

**Doktori (PhD) értekezés tézisei**

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

Sojnóczki István

Témavezető: Prof. Dr. Nagy János



**DEBRECENI EGYETEM**  
Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Debrecen, 2024

## 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 kukoricatermesztés 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 hosszútávon, 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 kukoricatermelőnek 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, talajszerkezet degradációval és nedvesség veszteséssel járó talajbiológiai életet 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 és kezdeti fejlődéshez optimális talajszerkezet.

A vetés során nem szabad megfeledkezni egy fontos és minden kukoricatermesztő 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:

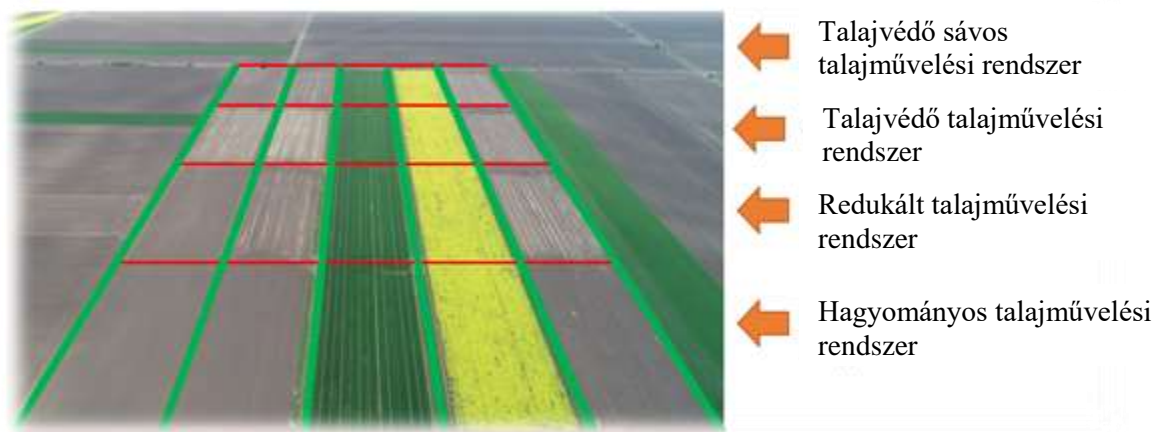
- Kutatómunkámban célul tűztem ki, hogy a kukoricatermesztés során alkalmazható négyféle talajművelési rendszert hasonlítsak össze. Ezen belül azon paraméterek vizsgálata, melyek meghatározóak lehetnek a vetés, a kelés és az állomány homogén fejlődése érdekében. Ezek a talaj kötöttségi állapota, a talaj víztároló képessége, a szármagadvány 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.

- Céлом 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. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 1.1 Termőhely bemutatása

A kísérletet Magyarország keleti régiójában Nádudvaron (47°25'49.3"N 21°12'33.5"E) végeztem. Négy különböző talajművelési rendszer alkalmazása történik a kísérleti területen 2016 ősztől. A terület 25 ha nagyságú, melyet 5 külön parcellára osztottam és azokon különböző növényfajok termelése folyik vetésforgóban, így a vizsgálatom alapját képező kukorica is. A doktori értekezés elkészítéséhez a vizsgált időszakok a 2020, 2021, 2023-as évek voltak. A kukoricaállomány beállítása 4,5 ha nagyságú területrészen történt. A kísérleti terület további 4 részre lett osztva és ezekben a parcellákban egymástól különböző talajművelési rendszert alkalmaztam (1. ábra).



1. ábra A kísérleti helyszín elrendezése, Nádudvar

### 1.2 Termőhely talajművelési beállításai

Az első területrészen hagyományos forgatásra alapuló talajművelési rendszert használtam, ahol az alapművelő gép az eke, szántási mélység 30 cm, felszínen nincs visszamaradó szármadarvány. A második területrészen fogatás nélküli redukált talajművelési rendszert. Itt az alapművelő eszközök kis meredekségi szögű késsel szerelt középnyúló gépek voltak, melyek keverő hatással rendelkeznek. Jellemző rá a felszínen visszamaradó maximálisan 15%-nyi szármadarvány mennyiség.

A harmadik területrészen a talajvédő művelési rendszert alkalmaztam, mely esetében egyeneskéses talajlazítókkal dolgoztam. Ebben az esetben teljes felületet lazítottam maximálisan 30 cm mélyen. Ezután az alapművelési technológia után 30% feletti szármadarvány borítottság maradt.

A negyedik területrészen pedig a talajvédő sávos talajművelési rendszert használtam, melynek alapművelési eljárása sávos művelés volt.

### **1.3 Kísérleti vetőgép bemutatása**

A vetés során alkalmazott vetőgépet 3 különböző rendszerű vetőkocsi terhelő rendszerrel szereltem fel. Az első beállítás esetében húzórugós mechanikus rendszerrel. A második beállítás nyomórugós rendszer volt. A harmadik beállítás során a vetőgépre egy precíziós vetőkocsi beállító rendszert építettem. Ebben az esetben mérőszenzor került a vetőcsoroszlyák melletti mélységghatároló kerék állító mechanizmusába, mely minden vetőkocsi esetében külön-külön méri a talajjal történő érintkezést. A mérőrendszeren túl vezérlő és beavatkozó szerkezetet is beépítettem, mely során minden vetősorra egy hidraulikus munkahenger segítségével lehet a mért állapotnak, tehát a talaj minőségének megfelelő különböző terhelőerőt alkalmazni.

2023-ban további módosítás a vetőgépen a magárok lezáró rendszeren történt. Ekkor egyrészt a vetőgép eredeti magárok lezáró rendszerével történt a vetés. Ebben az esetben a dupla lezáró kerekek a nyitótárcsák mögött haladnak és betakarják a magárkot.

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

### **1.4 Kezelések 2020-ban és 2021-ben:**

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 terhelő erő hidraulikus automatikus állításával vetőkocsinként + mechanikus állítású lezárás.

## **1.5 Kezelések 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 terhelőerő hidraulikus automatikus állításával vetőkovácsként + mechanikus állítású lezárás.
6. Precíziós vetőkovács terhelő rendszer + Precíziós vetőkovács lezáró rendszer: változó terhelés a talajparaméterek mért eredményeire alapozott a lezáró kerekekre irányuló pneumatikus nyomómunkahenger automatikus állításával.

## **1.6 Vizsgálati módszerek**

### **1.6.1 Talajhőmérséklet 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.

### **1.6.2 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 térfogatszázalékos értéket adott eredményül a mérés során. A talaj nedvességtartalmának ismerete nélkülözhetetlen a talajjellenállás 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 a kultúrnövények még fejlődési periódusuk kezdeti szakaszában voltak, másodszor pedig augusztus közepén a biológiai érés időszakában.

Minden mérés 30 mm-t meghaladó csapadékot követő 3. napon történt, ekkor megfelelő mértékig átázott a vizsgált talajszelvény. Egyrészt az így kialakult állapot a mérőeszköz számára a legkedvezőbb talajba hatolást 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 tenyészidőszak során, illetve a következő évjáratban.

### **1.6.3 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).

#### **1.6.4 Kelési dinamika mérése**

A vetés után kelésfelvételezést végeztem. Az egyes kezelések területének homogén részén mintaterek lettek kimérve az eltérő rendszerekkel elvetett kísérleti parcellákon 4 ismétlésben randomizált formában. Minden mintatér 16 m hosszú és 4 kukoricasort foglalt magába. Ezeken a mintatereken első kikelt kukoricaegyedeket 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.

#### **1.6.5 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 rendszerenként. Az eredményt mm dimenzióban kaptam.

#### **1.6.6 NDVI 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 készítése. 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 képadatokból 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.

### **1.6.7 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 tolmérővel mértem a cső középrészének átmérőjének meghatározásával. A színek szerint elkülönített kukoricacsöveket Haldrup gyártmányú egyedi potenciálmérő géppel egyenként lemorzoltam, majd az egy csövön képződött termésparaméterek mennyiségi vizsgálatát végeztem el. Az egyedi potenciálmérő gép lemérte az egy csövön lévő szemek számát és az ezermag tömegét.

### **1.6.8 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.

### **1.6.9 Kezelt parcella termésmérése**

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.

### **1.6.10 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 normalitásvizsgálatot 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<sup>2</sup>) 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 az  $r$  értéke  $r = 0,7-0,9$ , akkor az összefüggés szoros, ha az  $r$  értéke  $r > 0,9$  erős összefüggést mutat a vizsgálat.

### 3. EREDMÉNYEK

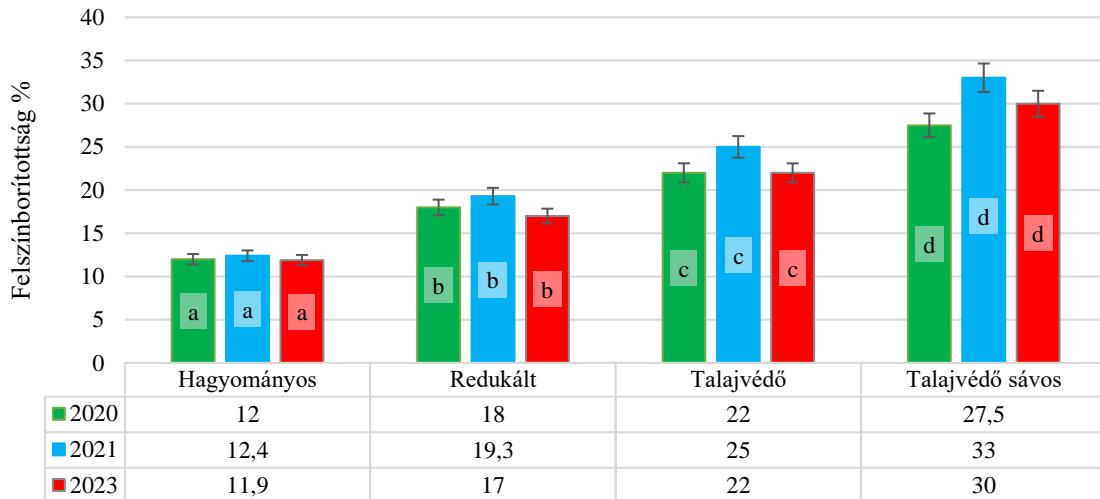
A választott kísérleti helyszínemen (Nádudvar), mint hazánk legtöbb területén a csapadék sokszor nem akkor és olyan mennyiségben hullik le, amikor éppen a kukoricának szüksége van rá. Mértem a vizsgált évjáratokban a tenyészidőszak előtt és a tenyészidőszak során lehulló csapadékmennyiséget, ezek alapján különböző szezonokat 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.

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

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. 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).

Az egyes talajművelési rendszerek alkalmazása különböző szármagadvány fedettséget eredményez a vetés és a vetés utáni időszakban. Az eredmények azt mutatják, hogy felszínborítottsági százaléértékek átlagait tekintve szignifikánsan eltérnek a művelések

mindhárom évjáratban (2. ábra). 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).



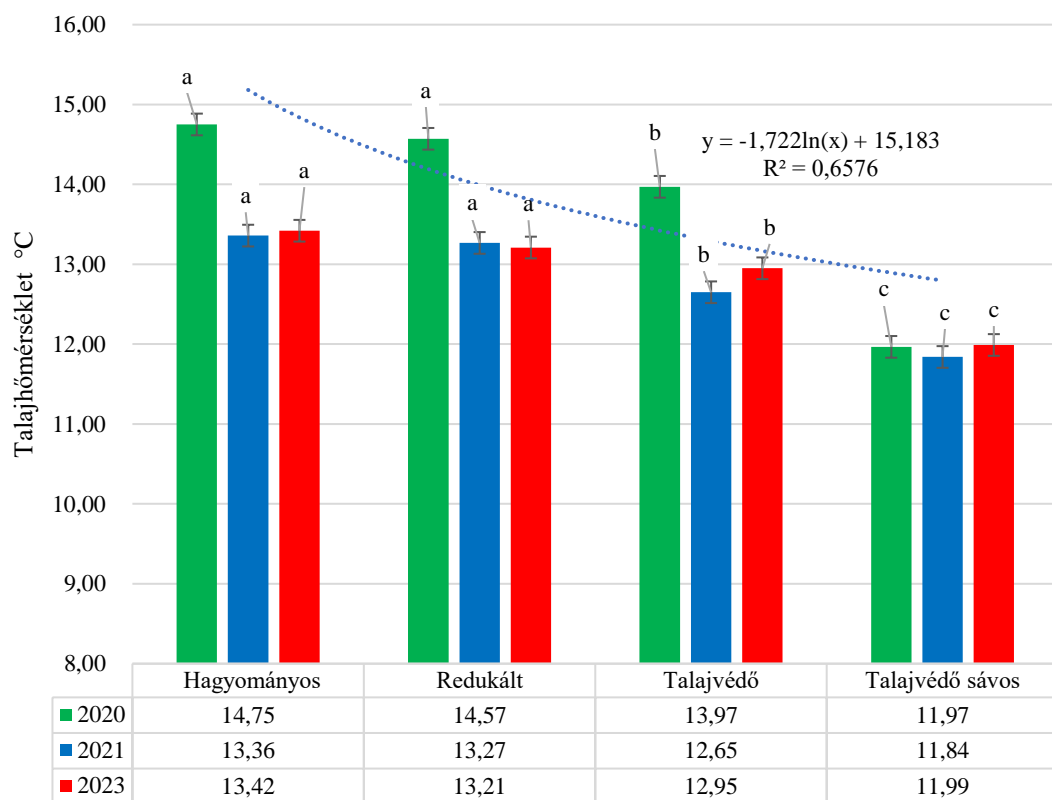
Az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól  $P=0,05$  valószínűségi szinten

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

Vizsgálatom eredményei szerint a kezelt parcellákat értékelve 12%, 12,4% és 11,9% szármagadvány 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).

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 kelésgyenletességi 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 (3. ábra).



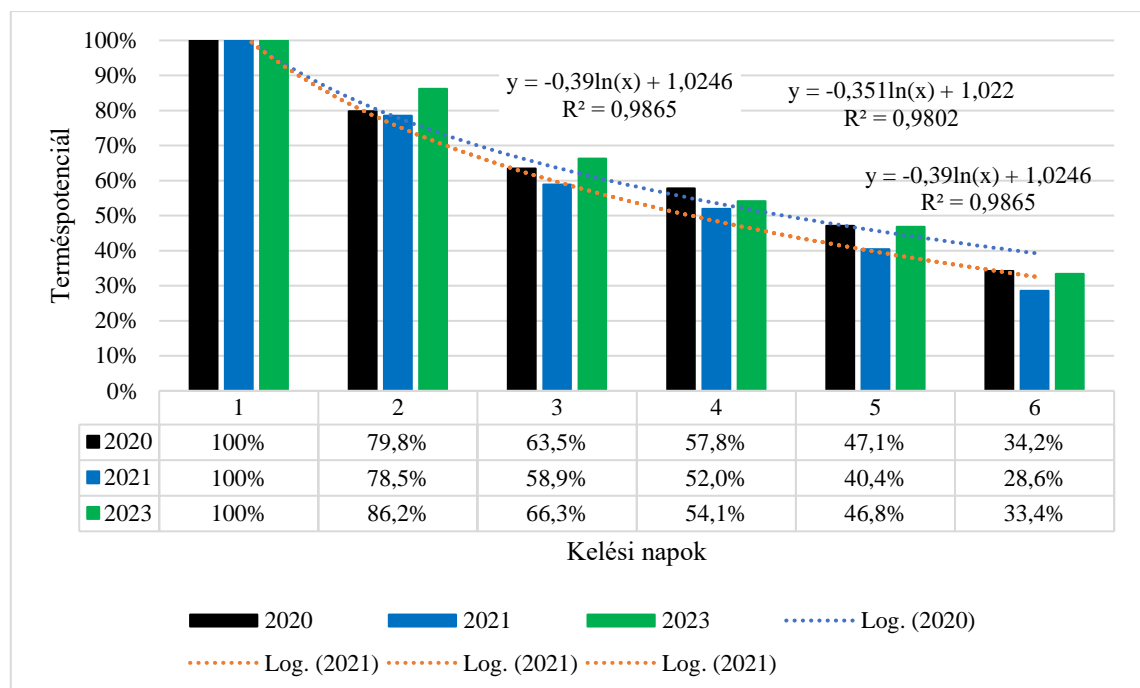
Az azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól P=0,05 valószínűségi szinten

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

A kelésfelvételéskor 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 kelésfelvételezéskor 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 (4. ábra).



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

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 (1. táblázat). A beltartalmi paraméterek nem függték 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 termésvesztéget szenvedtek. A harmadik napon kelő növények 33,7%-tól 41,1%-ig kevesebb termést hoztak. 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.

**1. táblázat:** Kelési napok és a kukoricacsőhossz 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

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

Vizsgálatomat a kezelések betakarított termésmennyiségének elemzésével zártam. Eredményeim alapján igazoltam, hogy a mechanikus rendszerek elmaradtak a precíziós rendszerektől a terméshozam tekintetében (2. táblázat).

**2. 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 sávós	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 lezárás	14,73	c	14,15	d	14,80	c	15,01	d

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

Ez magyarázható a 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.

#### 4. 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. Igazoltam, hogy a vetésmélységben a vetéstől a kelés végéig a négyféle talajművelési rendszerben szignifikánsan 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 rendszerben 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. 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 termésvesztést 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 kikeltekhez képest 43% - 48% veszteséget produkáltak. Az ötödik napi

kelés 52,9% és 59,6% közötti, a hatodik napi kelés 65,8% és 71% közötti  
termésszintcsökkenést eredményezett.

## **5. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK**

1. A hazai közép-kötött 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. Fogatás nélküli rendszerekkel nagyobb terméshozadék érhető el.

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

## 6. IRODALOM

1. *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.*
2. *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.*
3. *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.*
4. *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.*
5. *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.*
6. *Hillel, D.:* 1998. *Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations.* Academic Press, London.
7. *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.*
8. *Kutilek, M.- Nielsen, D.R.:* 1994. *Soil Hydrology.* Catena Verlag, Germany.
9. *Stelluti, M.- Maiorana, M.:* 1997. Multivariate approach to evaluate the penetrometer resistance in different tillage systems . *Soil & Tillage Research, 46, pp. 145-151.*
10. *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.*

## 7. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



**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 Czöbel, 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.

