

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

Doktori Iskola vezető:

**Prof. Dr. Holb Imre**

MTA doktora

Témavezető:

**Prof. Dr. Nagy János**

MTA doktora

**PRECÍZIÓS NÖVÉNYTERMESZTÉS MŰSZAKI ÉS  
TERMESZTÉSTECHNOLÓGIAI KUTATÁSA, FEJLESZTÉSE**

Készítette:

**Sojnóczki István**

doktorjelölt

**Debrecen**

**2024**

**PRECÍZIÓS NÖVÉNYTERMESZTÉS MŰSZAKI ÉS  
TERMESZTÉSTECHNOLÓGIAI KUTATÁSA, FEJLESZTÉSE**

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

Írta: **Sojnóczki István** okleveles gépészmérnök.

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

Témavezető: **Prof Dr. Nagy János**

MTA Doktora

**Az értekezés bírálói:**

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

**A bírálóbizottság:**

név	tudományos fokozat	aláírás
elnök: .....	.....	.....
tagok: .....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

Az értekezés védésének időpontja: 2024.....

## Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....	8
2.1 A kukorica termesztésének nemzetközi és hazai helyzete .....	8
2.2 A kukoricatermesztés eredményességét meghatározó tényezők.....	11
2.2.1 A kukorica éghajlat és talaj igénye .....	11
2.2.2 A termelés biológiai alapjai – genetika.....	13
2.2.3 A kukorica precíziós agrotechnológiája.....	14
2.2.3.1 Talajművelési rendszerek a kukoricatermesztésben .....	15
2.2.3.2 A kukorica precíziós vetése .....	17
2.2.3.3 A kukorica vetés folyamata .....	19
2.2.3.4 Vetés mélysége és egyenletessége .....	20
2.2.3.5 A kukorica vetésére használt műszaki eszközök .....	21
2.2.3.6 A kukorica vetés műszaki háttere és a vetőmag minősége.....	26
2.2.3.7 Precíziós rendszermegoldások a vetés során.....	26
2.2.3.8 Precíziós vetéstechnológia pozícionált inputanyag kijuttatása.....	28
2.3 Az elvetett mag csírázása .....	30
2.4 A kukorica kelésegyenletességének hatása a termésre.....	31
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	33
3.1 A kísérleti terület bemutatása .....	33
3.2 A kísérleti vetőgép bemutatása.....	36
3.3 A vizsgált évek időjárása.....	39
3.4 Hőösszeg a vizsgált években.....	42
3.5 A megvalósított agrotechnika a kísérleti területen .....	42
3.6 Mért paraméterek bemutatása .....	45
3.6.1 Környezeti és talaj paraméterek mérése .....	45
3.6.2 A talaj penetrációs ellenállása.....	45
3.6.3 Felszín száborítottság mérése .....	46
3.6.4 Kelési dinamika mérése .....	47
3.6.5 Szárátmérő mérése a kelési napok függvényében .....	47
3.6.6 NDVI (normalizált vegetációs index) mérés .....	48
3.6.7 Egyedi potenciál mérés a kelési napok függvényében .....	48
3.6.8 Beltartalmi paraméterek mérése a kelési napok függvényében.....	49

3.6.9	Statistikai értékelés .....	50
4.	EREDMÉNYEK.....	51
4.1	A kísérleti terület talajának fizikai vizsgálata .....	51
4.1.1	Penetrációs ellenállás alakulása különböző talajművelési rendszerekben	51
4.1.2	Talajművelési módok és a talaj nedvességtartalma .....	58
4.2	A talaj felszíni állapota, szármadaradvány borítottsága talajművelések függvényében .....	60
4.3	Talaj hőmérséklet vetésmélységben és a talajművelési módok összefüggése .	63
4.4	Az első kelés megjelenése és a művelési mód összefüggése .....	66
4.5	Kelésdinamika felvételezés .....	67
4.6	Növényállományban végzett mérések.....	75
4.6.1	Biomassza produktum.....	75
4.6.2	A kukoricaszár átmérő és a kelési napok összefüggése .....	78
4.7	Terméseredmények .....	80
4.7.1	Egyedi produktum a kelési napok függvényében .....	80
4.7.2	Beltartalmi értékek vizsgálata.....	84
4.8	Betakarítási eredmények .....	86
5.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK .....	89
6.	ÖSSZEFOGLALÁS .....	96
7.	SUMMARY .....	99
8.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	103
9.	A GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK.....	105
10.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....	106
11.	IRODALOMJEGYZÉK .....	107
12.	PUBLIKÁCIÓS LISTA .....	123
13.	NYILATKOZATOK .....	126
1.	NYILATKOZAT .....	126
2.	NYILATKOZAT .....	126

## 1. BEVEZETÉS

A kukoricatermelésben az elővetemény lekerülése után az összes technológia elemnek szolgálnia és biztosítania kell a tökéletes és gyors kelést. Fontos a talaj megfelelő fizikai, biológiai állapotának létrehozása és fenntartása. A gazdálkodóknak célja kell legyen, hogy összhangba hozzák a növény igényeit a fenntartható és költséghatékony technológiai elvárásokkal.

Az eredményes kukoricatermesztést meghatározó faktora a víz, annak a növény számára történő rendelkezésre állása a vetési időszaktól a tenyészidőszak végéig. A hazai klíma viszonyai között ez jelentős elvárás. A víz sokszor nem akkor és olyan mennyiségben hullik le, amikor a kukoricának szüksége van rá. A gazdálkodónak előrelátó víztakarékos talajművelési technológiával kell megoldania, hogy a lehullott csapadék a talajba beszivároghasson, ne párologjon el, vagy okozzon károkat (szél és vízerózió). Fontos a talajművelési rendszer megválasztása és használata, így kialakul egy egészséges talajszerkezet, mely hosszú távon, minimum a tenyészidőszak alatt fennmarad és képes a lehullott csapadékot tárolni, a növényi gyökereknek és a talajbiológiai közösségeknek megfelelő életteret biztosítani.

A kedvező talajállapot kialakítására a tudatos kukorica termelőnek megvan minden eszköze és lehetősége. A felsorolt célokat betöltő talajművelési technológiák megvalósítása okszerű technológiai rendszerben megvalósítva hoz megfelelő eredményt. Azonban minden talajművelési rendszernek vannak előnyös és a hátrányos hatásai is. Ezek számbavétele után, a növénytermesztés során olyan technológiai megoldásokat kell választani, amelyek az előnyök meghagyása mellett a hátrányok negatív hatásait tompítják.

A kukoricatermesztés során ilyen fontos technológiai elem a vetés precíziós megvalósítása. A precíziós vetéstechnológia területén az elmúlt időszakban a vetés során használt inputanyagok pontos, helyspecifikus kijuttatásának színvonalát növelő műszaki megoldások terjedtek el a gyakorlatban. A vetőmag lehelyezésének precíziós rendszerei kevesebb hangsúlyt kaptak. Kutatásom során ezzel a témakörrel foglalkozom. Vizsgálatom alapja, hogy kidolgoztam egy olyan hazai vetőgépeken alkalmazható műszaki specifikációt, mely segítségével a vetés során a vetőgépen működő a vetőmag lehelyezéséért és az optimális csírázási állapot megvalósításáért felelős elemek a talaj

állapotát figyelembe véve, mért adatok alapján automatikusan kerülnek beállításra. A vetőgép a terület heterogenitására reagálva végzi a vetést. A technológia használatával nincs szükség nagyszámú agresszív talajbolygatással és talajszerkezet degradációval és nedvesség veszteséssel járó talajbiológiai élet romboló talajművelési eljárásokra. Elegendő a szükséges és elégséges elv betartása, hiszen az ilyen vetéstechnika nem igényel kertszerű magágyat. Azonban használatával megvalósítható a homogén vetési mélység és a csírázáshoz, valamint a kezdeti fejlődéshez optimális talajszerkezet.

A vetés során nem szabad megfélekedni egy fontos és minden kukorica termesztő számára megszívlelendő tényről. Jól vetni egy tenyészidőszakban csak egyszer lehet. A vetés során elkövetett technológiai hibák a növényállomány kikelt tőszámában és annak kelési dinamikájában tükröződnek. A nem megfelelő vetést későbbiekben semmilyen inputanyag ráfordítással, vagy technológiai művelettel nem lehet orvosolni, annak hatása a tenyészidőszak végéig fennáll és meghatározza a termesztés eredményességét.

Disszertációmban a felsorolt tényezőket elemzem a precíziós kukoricatermesztés rendszerében.

Kutatómunkám során a következő célkitűzéseket határoztam meg:

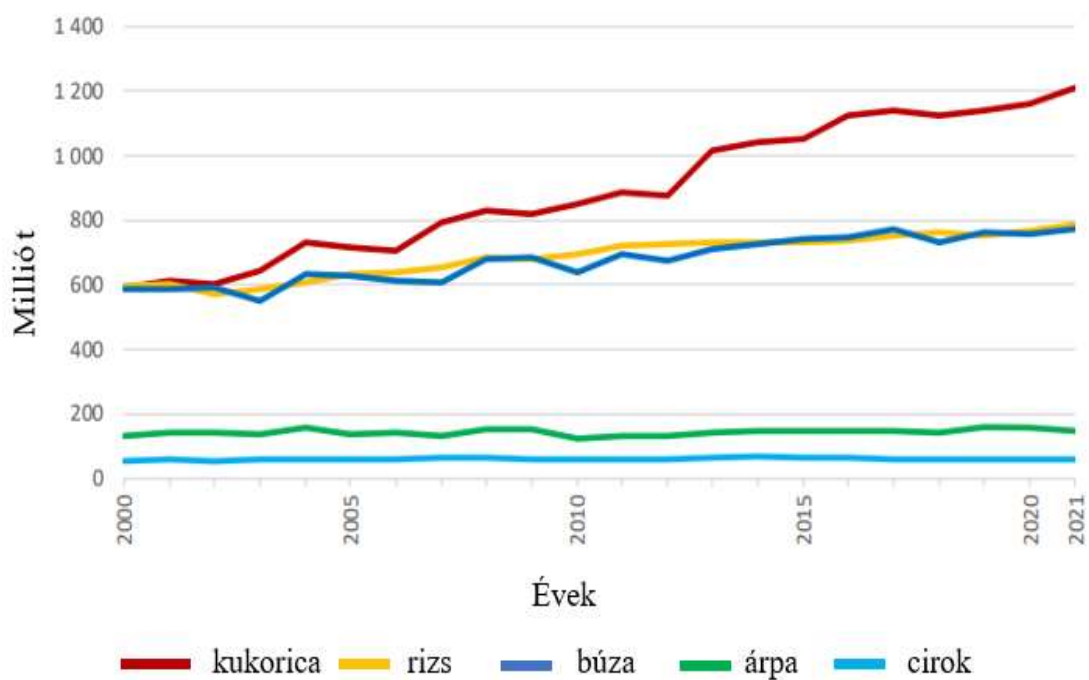
- Kutatómunkámban célul tűztem ki, hogy a kukoricatermesztés során alkalmazható négyféle talajművelési rendszert hasonlítsak össze. Ezen belül azon paraméterek vizsgálata, melyek meghatározóak lehetnek a vetés, a kelés és az állomány homogén fejlődése érdekében. Ezek a talaj kötöttségi állapota, a talaj víztároló képessége, a szármadaradvány felszín borítottsága, valamint a vetésmélységben kialakult talajhőmérsékleti viszonyok.
- Célom többféle vetéstechnológiai rendszer alkalmazása a különböző talajművelési rendszerekben és mérni ezeknek a kukorica kelésére kifejtett hatásait, mérni a kelési dinamika különbségeit.
- Célom továbbá, hogy a kelési idő és a növényállomány fejlődése és terméseredménye közötti összefüggéseket megtaláljam.
- Mérni szeretném, hogy a különböző kezelések milyen hatással vannak az egyes kísérleti területek biomassza produktum értékére.
- Célom a kelési idő és a kukorica szárátmérő vizsgálata.
- Célom a kelési idő és a növények egyedi produktumának összefüggés vizsgálata.

- Céлом a különböző vetésminőség javító rendszerek termésben mérhető eredményének mérése.
- Céлом az üzemi gyakorlat számára eredményesen alkalmazható vetésminőség javító rendszer összeállítása, mely alkalmas a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben termesztett kukorica termésszintjének emelésére.

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1 A kukorica termesztésének nemzetközi és hazai helyzete

A kukorica (*Zea mays* L.) Amerikából származik. A növényt több mint 9000 évvel ezelőtt háziasították Dél-Mexikóban (Awika, 2011; Kenette et al., 2020; Bocz, 1981). Innen Kolombusz hozta vissza Európába és ismertette meg lakóit ezzel a különleges növényvel. Az idők során meghatározó növényé vált az egész földön. Sok élelmeszer célú, takarmány, vagy éppen ipari felhasználása ismeretes (Serna-Saldivar, 2019). A feldolgozóipar újabb és újabb felhasználási módokat talál, ami miatt az elmúlt évtizedekben dinamikus fejlődés látható a termesztési terület és a betakarított mennyiség tekintetében (1. ábra). Ha világszinten a jelentős gabonaféléket hasonlítjuk össze, akkor a kukorica betakarított termésmennyisége emelkedett a legdinamikusabban és ennek a trendnek a folytatása várható az elkövetkező időszakokban is.

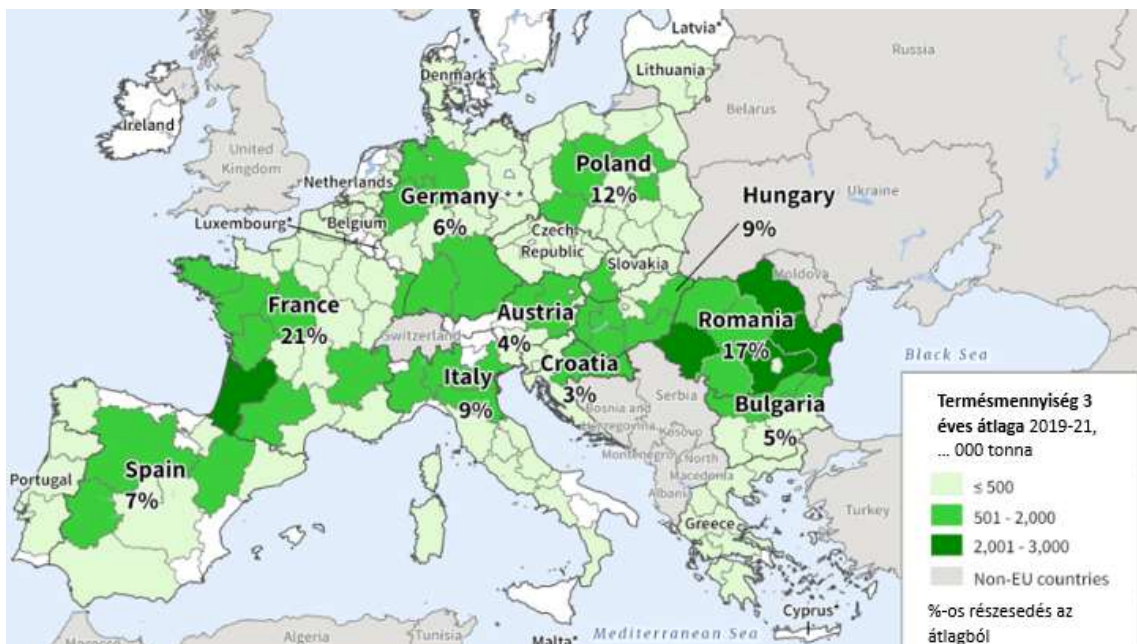


1. ábra A gabonanövény termelése 2000-től napjainkig. Forrás: FAO, 2022.

A kukoricát a világ sok országában termesztik. Termesztésének földrajzilag vannak bizonyos határai (Bocz, 1981). Amerika északi részén ez a 45-46 szélességi foktól délre található terület. Európai szempontból az 50. szélességi fok felett már nem elterjedt. A kukorica termesztésének változatos az agroökológiai környezete (például a nedvestől a

szárazig; az alacsonytól a közepes magasságú hegyvidékig), termesztését a tenyészidőszak hőösszege és annak csapadékmennyisége határozza meg (Bellon et al., 2005).

2023-ban világszinten 1223 millió tonna kukorica termelt (Európai Bizottság, 2023). A termőterületek nagyságát vizsgálva 2023-ban 199 millió ha területen termesztettek kukoricát, ebből Dél- és Észak-Amerika 51%-os részesedéssel a legnagyobb terület. Európa 11%, Ázsia pedig 30%. Az USA a teljes megtermelt mennyiség 32%-át 362,5 millió tonnát termelte 2023-ban. Kína 22%-át, 262 millió tonnát. A harmadik legnagyobb mennyiséget előállító ország Brazília 8% részesedéssel 98 millió tonnával. Európai szempontból az Európai Unió a teljes termelés 4,1%-át adta (2. ábra), valamint Ukrajna a 2,3%-át. Tehát látható, hogy a teljes Európában megtermelt mennyiség sem éri el a brazil mennyiséget (USDA, 2023). A kukorica fontos kereskedelmi termék, ezt az is jelzi, hogy a globális kukoricatermelés 15%-át exportálják (Awika, 2011).



**2. ábra:** 2019-2020-2021 kukorica termésmennyiségek az Európai Unióban.

Forrás: USDA alapján saját szerkesztés, 2023.

Az Európai Unióban a kukorica a termőterület nagysága szempontjából búzát követő második legnagyobb területen termesztett növény. A kukoricát általában szemes formában használják a melegebb régiókban, és silókukoricaként a hidegebb régiókban. Északnyugat-Európában a kukoricatermelés mintegy 85%-a siló- és

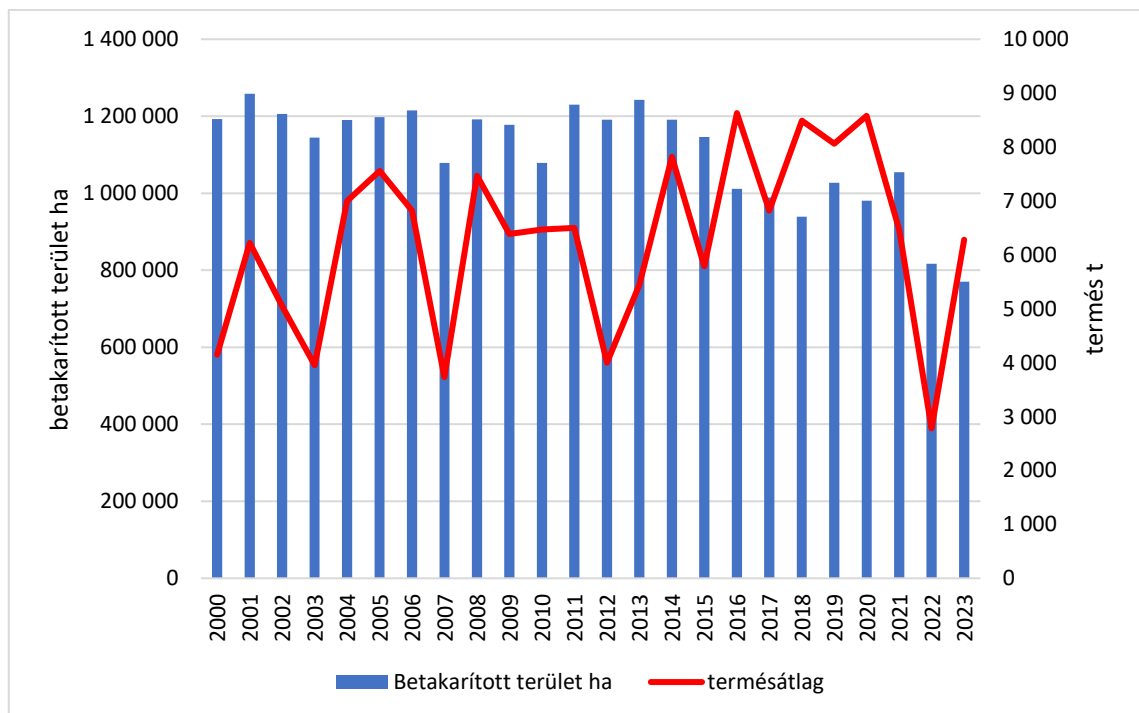
biogáz kukorica-termelésre irányul, míg csak 15%-át takarítják be szemes formában (Galiano-Carneiro et al., 2021).

Az Európai Unóban megtermelt szemes kukorica mennyisége alapján Franciaország a legnagyobb mennyiséget termelő ország, második Románia, harmadik Lengyelország, majd negyedik Magyarország (KSH, 2023).

A kukorica a magyar mezőgazdaság egyik legfontosabb növénye, Magyarország egyik legfontosabb mezőgazdasági exportterméke. Termesztése széleskörű, termőterülete 0,8 és 1,2 millió hektár közöttre tehető a 2000-tól 2022-ig terjedő időszakban (3. ábra).

Az adatokat úgy is elemezhetjük, hogy Magyarország a szántóterületének több mint 60%-án (2,65 millió ha) gabonaféléket termesztenek, ennek a területnek a 40-45,2%-án kukoricatermesztés folyik.

Termésátlagok ingadozóak, az adott év klimatikus viszonyai nagyban befolyásolják (Pepó, 2005). Elsősorban a csapadék mennyisége és annak eloszlása van ezen belül is jelentős hatással a termés mennyiségre (Antal, 2005; Szász 1963).



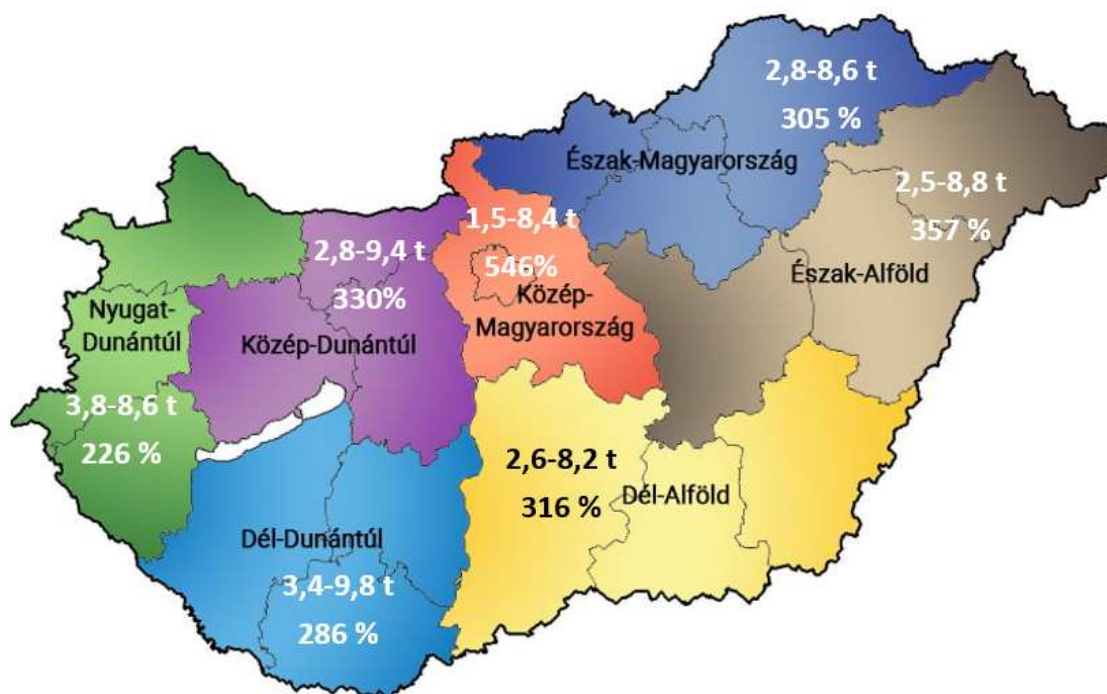
3. ábra A kukorica betakarított területe és a termésátlag alakulása

Magyarországon. Forrás: KSH, 2024

A kukorica hazánk minden részén termeszthető, azonban bizonyos régiókban nagyobb termésbiztonsággal valósítható meg. A lehulló csapadék mennyisége és

ezzel egyidejűleg a hőmérséklet változatossága olyan tényezők, melyek a termésbiztonságot meghatározzák (Nagy, 2006).

A 4. ábra alapján bemutatom, hogy az elmúlt 23 évben a termésingadozás minden hazai régióban jellemző, a legnagyobb és legkisebb betakarított átlagtermések között 226-546 %-os eltérés volt. Azonban megfigyelhető, hogy vannak régiók, melyekben kisebb ez a termésingadozás, tehát ott a termesztésbiztonság nagyobb (Menyhért,1985). A termésszintek évenkénti változása a technológiai elemek megfelelő alkalmazásával, a hibrid választással mérsékelhető. Ezen elvek betartásával stabilabb termésszint érhető el és alacsonyabb költség mellett nagyobb profittal termelhető a növény (Pepó, 2019).



4. ábra Kukorica termésátlagok szélső értékei és a termésingadozás százalékban kifejezve 2000 és 2022 között. Forrás: KSH, 2023, saját szerkesztés

## 2.2 A kukoricatermesztés eredményességét meghatározó tényezők

### 2.2.1 A kukorica éghajlat és talaj igénye

A kukorica alapvetően rövidnappalos kultúra, azonban léteznek hosszúnappalos típusai is (Bocz, 1992). A növény fejlődését, az egyes fenológiai állapotok elérését és a

termesztés földrajzi területét a hőmérséklet határozza meg. A vízellátás mértéke pedig a termésszint mértékében döntő fontosságú (Nagy, 2021; Vad, 2007). A magyar vetésforgóban használt növénykultúrák melegigényes növénye a kukorica (Nagy és Sárvári, 2005; Bocz et al., 1996). A kukorica termésszintjét legjobban befolyásoló faktorok között említhetjük az éghajlatot, a talajviszonyokat, és az alkalmazott agrotechnológiai megoldásokat (Romaneckas, 2020). A kukorica kelés eredményessége nagyban függ a talajnedvességtől, továbbá a vetésmélységben mért talajhőmérséklettől (Hayhoe, 1987; Duncan, 1975). A robbanásszerű, homogén keléshez 10-12 °C hőmérsékletű talajnak kell rendelkezésre állnia (Shaw, 1976). A csírázás megindulásának legkisebb kritikus értékét bázishőmérsékletnek nevezzük (Győrffy, 1965). Ezt a hőmérséklet értéket a legtöbb kutatás 8-10 °C-nak tekinti, ezen a hőmérsékleti szinten még megindul a csírázási folyamat. (Prerna et al., 2021; Bailly, 2019; Gong et al., 2001). Magasabb hőmérséklet esetén a csírázási folyamat felgyorsul és a leggyorsabb a 30-35 °C tartományban (Kaheim, 2022), azonban a csírázás folyamat lelassul és leáll 40-45 °C felett (Varga-Haszonits et al., 2006). A kukorica fejlődési ciklusának kezdeti időszakában, azaz április-május hónapokban lehetséges az a helyzet, amikor a levegő hőmérséklete a bázishőmérsékletet megközelíti vagy alacsonyabb (Győrffy, 1976). Ez a növény fejlődésére nézve hátrányos, vontatott, lassú fejlődés jellemzi, mely a növények sárgulásával járhat (Láng, 1976). Ha a minimum hőmérsékletek bemutatásánál járunk további kritikus érték, amikor a nyári átlaghőmérséklet 19 °C alatti, valamint az ekkor mért éjszakai átlaghőmérséklet sem haladja meg a 13 °C-ot, ilyen terület alkalmatlan a termesztésre (Bocz, 1992). A tenyészidőszakban mért maximum hőmérsékletek úgyszintén negatívan befolyásolják a kukoricatermesztés sikerességét. A magas hőmérsékletű időszakok terméseszkentőleg hatnak. Ez leginkább a növény virágzása idején a legmarkánsabb hatású (Wheeler et al., 2000).

A kukorica talajigényét figyelembe véve jó minőségű talajt igényel (Nagy, 1995). Mélyrétegű, magas humusztartalmú tápanyagokkal jól feltöltött talajban érhetjük el a legnagyobb termést (Nagy, 2012). A kukoricatermesztés a világban a jobb minőségű talajokon történik (Bocz, 1992). Magyarországon ezzel szemben gyengébb talajminőségű, mind szerkezetét, mind szervesanyag tartamát, pH értékét tekintve rosszabbnak mondható termesztési helyeken is folyik termesztés. Az ilyen körzetekben a helyes hibridválasztás (rövidebb tenyészidő) segíthet a gazdaságos termesztésben (Láng, 1976).

Az elmúlt időszakban egyre több kutatás szól arról, hogy a talaj fizikai szerkezete, vagy éppen tápanyag tartalma mellett fontos annak biológiai állapota is. A kukorica is képez mikorrhiza kapcsolatot, mely segíti a fejlődő növény víz és tápanyag (különösen foszfor és mikroelemek esetében) felvételét (Szentpéteri és Posta, 2020).

### 2.2.2 A termelés biológiai alapjai – genetika

A kukoricatermelés sikerét nagymértékben meghatározza a biológiai háttér a termesztett hibrid tulajdonságai. A termelőknek folyamatosan figyelemmel kell kísérniük a hibridek változásait. A genetikai fejlesztés és az új hibridek megjelenése évente 1%-kal növeli a termésátlagot (Németh, 1977). A vetett hibrid genotípusa megalapozza a termést. Ennek tudatában a környezeti feltételekkel összhangban szükséges az alkalmazandó tőszámot meghatározni (Ducan, 1984). Azért is fontos ezt az elvet követnünk, mivel így csökken a genetikai sebezhetőség, vagyis az, hogy genetikailag azonos vagy rokon hibridek nagy területen termelve azonosan reagáljanak valamilyen károsító tényezőre (Nastasic, 2010). A korunkban használt intenzív hibridek alkalmazásával olyan intenzív technológia valósítható meg, ahol a korábbinál nagyobb tőszámot lehet beállítani, lehet csökkenteni az egy növényre jutó tenyészterület nagyságát (Sárvári, 1995). A kukorica magassága és szárátmérője az adott hibridre jellemző, mely tulajdonságokat a termesztési technológia és a környezeti hatások módosíthatnak (Nagy, 2007). Hazánkban termesztett hibridek magassága jellemzően 130-350 cm értékek közé tehető (Berzsenyi, 2012). A hazai köztermesztésbe vont hibridek 1-2 nővirággal rendelkeznek, a képződött csövek hossza 3-50 cm lehet (Nagy, 2007). A csöveken képződnek a szemek. A szemek szélessége és vastagsága 2,7-19 mm, míg a hosszuk 2,7-24 mm lehet (Berzsenyi, 2012, Kádár, 1980). Fontos tényező továbbá a szemek ezerszemtömege, amely 200-430 g közé eshet (Pető et al., 1991).

A kukorica hibrid fontos megkülönböztető jegye a tenyészidő hossza. A termőhelynek megfelelő tenyészidejű hibridet alkalmazva stabil termés érhető el (Nagy, 2007). Az egyes hibridek összehasonlítása során a középérésű csoport adja a legnagyobb termést (Nagy és Megyes, 2009). A termésbiztonság és a megfelelő jövedelemelőállítás szempontjait figyelembevéve hazánkban a FAO 240 alacsonyabb tenyészidejű hibrid termesztése kockázatos (Berzsenyi, 1995). Úgyszintén bizonytalan a FAO 500 meghaladó hosszú hibridek termesztése (Szieberth, 2011).

### 2.2.3 A kukorica precíziós agrotechnológiája

A kukorica precíziós agrotechnológiai rendszere a talajművelés, vetés, trágyázás és a növényállomány ápolása és növényvédelme tekintetében mért adatokra alapozott döntések alapján végezi ezen beavatkozásokat földrajzi helykoordinátához rögzített előírások alapján, melyek megvalósulását követően dokumentálja azokat (Lauer, 1999). A megfelelően alkalmazott rendkívül pontos helymeghatározó eszközök alkalmazásával ezen agronómiai beavatkozások egymásra épülhetnek. A precíziós kukoricatermesztési technológia olyan technológiaként foglalható össze, amely lehetővé teszi a gazdálkodó számára, hogy "...a megfelelő dolgot a megfelelő helyen, a megfelelő időben és a megfelelő módon tegye" (Pierce és Nowak, 1999; Grassbaugh, 1998). A precíziós technológiában alkalmazunk adatgyűjtő és feldolgozó rendszereket, valamint a technológia megvalósítását végző eszközöket (Lowenberg-DeBoer, 2015). Az adatgyűjtő eszközök különböző léptékű érzékelési vagy mintavételi technikák segítségével gyűjtenek információkat (Zhang, 2012; Mulla, 2013). Lehetséges távoli képelemző eljárások használata (műhold vagy drón technológia), de lehetséges magán a munkavégző eszközökön elhelyezett szenzorokkal és kamerákkal is (Candiago, 2015; Sehy, 2003). A beavatkozó eszközök lehetővé teszik a térben és időben pontos mérésre adott vezérlés válaszokat (Robertson et al., 2012; Roldán, 2018). A kukoricatermesztés során a precíziós technológiák magukban foglalják a precíziós talaj-előkészítést vagy a térképalapú változó tőszámú vetést, vagy éppen a sor és sorköz megkülönböztetést (Barnes, 2019). A technológia lehetővé teszi a környezeti feltételeknek megfelelő beavatkozásokat, például a talajállapotnak, a talaj fizikai textúrájának, vagy nedvességtartalmának megfelelő vetőgép beállítást, mely a külső paraméterek változása ellenére egységes vetési mélységet szavatol (Dammer, 2012). Ezek a rendszerek lehetővé teszik a munkavégző gép számára autonóm tevékenységeket (Walter et al., 2018). A gyakorlatban egyre gyakrabban alkalmazott fogalom a management zóna alapú helyspecifikus gazdálkodás (Navar, 2017). Az adatgyűjtő eszközök nem csak a termesztési időszak alatti mérésekre összpontosítanak, hanem a betakarításkor is alkalmazzák őket. A betakarítógépeken elhelyezett érzékelők alapján a hozammérők rögzítik a terméshozamot, különösen a szántóföldön belüli változékonyság dokumentálása érdekében (Fulton, 2005; Du, 2008). Ezek a rendszerek a legtöbb gabona- és ömlesztett termény betakarítógéphez kaphatók és a kukorica betakarítás során is használhatóak (Liaghat, 2010). Ez lehetővé teszi a pontos és rendkívül lokalizált növényi teljesítménymérést a termőtáblán belül (Zude-Sasse et al.,

2016). Továbbá a precíziós kukoricatermesztési rendszer eleget tesz a technológia nyomonkövethetőségének, megvalósítható segítségével az élelmiszerbiztoság a végfelhasználók számára (Galvez et al., 2018).

### 2.2.3.1 Talajművelési rendszerek a kukoricatermesztésben

A kukorica gyökérzetének kifejlődéséhez mélyen lazult, káros, tömör rétegtől mentes talajszerkezet a kívánatos (Nagy, 2021). A kialakított talajállapot olyan legyen, hogy a talaj kémiai és biológiai, valamint fizikai paraméterei jól illeszkedjenek a kukorica agronómiai követelményeihez (Jóri, 2016). A talajlazultság szempontjából 52-56% -os porustérfogatot tartjuk kedvezőnek (Radics, 2008). Ezt az állapotot különböző talajművelési eljárásokkal lehetséges elérni. Ilyenek lehetnek a tarlóhántás, alpművelés, alpművelés elmunkálása, magágykészítés.

Az elmúlt években a világ számos részén és Magyarországon is olyan talajművelési elemek bevezetése történt, amelyek lehetővé teszik a kukoricatermesztés során a magasabb hozam elérését alacsonyabb ráfordítások felhasználásával és csökkentik, megállítják a talajdegradációs folyamatokat, továbbá figyelembe veszik a talaj biológiai életét, védik, gazdagítják azt (Serna-Saldivar, 2019). Nemzetközi megnevezés szempontjából a conservation tillage fogalom is elterjedt, magyar szakirodalmak alkalmazkodó-, kímélő talajművelésként jellemzik ezt a szemléletmódot (Hobbs, 2007). A talajművelésre alapvetően, mint komplex rendszerre kell tekinteni (Várallyay, 1996). A talajművelési rendszer ebben a szemléletben főnövényt megelőző elővetemény betakarítása és a főnövény vetése között alkalmazott talajművelési beavatkozások összessége (Birkás, 2017). A talajművelési rendszer a talaj tulajdonságaira gyakorolt hatását hosszú távon kell vizsgálni, hogy egyértelműen érteni lehessen a vetésforgó, a környezeti hatások és a talaj összefüggéseit (Ishaq et al., 2002). Kukoricatermesztés során különböző talajművelési rendszerek használatosak és ezek különböző hatással vannak a talaj fizikai paramétereire és nedvesség tartalmára, melyek módosíthatják a termésszint mértékét (Simić et al., 2009). Egyik ilyen a hagyományos talajművelési rendszer, mely alpművelési szempontból az eke használatára épít. Ennek a rendszernek a jellemzője, hogy sok művelettel érjük el a vetésre alkalmas talajállapotot. A talaj felszíne feketére művelt. Ezáltal ez a rendszer nem védi a talajt a felszínen hagyott növényi maradványokkal, nagy a nedvességvesztés és a talajerózió lehetősége is. Azonban

gyomszabályzásban előnyös hatása van és a vetés időszakában a leghamarabb felmelegedő talajállapotot hozhat létre a gazdálkodó használatával.

A forgatásos alapművelésre épülő hagyományos talajművelési rendszer mellett a másik alternatíva a forgatás nélküli talajművelési rendszerek használata. A forgatás nélküli talajművelési gyakorlatok hosszú távú alkalmazása a talaj szervesanyag-tartalmának növekedéséhez, a talaj szerkezetének javulásához és az intenzíven művelt talajokhoz képest fokozott talajszerkezet javuláshoz vezethet (Rasmussen és Rohde, 1988).

Forgatás nélküli talajművelési rendszerek közül ismeretes többféle is. Egyik jellemző, mely alapján megkülönböztethetünk egyes rendszereket a talaj felszínén maradt szármaradvány borítottság mértéke. A talajművelés intenzitása, annak keverő, beforgató hatása jellemezhető a talajfelszínnek röviddel a vetés utáni növényi maradványokkal borított arányával. Ez alapján a következő kategóriákba sorolhatóak az egyes művelési rendszerek: a <15%-os szármaradvány borítottságot hagyó rendszert hagyományos talajművelésnek nevezzük. 15% és 30%-os maradékkal való borítottságot a csökkentett, vagy redukált talajművelésnek, és >30%-os maradékkal való borítottságot a konzerváló, talajvédő, vagy biológiai talajművelésnek nevezzük (CTIC, 2009). Csökkentett talajművelésnek tekinthető minden olyan talajművelési rendszer, ami törekszik a talaj környezeti érzékenységének mérséklésére, a szükséges és elégséges talajművelési beavatkozások használatára és a menetszám csökkentésre (Birkás, 2006).

Több szerző szerint a talaj fedése a korábbi termésből maradt szármaradványokkal, valamint takarónövényekkel segíthet megőrizni a talajnedvességet és csökkenteni a szél- és vízeróziót (Kiss, 2012; Jones, 2017). Ezenkívül a fedett talajok késleltetik a tápanyagok és növényvédőszer maradékok beszivárgását a talajvízbe vagy az élő vizekbe (Martin, 2015). A korábbi termésből maradt szármaradványok a felszínén segíthetnek a megfelelő C/N arány kialakításában (elegendő nitrogénforrás jelenlétében) és a szén megkötésében, amelyek értékes funkciók (Daughtry et al., 2006; Daughtry et al., 2010). Összegezve a szakirodalmi megállapításokat a növény betakarítása után a növényi maradványokat a talaj felszínén hagyva a talaj szervesanyag-tartalma megnövekszik, javul a talaj szerkezete és nő az aggregátumok mérete (Van Evert, 2017).

A kukoricatermesztés során a különböző forgatás nélküli rendszerek más és más talaj fizikai, hőmérsékleti és biológiai állapotokat teremtenek (Bricklemyer et al., 2007; Gowda et al., 2008). A forgatás nélküli talajművelés növeli a talaj biológiai aktivitását, miközben csökkenti a talaj nedvességvesztését (Rátonyi, 2015). Viszont számolni kell

a forgatás nélküli rendszerekben, hogy azok a tavaszi vetési időszakban lassabban melegszenek a hagyományos talajművelési rendszerhez képest, mely hatás befolyásolja, lassítja a vetett kukorica csírázási, kelési és kezdeti fejlődési folyamatát (Sims et al. 1998).

A különböző talajművelési rendszerek megkülönböztethetőek a talaj bolygatásának mértéke szerint is. Vannak talajművelési rendszerek, melyekben az alkalmazott talajművelési eljárásokat a művelt terület teljes egészén alkalmazzák. A hagyományos vagy a redukált talajművelési rendszerben is lehetséges ilyen gyakorlatot folytatni. Vannak rendszerek, ahol a precíziós mezőgazdaság eszközszerének segítségével lokalizálhatóak az egyes műveletek. Alapvetően ekkor a vetendő kukorica sorának pozíciója lesz meghatározó és az egyes eljárásokat, különösen az alapművelést ide pozicionáljuk. Ilyen rendszer például a sávos művelési rendszer (Strip till), mely a vetendő növényi sor közvetlen közelében bolygatja a talajt és a bolygatatlan területen meghagyja a szármaradványokat. Ez a módszer megkülönbözteti a vetett sort és a sorközt talajművelési, talajfelszín borítottsági, tápanyagutánpótlási és növényvédelmi szempontból. Alkalmazásához elengedhetetlenül szükséges a technológia megvalósítását végző géprendszer esetében automata (nyomkövető) kormányzási rendszer és térben és időben korlátlanul megismételhető navigációs jelpontosság, mely a mai technológiai szinten RTK korrekcióra épül.

A betakarítástól a vetésig a talajt nem bolygató rendszer a no-till, mely a vetés során is a talaj maximum 10%-án végez talajbolygatást. Ezen rendszer alkalmazása mellett változik a talaj fizikai szerkezete és biológiai állapota (Bai et al., 2018; Birkás et al., 2002).

A hagyományos művelésekhez képest a különböző forgatás nélküli rendszerek esetén a művelésre fordított üzemanyag felhasználás 18-53%-kal kevesebb az alkalmazott eljárások és a technikai megoldások függvényében (Sørensen és Nielsen, 2005).

#### 2.2.3.2 A kukorica precíziós vetése

A kukoricatermesztés során a vetés az egyik legfontosabb technológiai művelet. A vetés célja, hogy kedvező feltételeket teremtsenek a vetőmag csírázásához (Staggenborg, 2004). Jónak tekintjük a vetést, ha az egyes vetőmagok megfelelő talajkörnyezetbe kerülnek, ahol a csírázáshoz szükséges víz és hő tartósan rendelkezésre áll. Fontos kíváncsi, hogy az elvetett vetőmagok egyenletes vetési mélységben és távolságban helyezkedjenek el az egyenletes homogén fejlődés érdekében (Edmeades, 1979). Az ilyen

vetésminőség minimalizálja a növények egymással való versengését a rendelkezésre álló vízért, tápanyagért és napfényért. (Morrison, 1989; Karayel és Özmerzi, 2008). A vetési heterogenitás jelentősen befolyásolja a kukorica növénymagasságát, levélfelületi indexét, a szárazanyag-felhalmozódást és a szemtermést (Raghavan et al., 1978; Lawles et al., 2012; Liu et al., 2004). Az egyenetlen növénykeles oka általában a heterogén vetőmag elhelyezés, a változó talajviszonyok, az ültetés utáni talajtömörödés, a kukorica vetőmag minősége és a felszínen lévő szármadarványok magas mennyisége (Ford és Hicks, 1992; Graven és Carter, 1991).

A kukorica üzemi termőképességét elsősorban az éghajlat, a meteorológiai és talajviszonyok, valamint az agrotechnológiai gyakorlat határozza meg (Romaneckas, 2020). A kukorica vetési ideje, majd a kelési dinamika, valamint a kelés homogenitása befolyásolja a növényállomány fejlődését, valamint a termés hozamot (Nagy, 2021). A kukorica kelésére nagy hatással van a talajban található nedvesség, valamint a vetésmélységben a talajhőmérséklet (Hayhoe, 1987). Ezek a kelés szempontjából optimális szintjét a talajművelési rendszer befolyásolja. Ahogy éghajlatunk egyre szélsőségesebbé válik, a növénytermesztés időjárási kitettsége egyre erősebb. Az egyes biotikus és abiotikus hatások erősítésében, vagy éppen tompításában a talajművelési rendszer által létrehozott állapot hatással van (Diaz, 2002). A talajművelés és a szármadarvány kezelés jelentősen befolyásolják a talaj szerkezeti tulajdonságait, ami nagymértékben befolyásolja a növény növekedését és termelékenység mértékét (Ranbir et al. 2018).

A kukorica vetési idejét sok tényező meghatározhatja (Árendás, 2000). Ezek a tényezők különböző szempontból csoportosíthatóak. Lehetnek termesztési hely szempontúak, mint a lehetséges várható hőösszeg, mind az őszi és a tavaszi fagyos időszakok hossza és kezdeti dátuma, talaj minősége, talajművelési rendszer sajátossága, talaj hőmérséklete, a vetési hely gyomossága (Kovács, 1958). A vetési időt a vetendő hibrid tulajdonságai is befolyásolhatják. Ezek lehetnek a hibrid tenyészideje, a csírázás hőigénye, vetőmag kezelések (csávázás és egyéb), vetőmag minősége. Továbbá üzemszervezési és műszaki kérdések: a termesztési cél, fő, vagy másodvetés, a vetés mód, gépi háttér, terület mérete (Husvai, 2020).

### 2.2.3.3 A kukorica vetés folyamata

A vetőgép talajjal érintkező részei jelentős hatással vannak az elvetett kukorica vetőmag csírázási folyamatára. A vetőgép vetőegységének abból a célból, hogy a vetőmag a csírázási folyamathoz elegendő nedvességet vegyen fel a talajból magárkot kell nyitnia, majd a vetőmagot ebbe helyeznie, végül pedig a magárkot be kell temetnie és le kell zárnia.

A magágyban a magárok nyitásával a vetőgép lehetővé teszi, hogy a kukorica vetőmagot olyan mélységbe vessük, ahol a nedvességviszonyok általában kedvezőbbek, mint a talaj felszínén (Maiti és Carrillo-Gutierrez, 1989). A vetőmag magárokban történő talajjal való lefedése és a körülötte lévő talaj tömörítése elősegíti a csírázáshoz szükséges hőmérsékletet és a nedvesség rendelkezésre állását. Ez az állapot megvédi az elvetett magot a különböző károsítóktól. A magárok betemetésének hatékonysága nagyban függ a talaj nedvességtartamától is. Az optimálistól eltérő talajnedvességnél a betemetés mértéke romlik, vagy akár nyitva is maradhat a vetőbarázda.

A barázdanyitás megvalósulása esetén a vetési mélységben a leendő magzónában a talaj bolygatásának mértéke nagymértékben meghatározza a csírázó mag számára a talajnedvesség felvételének mértékét. A bolygatás jellege és nagysága a barázda kialakításáért felelős nyitószerkezet kialakításától függ (Wilkins et al., 1981). A vetés során fontos tényezőként kell kezelni, hogy a vetőmag és talaj kapcsolat tökéletes legyen (Payton et al., 1985; Mead et al., 1992; McLeod et al., 1992).

A vetőmag magárokba helyezését és annak lezárását a vetőgépnek úgy kell megvalósítania, hogy ne legyen fokozott nedvességvesztés és párologás a vetőmag környezetében, tehát ne legyen nyitva a magárok (McLeod et al., 1992). A magárokban ne történjen a nyirkos talaj és az oda behulló száraz anyagok keveredése, ami rontja a csírázás feltételeit (Wilkins et al., 1981). Fontos kukorica vetés során, hogy a vetőgép magárok nyitó egysége egy szilárd barázda alapot képezzen, mely nyirkos, megfelelő nedvességtartalmú és melyhez hozzá nyomható a vetőmag és elősegíti annak nedvesség felvételét (Hayes, 1985). Ha szármaradványt hagyó talajművelési technológiában történik a vetés, nem kerülhet a felszínről a magárokba növényi maradvány, mivel az nedvességet von el a csírázó magtól és rontja a talaj - mag kapcsolatot (Unger és Stewart, 1976). Különböző a mag és talaj kapcsolatát segítő egységekkel szerelhetők fel a vetőgépek, melyek magnyomó kerekek, vagy magnyomó pálcák lehetnek és segíthetnek

a mag-talaj fizikai érintkezés javításával a víz maghoz jutásához és csökkentik a nedvességvetést (Radford és Nielsen, 1985; Schaaf et al., 1981; Hayes, 1985).

A vetés során a vetőmagot a vetőcsoroszlyának olyan talajszelvénybe kell helyezni, ami kellően ülepedett (Murray et al., 1987). A vetést megelőző talajbolygatással járó eljárásoknak nem szabad a vetésmélység alá hatniuk, mivel akkor a vetőszerkezet a vetőmagot laza talajszerkezetbe helyezi (Blacket, 1987). A különböző szakirodalmak alapján a magzóna hőmérséklete nem függ össze a magároknyitó egység kialakításával (Tessier et al., 1991; Wilkins et al., 1981).

#### 2.2.3.4 Vetés mélysége és egyenletessége

A kukorica vetés mélysége a kukorica kelésének egyik fontos meghatározója. Az alkalmazott vetőgép egyik legfontosabb technológiai követelménye a vetésmélység tartás (Rainbow et al., 1992). A kukorica csírázásának kezdeti fázisai és a kelés döntő fontosságúak a kukorica optimális terméshozamának fenntartásához (Thomason et al., 2008).

A kukorica vetésmélységét alapjaiban meghatározza a talaj-nedvesség tartalma, annak víztároló képessége és a vetésidő. Laza szerkezetű talajokon mélyebb 6-8 cm vetési mélység is sikeres, kötöttebb fizikai szerkezetek esetében 4-5 cm (Nagy, 2021). Ha a környezeti feltételekhez képest sekély a vetési mélység, akkor a kukoricára jellemző gyökérszét nem alakul ki, mely miatt romlik a víz és a tápanyag felvétele és korai gyökérdőlés alakulhat ki. A mélyre vetett kukorica vetőmag egyenlőtlenül kel. Ez történik a mélyebb talajszelvény alacsonyabb hőmérséklete miatt, továbbá az oxigénhiányosabb környezeti állapot okán is (Pintér et al., 2019). A vetőmag fizikai mérete is meghatározó a vetésmélység esetében (Nagy, 2021). Azonban az üzemi gyakorlat számára sokszor méret és forma tekintetében heterogén vetőmagtétellel kell dolgoznia, ami miatt a legkisebb frakció méretet kell a vetőmagtételtől alapnak tekinteni. A Cold teszt % érték is meghatározó lehet, ha ez az érték alacsonyabb (90 %, vagy kisebb), akkor a mag méretétől függetlenül a sekélyebb 4-5 cm-es vetési mélység választása a jó döntés (Woltz, 1998).

Vetés során alapvető követelmény, hogy a vetőmagok egyenletes vetési mélységben és egymáshoz képest az előírt távolságban legyenek, mely alapja az egyenletes növekedésüknek. Ezen követelmények betartása csökkenti a növények közötti versenyt

az erőforrásokért (víz, tápanyag, fény) (Morrison, 1989; Karayel és Özmerzi, 2008). A vetési mélység egyenletesség hatással van a kukorica növényállomány magasságára, levélfelület indexre, szárazanyag beépülésre és a termésre (Liu et al., 2004; Raghavan et al., 1978; Lawles et al., 2012).

Az egyenetlen kukorica kelés kiváltója lehet az egyenlőtlen vetési mélység, a talajszerkezet változása, a vetés hatására létrejövő túltömörített talajszerkezet, a vetőmag minőségi problémái, vagy a felszín szármagradvány fedése (Graven és Carter, 1991; Ford és Hicks, 1992).

A kukorica növényállomány fejlődését és majdani hozamát a vetési idő, a kelő állomány kelési dinamikája és annak egyöntetűsége nagyban meghatározza (Nagy, 2021). A talaj fizikai tulajdonságaira hatással van a talajművelés rendszere és a szármagradvány gazdálkodás. Ezek pedig hatnak a növények fejlődésére és a termelés eredményére (Ranbir et al. 2018). Azonban a különböző talaj és felszíni viszonyok ellenére a vetőgépeknek produkálniuk kell az előírt vetés minőséget. Ennek a kívánalomnak megfelelően építenek a vetőgépek műszaki konstrukciójába vetőkocsi terhelő erő szabályzó egységeket, melyek segítenek a körülményeknek megfelelő beállításokkal a vetőegység megfelelő talajba hatolásában. Ez biztosítja a vetésmélység homogenitását keresztül az egyenetlen gyors kelést (Nemergut et al., 2021; Nafziger et al., 1991).

#### 2.2.3.5 A kukorica vetésére használt műszaki eszközök

A kukorica vetésére használt szemenkénti vetőgépek olyan eszközök, melyek az üzemeltető erőgéphez vonórúddal, vagy 3 pont függesztő szerkezettel csatlakoznak. A vetőgép méretét a vázra szerelt vetőkocsik számával jellemezzük. A hazai gyakorlatban 4-től 24 sorig alkalmaznak gépeket jellemzően 70-75-76,2 cm sortávolsággal. Vannak olyan konstrukciók, melyek ikersoros vetést tesznek lehetővé. Ebben az esetben 2 sor között 10-20 cm távolság van, majd 50-60 cm-enként ismétlődik a sorképlet.

Ahhoz, hogy a vetett kukorica vetőmag sikeresen kikeljen a vetőgépnek meg kell valósítania a következő feladatokat:

- Nyisson egy magárkot egyenletes mélységben.
- Adagolja szemenként a vetőmagot az előírt populáció szerint, ne többszörözzön és ne hagyjon ki magvakat.

- A vetőmagot a magárokba szállítsa.
- Megfelelő módon helyezze a vetőmagvakat a magárokba egyenletes tőtáv biztosítása mellett.
- Zárja be a magárkot.
- Tömörítse a mag zónájához a talajt.
- Szükség szerint egyéb funkciókat lásson el például: magágykészítési, sávtisztítási, gyomirtási, talajfertőtlenítő és tápanyag kihelyezési funkció.

Ezeket a funkciókat elfogadható üzemeltetési sebességgel és nagyfokú megbízhatósággal kell végrehajtani. Nem minden vetőgép alkalmas a felsorolt funkciók megvalósítására, gyártók konstrukciói különböző mértékben alkalmasak a technológiák alátámasztására. Azonban minél több funkció ellátására alkalmas egy vetőgép, az annál jobban segíti a vetett magvak kelési esélyeit és a vetőgép szélesebbkörű alkalmazhatóságát. Ez a folyamat az optimálistól eltérő vetéskori feltételek fennállása esetén különösen fontos (Gebresenbet, 1992).

A szemenkénti vetésre, így a kukorica vetésére is alkalmas vetőgépek vetőegységei egymástól függetlenül, a talaj egyenletlenségeit lekövető megoldással vannak a gépek fővázához rögzítve. A kapcsolatot a váz és a vetőkocsik között függesztőkarok valósítják meg, melyeknek valamilyen mechanizmussal további terhelő erőt biztosítanak, hogy a vetőcsoroszlyák az előírt mélységig a talajba hatolhassanak (Sharda, 2017). A talaj fizikai szerkezete táblán belül is változhat, amihez a leszorító erőnek is igazodnia kell. Ez mechanikus terhelőerőt alkalmazó rendszereknél az alkalmazott rugók állításával, vagy cseréjével valósulhat meg (Weatherly et al., 1993). Tömör talajszerkezet esetében lehetséges, hogy kevés az alkalmazott leszorító erő, ami az előírtnál kisebb vetési mélységet eredményez, azonban lazább talajszerkezet elérése során ugyanazon beállítás már túl mély vetésmélységet eredményezhet (Fulton et al., 2015; Kiani, 2010).

Az aktív vetőegység terhelés szabályzó rendszerek esetén a műszaki konstrukciók a mechanikus rugók helyett hidraulikus, vagy pneumatikus munkahengereket alkalmaznak (Poncet, 2016). A precíziós rendszerek rendelkeznek mérő szenzorokkal, melyek időközönként ellenőrzik a vetőegység leszorító erejét a talajhoz (Fulton, 2011). Ebből az adatból egy jelfeldolgozó vezérlő központ a gépen emberi beavatkozás nélkül végez beállításokat a talaj szerkezetének változása alapján (Ward, 1991).

## Vetőmag adagoló

A vetőmag adagoló egység a vetőgép egyik legfontosabb része (Miller, 2012). A kukorica vetés során a vetőmagokat egyenlő távolságban kell elkülöníteni a kívánt vetési arány alapján. Jellemző adagolórendszerek a hazai gyakorlatban:

- Mechanikus ujjas magfogású rendszer.
- Cellás adagolós rendszer.
- Vákuum síktárcsás rendszer.
- Nyomott levegős adagoló rendszer.



**5. ábra** Különböző adagoló szerkezetek kukorica vetőgépeken, saját szerkesztés

Hazai vetőgép technológiában a legelterjedtebb a vákuumrendszerű síktárcsás rendszer. A vákuumos adagoló egység vetőházában a vetendő növény fajtól, a vetőmag fizikai méreteitől, valamint a vetendő tőszámától függően különböző vetőtárcsákat kell használni (Searle et al, 2008). Működése azon alapszik, hogy a vetőtárcsa furataihoz szívja részleges vákuum segítségével a vetőmagokat és azokat biztonságban tartja, amíg az adagolótárcsa eléri a kisülési zónát. Ott valamilyen műszaki megoldással megszakítják a vákuumot, lehetővé téve, hogy a magok a vetőmagszállító rendszerbe essenek (Gil et al, 1996).

A szemenkénti vetőgépek vetőszerkezeteit általában talajkerék és lánckerék rendszer hajtja. Ennek a megoldásnak gyakori hibája a talajkerék csúszása és a lánc rezgése, mely kihat az adagolás pontosságára. Ez a helyzet különösen nagyobb vetési sebességnél állhat fenn. Emiatt sok gyártó alternatív erőátviteli módszert fejlesztett ki, amely a

vetőszerkezet adagoló rendszereit hidraulikusan, vagy elektromos motorral hajtja meg (Yang, 2015). Az elektromos motor hajtásrendszerei két típusra oszthatók: axiális és kerületi irányú hajtásrendszerre.

### Magszállító rendszer

A magszállító rendszer célja, hogy a magokat az adagolótól a magárokba szállítsa, minezt úgy, hogy megtartsa a vetőmagadagoló rendszer pontosságát és biztosítsa a helyes tőtáv kialakulását (Murray et al., 2006).

Hazai gyakorlatban 3 különböző rendszer terjedt el:

- Gravitációs magvezetőcsöves rendszer.
- Nyomott levegős magszállító rendszer.
- Hevederes magszállító rendszer.

A gravitációs rendszerben a magok egyenesen a magvezetőcsőbe esnek, mely szerkezeti elem a magárokba vezeti azokat. A magvezetőcsőben eltöltött idő alatt a vetőmagvak a magvezetőcsövet érő rezgések hatására fizikai behatásnak vannak kitéve. Az esés ideje különböző lehet a különböző vetőmagvak között mielőtt a magárokba érnének. Ez a folyamat befolyásolhatja a vetett állomány megvalósult tőtávolságát. Ez a hatás különösen egyenlőtlen talajfelszínen az optimálist meghaladó vetési sebesség esetében áll fenn. A vetőmagszállító rendszer másik típusa a szállítószalagos vagy szállító keféss rendszer (6. ábra).



**6. ábra** Szállítószalagos magszállító rendszer, saját szerkesztés

A nyomottlevegős rendszer esetében a vetőmagvak adagolóból történő szállítását a nyomott légáram biztosítja. Ebben az esetben speciális lezorító kerék szükséges, hogy a magárokban a vetőmag nem mozduljon el a talajhoz érés pillanatában (Kocher, 2011).

A harmadik típusú magszállító megoldást a gravitációs típusú rendszer továbbfejlesztéseként alakították ki. Ekkor egy szállítószalaghoz rögzített keféket vagy lapátokat használ a vetőmagok szállítására. A vetőmag miután kilép a vetőmagadagoló rendszerből a szállítószalag egyenlő időközönként szállítja a vetőmagot a magárokba (Kocher, 2011).

### Magárok lezáró és tömörítő rendszer

A sorsspecifikus magágy lezáró és tömörítő eszközöket úgy tervezték, hogy a talajt a vetőmagzónához tömörítsék (Gratton, 2003). További feladatuk, hogy ne alakuljon ki sem a felszínen, sem a magárok mélyebb részében légszák állapot a vetőmag körül (Krall, 1977). Hatásterületük a közvetlen sorterület, és nem foglalja magában a sorok közötti teret (Muldoon, 1981). A sorsspecifikus lezáró rendszereknek tulajdonított előnyök többsége a magzóna talajtömörödésének optimalizálásából származik. A mag körüli talaj túlzott tömörödése azonban negatív hatással lehet a csíra fejlődésére és a kelésre (Sardivar, 2019). Az optimális tömörítési szint kompromisszum a kedvező hatásokat elősegítő szint (például jobb talajnedvességtartalom a vetőmag körül, a feltételek stabilizálása stb.) és a káros hatásokat okozó szint (például túlzott mechanikai tömörítés, csökkent talajlevegőztetés stb.) között. A sorsspecifikus lezárórendszer a vetőgéptípusok esetében opcionálisan kiválasztható. Ekkor több tényező mérlegelése szükséges:

- A talaj típusa.
- A talaj állapota/talajművelési rendszer (talajnedvesség, fizikai tömörödöttség mértéke, felszíni növényi maradványok jelenléte).
- Ültetendő növény típusa, valamint az alkalmazott barázdanyitó típusa és beállítása.

A lezáró rendszer terhelése lehetséges mechanikus rugóval, vagy valamilyen központi pneumatikus, vagy hidraulikus munkahengeres megoldással. A legfejlettebb rendszerek mérik a talaj állapotát és helyspecifikus beállásra alkalmasak.

#### 2.2.3.6 A kukorica vetés műszaki háttere és a vetőmag minősége

A vetőmag minősége és a vetőszerkezet által megvalósított vetésminőség összefüggenek. A vetőmag méretének és alakjának heterogenitása befolyásolhatja a vetőgép ültetési minőségét és teljesítményét (Norris, 1982; Halderson, 1983; Agness és Luth, 1975).

Vannak olyan vetőgépek, melyekben alkalmazott magadagoló szerkezetek a vetőmag fizikai paramétereit szempontjából mind méretben, mind alakban azonos frakciót követelnek meg az optimális vetésminőséghez. Ilyenek a fészkes vetőszerkezetek, vagy a fogókaros vetőszerkezetek (Norris, 1982). A leggyakrabban alkalmazott síktárcsás kialakítású vákuum rendszerű adagolók a vetőmag méretének és alakjának különbözőségeit bizonyos tartományban tolerálják a vetésminőség jelentős romlása nélkül (Heyns, 1989; Zulin et al., 1991). A nagy és/vagy sérülékenyebb vetőmagot nagyobb eséllyel sérthetik meg a vetőgépek vetőmagadagoló rendszerei (Fenner, 1992). A különböző kukorica vetőmagkezelések javíthatják vagy ronthatják a vetőszerkezet vetési minőségét. A vetés során a vetőmagtételbe kevert síkpor javítja az adagolás egyenletességét. A kisméretű vagy alacsony ezermag tömegű magok esetében alkalmazott drázsírozási eljárással a magvak méretének és/vagy súlyának növelésével javíthatja a vetőszerkezet vetésminőségét, azonban ezt az eljárást kukorica esetében nem alkalmazzák (Scott, 1989). A vetőmag 12% feletti szemnedvessége ronthatja az adagolási teljesítményt, mivel a kukorica szemek összetapadhatnak és romlanak azok egymáshoz viszonyított folyási tulajdonságai vagy érzékenyebbé válhatnak a mechanikai sérülésekre (Radford, 1983). Ilyen állapot vetőmag csávázás helytelen végrehajtása után gyakran fennállhat. A vetőmag tételben található idegen anyagok, vagy törött vetőmag részek, vagy a vetőmagról leporló anyagok felhalmozódása az adagolóházban vagy a vetőtárcsák furataiban vagy celláiban ronthatják az adagolás minőségét, növelhetik a súrlódást, felgyorsíthatják a kopást.

#### 2.2.3.7 Precíziós rendszer megoldások a vetés során

A precíziós vetéstechnika megvalósítása elsősorban a precíziós vetőgépeken múlik. A hagyományos precíziós szemenkénti vetőgépnél a vetőmag adagoló meghajtását a talajkerekekről hajtott láncos rendszerek valósítják meg (Hanna, 2010). Így a különböző sorok vetési mennyiségét csak egy átmenő hajtóművel lehet egységesen azonos értékre

állítani. Amikor egy vetőgép fordulási műveleteket hajt végre, például akadályok körül manőverez vagy kormányoz a tábla forgójában, a vetőgép átmenő tengelye minden sorogységet azonos forgási sebességgel hajt meg. Emiatt a külső sorogységek nagyobb fordulási sugarúak és így csökkent tőszámmal ültethetők be, ami azt jelenti, hogy a föld potenciális termőképessége nem használható ki maradéktalanul. Ezzel szemben a kisebb fordulási sugarukhoz képest a belső sorogységek túl sűrűn vetik be az ott lévő területet, ami a kisebb tőtáv miatt az egymás melletti növények közötti intenzívebb versenyhez vezet (Strasser et al., 2019). Nyilvánvaló tehát, hogy a belső és külső vetősorok vetésarányának nem kompenzálása termés kieséshez és a hektáronkénti vetőmagköltség növekedéséhez vezethet (Velandia et al., 2013). Ezt az elvet kanyarkompenzációnak nevezzük.

Ezért nagy jelentősége van a precíziós kanyarkompenzációs rendszerek használatának, melyek az összes sorogységnél ugyanazt a magtávolságot tartja fenn, amikor a vetőgépek fordulási műveleteket végeznek (Kok, 1996).

Az első lépés, amit a kanyarkompenzációs rendszernek végre kell hajtania, hogy meghatározza az azonnali haladási sebességet minden egyes sorogységhez. A pontosság biztosításának legközvetlenebb módja egy sebességérzékelő felszerelése minden sorogységre, de ez bonyolultabbá teszi és jelentősen megnöveli a teljes vezérlőrendszer költségeit, különösen a nagyobb méretű, több sorogységgel rendelkező vetőgépek esetében. Egy másik megközelítés a jeladók felszerelése a vetőgép bal és jobb talajkerékére. A két talajkerék sebességének megállapítása után az egyes sorogységek haladási sebessége kiszámítható a sorogységek két talajkerék közötti helyzetére alapján. Ezzel a módszerrel csak alacsony haladási sebesség mellett lehet nagy pontosságot elérni. A precíziós kukorica vetőgépek azonban nagy, akár 16 km/h sebességgel és durva felszínen haladnak, ami súlyosbíthatja a talajkerék megcsúszását, ami végső soron rossz vetésminőséget eredményez (Liang et al., 2015; Ding et al., 2018; Iacomi és Popescu, 2015). Emiatt néhány neves mezőgazdasági gépgyártó GPS-alapú sorogységsebesség mérési megoldásokat javasolt, amelyek a folyamatosan gyűjtött koordináta pontok, valamint az egyes egységek és a GPS-vevő helyzete közötti matematikai összefüggések alapján számítják ki az egyes egységek pillanatnyi haladási sebességét (Ag Leader, 2021; Deere, 2021). Ez az érintésmentes módszer jelentősen javítja a sebesség-előrejelzési pontosságot nagy haladási sebességeknél.

Fontos precíziós technológiai megoldás a különböző sorogységekhez tartozó vetőmag adagolók önálló meghajtása. A hagyományos mechanikus hajtásrendszerek helyett

elektromos vagy hidraulikus motorok alkalmazása, amelyek lehetővé teszik a vetőgép soregységeinek hardveres független vezérlését. Ezek a megoldások javítják a vetés minőségét azáltal, hogy megváltoztatták a vetőmag adagolók üzemmódját. Alkalmassá váltak az adagoló egységek a kanyarkompenzáció mellett, sorrelzárás megvalósítására is (Pedro, 2012). Ebben a technológiai megoldásban a már bevetett területen nem történik vetési művelet. A megfelelő szoftver háttér képessé teszi a vetőszerkezeteket helyspecifikus tőszám kijuttatására, ami megvalósulva azt jelenti, hogy adagolószerkezetek változó fordulatszámú meghajtása történik meg (Kocher, 2011).

A precíziós kukorica vetésre alkalmas vetőgépeken számos szenzor üzemel, mely különböző a vetéssel összefüggő paramétereket mér. A vetőmagok felügyeletére használt vetőmagérzékelők az intelligens felügyeleti és ellenőrzési rendszer kulcsfontosságú elemei. Az optoelektronikus érzékelőt alacsony költsége miatt széles körben használják (Wrobe, 1977). A vetőmagérzékelőtől kapott jelek alapján a monitorvezérlő hektáronként és időintervallumonként kiszámítja a populációt a szomszédos lehulló magok között, és megjeleníti a relatív paramétereket a képernyőn. Ha a magokat nem észlelik a várt időben, a riasztás működni fog.

Szenzor méri az intelligens vetőgépeken a vákumszintet, a vetőkocsi talajkövetési paramétereit, a vetőkocsi vagy egyéb talajjal érintkező elemek talajnyomását. Vannak szenzorok, melyek a magárok talajának minőségi paramétereit mérik (Mursec, 2008).

A szenzorok adatait a gépeken központi vezérlőegység fogadja, mely a szenzoros mérések alapján beállítási döntéseket hozhat a gép szerkezeti rendszerei részére. A precíziós rendszerek előnye, hogy helyspecifikus módon rögzítésre kerülnek a mért paraméterek, melyek térképes formában is megjeleníthetőek (Garner, 2013).

#### 2.2.3.8 Precíziós vetéstechnológia pozicionált inputanyag kijuttatása

A precíziós technológia jól alkalmazható inputanyagokat igényel. Ebben a felfogásban ez azt jelenti, hogy a felhasznált anyagok jól pozícionálhatóak ott, ahol az a leghatékonyabban tud hatást kifejteni. Legyenek ezek biológiai vagy mesterségesen előállított anyagok, az elv minden esetben elsődleges fontosságú.

A kukorica vetőmag lehelyezése mellett számos olyan alkalmazás van a vetéstechnológia során, mely igényli a fent leírt szemléletet. Elsődleges szempont az elvetett mag körüli talaj feltételek biztosítása. Ekkor tápanyag oldalról fontos, hogy a csírázásnak induló mag

a kezdetleges még gyenge gyökérzetével a kezdeti fejlődéshez szükséges tápanyagokhoz hozzá tudjon jutni. Egy tavaszi időszakban a hőmérsékleti tényezők folytán a foszfor felvehetősége korlátozott, pedig ez az elem elsődleges fontosságú a gyökérzet fejlődéséhez (Várallyay, 1996). Ennek a helyzetnek a megoldására van lehetőség precíziósan pozícionált folyékony starter trágya kijuttatásával. Ez a művelet a magárokban elhelyezkedő úgynevezett magnyomó pálcával valósítható meg precíziósan. Ezen az elemen el van helyezve egy folyékony csövezés. Ez az alkatrész a vetés során a magárokban helyezkedik el és a vetőmag körüli területet teríti meg az előre előírt mennyiségű foszfor hatóanyagú starter trágyával (7. ábra). Hasonló megoldás a magvezető cső alatt kialakított starter kijuttatási csövezés, ami úgyszintén a magárokba juttatja ki a folyékony starter oldat trágyát.

Mikrogranulált starterek is ismertek, ebben az esetben a vetőgépre szerelt mikrogranulátum szóróval adagolva és csövezés segítségével a magárokba vezetve történik az anyag kijuttatás. A megoldásokban közös, hogy a precíziós mezőgazdaság elveinek megfelelően a rendszerek szakaszolhatóak, tehát a már kezelt területre nem történik ismételt kijuttatás. Továbbá alkalmazható a kanyarkompenzációs elv is és a differenciált kijuttatásra is van lehetőség. Egyes gyártók a mag helyzetéhez is pozícionálnak tőtávolság függvényében. Ekkor a soron belül a vetett magoktól 2-3 cm-es távolságon kerülhet starter trágya.



**7. ábra** Magnyomó pálcás kijuttatás (a szerző felvétele)

Ezen eszköz alkalmazható a mag közelébe juttatandó a növények tápelem-felvételében közvetlenül szerepet játszó mikrobiológiai szervezetek kijuttatására is, mellyel a biogazdálkodás számára is hatékony eszközként tényleg oda kerülhetnek ezek a bioaktív

anyagok, ahol a növény a gyökérzetével elkezd fejlődni. Ebben a térségben el tud indulni egy olyan pozitív hatás, mely aztán a növényi egészségben a fenológiai fázisok során jelentkezni fog.

A célzott kijuttatás vetés során alkalmazott másik jelentős folyadék alapú módja lehet a talajherbicidek kijuttatása (Jones, 2017). Ebben az esetben a gyomirtószer helyzetileg a vetendő sor 35 cm széles sávjában kerülnek kijuttatásra egy speciálisan kialakított kijuttató szerkezet segítségével. Ebben a precíziós technológiai lépésben az eleve kijuttatandó gyomirtószer 40%-át kell használni, hiszen csak ekkora terület kerül kezelésre. Ezen a területrészen a kijuttatástól kezdődően biztosítható a gyommentes állapot. A sor közben viszont, ahol nem került gyomirtó hatóanyag kiszórásra elkezd a gyomflóra a hőmérsékleti viszonyoknak megfelelően fejlődésnek indulni. Ez a folyamat nem zavarja a kapás növények fejlődési folyamatát, nem vesz el közvetlenül a relatívan még fejletlen gyökérzetű növény elől tápanyagokat és a talaj nedvesség készlete is rendelkezésre áll számukra. A gyomnövények fejlődésének gátja későbbiekben 4-6 leveles fejlődési stádiumától kezdődően sorközművelő kultivátor alkalmazása. Ekkor gyomirtószer mentesen megvalósítható a sorköz gyommentesítése.

### 2.3 Az elvetett mag csírázása

A csírázás egy fiziológiai folyamat, amely biológiai és biokémiai reakciók segítségével indul el (Poudel, 2019). A kukorica csírázásának korai szakaszában optimális hőmérsékleten a mag felveszi a vizet, amelyet imbibícióként ismerünk, aminek következtében a maghéj kitágul és meglágyul (Peng, 2021; Koornneef, 2002). Ezt követően a mag belső élettani tevékenységei aktiválódnak, és megindul a mag légzése (Koornneef, 2002). Végül a törött maghéj lehetővé teszi a gyökérhüvellyel fedett gyököcske és a rügyhüvellyel burkolt rügyecske előtűnését. A folyamat nyugvó száraz mag vízfelvételel kezdődik, és az embrió tengelyének megnyúlásán keresztül a gyökök megjelenésével valósul meg (Masubelele, 2005). Ez a folyamat egy sor szervezett fiziológiai és morfogenetikai folyamatot foglal magában, beleértve a magok energiatranszferét, az endospermikus tápanyagfelvételt, valamint a fiziológiai és anyagcsere-elváltozásokat (Ittroutwar, 2020).

Lefelé fejlődik a gyököcske, a rügyecske pedig fölfelé tör függőleges irányba. A szikközép szár duzzadása után azon fejlődnek az első gyökér kezdemények. A

csíranövény tápanyag ellátásában első időszakban a csírázás megkezdésekor a pajzsocska vállal főként szerepet az endospermiumból. A kukorica rüghüvelynek előbúlyásához 5-20 napra van szükség (Alessi Power, 1971; Menyhért, 1985)

A csírázás jellemezhető a csírázóképesseggel, amikor 16 nap alatt kicsírázott vetőmagvak darabszámát mérjük és adjuk meg százalékos formában. Külön fogalom a csírázási erély, mely a csírázás megvalósulásának gyorsaságát jellemzi. Mérése a kicsírázott szemeket felvételezzük és megvizsgáljuk, mennyi csírázott a vizsgálat negyedik napján (Nagy, 2021).

A körülmények, beleértve a hőmérsékletet, a fényt és a víz elérhetőségét, befolyásolják a csírázást (Rizzardi, 2009).

#### 2.4 A kukorica kelésegyenetességének hatása a termésre

A kukorica termőtő állománya alapjaiban meghatározza a szemtermés mennyiségét (Evans és Fisher, 1999; Weinhold, 1995). Azonban kukorica növények között a vízárt, tápanyagért és a fényért, mint erőforrásokért folytatott versenyben fontos hatása van a kelésegyenetességnek (Lauer, 2001; Liu, 2004; Nafziger, 1991). A kelés egyenetlensége a kelési dinamikával jellemezhető, mely az elvetett magok csírázás utáni kelésének időbeni eloszlása. Az egyidőben vetett növények kelési idő különbségei nagy hatással vannak a kikelt növények méretére, majd ennek a különbségnek hatása lesz a közöttük lévő erőforrásokért folytatott versenyben, mely kihat egyedi termésükre is (Benjamin, 1990).

Martin et al. (2005) megállapította, hogy az egyenetlen kelés növényenként változó mennyiségű szemtermést eredményez. Az egyes növények egymáshoz képesti kelési idő különbségeket a kutatások különböző okokra vezetik vissza. Az egyenetlen ültetési mélység, a vetőmag minősége, a talajművelés, a talajtömörödés szerepelnek a legtöbb kutatásban (Diaz-Zorita et al., 2005; Ford és Hicks, 1992; Dwyer et al., 1999).

A kelés heterogenitása és a csírapusztulás a kukoricatermesztés során előforduló problémák a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben (Drury et al., 1999; Lithourgidis et al., 2005). Azonban az is megállapításra került, hogy amikor a talaj nedvességtartalma megfelelő volt a csírázáshoz, a kelési arány nem különbözött a

hagyományos talajművelés és a forgatás nélküli rendszerekben (Lithourgidis et al., 2005).

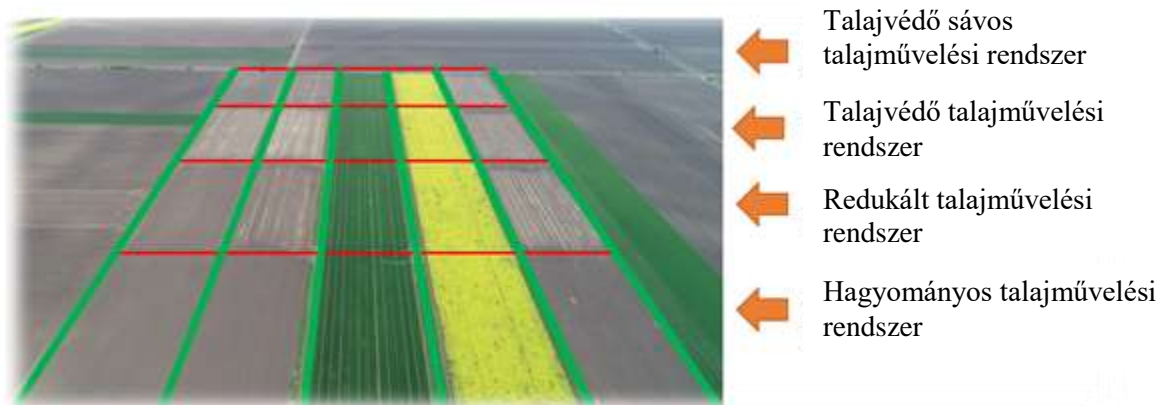
Nafziger et al. (1991) megállapították (USA-Wisconsin), hogy a késleltetett kelés 6-22%-kal csökkentheti a kukorica szemtermését. Más kutatás meghatározta az USA-ban (Minnesotai Egyetem), hogy a kukorica szemtermése 7 nap kelés késés esetén lefeleződött az első keléshez képest (Ford és Hicks, 1992). Szintén csökkent terméshozamot figyeltek meg, amikor nem egyenletes kelés idejű állományokat szimuláltak. Imholte és Carter Wisconsinban (1987) azt tapasztalta, hogy a kelésegyenletlenség csökkentette az terméshozamot mind a hagyományos, mind a forgatás nélküli és no-till rendszerekben. Benjamin (1990) arra a következtetésre jutott Minnesotában (USA), hogy a csíranövények megjelenésének időbeli eloszlása felelős az érett növények termésképző elemeinek tömegváltozásának jelentős részéért. Vanderlip (1988) kutatása szerint, amelyet USA-Wisconsin 19 megyéjében végzett 127 termőtábla elemzésével, a kelő kukorica kelési ideje van legnagyobb hatással a szemtermés mennyiségére. Ezt alátámasztotta Martin et al. (2005) az USA több államában végzett kutatása, mely szerint a kukorica növényenkénti heterogén terméshozama visszavezethető a kukorica kelési heterogenitási problémáira. Bodnár et al. (2023) hazánkban megállapította, hogy a kukorica tőtáv egyenletesség nincs mérhető hatással az egyedi produkcióra, azonban erős korrelációt talált a kelésegyenletesség és az egyedi produkció között.

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1 A kísérleti terület bemutatása

A kísérletet Magyarország keleti régiójában Nádudvaron (47°25'49.3"N 21°12'33.5"E) végeztem. Egy időben egymás mellett négy eltérő talajművelési rendszert alkalmaztam 2016 őszétől. A terület 25 ha nagyságú, melyet 5 külön parcellára osztottam és azokon különböző növényfajokat termeltem vetésforgóban. A doktori értekezés elkészítéséhez a vizsgált időszak 2020, 2021, 2023-as évek voltak. Sajnos a 2022-es évben a rendkívüli aszály miatt a kísérlet megsemmisült, termést nem lehetett a tábláról betakarítani.

Minden növényfaj termelése 4,5 ha nagyságú területrészen történt. Minden ilyen terület további 4 részre volt osztva és ezekben a parcellákban egymástól különböző talajművelési rendszert alkalmaztam (8. ábra).



**8. ábra** A kísérleti helyszín elrendezése, Nádudvar

A kísérleti terület első részén hagyományos forgatásos talajművelési rendszert alkalmaztam. Itt az alpművelés eszköze az eke. A szántás mélysége közép mély 30 cm. A felszín feketére művelt, szármagvány mentes. Vetésre kész állapot több menet alatt alakul ki. A második területen redukált forgatás nélküli talajművelési rendszer használata zajlott. Ekkor az alpművelő eszközök ívelt kések, vagy alacsony meredekségi szögű közép mélylazítók voltak, melyek esetleg tárcsákkal is kombináltak. Jellemzőjük, hogy művelés közben a talaj repesztőhatáson túl a felszínre keverőhatással is rendelkeznek. Teljes felületen történik az alpművelés 30 cm mélység mellett. A vetésre kész állapot ekkor is több menet eredményeképpen jön létre. A felszínen szármagványok maradnak, ezek a felszínt átlagosan 15% nagyságrendben fedik. A

harmadik területrészen talajvédő talajművelési rendszer használata folyt. Az alapművelő gépek itt nagy szögállású, vagy egyeneskéses talajlazítók voltak, melyek kis keverő hatással rendelkeztek. Ennek megfelelően a felszínen a művelési eljárások után 30%-ot meghaladó szármagadvány borítottság maradt. A kísérleti terület negyedik részén talajvédő sávos talajművelési rendszer volt beállítva. Itt az alapművelés sávos művelés, amikor nem a teljes felületen, hanem annak 40 %-án történik talaj bolygatás 30 cm szélesen 26-28 cm mélyen. A felszín szármagadvány fedése nagyobb, mint 30%. Alapművelés ideje őszi volt, a tavaszi vetésig nem történt talajművelési beavatkozás.

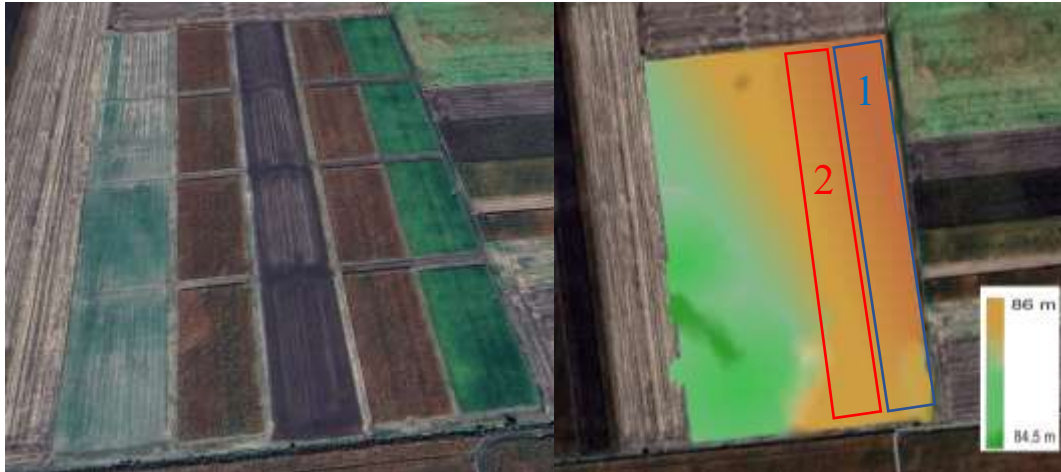
Az alapművelések után az összes táblán belül végzett műveletet ugyanazon a nyomvonalon végeztem a CTF elvei alapján (Controlled Traffic Farming). Ezen elv használata esetén csak automata kormányzási rendszerekkel irányítható a gépkapcsolat RTK jelponthozság mellett (+/- 2,5 cm).

A kísérleti terület földrajzi szempontból a Hajdúsági Lőszhát és a Hortobágy találkozásánál helyezkedik el. A tábla területét, mint magát a vidéket is a felszíni vízmozgások alakították a múltban. Ennek az alakító munkának megnyilvánulásai a terület távérzékelésből nyert műholdfelvételén is láthatóak (9. ábra) különböző színű felszíni képződmények formájában.



**9. ábra** A kísérleti helyszín műhold felvétele 2016 nyarán (Nádudvar)

A kísérleti tábla digitális feltérképezése során nyert magassági térképe a 10. ábrán látható. A helyszín tengerszint feletti magassága a 80,8 m és 83 m között változik. A kutatásom során a vizsgált három évjáratban a tábla homogénebb részén valósítottam meg a kísérleti beállításokat.



**10. ábra** A kísérleti tábla elrendezése. 1- kísérleti terület 2021-ben 2-kísérleti terület 2020-ban és 2023-ban (Nádudvar)

Főtípusát tekintve a kísérleti terület talaja csernozjom. A csernozjom vagy más néven mezőségi talajok Magyarország termőterületének 22,4 %-án helyezkednek el. Jellemző rájuk, hogy felső termőrétege („A” szint) humuszban gazdag, jó termőképességű, sötét színű, laza, morzsás szerkezetű.

A terület feltárása során talajtani szempontból különbözőségek voltak megállapíthatóak. A terület magasabb térszintjein, illetve ezek maradványain mészlepedékes csernozjom, míg a mélyebb fekvésekben kilúgzott csernozjom található. FAO osztályozás szerint Chernozems és Phaeozems referencia csoportokba definiálhatóak (FAO,2015) ezen talajok.

Kémiai összetétele alapján kedvező semleges kémhatás jellemzi a területet, amely magasnak mondható szervesanyag tartalommal és közép kötött szerkezettel írható le. A 1. táblázatban mutatom be ezeket az adatokat. Minden kezelésből négy homogenizált, randomizált talajmintát vettem 0-30 cm és 0-60 cm mélységben. A talajparamétereket Magyarországon akkreditált talajlabor mérte – a HL-LAB Kft. A talajmintákat a felsorolt magyar szabványok alapján vizsgálta: MSZ-08-0206-2:1978, MSZ 08-0210:1977, MSZ-08-0205:1978, MSZ 20135:1999, MSZ-08-0206-2:1978.

**1. táblázat: Kísérleti terület kémiai paramétereit (Nádudvar)**

Parcella azonosítója	Hagyományos		Redukált		Talajvédő		Talajvédő sáv	
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Szint mélysége [cm]	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
pH (KC1 1:2,5)	7,08	7,01	7,10	7,34	7,07	6,27	7,11	7,36
Ka	42	45	43	50	50	52	50	51
Összes só [m/m %]	0,06	0,10	0,05	0,07	0,05	0,09	0,08	0,10
CaCO <sub>3</sub> [m/m %]	<0,1	<0,1	0,5	2,2	<0,1	<0,1	0,6	3,2
Humusz [m/m %]	3,0	2,6	3,3	3,1	3,2	2,8	3,1	2,8
Nmtrit+nitrat [m/m]	6	39	7	14	6	32	28	31
Magnézium [mg/kg]	232	231	336	269	303	375	279	255
Kén [mg/kg]	3,3	8,0	2,7	6,1	2,1	14,0	5,2	5,8
Kálium-oxid	494	471ak	657	402	446	337	535	317
Nátrium [mg/kg]	26	34	29	53	28	62	27	58
Foszfor-pentoxid [mg/kg]	379	276	491	348	524	215	462	279
Réz [mg/kg]	1,2	1,8	2,2	1,4	2,3	1,9	2,3	1,5
Mangán [mg/kg]	171	172	165	95	186	180	185	104
Cink [mg/kg]	0,7	0,7	2,1	1,3	1,3	0,6	1,1	0,7

**3.2 A kísérleti vetőgép bemutatása**

A vetés során alkalmazott vetőgépet 3 különböző rendszerű vetőkocsi terhelő rendszerrel szereltem fel (11. ábra). Az első beállítás esetében húzórugós mechanikus rendszerrel.



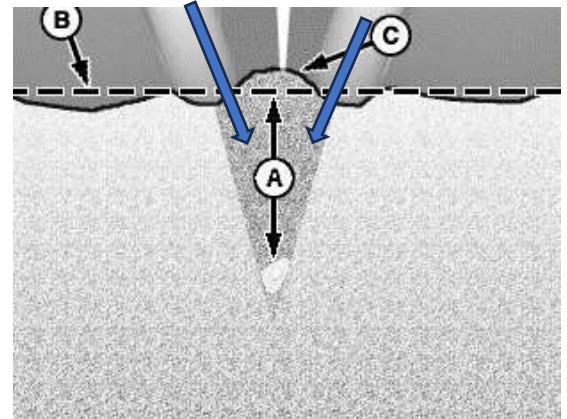
**11. ábra** A beépített különböző vetőkocsi terhelő rendszerek (mechanikus húzó rugó, mechanikus nyomó rugó, hidraulikus vezérelt). Forrás: saját szerkesztés

Ennek a megoldásnak sajátossága, hogy azonos erő létrehozása lehetséges segítségével. Ha csökkenteni, vagy növelni kell a terhelőerő mértékét, akkor ez csak szerelés segítségével, a rugókötegek számának növelésével, vagy csökkentésével lehetséges. A második vetési beállítás nyomórugós vetőkocsi terhelő rendszerrel lett megvalósítva. Ebben az esetben négy fokozatban kézzel történhet a terhelőerő változtatása akkor, amikor a vetőgép felemelt álló helyzetben van. A beállítás emberi döntésre van bízva. A harmadik vetési variáció esetén helyspecifikus precíziós automata vetőkocsi terhelő rendszert építettem a vetőgépre és ennek használatával végeztem a vetést. A rendszer alapja a vetőkocsi talaj kontaktus mérése, mely vetőegységként beépített szenzor segítségével történik. A mérés helye a vetőkocsi mélységghatároló kerekének mechanizmusában van. Mért eredmény lehet gyenge talaj vetőkocsi kapcsolat, ami alacsony terhelőerőt jelent, vagy lehet túl nagy érték, ekkor nagy nyomás alkalmazása nem indokolt. A mért adatokat a minden sorra épített feldolgozó egység értékeli. Annak vezérjele alapján a vetőegységként elhelyezett beavatkozó munkahengerek a talajállapothoz igazodó terhelőerőt biztosítanak. A folyamatos környezeti feltételekhez szükséges alkalmazkodást a vezérlés automatikusan végzi.

A kísérlet során a következő beállításokat használtam 2020-ban és 2021-ben, mint kezelések:

1. Mechanikus húzó rugó: 40 kg/vetőkocsi terheléssel + mechanikus állítású lezárás.
2. Mechanikus húzó rugó: 80 kg/vetőkocsi terheléssel + mechanikus állítású lezárás.
3. Nyomó rugó: 57 kg/vetőkocsi terheléssel + mechanikus állítású lezárás.
4. Nyomó rugó: 113 kg/vetőkocsi terheléssel + mechanikus állítású lezárás.
5. Precíziós vetőkocsi terhelő rendszer: változó terhelés a talajparaméterek mért eredményeire alapozott vetőkocsi erő hidraulikus automatikus állításával vetőkocsinként egyenként + mechanikus állítású lezárás.

Második módosítás a vetőgépen a magárok lezáró rendszeren történt. Első beállítás során a vetőgép eredeti magárok lezáró rendszerével történt a vetés (12. ábra). Ebben az esetben a dupla lezáró kerekek a nyitótárcsák mögött haladnak és betakarják a magárkot. A kerekek a magárok két oldalán tömörítik a talajt. A lezárókerekek erőhatást fejtenek ki a talaj felszínére. Az erőhatás vektorának iránya a magárokban lévő magra irányul. A tömörítő erő nagysága mechanikus kar segítségével 5 fokozatban állítható.



**12. ábra** Mechanikus magárok lezáró rendszer és működése. Jelölések: A-  
vetésmélység, B-vetés előtti talajfelszín, C-magárok felszíne. Forrás: saját  
felvétel és szerkesztés

Második műszaki kialakítás esetében az eredeti lezáró rendszer lecserélésre került és Precision Planting Furrow force lezáró rendszer került a gépre (13. ábra). A megoldás az eredeti rendszerhez képest több változtatást tartalmaz. A magárok betemetését szögben álló tárcsapár végzi. Ez az egység bebillenti a magárok falát a magra. Ezután pedig 2 db az eredeti megoldáshoz képest szélesebb lezáró kerék megtömöríti a magárkot. Az egység üzemeltetéséhez szükséges terhelő erőt pneumatikus munkahengerrel fejtjük ki. Az egység talajjal történő érintkezésének erejét erőmérő szenzorral méri a rendszer. A terhelő erő mértékét a talajjal való mért valós kapcsolat alapján a központi vezérlés soronként autonóm módon szabályozza.

A kísérlet során a következő beállításokat használtam 2023-ban:

1. Mechanikus húzó rugó: 40 kg/vetőkovács terheléssel + mechanikus állítású lezárás.
2. Mechanikus húzó rugó: 80 kg/vetőkovács terheléssel + mechanikus állítású lezárás.
3. Nyomó rugó: 57 kg/vetőkovács terheléssel + mechanikus állítású lezárás.
4. Nyomó rugó: 113 kg/vetőkovács terheléssel + mechanikus állítású lezárás.
5. Precíziós vetőkovács terhelő rendszer: változó terhelés a talajparaméterek mért eredményeire alapozott vetőkovács erő hidraulikus automatikus állításával vetőkovácsként egyenként + mechanikus állítású lezárás.

6. Precíziós vetőkocsi terhelő rendszer + Precíziós vetőkocsi lezáró rendszer: változó terhelés a talajparaméterek mért eredményeire alapozott a lezáró kerekre irányuló pneumatikus nyomómunkahenger automatikus állításával.



**13. ábra** Mechanikus magárok lezáró rendszer és működése, forrás: saját szerkesztés, 1- szögben álló tárcsapár, 2- lezáró kerek, 3- pneumatikus munkahenger

### 3.3 A vizsgált évek időjárása

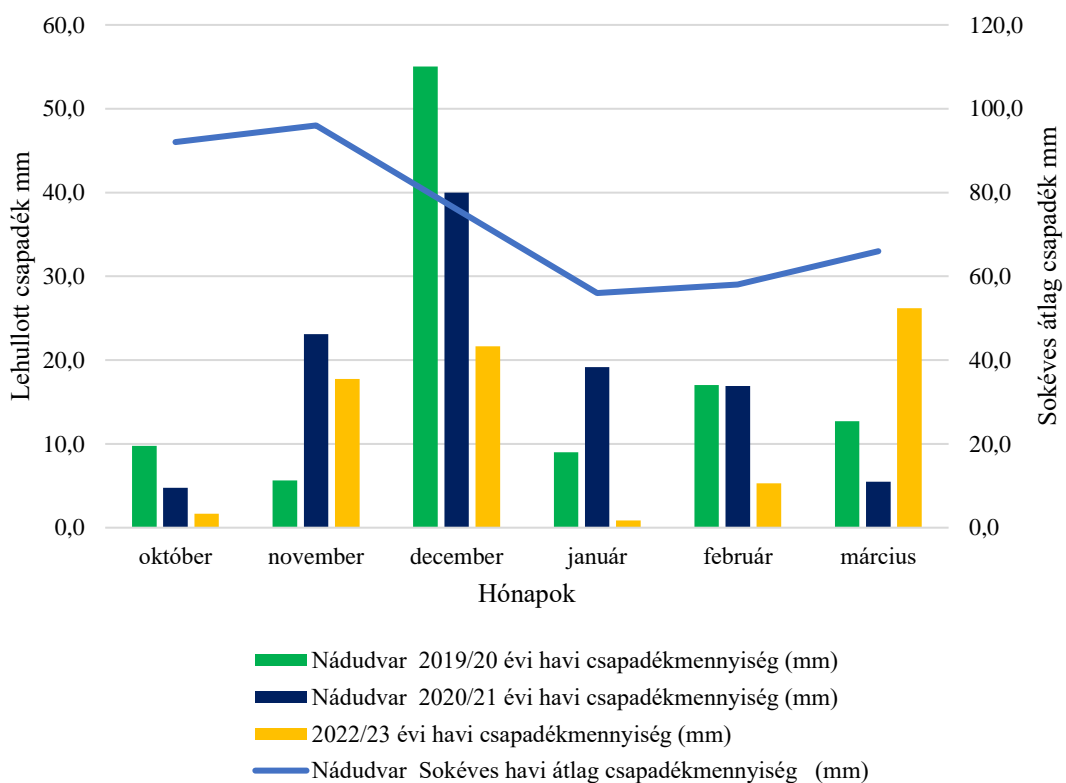
Az időjárási körülmények a kísérleti helyszínen a vizsgált három évjáratban eltérőek voltak. Ezt igazolta a mért paraméterek napi értéke. Mérésre került a lehullott csapadékmennyiség (mm), a levegő és a talaj hőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ ), a szélsebesség (m/s), a levegő relatív páratartalma (%), és a globálsugárzás ( $\text{W}/\text{m}^2$ ). A méréseket a kísérleti területre telepített automata adatgyűjtő meteorológiai állomás végezte.

A mért értékek ábrázolása során a lehullott csapadék mennyiség bemutatását az agronómiai szempontok figyelembevételével a tenyészidőszak előtti időszakban lehullott

mennyiségre (14. ábra) és a tenyészidőszakban lehullott mennyiségre (15. ábra) osztottam.

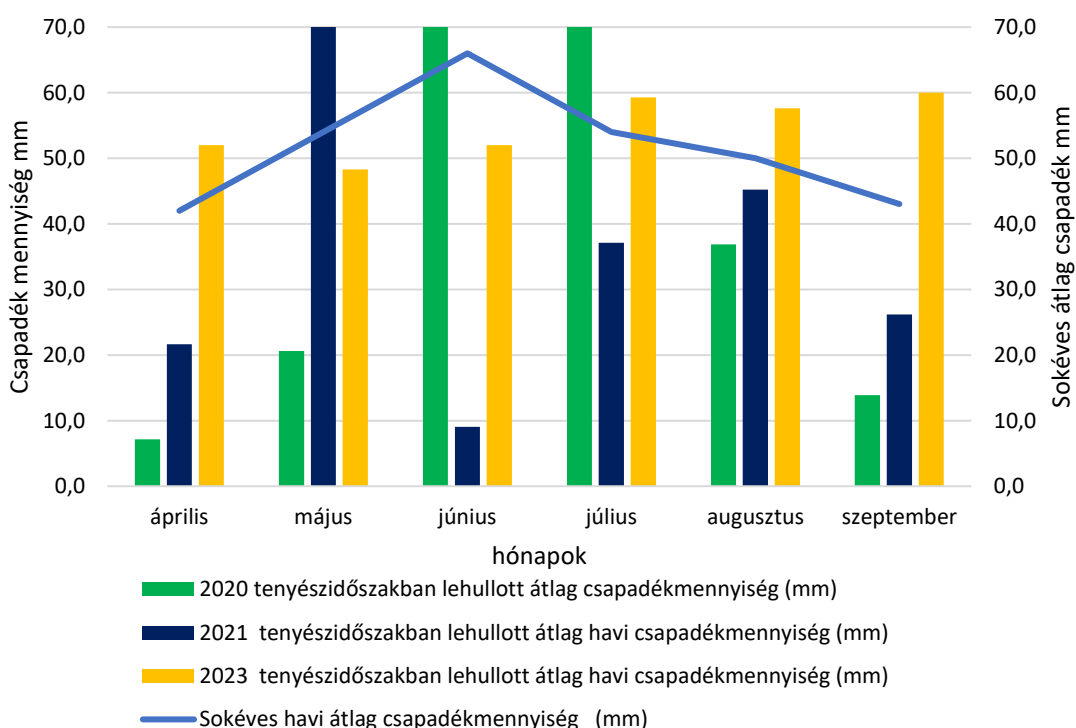
Adatok elemzése során figyelembe vettem a mért időszak előtt lehullott csapadék mennyiség 50 éves átlagát, ennek értéke 222 mm. Ehhez képest a mért időszakokban 2019/2020-ban 218 mm 2020/2021-es szezonban úgyszintén 218 mm. A 2022/2023 évek ezen időszakában pedig jóval kevesebb 148 mm, azaz ez az érték 34%-al kevesebb a sokéves átlagnál. A vizsgált első két évjárat átlaghoz közeli értéke elfedi, hogy méréseim alapján októberben mindkét évjáratban az átlagosnál kevesebb, míg decemberben az átlagosnál nagyobb csapadékmennyiség hullott. 2022/23 évek ezen vizsgált időszakában december hónapban átlag feletti, ezen kívül átlag alatti mennyiségeket mértem.

Ezek az eredmények azért fontosak, mivel a kukorica termesztés sikeressége szempontjából az egyik legmeghatározóbb tényező a csapadék eloszlása és mennyisége (Kiss, 2010; Csajbók, 2004; Györffy, 1976; Nagy, 2018).



**14. ábra** A kísérleti helyszín tenyészidőszakot megelőzően lehullott csapadék mennyisége három évjáratban (Nádudvar)

A tenyésztési időszakban lehullott csapadékmennyiségekből következően (15. ábra) a három termesztési szezon teljesen eltérő volt. Míg a sokéves átlag a kísérlet helyszínén 309 mm, addig a 2020-as termesztési szezonban 265 mm, a 2021-es termesztési szezonban 216 mm, illetve a 2023-as időszakban 329 mm volt. A csapadékeloszlás az évjáratok között különböző volt. 2020-ban szárazabb periódusban történt a kukorica vetése és korai fejlődése. 2021-ben a vetési szezon szárazabb, majd a korai fejlődés időszaka átlag feletti csapadékelátottságú volt, azonban a termésképződés ismét száraz periódusra esett. A 2023-as szezonban a vetés időszaka száraz, majd a május június az átlag alatti, de azt megközelítő, míg a további periódus átlag feletti csapadékelátottságú volt.

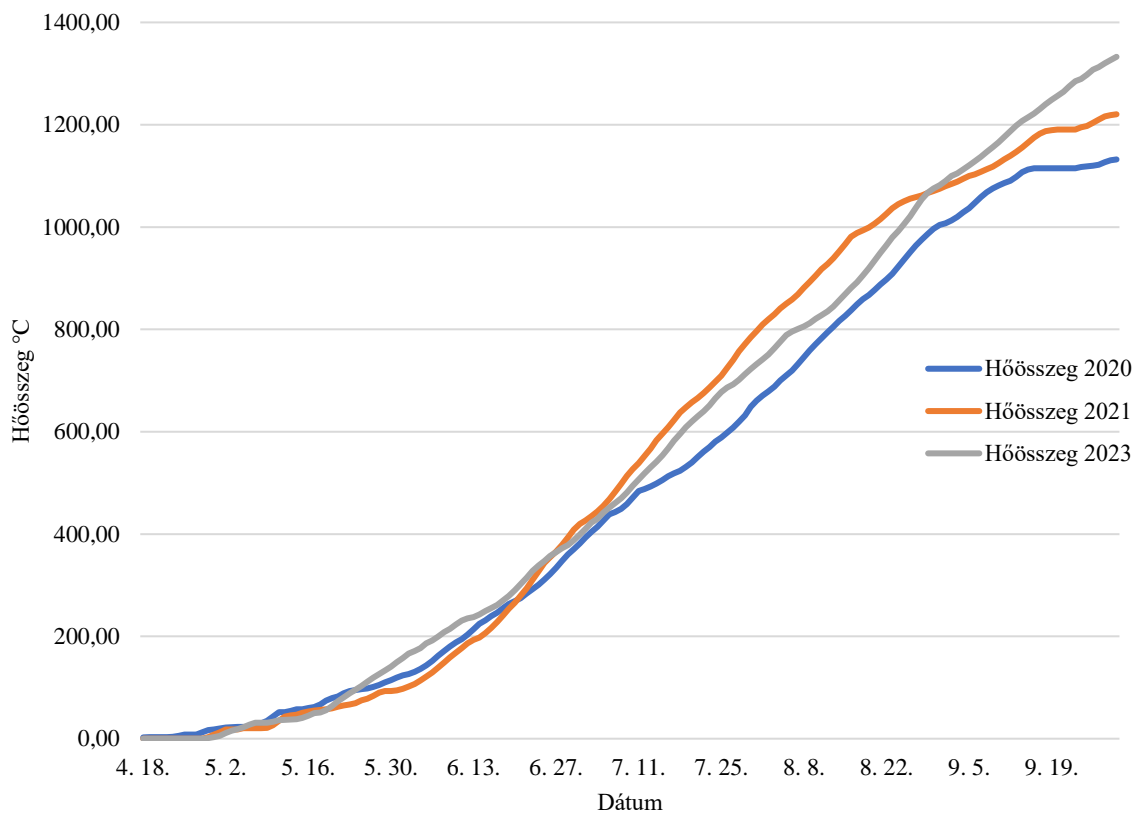


**15. ábra** A kísérleti helyszín tenyésztési időszakban lehullott csapadék mennyisége három évjáratban (Nádudvar)

2021-ben a korai időszakban volt inkább kedvezőbb a csapadék ellátás, majd a tenyésztési időszak későbbi részén elmaradt a csapadék mennyisége a sokéves átlagtól. Különösen a június volt extrém száraz, a sokéves átlag 66 mm és csak 9 mm hullott.

### 3.4 Hőösszeg a vizsgált években

A vegetációs időszakban mért hőösszeg értéke meghatározza a kukorica fejlődési ütemét és az egyes fenológiai állapotok bekövetkezését, ezáltal kihatással van a termésre. A vizsgált három évjáratban az eltérő csapadékviszonyok mellett a hőmérsékleti hatások is különböztek (16. ábra). A kezdeti fejlődési időszakban a legkedvezőtlenebb, hideg évjárat a 2021-es volt. Majd ebben az évben július elejétől az az évjárat jelentős hőmérsékleti anomáliát produkált, ami a kumulált hőösszeg modellen is szemléletesen látszik. A 2020-as évjárat kiegyenlítettebb volt, ehhez hasonló lefutású a 2023-as termesztési szezon.



**16. ábra** A kísérleti helyszín hőösszege a vizsgált három évjáratban (Nádudvar)

### 3.5 A megvalósított agrotechnika a kísérleti területen

A kísérleti helyszín talajművelési alapjait a kísérleti terület bemutatása során ismerttettem. A különböző művelési rendszerek táblarészein az azokra jellemző agrotechnikai

beavatkozásokat végeztem a vizsgált kísérleti években. Agrotechnológia fogalmi meghatározás szerint a növénytermesztés során az egymás után következő munkaműveletek vagy eljárások és az azokkal együtt végzett gépi műveletek összessége (Birkás, 2017). A termesztéstechnológiai beavatkozások időrendi felépítése/elvégzése a kísérleti kezeléseknél megfelelően történtek (2. táblázat). Mivel az egyes talajművelési rendszerek nem azonos menetszámmal és beavatkozási módokkal rendelkeznek, ezért azok különbségeit betartva végeztem a műveletek megvalósítását.

A különböző talajművelési rendszerek parcelláin a rendszerekhez alkalmas agrotechnikai beavatkozásokat jó minőségben valósítottam meg. Minden területen minden agrotechnikai művelet precíziós automata kormányzással ellátott erőgépekkel történt, melyek RTK korrekciós jellel dolgozva 2,5 cm csatlakozási pontossággal és a nyomvonalak megismételhetősége folytán alkalmasak voltak az alkalmazott műveletek pontos megvalósítására és azok egymásra épülésére. Ennek legjellemzőbb példája a sávosan alapművelt terület, mely esetében az alapművelés után a vetés következett és a vetett sornak az alapművelt sávok középvonalába estek. Mindhárom vizsgált évjában Fornád FAO 420 középérésű kukorica hibridet vetttem. A kukorica vetéssel egy menetben a vetőgépen sávgyomírtást végeztem a vetett sor 35 cm széles sávjában. Minden évjáratban talajfertőtlenítő kijuttatása is történt. Az alkalmazott teflutrin hatóanyagú szerből 14 kg/ha dózisban történt kijuttatás.

A vetéssel egy menetben KITE Start Liquid NP folyékony starter trágya kijuttatása pozicionált formában a magárokba történt meg 20 l/ha dózisban. A nitrogén pótlás fejtrágya formájában sorközművelő kultivátor segítségével UAN oldat kijuttatás történt meg osztott formában. Első alkalommal 100 kg N hatóanyag/ha, második alkalommal pedig 50 kg N hatóanyag/ha dózisban. A vetéssel egy menetben végzett pre gyomírtás minden vizsgált évben hatékony gyomírtó hatást biztosított a vetett sorokban. A sorközökben a sorközművelő kultivátor mechanikai gyomírtást végzett. A betakarítás a biológiai érés után 14 és 18% közötti átlagos szemnedvesség elérést követően történt meg.

2. táblázat Agrotechnológiai beavatkozások a három vizsgált évjárat során (Nádudvar)

Technológiai műveletek	Talajművelési rendszerek			
	Hagyományos	Redukált	Talajvédő	Talajvédő sávós
<b>2020</b>				
Takarónövény vetés	nem		2019.07.22	
Takarónövény terminálás	nem		2019.09.01	
Alaptrágya kijuttatása	2019.09.12			nem
Alapművelés + alaptrágya kijuttatás	nem	nem	nem	2019.09.16
Alapművelés	2019.09.13	2019.09.14	2019.09.15	2019.09.16
Alapművelés elmunkálása	2019.10.25	nem		
Magágykészítés	2020.03.25			nem
Vetés	2020.04.18			
Sorközművelő Kultivátorozás +fejtrágya kijuttatás	2020.05.22			
Sorközművelő Kultivátorozás +fejtrágya kijuttatás	2020.06.10			
Betakarítás	2020.10.05			
<b>2021</b>				
Takarónövény vetés	nem		2020.07.28	2020.07.29
Takarónövény terminálás	nem		2020.09.05	
Alaptrágya kijuttatása	2020.09.22	2020.09.15		nem
Alapművelés + alaptrágya kijuttatás	nem			2020.09.15
Alapművelés	2020.10.18	2020.09.22		2020.09.15
Alapművelés elmunkálása	2020.11.25	nem		
Magágykészítés	2021.03.28			nem
Vetés	2021.04.21			
Sorközművelő Kultivátorozás +fejtrágya kijuttatás	2021.05.24			
Sorközművelő Kultivátorozás +fejtrágya kijuttatás	2020.06.08			
Betakarítás	2020.10.12			
<b>2023</b>				
Takarónövény vetés	nem	nem	2022.07.30	
Takarónövény terminálás	nem	nem	2022.09.14	
Alaptrágya kijuttatása	2022.09.24			nem
Alapművelés + alaptrágya kijuttatás	nem			2022.10.16
Alapművelés	2022.10.04			2022.10.16
Alapművelés elmunkálása	2022.10.25	nem		
Magágykészítés	2023.03.28			nem
Vetés	2023.04.24			
Sorközművelő Kultivátorozás +fejtrágya kijuttatás	2023.05.25			
Sorközművelő Kultivátorozás +fejtrágya kijuttatás	2023.06.12			
Betakarítás	2023.10.14			

### 3.6 Mért paraméterek bemutatása

#### 3.6.1 Környezeti és talaj paraméterek mérése

A különböző talajművelési rendszer alá vont parcellákon mértem a talajban a talajhőmérsékletet és talajnedvességet. A hőmérséklet szenzorok mérési mélysége 5 cm-es rétegben a vetési mélységben a vetett sor vonalában volt, amit a letelepítés során GPS koordináták alapján határoztam meg. A szenzorok elméleti mérési tartománya  $-55^{\circ}\text{C}$  – és  $+125^{\circ}\text{C}$  közötti, a mérési felbontásuk  $0,0625^{\circ}\text{C}$ . A nedvesség szenzorok telepítései művelésenként történtek. Az alkalmazott szenzorok típusa: Sentec dir&drop. A rúd szenzorházban 5 cm, 15 cm, 25 cm, 35 cm, 45 cm-es osztásokba vannak elhelyezve a mérő kapacitív szenzorok. A szenzorok működési elve elektromágneses hullámok idő- és térbeli kapcsolatát használja fel. A szenzorok ez alapján a talaj dielektromos állandóját mérik. A talaj dielektromos állandója korrelál a talaj nedvességtartalmával (Heimovaara, 1993). Ezen szenzorok adattovábbító egységgel rendelkeztek és 10 percenként végzett méréseik adatait egy központi adatgyűjtő egységbe továbbították.

A vizsgált kísérleti területen meteorológiai adatok mérése is megtörtént 10 perces felbontásban. Ekkor léghőmérséklet  $^{\circ}\text{C}$  értékben, (szenzor felbontása:  $0,01^{\circ}\text{C}$ ), csapadék mennyiség mm mértékegységben (szenzor felbontása 0,2 mm) mérést végeztem.

#### 3.6.2 A talaj penetrációs ellenállása

A talaj lazultságának jellemzésére a talaj penetrációs ellenállását mértem. Ezt a mérést 70 cm-es mélységig végeztem és a mérőeszköz 1 cm-es lépésközökben elmentette az eredményeket. A mérőeszköz megfelelt az ASAE S313.3 számú szabványnak. A mérőeszköz a behatolási erőt N dimenzióban mérte, melyet később az elemzés során MPa értékre váltottam át. A mérőeszköz egyidejűleg talajnedvességet is mért és V/V térfogat százalékos értéket adott eredményül a mérés során. A talaj nedvességtartalmának ismerete nélkülözhetetlen a talajellenállás értékek értelmezéséhez (Kocsis, 1992).

Minden mintaterületen 16 db mérést végeztem a mérőeszközzel. A mérési pontok egymástól 1 m-es távolságra voltak és minden esetben növényi sorba estek. A mérési pontok helyét GPS mérőkészülékkel rögzítettem. Minden évjáratban két alkalommal

mértem. Először májusban, amikor még a kultúrnövények fejlődési periódusuk kezdeti szakaszában voltak, másodszor pedig augusztus közepén a biológiai érés időszakában. Minden mérés 30 mm-t meghaladó csapadékot követő 3. napban történt, ekkor megfelelő mértékig átázott a vizsgált talajszelvény. Egyrészt az így kialakult állapot a mérőeszköz számára a legkedvezőbb talajbahatolást eredményezett, továbbá a vizsgált szelvények talaja kellően átnedvesedett, azoknak azonos lett a nedvességtartalma. A talaj ellenállása annak nedvességtartalmával fordítottan, a térfogattömegével pedig egyenes arányban változik (Chambell et al., 1991). Kiugróan nagy ellenállás mind a tömörödött, mind a kiszáradt talajban is mérhető (Rátonyi, 1999), ezért közel azonos nedvességtartalmú talajréteg mérése során kapunk helyes eredményt (Trowse, 1971). A rögzített GPS koordináták segítségével a méréseket ugyanott tudtam megismételni a tenyészedőszak során, illetve a következő évjáratban.

### 3.6.3 Felszín szárborítottság mérése

Meghatározásra került a talajművelési rendszerekben különböző időszakokban a szármagadvány felszínborítottsága. Ezen mérés első lépéseként multispektrális (több hullámhossztartományt képes lefedni képalkotás során az elektromágneses tartományon belül) kamerával szerelt drónnal mértem fel a területet. Mérést a 3 különböző évjárat során 10 naponként végeztem DJI gyártmányú Phantom 4 típusú multispektrál kamerával felszerelt drónnal. A drón kamerájának felbontása 4000x3000 pixel. A digitális fényképek kiértékeléséhez az ImageJ képelemző programot használtam. Az ImageJ támogatja a 8 bites, 16 bites és 32 bites (valós) szürkeárnyalatos képeket, valamint 8 és 32 bites színes képeket. Számos képformátumot képes olvasni, köztük a TIFF, GIF, JPEG, BMP formátumokat. Az ImageJ egy nyílt forráskódú képfeldolgozó program. Ezt a programot tudományos célokra tervezték. A mérendő területek határait egy 1x1 m-es négyzet alakú fakeret segítségével határoztam meg. A drón digitális kamerájával légi felvételeket készítettem a kerettel kijelölt, felmért területekről. A szántóföldi képet a drón 1,5 m magasságban készítette. Az átlagos szélesség 2 m/s volt. Minden alparcelláról négy képet készítettem. A számítógépre átvitt JPEG formátumú digitális képeket az ImageJ programmal 8 bites szürke színű formátumba konvertáltam. A programmal a kapott adatok elemzése során klaszteranalízis segítségével a vizsgált területen lehatárolható pixelcsoportokat hoztam létre. Így kialakultak a statisztikai értelemben hasonló

pixelcsoportok, a klaszterek. Az osztályozási folyamat meghatározott számú klaszter átlagértékének (klaszterközepének) a megadásával kezdődik, és ez ismétlődik úgy, hogy a klaszterközépek folyamatosan módosulnak egy új pixel osztályba helyezést követően (Zahra et al., 2010). Az osztályozás után kialakuló csoportokat térképi műveletekkel GIS funkciókkal összevontam, elemeztem. Eredményként felszín fedési %-ot kaptam (Dursun et al., 2017).

#### 3.6.4 Kelési dinamika mérése

A vetés után kelésfelvételezést végeztem. Az egyes kezelések területének homogén részén mintateretek lettek kimérve az eltérő rendszerekkel elvetett kísérleti parcellákon 4 ismétlésben randomizált formában. Minden mintatér 16 m hosszú és 4 kukorica sort foglat magába. Ezeken a mintatereken az első kikelt kukorica egyedeket megjelöltem úgy, hogy a kikelt növény mellé színezett pálcát szúrtam a talajba. Eltérő színű jelölő pálcákkal azonosítottam az egyes napokon, azonos színűekkel az adott napon kikelt egyedeket. A jelölést minden nap reggelén végeztem azonos időszakban. Ezt a mérési sorozatot 6 napon keresztül folytattam. A megjelölt egyedek színkód szerinti aránya feljegyzésre került.

A jelölő pálcák a teljes tenyészidőszakban sérülésmentesen a fejlődő növények mellett maradtak. Ezekre alapozva vizsgáltam a fenológia különböző fázisaiban a fejlődő növények fiziológiai paramétereit, majd pedig ezek adtak alapot a termésképző elemek vizsgálatára.

#### 3.6.5 Szárátmérő mérése a kelési napok függvényében

A legelső nódusz felett mértem egységesen tolómérő segítségével a különböző kelési jelölővel csoportosított növényeket. A mérés időpontja a biológiai érés után történt, amikor már a növény nem fejlődik. Minden kelésjelölő színből 10 db növényt mértem le talajművelési rendszerként. Az eredményt mm dimenzióban kaptam.

### 3.6.6 NDVI (normalizált vegetációs index) mérés

A növényi vegetációnál a leggyakrabban alkalmazott növényi biomassza mennyiséget jellemző mérőszám az NDVI index (Araus et al. 2001). Mérést a 3 különböző évjárat során 10 naponként végeztem DJI gyártmányú Phantom 4 típusú multispektrál kamerával felszerelt drónnal. A drón repülési útvonalát Pix4D program segítségével végeztem el. A drón beállítása során a cél az volt, hogy az elkészült képek 75%-os fedettségben legyenek egymással. 15 m-es repülési magassággal tudtam elérni ezt az értéket. A drón repülési irányát merőlegesre állítottam be a növényállományhoz képest, mivel ezzel a repülési móddal érhető el a legjobb minőségű felvétel készítés. A felvételek elkészülte után Pix4D program segítségével összeillesztettem a területről készült felvételeket és így elkészült a teljes terület ortofotója.

Az ortofotó feldolgozását Qgis programmal végeztem. Ekkor először radiometrikus korrekciót végeztem. Ezen átalakítás során a digitális kép adatokból spektrális reflektancia adatokat kaptam.

Ezután történt az NDVI index képzése. Alapvetően a legegészségesebb, legnagyobb zöld felülettel rendelkező növény veri vissza a legtöbb infravörös fényt. Az NDVI képzéséhez 2 csatorna szükséges, az infravörös (NIR) és a vörös (RED). Kalkuláció modellje a következő:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

A modell futtatása után az eredmény -1 és 1 közötti értékeket vehet fel. Minél fejlettebb a növény, annál közelebb áll az egyhez. Az NDVI érték maximuma a kukorica virágzásakor tapasztalható.

A folyamat végén az adott kísérleti parcella koordináta pontjához kapcsolódó értékeket kaptam, melyeket diagram formában ábrázoltam.

### 3.6.7 Egyedi potenciál mérés a kelési napok függvényében

A megjelölt növényeken képződött termést a színjelölésnek megfelelően elkülönítve egyenként letörtem és a színeknek megfelelő csoportokban begyűjtöttem. Ez a

tenyészedőszak végén a biológiai érést követően október első részében történt. Minden talajművelési rendszerből elkülönítve és kezelésként szeparálva a négy ismétlésből 40 darab mintát gyűjtöttem be minden vizsgált évjáratban. Az így képzett mintákat beszállítottam a Debreceni Egyetem laboratóriumába, ahol megtörtént minden cső elkülönített fizikai hossz, tömeg, és átmérő mérése. A csőhosszt mérőszalaggal, a csőátmérőt tolómérővel mértem a cső középrészének átmérő meghatározásával. A színcódok szerint elkülönített kukoricacsöveket Haldrup gyártmányú egyedi potenciál mérő géppel egyenként lemorzoltam, majd az egy csövön képződött termésparaméterek mennyiségi vizsgálatát végeztem el. Az egyedi potenciál mérő gép lemérte az egy csövön lévő szemek számát és az ezermag tömeget.

### 3.6.8 Beltartalmi paraméterek mérése a kelési napok függvényében

A lemorzolt mintákat egyenként elkülönítve csomagoltam. Ezek egymástól elszeparált mérésével határoztam meg a beltartalmi paramétereket Perten DA7250 készülék segítségével (PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA). Meghatározásra került a minták keményítő, szemnedvesség, olaj és fehérje tartalma. A terményminőség vizsgáló eszközzel a mintákat non-invazív módon lehet vizsgálni. A készülék működési elve a NIR (Near-Infrared Reflectance) spektroszkópia jelenségen alapul, amikor is a közeli infravörös fény (800-2500 nm hullámhossz) elnyelődik, visszaverődik, vagy áthatol a vizsgált terményen. A mérés folyamán kalibrációs folyamattal kezdtem, amikor beállítottam a kukorica terményféleséget a készüléken. Ezután kezdtem a minták mérésébe. A vizsgálatban az eszköz az általa mért minta spektrumát összehasonlítja a kalibrációs modellel, és a rendszer kiszámítja a termény kémiai összetételét a spektrális adatok alapján.

### Kezelt parcella termés mérése

A kezelt parcellák egyenkénti termésmérése is megtörtént. Mivel minden kezelés nagysága 910 m<sup>2</sup> volt, így lehetőség nyílt hozammérővel felszerelt betakarítógéppel a termés mérésére. A gép gyártmánya és típusa John Deere S670. A termésadatokhoz kapcsolt helypozíció koordináták RTK pontos (+/- 2,5 cm) megbízhatóságúak. Egy kezelésből nagyságrendileg 50 mért hozamadatot különítettem el.

### 3.6.9 Statisztikai értékelés

Az adatok összegzéséhez és feldolgozásához Microsoft Excel 365 programot használtam. Statisztikai szempontú elemzésekhez az SPSS 25 programot vettem igénybe. Értékeléseket a nemzetközi és a hazai metódusok szerint végeztem (Berzsenyi, 2010). Elsődlegesen normalitás vizsgálatot végeztem az adatokon, melyhez Kolmogorov Smirnov tesztet használtam. A kiugró adatokat box-pot grafikon felhasználásával szűrtem ki.

A talaj penetrációs ellenállásával kapcsolatos vizsgálatok során One way Anova és General Linear modelt alkalmaztam. Az egyes összetartozó értékeket Duncan teszt segítségével vizsgáltam.

A vetésmélységben mért talajhőmérsékletek és a talajművelési módok összefüggéseit korrelációs-analízissel vizsgáltam. Az eredmények megadása során a regressziós egyenletet és a determinációs együtthatót ( $R^2$ ) is megadtam (Esposito et al., 2010).

Az egyes kezelések kelésdinamikára gyakorolt hatásait Varianciaanalízis segítségével tártam fel. Ekkor One way Anova és General Linear modelt alkalmaztam. Az egyes összetartozó értékeket Duncan teszt felhasználásával állapítottam meg.

A terméseredmények és a kezelések közötti összefüggéseket Varianciaanalízis segítségével tártam fel. Ekkor alkalmaztam One way Anova és General Linear modelt. Az egyes összetartozó értékeket Duncan teszt segítségével vizsgáltam.

A vizsgált kezelések és termésparaméterek közötti összefüggések szorosságának megállapítására Pearson-féle korreláció-analízist alkalmaztam. A korrelációs együttható értéke ( $r$  – érték) -1 és +1 közötti értékeket vehet fel. A kapott eredmény az összefüggés erősségére utal. Az összefüggés iránya az eredmény előjele alapján megállapítható. A pozitív előjel az egyik tényező növekedésére utal, ami a másik tényező növekedését eredményezi. Ha negatív az előjel, akkor az egyik tényező növekedése a másik tényező csökkenését eredményezi. A korreláció-analízis esetén a megállapított összefüggés erősségének értékelésére Sváib (1981) alapján a következő kategóriákat használtam. Ha az  $r$  értéke  $r < 0,4$ , akkor az összefüggés laza. Abban az esetben, ha az  $r$  értéke  $r = 0,4-0,7$ , akkor az összefüggés közepes. Ha  $r$  értéke  $r = 0,7-0,9$ , akkor az összefüggés szoros, ha az  $r$  értéke  $r > 0,9$  erős összefüggést mutat a vizsgálat.

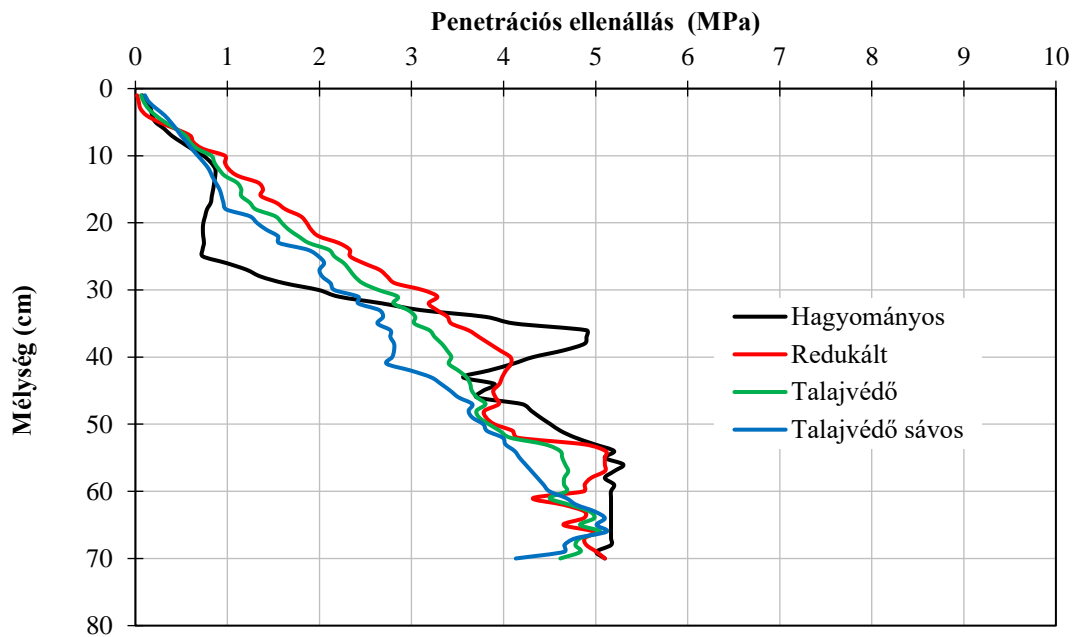
## 4. EREDMÉNYEK

Munkám során négy különböző talajművelési rendszerben vizsgáltam a precíziós vetéstechnológia hatásait a kukorica fejlődésére és szemtermésére. A kísérletek 2020, 2021 és 2023-as szezonban történtek azonos helyszínen. A különböző talajművelési rendszerek hatásai nemcsak a talajművelés során mérhetőek, hanem általában az egész termesztési szezon során befolyásolhatják a növényállomány fejlődését (Crop, 2013). Méréseimmel meghatároztam a különböző művelésekkel kialakult talaj fizikai szerkezetére utaló néhány paramétert, a talajművelések hatásait a talaj felszínére és a talaj vetésmélységben mérhető fizikai állapotaira.

### 4.1 A kísérleti terület talajának fizikai vizsgálata

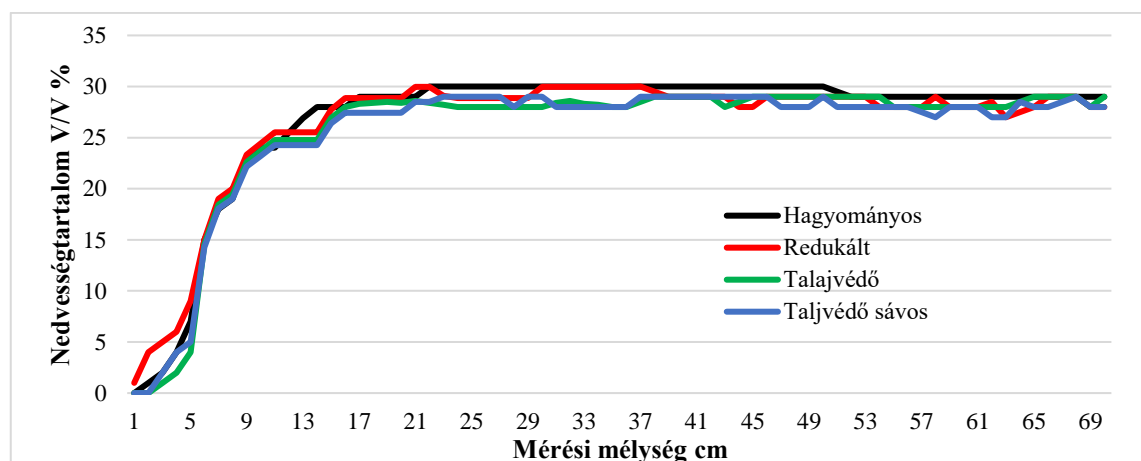
#### 4.1.1 Penetrációs ellenállás alakulása különböző talajművelési rendszerekben

A penetrációs ellenállás felhasználható a talajművelés talajfizikai hatásainak értékelésére, valamint ismeretében megítélhető a talaj különböző rétegeinek állapota. Ezek a mért értékek a növénytermesztés számára fontos információkat szolgáltatnak, felderíthetjük a talajban található tömör rétegeket, melyek károsak a víz beszívására és a növényi gyökerek fejlődésére. 2021-es szezon májusában a kelés időszakában művelésenként a talajfelszíntől 70 cm mélységig centiméterenként végeztem méréseket. Az elemzés során elkülönítettem a forgatott és a forgatás nélküli parcellák penetrációs értékeit. Eredményeim szerint a hagyományos forgatásra alapozó művelési rendszerre jellemző talajprofil 10 és 20 cm között lazább volt, mint a többi rendszernél. Ennél a művelési módnál 30 és 40 cm között egy 5 MPa-t megközelítő keménységű eketalp réteget mutattam ki a több talajművelési rendszerben ilyen réteg nem alakult ki. A kutatási eredmények értékét növeli, hogy azok tartamhatásokat jelentenek, mert a talajművelési rendszerek 2016 ősze óta következetesen ugyanazon parcellákon történnek, így kialakult az azokra jellemző talajszerkezet. A három évjáratban mért eredményem alátámasztja azt, hogy a forgatásra alapuló művelési rendszerben eketalp alakulhat ki, míg a forgatás nélküli rendszerek esetében kevésbé jellemző ez a hatás (17. ábra). Ezt az eredményemet megerősíti Bueno (2006) kutatása is.



17. ábra: Penetrációs ellenállás 2021 május (Nádudvar)

A penetrációs ellenállás mérésével egyidejűleg a mérőeszköz rögzítette a talaj térfogatszázalékos nedvességtartalmát (18. ábra). Következtetésként levonom, hogy a mérés eredménye megfelelő, hiszen hasonló nedvességtartalmú rétegeket hasonlítottam össze.



18. ábra: Talaj térfogatszázalékos nedvességtartama a penetrációs mérés során 2021 május (Nádudvar)

Statisztikai módszerekkel elemeztem a penetrációs behatolási értékek alakulását a vizsgált kezelésekben. A mért értékekből zónákat alakítottam ki. Az adott zónában mért adatok statisztikai értékelése szerint a talajfelszíntől 40 cm mélységig a penetrációs értékek szignifikánsan különböznek a hagyományos és a forgatás nélküli módokra

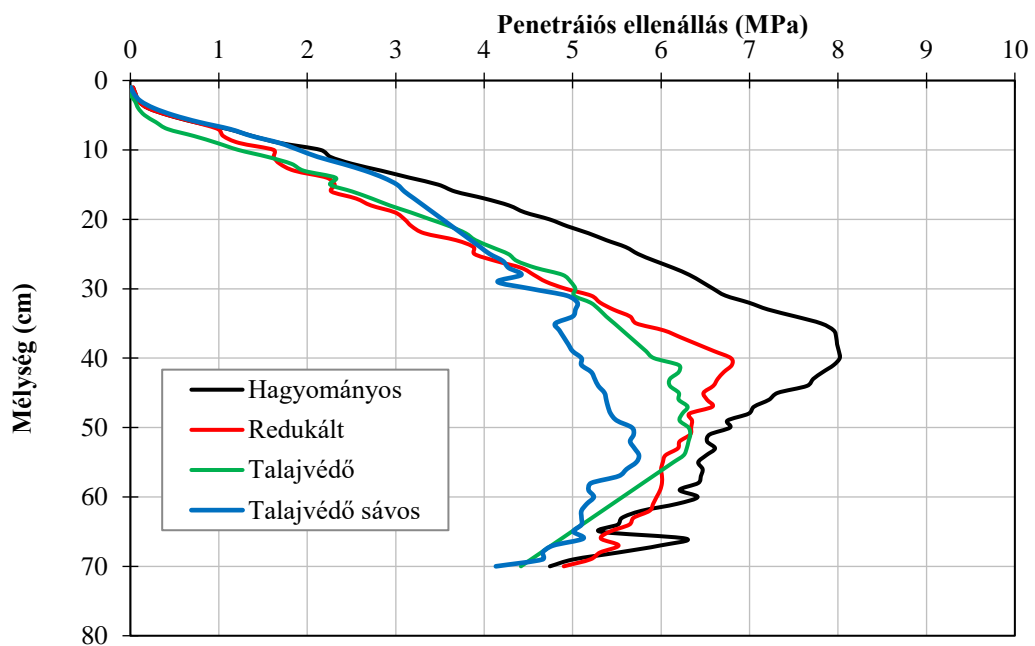
alapozó rendszerek között. A 40 és 60 cm közötti mélységben a talajvédő művelések statisztikailag bizonyítottan lazább szerkezetűek a többi művelésnél (3. táblázat).

**3. táblázat:** Penetrációs ellenállás zónánkénti átlagai 2021 május (Nádudvar)

Talaj zóna	Hagyományos	Redukált	Talajvédő	Talajvédő sávos	N
	Átlagos penetrációs ellenállás (MPa)				
0-10 cm	0,3326 a	0,3858 b	0,3914 b	0,3970 b	N=80
10-20 cm	0,8176 a	1,3996 c	1,1796 b	0,9596 a	N=80
20-30 cm	1,0846 a	2,4576 c	2,1663 bc	1,8750 b	N=80
30-40 cm	3,9560 b	3,5794 ab	3,1277 ab	2,6760 a	N=80
40-50 cm	4,0300 c	3,9294 c	3,6597 b	3,3900 a	N=80
50-60 cm	5,0657 c	4,8240 c	4,5103 b	4,1965 a	N=80
60-70 cm	5,1443 b	4,8239 a	4,8081 a	4,7922 a	N=80

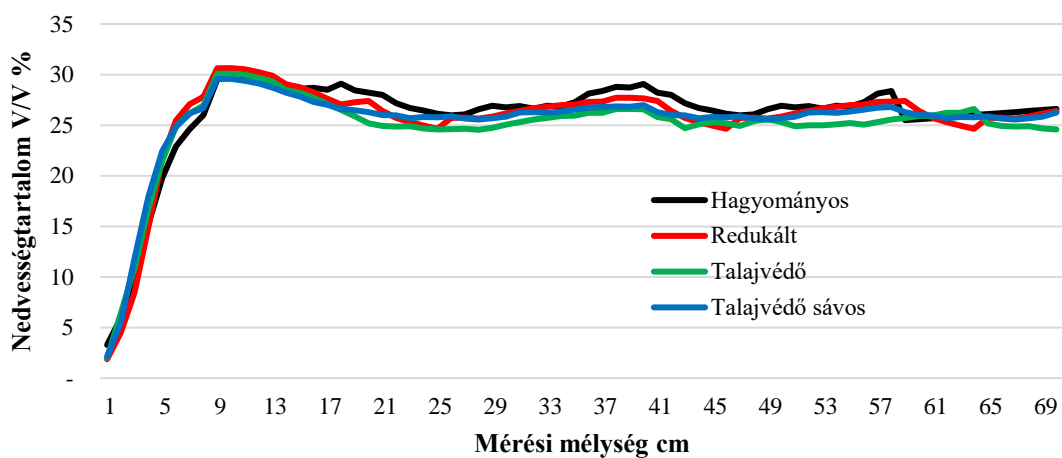
Az azonos betűvel jelölt átlagok  $p \leq 5\%$ -os valószínűségi szinten nem különböznek egymástól

A 2021-es év augusztusában az előzővel megegyező mintatereken és mélységben végzett penetrációs mérések eredményei alapján megállapítottam, hogy leglazább talajszerkezet a 0-40 cm-es a növényi gyökök számára különösen fontos zónában, a talajvédő sávos művelésben, míg a legtömörebb a hagyományos művelésben volt (19. ábra).



**19. ábra:** Penetrációs ellenállás 2021 augusztus (Nádudvar)

A penetrációs ellenállás mérése során a mérőeszköz rögzítette a mérés során a talajnedvesség tartalmakat (20. ábra)



**20. ábra:** Talaj térfogatszázalékos nedvességtartalma a penetrációs mérés során 2021 augusztus (Nádudvar)

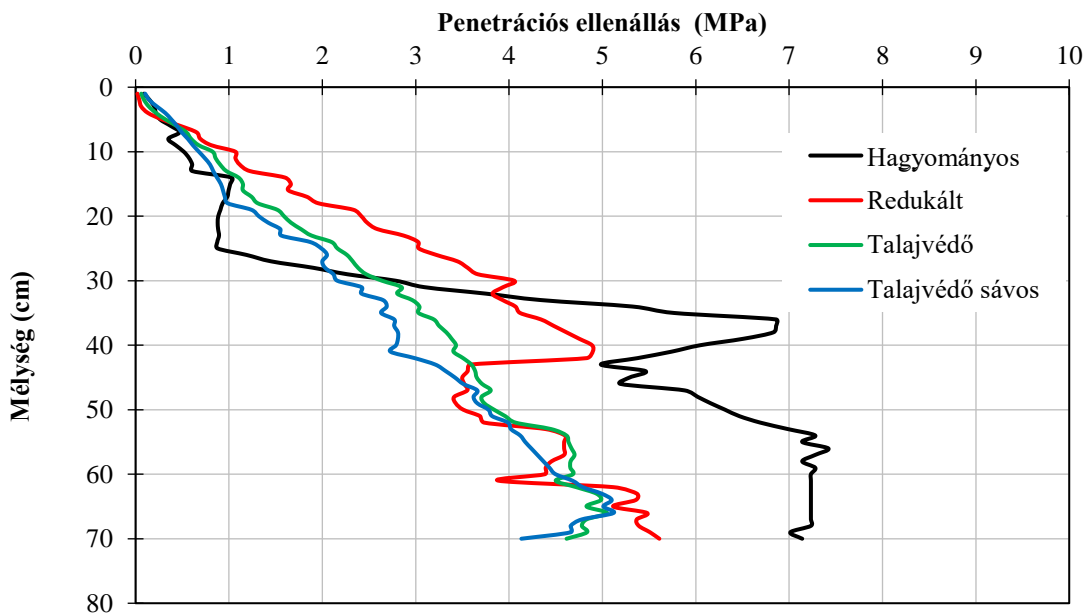
A zónánkénti adatok művelésmódonkénti összevetése alapján a 0-10 centiméteres rétegben nincs szignifikáns különbség a penetrációs ellenállás értékei között. Méréseim alapján megállapítottam, hogy a 20-30 cm rétegben szignifikánsan elkülönül a hagyományos művelési mód a forgatás nélküli rendszerektől (4. táblázat), azonban azok egymáshoz viszonyítva nem különböznek. A 30-40 cm-es és a 40-50 cm-es rétegekben minden művelés esetében szignifikáns eltérést mértem. Jellemzően a forgatásra építő hagyományos rendszer mutatta a legtömörebb talajt, az eredményem megegyezik Rátonyi (2020), Rátonyi (2006), és Licht és AlKaisi (2005) témában végzett kutatási megállapításával.

**4. táblázat:** Penetrációs ellenállás zónánkénti átlagai 2021 augusztus (Nádudvar)

Talaj zóna	Átlagos penetrációs ellenállás (MPa)								
	Hagyományos		Redukált		Talajvédő		Talajvédő sávós		
0-10	1,95	b	0,98	a	1,17	a	1,11	a	N=80
10-20	6,03	c	2,80	a	3,54	b	3,07	ab	N=80
20-30	6,75	c	4,15	a	5,19	b	4,50	a	N=80
30-40	7,15	b	5,97	a	6,39	a	5,98	a	N=80
40-50	7,91	b	7,57	b	7,87	b	7,13	a	N=80
50-60	8,25	bc	8,13	b	8,57	c	7,30	a	N=80
60-70	8,51	c	8,27	b	8,79	b	7,31	a	N=80

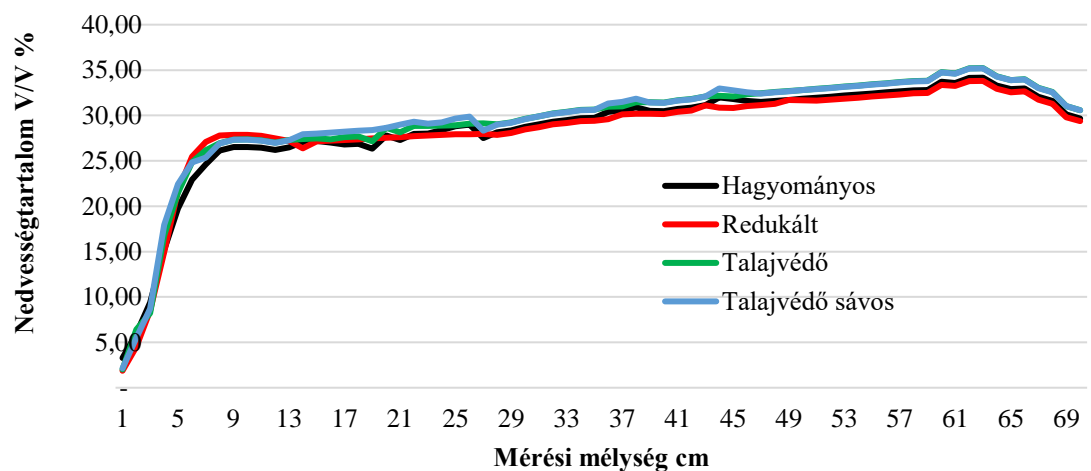
Az azonos betűvel jelölt átlagok  $p \leq 5\%$ -os valószínűségi szinten nem különböznek egymástól

2023-ban a vetés után ismét elvégeztem a méréseket. A 2021-es időszakhoz hasonló eredményeket kaptam (21. ábra). Megállapítottam, hogy 0-27 cm között a hagyományos forgatásra épülő művelésmóddal kezelt terület lazább, mint a forgatás nélküli rendszerek, azonban a mélyebb rétegek fokozatosan keményebbé váltak, ami kedvezőtlen mind a kukorica gyökérzete, mind a talaj vízbefogadási és vízszolgáltató képessége szempontjából.



21. ábra: Penetrációs ellenállás 2023 május (Nádudvar)

A penetrációs ellenállás mérése során a mérőeszköz rögzítette a mérés során a talajnedvesség tartalmakat (22. ábra).



22. ábra: Talaj térfogatszázalékos nedvességtartalma a penetrációs mérés során 2023 május (Nádudvar)

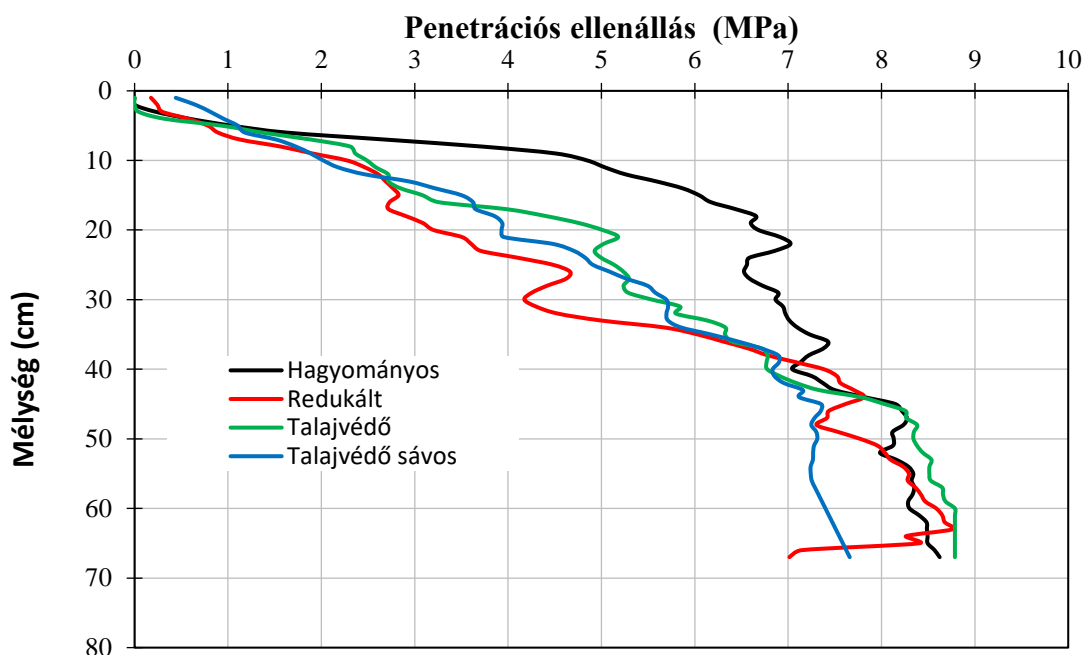
A zónánkénti elkülönített mérési adatok eredményei alapján megállapítottam, hogy a 0-10 cm-es rétegben (a vetési mélység zónájában) nincs statisztikai eltérés a művelések penetrációs ellenállás értékei között. A 10-20 és 20-30-as rétegben a hagyományos művelési módok talajszerkezete volt a leglazább, ennél a legkisebb penetrációs értéket mértem. A 30-40 cm-es rétegben megfordult a tendencia, a hagyományos művelési rendszerbe vont parcellák mérési értékei statisztikailag elkülönülnek a többi műveléstől (5. táblázat). Ebben a zónában voltak a legnagyobb penetrációs értékek, 7 MPa-t meghaladó, kemény művelőtalp réteg jelenlétét mértem ki.

**5. táblázat:** Penetrációs ellenállás zónánkénti átlagai 2023 május (Nádudvar)

Talaj zóna	Hagyományos		Redukált		Talajvédő		Talajvédő sávos		
Átlagos penetrációs ellenállás (MPa)									
0-10	0,31	a	0,42	a	0,39	a	0,40	a	N=80
10-20	0,85	a	1,69	c	1,18	b	0,96	ab	N=80
20-30	1,40	a	3,19	c	2,17	b	1,88	b	N=80
30-40	5,54	c	4,30	b	3,13	a	2,68	a	N=80
40-50	5,64	c	3,77	b	3,66	ab	3,39	a	N=80
50-60	7,09	c	4,34	ab	4,51	b	4,20	a	N=80
60-70	7,20	c	5,22	b	4,81	a	4,79	a	N=80

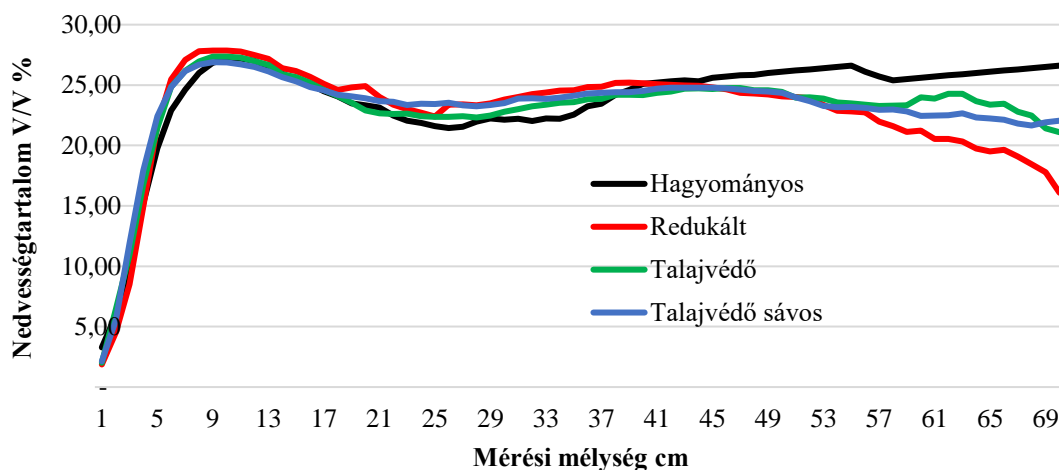
Az azonos betűvel jelölt átlagok  $p \leq 5\%$ -os valószínűségi szinten nem különböznek egymástól

A 2023 augusztusában mért értékek értékelése alapján megállapítottam, hogy a hagyományos művelés eredményei nagyobb értékeket mutatnak, mint a többi rendszer esetében, mely statisztikailag igazolható (23. ábra). 10 cm alatt meghaladja a tömörödés mértéke az 5 MPa értéket, ami a szakirodalmi adatok szerint is káros a növényállomány számára (Birkás, 2006; Hakkansson et al., 1988). Ez az állapot indokoltá teszi a későbbi őszi alpművelést. A forgatás nélküli rendszerek értékei kedvezőbb szerkezetet jeleznek. Eredményeim szerint ezen művelések esetében a későbbiekben kevésbé intenzív mélységű, kevésbé bolygató hatással rendelkező beavatkozás szükséges. 40 cm alatt a művelések penetrációs ellenállásai megközelítik egymást. Valószínűsíthetően ez a talaj nedvességtartalmának tudható be.



**23. ábra:** Penetrációs ellenállás 2023 augusztus (Nádudvar)

A penetrációs ellenállás mérése során a mérőeszköz rögzítette a mérés során a talajnedvesség tartalmakat (24. ábra). 40 cm alatti mélységben a mintavételi helyek nedvességtartalmai eltérőek voltak, mely körülmény befolyásolhatta az eredményt.



**24. ábra:** Talaj térfogatszázalékos nedvességtartalma a penetrációs mérés során 2023 augusztus (Nádudvar)

A tenyészidőszak végén mért penetrációk alapján megállapítottam, hogy 0-tól 50 cm-ig mért rétegben a hagyományos művelési rendszer értékei szignifikánsan nagyobb értéket mutatnak az összes többi rendszertől. A leglazább szerkezetet a talajvédő sávos művelés alá vont parcellákon volt (6. táblázat).

**6. táblázat:** Penetrációs ellenállás zónánkénti átlagai 2023 augusztus (Nádudvar)

Talaj zóna	Átlagos penetrációs ellenállás (MPa)								
	Hagyományos		Redukált		Talajvédő		Talajvédő sáv		
0-10	1,95	b	0,98	a	1,17	a	1,11	a	N=80
10-20	6,03	c	2,80	a	3,54	b	3,07	ab	N=80
20-30	6,75	c	4,15	a	5,19	b	4,50	a	N=80
30-40	7,15	b	5,97	a	6,39	a	5,98	a	N=80
40-50	7,91	b	7,57	b	7,87	b	7,13	a	N=80
50-60	8,25	bc	8,13	b	8,57	c	7,30	a	N=80
60-70	8,51	c	8,27	b	8,79	b	7,31	a	N=80

Az azonos betűvel jelölt átlagok  $p \leq 5\%$ -os valószínűségi szinten nem különböznek egymástól

Kutatási eredményeim alapján megállapítottam, hogy az alkalmazott talajművelési rendszer hosszabb távon megváltoztatta a talaj fizikai szerkezetét. Vizsgálataim eredményei megerősítik több más kutatás hasonló megállapítását, mely szerint a művelési mód befolyásolja a talaj fizikai tulajdonságait a talaj különböző rétegeiben (Alakukku 1998, Stelluti 1998, Gao 2016).

#### 4.1.2 Talajművelési módok és a talaj nedvességtartalma

Jelentős hatással van a növények fejlődésére az, hogy milyen nedvesség készletet képes tárolni a talaj. A talaj térfogatszázalékos nedvességét az egész tenyészidőszak során mértem. Az elemzés során adott hónapban 10 percenként mért adatokat hasonlítottam az egyes művelésmódokban. A 15 cm-es mélységben a varianciaanalízis azt mutatja, hogy jelentős szóródás tapasztalható az adatokban. A tavaszi időszak április és májusi hónapjaiban szignifikánsan elkülönülnek a hagyományos a redukált és a talajvédő művelési módok. A 25 és 35 cm-es mélységben szignifikánsan elkülönült a hagyományos művelési mód a különböző forgatás nélküli módoktól ( $P < 0,05$ ), vizsgálatom bizonyította, hogy a teljes tenyészidőszakban magasabb nedvességtartalommal rendelkeztek az ilyen rendszerekkel művelt kísérleti parcellák ezen mélységekben (7. táblázat).

**7. táblázat:** Kísérleti terület talajának térfogatszázalékos nedvességtartalma művelési módoként a 2021-es növénytermesztési szezonban (Nádudvar)

Mérési mélység	Talajművelési rendszer	Talajnedvesség V/V %									
		Április		Május		Június		Július		Augusztus	
15 cm	Hagyományos	14,79	a	14,91	a	9,60	a	8,20	b	7,39	b
	Redukált	19,21	b	18,22	b	13,28	b	8,25	b	7,15	b
	Talajvédő	24,72	c	20,65	c	9,20	a	3,35	a	2,70	a
	Talajvédő sávós	24,85	c	24,55	d	21,64	c	18,91	c	16,83	c
25 cm	Hagyományos	20,77	a	21,18	a	14,36	a	11,59	b	10,90	b
	Redukált	24,80	c	25,46	c	22,77	b	17,35	c	15,41	c
	Talajvédő	23,40	b	24,25	b	15,45	a	8,02	a	6,64	a
	Talajvédő sávós	23,50	b	24,45	b	23,40	b	20,15	d	18,30	d
35 cm	Hagyományos	26,96	a	27,77	a	17,51	a	12,34	a	12,29	a
	Redukált	27,91	b	28,86	b	26,69	b	15,58	b	14,40	b
	Talajvédő	30,31	c	31,48	c	27,22	b	21,63	c	20,58	c
	Talajvédő sávós	31,34	d	32,62	d	32,34	c	29,61	d	29,07	d

Az azonos betűvel jelölt átlagok  $p \leq 5\%$ -os valószínűségi szinten nem különböznek egymástól

A 2023-as évjárat szélsőségesen száraz volt. A kutatási eredmények alapján megállapítottam, hogy 15 cm-es mélységben a talajnedvesség a tenyészidőszak első két hónapjában szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) alacsonyabb volt a hagyományos művelési rendszerben a többihez képest. A 25 cm-es mérési mélységben is hasonló értékeket mértem. A 35 cm-es mérési mélységben a teljes tenyészidőszak során szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) alacsonyabb volt a talajnedvesség a hagyományos művelési rendszerben a többi rendszerhez képest. Kutatási eredményeim alátámasztják, hogy a forgatásra épülő talajművelési rendszer alkalmazása száraz időjárási periódus során kedvezőtlenebb állapotot teremt a fejlődő növényállomány számára, mert kevesebb felvehető víz áll rendelkezésre (8. táblázat).

**8. táblázat:** Kísérleti terület talajának térfogatszázalékos nedvességtartalma művelési módoként a 2023-as növénytermesztési szezonban (Nádudvar)

Mérési mélység	Talajművelési rendszer	Talajnedvesség V/V %									
		Április		Május		Június		Július		Augusztus	
15 cm	Hagyományos	14,67	a	25,33	a	17,43	a	12,34	a	15,16	a
	Redukált	24,34	b	25,09	a	21,51	b	23,00	d	24,95	c
	Talajvédő	25,92	b	23,99	a	16,73	a	15,72	b	17,05	ab
	Talajvédő sáv	24,37	b	25,39	a	17,47	a	19,17	c	19,47	b

25 cm	Hagyományos	11,50	a	26,07	a	18,05	a	9,70	a	13,38	a
	Redukált	29,38	b	31,90	c	27,99	c	22,31	c	24,01	c
	Talajvédő	29,57	b	29,87	bc	24,19	b	20,19	b	19,97	b
	Talajvédő sáv	28,70	b	29,31	b	23,31	b	19,90	b	21,30	bc

35 cm	Hagyományos	13,50	a	28,48	a	18,88	a	8,41	a	10,97	a
	Redukált	29,97	b	31,77	c	31,88	c	26,42	b	28,25	c
	Talajvédő	31,92	c	32,79	c	31,12	bc	26,13	b	23,11	b
	Talajvédő sáv	29,90	b	30,12	b	29,18	b	26,36	b	27,20	c

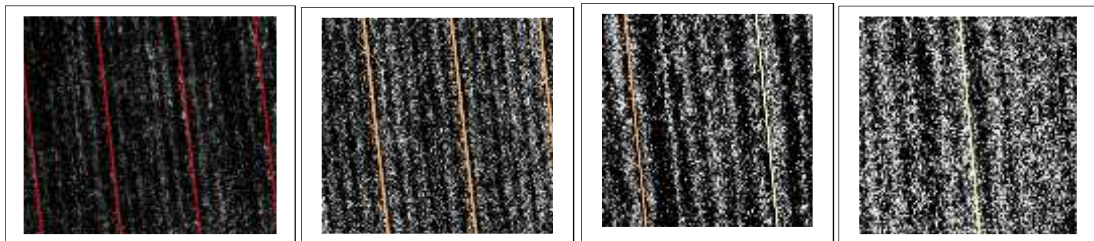
Az azonos betűvel jelölt átlagok  $p \leq 5\%$ -os valószínűségi szinten nem különböznek egymástól

Méréseimmel és statisztikai elemzéseimmel bizonyítottam, hogy a különböző talajművelési rendszerek statisztikailag igazoltan befolyásolják a talaj víztároló képességét. Eredményeimet más kutatók vizsgálatai is alátámasztják, mert a talajművelési rendszer meghatározza a talaj pórusméret-eloszlását, amely befolyással van a víz beszivárgására és annak visszatartására (Hillel, 1998, Kutílek és Nielsen, 1994).

#### 4.2 A talaj felszíni állapota, szármadaradvány borítottsága talajművelések függvényében

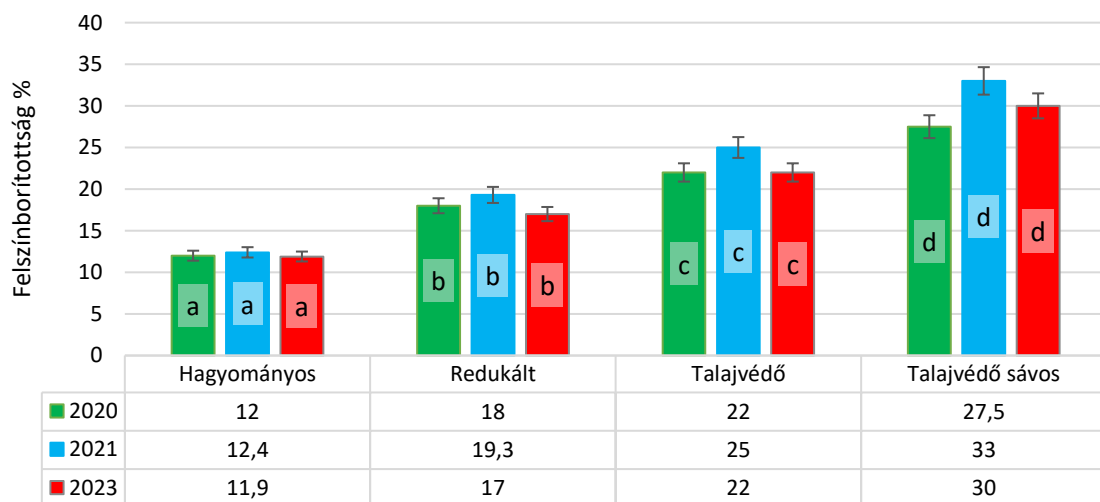
Az egyes talajművelési rendszerek között további jelentős különbség a talaj felszín borítottsága, annak százalékos értéke. Szabványos módszerek - a kísérleti terület átlagos

növénymaradvány-borításának mérésére szolgálnak - közül a képelemzés módszerét választottam. Az első mérést talajművelés utáni napon végeztem. A kísérleti parcellákról drónra szerelt multispektrális kamera segítségével felvételeket készítettem. Az elkészült felvételeket GIS szoftverrel elemeztem és meghatároztam a borított felszín százalékot. Az elkészült felvételek feldolgozása és elemzése során az egyes különböző talajművelési rendszerek parcelláit elkülönítetten kezeltem (25. ábra).



**25. ábra:** Talajművelési rendszerek felszínborítottsági elemzése

Az alkalmazott talajművelési rendszerek összehasonlításának módszere, hogy a különböző eljárások után marad-e fenn a talaj felszínén szármagadvány, vagy nem és mennyi a felszín fedettsége. A szármagadvány gazdálkodás során minden művelet a területen jellemzően csökkenti a szármagadvány mennyiségi jelenlétét a talaj felszínén (26. ábra).



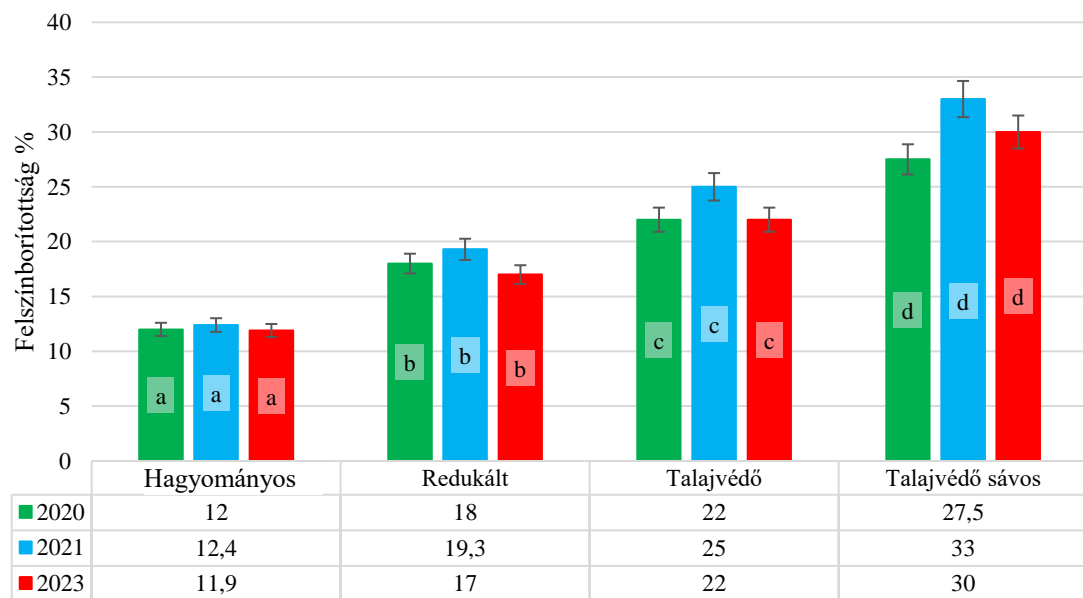
Az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

**26. ábra:** Az egyes talajművelési rendszerek mintatereinek felszínborítottsági átlagai magágykészítés után három évjáratban (Nádudvar)

A vizsgált három évjáratban eltérő elővetemény előzte meg a kukorica állományt. 2020-ban repce elővetemény volt, majd azt takarónövény állomány követte és annak

terminálása után történtek meg a talajművelések. 2021-ben és 2023-ban is kukorica elővetemény után került ismételt kukorica fővetésben. Az eredmények azt mutatják, hogy felszínborítottsági százaléktételek átlagait tekintve szignifikánsan eltérnek a művelések mindhárom évjáratban. A statisztikai elemzés az egyes éveken belül történt magágykészítés utáni vetést megelőző időszakban történt mérések eredményeit hasonlítja egymáshoz (az azonos betűvel jelölt átlagok  $p=5\%$ -os valószínűségi szinten nem különböznek egymástól). Vizsgálatom eredményei szerint a kezelt parcellák felszínborítottságát értékelve 12%, 12,4% és 11,9% szármadaradvány felszínborítottság jellemezte a hagyományos művelés utáni felszín, míg a talajvédő sávos rendszer átlagos felszínborítottsága a vetést megelőző állapotban ennek közel háromszorosa. Méréseimet több szakirodalom hasonló eredményei támasztják alá (Hammel, 1989; Ferreras et al, 2000; Kok, 1996).

Hasonlóan fontos időszak a vetés utáni állapot. Eredményeim elemzése szerint minden évjárat esetében az egyes talajművelési rendszerek közötti felszínborítottság szignifikáns különbségeket mutatott. Kutatásom alapján ez azt eredményezte, hogy szignifikánsan más állapot áll fenn a vetés után a fejlődő növényállományok számára az egyes művelési rendszerek parcelláin (27. ábra).



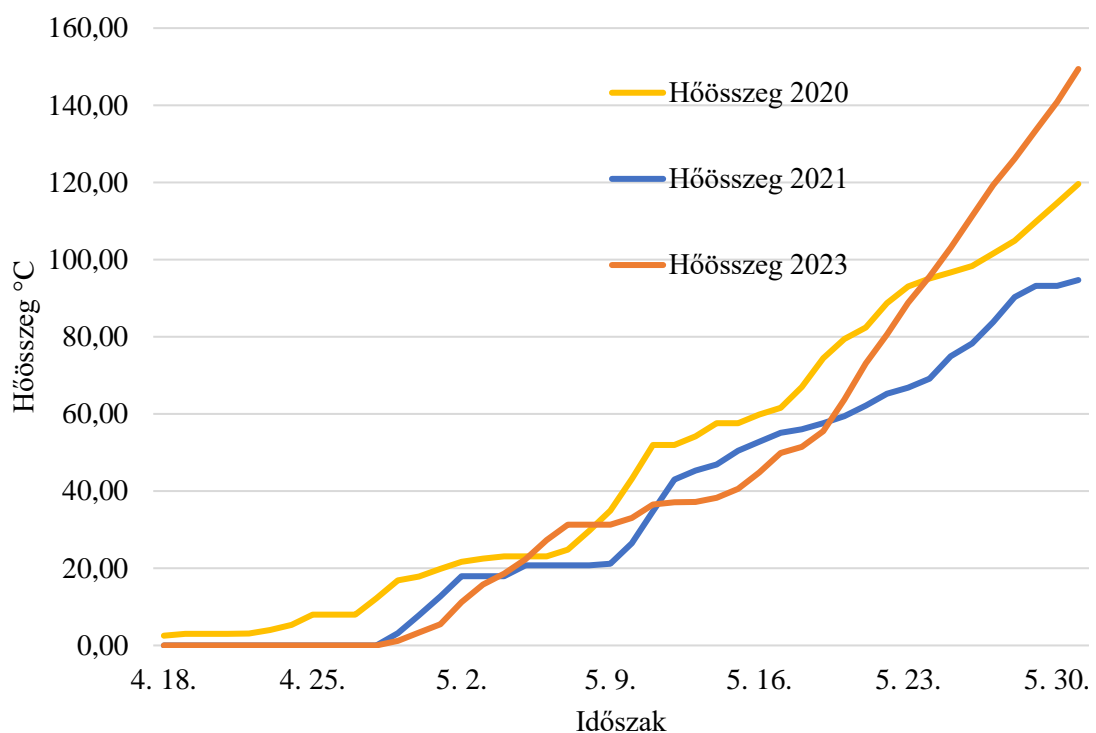
Talajművelési rendszerek felszínborítottsági %

Az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól  $P=0,05$  valószínűségi szinten

**27. ábra:** Az egyes talajművelési rendszerek mintatereinek felszínborítottsági átlagai vetés után három évjáratban (Nádudvar)

#### 4.3 Talaj hőmérséklet vetésmélységben és a talajművelési módok összefüggése

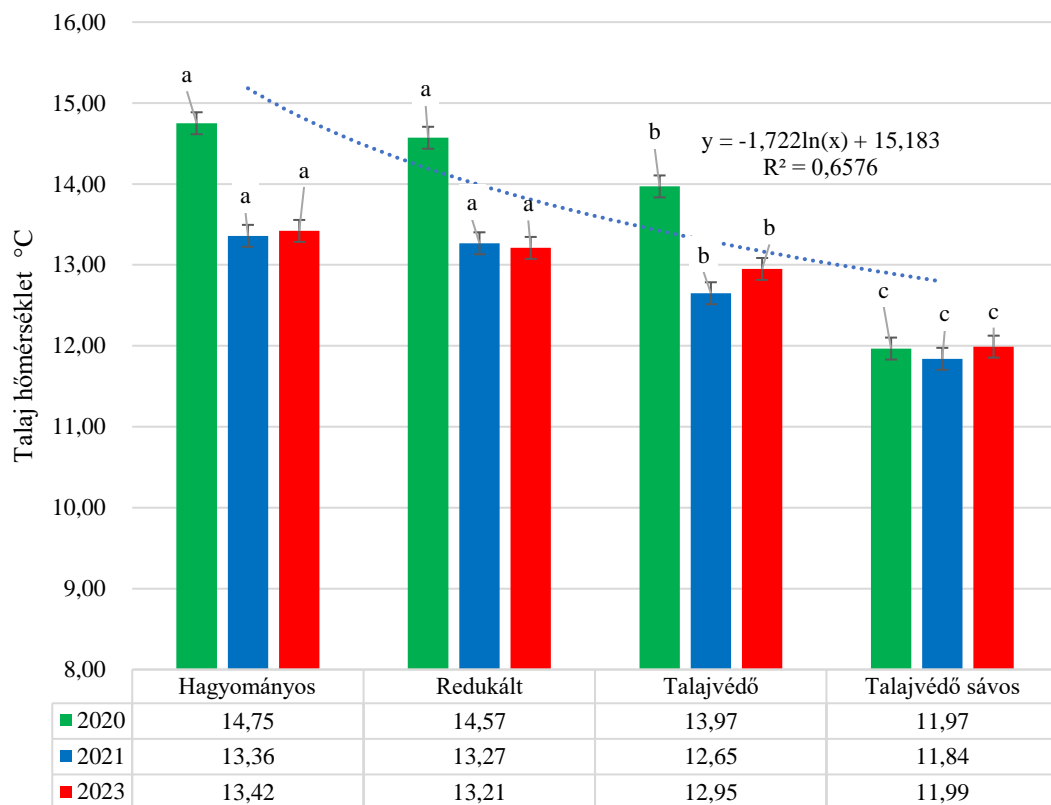
A kukorica csírázásához, majd a keléséhez szükséges hő igényének biztosítását az egyes talajművelési rendszerek esetében bemutatott eltérő állapot befolyásolja. A 2020-2021 és 2023-as évjáratok esetében különböző hőmérsékletű periódusok voltak. A vetés utáni, május végéig tartó általam mért és számított hőösszeg értékek évjáratonként eltérőek voltak. Ez alapján megállapítható, hogy a leghidegebb vetés időszaki évjárat a 2023-as volt. A 2020-as a legmelegebb és a 2021-es pedig a két évjárat között helyezkedett el (28. ábra).



**28. ábra:** Három évjárat vetést követő hőösszegei 04.18-tól 05.30-ig évjáratonként (Nádudvar)

Kutatásaimban elemeztem az egyes művelési módok vizsgálati területeinek hőmérsékleti adatait, a vetést megelőző és a kelésig tartó periódusban. Mérési adataim a különböző talajművelési rendszerek parcelláinak 5 cm mélységben mért hőmérsékleti adataiból származnak a három évjáratban április 18-tól május 30-ig. Az időintervallumon belül 10 percenként történt hőmérséklet mérés, így nagyszámú, 4608 db adat állt rendelkezésemre parcellánként és évjáratonként. Az egyes talajművelési rendszerek parcelláin összehasonlítottam a vetéstől a kelésig tartó időszakban a vetési mélységben mért

hőmérséklet értékek átlagait, melyet a 29. ábra mutat. Mindhárom évjárat esetén nem találtam szignifikáns különbséget a hagyományos és a redukált talajművelési rendszerek parcellái között. Vizsgálataim igazolták, hogy a talajvédő és a talajvédő sávos rendszer parcellái szignifikánsan hidegebbek az előző két rendszertől. Statisztikailag igazolhatóan a leghidegebb rendszer a talajvédő sávos terület. Ezen mért vizsgálati eredményem egybevág Sims et al. (1998) méréseivel.

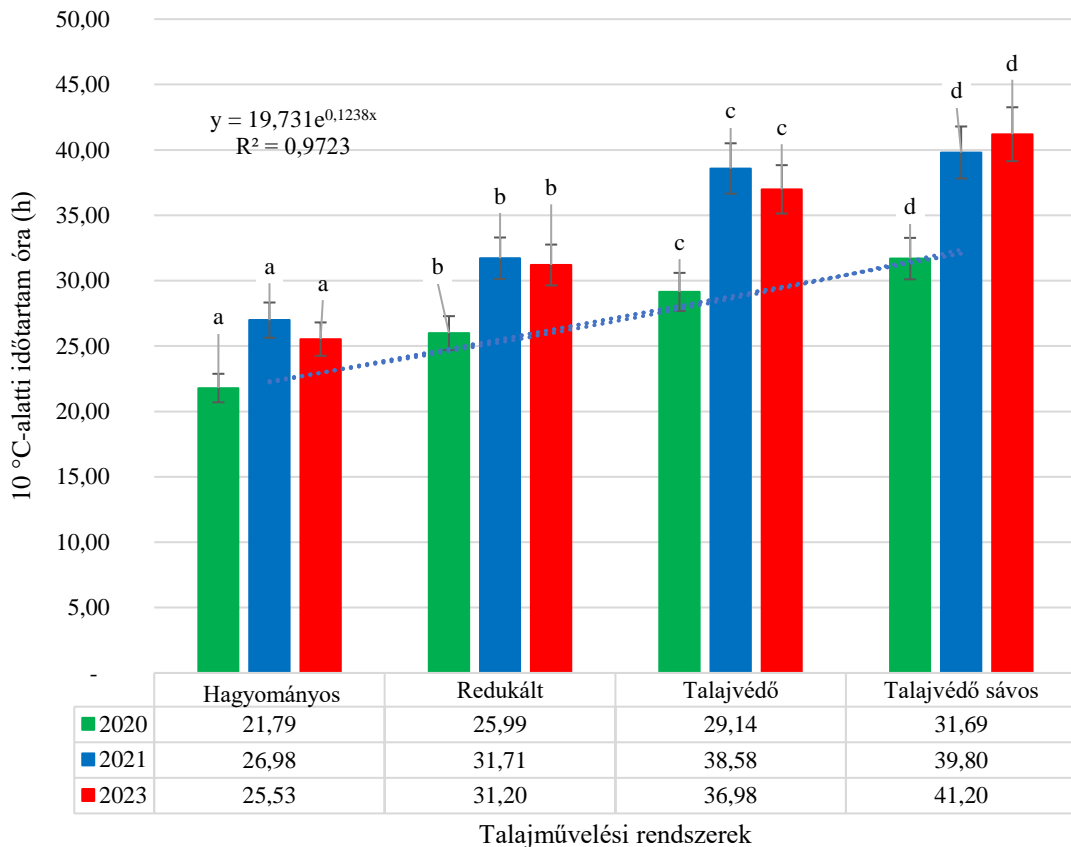


Az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

**29. ábra:** Vetésmélységben mért talajhőmérsékletek átlagai a vetéstől a kelésig eltelt időszakban (Nádudvar)

A csírázás és a kelés szempontjából kritikus bázis hőmérsékletet legtöbb szakirodalom (Alessi et al., 1971; Reed et al.2019) 10 °C-ra, míg mások (Narwal et al., 1986; Kirby, 1995, Brown, 1993) 8 °C-ra határozták meg. A küszöbértékek alatt megáll a növény csírázása. A vetésmélységben mért hőmérséklet adatokból meghatároztam azon időszak hosszát, amelyet az elvetett és még ki nem kelt kukoricaállomány a bázishőmérséklet alatt töltött. A 10 °C-ra vonatkoztatott hőmérséklet alatt töltött órák számának művelési rendszerek közötti összehasonlítása (30. ábra) esetében erős szignifikáns hatást mértem

minden talajművelési rendszer között. Kutatási eredményeim alapján megállapítható, hogy 10 °C hőmérséklet alatt a legkevesebb ideig a hagyományos művelésű parcellában voltak az elvetett állományok (előzőleg bemutatott feketére művelt parcella). Ennél és egymáshoz képest is minden forgatás nélküli művelés esetében szignifikánsan hidegebb körülményeket mértem, ahol több időt töltenek a csírázó növények ilyen körülmények között.

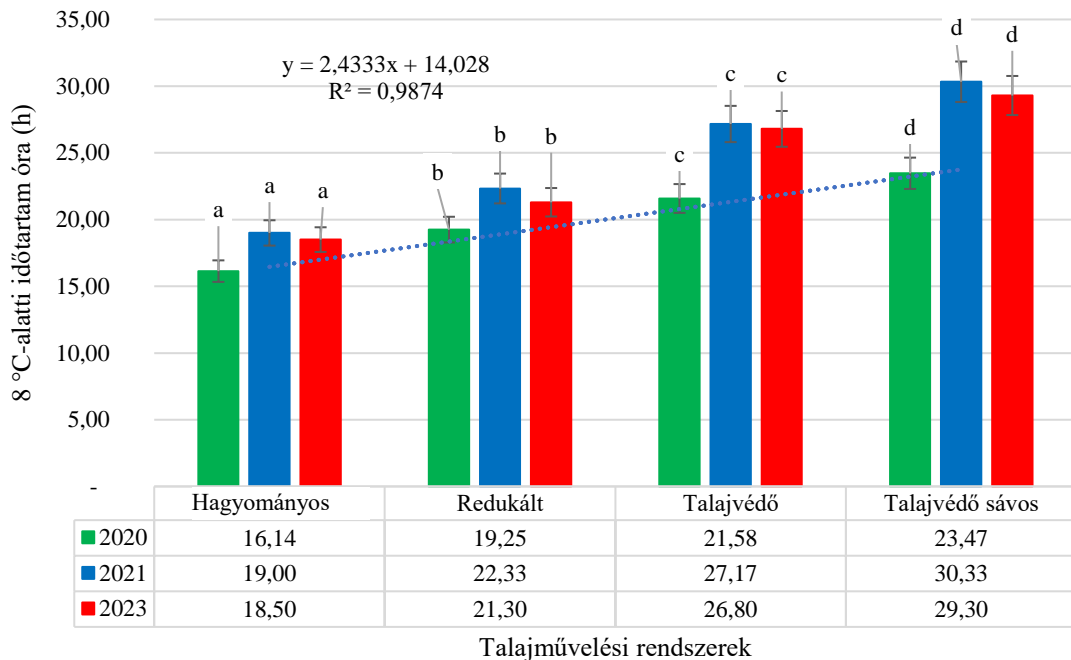


Az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

**30. ábra:** Vetésmélységben mért 10 °C bázishőmérséklet alatti órák száma az egyes talajművelési rendszerek esetében a vetés és a kelés közötti időszakban (Nádudvar)

Elvégeztem a 8 °C-ra vonatkoztatott bázishőmérséklet alatt töltött órák számának művelési rendszerek közötti összehasonlítását (31. ábra) és az előzőhöz hasonló tendenciát tapasztaltam. A forgatás nélküli rendszerek esetében szignifikánsan hidegebb körülmények között történt a vizsgált három évjárat kukorica állományának kezdeti fejlődése. Ezt a hőmérséklet határt tartja több szakirodalom olyan legalacsonyabb küszöbértéknek, mely alatt leáll a kelőfélben lévő kukorica csírázása, kelése (Narwal et

al., 1986.). A különböző forgatás nélküli talajművelési rendszerekben mért talajhőmérsékleti anomália ideje úgy növekszik, ahogy növekedett a felszín szármadaradvány borítottsága.



Az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

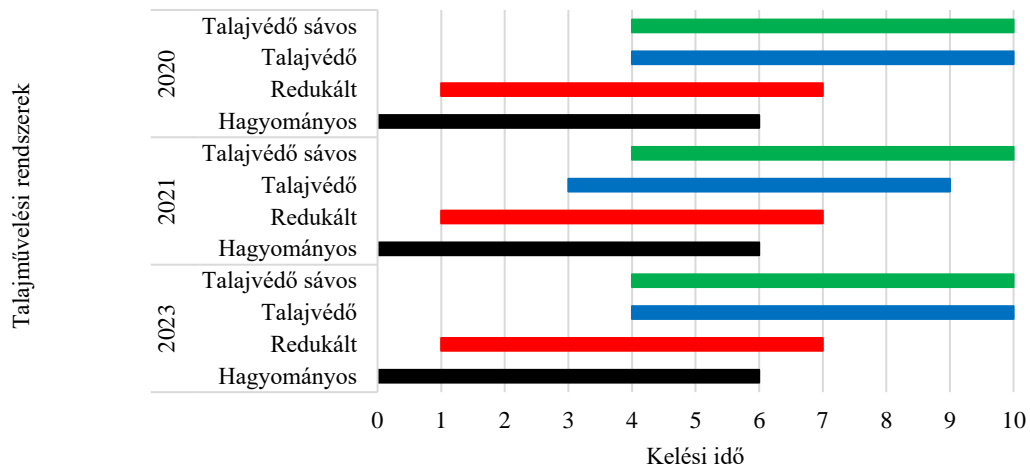
**31. ábra:** Vetésmélységben mért 8 °C bázishőmérséklet alatti órák száma az egyes talajművelési rendszerek esetében a vetés és a kelés közötti időszakban (Nádudvar)

Összegezve, a kutatási eredmények alapján megállapítottam, hogy a vetésmélységben mért hőmérsékleti hatások szignifikánsan eltérnek az egyes talajművelési rendszerekben a vetés és a kelés időszakában. Méréseim eredményei azonosak Sims et al. (1998) kutatási eredményeivel.

#### 4.4 Az első kelés megjelenése és a művelési mód összefüggése

Kutatómunkám fontos része a kelési folyamat értékelése. A megfelelő módszerrel végzett kelésvételezés után méréseim alapján a kelési idők szempontjából eltéréseket tapasztaltam az egyes kezelések között. Az első növények kelése az egyes parcellákon mindhárom évjáratban eltéréseket mutatott. A kevésbé szármadaradványos és melegebb parcellákon korábban keltek az elvetett növények. A 2020-as szezonban első napon kelő

növények a feketére művelt hagyományos talajművelési rendszerben jelentek meg, majd egy nap késéssel a redukált rendszer parcelláin, majd még egy nap múlva kezdődött a kelés a további művelési rendszerek parcelláin (32. ábra). Ez a folyamat a 2021-es szezonban a hagyományos művelésű parcella után a redukált rendszerben egy nap késéssel, a talajvédő rendszerben három nap késéssel, a talajvédő sávos rendszerben négy nap késéssel történt. A 2023-as szezonban a hagyományos rendszerben keltek legkorábban a növények, majd egy nap késéssel a redukált rendszerben lévők követték és egységesen négy nap késéssel jelentek meg a talajvédő művelés alatt álló parcellákon a kelő növények. A vizsgálati eredményeim jól illeszkednek Aziz (2013) hasonló eredményeihez.



**32. ábra:** A különböző kezelések hatásai a kukorica kelésére, kelési idő az első kelési naptól számolva napokban feltüntetve a vizsgált három évjáratban (Nádudvar)

#### 4.5 Kelésdinamika felvételezés

A vetés során különböző vetés minőséget befolyásoló műszaki rendszerekkel szereltem fel a kísérleti vetőgépet és különböző beállításokkal üzemeltettem azt. Az elvetett terület folyamatosan figyelemmel kísértem és az egyes talajművelési rendszerek parcelláin az első növények megjelenése után elkezdtem a kelésdinamika felvételezését. 2020-ban a hagyományos művelésű területen az első két napon a mechanikus rendszerek kezeléseiben a rugóterheléstől függetlenül a kikelt növények aránya szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a precíziós rendszer esetében. A második napra az elvetett növények 88%-a kikelt ebben a kezelési módban. A harmadik és a negyedik napon a

mechanikus rendszereknél az alkalmazott terhelő erő függvényében különbözött a kikelt növények száma. A precíziós rendszer ebben az időszakban is statisztikailag elkülönül. Az ötödik és a hatodik napon nem különböztek a kezelések egymástól (9. táblázat).

**9. táblázat:** Hagyományos talajművelés esetén a kelési dinamika a 2020-as szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	38%	a	77%	a	89%	a	95%	a	98%	a	100%	a
Húzó rugó 80 kg	41%	a	81%	a	92%	b	98%	b	100%	a	100%	a
Nyomó rugó 57 kg	37%	a	76%	a	89%	a	95%	a	99%	a	100%	a
Nyomó rugó 113 kg	42%	a	82%	a	93%	b	98%	b	100%	a	100%	a
Precíziós mélységszabályozás	62%	b	88%	b	95%	c	98%	b	100%	a	100%	a

\*Szigifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

2020-ban a redukált talajművelés esetén (10. táblázat) az első két napon a mechanikus rendszerek kezelése egymástól nem, viszont a precíziós rendszertől különböztek. Ez a differencia a harmadik és a negyedik napon is fennállt, ötödik és a hatodik napon nem volt eltérés a különböző kezelésekből.

**10. táblázat:** Redukált talajművelés esetén a kelési dinamika a 2020-as szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	44%	a	74%	a	86%	a	93%	a	99%	a	100%	a
Húzó rugó 80 kg	48%*	a	78%	a	82%	b	91%	a	100%	a	100%	a
Nyomó rugó 57 kg	41%	a	74%	a	87%	a	94%	a	99%	a	100%	a
Nyomó rugó 113 kg	49%	a	72%	a	85%	a	92%	a	100%	a	100%	a
Precíziós mélységszabályozás	59%*	b	87%	b	93%	c	98%	b	99%	a	100%	a

\*Szigifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

Kutatásaim során megállapítottam, hogy a talajvédő talajművelési módban a kelésdinamika az első napon kikelt növények számában szignifikáns eltéréseket mutatott (11. táblázat), a mechanikus rendszerekkel és a precíziós mélységszabályozással végzett

vetések között. A kelési arány romlott a redukált műveléshez képest. Ez betudható az előzőleg kapott talajhőmérsékleti eredményeim alapján annak, hogy ebben a művelésben a kelés időszakában hidegebb hőmérsékleti viszonyokat mértem. Ez a hatás véleményem szerint, méréseim eredményeire támaszkodva, a precíziós mélység szabályozásnak köszönhetően ellensúlyozható, mert a vetőmag egyenletesebb vetésmélységbe és a magárok oldalfal tömörítés mentesen került lehelyezésre. Ezt több szerző is igazolta hasonló körülmények között végzett méréseiben (Knappenberger, 2012; Karayel, 2011). A második kelési napon a mechanikus rendszerekkel kezelt parcellákon statisztikailag kisebb volt a kelési ráta, mint a precíziós rendszerben. Ez a hatás az első négy kelési napon is hasonló volt.

#### 11. táblázat: Talajvédő talajművelés esetén a kelési dinamika a 2020-as szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	30%	a	37%	a	52%	a	60%	a	96%	a	100%	a
Húzó rugó 80 kg	32%	a	48%	b	69%	b	73%	b	100%	b	100%	a
Nyomó rugó 57 kg	28%	a	44%	b	67%	b	71%	b	96%	a	100%	a
Nyomó rugó 113 kg	31%	a	56%	c	65%	b	79%	c	100%	a	100%	a
Precíziós mélység szabályozás	52%	b	75%	d	79%	c	84%	d	100%	a	100%	a

Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

2020-ban a talajvédő sávos művelésben elérhető kelési dinamika (12. táblázat) a legkorábban kelő növények arányában hasonló tendencia szerint alakult, mint a talajvédő rendszerben. Ez annak tudható be, hogy az előzőleg bemutatott felszínborítottsági és talajszerkezeti szempontból a két művelés hasonló tulajdonságokkal bírt. A legkisebb kelési arány az első napon 31%, a legnagyobb pedig a precíziós terhelésszabályozással 50 % volt. Vizsgálatom által feltárt összefüggések alapján új eredmény, hogy a művelés hatására a kelés számára kialakuló hátrányos hatások precíziós technológia alkalmazásával ellensúlyozhatóak. A második napra a precíziós rendszerrel megvalósult kelés 76% volt. A mechanikus rendszerekkel elért kelési ráta az első két kezelési napon statisztikailag azonos csoportban helyezkedik el, azok nem különböznek. A negyedik

napra a precíziós rendszerrel kezelt parcellán kikelt a teljes állomány. Míg a többi kezelésben ez a hatodik napon történt meg.

**12. táblázat:** Talajvédő sávos talajművelés esetén a kelési dinamika a 2020-as szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	31%	a	49%	a	59%	a	78%	a	89%	a	100%	a
Húzó rugó 80 kg	36%	b	53%	a	62%	a	82%	a	93%	a	100%	a
Nyomó rugó 57 kg	33%	b	55%	a	65%	a	83%	a	94%	a	100%	a
Nyomó rugó 113 kg	36%	b	59%	a	67%	b	86%	b	93%	a	100%	a
Precíziós mélységszabályozás	50%	c	76%	b	86%	c	92%	c	100%	b	100%	a

Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

2021-ben a vetési és kelési időszak a 2020-as évhez képest hidegebb volt (29. ábra lásd 64. oldal). Ennek megfelelően más kelési dinamikát mértem a 2021-es évjáratban. A hagyományos talajművelési rendszerben a felvételezett eredmények alapján (13. táblázat) az első kelési napon két húzó rendszerű terhelésszabályozás és a 113 kg-os nyomó rendszer esetében azonos kelés volt tapasztalható. A másik két rendszer ezektől és egymástól is szignifikánsan különbözött. A precíziós terhelés szabályozás kezelésben három nap alatt kikelt az összes növény, a többi kezelésben négy-öt napra volt szükség.

**13. táblázat:** Hagyományos talajművelés esetén a kelési dinamika a 2021-es szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	41,00	a	62,83	a	83,68	a	95,59	a	95,59	a	100,00	a
Húzó rugó 80 kg	43,00	a	65,30	a	84,60	a	97,00	a	100,00	b	100,00	a
Nyomó rugó 57 kg	34,00	b	55,34	b	82,84	a	96,67	a	98,44	b	100,00	a
Nyomó rugó 113 kg	44,00	a	67,20	a	86,50	a	98,60	b	100,00	b	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás	78,00	c	95,75	c	98,61	b	100,00	b	100,00	b	100,00	a

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

A redukált rendszerben az első kelési napon szignifikánsan nagyobb kelési arány alakult ki a precíziós rendszer kezeléseiben (14. táblázat), míg a többi kezelés nem különbözött egymástól. Ez a kelési dinamikai előny tenyésztéskor mindvégig megmaradt.

**14. táblázat:** Redukált talajművelés esetén a kelési dinamika a 2021-es szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	47,00	a	72,06	a	82,35	a	92,60	a	98,20	a	100,00	a
Húzó rugó 80 kg	50,20	a	71,00	a	84,00	b	96,00	b	100,00	b	100,00	a
Nyomó rugó 57 kg	41,00	b	66,18	b	85,29	b	95,59	b	98,00	a	100,00	a
Nyomó rugó 113 kg	48,30	ab	68,00	ab	86,00	b	96,00	b	100,00	b	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás	62,00	c	79,41	c	89,71	c	97,00	b	100,00	b	100,00	a

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

A talajvédő művelésben (15. táblázat) hosszabb kelési folyamatot mértem. A vetési rendszerek összehasonlítása során a mechanikus rendszerek közül a kisebb nyomás értékű beállítással vetett területen szignifikánsan alacsonyabb kelési rátát mértem, mint a nagyobb nyomásértékű mechanikus rendszerbeállítások mellett. Ezekről elkülönülő szignifikancia csoportban szerepel a precíziós mélységszabályozás, mely 54 %-os első napi kelési rátával, az utána következő legjobb mechanikus rendszer kelési rátáját 17%-kal előzte meg. A második és a harmadik kelési nap esetében a mechanikus rendszerek kelési rátái egymástól nem különböznek el statisztikailag, azonban szignifikánsan magasabb náluk a precíziós rendszer ilyen eredménye.

**15. táblázat:** Talajvédő talajművelés esetén a kelési dinamika a 2021-es szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	32,00	a	58,82	a	76,47	a	87,87	a	95,59	a	100,00	a
Húzó rugó 80 kg	36,00	b	61,00	a	78,00	a	89,00	a	96,00	a	100,00	a
Nyomó rugó 57 kg	29,00	a	58,82	a	75,00	a	82,35	b	86,20	b	100,00	a
Nyomó rugó 113 kg	37,00	b	62,00	a	79,00	a	84,00	b	92,00	c	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás	54,00	c	79,58	b	88,32	b	94,00	c	97,00	d	100,00	a

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

A talajvédő talajművelési rendszer kísérleti területén a kelési dinamika az első napon elkülönült az alkalmazott rendszerekben (16. táblázat). Azonos statisztikai csoportba került a húzó rendszer két terhelési állapota hatására kikelt állomány kelési aránya. Ezekből szignifikánsan nagyobb kelési eredményt produkáltak a nyomó rendszerek és egymástól is elkülönültek. A legnagyobb kelési arányt a precíziós rendszer hozta, ez az eredmény az első négy kelési napra is igaz volt.

**16. táblázat:** Talajvédő sávos talajművelés esetén a kelési dinamika a 2021-es szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	42,00	a	63,24	a	69,12	a	91,00	a	92,00	a	100,00	a
Húzó rugó 80 kg	44,00	a	58,00	b	75,00	b	92,00	a	100,00	b	100,00	a
Nyomó rugó 57 kg	25,00	b	37,50	c	69,44	a	87,71	b	91,18	a	100,00	a
Nyomó rugó 113 kg	32,00	c	52,00	b	75,00	b	91,00	a	100,00	b	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás	51,00	d	72,06	d	94,12	c	97,06	c	100,00	b	100,00	a

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

2023-ban végzett vizsgálatok kibővültek az előző két évben alkalmazott kezelések tapasztalatait figyelembe véve egy újjal. A precíziós mélységszabályozás mellett felszereltem a kísérleti vetőgépre egy precíziós magárok lezáró rendszert is. Ez a műszaki megoldás az eredetileg alkalmazott lezáró rendszerhez képest mért eredményekre alapozva a valós viszonyokhoz állítja be a lezáró rendszer esetén alkalmazott terhelő erőt. Ennek segítségével nem állhat fenn a magot takaró talaj túl, vagy alul tömörítése. A műszaki megoldás az eredetihez képest tartalmaz egy szögben állótárcsapárt, mely a mag körüli talajállapot kialakításáért felelős és ennek segítségével nedves körülmények között nem alakulhat ki légzsák a mag körül.

Vizsgálati eredményeim a hagyományos talajművelési rendszer kezeléseiben az első kelési napon szignifikáns eltérést mutattak a mechanikus és a precíziós vetőkocsi terhelő rendszerekkel elvetett állomány kelési dinamikája között (17. táblázat). Azonban

egymástól a két rendszer kelésdinamikája nem különbözött statisztikailag. Ez az eredmény az első három napon igazolt.

**17. táblázat:** Hagyományos talajművelés esetén a kelési dinamika a 2023-as szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	42,00	a	63,40	a	83,68	a	93,40	a	95,59	a	100,00	a
Húzó rugó 80 kg	43,00	a	62,00	a	85,00	a	95,00	b	100,00	b		a
Nyomó rugó 57 kg	38,00	a	58,40	a	82,84	a	97,40	b	98,44	b	100,00	a
Nyomó rugó 113 kg	39,00	a	63,00	a	86,00	a	98,00	b	100,00	b		a
Precíziós mélységszabályozás	82,00	b	95,75	b	98,61	c	100,00	c	100,00	b	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás + precíziós lezárás	84,00	b	98,00	c	100,00	c	100,00	c	100,00	b	100,00	a

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

A redukált talajművelésű kísérletben a kelési dinamika hasonló volt, mint a hagyományos talajművelési rendszerben. A statisztikai elemzés a precíziós rendszerek kelési dinamikájában mutatott pozitív eredményt (18. táblázat).

**18. táblázat:** Redukált talajművelés esetén a kelési dinamika a 2023-as szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)	SzD*	0 és 48 óra között (2 nap)	SzD*	0 és 72 óra között (3 nap)	SzD*	0 és 96 óra között (4 nap)	SzD*	0 és 122 óra között (5 nap)	SzD*	122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	SzD*
	kikelt növények aránya											
Húzó rugó 40 kg	45,00	a	67,00	a	82,35	a	92,60	a	98,20	a	100,00	a
Húzó rugó 80 kg	47,00	a	69,00	a	86,00	b	93,00	a	98,00	a	100,00	a
Nyomó rugó 57 kg	39,00	a	66,18	a	86,40	b	91,00	a	98,00	a	100,00	a
Nyomó rugó 113 kg	42,00	a	72,00	a	87,00	b	93,00	a	98,00	a	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás	62,00	b	81,20	b	87,10	b	95,59	b	100,00	b	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás + precíziós lezárás	65,00	c	84,00	b	93,00	c	100,00	c	100,00	b	100,00	a

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

Vizsgálataimból származó eredmények alapján, ha precíziós terhelésszabályozás mellett precíziós lezárást is alkalmaztam, akkor statisztikailag igazoltan magasabb kelési rátát értem el. Ez a hatás a második kelési nap kivételével a harmadik és a negyedik kelési napon is igazolódott.

2023-ban a talajvédő művelési rendszerben a kelési dinamika markánsan elkülönül a mechanikus terhelésszabályzási rendszerek és a precíziós rendszerek között (19. táblázat). Rendre nagyobb kelési rátát mértem a precíziós rendszerekkel, azonban precíziós rendszerek kelési dinamikája között nem mértem matematikailag igazolható különbséget.

**19. táblázat:** Talajvédő talajművelés esetén a kelési dinamika a 2023-as szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)		0 és 48 óra között (2 nap)		0 és 72 óra között (3 nap)		0 és 96 óra között (4 nap)		0 és 122 óra között (5 nap)		122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	
	SzD*		SzD*		SzD*		SzD*		SzD*		SzD*	
<b>kikelt növények aránya</b>												
Húzó rugó 40 kg	32,00	a	58,82	a	76,47	a	87,87	a	95,59	a	100,00	a
Húzó rugó 80 kg	36,00	a	63,00	a	79,00	a	89,00	a	98,00	a	100,00	a
Nyomó rugó 57 kg	29,00	a	59,00	a	75,00	a	82,35	b	86,20	b	100,00	a
Nyomó rugó 113 kg	35,00	a	61,00	a	81,00	a	85,00	a	98,00	a	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás	54,00	b	79,58	b	88,32	b	94,00	c	97,00	a	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás + precíziós lezárás	57,00	b	83,00	b	91,00	b	97,00	c	100,00	a	100,00	a

\*Szigifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

A talajvédő sávós talajművelés alá vont területen is hasonló eredményeket kaptam (20. táblázat). Statisztikailag igazolhatóan nagyobb kelési rátát a precíziós rendszerek alkalmazásával lehetett elérni. A precíziós lezárás ebben az esetben sem hozott szignifikánsan nagyobb kelési eredményt egyik kelési napon sem a csak magában alkalmazott precíziós lezáráshoz képest.

Kelésvételezési vizsgálataim során megállapítottam, hogy a kísérletbe bevont különböző talajművelési rendszerekben különböző mértékben és dinamika szerint kelt ki a kukoricaállomány. Vizsgálatom igazolta, hogy a különböző talajművelési körülmények között végzett vetés során alkalmazható precíziós vetésminőség javító műszaki rendszerek statisztikailag igazoltan tudták javítani a mechanikus rendszerekhez képest a kukoricaállomány kelési dinamikáját. Jelentős kelésgyenletességi eredményt mértem a

precíziós rendszerek hatására, különösen, ha a vetőkocsi terhelés és a lezárás is precíziósan mért és ezekre az adatokra alapozott beavatkozások alapján történt. Pozitív hatásukra rövidebb időintervallumban, egységesebben kelt a kukorica növényállomány.

**20. táblázat:** Talajvédő sávos talajművelés esetén a kelési dinamika a 2023-as szezonban

Alkalmazott rendszer	0-24 óra között (1 nap)		0 és 48 óra között (2 nap)		0 és 72 óra között (3 nap)		0 és 96 óra között (4 nap)		0 és 122 óra között (5 nap)		122 órán túl (6 nap vagy azon túl)	
	SzD*		SzD*		SzD*		SzD*		SzD*		SzD*	
<b>kikelt növények aránya</b>												
Húzó rugó 40 kg	28,00	a	38,20	a	53,40	a	83,00	a	94,00	a	100,00	a
Húzó rugó 80 kg	30,00	a	42,00	a	59,00	a	88,00	b	100,00	b	100,00	a
Nyomó rugó 57 kg	25,00	a	38,40	a	71,40	b	87,71	b	92,80	a	100,00	a
Nyomó rugó 113 kg	27,00	a	43,00	a	81,00	b	91,00	b	100,00	b	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás	45,20	b	67,20	b	92,90	c	97,50	c	100,00	b	100,00	a
Precíziós mélységszabályozás + precíziós lezárás	51,00	b	72,00	b	93,40	c	98,40	c	100,00	b	100,00	a

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

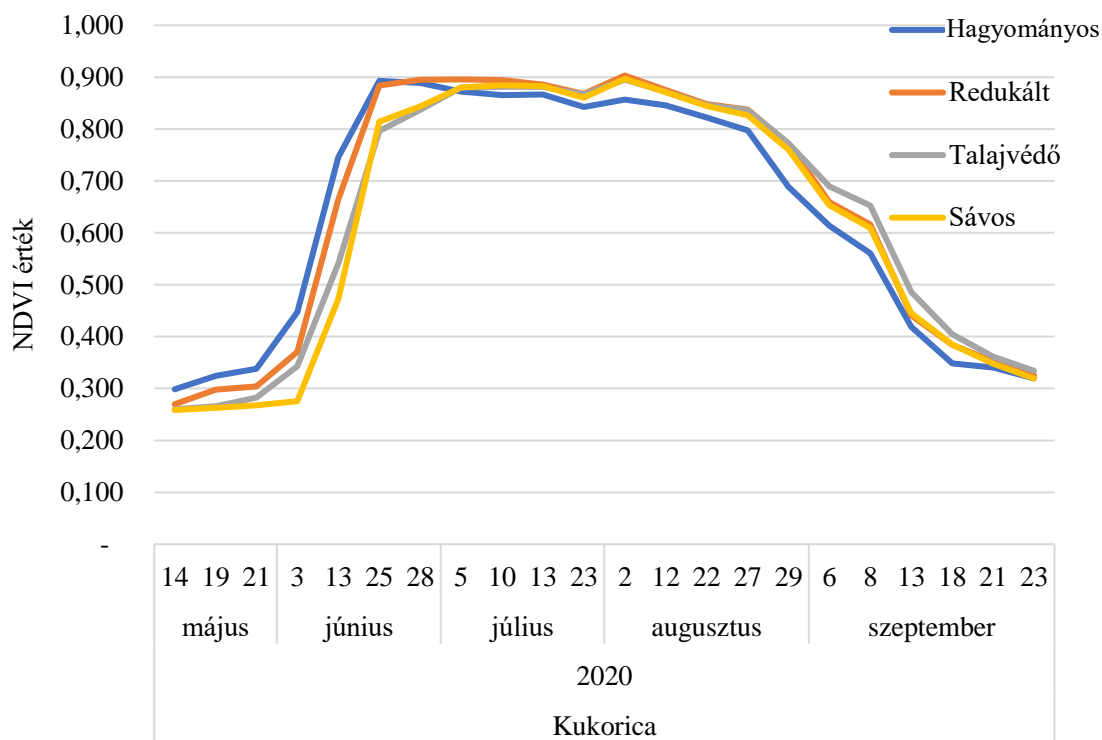
#### 4.6 Növényállományban végzett mérések

##### 4.6.1 Biomassza produktum

Kutatómunkám fontos célja volt a növényállományban a tenyészidőszak teljes hosszában mért biomassza produktum értékelése. Az egyes évjáratokban végzett biomassza felvételezés és annak elemzése nem hozott a vetés során alkalmazott kezelések között kimutatható statisztikai különbséget. Vizsgálatom során azonban megállapítottam, hogy az egyes művelések hatására statisztikailag igazolható biomassza különbségek alakultak ki a kukoricaállományban a tenyészidőszak során.

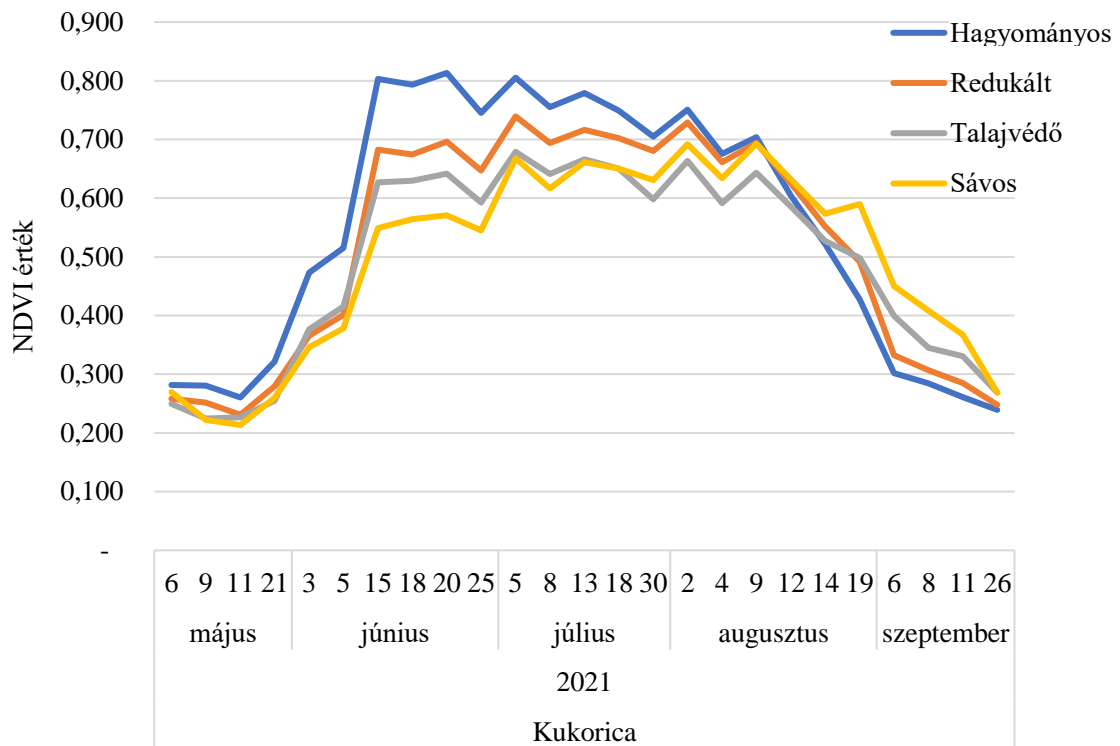
2020-ban a négy talajművelési módot összehasonlítva értékeltem a növény fejlődésének dinamikai különbségeit (33. ábra). Kutatási eredményeim alapján az egyes talajművelési rendszerek között a fejlődés kezdeti időszakában statisztikailag igazolt talajhőmérsékleti különbségeket mértem. Megállapítottam, hogy a melegebb, hagyományos művelésben gyorsabban fejlődött a kikelt növényállomány, mely fejlődési előny június 7-ig állt fenn.

Ezt követően a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben fejlődtek jobban a növények. Kutatási eredményeimmel bizonyítottam, hogy ezekben a rendszerekben kedvezőbbek a talajnedvességi és a talajszerkezeti mutatók, a forgatásra épülő hagyományos talajművelési rendszerhez képest.



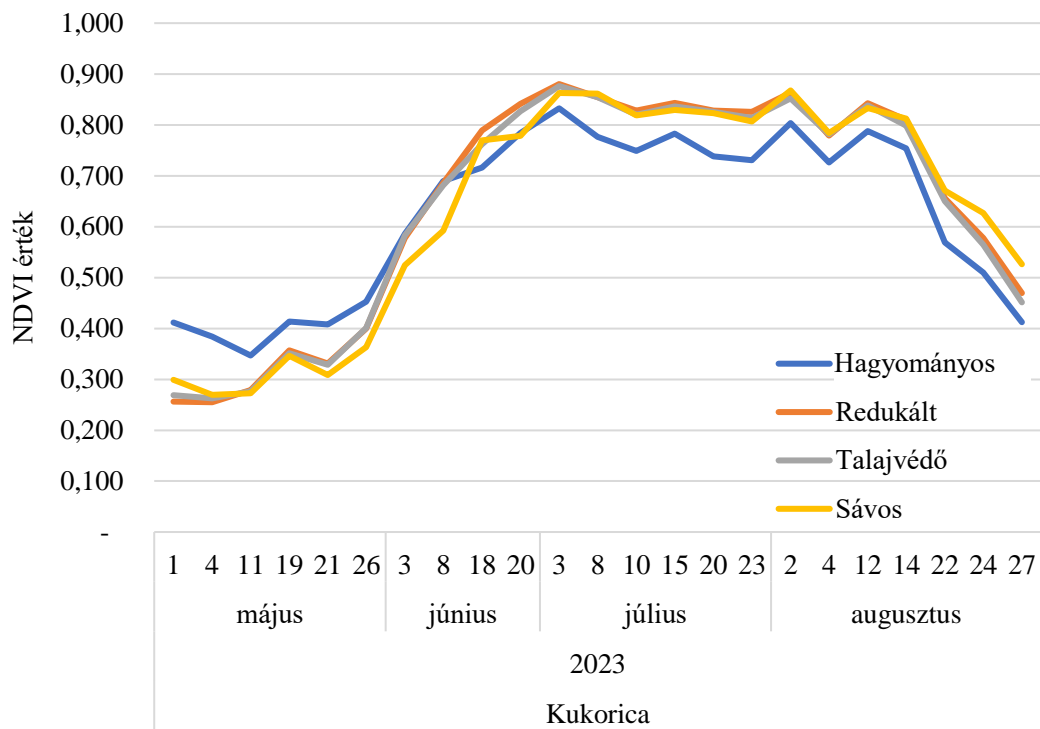
**33. ábra:** A különböző talajművelési rendszerekben termesztett kukorica biomassza változása a 2020-as tenyészidőszakban (Nádudvar)

A 2021-es évjáratban a négy talajművelési módot összehasonlítva (34. ábra) hasonlóan a 2020-as évhez méréseim alapján a hagyományos talajművelésben fejlődött kukoricaállomány produkált nagyobb biomassza tömeget. Azonban 2021-ben a redukált művelésben fejlődő kukoricaállomány is hasonló összefüggést mutatott. Az adatok elemzéséből megállapítottam, hogy a biomassza tömegek változása augusztus elején következett be. Ekkor a forgatásra alapozott hagyományos művelésű területen a biomassza produktum csökkent, tehát hamarabb befejezte fejlődését az ott fejlődő növényállomány. A legtovább biológiailag aktív növényzet a talajvédő sávos művelésben volt mérhető. Igazoltam, hogy ez a művelési mód szignifikánsan nagyobb térfogatszázalékos nedvességtartalommal rendelkezett a tenyészidőszak későbbi augusztusi időszakában is, amihez a növények hozzá tudtak jutni.



**34. ábra:** A különböző talajművelési rendszerekben termesztett kukorica biomaszsa változása a 2021-es tenyészidőszak során (Nádudvar)

2023-ban négy talajművelési módot összehasonlítva (35. ábra) az előző két tenyészidőszak fejlődésdinamikai összefüggéseire képest eltérő adatokat kaptam. Méréseim alapján ebben az évjáratban az NDVI trend fordulása június 30-án következett be. Eddig az időszakig a hagyományos talajművelésbe vont területen fejlődött kukoricaállomány produkált nagyobb biomaszsa tömeget. Azonban az ezt követő időszakban a forgatás nélküli művelésekben fejlődő kukoricaállomány nagyobb biomaszsa tömeget fejlesztett és a biológiai érés is később következett be. Mért adataim arra is rávilágítanak, hogy a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben termelt kukoricaállományok tenyészidőszakon belüli kezelése, az egyes technológiai beavatkozások időzítése eltérő kell legyen a forgatásos, feketére művelt területekhez képest. A forgatás nélküli technológiában a kukoricaállományok gyomelnyomó képessége később következik be, továbbá a tenyészidőszak hossza eltérő, mely lehetőséget ad a tápanyaggazdálkodás átgondoltabb és megosztáson alapuló megvalósítására.



**35. ábra:** A különböző talajművelési rendszerekben termesztett kukorica biomassza változása a 2023-as tenyészidőszakban (Nádudvar)

Összegezve a fejlődő kukorica növényállomány az egész tenyészidőszak során a talajművelési rendszerek által biztosított környezeti feltételekre jól reagált. A hatásokat igazolja az eltérő fejlődési dinamika és biomassza produktum is. Eredményeimhez hasonló megállapításra jutottak Pittelkow et al. (2015) és Hatfield (2010) is.

#### 4.6.2 A kukoricaszár átmérő és a kelési napok összefüggése

A növényállományban kukoricaszár átmérő méréseket végeztem. A növényállományban végzett vizsgálataim során a 2020-as szezonban mért kukoricaszár átmérők a későbbi kelési napokon kelt növények esetén csökkenő tendenciát mutattak (21. táblázat). Méréseim alapján minden művelési módban az első napon kelt növények szignifikánsan nagyobb szárátmmérővel rendelkeztek a biológiai érés idején.

**21. táblázat:** Kelési napok és a kukorica szárátmérőjének összefüggése különböző talajművelési rendszerekben vizsgálva 2020-ban

Kelési napok	Hagyományos		Redukált		Talajvédő		Talajvédő sávós	
	Szárátmérő mm	SzD*	Redukált	SzD*	Talajvédő	SzD*	Talajvédő sávós	SzD*
1	21,28	a	19,43	b	19,89	a	20,98	a
2	21,06	a	19,67	a	18,50	b	19,33	b
3	19,94	b	19,23	b	18,55	b	18,67	c
4	18,42	c	18,44	c	18,32	b	18,47	c
5	16,98	d	17,55	d	17,20	c	17,99	c
6	16,75	d	14,44	e	16,67	c	17,39	c

\*Szigifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

2021-ben a szárátmérő mérés eredményei (22. táblázat) hagyományos művelés esetén az első két kelési napon kikelt növényeknél statisztikailag különböztek. Az első kelési napon volt a legnagyobb érték. A harmadiktól az ötödik kelési napig azonos csoportba tartoztak az eredmények. Az utolsó hatodik kelési nap jelölt növényei szignifikánsan a legkisebb átmérővel rendelkeztek. Redukált és a kétféle talajvédő művelés esetében is az első két kelési napon szignifikánsan nagyobb kukoricaszár átmérőket mértem.

**22. táblázat:** Kelési napok és a kukorica szárátmérőjének összefüggése különböző talajművelési rendszerekben vizsgálva 2021-ben

Kelési napok	Hagyományos		Redukált		Talajvédő		Talajvédő sávós	
	Szárátmérő mm	SzD*	Redukált	SzD*	Talajvédő	SzD*	Talajvédő sávós	SzD*
1	21,53	a	21,01	a	21,10	a	21,79	a
2	19,52	b	21,16	b	20,93	a	22,19	b
3	18,48	c	19,50	c	20,72	b	20,81	c
4	18,58	c	17,19	d	20,13	b	20,54	c
5	18,64	c	16,47	d	19,42	c	20,33	c
6	17,48	d	16,17	d	19,85	c	19,68	d

\*Szigifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

2023-ban a szárátmérő mérés eredményei (23. táblázat) alapján igazoltam, hogy az első két nap során kelt növények fejlesztettek ki nagyobb átmérőjű szárakat. A további napokon kelt és megjelölt növények szárátmérő tendenciái talajművelési módoként eltérőek

voltak, azonban az egyre később kikelt növények egyre kisebb szárátmérőt fejlesztettek a tenyészidőszak végére.

**23. táblázat:** Kelési napok és a kukorica szárátmérőjének összefüggése különböző talajművelési rendszerekben vizsgálva 2023-ban

Kelési napok	Hagyományos		Redukált		Talajvédő		Talajvédő sávós	
	Szárátmérő mm	SzD*	Redukált	SzD*	Talajvédő	SzD*	Talajvédő sávós	SzD*
1	22,66	a	21,66	a	22,04	a	22,70	b
2	20,54	b	21,82	a	22,44	a	23,12	a
3	18,84	c	18,18	b	21,26	b	21,90	c
4	17,69	d	16,53	c	19,38	c	19,96	d
5	17,75	d	15,83	d	17,99	d	18,53	d
6	16,65	e	15,55	d	18,38	d	18,93	d

\*Szigifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

A kukoricaszár fizikai mérete nemcsak a növény állóképességének meghatározója, hanem szerepe a növény víz és tápanyagellátásában is döntő. Méréseim alapján igazoltam a szárátmérő és a kelési idő közötti összefüggést.

#### 4.7 Terméseredmények

##### 4.7.1 Egyedi produktum a kelési napok függvényében

A terméshozam alapja a növény egyedi produkciója. Vizsgálataim alapján összefüggést találtam a kelési napok és az egyedi csőtömeg között, a három vizsgált évjáratban a kelési napok függvényében változtak a csőtömegek (24. táblázat). Minél később kelt ki egy növény, annál kisebb tömegű csövet hozott. A 2020-as évjáratban az első három napon kikelt növények csőtömegei szignifikánsan különböznek egymástól. A negyedik és az ötödik napon kelt növények csőtömegei azonos szignifikancia osztályba tartoztak, míg ettől eltérően kisebb csöveket növesztettek a hatodik napon kikelt növények. A 2021-es évjáratban is hasonló összefüggéseket találtam, azonban az évjárat sajátosságai folytán a szárazabb tenyészidőszak miatt, míg 2020-ban 111,1 g volt az átlag csőtömeg, addig 2021-ben ez az érték csak 89 g. A 2023-as szezon eredményei alapján az első négy kelési

nap szignifikáns eltérést mutatott egymáshoz képest. Az ötödik és a hatodik kelési napon a kikelt növények csőtömege nem különbözött egymástól statisztikailag. Eredményeimet megerősíti több szerző kutatási eredménye (Bodnár et al., 2023; Nafziger et al., 1991; Nielsen, 2001)

**24. táblázat:** Kelési napok és a kukoricacső tömeg összefüggése három évjáratban.

kelési nap	cső súly (g)					
	2020	SzD5*	2021	SzD5*	2023	SzD5*
1	170,50	a	136,40	a	165,40	a
2	134,83	b	118,20	b	148,65	b
3	118,88	c	95,11	c	126,80	c
4	97,41	d	77,93	d	112,00	d
5	88,47	d	62,78	d	96,00	e
6	57,09	e	45,67	e	89,00	e

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

A kelési nap és a csőátmérő összefüggéseket vizsgálva (25. táblázat) megállapítottam, hogy a 2020-as évjáratban az első kelési napon kelt növények szignifikánsan nagyobb átmérőjű csövet fejlesztettek, azonban a második, harmadik és negyedik napon kelő növények csőátmérői statisztikailag nem különböztek. Az ötödik és hatodik napon kelt növények csőátmérői különböztek egymástól. A 2021-es vizsgált termékek esetében két kelési naponként összefüggő szignifikancia csoportokat találtam. A 2023-as szezon elemzésekor az első két nap matematikailag is eltérő eredményeket hozott, majd a következő három nap homogén alcsoportot képzett.

**25. táblázat:** Kelési napok és a kukoricacső átmérő összefüggése három évjáratban.

kelési nap	csőátmérő (mm)					
	2020	SzD5*	2021	SzD5*	2023	SzD5*
1	43,77	a	35,01	a	42,30	a
2	42,70	b	34,16	a	41,20	b
3	40,78	b	31,60	b	38,00	c
4	40,58	b	30,80	b	37,50	c
5	39,17	c	28,00	c	37,40	c
6	36,02	d	27,40	c	35,50	d

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

Fontos tényező a termésmennyiség szempontjából a csőátmérő mellett a csőhossz. Ezt a paramétert vizsgálva az első három kelési nap esetében mindhárom évjáratban

szignifikánsan különböztek a napok függvényében (26. táblázat). A további kelési napok eredményei évjáratonként eltérő képet mutattak. 2020-ban a kelési napok is eltérő csőhosszt eredményeztek, 2021 és 2023 adatai ettől eltértek.

**26. táblázat:** Kelési napok és a kukoricacső hossz összefüggése három évjáratban.

kelési nap	csőhossz (mm)					
	2020	SzD5*	2021	SzD5*	2023	SzD5*
1	184,76	a	147,80	a	159,00	a
2	166,76	b	133,40	b	148,00	b
3	151,11	c	120,89	c	137,00	c
4	140,89	d	112,71	c	131,60	c
5	128,12	e	102,49	c	105,30	d
6	106,53	f	85,22	d	100,50	d

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

Vizsgálataim alapján a három vizsgált évjáratban a kelési napok függvényében változott az egy csövön lévő szemek tömege. Minél később kelt ki egy növény, annál kisebb tömegű szemtermés volt egy csövön (27. táblázat). A 2020-as évjáratban az első három napon kikelt növények szemtömegei szignifikánsan különböznek egymástól. A negyedik és az ötödik napon kelt növények szemtömegei azonos szignifikancia osztályba estek, ettől eltérően kisebb értékeket kaptam a hatodik napon kikelt növények betakarításakor. A 2021-es évjáratban is hasonló volt az összefüggés. A 2023-as szezon eredményei alapján az első négy kelési nap szignifikáns eltérést mutatott egymáshoz képest. Az ötödik és a hatodik kelési napon a kikelt növényekből fejlődő csöveken lévő szemtömegek nem különböztek egymástól statisztikailag.

**27. táblázat:** Kelési napok és a kukoricacsövön található szemtömeg három évjáratban.

kelési nap	kukoricacsövön található szem tömeg (g)					
	2020	SzD5*	2021	SzD5*	2023	SzD5*
1	150,92	a	122,92	a	139,20	a
2	120,45	b	96,53	b	128,10	b
3	95,76	c	72,35	c	92,30	c
4	87,23	d	63,90	d	75,30	d
5	71,02	d	49,67	d	65,20	e
6	51,63	e	35,12	e	56,50	e

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

A termésképző elemek közül egyéb paramétereket is megvizsgáltam. Ezek közül az egyik legfontosabb a kukoricacsövön található szemek ezerszem tömege. A minta

kukoricacsövekről lemorzsolts szemek ezerszemtömeg értékeit statisztikailag elemeztem (28. táblázat). A 2020-as és a 2021-es évjáratokban az első három kelési nap alapján megjelölt növényeknél az értékek szignifikánsan különböztek egymástól. Azonban ez az összefüggés nem igazolható 2023-ban, az első kelési napon kikelt növényeken mért ezerszemtömegek különböztek a második és a harmadik napon kelt növények értékeitől, azonban azok egymástól nem tértek el statisztikailag. A harmadik és negyedik napon kikelt növények ezerszemtömeg paraméterei az első két év vizsgálataiban nem különböztek egymástól, azonban a 2023-as évben igen. Az ötödik és hatodik napon kikelt növények csövein fejlődött szemek ezerszemtömege egymástól nem, azonban az előző napoktól különböztek. A vizsgált csoportok 2021-ben szignifikáns különbséget mutattak egymáshoz képest.

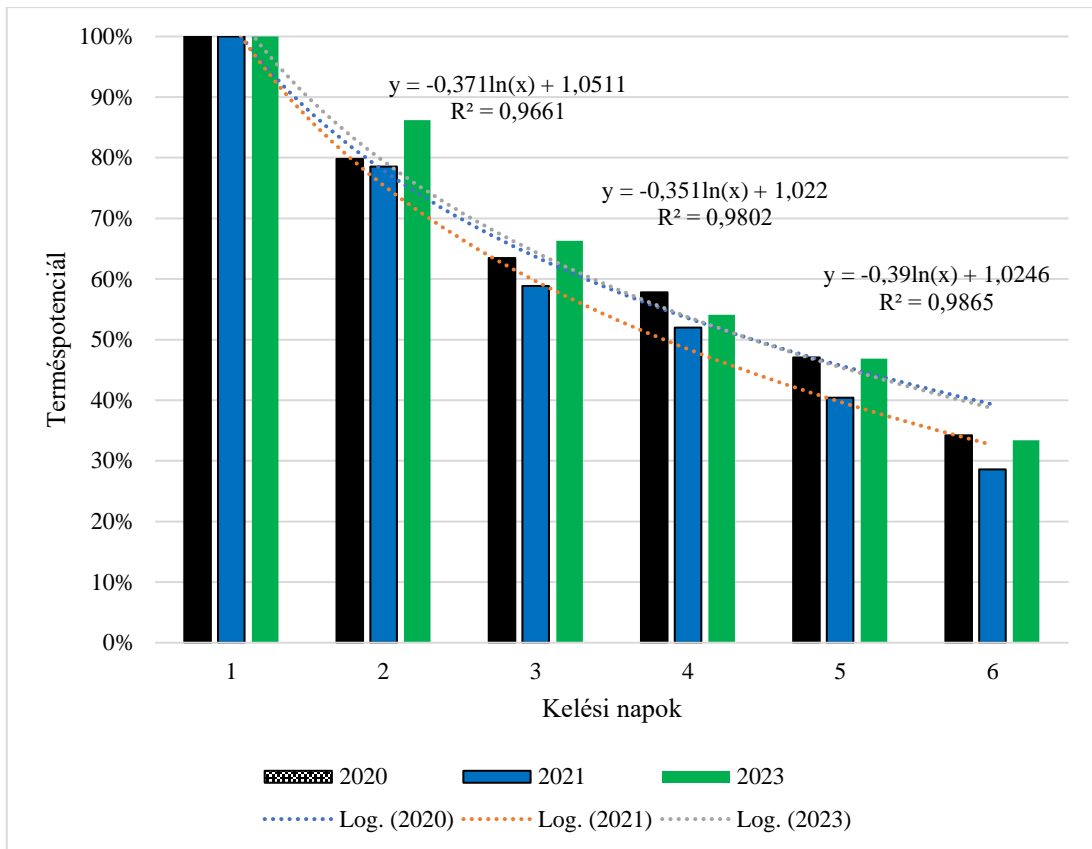
**28. táblázat:** Kelési napok és a kukoricacsövön található szemek ezerszem tömege három évjáratban.

kelési nap	csövön található ezerszem tömeg (g)					
	2020	SzD5*	2021	SzD5*	2023	SzD5*
1	299,36	a	243,61	a	269,30	a
2	277,83	b	222,90	b	254,60	b
3	251,70	c	190,06	c	248,90	b
4	251,43	c	184,89	c	243,60	c
5	234,00	d	164,18	d	228,80	c
6	224,34	d	152,54	e	219,60	d

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

Összegezve megállapítottam, hogy az egyedi potenciál szempontjából minden évjáratban az első kelési napon kikelt növények hozzák a legnagyobb termést (36. ábra). Az elért eredmények a kukoricatermesztő gazdaságokban jól hasznosíthatóak. Vizsgálataim megállapításait több szerző kutatási eredményei is alátámasztja (Raghavan et al., 1978; Lawles et al., 2012; Liu et al., 2004). A precíziós vetőkocsi terhelő és lezáró rendszerek alkalmazása jelentősen hozzájárult a cél eléréséhez, a talajművelés függvényében. A második napon kikelt növények 13,8% és 21,5% közötti termésveszteséget szenvednek. A harmadik napon kelő növények 33,7%-tól 41,1%-ig kevesebbet teremtek. A negyedik napon kikelt növény az első napon kikelthez képest 43% és 48% közötti veszteséget jelentettek. Az ötödik napi kelés 52,9% és 59,6% közötti, a hatodik napi kelés pedig

65,8% és 71% közötti termésszint csökkenéssel jár. Mérési eredményeim bizonyítják jelentőségét minden olyan beavatkozásnak, mely segítségével a kukorica kelési dinamikája gyorsabb és homogénebb és a növények kelése egyöntetűbb.



**36. ábra:** A terméspotenciál változása a kelési napok függvényében (Nádudvar)

#### 4.7.2 Beltartalmi értékek vizsgálata

Az egyedi potenciál vizsgálata során a kelés idő függvényében megjelölt letört és azokról lemorzsolts szemtermés beltartalmi analitikai vizsgálatát minden évjáratban elvégeztem. Ezen mért tényezők korrelációs-analízise alapján (29. táblázat) laza összefüggést találtam a vetés során alkalmazott rendszer és a szemnedvesség között. Eredményeim alapján az alkalmazott vetéstechnikai rendszerek, valamint a talajművelési rendszer, vagy a kelési nap nem befolyásolják a fehérje, zsír és keményítő tartalmat. A kelési nap közepesen befolyásolja a szemnedvességet, a vetési kezelés erre az értékre a statisztikai elemzés alapján gyenge befolyással van.

**29. táblázat:** Pearson féle korrelációs-analízis a 2020-as évben az egyes kísérleti paraméterek és a beltartalom összefüggése

	Talajművelési rendszer	Vetési kezelés	Kelési nap	Szemnedvesség %	Fehérje %	Zsír %	Keményítő %
Vetési kezelés	0,019						
Kelési nap	0,103*	0,78*					
Szemnedvesség %	0,059	0,422**	0,56**				
Fehérje %	0,064	0,1*	-0,006	-0,282**			
Zsír %	-0,092*	-0,023	-0,22**	-0,145**	-0,261**		
Keményítő %	-0,043	-0,157**	-0,225**	-0,383**	-0,565**	-0,176**	

\* A korreláció szignifikáns P=0,05 szinten

\*\* A korreláció szignifikáns P=0,01 szinten

A beltartalmi értékek 2021-es vizsgálata során megállapítottam, hogy a kelési nap nincs hatással a fehérje és az olajtartalomra, valamint a keményítőtartalomra (30. táblázat). A szemnedvesség közepes kapcsolatban áll a kelési napokkal.

**30. táblázat:** Pearson féle korrelációs-analízis a 2021-es évben az egyes kísérleti paraméterek és a beltartalom összefüggése

	Talajművelési rendszer	Vetési kezelés	Kelési nap	Szemnedvesség %	Fehérje %	Zsír %	Keményítő %
Vetési kezelés	0,011						
Kelési nap	0,125*	0,815*					
Szemnedvesség %	0,061	0,322**	0,571**				
Fehérje %	0,072	0,13*	-0,004	-0,201**			
Zsír %	-0,086*	-0,023	-0,28**	-0,145**	-0,231**		
Keményítő %	-0,051	-0,155**	-0,215**	-0,27**	-0,541**	-0,186**	

\* A korreláció szignifikáns P=0,05 szinten

\*\* A korreláció szignifikáns P=0,01 szinten

A 2023-as beltartalmi vizsgálatok is hasonló eredményeket mutattak, mint az előző évjáratok során tapasztaltam (31. táblázat). A kelési mutatók nem, vagy nagyon laza összefüggésben voltak a beltartalmi paraméterekkel.

**31. táblázat:** Pearson féle korrelációs-analízis a 2023-as évben az egyes kísérleti paraméterek és a beltartalom összefüggése

	Talajművelési rendszer	Vetési kezelés	Kelési nap	Szemnedvesség %	Fehérje %	Zsír %	Keményítő %
Vetési kezelés	0,023						
Kelési nap	0,11*	0,82*					
Szemnedvesség %	0,071	0,291**	0,524**				
Fehérje %	0,058	0,12*	-0,007	-0,178**			
Zsír %	-0,088*	-0,031	-0,22**	-0,175**	-0,295**		
Keményítő %	-0,043	-0,116**	-0,211**	-0,383**	-0,565**	-0,176**	

\* A korreláció szignifikáns P=0,05 szinten

\*\* A korreláció szignifikáns P=0,01 szinten

#### 4.8 Betakarítási eredmények

A kísérlet során az egyes kezelések parcelláinak termését hozammérős kombájn segítségével takarítottam be. Az eredmények statisztikai értékelése alapján a 2020-as évjáratban a legkisebb termést a hagyományos talajművelési rendszerben a mechanikus húzó rugós 40 kg-os beállítás, a legnagyobb termést pedig a nyomórugós és a precíziós rendszer alkalmazásával értem el (32. táblázat). A redukált talajművelési rendszer esetében szignifikánsan magasabb termést hozott az összes kezeléshez képest a precíziós mélység szabályozás. Ugyanezt az eredményt mutatja a talajvédő és a talajvédő sávos művelési rendszer területéről mért eredmény is. A forgatás nélküli talajművelési rendszerek esetében, ahogy korábban bemutattam jobb kelési eredményt tudtam elérni a precíziós rendszer használatával, ennek eredményeként van hatással a termésre a kezelés

azon keresztül, hogy a nagyobb egyedi produktumot termő növények abban a kezelésben nagyobb számban vannak jelen.

### 32. táblázat: Alkalmazott rendszerek és a terméseredmények a talajművelési rendszerekben 2020-ban

Alkalmazott vetési rendszer	Száras szemtermés t/ha 14%							
	Hagyományos	SzD5*	Redukált	SzD5*	Talajvédő	SzD5*	Talajvédő sávós	SzD5*
Húzó rugó 40 kg	13,45	a	14,04	a	13,36	a	13,78	a
Húzó rugó 80 kg	13,70	b	14,13	a	13,72	b	13,79	a
Nyomó rugó 57 kg	14,31	c	14,47	b	13,82	b	13,9	b
Nyomó rugó 113 kg	14,41	c	14,51	b	13,88	b	13,72	a
Precíziós mélység szabályozás	14,50	c	14,76	c	14,33	c	14,19	c

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

Vizsgálataim eredményeképpen a 2021-es szezonban a 40 kg terhelésű húzórugós rendszer adta a hagyományos, a redukált és a talajvédő sávós rendszerben a legalacsonyabb termést (33. táblázat). A precíziós mélység szabályzó rendszer alkalmazásával a hagyományos művelésben, a talajvédő művelésben és a talajvédő sávós művelésben kaptam a legnagyobb termés eredményt, mely szignifikánsan magasabb a többi kezelés termés eredményétől. A redukált művelés esetében a 113 kg terhelésű nyomórugós rendszer és a precíziós mélység szabályozás termésmennyiségek statisztikailag nem különböztek.

### 33. táblázat: Alkalmazott rendszerek és a terméseredmények a talajművelési rendszerekben 2021-ben

Alkalmazott vetési rendszer	Száras szemtermés t/ha 14%							
	Hagyományos	SzD5*	Redukált	SzD5*	Talajvédő	SzD5*	Talajvédő sávós	SzD5*
Húzó rugó 40 kg	14,53	a	14,55	a	15,13	a	15,74	a
Húzó rugó 80 kg	14,58	ab	14,65	a	15,05	a	15,82	a
Nyomó rugó 57 kg	14,73	b	14,85	ab	15,44	b	16,06	b
Nyomó rugó 113 kg	14,73	b	15,00	b	15,31	ab	16,08	b
Precíziós mélység szabályozás	15,00	c	15,08	b	15,68	c	16,31	c

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

Kutatásaimban a 2023-as termelési szezon esetén a 40 kg-os húzórugós rendszer hozta a legalacsonyabb terméshozamot (34. táblázat). A mechanikus rendszerek elmaradtak a precíziós rendszerektől a terméshozam tekintetében. Ez magyarázható az előzőleg bemutatott eredményeim alapján a mechanikus vetőkocsi terhelő rendszereknél mért rosszabb kelésdinamikai eredményekkel, melyek a későbbiekben a terméseredményeken is megmutatkoztak. A két precíziós rendszer a mechanikusoktól statisztikailag elkülönült a hagyományos, a redukált és a talajvédő sávos művelésekben. A terméseredmény tekintetében nagyobb hektáronkénti hozamot értem el a jobb precíziós lezárással. Talajvédő művelésben nem volt bizonyítható ez a hatás.

**34. táblázat:** Alkalmazott rendszerek és a terméseredmények a talajművelési rendszerekben 2023-ban

Alkalmazott vetési rendszer	Száras szemtermés t/ha 14%							
	Hagyományos	SzD5*	Redukált	SzD5*	Talajvédő	SzD5*	Talajvédő sávos	SzD5*
Húzó rugó 40 kg	13,89	a	13,33	a	13,57	a	14,12	a
Húzó rugó 80 kg	13,92	a	13,51	b	13,63	a	14,21	a
Nyomó rugó 57 kg	14,05	ab	13,60	b	14,18	b	14,25	ab
Nyomó rugó 113 kg	14,06	ab	13,63	b	14,25	b	14,42	b
Precíziós mélységszabályozás	14,21	b	13,85	c	14,61	c	14,68	c
Precíziós mélységszabályozás + precíziós lezáras	14,73	c	14,15	d	14,80	c	15,01	d

\*Szignifikáns differencia: az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

Új tudományos eredmény, hogy a terméseredményekben megbízhatóan igazolható a vetés során alkalmazott technológia. Eredményeimet megerősítik több szerző a témában tett vizsgálatait (Ford and Hicks, 1992; Dwyer et al., 1999; Diaz-Zorita et al., 2005; Gupta et al., 1988).

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A kukoricatermesztés során alkalmazott technológiai elemek közül az egyik legmeghatározóbb a vetés. Kutatásomban a precíziós kukorica vetéstechnológia hatását vizsgáltam a növényállomány fejlődésére és a termésre. Vizsgálataimat három évjáratban végeztem, melyek egymástól eltérő klimatikus adottságokkal rendelkeztek. A kukoricavetés egy tavaszi művelet, azonban azt megelőzően az összes agrotechnológiai beavatkozásnak az elővetemény lekerülése után azt a célt kell szolgálnia, hogy a kukoricavetés időszakára az elvetett vetőmag olyan környezeti körülmények közé kerüljön, ami kielégíti a keléshez és a későbbi fejlődéshez szükséges igényeket. Alapvető kíváncsi hazai arid klímánkon, hogy a vetést megelőzően az egyik legmeghatározóbb termést befolyásoló faktorból, a vízből minél többet őrizzünk meg. Erre az egyik legfontosabb a termelő döntéseinek múlt technológiai elem a talajművelés. Kutatásom első részében ezért ezzel foglalkoztam. Ma többféle talajművelési rendszer áll a gyakorlat rendelkezésére. Ezek összehasonlítása során a penetrációs ellenállás szempontjából vizsgáltam a talaj szerkezetét a kukorica tenyészidőszakán belül, májusban és augusztusban. Méréseim alapján megállapítottam, hogy a tavaszi időszakban 2021 és 2023-as évjáratban a hagyományos forgatásos alpművelésre épülő művelés talajszerkezete a 0-30 cm-es zónában lazább volt, mint a vizsgált többi forgatás nélküli talajművelési rendszer esetében. Azonban ebben a zónában egyik művelés esetében sem mértem a gyökérnövekedésre és a biológiai életre nézve hátrányos tömörödöttség mértéket. Ezen mérési eredmény alapján arra következtetek, hogy az ősszel elvégzett szántás által kialakított mesterséges pólustérfogat tavasszal még mérhetően jelen volt a talajban. 30 cm alatti talajszerkezetben kutatásom szignifikánsan tömörödöttebb talajszerkezetet tárt fel a hagyományos talajművelési rendszerek parcelláján minden vizsgált évjáratban. A tömörödött talajban csökken a víz és a levegő mozgása, mely akadályozza a gyökerek mélyebb rétegekbe való behatolását, ami viszont csökkentheti a növények stabilitását, víz és tápanyagfelvételét. Eke talp réteg jelenlétét minden vizsgált évjáratban méréseim igazolták. Ez egy olyan tömörödött réteg, melyet az ekevas éle hoz létre a szántás során a megmunkált talajréteg alatt. A feltárt 5 és 7 Mpa tömörségű rétegeken a kukorica gyökérzete csak a repedések mentén képes áthatolni.

Az augusztusi vizsgálati eredményeim rámutattak, hogy a zónánkénti adatok művelésmódonkénti összevetése alapján, a 0-10 centiméteres rétegben nincs szignifikáns

különbség a penetrációs ellenállás értékei között. Azonban a gyökérfejlődés, valamint a biológiai élet számára fontos 20-30 cm rétegben szignifikánsan elkülönül, tömörebb a hagyományos művelési mód a forgatás nélküli talajművelési rendszerektől, azonban azok egymáshoz viszonyítva nem különböznek. Ez az állapot sok esetben kialakul a szántott talajok esetében. Mint azt méréseim is bizonyították a korai időszakban lazább a hagyományos talajművelési rendszerben a talajszerkezet. Ez kedvező a vízbeszivárgás szempontjából, azonban a többmenetes talajművelési eljárások hatására kialakuló a többi művelési rendszerhez képest nagyobb mennyiségben képződő porfrakció nemcsak a talaj felszínén okozhat a növénytermesztés számára kedvezőtlen feltételeket. A porfrakciót fizikai mérete miatt magával ragadja a víz, amely a szántott talajszerkezeten belül tömörödöttebb állapotot hoz létre. Ez a hatás a tenyészidőszak végén már markánsan mérhető. Azonban a forgatás nélküli rendszerekre méréseim alapján kevésbé jellemző.

A 30-40 cm-es és a 40-50 cm-es rétegekben minden művelés esetében szignifikáns eltérést mértem  $P=0,05\%$  valószínűségi szinten. A forgatásra építő hagyományos talajművelési rendszer mutatta a legtömörebb talajt, míg a növény és a biológiai élet számára legkedvezőbb állapotot a talajvédő és a talajvédő sávos talajművelési rendszerek esetében mértem. A talajműveléssel önmagában csak ideiglenes talajszerkezet javulást lehetséges elérni. Méréseim alapján az bizonyítható, hogy ez az ideiglenes hatás a forgatásra építő hagyományos talajművelési rendszerben a legrövidebb hatású.

A talaj fizikai szerkezetével összefügg annak víztárolási képessége, mely a kukorica számára különösen fontos egyik tulajdonság. Méréseimmel és statisztikai elemzéseimmel bizonyítottam, hogy a különböző talajművelési rendszerek statisztikailag igazolhatóan befolyásolják a talaj víztároló képességét. A hagyományos forgatásra épülő talajművelési rendszer méréseim alapján kevesebb, a növény számára felvehető vizet tartalmazott a tenyészidőszakban, mint a forgatás nélküli talajművelési rendszerek. Eredményeimet Hillel (1998), valamint Kutílek és Nielsen (1994) vizsgálatai is alátámasztják, melyek szerint a talajművelési rendszer meghatározza a talaj pórusméret-eloszlását, amely befolyással van a víz beszivárgására és annak visszatartására.

Eredményem alapján következtetésként levonható, hogy a kukoricatermesztés során létfontosságú tényező a talaj víztároló képessége ugyanazon talaj mellett összefüggésben van az alkalmazott talajművelési rendszerrel. Ez azt jelenti, hogy a talajművelő talajművelési rendszer választása befolyásolhatja ezt a tényezőt. Ez a tény különösen a

változó időjárási körülmények között rávilágít arra, hogy érdemes eredményeim alapján forgatás nélküli rendszereket alkalmazni.

A talajművelési rendszerek nemcsak az általuk létrehozott talaj szerkezetében különböznek, hanem a talaj felszínén lévő körülményekben is. Ezek a különbségek meghatározóak a vetés és a növényi fejlődés szempontjából. Kutatásokat végeztem a talaj felszínén lévő szármadarvány borítottság mérésére. Kutatási eredményeim bizonyították, hogy felszínborítottsági százaléktételek átlagai művelési rendszerenként szignifikánsan ( $P=0,05\%$  valószínűségi szinten) eltérnek egymástól a vizsgált három évjáratban. Azt is bizonyítottam méréseimmel, hogy lehetséges 30% vagy afölötti felszínborítottsági százalékot megtartani a vetést követően, aminek járulékos hatásaként következik a fedettebb talaj jobb vízmegtartó képessége is. A mulcshagyó talajművelési technológiák a hagyományos feketére művelő rendszerhez képest jellemzően kevesebb menetszámmal dolgoznak a tavaszi időszakban, mint ahogy az alkalmazott technológiai leírásban is bemutattam. Ez egyrészt amiatt megfelelő a gyakorlat számára, hogy a kevesebb talajbolygatás kevesebb bekeverő hatással bír a felszínen lévő szármadarványokra. Másrészt kedvező a talajszerkezet szempontjából, kevesebb porfrakció keletkezhet. Vizsgálati eredményeimből következtetésként levonható az is, hogy a mulcsborítottság alkalmazása a kukorica termesztésében megvalósítható, de megköveteli a technológiai folyamatok megfelelő adaptálását. A vetést olyan vetőgéppel kell végezni, mely képes a mulcsréteg kezelésére és a vetésminőségi előírások betartására.

A kukorica csírázásához, majd keléséhez és fejlődéséhez szükséges hőmérséklet igényének biztosítását az egyes talajművelési rendszerekben az általam bizonyított eltérő talajfelszíni és a talajbani állapotok a fentebb hivatkozott szakirodalmak szerint befolyásolhatják. Ezen állapotok pontos felderítése érdekében az általam vizsgált négyféle talajművelési rendszerben mértem a vetésmélységben a vetéstől a kelés utáni állapotig fennálló hőmérsékleti viszonyokat. Méréseimmel bizonyítottam, hogy a hagyományos és a redukált talajművelési rendszerek parcellái között mindhárom évjáratban nem tudtam kimutatni szignifikáns különbséget ( $P=0,05\%$  valószínűségi szinten). Kutatásom megállapította azonban, hogy a talajvédő és a talajvédő sávos rendszer parcellái szignifikánsan hidegebbek az előző két rendszertől ( $P=0,05\%$  valószínűségi szinten). Statisztikailag igazolhatóan a leghidegebb rendszer a talajvédő sávos terület. Mérésem eredményei azonosak Sims et al. (1998) kutatási eredményeivel.

Eredményeim alapján következtetésként levonható, hogy a mulcsborított felszín alatt a talaj hőmérséklete alacsonyabb. Ez a hatás befolyásolhatja a vetés időzítését. Azonban a talaj felmelegedési folyamatait csak valós mérésekkel lehet megállapítani, ami jelenleg az üzemi gyakorlatban nem alkalmazott rutin, inkább a naptár szerinti vetéskezdést alkalmazzák. Méréseim felhívják a figyelmet, hogy a precíziós gazdálkodás eszközszeréhez hozzá kell tartozzon a valós idejű talajhőmérséklet mérése, mely segíthet a vetés kezdésének adatokra alapuló eldöntésében.

A vetést 2020-ban és 2021-ben öt különböző variációban végeztem, különböző talajművelési parcellákon, melyek esetében különböző, a gyakorlat által alkalmazott műszaki megoldásokat és azok beállításainak hatását vizsgáltam a kelésdinamika szempontjából. Agrotechnikai szempontból különbség van az egyes vetési kezelések között a tekintetben, hogy mennyire pontos és homogén a vetőszerkezet vetésmélység tartása és a magárok kezelése a vetés során. 2023-ban az előzetes öt vetési variációt kibővítettem egy hatodikkal, melyben a vetés során a precíziós magárok lezárást is vizsgáltam és összehasonlítottam a többi kezeléssel.

Méréseimmel bizonyítottam, hogy a talajművelési rendszerek között több, a kelést befolyásoló faktor esetében különbség van. Kelésvételezési vizsgálataim során megállapítottam, hogy a kísérletbe bevont különböző talajművelési rendszerekben különböző mértékben és dinamika szerint kel ki az elvetett kukoricaállomány. Vizsgálatom igazolta, hogy a különböző talajművelési körülmények között végzett vetés során alkalmazható precíziós vetésminőség javító műszaki rendszerek statisztikailag igazoltan tudták javítani a mechanikus rendszerekhez képest a kukoricaállomány kelési dinamikáját. Jelentős kelésgyenletességi eredményt mértem a precíziós rendszerek hatására, különösen a 2023-as szezonban, amikor a vetőkocsi terhelés és a lezárás is precíziósan mért és ezekre az adatokra alapozott beavatkozások alapján történt. Méréseimmel bizonyítottam, hogy a precíziós rendszerek hatására rövidebb időintervallumban egységesebben kelt a növényállomány. Méréseim alapján bizonyítottam, hogy ez a hatás a hidegebb, nagyobb felszínborítottsággal rendelkező művelésekben erősebb.

Eredményeimből arra következtetek, hogy fontos a vetéstechnológia adaptálása a talajművelési rendszerhez. A valós körülményekhez azonnali és automatikus beállításokat alkalmazó vetéstechnológiai rendszerek mérhetően javították a kukorica

kelésegyenletességét. Előzetes mérési eredményeim bemutatták az egyes talajművelési rendszerek előnyeit és hátrányait is a vetési időszakban. A hátrányok hatásainak tompítására méréseim alapján van lehetőség a gyakorlat számára.

Vizsgáltam, hogy a kikelt, fejlődő kukorica növényállományra milyen hatással van a talajművelési rendszer, és azon belül az ott alkalmazott vetéstechnológia. Kutatásom alapján bizonyítottam, hogy a különböző talajszerkezeti, nedvesség és hőmérséklet viszonyok között fejlődő állományok eltérő biomassza fejlődési dinamikával rendelkeznek. Méréseim alapján a fejlődő kukorica növényállomány a tenyészidőszakban a talajművelési rendszerek által biztosított környezeti feltételekre reagált. A hatásokat igazolja az eltérő fejlődési dinamika és biomassza produktum is. Eredményeimhez hasonló megállapításra jutott Pittelkow et al. (2015) és Hatfield (2010) kutatásaikban.

Az NDVI adatokra támaszkodó eredményeimből további következtetéseket tudok levonni. A forgatásos és a redukált területek tavaszi felmelegedése gyorsabb, amit vizsgálati eredményeim is bizonyítanak. Azonban szintén a mért eredményeim rámutatnak arra, hogy a tenyészidőszak későbbi periódusában, amikor a növényállomány a generatív fázisba kerül, ezek a művelések kevesebb felvehető vizet biztosítanak a növényállomány számára. Gyakorlati szempontból az üzenet, különösen az egyre nagyobb klimatikus szélsőségekre nézve, hogy ezekben a művelésekben termesztett növényállomány sérülékenyebb a tenyészidőszak későbbi részében beköszöntő stresszfaktorokra nézve. A gazdálkodónak művelési mód megválasztásával a gondolkodásmódját és termesztéstechnológiai döntéseit is meg kell változtatnia. A forgatásos és a redukált művelésekben termesztett kukorica esetében alkalmazható a korai vetés, persze, ha a mért talajhőmérsékleti adatok alátámasztják azt. Továbbá érdemes tenyészidőszak szerint a középérésű hibrideket előnyben részesíteni ezekben a talajművelési rendszerekben, hiszen egy hosszú tenyészidejű hibrid termesztése kockázatos lehet. A talajvédő vagy a sávos művelésben fejlődő növényállomány méréseim alapján lassabban fejlődik a többi művelési módhoz képest a tenyészidőszak kezdeti részében, azonban később fejezi be élettevékenységeit. A kezdeti lassú fejlődés rámutat arra, hogy a korai időszakban technológiai szempontból ezen talajművelési rendszerekben termesztett kukoricaállományok a hagyományos gyakorlathoz képest nagyobb figyelmet igényelnek. Megfelelő Cold tesztű vetőmagok használatával, a vetés során alkalmazható technológiai kelési dinamikát javító megoldásokkal (melyek mérési

eredményeit előzőleg bemutattam) és a vetés során a kezdeti fejlődést segítő startertrágyázási technológiával is tompítható a növényállomány lemaradása.

A kelésfelvételezéskor megjelöltem a kikelt kukoricaegyedeket úgy, hogy a kikelt növény mellé színezett pálcát szúrtam a talajba. Eltérő színű jelölő pálcákkal azonosítottam az egyes napokon, azonos színűekkel az adott napon kikelt egyedeket. A jelölések az egész tenyészidőszakban megmaradtak a növények mellett. Ezt a jelölést felhasználva a kukoricaszár átmérő mérését végeztem el. Kutatásommal bizonyítottam, hogy a kukorica szárátmérője és a kelési nap között statisztikai összefüggés van. Igazoltam, hogy minél később kelt ki egy növény, annál kisebb átmérőjű szárat növesztett. Ezt az eredményt azért is fontosnak tartom, hiszen a kukoricaszár fizikai mérete nemcsak a növény állóképességének meghatározója, hanem szerepe a növény víz és tápanyagellátásában is döntő, amely hatás későbbiekben a kialakult egyedi termésproduktum nagyságára is befolyással bír.

A terméshozam alapja az egyedi növény produkciója. A kelésfelvételezéskor megjelölt növényekről egyedileg letört kukoricacső minták szeparált vizsgálatát végeztem, azok fizikai és beltartalmi paramétereit szempontjából. Vizsgálataim alapján a kelési napok függvényében szoros összefüggést találtam az egyedi csőtömeg és a kelési napok között. Ezt az összefüggést mindhárom évjáratban igazoltam. A kelési nap és a csőátmérő tekintetében nem tudtam bizonyítani, hogy összefügg a két paraméter. A csőhossz és a kelési napok között statisztikai összefüggést találtam, vagyis minél korábban kelt egy növény, annál hosszabb csövet fejlesztett. A beltartalmi paraméterek nem függték össze statisztikailag igazolhatóan a kelési napokkal. Vizsgálatom során megállapítottam azt a gyakorlat számára fontos eredményt, hogy a kelésidő függvényében mekkora termésvesztést szenvedhet el egy termelő. Megállapítottam, hogy az egyedi potenciál szempontjából minden évjáratban az első kelési napon kikelt növények hozzák a legnagyobb termést. Az elért eredmények a kukoricatermesztő gazdaságokban jól hasznosíthatóak. Vizsgálataim megállapításait több szerző kutatási eredményei is alátámasztják (Raghavan et al., 1978; Lawles et al., 2012; Liu et al., 2004).

Eredményeim alapján igazolást nyert, hogy a precíziós vetőkocsi terhelő és lezáró rendszerek alkalmazása jelentősen hozzájárul ezen cél eléréséhez, a talajművelés függvényében. A második napon kikelt növények már 13,8% és 21,5% közötti termésvesztést szenvednek. A harmadik napon kelő növények 33,7%-tól 41,1%-ig

kevesebbet teremtek. A negyedik napon kikelt növény az első nap kikelthez képest 43% és 48% között veszteséget eredményeztek. Az ötödik napi kelés 52,9% és 59,6% közötti, a hatodik napi kelés pedig 65,8% és 71% közötti termésszint csökkenést eredményezett. Mérési eredményeim bizonyítják jelentőségét minden olyan beavatkozásnak, mely segítségével a kukorica kelési dinamikája gyorsabb és homogénebb és a növények kelése egyöntetűbb.

Vizsgálatomat a kezelések betakarított termésmennyiségének elemzésével zártam. Eredményeim alapján igazoltam, hogy a mechanikus rendszerek elmaradtak a precíziós rendszerektől a termés hozam tekintetében. Ez magyarázható korábban bemutatott eredményeim alapján, melyek szerint a mechanikus vetőkocsi terhelő rendszereknél mért rosszabb kelésdinamikai eredmények, a későbbiekben az egyedi potenciál csökkenésében jelentkeztek. Ez a hatás a betakarított teljes kukorica populációra nézve mérhető volt a termés eredmény tekintetében. A precíziós vetőkocsi terhelő és a precíziós magároklezáró rendszer használatával kezelt parcellák termése statisztikailag elkülönült a hagyományos, a redukált és a talajvédő sávos művelések esetében. A termés eredmény tekintetében nagyobb hektáronkénti hozamot hozott méréseim alapján az a terület, ahol precíziós lezárással történt a vetés. Következtetésként levonható még eredményeimből, hogy a talajművelési rendszerek által biztosított környezeti feltételeknek megfelelő termésszintek alakultak ki a különböző talajművelési rendszerek parcelláin. Minden művelési rendszerben lehetséges volt a precíziós gazdálkodás vetéstechnológiai alkalmazásával termés eredmény növekedést létrehozni. Kapott eredmények alapján a gyakorlat számára hasznos és eredményes lehet a precíziós vetéstechnológia alkalmazása.

Új tudományos eredmény, hogy a termés eredményekben megbízhatóan igazolható a vetés során alkalmazott technológia. Eredményeimet megerősítik több szerző a témában tett vizsgálatait (Diaz-Zorita et al., 2005; Dwyer et al., 1999; Gupta et al., 1988; Ford and Hicks, 1992).

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kukoricatermelés során az elővetemény lekerülése után az összes technológia elemnek afelé kell hatnia, hogy olyan állapotot teremtsünk talaj szempontból az elvetendő vetőmagnak, mely kielégíti annak a tökéletes és gyors keléshez szükséges igényeit. Ebbe a folyamatba tartozik a talaj megfelelő fizikai, biológiai állapotának létrehozása és fenntartása. A gazdálkodónak célja kell legyen, hogy összhangba hozza a növény igényeit a fenntartható és költséghatékony technológiai elvárásokkal.

Kutatásom során ezeket a szempontokat figyelembe véve tűztem ki céljaimat. Ezek voltak egyrészt a kukoricatermesztés során alkalmazható négyféle talajművelési rendszert hasonlítsak össze. Ezen belül azon paraméterek vizsgálata, melyek meghatározóak lehetnek a vetés, a kelés és az állomány homogén fejlődése érdekében. Ezen túl többféle vetéstechnológiai rendszer alkalmazása a különböző talajművelési rendszerekben és mérni ezeknek a kukorica kelésére kifejtett hatásait. Célul tűztem ki továbbá, hogy a kelési idő és a növényállomány fejlődése és terméseredménye közötti összefüggéseket megtaláljam. Legfőképpen pedig célom volt az üzemi gyakorlat számára eredményesen alkalmazható vetésképesség javító rendszer összeállítása, mely alkalmas a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben termesztett kukorica termésszintjének emelésére, a talajművelési rendszerek hátrányos tulajdonságainak tompítására.

A választott kísérleti helyszínemen, mint hazánk legtöbb területén a csapadék sokszor nem akkor és olyan mennyiségben hullik le, amikor éppen a kukoricának szüksége van rá. Mértem a vizsgált évjáratokban a tenyészidőszak előtt és a tenyészidőszak során lehulló csapadékmennyiséget, ezek alapján különböző szezonoikat vizsgáltam. A lehullott csapadék hasznosításának mértéke attól függ, hogy mekkora része képes a talajba szivárogni, és mekkora része párolog el. Kutatásom emiatt a talaj szerkezetét és víztároló képességét is vizsgálta a kísérleti területre kihelyezett szenzorok alapján az egyes talajművelési rendszerekben. Ezek alapján igazoltam a vizsgált évjáratokban a hagyományos forgatásra épülő talajművelési rendszernek szignifikánsan különböző a talaj kötöttségi állapota mind a májusi, mind az augusztusi időszakban a forgatás nélküli rendszerekhez képest. Azok statisztikailag igazolhatóan lazább szerkezettel rendelkeztek a tenyészidőszak elején, tömörségük az 5 MPa értéket nem lépte túl, valamint nem találtam vizsgálatom során kemény 7 MPa-t meghaladó értékű tömörödött réteget a szerkezetükben.

További mérésem igazolta, hogy a talajok víztároló képessége a vizsgált talajművelési rendszerekben különbözött. A hagyományos forgatásra épülő talajművelési rendszerben a növények számára szignifikánsan kevesebb (akár csak 25%) volt a felvehető víz a tenyészidőszak során, mint a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben.

Kutatásom során a vetéstechnológia különböző műszaki megoldásainak hatásait is vizsgáltam a kikelő növényállomány kelési dinamikájára. Az első két vizsgált évjáratban a manapság leggyakrabban alkalmazott mechanikus húzó, vagy nyomó rendszerű vetőkocsi terhelő rendszerekkel végeztem kukoricavetést többféle beállítással. Továbbá precíziós elvű rendszert használtam, mely mért adatok alapján a talaj állapota alapján a körülményekhez igazodó beállításokat autonóm módon végzi. Agrotechnikai szempontból különbség van az egyes vetési kezelések között a tekintetben, hogy mennyire pontos és homogén a vetőszerkezet vetésmélység tartása és a magárok kezelése a vetés során. 2023-ban az előző két évjáratban vizsgált öt vetési variációt kibővítettem egy hatodikkal, melyben a vetés során a precíziós magárok lezárást is vizsgáltam és összehasonlítottam a többi kezeléssel. Kutatásom igazolta, hogy a különböző talajművelési körülmények között végzett vetés során alkalmazható precíziós vetésminőség javító műszaki rendszerek statisztikailag igazoltan tudták javítani a mechanikus rendszerekhez képest a kukoricaállomány kelési dinamikáját. Jelentős kelésegyenletességi eredményt mértem a precíziós rendszerek hatására, különösen a 2023-as szezonban, amikor a vetőkocsi terhelés és a lezárás is precíziós beavatkozások alapján történt. Méréseimmel bizonyítottam, hogy a precíziós rendszerek hatására rövidebb időintervallumban egységesebben kelt a növényállomány. Méréseim alapján bizonyítottam, hogy ez a hatás a hidegebb, akár 2,78 °C-kal alacsonyabb hőmérsékletű, 33% felszínborítottsággal rendelkező művelésekben erősebb.

A kelésvételezéskor megjelöltem a kikelt kukoricaegyedeket úgy, hogy a kikelt növény mellé színezett pálcát szúrtam a talajba. Eltérő színű jelölő pálcákkal azonosítottam az egyes napokon, azonos színűekkel az adott napon kikelt egyedeket. A jelölések az egész tenyészidőszakban megmaradtak a növények mellett. Ezt a jelölést felhasználva végeztem vizsgálatokat a tenyészidőszak alatt, mely során bizonyítani tudtam, hogy összefüggés van a szárátmérő és a kelési napok között. Méréseimmel igazolni tudtam, hogy az első és a második napon kelt növények szignifikánsan ( $P=0,05$ ) nagyobb átmérőjű szárát fejlesztettek, mint a későbbi napokon keltek.

A terméshozam alapja az egyedi növény produkciója. A kelésfelvételkor megjelölt növényekről egyedileg letört kukoricacső minták szeparált vizsgálatát végeztem, azok fizikai és beltartalmi paraméterei szempontjából. Vizsgálataim alapján a kelési napok függvényében szoros összefüggést találtam az egyedi csőtömeg és a kelési napok között. Ezt az összefüggést mindhárom évjáratban igazoltam. A kelési nap és a csőátmérő tekintetében nem tudtam bizonyítani, hogy összefügg a két paraméter. A csőhossz és a kelési napok között statisztikai összefüggést találtam, vagyis minél korábban kelt egy növény, annál hosszabb csövet fejlesztett. A beltartalmi paraméterek nem függtek össze statisztikailag igazolhatóan a kelési napokkal.

Eredményeim alapján igazolást nyert, hogy a precíziós vetőkocsi terhelő és lezáró rendszerek alkalmazása jelentősen hozzájárul ezen cél eléréséhez a talajművelés függvényében. A második napon kikelt növények már 13,8% és 21,5% közötti termésvesztést szenvednek. A harmadik napon kelő növények 33,7%-tól 41,1%-ig kevesebb teremtek. A negyedik napon kikelt növény az első nap kikelthez képest 43% és 48% között vesztést eredményeztek. Az ötödik napi kelés 52,9% és 59,6% közötti, a hatodik napi kelés pedig 65,8% és 71% közötti termésszint csökkenést eredményezett.

Vizsgálatomat a kezelések betakarított termésmennyiségének elemzésével zártam. Eredményeim alapján igazoltam, hogy a mechanikus rendszerek elmaradtak a precíziós rendszerektől a terméshozam tekintetében. Ez magyarázható korábban bemutatott eredményeim alapján, melyek szerint a mechanikus vetőkocsi terhelő rendszereknél mért rosszabb kelésdinamikai eredmények, a későbbiekben az egyedi potenciál csökkenésében jelentkeztek. Ez a hatás a betakarított teljes kukorica populációra nézve mérhető volt a terméseredmény tekintetében.

## **7. SUMMARY**

During maize production all technological operations are important after the pre-sowing crop. We must create a soil condition for the seed to be planted that meets its requirements for perfect and rapid germination. This process includes establishing and maintaining the soil in a good physical and biological condition. The goal of today's farmer must be to match the needs of the crop with sustainable and cost-effective technology.

I defined my objectives for my research and I included these aspects. My goal was to compare four different tillage systems for maize cultivation.

I wanted to investigate the parameters determining the planting process, the germination and the homogeneous development of the crop. I wanted to apply different planting system solution in different tillage systems.

I wanted to measure the effects of seeding systems on the germination status of maize. I also set the following objectives. I would find correlations between emergence time and crop development and yield.

My main goal was to compose successfully a planting quality improvement system, it can be applied for operational practice for effective results. It is suitable for raising the yield level of maize in maize crops in rotillless tillage systems. The developed technical solution solves the problem of reducing the disadvantages of tillage systems.

The rainfall does not fall at my chosen experimental site (as in most areas of our country) when the maize needs the rainfall. Precipitation does not fall in the amounts that the maize needs. I measured the amount of precipitation before and during the growing season in my research. I analysed my measurements based on different seasons. The recovery of precipitation depends on how much precipitation falls is able to infiltrate into the soil and how much it evaporates.

My research also examined soil structure and water retention. I studied the soil water holding capacity based on sensors placed in the experimental area. I investigated this effect in all four tillage systems.

I have verified my measurements based on significant different results. The conventional (rotation-based) tillage system has significantly different soil compactness in the tested years compared to the no rotation tillage systems.

My measurements proved the difference between May and August. The no-rotation tillage systems had a statistically validated looser structure at the beginning of the growing season.

Tillage systems without rotation had a compaction not higher than 5 MPa. I did not find any hard compacted layer in their structure over 7 MPa during my examination.

My continued measurements confirmed that the water-holding capacity of the soils differed between the tillage systems. The conventional tillage system had significantly less (up to only 25%) water uptake available for plants during the growing season compared to the non-rotated tillage system.

In my research, I also researched the effects of different technical solutions of seeding technology on the germination dynamics of the emerged crop.

I have planted maize in the first two years with the most commonly used planting wagon loading systems (mechanical pulling and pushing system) with several different settings. I used a precision based system. Precision system uses settings adapted to the conditions. Precision system works with measured soil condition data. It works autonomously. There are agrotechnical differences between the different sowing treatments. An important difference is the accuracy and homogeneity of the planting depth of the planting device and the management of the seeds during planting. I tested five seeding variations in 2020 and 2021. I extended the five seeding variations in 2023, I added a sixth. I also tested precision seed trench closure system during planting. I compared the new treatments with the other treatments

My research has confirmed that precision planting systems can statistically improve the germination dynamics of maize stands compared to mechanical systems under different tillage conditions.

I measured significant emergence uniformity results with precision systems, especially in the 2023 season, when loading of seed wagon and seed trench closure were also based on precision treatments.

I have demonstrated with my measurements. Precision systems have produced a more uniform crop in a shorter time interval. My measurements have shown that this effect is stronger in colder soil temperatures.

Cultivations with high stem residue has up to 2.78°C lower soil temperature ( 33% surface cover) as black soil surface.

I have performed emergence plant counting on the basis of time. I marked the emerged corn plants. I poked a colored stick into the soil next to the emerged plant. I used different coloured marker sticks to identify individuals emerged on each day, with the same colour for the same day.

The markings remained next to the plants during the growing season. Using this marking, I performed tests during the growth period to demonstrate a correlation between stem diameter and maize germination day. With my measurements, I was able to demonstrate that plants emerged on the first and second days developed stems with a stalk diameter that was significantly larger ( $P=0.05$ ) than those emerged on later days.

Yields are based on the production of the individual plant. I harvested the yield (corn cob) from the marked plants by the time of emergence. I did test for segregated yields.

I measured the diameter of corn cobs, the length of corn cobs, the number of kernels per corn cob, the weight of kernels per corn cob . I have also measured the content parameters.

Based on my studies, I found a strong correlation between individual maize cob weight and days to emergence. This correlation was confirmed in all three growing years. I was unable to demonstrate a correlation between days to emergence and maize cob diameter.

I found a statistical correlation between maize cob length and maize plant emergence days, i.e. the earlier a plant emerged, the longer the cob developed. There was no statistically proven correlation between the content parameters and days to emergence.

Based on my results, it was confirmed that the use of precision seed wagon loading and seed trench sealing systems significantly improve the quality of the emergence. This result has an impact on individual yield growth. My results also confirmed that the effect is related to the tillage method.

My measurement demonstrates the correlation between individual potential and corn emergence time. Several years of results show: plants emerged on the second day already lose between 13.8% and 21.5% yield. Plants emerged on the third day yielded will be between 33.7% and 41.1% less. Plants that emerged on the fourth day had yield losses of between 43% and 48% compared to those that emerged on the first day. Day five

emergence resulted in yield losses ranging from 52.9% to 59.6% and day six emergence resulted in yield losses ranging from 65.8% to 71%.

I concluded my study by analysing the harvested yield of the treatments. My results demonstrated that mechanical systems gave lower yields compared to precision systems.

This result can be interpreted on the basis of my previous results. The poorer germination dynamics results measured for mechanical planter loading systems, this effect is given by the later reduction in plant specific potential. This effect was measured for the total maize population harvested in terms of yield.

## 8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Bizonyítottam, hogy statisztikailag igazolhatóan különböztek a talajok víztároló képességei a vizsgált talajművelési rendszerekben. A hagyományos, forgatásra épülő talajművelési rendszerben a növények számára a tenyészidőszak során szignifikánsan kevesebb volt a felvehető víz ( 35 cm mélységben 12,2 – 27,7 V/V % ), mint a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben ( 35 cm mélységben 14,4 – 32,6 V/V % ).

2. Statisztikailag igazoltam, hogy a vetésmélységben a vetéstől a kelés végéig a négyféle talajművelési rendszerben szignifikáns különböző talajhőmérsékleti viszonyok alakultak ki. A 10 °C bázishőmérséklet alatti időszak hossza az évjárat függvényében a hagyományos talajművelési rendszerben 22-27 óra, a redukált talajművelési rendszerben 26-32 óra, a talajvédő talajművelési rendszernél 29-38 óra a talajvédő sávos talajművelési rendszerben 32-41 óra. Bizonyítottam, hogy a különböző talajművelési rendszerekben a talajhőmérsékleti különbségek akár 4 napos kelési késedelmet okoztak ugyanazon hibridnek.

3. Statisztikailag igazoltam, hogy precíziós vetésminőséget befolyásoló rendszerekkel javítható a kelési dinamika. Szignifikáns különbségeket mértem a hagyományos mechanikus vetőkocsi terhelő rendszerek és a precíziós rendszerek kelési dinamikára kifejtett hatása között. A kedvezőtlen évjáratban, nagyobb talajfedettséget hagyó talajművelésekben ez a hatás különösen erős. A legrosszabb mechanikus vetőkocsi terhelő rendszerrel végzett kezelésben az első kelési napon 25%-a kelt ki a növényeknek, a legjobb precíziós vetésminőség javító rendszerrel létrehozott kezelésben 84%-a.

4. Vizsgálati eredményeim bizonyították, hogy erős korreláció van a kelési nap és a kukorica egyedi produktuma között. Ez 2020-ban  $r^2=78\%$ , 2021-ben  $r^2=81,5\%$  és 2023-ban  $r^2=82\%$ . Eredményeim alapján az első kelési napon kikelt növények hozták a legnagyobb termést. A második napon kikelt növények ehhez képest 13,8% és 21,5%

közötti termésveszteséget szenvedtek az évjárat függvényében. A harmadik napon kelő növények 33,7% és 41,1%-kal kevesebbet teremtek. A negyedik napon kikelt növények az első napon kikeltékhez képest 43% - 48% veszteséget produkáltak. Az ötödik napi kelés 52,9% és 59,6% közötti, a hatodik napi kelés 65,8% és 71% közötti termésszint csökkenést eredményezett.

## **9. A GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK**

1. A hazai középkött csernozjom talajon gazdálkodó kukoricatermelő üzemek részére javaslom a hagyományos forgatásos talajművelésről a forgatás nélküli talajművelési rendszerekre történő átállást, melyek alkalmazásával kedvezőbb talajszerkezet alakul ki. A talajvédő és a talajvédő sávos talajművelési rendszer talajdegradáció nélkül is képes a kukorica fejlődéséhez megfelelő fizikai állapotokat létrehozni.

2. A mérési eredményeim bizonyították, hogy az öntözés nélküli termesztés során több nedvesség áll rendelkezésre a forgatás nélküli talajművelési rendszerek esetén a hagyományos talajműveléshez képest. Forgatás nélküli rendszerekkel nagyobb terméshozás érhető el.

3. Eredményeim alapján bemutattam, hogy lehetséges a kukorica vetés időszakáig 30%-ot meghaladó szármaradvány talajfelszín borítottságot létrehozni, ezzel is védve a talaj szerkezetét és vízkészletét.

## 10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki Prof. Dr. Nagy János professzor emirátus úrnak szakmai iránymutatásáért a Doktori képzés során, valamint a dolgozat elkészítése alatt kifejtett segítségéért.

Továbbiakban köszönet a KITE Zrt-nek a dolgozat tárgyi feltételeinek megteremtésében nyújtott mindennemű támogatásáért.

Köszönet illeti az Innovációs és Technológiai Minisztériumot, hogy a Kooperatív Doktori Program KDP-2020 program keretében támogatta tudományos kutatásomat és disszertációm elkészültét.

Köszönöm a Doktori képzés során kapott minden segítségért, jótanácsért és támogatásért Prof. Dr. Kakuszi-Széles Adrienn-nek, Prof. Dr. Harsányi Endrének, továbbá Elek Erzsébetnek, Dorogi Zsuzsannának és Baginé Hunyadi Ágnesnek.

Köszönettel tartozom továbbá családomnak türelmükért és támogatásukért.

## 11. IRODALOMJEGYZÉK

1. Ag Leader, 2021. SureDrive-Electric Drives for Your Planter, Your Meter  
<<https://www.agleader.com/planting/suredrive/>>.
2. Agness, J. B.- Luth, H. J.: 1975. Planter evaluation techniques. ASAE Paper No., 75-1003, pp. 48-53.
3. Alakukku, L.: 1998. Properties of compacted fine-textured soils as affected by crop rotation and reduced tillage. Soil and Tillage Research, 47, pp. 83–89.
4. Alessi, J.- Power J. F.: 1979. Corn Emergence in Relation to Soil Temperature and Seeding Depth. Agronomy Journal, Volume 63, Issue 5, pp. 717-719.
5. Antal J.: 2005. Növénytermesztés tan 1. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 315-316
6. Árendás, T. - Berzsenyi, Z. - Szundy, T. - Marton, L. Cs. - Bonis, P.: 2000. Fél évszázad tapasztalatával. Kukorica a termesztőknek. Gyakorlati Agrofórum. II. evf. 3. pp. 44-47
7. Awika, J.: 2011. Major cereal grains production and use around the world. Advances in cereal science: implications to food processing and health promotion. American Chemical Society Atlantic City, NJ, Washington DC, pp. 1–13.
8. Aziz, I.- Mahmood, T.- Islam, K. R.: 2013. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. Soil and Tillage Research, 131, pp. 28–35.
9. Bai, Z. - Caspari, T. - Batjes, N.H. - Mäder, P. - Bünekkman, E.K. - DE Goede, R. - Brussard, L. - Xu, M. - Glavan, M. - Tóth, Z.: 2018. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 265, pp. 1-7.
10. Bailly, C.: 20219. The signalling role of ROS in the regulation of seed germination and dormancy. Biochem. J, pp. 3019–3032.
11. Baird, F.- Baret, F.: 1997. Crop residue estimation using multiband reflectance. Remote Sens. Environ, 59, pp. 530–536.
12. Barnes, A.P.- Soto. I.- Eory, V.- Beck, B.- Balafoutis, A.: 2019. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: a cross regional study of EU farmers. Land Use Policy, 80, pp. 163–174.

13. *Bellon, M. R-Hodson, D.-Bergvinson, D.-Beck, D.- Martinez-Romero, E.:* 2005. Targeting agricultural research to benefit poor farmers: Relating poverty mapping to maize environments in Mexico. *Food Policy*, 30, 476–492.
14. *Benjamin, L.R.:* 1990. Variation in Time of Seedling Emergence Within Populations: A Feature that Determines Individual Growth and Development. *Advances in Agronomy*, Volume 44, pp. 1-25"
15. *Berzsenyi Z.:* 2010. Növénytermesztési kísérletek tervezése es értekelese. [In: *Radies L. (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés.*] Agroiinform Kiadó. Budapest, pp. 419-445.
16. *Berzsenyi, Z. - Árendás, T. - Bonis, P. - Micskei, Gy. - Sugár, E.:* 2012. A növénytermesztési tényezők tartamhatásának vizsgálata a kukorica produktivására eltérő évjáratokban. 54. Georgikon Napok. Keszthely, pp. 67-73.
17. *Berzsenyi, Z. - Győrffy, B.:* 1995. Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére es termésstabilitására. *Növénytermelés*. 44(5-6), pp. 507-517.
18. *Berzsenyi, Z.:* 2012. Kukorica [In: *Radies L. (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 2.*] Agroiinform Kiadó. Budapest. 11–101.
19. *Birkás M.:* 2006. Környezetkímélő, alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Nyomdaipari. Kft. Budapest. 366 pp. ISBN: 9630602598.
20. *Birkás M.:* 2017. Talajművelési ABC. Mediaworks Hungary Zrt. pp. 230-231.
21. *Birkás, M. – SZalai, T. – Gyuricza, CS. – Gecse, M. – Bordas, K.:* 2002. Effect of disc tilage on soil condition, crop yield and weed infestation. *Rostl. Vyr*, 48, pp. 20-26.
22. *Birkás, M.:* 2006. A művelés célja – hagyományok, új törekvések. In: *Környezetkímélő, alkalmazkodó talajművelés (Szerk. Birkás, M.) Akaprint Nyomdaipari Kft, Budapest. pp. 48-54*
23. *Blacket, D. S.:* 1987. Improving crop emergence with management and agronomy. In: *I. M. Wood, W. H. Hazard and F. R. From (Editors), Crop Establishment Problems in Queensland: Recognition, Research and Resolutions. Occas. Publ. No. 34, pp. 192-207.*
24. *Bocz E. – Kováts A. – Ruzsányi L. – Szabó M.:* 1996. Kukorica [In: *Bocz et al., Szántóföldi Növénytermesztés.*] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 361–413.
25. *Bocz E.:* 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
26. *Bocz, E. - Nagy, J.:* 1981. A kukorica viz-es tápanyagellátásának optimalizálása és hatása a termés tömegére. *Növénytermelés*, 30(6), pp. 539-549.

27. *Bodnár, E.- Honti, L.- Varga, I.*: 2023. Flexibilitás? Egyedi kompenzáció?  
Agrofórum extra, 2023 november, pp. 86-89.
28. *Bricklemyer, R.S.-Lawrence, P.R.*: 2006. Predicting tillage practices and agricultural soil disturbance in north central Montana with Landsat imagery. *Agriculture Ecosystems and Environment* 114, pp. 210-216.
29. *Brown, D.M., and A. Bootsma.*: 1993. Crop heat units for corn and other warm-season crops in Ontario. OMAF Factsheet, Agdex 11/31. Ontario Ministry of Agric. & Food, Toronto
30. *Cairns, J. E.- Sonder, K.- Zaidi, P. H.- Verhulst, N.- Mahuku, G.- Babu, R.*: 2012. Maize production in a changing climate: impacts, adaptations, and mitigation strategies. *Advances in Agronomy*, 114, 1–58.
31. *Candiago, S.- Remondino, F.- De Giglio, M.- Dubbini, M.- Gattelli, M.*: 2015. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images. *Remote Sensing* 7(4), pp. 4026–4047.
32. *Chambell, D.J.-O'Sullivan, M.F.*: 1991. The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction, and tillage. *Soil Analysis (Physical methods)* ed: K.A. Smith, C. E. Mullis, pp. 399-429.
33. *Crop P. I.- Moraru, T. R.*: 2013. Effect of Different Tillage Systems on Soil Properties and Production on Wheat, Maize and Soybean. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* ,Vol:7, No:11, pp. 32-45.
34. CTIC (Conservation Technology Information Center). 2009. Cropland roadside transect survey 2009: Procedures for using the cropland roadside transect survey for obtaining tillage/crop residue data. West Lafayette
35. *Csajbók, J.*: 2004. A növénytermesztési tér vizgazdálkodása. Egyetemi jegyzet. DE ATC Debrecen, pp. 161.
36. *Dammer, K.H.- Adamek, R.*: 2012. Sensor-based insecticide spraying to control cereal aphids and preserve lady beetles. *Agronomy J.*, 104(6), pp. 65–70
37. *De Groot, H.-Kimenju, S. C.- Munya, B.- Palmas, S.- Kassie, M.*: 2020. Spread and impact of fall armyworm in maize production areas of Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 292, 106804.

38. *Diaz-Zorita, M.- Grove, J.H.*: 2005. Soil Fragment size distribution and compactive effort effects on maize root seedling elongation in moist soil. *Crop Science*, 45, pp. 1417–1426.
39. *Ding, Y.*: 2018. Control system of motor-driving maize precision planter based on GPS speed measurement. *Trans. Chinese Soc. Agric., Mach.*, pp. 22-25.
40. *Drury, C. F.- Tan, T. W.- Welacky, T. O.- Oloya, A. S.*: 1999. Red clover and tillage influence on soil temperature, water content, and corn emergence. *Agronomy Journal*, 91, pp. 101–108.
41. *Du, Q.- Chang, N.B.- Yang, C.- Srilakshmi, K.R.*: 2008. Combination of multispectral remote sensing, variable rate technology and environmental modeling for citrus pest management. *J. Environ. Manag.* 86(1), pp.14–26.
42. *Duncan, W. G.*: 1984. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. *Crop Science*. 24. 6: 1141-1145.
43. *Duncan, W. G.*: 1975. Maize. [In. *Evans, L.T. (ed). Crop physiology.*] Cambridge University Press. Cambridge, pp. 23-50
44. *Dursun, M.-Yurtseven, H.- Inan, H. I.- Kucuk, O.*: 2017. Monitoring land cover changes using unmanned aerial vehicle (UAV) imagery in agricultural areas. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 4(2), pp. 75-84.
45. *Dwyer, L. M.-Stewart, L.- Carrigan, B. L.- Ma, P.*: 1999. Guidelines for comparisons among different maize maturity rating systems. *Agronomy Journal*, 91, pp. 946–949.
46. *Edmeades, G.O.- Daynard, T.B.*: 1979. The development of plant to-plant variability in maize at different planting densities. *Can. J.Plant Sci.* 59, pp. 561–576.
47. *Evans, L. T.-Fischer, R. A.*: 1999. Yield potential: Its definition, measurement, and significance. *Crop Science*, 39, pp. 1544–1551.
48. Európai Bizottság 2023. Brüsszel.  
[https://agridata.ec.europa.eu/Reports/Cereals\\_Dashboard.pdf](https://agridata.ec.europa.eu/Reports/Cereals_Dashboard.pdf)
49. *Fenner, M.*: 1992. Environmental influences on seed size and composition. *Hort. Rev.* 13, pp. 183-213.
50. *Ferreras, L.A.- Costa, J.L.*: 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern “Pampas” of Argentina. *Soil Tillage Res.*, 54, pp. 31–39.
51. *Ford, J. H.- Hicks, D.R.*: 1992. Corn growth and yield in uneven emerging stands. *Journal of Production Agriculture*, 5, pp. 185–188.

52. *FU, F.F.- Peng, Y.S.- Wang, G.B.- EL-kassaby, Y.A.- Cao, F.L.*: 2021. Integrative analysis of the metabolome and transcriptome reveals seed germination mechanism in *Punica granatum* L. *J. Integr. Agric.*, 20, pp. 132–146.
53. *Fulton, J.- Mullenix, D.- Brooke, A.*: 2011. Automatic section control (ASC) technology for planters. *Precis. Agric. Ser. Timely Info.* September:1-4.
54. *Fulton, J.P.- Shearer, S.A.- Higgins, S.F.- Hancock, D.W.- Stombaugh, T.S.*: 2005. Distribution pattern variability of granular VRT applicator. *Trans. ASAE*, 48(6), pp. 53–64.
55. *Galiano-Carneiro, A. L.-Kessel, B.-Presterl, B.- Miedaner, T.*: 2021. Intercontinental trials reveal stable QTL for northern corn leaf blight resistance in Europe and in Brazil. *Theoretical and Applied Genetics*, 134, 63–79.
56. *Gao, W. - Whalley, R.- Tian, Z.*: 2016. A simple model to predict soil penetrometer resistance as a function of density, drying and depth in the field. *Soil and Tillage Research*, Volume 155, pp. 190-198.
57. *Garner, E.- Friestad, M. E- Mariman, N. A.- Rylander, D. J.- Thiemke, D. R.*: 2013. Seeding machine with seed delivers system. United States Patent: US 2013/0036956
58. *Gebresenbet, G.- Jonnson, H.*: 1992. Performance of seed drill coulters in relation to speed, depth and rake angles. *J. Agric. Engng. Res.*, 52, pp. 121-145.
59. *Gil, E.- Carnasa, R.*: 1996. Working quality of spacing drills, effects of sowing speed and type of seed. *International Conference on Agricultural Engineering*, pp. 57-58.
60. *Gong, M.- Chen, B.O.- Li, Z.G.- Guo, L.H.*: 2001. Heat-shock-induced cross adaptation to heat, chilling, drought and salt stress in maize seedlings and involvement of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *J. Plant Physiol*, pp. 1125–1130.
61. *Gowda, P.H.- Howell, S.R.- Evett, J.L.*: 2008. Remote sensing of contrasting tillage practices in the Texas Panhandle. *International Journal of Remote Sensing*. 29(12), pp. 3477-3487.
62. *Grassbaugh, E. M.- Bennett, M. A.*: 1998. Factors affecting vegetable stand establishment. *Scientia Agricola*, 55(spe), pp. 116-120.
63. *Gratton, J.- Chen, Y.- Tessier, S.*: 2003. Design of a spring-loaded downforce system for a no-till seed opener. *Canadian Biosystems Engineering*, 45, pp. 2-29.
64. *Graven, L. M.- Carter, P.R.*: 1991. Seed quality effect on corn performance under conventional and no-tillage systems. *J. Prod. Agric.*, 4 (3), pp. 366.

65. *Gregory, J.M.*: 1982. Soil cover prediction with various amounts and types of crop residue. *Trans. ASAE* 25, pp. 1333–1337.
66. *Győrffy, B.*: - *I'sdó, I.* - *Boloni I.*: 1965. Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
67. *Győrffy, B.*: 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények*, 35. 1-3, pp. 239-266
68. *Hakansson, I.*: 1988. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil Till. Res*, 11, pp. 239-282.
69. *Halderson, J. L.*: 1983. Planter selection accuracy for edible beans. *TransASAE*, 26, (2), pp. 367-371.
70. *Hammel, J.E.*: 1989. Long-term tillage and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in northern Idaho. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53, pp. 1515–1519.
71. *Hanna, H.M.-Steward, B.L.*: 2010. Soil loading effects of planter depth-gauge wheels on early corn growth. *Applied Engineering in Agriculture*, 26(4), pp. 551-556.
72. *Hatfield, J.L.- Prueger, J.H.*: 2010. Value of using different vegetative indices to quantify agricultural crop characteristics at different growth stages under varying management practices. *Remote Sens.*, 2, pp. 562–578.
73. *Hayes, W. A.*: 1985. Conservation tillage systems and equipment requirements. In: *Systems Approach to Conservation Tillage*. F. M. D'Itri (Editor) Lewis Pub., pp. 21-40.
74. *Heimovaara, T. J.*: 1993. A dielectric method for monitoring soil moisture content. *Water Resources Research*, 29(3), pp. 939-947.
75. *Heyns Asher, C. J.*: 1987. Crop nutrition during the establishment phase: role of seed reserves. In: I. M Wood, W. H. Hazard and F. R. From (Editors), *Crop Establishment Problems in Queensland: Recognition, Research and Resolutions*. Occas. Publ. No., 34, pp. 88-106.
76. *Hillel, D.*: 1998. *Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations*. Academic Press, London.
77. *Hobbs, P.R.*: 2007. Conservation Agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production. *Journal of Agricultural Science – Cambridge*, 145 (2), pp. 127- 137.

78. *Huzsvai, L.- Rátónyi, T.- Megyes, A.- Sulyok, D.*: 2005. The effect of reduced tillage methods on physical characteristics of the soil and organic matter cycles. *Cereal research communications*, 33, pp. 399-402.
79. *Iacomi, C.*: 2015. A new concept for seed precision planting agric. *Agric. Sci. Proc.*, 12, pp. 24-28
80. *Imholte, A. A.-Carter, P.P.*: 1987. Planting date and tillage effects on corn following corn. *Agronomy Journal*, 79, pp. 746–751.
81. *Itroutwar, P.D.- Kasivelu, G.- Raguraman, V.- Malaichamy, K.- Sevathapandian, S.K.*: 2020. Effects of biogenic zinc oxide nanoparticles on seed germination and seedling vigor of maize (*Zea mays*). *Biocatal. Agric. Biotechnol*, 29, pp. 101778.
82. *Jones, J.W.- Antle, J.M.- Basso, B.- Boote, K.J.- Conant, R.T.*: 2017. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: state of agricultural systems science. *Agric. Syst.*, 155, pp. 269–288.
83. *Kádár, I. - Elek, E.*: 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MEM NAK. Budapest.
84. *Karayel, D.- Özmerzi, A.*: 2008. Evaluation of three depth-control components on seed placement accuracy and emergence for a precision planter. *Appl. Eng. Agric*, 24 (3), pp. 271–276.
85. *Karayel, D.- Šarauskis, E.*: 2011. Effect of downforce on the performance of no-till disc furrow openers for clay-loam and loamy soils. 43(3), pp. 16–24.
86. *Kennett, D. J.-Prufer, K. M.-Culleton, B. J.-George, R. J.-Robinson, M.- Trask, W. R.- Buckley, G. M.-Moes, E.-Kate, E. J.-Harper, T. K.-O'Donnell, L.-Ray, E. E.- Hill, E. C.- Alsgaard, A.*: 2020. Early isotopic evidence for maize as a staple grain in the Americas. *Science Advances*, 6, eaba3245.
87. *Khaeim, H.-Kende, Z.-Jolánkai, M.-Péter, G.-Gyuricza, Cs.*: 2022. Impact of Temperature and Water on Seed Germination and Seedling Growth of Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 12(2), pp. 397.
88. *Kiss E.*: 2010. A kukoricatermesztés jelentősége es a biológiai alapok szerepe. [In: *Pepo P. (szerk.) 2010. Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben.*] Debrecen, pp. 112-120.
89. *Kiss, E.*: 2012. A kukorica fejlődési fázisai - környezeti, agrotechnikai igények, es a beavatkozások lehetőségei. *Agronapló*. 16. 2, pp. 29-32.
90. *Knappenberger, T.- Koller, K.*: 2012. Spatial assessment of the correlation of seeding depth with emergence and yield of corn. *Precision Agriculture*, 13, pp. 163–180.

91. *Kocher, M.F.- Coleman, J. M.- Smith, J. A.- Kachman, S. D.*: Corn seed spacing uniformity affected by seed tube condition. Transactions of the ASABE, 27(2), pp. 177-183.
92. *Kocsis, I.-Daróczy, S.- Czinkoczki, M.- Nagy, J.*: 1992.: Nedvességmérős penetrométer gyepen. In: Természetes állattartás. 2. Tudományos és termelési tanácskozás. (Szerk: Vinceffy, I.) Debrecen, pp. 75-84.
93. *Kok, H.- Taylor, R.K.-Lamond, R.E.*: 1996. Soil compaction problems and solutions. Kansas State University. Crops and Soils, 4-6 MS, pp.7-96.
94. *Koornneef, M.- Bentsink, L.- Hilhorst, H.*: 2002. Seed Dormancy and Germination. Curr. Opin. Plant Biol., 5, pp. 33–36.
95. *Kovács, I.*: 1958. A kukorica hidegtűrő képességének vizsgálata, különös tekintettel az optimalis vetesidő megállapítására. Akademia Kiado, Budapest, pp. 189-204.
96. *Krall, J.M.- Esechie, H.A.-Raney,R.J.*: 1977. Influence of within-row variability in plant spacing on corn grain yield. Agron. J., 69, pp.797–799.
97. KSH 2023 [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0072.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0072.html)
98. KSH 2023 [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0098.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0098.html)
99. *Kutilek, M.- Nielsen, D.R.*: 1994. Soil Hydrology. Catena Verlag, Germany.
100. *Láng G.*: 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
101. *Lauer, J.G.*: 2001. Theoretical and experimental evaluation of within row plant spacing in corn. In Annual Meetings Abstracts.
102. *Lauer, J.G.-Carter, T.M.- Wood, G.- Diezel, D.W. -Wiersma, R.E.*: 1999. Corn hybrid response to planting date in the northern corn belt. Agronomy Journal, 91(5), pp. 834-839.
103. *Lawles, K.- Raun, W. - Desta, K. - Freeman, K.*: 2012. Effect of delayed emergence on corn grain yields. J. Plant Nutrit, 35 (3), pp. 480–496.
104. *Liaghat, S.- Balasundram, S.K.*: 2010. A review: the role of remote sensing in precision agriculture. Am. J. Agric.Biol. Sci., 5(1), pp. 50–55.
105. *Licht, M.A.- Al-Kaisi, M.*: 2005. Strip-tillage effect on seedbed soil temperatura and other soil physical properties. Soil Tillage Res., 80, pp. 233–249.
106. *Lithourgidis, A. S.-Tsatsarclis, C.A. -Dhima, K.V.*: 2005. Tillage effects on corn emergence, silage yield and labor and fuel inputs in double cropping with wheat. Crop Science, 45, pp. 2523–2529.
107. *Liu, L. J.- Yang, H.*: 2015. 3D reverse engineering design on seed tube based on Geomagic Design software. Transactions of the CSAE, 31(11), pp. 40-45.

108. *Liu, W. - Tollenaar, M.- Stewart, G.-Deen, W.:* 2004. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. *Agron. J.*, 96 (6), pp. 1668–1672.
109. *Liu, W.-Tollenaar, M.- Stewart, G.-Deen, W.:* 2004. Within-row plant spacing variability does not affect corn yield. *Agron. J.*, 96, pp. 275–280.
110. *Lowenberg-DeBoer, J.:* 2015. The precision agriculture revolution: making the modern farmer. *Foreign Aff*, 94(3), pp. 105–121.
111. *Maiti, R. K.- Carrillo-Gutierrez, M.:* 1989. Effect of planting depth on seedling emergence and vigour in sorghum. *Seed Sci. & Technol.*, 17, pp. 83-90.
112. *Martin, K. L.-Hodgen, K.W.- Freeman, R.:* 2005. Plant-to-plant variability in corn production. *Agronomy Journal*, 97, pp. 1603-1611.
113. *Martín-Retortillo, M.- Pinilla, V.:* 2015. On the causes of economic growth in Europe: Why did agricultural labour productivity not converge between 1950 and 2005? *Cliometrica*, 9(3), pp. 59–96.
114. *Masubelele, N.H.- Dewitte, W.- Menges, M.- Maughan, S.- Collins, C.- Huntley, R.- Nieuwland, J.- Scofield, S.- Murray, J.A.H.:* 2005. D-type cyclins activate division in the root apex to promote seed germination in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 102, pp. 15694–15699.
115. *McLeod, J. G.- Dyck, F B.- Campbell, C. A.:* 1992. Evaluation of four zero-tillage drills equipped with different row openers for seeding winter wheat in the semi-arid prairies. *Soil & Tillage Research*, 25, pp. 1-16.
116. *Mead, J. A.- Palmer, A. L.:* 1992. Effect of seedbed condition on sowing point performance. *Soil & Tillage Research*, 22, pp. 13-25.
117. *Miller, E.A.- Rascon, J.- Koller, A.- Porter, W.- Taylor, R.:* 2012. Evaluation of corn seed vacuum metering systems. *American Society of Agricultural and Biological Engineer*, 45-3, pp 56-59.
118. *Morrison, J.- Jhon, E.:* 1989. Factors affecting plant establishment with a no-tillage planteropener. *Appl. Eng. Agric*, 5 (3), pp. 316–318.
119. *Mueller, D. S., Wise, K. A., Sisson, A. J., Allen, T. W., Bergstrom, G. C., Bissonnette, K. M.:* 2020. Corn yield loss estimates due to diseases in the United States and Ontario, Canada, from 2016 to 2019. *Plant Health Progress*, 21, 238–247.
120. *Muldoon, J.F.-Daynard, T.:* 1981. Effects of within-row plant uniformity on grain yield of maize. *Can. J. Plant Sci.*, 61, pp. 887–894.

121. *Murray, D. H. A.- Dodman R. L.*: 1987. Biotic factors in field crop establishment in Queensland with particular reference to insects, diseases and weeds. In: I. M. Wood, W. H. Hazard and F. R. From (Editors), *Crop Establishment Problems in Queensland: Recognition, Research and Resolutions*. Occas. Publ. No. 34, pp. 23-41
122. *Mursec, B.- Vindis, P.- Janzekovic, M.- Brus, C. F.*: 2008. Testing of quality of sowing by pneumatic sowing machines. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 26(1), pp. 81-88.
123. *Nafziger, E.D.- Carter, P.- Graham, E.*: 1991. Response of corn to uneven emergence. *Crop Sci.*, 31, pp. 811–815.
124. *Nagler, P.L.- Daughtry, C.S.T.- Goward, S.N.*: 2000. Plant litter and soil reflectance. *Remote Sens. Environ*, 71, pp. 207–215.
125. *Nagy J. - Megyes A.*: 2009. A kukoricatermesztes kritikus agrotechnikai elemei. *Agroforum Extra*. 32. 36-40.
126. *Nagy J. – Sárvári M.*: 2005. Gabonafélék [In: Antal J. szerk. *Növénytermesztéstan 1.*] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 301–328.
127. *Nagy J.*: 2007. *Kukoricatermesztes*. Akademia Kiado. Budapest. 393.
128. *Nagy J.*: 2012. *Versenyképes kukoricatermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
129. *Nagy J.*: 2021. *Kukorica a Nemzet Aranya – Élelmiszer, takarmány, bioenergia*. Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Budapest 321.
130. *Nagy, J. - Széles, A.*: 2018. The scientific background of competitive maize production. *Acta Agraria Debreceniensis*, pp. 33-46.
131. *Nagy, J.*: 1995. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*. 44(3), pp. 251-260.
132. *Nagy, J.*: 2006. A debreceni kukorica tartamkísérletek eredményei [In: Nagy J. – Dobos A. *Környezetkímélő növénytermesztés – minőségi termelés.*] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. Pp. 7–47.
133. *Nagy, J.*: 2006b. Az evjarat hatasanak ertekelese a kukorica termesere. *Novenytermeles*. 55. 5-6: 299-308.
134. *Nagy, J.*: 2009. A vetesido hatasa a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termeshozamara es minosegere. *Novenytermeles*. 58. 2: 85-105.
135. *Nagy, J.*:2007b: *Kukoricatermesztés*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 42–276.

136. *Narwal, S. S.- Poonia, S.- Singh, G.- Malik, D. S.*: 1986. Influence of sowing dates on the growing degree days and phenology of winter maize (*Zea mays* L.). *Agricultural and Forest Meteorology*, 38, pp. 47–57
137. *Nastasic, A. - Jockovic, D. - Ivanovic, M. - Stojakovic, M. - Bocanski, J. - Dalovic, I. - Sreckov, Z.*: 2010. Genetic relationship between yield and yield components of maize. *Genetika (Serbia)* 42. 3, pp. 529-534
138. *Nawar, S.- Corstanje, R.- Halcro, G.- Mulla, D.- Mouazen, A.M.*: 2017. Delineation of soil management zones for variable-rate fertilization: a review. *Adv. Agron.* 143, pp. 175–245.
139. *Nielsen, R. L.*: 2015. Requirements for uniform germination and emergence of corn. *Agronomy Department, Purdue University, Issue 5*, pp. 47907–52054.
140. *Norris Norman, M.- Schirmer, I.-Hancock, N.H.*: 1992. The development of electronic moisture tracking for automatic depth control of planting depth. *Proc. Conf. on Agric. Eng.*, 92/11, pp. 115--119.
141. *Oláh J.-Papp J.*: 2018. A kukoricatermesztés kilátásai. *Magyar Mezőgazdaság.* 69(3), pp. 89-92
142. *Payton, D. M.- Hyde, G. M.*: 1985. Equipment and methods for no-tillage wheat planting. *Trans. ASAE.* 28, (5), pp. 1419-1423.
143. *Pedro, H- Neto, W.- Justino, A. -Namur Rodrigo, T.- Domingues, J. -Garcia, L. C.*: 2012. Comparison of metering mechanisms of corn seed. *Eng. Agric.*, 32(5), pp. 981-988
144. *Pepó, P.*: 2005. A globális klímaváltozás hatásai és válasza a Tiszántúl szántóföldi növénytermelésében. „Agro-21” Füzetek. 41: 59–65.
145. *Pepó, P.*: 2019. A világ és a hazai kukoricatermesztés hatalmas változásokon ment keresztül az elmúlt két évtizedben. *Agrofórum*, 11, pp. 86-92.
146. *Pető, K. – Ruzsányi, L. – Sárvári, M.*: 1991. Növénytermesztési Füzetek 3. – Kukorica, cirok. Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Növénytermesztéstani Tanszék. Debrecen.
147. *Pierce, F.J.- Nowak, P.*: 1999. Aspects of precision agriculture. *Adv. Agron.* 67, pp. 1–85.
148. *Pintér, J.-Bódi. Z.-Hajdu A.-Jóri, J.I.*: 2019. Hogy teremjen többet?! – szót kapnak a technológusok. *Agro Napló*, 01, pp. 39–41.
149. *Pittelkow, C.M.- Linguist, B.A.- Lundy, M.E.- Liang, X.*: 2015. When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crop. Res.*, 183, pp. 156–168.

150. *Porter, J. R.-Challinor, A. J.-Henriksen, C. B.- Howden, S. M., Martre, P.-Smith, P.*: 2019. Invited review: Intergovernmental Panel on Climate Change, agriculture, and food – A case of shifting cultivation and history. *Global Change Biology*, 25, 2518–2529.
151. *Poudel, R.- Finnie, S.- Rose, D.J.*: 2019. Effects of wheat kernel germination time and drying temperature on compositional and end-use properties of the resulting whole wheat flour. *J. Cereal Sci.*, 86, pp. 33–40.
152. *Prerna, D.I.- Govindaraju, K.- Tamilselvan, S.- Kannan, M.- Vasantharaja, R.- Chaturvedi, S.- Shkolnik, D.*: 2021. Influence of nanoscale micro-nutrient  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on seed germination, seedling growth, translocation, physiological effects and yield of rice (*Oryza sativa*) and maize (*Zea mays*). *Plant Physiol. Biochem*, pp. 564–580.
153. *Radford, B. J.- Nielsen, R.G.H.*: 1985. Comparison of a press wheel, seed soaking and water injection as aids to sorghum and sunflower establishment in Queensland. *Aust. J. Exp. Agric.*, 25, pp. 656-664.
154. *Radford, B. J.*: 1983. Seed soaking. *Agdex No 102/23.*, pp. 41-48.
155. *Radics L.*: 2008 *Növénytermesztő mester könyve Szaktudás Kiadó Ház.* 86-87.
156. *Raghavan, G.S.V.- Mckyes, E.- Gendron, G.- Borglum, B.H.*: 1978. Effects of soil compaction on development and yield of corn (maize). *Can. J. Plant Sci.*, 58 (2), pp. 435–443.
157. *Rainbow, R. W.- Slattery, M. G.*: 1992. Effects of seeder design specification on emergence and early growth of wheat. *Proc. Conf. on Agric. Eng., Albury. I. E. Aust. Nat. Conf. Publ. No. 92/11*, pp.13-20.
158. *Rasmussen, P.E.- Rohde, C.R.*: 1988. Long-term tillage and nitrogen fertilization effects on organic N and C in a semi-arid soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, pp. 596–600.
159. *Rátonyi, T.- Megyes, A.- Sulyok, D.*: 2006. A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. In: Nagy, J; Dobos, A (szerk.) *Környezetkímélő növénytermesztés, minőségi termelés : Agrártudomány, agrár geo-információs rendszer*, Debrecen, pp. 130-141.
160. *Rátonyi, T.- Fehér, P.- Veres Sz.- Harsányi E.*: 2015. Influences of soil tillage and fertilization on leaf photosynthetic characteristics of maize (*Zea mays* L.) in a long term experiment. *Növénytermelés*, 64, pp. 173-181.

161. *Rátonyi, T.*: 1999. A talaj fizikai állapotának vizsgálata talajművelési tartamkísérletekben. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen.
162. *Rátonyi, T.- Ferencsik, S.- Sulyok, D.- Hagymássy, Z.- Harsányi, E.*: 2015. Conventional and conservation tillage effects on soil conditions and yield of maize. *Növénytermelés*. 64, pp. 27-30.
163. *Rátonyi, T.-Huzsvai, L.-Nagy, J.-Megyes. A.*: 2005. A művelés és az agronómiai szerkezet összefüggései a kukorica talajelőkészítése során. *Gyakorlati Agrofórum*. Extra 10, pp. 27-30.
164. *Rátonyi, T.-Huzsvai, L.-Nagy, J.-Megyes. A.*: 2005. Evaluation of soil tillage systems in maize production. *Acta Agraria Debreceniensis*, 53, pp. 53-55.
165. *Rátonyi, T.-Ragán, P.- Nagy, J.- Széles, A.*: 2020. A kukorica talajművelési rendszereinek összehasonlító értékelése szántóföldi tartamkísérlet eredményeinek felhasználásával. *Gyakorlati Agrofórum*.4, pp. 24-27.
166. *Rizzardi, M.A.- Luiz, A.R.- Roman, E.S.- Vargas, L.*: 2009. Temperatura cardeal e potencial hídrico na germinação de sementes de corda-de-viola (*Ipomoea triloba*). *Planta Daninha*, 27, pp. 13–21.
167. *Robertson, M.J.-Llewellyn, R.S.-Mandel, R.-Lawes, R.- Bramley, R.G.V.*: 2012. Adoption of variable rate fertiliser application in the Australian grains industry: status, issues and prospects. *Precis. Agric.* 13(2), pp. 181–199.
168. *Roldán, J.J.- del Cerro, J.- Garzón-Ramos, D.- Garcia-Aunon, P.*: 2018. Robots in agriculture: state of art and practical experiences. In *Service Robots*, ed. AJR Neves. London: InTechOpen, pp 25-23.
169. *Sárvári, M.*: 1995. A tőszám szerepe a fajtaspecifikus kukorica-termesztési technológiában. *Növénytermelés*. 44. 3: 261-270.
170. *Schaaf, D. E.- Hann, S.A.*: 1981. Performance evaluation on furrow openers cutting coulters and press wheels for seed drills. In: *Crop Production with Conservation in the 80's*. ASAE Publ. No. 7/81, pp. 76-84.
171. *Scott, J. M.*: 1989. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. *Adv. Agron.*, 42, pp. 43-83.
172. *Searle, C. L- Kocher, M. F- Smith, J. A- Blankenship, E, E.*: 2008. Field slope effects on uniformity of corn seed spacing for three precision planter metering systems. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 24(5), pp. 581-586.

173. *Sehy, U.- Ruser, R.- Munch, J.C.*: 2003. Nitrous oxide fluxes from maize fields: relationship to yield, site-specific fertilization, and soil conditions. *Agric. Ecosyst. Environ*, 99(1–3), pp. 97–111.
174. *Serna-Saldivar S.*: 2019. *Corn Chemistry and Technology* (third edition) AACC international
175. *Sharda, A.- Fulton, J.- Badua, S.*: 2017. Planter Downforce Technology for Uniform Seeding Depth. Retrieved
176. *Shaw, R. H.*: 1977. Climatic requirement. [In: Sprague, G. F. (ed.) *Corn and corn improvement.*] Amer. Soc. Agron. Inc. Publisher. Madison, Wisc., 774.
177. *Simić, M.–Videnović, Ž.–Dolijanović, Ž.–Jug,D.–Dumanović, Ž.*: 2009. Maize growing under different tillage systems. 2nd International Scientific/Professional Conference, Agriculture in Nature and Environment Protection, Vukovar, 4th–6th June, pp. 62–67.
178. *Simionescu, P. A.*: 2002. Optimum synthesis of the four-bar function generator in its symmetric embodiment: the Ackermann steering linkage. *Mech. Mach. Theory.*, 54-2, pp. 35-38.
179. *Sims, A. L.- Schepers, J. S.- Oldon, R. A.- Power, J. F.*: 1998. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-till and conventional till. *Agronomy Journal*, 90. 5, pp. 630–637.
180. *Sorensen, C.G. - Nielsen, V.*: 2005. Operational analyses and model comparison of machinery systems for reduced tillage. *Biosystems engineering*, 92 (2), pp. 143-155.
181. *Stelluti, M.- Maiorana, M.*: 1997. Multivariate approach to evaluate the penetrometer resistance in different tillage systems . *Soil & Tillage Research*, 46, pp. 145-151.
182. *Sulyok, D - Ferencsik S. - Rátonyi T. - Huzsvai L.*: 2010. A kukorica talajművelési rendszereinek összehasonlító elemzése csernozjom talajon, talaj-víz-növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben. (Szerk: Lehoczky ÉVa), pp. 73-77
183. *Szász G.*: 1963. Különböző termesztett növényeink állományainak evapotranszspirációs vízvesztésege. Debrecen Agrártudományi Főiskola Tudományos Közlemény 157-174.
184. *Szentpéteri, V.- Posta, K.*: 2020. Ősi mikorrhiza gombák korunk segítői. *Agrofórum Online*. 11.1, pp 83.
185. *Szieberth, D.*: 2011. A kukorica tenyészideje. *Agroforum Extra*. 22, 42, pp. 42-45.

186. *Tessier, S.- Saxton, K. E.- Papendick, R. I.*: 1991. Zero-tillage furrow opener effects on seed environment and wheat emergence. *Soil & Tillage Research*, 21, pp. 347-360.
187. *Thoma, D.P.- Gupta, S.C.- Bauer, M.E.*: 2004. Evaluation of optical remote sensing models for crop residue cover assessment. *J. Soil Water Conserv.*, 59, pp. 224–233.
188. *Trouse, A. C.*: 1971. Soil conditions as they affect plant establishment, root development and yield. In: *Compaction of agricultural soils*. Szerk: Barnes, K.K., ASAE monograph, pp. 241-276.
189. *Unger Heinonen, R.*: 1985. 'Soil management and crop water supply'. (4th Edition), Dept. Soil Sc. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
190. USDA 2023.  
[https://ipad.fas.usda.gov/rssiws/al/crop\\_production\\_maps/Europe/EU\\_Corn.png](https://ipad.fas.usda.gov/rssiws/al/crop_production_maps/Europe/EU_Corn.png)
191. *Vad, A. - Zsombik, L. - Szabó, A. - Pepo, P.*: 2007. Critical crop management factors in sustainable maize (*Zea mays* L.) production. *Cereal Research Communications*, 35(2), pp. 1253-1256.
192. *Van Evert, F.K.- Gaitán-Cremaschi, D.- Fountas, S.- Kempenaar, C.*: 2017. Can precision agriculture increase the profitability and sustainability of the production of potatoes and olives? *Sustainability*, 9(10), pp. 1863.
193. *Vanderlip, R.L.- Okonkwo, J.*: 1988. Corn response to precision of within-row plant spacing. *Appl. Agric., Res.*3, pp. 116–119.
194. *Várallyay, Gy. - Németh, T.*: 1996: A fenntartható mezőgazdaság talajtani-agrokémiai alapjai. MTA Agrártudományok Osztályának tájékoztatója. Akadémiai Kiadó. Budapest, pp. 80-92.
195. *Varga-Haszonits, Z.- Varga, Z.- Lantos, Zs., Enzsölné, G. E.*: 2006. Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. Nyugat-Magyarországi Egyetem MÉK, Mosonmagyaróvár.
196. *Velandia, M.*: 2013. The economics of automatic section control technology for planters: a case study of middle and west tennessee farms *Comput. Electron. Agric.*, pp.12-14.
197. *Walter, A.- Khanna, R.- Lottes, P.- Stachniss, C.- Siegwart, R.*: 2018. Flourish: a robotic approach for automation in crop management. Paper presented at the 14th International Conference on Precision Agriculture, Montreal

198. *Ward, L.- Norris, C. P.:* 1991. Component interactions in zero till planters for heavy clay soils of southern Queensland. *Soil & tillage Res*, 20, pp. 19-32.
199. *Weatherly Gramshaw, G. M.- McKeon, G. M.- Clem, R. L.:* 1993. Tropical Pasture Establishment. 1. A systems perspective of establishment illustrated by oversowing in the sub-tropics. *Tropical Grasslands*, 27, pp. 261-275.
200. *Wheeler, T. R.- Craufurd, P. Q.- Ellis, R. H.- Porter, J. R.- Vara Prasad, P.:* 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *Agricultural Ecosystems and Environment*. 82, pp. 159–167.
201. *Wienhold, B. J.-Trooien, T.P.:* 1995. Yield and nitrogen use efficiency of irrigated corn in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 87, pp. 842–846.
202. *Wilkins Martin, R. J.- Felton, W.:* 1983. No-tillage crop production in northern N.S.W. Proceedings of the project team meeting, Agricultural Research Centre, Tamworth, pp. 152-171.
203. *Wilkins, D. E.- Allmaras, R. R.- Muilenburg, G. A.:* 1981. Effect of grain drill opener on wheat emergence. ASAE Paper No. 81-1021.
204. *Woltz, J. M.- TeKrony, D.M.:* 1988. Corn Cold Test Germination as Influenced by Soil Moisture, Temperature, and Pathogens. *Seed Technology*, Vol. 20, No. 1, pp. 56-70
205. *Wrobel, V.:* 1977. Micro computer-controlled seeder. *Computer Design*, 6(16), pp. 184-186.
206. *Yang, L.- He, X.- Cui, T.- Zhang, D. X. - Zhang, R. -Wang, M. T.:* 2015. Development of mechatronic driving system for seed meters equipped on conventional precision corn planter. *Int Agri & Biol Eng*, 8(4), pp. 1–9.
207. *Zahra, k.- Mohammad, H. R.-, Maryam, D.- Jafari, A.- Seyed, A. K.- Nazemossadat, M.:* 2020. Feasibility of satellite and drone images for monitoring soil residue cover. *Journal of the Saudi Society of Agricultural. Volume 19, Issue 1, Sciences*, pp. 56-64.
208. *Zhang, C.- Kovacs, J.M.:* 2012. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precis. Agric.* 13(6), pp. 693–712.
209. *Zulin, Z.- Upadhyaya, S. K.- Shafii, S.:* 1991. A hydropneumatic seeder for primed seeds. *Trans. ASAE.* 34(1), pp. 21-26.

## 12. PUBLIKÁCIÓS LISTA



**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/390/2024.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Sojnóczki István  
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10073908

### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (12)

1. **Sojnóczki, I.,** Nagy, J., Kecskés, I.: A kukorica (*Zea mays* L.) kelési dinamikának a termésre gyakorolt hatása.  
*Növénytermelés.* 72 (4), 97-112, 2023. ISSN: 0546-8191.
2. **Sojnóczki, I.:** Jó receptek a rossz termés eléréséhez, melyet ne tartsunk be!  
*Agroforum.* 34 (3), 86-87, 2023. ISSN: 1788-5884.
3. Kecskés, I., Nagy, A., **Sojnóczki, I.,** Nagy, J.: Különböző talajművelési rendszerek hatása eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésparamétereire, fehérje-, szénhidrát- és olajtartalmára.  
*Növénytermelés.* 72 (2), 37-57, 2023. ISSN: 0546-8191.
4. **Sojnóczki, I.,** Nagy, J.: Talajművelési rendszerekre adaptált precíziós kukorica (*Zea mays* L.) vetési rendszerek hatásai a kukorica kelési dinamikájára.  
*Növénytermelés.* 72 (1), 85-106, 2023. ISSN: 0546-8191.
5. **Sojnóczki, I.,** Riczu, P.: A precíziós vetés és ami mögötte van.  
*Precíziós Gazdálkodás Interaktív Magazin.* 2 (1), 16-17, 2022. ISSN: 2732-2602.
6. **Sojnóczki, I.:** Kukoricaszemtől a termésig - hogyan hat a kukorica kelési dinamikája a termésre?  
*Agroforum.* 33 (3), 102-103, 2022. ISSN: 1788-5884.
7. **Sojnóczki, I.,** Riczu, P.: A precíziós vetés és ami mögötte van.  
*Magyar Mezőgazd.* 11 (76), 22-23, 2021. ISSN: 0025-018X.
8. **Sojnóczki, I.,** Riczu, P.: A precíziós vetés ismérvei.  
*Magyar Mezőgazd.* 75 (20), 16-17, 2020. ISSN: 0025-018X.
9. **Sojnóczki, I.:** Növényvédelem precíziós szemléletben.  
*Magyar Mezőgazd.* 75 (23), 16-17, 2020. ISSN: 0025-018X.
10. **Sojnóczki, I.:** Sorközművelés: nemcsak precízen, hanem precíziósan.  
*Magyar Mezőgazd.* 75 (21), 34-35, 2020. ISSN: 0025-018X.
11. **Sojnóczki, I.:** Sűrű sorban vetve, mégis pontosan.  
*Magyar Mezőgazd.* 75 (33), 30, 2020. ISSN: 0025-018X.





12. **Sojnóczki, I., Riczu, P.:** A precíziós vetés ismérvei.  
*Agroforum. 30, 148-149, 2019. ISSN: 1788-5884.*

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

13. **Sojnóczki, I., Nagy, J., Kecskés, I.:** Impact of tillage systems on maize emergence.  
*Agrártud. Közl. 2023 (2), 129-136, 2023. ISSN: 1587-1282.*  
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/2/13223>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

14. **Sojnóczki, I., Nagy, J., Illés, Á., Kecskés, I., Bojtor, C.:** Comparative Analysis of Drought Effects on the Soil Moisture Level and Penetration Resistance in Conventional and Non-Conventional Tillage Systems in Maize Production.  
*Agriculture-Basel. 14 (7), 1-16, 2024. EISSN: 2077-0472.*  
DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14071000>  
IF: 3.3 (2023)

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

15. **Sojnóczki, I., Nagy, J., Bojtor, C., Illés, Á., Széles, A.:** Effect of different conventional and non-conventional tillage systems on the soil moisture content.  
In: *Alternatives to Reduce Soil Degradation : Books of abstracts.* Ed.: by Zsófia Bakacsi, Ágota Horel, János Mészáros, Márk Rékási, Tünde Takács, Institute for Soil Sciences, HUN-REN Centre for Agricultural Research, Budapest, 23, 2024.
16. **Sojnóczki, I.:** Technical and cultivation technology research and development of precision crop cultivation on the subject of corn planting.  
In: *20th Wellmann International Scientific Conference : Book of Abstracts.* Eds.: Ingrid Gyalai, Szilárd Czóbel, University of Szeged Faculty of Agriculture, Hódmezővásárhely, 39, 2023.
17. **Sojnóczki, I.:** Effect of precision maize planting for crop growing and yield.  
In: *Wellmann International Scientific Conference : Book of Abstracts.* Ed.: Orsolya Kiss, University of Szeged, Hódmezővásárhely, 80, 2022. ISBN: 29789633068601





### További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

18. Hadászi, L., Illés, Á., Bojtor, C., **Sojnóczki, I.**, Nagy, J.: A kukorica hibridek smart paramétereinek elemzése = Analysing the smart parameters of maize hybrids.  
Növénytermelés. 72 (2), 21-36, 2023. ISSN: 0546-8191.

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

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):  
3,3**

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

Debrecen, 2024.07.02.



### **13. NYILATKOZATOK**

#### **1. NYILATKOZAT**

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálman Növénytermesztési es Kertészeti Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2024.07.03

a jelölt aláírása

#### **2. NYILATKOZAT**

Tanúsítom, hogy **Sojnóczki István** doktorjelölt 2020. február 01. - 2024. január 31. között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányítással végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2024.07.03

a témavezető aláírása

