

Debreceni Egyetem
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi- és Környezetgazdálkodási Kar,
Növénytudományi Intézet, Növénytermesztéstani, Tájökológiai és Növénynemesítési
Tanszék

Intézetvezető:
Dr. Csajbók József
Egyetemi tanár

A takarmánykukorica precíziós vetéstechnológiájának agronómiai értékelése
-A vetéssebesség és a talaj-mag kapcsolat vizsgálata-

Készítette:
Tar István Dávid
Mezőgazdasági mérnök hallgató

Témavezető:
Dr. Vad Attila Miklós
Intézetigazgató,
Tudományos Főmunkatárs
Debreceni Egyetem AKIT DTTI
Társtémavezető:
Virág István Csaba
Tanszéki Mérnök
Növénytermesztéstani,
Tájökológiai és Növénynemesítési Tanszék

Debrecen
2023

Tartalom

BEVEZETÉS	2
1. TÉMAFELVETÉS	4
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1. A kukorica növekedése, fejlődése, fenológiai fázisai:	6
2.2. A kukorica vetéstechnológiája:	7
2.3. A precíziós gazdálkodás általános bemutatása:	12
2.4. A precíziós vetéstechnológia bemutatása:	13
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	24
4.1. A 2022-es kísérleti időszak eredményeinek értékelése:	25
4.2. A 2023-as kísérleti időszak eredményeinek értékelése:	32
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	39
6. ÖSSZEFOGLALÁS	41
IRODALOMJEGYZÉK	42
Táblázatok:	46
Ábrák:	46

BEVEZETÉS

A világon és hazánkban, Magyarországon is kiemelkedő helyet foglal el a kukorica termesztés a szántóföldi növénytermesztés kategóriáján belül. Élelmezési, takarmányozási és ipari szempontból is egy igen jelentős növényről beszélünk. Napjaink komoly problémájának egyike a termés ingadozás, amely részben a klímaváltozás okozta szélsőséges időjárási viszonyok miatt, valamint az agrotechnikai hibák okozta terméskiesés miatt jelentős lehet. Az 1900-as évektől kezdődően jelentős volt a termesztéstechnológia fejlődésével párhuzamosan a genetikai előrehaladás is. Napjainkban a modern kukorica hibridek genetikai potenciáljának a teljeskörű kihasználásához fontos egy hibridspecifikus, precíziós technológia alkalmazása. A megfelelő minőségben elvégzett agrotechnikai műveletek sorában fontos elemnek tartom a vetéstechnológiát, azon belül is kiemelten fontos a vetés sebessége. Olyan optimális sebességet kell választani, amivel nem okozunk kárt a vetés minőségében, de jelentős mennyiségű üzemanyagot és munkaórát spórolhatunk meg, aminek pedig nagy jelentősége van a költséghatékonyság szempontjából. Ezzel pedig nagyobb profitot tudunk elérni, és az így megtakarított tőkét egyéb agrotechnikai elemekre tudjuk fordítani. A vetés sebességgel egyetemben szintúgy fontos vetési szempont a talaj kötöttségi állapotának helyes megállapítása és az ehhez való megfelelő beállítások alkalmazása, hiszen ezzel a technikával képesek lehetünk alkalmazkodni a táblán belüli különböző talajkötöttségi állapotokhoz, amelyek az egyenletes vetés és a biztonságos, stabil kelés alapját jelentik. Az egyetemi tanulmányaim során ismerkedtem meg a precíziós gazdálkodás fogalmával. Különösen megtetszett nekem ez az irányzat, sajátoménak éreztem a táblán belüli agrotechnikai megoldásokat, az előre megtervezett, adatalapú inputanyag kijuttatásokat, valamint a költséghatékonyságra való törekvését ezen ágazatnak (ZELENÁK, 2022). A kutatásomban egy precíziós alapokra fejlesztett, mai modern vetőgépek kiegészítőjeként forgalmazott és a modern kukorica hibridekkel kompatibilis elektromos maglehordó szalagot és egy a különböző talajkötöttségi állapotokhoz automatikusan alkalmazkodni képes, egyenletes kelést garantáló eszközt teszteltem a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Látóképi telepén.

A kísérlet elvégzésében és beállításában a Precision Planting Egyesült Államokbeli vállalat magyarországi területi képviselői, Szadeczki István és Rab Attila segítettek.

2023-ban a kísérlet beállításában és a precíziós vetés elvégzésében a KITE Zrt. és főként Solynoczki István segédkezett, ezzel hivatalosan is bekapcsolódva a kutatásba.

A Precision Planting, LLC a praktikus és hatékony precíziós agrártechnológiák vezető vállalata, ahol azért dolgoznak, hogy a gazdálkodóknak minél költséghatékonyabb vetési megoldásokat nyújthassanak. Az Illinois Állam középső részén alapított Precision Planting olyan intelligens termékek fejlesztésére összpontosít, amelyek javítják a vetést, a folyékony inputanyagok kijuttatását és a betakarítási műveleteket a gazdaságokban világszerte. A vállalat jól ismert az egyedi megközelítéséről, amellyel a gazdálkodók aktuális agronómiai problémáit tudja kezelni. Gyakorlati, oktatási forrásokat biztosít a fejlesztésekhez, a világ különböző pontjain kutató egyetemeknek, egyetemi kutatóbázisoknak, tangazdaságoknak.

A Precision Planting abban különbözik a többi technológiai vállalattól, hogy a gazdálkodó meglévő berendezéseit újítja fel, illetve maximalizálja a gépek teljesítményét. A precíziós vetési technológiák adaptálása egyszerű a gazdálkodók számára, így időt és pénzt takarítanak meg, hatékonyabbá teszik vetéstechnológiájuk működését.

A Precision Planting-et az Egyesült Államok kontinentális részén egy több mint 400 márkakereskedésből álló hálózat képviseli, valamint technológiákat biztosít a mezőgazdasági berendezések gyártói számára szerte a világon (RAB-SZADECZKI, 2022 és PRECISIONPLANTING.COM, 2023). A vállalat Magyarországot is mint potenciális piacként tekinti, mivel a jó termőhelyi adottságokkal rendelkező ország készen állhat egy innovatív, precíziós vetéstechnológia alkalmazására, ezért fontos a hazai körülmények közötti tesztelése ezen technológiáknak, mind az itthoni kutatók, mind a vállalat, továbbá mind a hazai gazdálkodók számára is.

A 100%-ban magyar tulajdonú KITE Mezőgazdasági Szolgáltató és Kereskedelmi Zrt. központja Nádudvaron található. 5 régióba és 20 alközpontba szervezett kereskedelmi és szolgáltató hálózatuk az ország egész területét lefedi, munkatársaik száma megközelíti az 1800 főt. A foglalkoztatottak több mint 45%-a felsőfokú végzettségű.

A KITE dinamikusan fejlődik, piacvezető mezőgazdasági integrátorként. A cégcsoport 2022. évi nettó árbevétele meghaladta az 570 milliárd forintot. A Figyelő TOP200 2022. évi listája szerint ismét előre lépve, a KITE Magyarország 26. legnagyobb árbevételű vállalata.

Tradicionálisan feladatuknak tekintik, hogy az okszerű és precíziós gazdálkodáshoz kapcsolódó eljárások és technológiák széles körű elterjesztésével közvetítsék az agrárinnovációt a gazdálkodók felé, elősegítve ezzel versenyképességüket, és felelősen hozzájáruljanak a gazdasági, környezeti és társadalmi fenntarthatósághoz.

1. TÉMAFELVETÉS

A kukoricatermesztés magas volumenére való tekintettel fontos, hogy a terméseredmények stabilak maradjanak, még olyan aszályal igen erősen sújtott években is, mint a 2022-es év. Ezzel egyetemben fontos, hogy az ideálisan csapadékos évjáratokban, mint például a 2023-as év a megfelelő precíziós agrotechnikák alkalmazásával tudjuk biztosítani az átlag feletti terméshozamot, ezzel kihasználva a jobb környezeti feltételeket, profitabilitás növeléssel ellentételezve az előző rosszabb évjáratú időszakokat. Kivétel nélkül minden kukoricanemesítő cég a mai modern hibridek szárazságtűrő képességét fontosnak tartja, ezért ez a nemesítés fő irányvonala. Ugyanakkor párhuzamosan az agrotechnika is sok fontos újítással szolgál a kukoricatermesztők számára. A precíziós gazdálkodás a leginnovatívabb agrotechnikai irányzat, amivel a termésbiztonság és a költségek hatékony csökkentésével ki tudjuk használni a termőföldjeinkben rejlő lehetőségeket és a hibridekben rejlő genetikai potenciált. Mivel egy már fejlett, de folyamatosan fejlődő technológiáról beszélünk, fontos kutatni azokat a mérőföldköveket, amelyekre már kész megoldásokat is nyújtanak a hazai, illetve a nemzetközi cégek. A meglévő technológiák fejlődéséhez és szélesebb körben történő elterjedéséhez elengedhetetlen, hogy a határokat feszegetve, akár provokatívan szélsőséges felhasználást is elvégezzünk, ezzel is a hatékonyságát, a felhasználási stabilitását tesztelve az adott technológiának. Céлом az volt ezzel a kutatási tevékenységgel, hogy a Precision Planting vállalattal és a KITE Zrt.-vel együttműködve feltárjuk a precíziós vetéstechnológiák használatának előnyeit hazánkban. A téma fontosságát kiemelve, hogy innovatív és új technológiai irányzat révén kevés magyarországi referencia található a témában, ezért kiemelten fontosnak tekintettük a jövőbe mutató információgyűjtést, valamint az információ átadását. Szeretnénk ezzel egy hasznos és statisztikailag szignifikáns kutatási eredményt összegző publikációt biztosítani az érdeklődő és nyitott hazai termelők részére, amely kétéves, a 2022-es aszályos és a 2023-as átlagos évjáratokat foglalja magában.

Kutatásunkban a Precision Planting amerikai vállalat által gyártott és Magyarországon a KITE Zrt. által is forgalmazott precíziós vetőgép kiegészítők teljesítményeit vizsgáltuk hazai körülmények között, kiemelt hangsúlyt fektetve a vetés sebeségét befolyásoló elektromos maglehordó szalag és a kötöttségi állapotokhoz alkalmazkodni képes automata hidraulikus leszorítóerőt állító egységre. Célunk, hogy eredményeinkkel alátámasztva tudjuk igazolni azt, hogy ezen vetéstechnológiának Magyarországon is van létjogosultsága, illetve vizsgáltuk, hogy hogyan illeszthető be ez a hazai agrotechnikai irányzatokba.

Vizsgálataim kiterjednek a fontosabb szántóföldi növénytermesztési agrotechnika egyenletes vetés kérdéseire. A vetéssebességre, a mag és talajkapcsolat különböző kialakításának a kukorica jelző növény fenológiai tulajdonságain át, illetve a terméseredményre gyakorolt hatására. Ezen termesztéstechnológiai kérdések már régóta fejtörést jelentenek a kutatóknak, növénytermesztő gazdáknak, erre adhatnak választ az általunk elvégzett kutatás eredményei.

Dolgozatommal bepillantást kívánok nyújtani a precíziós vetés nyújtotta lehetőségek széles tárházába, illetve meggyőződésemm, hogy a precíziós, valamint a digitális növénytermesztési ágazat egy rohamosan fejlődő, innovatív ágazat, amely egyre elterjedtebb lesz szerte a világon, beleértve hazánkat is. Rengeteg előnnyel kecsegtet ezen technológia alkalmazása, ideértve mind az agrotechnikai, növénytermesztési, környezetvédelmi és agroökonómiai kérdésekre adott megoldásokat.

Külön hangsúlyt fektettem a kutatás beállításakor a vetés sebességének növelésére, azonban mindezt a megfelelő kelés egyenletesség kialakítása mellett.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kukorica növekedése, fejlődése, fenológiai fázisai:

A termesztési gyakorlatban 11 szakaszt különböztetünk meg a kukorica fenológiai fázisai közül: csírázást, kelést, 3-4 leveles állapotot, szárba menést, 6-7 leveles állapotot, címerhányást, nővirágzást, csöképződést, tejesérést, viaszérést és a biológiai érést.

3-4 leveles korban az alapgyökéren kívül a járulékos gyökérzet is kialakul. Megindul az elsődleges szervek differenciálódása. A 6-7 leveles korban a szár megnyúlik. Címerhányás előtt, 8-11 leveles állapotban, már megkezdődik a legalsó levelekből az asszimiláták mobilizálódása. A címerhányást követő fejlődési szakasz a legkritikusabb a víz- és tápanyagellátás szempontjából. Vízhány esetén a levelek fele is gyorsan leszáradhat és 25-30% termés-csökkenést okozhat. A kukorica anyagcseréjének a legintenzívebb szakasza a szemképződés megélénkülésekor is tovább tart: még intenzív az N és P-felvétel. A kukoricaszemek fiziológiai érésekor befejeződik a szárazanyag-felhalmozódás: elkezdődik a vízvesztés folyamata és a vegetatív növényi részek sárgulása.

A szemtermés kialakulása. Az aktív szemtermés fejlődésének időtartama kb. 60 nap. A tényleges kitöltődési periódus viszont nagyon rövid, kb. 27 napra tehető. A szemtermés kitöltődésére rendelkezésre álló asszimiláták mennyisége a kitöltődési periódus alatti fotoszintézisből (levonva a légzési veszteséget) és a növényben korábban felhalmozódott szénhidrát-tartalékból áll.

A kukorica szemtermésének külső burkát a terméshéj és a maghéj alkotja. Az endospermium külső része az aleuronréteg. Közvetlenül az aleuronréteg alatt az endospermiumsejtek apróbbak, mint a belsők és sok fehérjét tartalmaznak, ezért a szem külső része üveges, a szem nedvességtartalmának a csökkenését gátolja. Az üveges és a lisztes parenchima elhelyezkedése és aránya alfajonként és fajtánként változik.

A legelterjedtebb skála a növények fenológiai fejlődési szakaszainak azonosítására szolgáló BBCH-skála. (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie). A BBCH skálát 1981-ben írták le először, ez a nemzetközi kódrendszer a Zadoks-skálára épül (0-99 kód) és négy nyelven jelent meg, ami mutatja elterjedtségét és jelentőségét. Ezt a skálát olyan növényfajok körére fejlesztették ki, ahol az egyes növények hasonló növekedési stádiumai azonos kódot kapnak. A tízes számrendszert használó skála ez alapján a növényfejlődés fő és másodlagos növekedési szakaszára oszlik, így az egyes növények hasonló

növekedési stádiumait ugyanazokkal a kódokkal jelölik. A skála első számjegye a fő növekedési szakaszra, a második számjegy a másodlagos növekedési fázisra vonatkozik. (WITZENBERGER, 1991)

Kukorica esetében a BBCH szerinti szakaszok: 0 Csírázás, 1 Levélfejlődés, 3 Szármegnyúlás, 5 Címerhányás, 6 Virágzás, 7 Szemfejlődés, 8 Érés

A kísérlet során mi is a BBCH szakaszok szerint értékeltünk.

2.2. A kukorica vetéstechnológiája:

A tavaszi magágykészítés döntően befolyásolja a kukoricanövény fejlődését, elsősorban a vegetációs fázis elején. Fontos, hogy a magágyat az egész területen optimális fizikai állapot jellemezze: $1,25 \text{ g cm}^{-3}$ körüli térfogattömeg, átlagosan 55/45%-os pórus/szilárd fázis arány. A felső talajréteget a vetési mélységben laza, morzsalékosra kell kialakítani, és légjárhatóvá tenni a gyorsabb felmelegedés érdekében, a megfelelő agrotechnikai beavatkozások segítségével. Ugyanakkor a munkaművelet elvégzése során fontos figyelemmel lenni az alsóbb talajrétegek vízmozgásának helyes szabályozására is. A vetést megelőző műveleteknek arra kell koncentrálniuk, hogy az elvetendő mag számára a vetésre alkalmas időszakon belül minél előbb, minél jobb feltételeket teremtsünk a csírázáshoz és az egyöntetű keléshez (NAGY 2007 és 2021).

A vetés ideje:

A kukorica vetés idejének megállapításakor elengedhetetlen a megfelelő óvatosság (ILLÉS, 2022). Azokban az országokban, ahol nagy területen termesztnek kukoricát (mint az Amerikai Egyesült Államokban és Oroszországban), attól függően változik a vetési idő, hogy a termesztés melyik szélességi fokon történik.

A kukorica megfelelő vetés idejének megválasztásánál ki kell emelni a hőmérsékletet és a tenyészidők alakulását. A késő tavaszi és a kora őszi fagyok jelentkezési ideje is kiemelten fontos. A talaj összetétele, fekvése, kártevőktől és kórokozóktól való fertőzöttsége meghatározó. A vetőmag minősége, csírázási és fejlődési hőigénye, ellenálló képessége a káros tényezők hatásával szemben, a vetőmag csávázási lehetőségei a különböző kórokozók és kártevők ellen kiemelten jelentős. A termesztendő hibrid tenyészideje, külső tényezőkkel szembeni reakciója, a termesztés célja, a bevetendő terület nagysága, a vetési munkák gépesítésének foka, illetve a vetés módja elengedhetetlen feltételek, amelyeket figyelembe kell vennünk (BALÁZS - HENSCH 1889, I'SÓ 1959, SZÉLES és HUZSVAI 2020). Minden egyes

kukoricahibridnek van egy optimális időintervalluma, amikor célszerű vetni. Minél nagyobb az eltérés az optimumtól, annál nagyobb mértékben tud a termés csökkenni.

A kukoricatermesztés biztonságát és hatékonyságát is növeli, ha jó termőképességű, korai tenyészidejű hibridet termesztünk, valamint 10-15 nappal korábban vetünk (SÁRVÁRI, 2005). A kutatók egy része úgy határozta meg a vetés időpontját, hogy akkor kell vetni, amikor a talaj hőmérséklete a vetés mélységében tartósan eléri a 10-12 C°, ezzel az a baj, hogy a talaj hőmérséklete napszakonként is ingadozik. A régi, népi megfigyelések alapján akkor kell vetni a kukoricát, amikor a kökény virágzik, Magyarországon ez az időpont április 15 és április 20. közé tehető.

A kukorica vetéséhez a legkedvezőbb talajhőmérséklet közepkötött vályogtalajon 8-10 cm mélységben 10 C°. Az agyagtalajokon jó, ha ez az érték 1-2 C°-kal magasabb, homokos talajokon, azonban 1-2 C°-kal alacsonyabb. (NEWMANN, 1982; CSAJBÓK, 2019).

A különböző régiókban végzett agronómiai kísérleteket nem lehet térben és időben reprodukálni, a klimatikus és a talajtényezők eltérése miatt, ezért a kutatók nem tudják teljes mértékben meghatározni az optimális vetésidőt (SZÉLES-HUZSVAI, 2020).

A késleltetett vetésidőpontok hatással vannak a nővirágzás intervallumára, befolyásolják a fotoszintézist, az élettani érettséget, illetve a szárazanyag-termelést. A késleltetett vetési időpontok kedvezőtlen hatásait mérsékelni lehet az optimális vetési időpontok előrejelzésével és a növénymodellek használatával (SHRESTHA et al., 2018).

Április hónap változékony időjárásában az enyhébb időjárási körülmények között, április közepén vetett kukorica korábban is megjelenhet, mint a május közepén vetett társai (GYÖRFFY et al., 1965). A csírázás és a palántafejlődés során a hideg a kukorica sárgulását okozza, késlelteti a palánta fejlődését, virágzását, terméskötését. (KESZTHELYI, 2005).

A korai vetésidővel jelentősen csökkenthető a betakarításkori szemnedvesség-tartalom (ÁRENDÁS, 2000). Korai vetésre a jó csírázáskori hidegtűréssel rendelkező hibridek alkalmasak. Az optimális vetésidőn túl, minden nap késés, átlagosan mintegy 0.3-0,5 százalékkal növeli a kukorica betakarításkori szemnedvességét. A korai vetés mellett szól, hogy az érés a termelés lényeges csökkenése nélkül előre hozható (I'SÓ, 1966).

A vetésidő és a kukorica termése, valamint a betakarításkori szemnedvesség-tartalom között statisztikailag szignifikáns korreláció figyelhető meg (SÁRVÁRI- FUTÓ, 2001). A vetésidő és a termés összefüggését a csapadék tenyészidőbeli eloszlása befolyásolja.

A hibridek vetési sorrendjét meghatározza a hibridek genetikai jellemzője, tenyészideje és a Cold-teszt értéke. A genetikailag hidegtűrőbb hibridek csírázása és növekedése már megindulhat, ha a talaj hőmérséklete a vetés mélységében naponként csak pár órára haladja meg a 10 C°-t. A Cold-teszt értékétől függő terméstöbblet különösen akkor jelentkezik, ha vetéskor a szem kedvezőtlen körülmények közé kerül vagy a vetésidő után lehül a talaj hőmérséklete (MENYHÉRT, 1985). Azok a kukoricahibridek, melyeknek jó a Cold-teszt-értéke (90% feletti) 10-15 nappal korábban vethetők a klasszikusnak számító április 15- május 06-i vetésidőhöz viszonyítva (SÁRVÁRI, 2005).

A korai vetés kockázata megfelelő hibridválasztással is mérsékelhető (ÁRENDÁS, 2000). Azokkal a kukorica hibridekkel lehet kezdeni a vetést, amelyeknek jobb a hidegtűrése (Cold-teszt). A korán vetett kukoricának jobb a tápanyag és vízfelvétele, rövidül a tenyészideje, nagyobb lehet a termése (MÁTÉ, 2002).

Ezek alapján megállapítható, hogy a talajhőmérséklet és ezen keresztül a vetésidő fontos hatást gyakorol a kukorica kelésére, illetve a kezdeti fejlődésére. A korai vetésnél, mikor hideg talajba kerül a mag, akkor nem megfelelő, elhúzódó kelést tapasztalunk. Ha azonban túlságosan megkészt a vetés, az sem jó, mert bár melegebb a talajhőmérséklet és gyorsabb a csírázás, az időbeni megkésés miatt nem ideális. Érdemes akkor vetni, amikor a talaj hőmérséklet jellemzően elérte a 8-10 C°-t.

A vetés sebessége és egyenletessége:

A vetés sebessége kulcsfontosságú tényező a kukorica termesztésében és általánosságban a növénytermesztésben is (STAGGENBORG, 2004). A vetés sebessége többféle szempontból is befolyásolhatja a termesztési folyamatot. Gyors vetési sebesség esetén a talajtömörödés és az egyenetlen mageloszlás veszélye nő, míg lassú sebességnél a vetés időigényessé válik. A megfelelő vetési sebesség segít egyenletesen elosztani a vetőmagot a magárokban. A túl gyors vetési sebesség csökkentheti vagy növelheti, egyenetlenné teheti a megfelelő magtávolságot. Az ideális vetési sebesség alkalmazása lehetővé teheti a megfelelő időzítést a vetési szezonban. A szélsőséges időjárási körülményeknek köszönhetően napjainkban egyre szűkebb idő ablak áll rendelkezésre a vetési munkaműveletek elvégzésére, az optimális vetési sebesség ismerete segítséget nyújthat ezen rövid időn belül elvégezni a vetési munkafolyamatokat (XIAOJUN et al., 2023). A megfelelő vetési sebesség növeli a munka hatékonyságát, túl lassú sebesség esetén a termelés időigényes lesz. A vetésssebesség növelésével értékes munkaórákat tudunk megtakarítani, ezzel növelve a terület teljesítményt.

Az optimális vetési sebesség a talajállapottól, a gépek típusától és a növényfajtól is függ. Az érzékenyebb növények esetében a lassabb vetési sebesség általában jobb eredményeket hoz (LAMICHHANE, 2020). A talaj nedvességi és texturális tulajdonságai is meghatározók lehetnek a sebesség kiválasztásában.

A talaj-mag kapcsolatának ismertetése és a mélységállítás, valamint a leszorítóerő állítás fontossága:

A jó minőségű vetés követelménye, hogy az egyes magokat megfelelő talajkörnyezetbe, a kívánt vetési mélységben és távolságban helyezzük el az egyenletes mageloszlás elérése érdekében, ami korlátozza és minimalizálja a növények versenyképességét a rendelkezésre álló víz, tápanyag és napfény tekintetében, hogy jobb csírázást és kelést, valamint megnövekedett hozamot érjünk el (MORRISON, 1988). A vetés variabilitása jelentősen befolyásolja a kukorica növénymagasságát, levélfelületi indexét, a szárazanyag-felhalmozódást és a szemtermést (RAGHAVAN et al. 1978, LIU et al. 2004, LAWLES et al. 2012). Az egyenetlen kelés általában a heterogén magelhelyezésnek, a változó talajviszonyoknak, a vetés utáni talajtömörödésnek, a kukorica vetőmag minőségének és a hagyományos talajműveléssel történő magas növényi maradványoknak tulajdonítható (GRAVEN-CARTER 1991, FORD-HICKS 1992). Ezért a modern vetőgépek többnyire mélységszabályozó és leszorítóerő-beállító alkatrészekkel vannak felszerelve, amelyek segítik a vetőgép barázdanyitóját a teljes talajbehatolásban az egyenletes vetésmélység és a növények megfelelő kelése érdekében.

A hagyományos szemenként vetőgépek a barázdanyitó tárcsák melletti mérőkerekeket alkalmaznak a vetésmélység szabályozására a mélységszabályozó állítótag kézi elhelyezésével. A párhuzamos karok között elhelyezett tekercsrugók további lefelé irányuló nyomást biztosítanak annak biztosítására, hogy a barázdanyitó tárcsák teljesen behatoljanak a talajba a kívánt mélységig és elegendő talajtömörítést biztosítsanak a barázdaképzéshez. A változó talajviszonyok miatt még ugyanazon a területen is nehéz bizonyos leszorítóerőt biztosítani a rugók cseréjével vagy a rugóhelyzet folyamatos ember általi állításával (WEATHERLY-BOWERS, 1997). Ezen túlmenően, ha a termelők késleltetett beállításokat végeznek a vetőgépnél, különösen a kemény talajú területeken előfordulhat, hogy ez nem elegendő a kívánt mélység eléréséhez; de puha talajú területeken pedig túl nagy lenyomást gyakorolhatunk a felső talajfelszínre (KIANI 2010, FULTON et al. 2015). Következésképpen a mélységmérő kerekek alatti leszorítóerő változékonysága nem csak a vetési mélységet befolyásolja. A nedves

talajterületeken a lefelé irányuló túlnyomás nemkívánatos talajtömörödést eredményez a magágy területén (MORRISON 1988).

Egyes vizsgálatok a talajtömörítésnek a kukorica fejlődésében játszott szerepére összpontosítottak. RAGHAVAN és munkatársai (1978) azt találták, hogy a nagyobb forgalommal kezelt parcellák magasabb növény- és termésnedvességgel jártak, a szemtermés pedig csökkent a növekvő gépi talajnyomásnak köszönhetően. RAMAZAN és társai (2012) megfigyelték, hogy a növekvő számú traktorút okozta talajtömörödés szignifikáns különbséget mutatott a növénymagasságban, mivel a kukoricagyökereknek csökkent a nedvesség- és tápanyagfelvételi képessége és nyilvánvalóan csökkent a termés is. SIVARAJAN és társai (2014) arról számoltak be, hogy jelentős eltérés mutatkozik a korai növényfejlődési adatok között a taposott és nem taposott sorok között, ami annak a ténynek tudható be, hogy a megfelelő talajfelszíni tömörítés elősegítette a mag-talaj érintkezést és a jobb csírázást. HANNA és munkatársai (2008) a vetőgép mélységmérő kerekeinek terhelési hatásait vizsgálták a kukorica korai növekedésére és megfigyelték, hogy a talajjal érintkező terhelés szintje és a talajnedvesség jelentősen befolyásolta a kukorica kelési sebességét és nedves talajviszonyok esetén a kukorica gyorsabban kelt ki alacsony leszorítóerő mellett. FULTON (2015) rámutatott, hogy a mélyebb vetésmélység és az erős leszorítóerő késlelteti a kukorica kelését és csökkenti a végső élőpopulációt, javasolták a vetésmélység és a leszorítóerő egyidejű szabályozását, hogy megfelelő életkörülményt teremtsenek a kukorica magok számára. Ezért a kívánt vetésmélység elérése ellenére figyelembe kell venni a mélységszabályozó rendszer által okozott nemkívánatos talajsüllyedés és talajtömörödés megszüntetését is (MORRISON, 1988).

A vetés mélysége és egyenetlensége:

A vetés mélysége több tényezőtől is függ: talaj minőségétől, a talaj víztartalmától, víztartó képességétől és a vetés időtől, gyorsan felmelegedő, kevésbé kötött talajokon 6-8 cm a vetésmélység, kötöttebb talajokon 4-5 cm. Ha elkészt a vetés vagy másodvetéskor a vetési mélységben a víztartalom elegendőnek tekinthető, valamint a hőmérséklet eléri a 21-30 C°-ot, abban az esetben a szem akár 5 nap alatt is képes kikelni. Viszont, ha ugyanilyen körülmények között a hőmérséklet 12-16 C°, a kelés képes 15 napig is elhúzódnia (MENYHÉRT, 1985).

A túlzottan sekély vetés gátolja a megfelelő gyökérzet kialakulását, ezáltal nő a kockázata a korai gyökérdőlésnek, valamint negatívan hat a víz és tápanyagfelvételre a kevésbé kiterjedt gyökérzet miatt. A túl mélyre helyezett vetőmagvak oxigénhiányba kerülnek, az alacsonyabb

hőmérséklet miatt elhúzódik a kelés, ami szintén egyenetlen keléshez vezethet, illetve a magasabb nedvesség mellett a magok berothadásához is vezethet. Ha megfelelő a hőmérséklet, akkor az alacsonyabb Cold-teszt-%-nál a vetésmélységet a mag db/kg értéktől függetlenül 4-5 cm-ben kell meghatározni, illetve abban a legfelső talajrétegben, ahol a csírázás nedvességigénye már biztosított (NAGY, 2007).

2.3. A precíziós gazdálkodás általános bemutatása:

A precíziós gazdálkodás olyan műszaki, informatikai, termesztéstechnológiai alkalmazások összessége, amelyek hatékonyabbá teszik a termelést és a mezőgazdasági gépüzemszervezést. (ERDEINÉ KÉSMÁRKI-GALLY, 2020). Innovatív és gyorsan terjedő mezőgazdálkodási trendről beszélhetünk a precíziós gazdálkodás esetében. Az elkövetkező néhány évtizedben meghatározó szereppel fog rendelkezni. Mivel egyre nagyobb az igény a megfelelő minőségű és mennyiségű mezőgazdasági termékek iránt, ráadásul csökken a potenciálisan és ténylegesen is művelés alá vonható terület világ szerte, ezért hatékonyabb termelési irányzatokat kell alkalmazni a jövőben, melynek szerves részét képezi a precíziós gazdálkodás (EPRS, 2016 GAÁL et al., 2017). Robbanás szerű elterjedését a mezőgazdasági informatikai és a technikai elemek összekapcsolásának köszönheti. Feladata és célja arra irányul, hogy hogyan lehet eredményesen, költséghatékonyan gazdálkodni úgy, hogy közben igyekszünk megőrizni a természetes erőforrásokat, ökoszisztémákat és hangsúlyt fektetünk a környezet védelemre is. Az agrár digitalizáció terjedése világszinten és hazánkban is fontos szerepet játszik a költség hatékonyságban, hiszen a gazdálkodók számára elérhető szoftverek segítségével előre megtervezett struktúra alapján folytathatjuk a gazdálkodási tevékenységeinket. A precíziós gazdálkodás mára már elengedhetetlen részévé vált a versenyképes termelésnek, ezzel hozzá járulva a gazdálkodás racionalizálásához (TAKÁCSNÉ, 2018). Elmondható, hogy jellemzően a gazdaságok nyitottak a technológiai újításokra, azonban a képzett munkaerőhiány, valamint a tőke hiány nehezíti a precíziós gazdálkodás elterjedését hazánkban.

2.4. A precíziós vetéstechnológia bemutatása:

Precíziós növénytermesztés általános bemutatása:

A precíziós növénytermesztés egy termőhely-specifikus, GPS-helymeghatározáson alapuló, információ technológiai eszközökkel támogatott növénytermesztési rendszer, amelyben a térben változó talajtulajdonságok és termőhelyi viszonyok ismeretében, a termesztett növény igényeihez alkalmazkodva, az adatok modern térinformatikai módszerekkel történő feldolgozásával, helyspecifikusan tervezhetőek a szükséges agrotechnikai beavatkozások a fenntarthatóság biztosítása, a környezet- és a termőföld védelme, valamint a jövedelmezőség érdekében (GYURICZA 2019, KEMÉNY et al., 2017). Precíziós növénytermesztés esetében a legtöbbször táblán belüli gazdálkodásról beszélünk. A táblán belül úgynevezett management zónákat alakítunk ki és ezeken a zónákon belül helyspecifikusan végezzük el a szükséges agrotechnikai beavatkozásokat (LI, 2016). A precíziós növénytermesztés a legtöbb esetben objektív mérésekre alapul és ezen mérések eredményei alapján tudjuk meghozni a stratégiaileg fontos döntéseinket (TORRES et al., 2012).

A vetőgépek általános és korszerű bemutatása:

Korszerű gépesítési megoldások a vetésnél: A vetőgépek alapvető vetőszerkezetei mechanikus vagy pneumatikus rendszerűek. A gravitációs elvű adagolószerkezetek helyett, általában sorvetőgépeken a pneumatikus Accord-System megoldást alkalmazzák, de egyes gyártóknak saját fejlesztésű pneumatikus vetőrendszerei is vannak (V3. derstad Fenix; Mascio-Gaspardo By-Pass Turbo Air stb.). A korszerűbb gépeken már hidraulikus ventilátormeghajtást és elektromotoros magadagoló szerkezeti hajtást is alkalmaznak (SHI et al., 2022). A nagyobb vetőterületekkel rendelkező gazdaságokban a nagyobb munkaszélességű talaj-előkészítő és a pneumatikus vetőszerkezetű gabonavető gépekből épített gépkombinációkat alkalmaznak a gyakorlatban. Ezen gépkombinációk többsége, a vetőágykészítéssel egyidejűleg, vetőmag és műtrágya (vetőmag mellé vagy alá, minden sorközben, vagy minden második sorközben) vagy kétféle vetőmag és műtrágya kijuttatására is alkalmas részegységekkel is vannak ellátva (JÓRI 2017 és 2019, HAGYMÁSSY 2019).

Pneumatikus vetőgépek: A pneumatikus sorvetőgépeket a nagy teljesítménye és munkaszélessége teszi kifizetődően hasznossá és elterjedté. Cellás adagoló vagy tolóhenger juttatja a magot a ventilátor légáramába. Osztókúpok osztják el a magot. A csoroszlyákhhoz pedig légáram juttatja el a magokat. Az Accord-System rendszerű vetőgépek központi

elosztásúak. A vetőszerkezet a magvakat a ventilátor légáramának segítségével az elosztókúpra tereli, amely szétosztja, majd a vetőcsoroszlyákhoz szállítja (HAGYMÁSSY, 2019).

Pneumatikus szemenkénti vetőgép: A magtartályból a vetőmag gravitációs úton jut a függőleges síkban forgó vetőtárcsa egyik oldalához. A vetőtárcsa másik oldala a ventilátor szívó oldalához van csatlakoztatva. A szívó légáram, vákuum segítségével, a vetőmagokat a tárcsa furataihoz szívja. A mag leválása érdekében a kivetés helyén a szívó légáram megszűnik, illetve sokszor szegregátort is alkalmaznak a duplázások elkerülése érdekében (KARAYEL et al., 2022).

Direktvető gépek: A direktvetés lényege, a talajművelés nélküli közvetlen vetés. (ZHU et al., 2022). A vetőgép és talajművelő eszköz egybe vannak építve, ez különböző módokon történhet. A gépkombináció elsődleges elemei a rögtörők és lazítók, ezek lehetnek rövid tárcsák vagy kultivátorkapák, rögrendező, tömörítő kerek vagy hengerek, melyek az egyenletes vetésmélység feltételeit teremtik meg, valamint a csoroszlyák, amelyek a magokat a talajba juttatják. Végül általában talajfésűvel zárják le a talajfelszínt, a talajnedvességtartalmának megőrzése érdekében. Típusai: 1. Tárcsás rendszerű direktvető gépek (ZHU et al. 2022), 2. Vetőkultivátoros rendszerű direktvető gépek, 3. Vetőgép-kombináció aktív talajművelő géppel. Ha aktív talajművelő gépet alkalmazunk, akkor csökkenthetjük az általunk használt gépkombináció hosszát. Ekkor leggyakrabban forgóborona vagy lengőborona képviseli a kombináció első tagját. A forgóborona által fellazított talajt tömöríteni kell, erre tömörítő keréksort vagy tömörítő hengert alkalmaznak.

A magvak megfelelő mélységű talajba helyezése, a vetés; mélység egyenletesség szempontjából jelentősége döntően a gépek vetőcsoroszlyáinak, vetőcsoroszlya-rendszereinek van. A jó minőségű vetéshez fontos a vetésmélység pontos tartása. A vetőkocsi paralelogramma felfüggesztésére a problémák kiküszöbölésére különböző lezorító rendszerek szerelhetők: Állítható rugóerejű lezorítás, állítható rugóerőt lengéscsillapító, pneumatikus, aktív vezérlésű vetőkocsi lezorító, illetve hidraulikus, aktív vezérlésű vetőkocsi lezorító (CAO et al., 2022).

Vetésellenőrző monitorok: Lehetséges hibák (szemenkénti és sorba vetésnél): ha a fotocella nem jelez magot, a vetőmag kifogyott vagy áramlása megszűnt, vagy ha a fotocella folyamatosan jelez, vagyis dugulást érzékel. A vetésellenőrző monitorok használata elsősorban szemenként vető gépeken ajánlott. Optikai szenzorok figyelik soronként a vetőmagfolyamot (-fotocella). A kihagyás, eltömődés érzékelése rendkívül fontos a vetésnél. Minőségi mutatók kijelzése is történik a monitorok használatakor: csíraszám, kihagyás, dupla vetés,

tőtávegyenetlenség (GAO et al. 2022). Ezen eszközök tervezésénél figyelembe veszik a minél széleskörűbb ellenőrzést és átvizsgálást, az érdekében, hogy pontos képet kaphassunk az elvégzett vetési munkafolyamat milyenségéről, minőségéről (SHUO et al., 2021). Sok esetben a vetést követően egyéb ellenőrző eszközökkel is ellenőrzik a vetés minőségét (ZONG et al. 2022). Majd ezen adatokat vetik össze a vetés közben mért adatokkal és ilyen módon ellenőrzik a rendszerek pontosságát, fejlesztik, illetve kiküszöbölik a hibákat (VONG et al. 2022). Utólagosellenőrző eszköz a Precision Planting kísérletekben alkalmazott Pogo Stick mérő eszköz is, amely a vetés minőségének ellenőrzésében tud segítséget nyújtani a kutatóknak. Kutatások irányulnak arra is, hogy a fő időben történő vetési hibákat hogyan lehet egy esetleges második vetési hullámmal kijavítani (ZHANG et al., 2022). Vetés közben használt ellenőrző rendszer például a Precision Planting által forgalmazott 20/20 Gen 3 ellenőrző eszköz is, amelyet a kísérlet kivitelezésekor alkalmaztunk.

Precíziós vetés: Elő feltétele az automata kormányzás, valamint az RTK korrekció, melynek pontossága: 2 cm. Ekkor a nyomjelző használata elhagyható és napjainkban nem is használatos a gyakorlati kivitelezés során (LI et al., 2016). A precíziós vetéstechnológia lehetővé teszi nagyobb sebességgel történő, gyorsabb vetést, kevésbé csökkenő pontossággal és hatékonysággal. Kutatások irányulnak különböző eszközök, vetőgépkiegészítők fejlesztésére, amelyek lehetővé teszik a 15 km h⁻¹ feletti pontos vetést és a megfelelő magkezelést (VOJVODIĆ, 2021), például motorikusan meghajtott maglehordószallag (WANG et al., 2022).

Automata sorszakaszolás: Pneumatikus, kuplungrendszerű elzárók végzik. Előnyei közé tartozik a csökkenő vetőmag-felhasználás, nincsenek átfedések, illetve könnyebb a sorközművelés (HAGYMÁSSY 2019).

A változtatható tőszámú vetés: VRD-Variable Rate Drive segítségével általában egy vagy két hidromotorral szabályozzuk a vetőtengely meghajtását, ezáltal a vetőmagnorma vetés közben megváltoztatható a vetésellenőrző rendszeren keresztül, ami a traktor fülkéjében elhelyezett kijelzőn látható. A precíziós tőszám mennyiség szabályozásának feltételei: elektromos vetőtengely-meghajtás, sebességérzékelés, GPS jel alapján. Tápanyag-ellátottság hozam adatok alapján, kijuttatási térkép készíthető a táblán belüli eltérő termékenységgű helyeknek megfelelően változtatható dózis alapján (ILLÉS et al., 2021).

A leszorítóerő szabályozása: A már említett problémák tekintetében (lásd. A talaj-mag kapcsolatának ismertetése és a mélységállítás, valamint a leszorítóerő állítás fontossága c. bekezdés) új technológiák születtek a hagyományos leszorítóerő és mélység szabályozás

optimalizálására, amely lehetővé teszi a valós idejű beállítást a változó táblaviszonyokhoz a vetőgép teljesítményének javítása érdekében. Az aktív leszorítóerő-rendszereket úgy fejlesztették ki, hogy a mechanikus tekercsrugókat hidraulikus vagy pneumatikus hengerekre vagy légzsákokra cserélik (PONCET, 2016). A terhelésérzékelő által érzékelt mérőkerekre kifejtett leszorítóerőt pedig a központi processzor vagy a vezérlő automatikusan, valós időben figyeli és állítja be a művelet során, a változó talajviszonyoknak megfelelően. A meglévő leszorítóerő-szabályozó rendszereket főként néhány jól ismert vállalat fejleszti, mint például a John Deere (USA) aktív pneumatikus leszorítóerő rendszer Seed Star ellenőrző technológiával, Precision Planting (USA) Airforce és DeltaForce leszorítóerő-vezérlő rendszer 20/20 SeedSense ellenőrzőrendszerrel és AG Leader (USA) SureForce hidraulikus vezérlőrendszer InCommand monitorral. Ezek a rendszerek nagy stabilitást és alkalmazkodóképességet biztosítanak még a többsoros vetőgépek számára is. Hazánkban azonban korlátozott figyelem irányul a mérőkerekre kifejtett leszorítóerőnek a kukorica fejlődésére gyakorolt hatásaira.

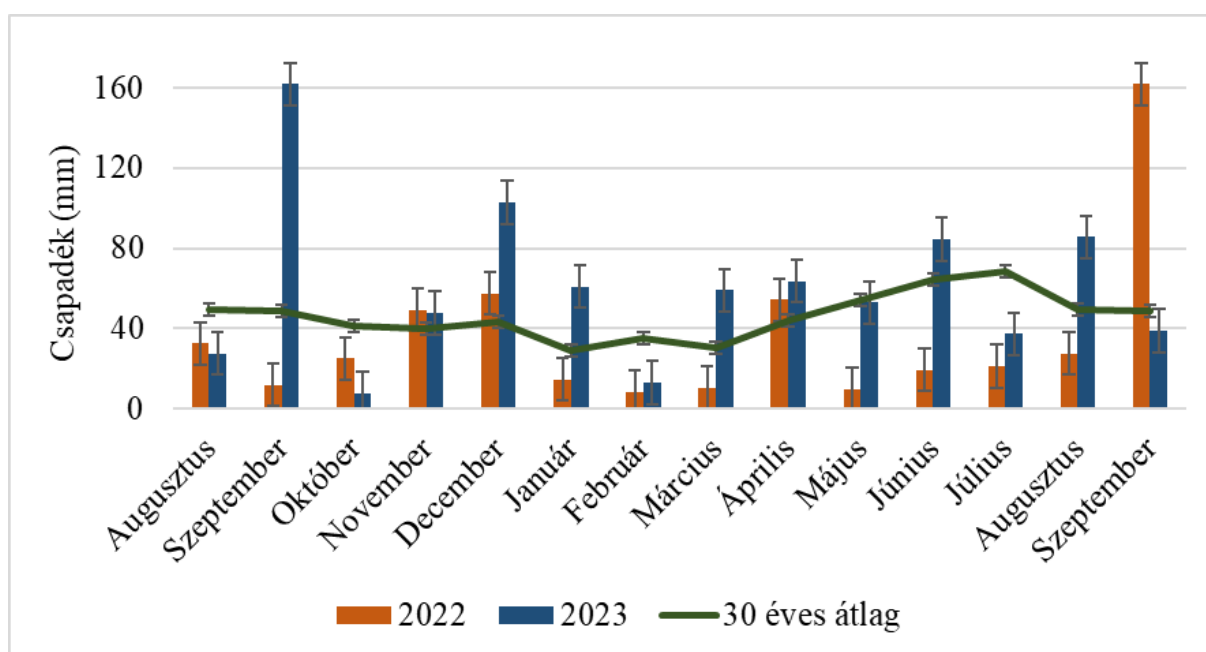
A kínai származású HUANG társaival együtt (2015) egy pneumatikus leszorítóerő-szabályozó rendszert tervezett, amely légrugókat alkalmaz és a mérőkerék gumiabroncsához csatlakoztatott piezoelektromos filmérzékelőket választja ki a vetési leszorítóerő figyelésére. Továbbá WEIQIANG és csapata (2018) kifejlesztett egy hidraulikus leszorítóerő-szabályozó rendszert a mélység-szabályozó fogantyú tengelyfuratához szerelt tűs terhelésérzékelővel, hogy javítsa a vetésmélység stabilitását és egyenletességét.

Jelenleg ezek a rendszerek továbbra is elsősorban arra koncentrálnak, hogyan lehet megfelelő vetésmélységet garantálni, ahelyett, hogy a vetés során alkalmazott leszorítóerő növényfejlődésre gyakorolt hatását tulajdonítanák fontosnak. Hiszen a teljes vetésmélység biztosítása nem jelenti azt, hogy az alkalmazott leszorítóerő beállítás is ideális a növény fejlődéséhez (HUIRONG, 2020).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérlet helyszíne:

A kutatásaimat a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Látóképi kísérleti telepén végeztem a hajdúsági löszháton, mészlepedékes csernozjom talajon állítottuk be. A talaj fizikai tulajdonsága a vályog kategóriába sorolható. Kémhatása közel semleges, humusz tartalma közepes, humuszcsepp vastagsága 80 cm körülire tehető. Foszfor ellátottsága közepes, kálium ellátottsága közepes-jó. Talajvíz mélysége 3-5 méter mélyen található, de csapadékos évjáratokban sem emelkedik 2 méter fölé.



1. ábra 2021-2022 és 2022-2023 Tenyészedőszak csapadékmennyisége (forrás: Látókép)

A talajban lévő vízkészlet már 2021. júniusától, aszályos periódus következtében, folyamatosan csökkent (1. ábra). A vízkészlet feltöltődése a téli félév időszakában elmaradt, ugyanis a vetésig eltelt időben a harminc éves átlaghoz képest -139 mm-el kevesebb csapadék hullott. A vetéstől a betakarításig -70,1 mm csapadékkal hullott kevesebb. Azonban, ha nem veszem figyelembe a szeptember kiugró értékét - amely hónap már a kukorica érési időszaka, tehát az ilyenkor lehulló csapadék érdemben a termés mennyiségét nem befolyásolja - azt tapasztaltam, hogy -177,3 mm-el kevesebb volt a csapadék mennyisége a 30 éves átlaghoz viszonyítva.

A 2022-2023-as tenyészedőszakot vizsgálva, megállapítható, hogy ez az időszak a csapadék szempontjából kedvezően alakult a kukorica igényeit tekintve. A 2022-es időszak őszi

és téli hónapjaiban a talaj vízkészletének feltöltődése kedvezőbben alakult az előző időszakhoz képest és ez kihatással volt a 2023-as tenyészidőszakra is (1. ábra). A kukorica tenyész időszakában, áprilistól szeptemberig terjedő időszakban a 2023-as csapadék mennyiség (324 mm) volt, ez 191,9 mm-el több csapadékot jelent ebben az időszakban, mint a 2022-es év ezen időszakában, illetve a 30 éves átlaghoz viszonyítva ez a csapadék mennyiség 42,74 mm-el volt több. Ezen adatok alapján megállapítható, hogy a csapadék mennyisége a kukorica igényeit figyelembe véve a 2023-as év megfelelőbb volt, mint a 2022-es év.

A kísérleteben alkalmazott Precision Planting és a Kite Zrt. által forgalmazott John Deere 1725NT vetőgép és alkatrészeinek bemutatása:

A kísérletben használt Precision Planting vetőgép egy egyedileg épített konstrukció, amelyet a magyarországi kísérletekhez építettek és szabtak személyre. A vetőgép vázát egy Sky nevű angol-francia cégtől vették. A 4 soros vetőgépen a vetőkocsik a Precision Planting Ready Row Unit-ok (2. ábra), egységek. Ugyanilyen felépítésű vetőgép van alkalmazásban a White nevű Egyesült Amerikai Államokbeli vállalatnál is, White 9000 néven. A vetőgépen alkalmazott technológia Precision Planting.

A 2023-as kísérleti vetés során alkalmazott John Deere 1725NT szemenkénti precíziós vetőgép (3. ábra) szintén Precision Planting egységekkel van felszerelve. A KITE Zrt. ezen vetőgépet a mindössze 3 méteres szállítási szélessége és a gyors, könnyű mozgathatósága miatt kifejezetten a kisebb parcellákra ajánlja. A cég prospektusában továbbá olvasható, hogy 16 km h⁻¹ vetési sebességre is képes ez a vetőgép, ugyanolyan pontosság mellett, mint 8 km h⁻¹ vetés esetén. A vetőgépeken található egységek a következők: CleanSweep, DeltaForce, vSet2, vDrive, SmartFirmer, Speed Tube, WaveVision, SmartDepth FurrowForce, (2020 Gen 3 monitor).

A legfontosabb egységek rövid ismertetése:

Monitoring és mérés:

20|20: A 20|20 rendszer valós időben figyeli, ellenőrzi és diagnosztizálja a terepi körülményeket és a berendezés teljesítményét. A rendszer lényege, hogy a vetőgép minden eszköz egységére, illetve a vetőmag helyzetére is rálátásunk legyen.

Leszorító erő kontrollálás:

DeltaForce: Egyetlen leszorítóerő-beállítás futtatása egy teljes táblán termésveszteséget okoz, mivel a beállítás ritkán megfelelő, hiszen a még sokszor homogénnek tekinthető talajok is heterogenitást mutatnak táblán belül. A *DeltaForce* egy automatizált, soronkénti leszorítóerő-szabályozó rendszer, amely minden alkalommal méri és beállítja a leszorítóerőt, amikor a szántóföldön ingadozások mutatkoznak, így a növények az optimális terméshozamot érik el. A *DeltaForce* a jelenlegi vetőgép rugókat vagy légzsákjait hidraulikus hengerekre és mérőcellákra cseréli, amelyek mérik, hogy mekkora súly nehezedik a sorégység mérőkerekeire, és konzisztens marad. A kezelő beállítja a súlyt a mérőkereken, a *DeltaForce* pedig automatikus állításokat végez, ugyanazt a súlyt megtartva minden sor mérőkerekein, még a szántóföld vagy a berendezés változásai között is. A *DeltaForce* segítségével kiküszöbölhető a tömörítésből adódó rejtett termésveszteség, és minden sor a beállított mélységbe kerül.

A sorégység összetevői:

Kész sorégység: A Precision Planting Ready Row Unit egy olyan megoldás, amely lehetővé teszi a meglévő vetőgép keretének megtartását, de az új sorégységekre és technológiára való frissítést egy új vetőgép költségének töredékéért.

Mérő szerkezeti egységek:

vSet: A hagyományos vetőmag-mérőket folyamatosan módosítani kell a pontos vetés érdekében, ami kihagyáshoz, megduplázáshoz és végső soron termésveszteséghez vezet. A *vSet* vetőmag-adagolók minden beállítás nélkül pontosan különítik el a magokat, így tökéletes magelhelyezést biztosítanak a táblán.

vDrive: A *vDrive* egy karbantartást nem igénylő elektromos hajtásrendszer, amely a mechanikus hajtásrendszer okozta nehézségek nélkül teszi lehetővé a vetést.

Vetőmag leszállító egységek:

WaveVision: A *WaveVision* egy vetőmag-érzékelő, amely csak a magokat számolja, a port és egyéb szennyeződéseket nem, így biztosítva, hogy a monitoron látható populáció az általunk beállított vetési populáció.

SpeedTube: A legtöbb vetési időszaknak vannak olyan időjárási kihívásai, amelyek megnehezítik az összes tábla ideális körülmények közötti elvetését. A *SpeedTube* egy magszállító rendszer, amely lehetővé teszi a vetési sebesség növelését a teljesítmény

feláldozása nélkül. A lehordószalag használata 12 km h^{-1} feletti vetési sebességnél ajánlott, ugyanis ekkor már a magok a hagyományos ejtőcsövekben megpattanhatnak, így előfordulhat a nem megfelelő tőtávolság. A SpeedTube kiküszöböli ezt a problémát, mivel a vetőmagokat a vSet2 adagolótól a talajig kontrollált körülmények között jut el. A SpeedTube a Precision Planting más rendszereivel kombinálható egy nagy sebességű vetési rendszer részeként, amely biztosítja, hogy a terméspotenciál ne csökkenjen. A SpeedTube két adagolókeréket használ a magvak lehúzására a vSet tárcsáról, ahonnan egy végtelenített szalagba, majd a vetőárokba kerül. Az eredmény megfelelő távolságban elhelyezett magok.



2. ábra A Precision Planting által épített vetőgép, amivel a kísérleti vetést 2022-ben végeztük (saját forrás)



3. ábra A KITE Zrt. által forgalmazott vetőgép, amivel a kísérleti vetést 2023-ban végeztük (saját forrás)

Egy tipikus vetőmagvezető csövet alacsony fordulatszámú működésre terveztek és egyszerű felépítésű. A vetőmagok nagy sebességgel történő vetésekor súlyos ütközés következik be a magok és a vetőmagvezetőcső belső fala között, ami csökkenti a vetőmag kihelyezési pontosságát és egyenetlen vetést eredményez. A hevederes vetőmagvezető

berendezés szinkron magszállítást alkalmaz a vetőmag szállítószalagon keresztül, ami csökkenti a vetőmag szállítása során bekövetkező heves ütközéseket, biztosítja, hogy a vetőmagok egyenletes és rendezett állapotban kerüljenek ki a vetőmag adagolóból és megfeleljen a precíziós vetőgépek igényeinek. Nagy sebességgel képes üzemelni. A Precision Planting vállalat által megalkotott magbefogadó rendszerrel ellátott szalagos gyors kukorica vetőmag-vezető berendezés (SpeedTube) képes aktívan visszatartani a kukorica magvakat, amint azok a magtárcsáról a magüregbe kerülnek, javítva a stabilitásukat és lehetővé téve a nagy sebességű, precíz vetést. (RAB-SZADECZKI 2022, PRECISIONPLANTIN.COM 2023).

1. táblázat A 2022-es és 2023-as kísérleti beállítások agrotechnikai elemeit összefoglaló táblázat

Művelet	2022-es kezelés	2023-as kezelés
Szántás	2021.10.08. mélyszántás	2022.10.28. mélyszántás
Szántás lezárás	2022.03.02. kombinátor	2023.03.03. kombinátor
Műtrágyaszórás + kombinátor	2022.03.28. 135 kg N hatóanyag	2023.03.20. 135 kg N hatóanyag
Vetés	2022.04.26.	2023.04.23.
Vegyszeres kezelés	2022.05.13. Laudis 2 l ha ⁻¹	2023.05.12. Laudis 2 l ha ⁻¹
Mechanikai gyomirtás	2022.05.24. 2022.05.31. sorközművelő kultivátor	2023.06.05. sorközművelő kultivátor
Öntözés	2022.07.03. 2022.07.16. 30-30 mm	2023.07.25. 25 mm
Betakarítás	2022.10.05. Sampo parcella kombájn	2023.10.02. Sampo parcella kombájn

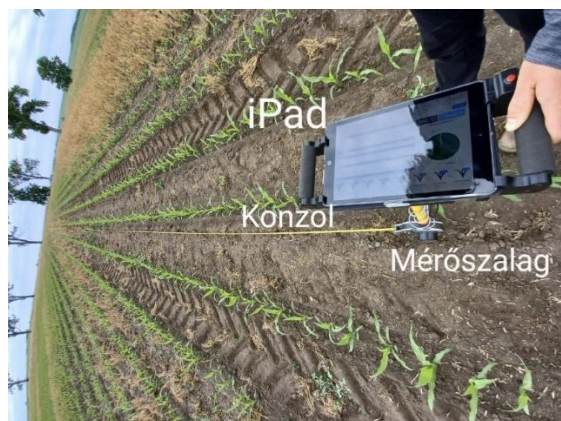
A kísérlet során a DKC5182 (FAO 450-480) hibridet használtam. Ez egy középértékű, jó termőképességű és szárerősségű, betegségekkel szemben ellenálló kukorica hibrid, amely lehetővé teszi a kísérletben is alkalmazott innovatív technológiák megvalósítását. Mind a két vizsgált évben kukorica volt az elővetemény és az évenkénti agrotechnikai műveleteket az 1. táblázat tartalmazza. Minden parcellába 4 sor kukorica lett vetve 75000 ha⁻¹ tőszámra, 50 m hosszan.

Kelésfelvételezés módszere:

A vetést követő csírázás és kelés feltérképezéséhez kelési zászlókat alkalmaztam. Minden vizsgálni kívánt beállítási ismétlésből egy reprezentatív referencia sort kiválasztva, majd ezen sorok a szegélyt jelentő úttól 1 métert elhagyva 13,5 m keresztül megfigyeltem és zászlókkal megjelöltem a kikelt növényeket. Fontos az 1 méter elhagyása a művelő úttól, hiszen így elkerülhetjük a szél hatás miatt okozott esetleges hibákat a statisztikai adatok elemzésekor. A kelési zászlók négy féle színben a kelést követő négy napra voltak elosztva (zöld-DAY-1, kék-Day-2, sárga-DAY-3, piros-DAY4).

BBCH 10-es fenológiai fázisban történő térképezés Pogo Stick mérőeszköz segítségével:

Maga a POGO elnevezés egy, az iPaden futó applikációra utal. A POGO Stick eszköz egy tablet tartóból (4. ábra), Bluetooth adóvevőből, cserélhető akkumulátorból és egy mágneses mérőszalagból áll. A mérőszalag tengelyének forgásából számítja ki az applikáció a kultúrnövények közötti távolságokat. A mérés elkezdéséhez egy sor információt meg lehet adni: vetőgép típus, fajta/hibrid, területi adottságok stb. Minél több információt adunk meg, annál sokrétűbben használható a kapott mérés eredménye. Kötelezően viszont csak a vetés sortávolságát kell megadni a mintavételi területet el kell nevezni, meg kell adni, hogy ez hányadik minta az adott területen és hogy ki végzi a mérést. A mérési választható, hogy kelési hullámot vagy fejlettségi állapotot vizsgálunk (RAB-SZADECZKI, 2022).



4. ábra POGO mérőeszköz használat közben (saját forrás)

Vegyszeres kezelés, gyomírtás 2022.05.13-án és 2023.05.12-én történt, Laudis 2 l ha⁻¹ dózisban alkalmaztuk a növényvédőszert.

2022-ben sorközművelés 2 alkalommal történt, az első 2022.05.24-én, majd 2022.05.31-én a második. 2023-ban sorközművelésre egy alkalommal került sor 2023.06.05-én.

Címerhányás-virágzás idején 30 mm öntözővizet kapott a kísérlet 2022-ben, az első kezelés 2022.07.03-án történt, a második öntözési kezelés öntözővíz mennyisége szintén 30 mm volt, 2022.07.16-án.

A 2023-as év egy sokkal jobb évjáratú évnek ígérkezett, kevésbé volt aszályos ezen időszak, mint a tavalyi év, ezért itt egy alkalommal került sor öntözésre 2023.07.25-én, amikor 25 mm öntözővizet kapott az állomány lineár öntöző berendezés segítségével.

Betakarítás előtt a zászlókkal korábban megjelölt kukoricákról egyedi azonosítóval ellátott papírzacskókba begyűjtöttük a kukoricacsöveket, majd a fennmaradó sorok SAMPO parcella gabonakombájnnal lettek betakarítva 2022.10.05-én, illetve 2023.10.02-án. A betakarított termésből 1-1 kg mintákat vettünk, aminek a nedvességtartalmát Pfeuffer Granolyser NIR gabona gyorselemzővel megmértünk. A csőminták a termésképző elemek vizsgálatához lettek felhasználva, amin a sorok számát, valamint a soronkénti szemszámot számoltuk meg.

A felvételezéseket, valamint a mért adatokat statisztikailag feldolgoztam és IBM-SPSS statisztikai programcsomaggal kiértékeltem, a kísérleti eredményeket variancia-analízissel, korrelációs számítással értékeltem ki.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Mivel az általam használt szakirodalmak és a gyakorlati tapasztalatok alapján a kukorica optimális vetéssűrűsége 8 és 10 km h⁻¹ között változik a napjainkban Magyarországon alkalmazott technológiák esetén, ezért ezt vettem kiinduló pontnak a kísérlet beállítása során is.

A kísérletemben ennek okán az alábbi feltételek szerint kerültek megállapításra:

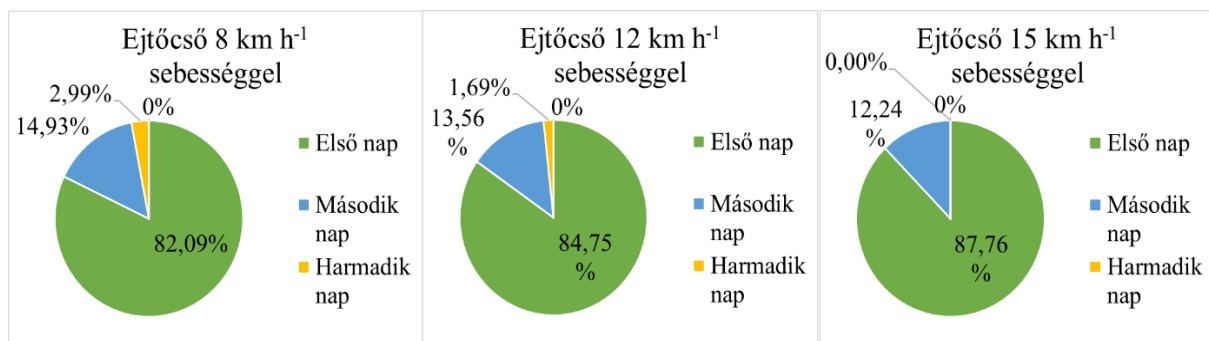
- egy hagyományos technológia esetén is alkalmazott 8 km h⁻¹ sebességű hagyományos ejtőcsöves beállítás
- egy valamivel gyorsabb 10 km h⁻¹ sebességű hagyományos ejtőcsöves beállítás, illetve egy fokozott sebességű 12 km h⁻¹ -s és egy 15 km h⁻¹ -s hagyományos ejtőcsöves beállítás
- egy gyors tempójú 15 km h⁻¹ sebességű vetés beállítás, amely esetén a SpeedTube rendszert alkalmaztam
- egy szélsőségesnek tekinthető 20 km h⁻¹ sebességű vetés beállítás, szintén a SpeedTube egységgel

A 10 km h⁻¹ vagyis a napjainkban legtöbbször alkalmazott vetéssűrűség kezelésen belül vizsgáltam a talaj-mag kapcsolat megfelelő kialakításáért felelős DeltaForce egységet is, itt három beállítást vizsgáltam, ezek a következők voltak:

- egy 23 kg automatikus lezserítő erővel rendelkező, könnyű beállítás
- egy 45 kg automatikus lezserítő erővel végzett, standard kezelés
- egy 68 kg lezserítő erővel rendelkező, nehéz beállítás

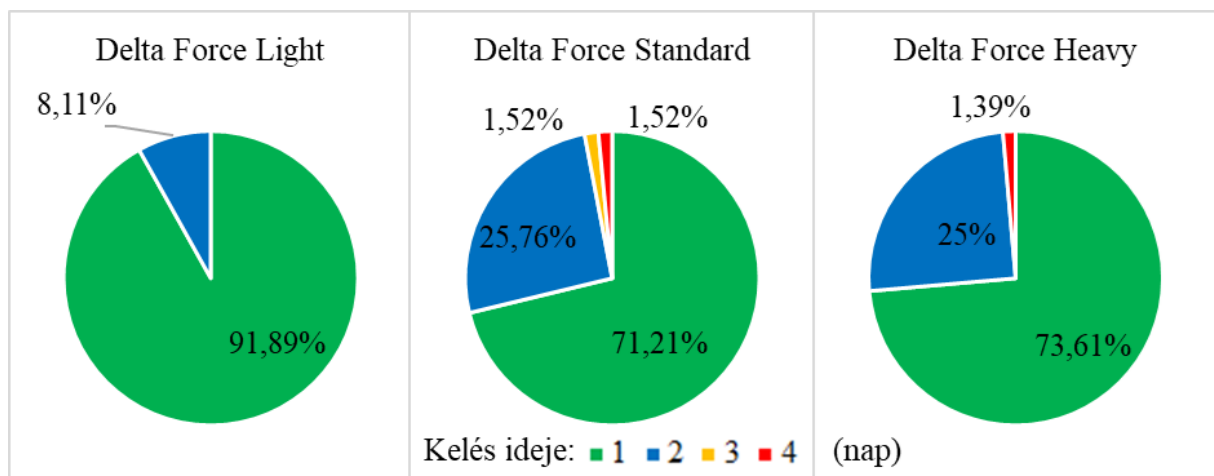
Az egyöntetű kelés fontos a kukorica megfelelő kezdeti, illetve későbbi fejlődésében, valamint a maximális terméspotenciáljának kihasználásában. A vetést követő napokban folyamatosan felvételeztem a parcellákat és az első kukoricák megjelenését vettem alapul, minden parcellában. A kelések átlagos időintervalluma 4 nap volt.

4.1. A 2022-es kísérleti időszak eredményeinek értékelése:



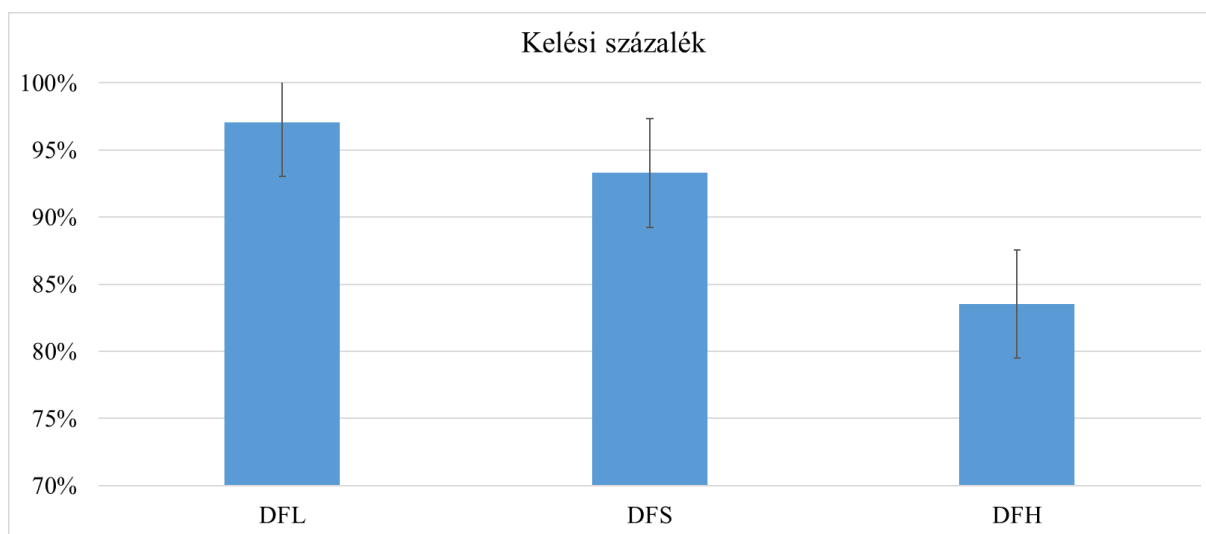
5. ábra Kelés egyenletessége a 8 km h⁻¹ a 12 km h⁻¹ és a 15 km h⁻¹ ejtőcsöves technológiában

A kutatásunk során elsődlegesen a kukoricanövények kelési egyenletességét vizsgáltuk, melynek érdekében összehasonlítottuk a 8 km h⁻¹ és a 12 km h⁻¹ sebességgel (5. ábra) elvetett magok kelési vontatottságát. Az eredményeink azt mutatták, hogy a lassabb sebességgel vetett 8 km h⁻¹ sebességű vetőgéppel elvetett kukorica kisebb mértékben, ugyanakkor vontatottabb kelést mutatott, mint az 12 km h⁻¹ sebességgel vetett magok esetében. Továbbá megfigyelhető, hogy a leggyorsabb, azaz a 15 km h⁻¹ sebességgel történő vetés eredményezte a legegyenletesebb kelést a vizsgált 3 esetben. Az első napra a kukoricák 87,76%-a már kikelt és a második napra pedig a maradék 12,24%-uk is kikelt. A 2022-es ejtőcsöves technológia esetén negyedik napra kelést nem tapasztaltam.



6. Ábra: Kelés egyenletessége 10 km h⁻¹ ejtőcsöves technológiában a különböző DeltaForce beállításokkal ábrázolva

A 10 km h^{-1} hagyományos ejtőcsöves vetés esetén a DeltaForce Light értékeket vizsgálva azt figyeltem meg, hogy a kukorica 91,89%-a már a vetéstől számított 4. nap kelt ki, a többi egyed egy napra rá búj ki, tehát a kelés egyöntetű volt (6. ábra). A terméskepző elemek, azon belül a soronkénti szemek számát vizsgálva azt figyeltem meg, hogy szignifikánsan nem volt eltérő az első és a második napon (Első: 20,35 db; második: 19,67 db) kelt egyedek közti eltérés. A sorok számában azonban már szignifikánsan nagyobb értékeket tudtam megfigyelni, mivel az első nap kelt egyedek átlaga 16,58 sor, a második napra kelt egyedeknél 17,67 sort számoltam meg. A csövenkénti szemszámban ugyancsak nem találtam szignifikáns különbséget (átlagosan: első nap: 351,91 db; második nap: 354 db). A parcellában 1 egyed kivételével mindegyik töről tudunk termést betakarítani. A Pogo műszerrel való vizsgálat alapján azt figyeltem meg, hogy a 30215,6 célpopulációból 30141,9 sikerült elérni, ami 99,76%-os kelési arányt jelent. A terméseredményeket vizsgálva megállapítottam, hogy a DeltaForce Light $5660,56 \text{ kg ha}^{-1}$ hozamot ért el, ami $326,42 \text{ kg ha}^{-1}$ kevesebb, mint a DeltaForce Heavy termése.

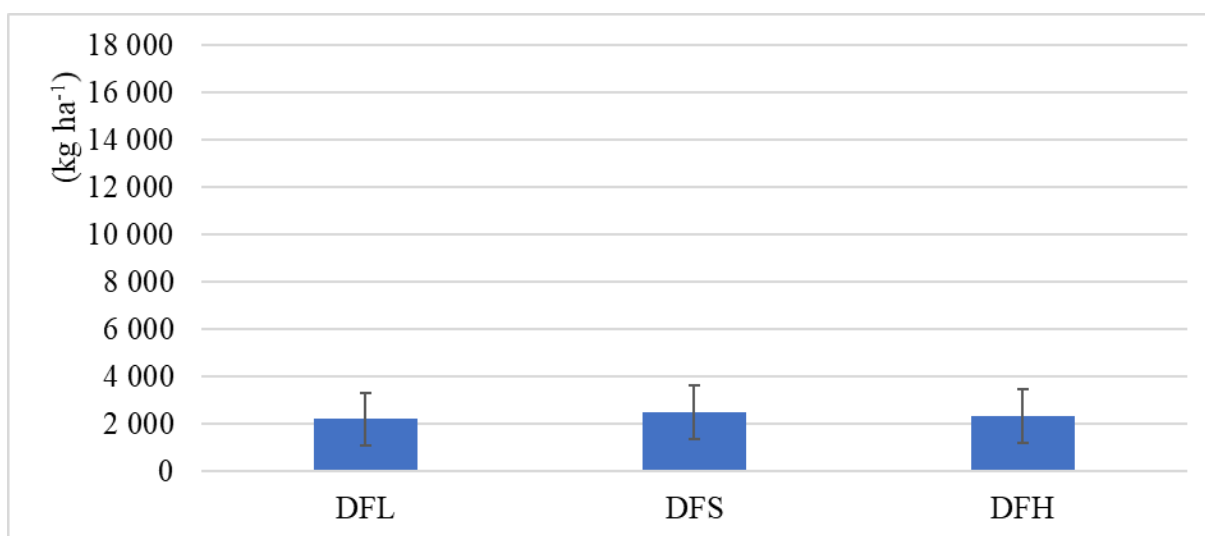


7. ábra Delta Force talaj tömörítés kelésre gyakorolt hatása

A kelési százalékokat vizsgálva a 7. ábra alapján azt tapasztaltam, hogy a vetést követő csapadék miatt a gyenge tömörítés kedvezett a csírázó növények számára, míg az erősödő tömörítés hatására egy közel lineáris csökkenést tapasztaltam.

A DeltaForce Standard értékeket megvizsgálva a kelés szempontjából a legvonatottabb volt, mivel az első kelési ciklusban csupán az egyedek 71,21%-a kelt ki, ami a DeltaForce Light és a DeltaForce Heavy értékeinél is rosszabbak. Második nap már az egyedek 25,76% búj ki

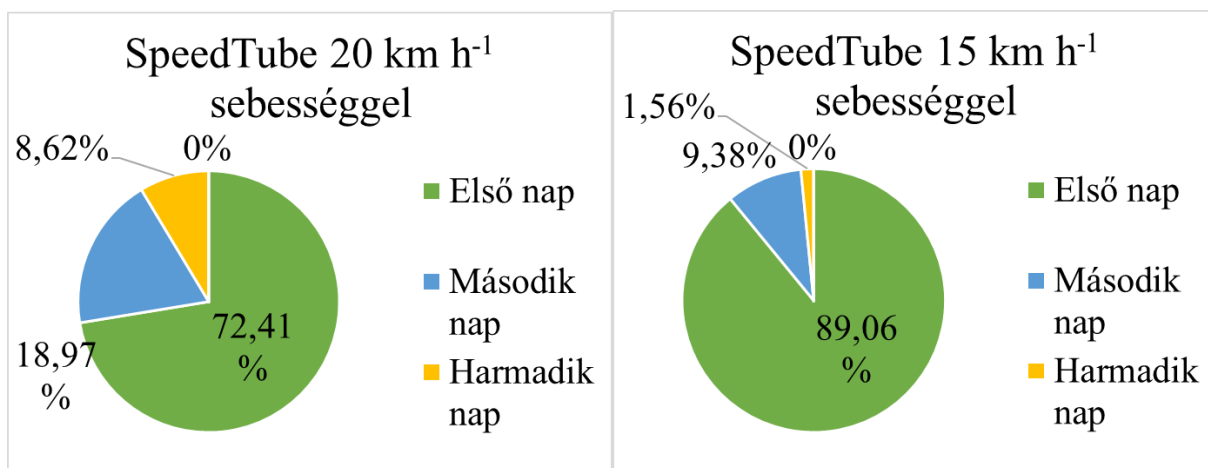
és 1-1 növény még kikelt a 3. és 4. nap is. A termésképző elemeket vizsgálva a soronkénti szemszámokban szignifikáns különbséget tapasztaltam mivel az első napra kelt egyedek átlagosan 19,4 db szemet, a második napra kelt egyedek 14,82 db szemet, a harmadik napra kelt egyed 10 szemet hozott soronként. A negyedik napra kelt kukorica, termést nem hozott. A soronkénti szemszám közt ismét találtam szignifikáns különbséget, mivel az első napra 16,26 sort a második napra pedig 14,59 sort tudtam megszámolni, harmadik napra pedig 10 sort tudtam megszámolni. A csövenkénti szemszámok közt is összefüggést találtam mivel az első napra kelt egyedek átlagosan 366,72 db szemet, a második napra kelt egyedek 309 db szemet, a harmadik napra kelt egyed pedig 100 db szemet hozott. Az első napra kelt kukoricák közül minden egyed hozott termést, míg a második napra kelt egyedek közül 1 db és a negyedik napra kelt egyed nem hozott termést. A Pogo műszerrel mért eredmények alapján a célpopuláció 30147 volt, amiből 28601 egyedet értünk el, ami ismét rosszabb eredmény volt a DeltaForce Light és a DeltaForce Heavy-től is. Azonban a terméseredményeket vizsgálva a legmagasabb termést tapasztaltam a DFS esetében mivel $7295,19 \text{ kg ha}^{-1}$ termést értünk el ami $1308,21 \text{ kg ha}^{-1}$ (DFL) és $1634,63 \text{ kg ha}^{-1}$ (DFH) több.



8. Ábra: Kukorica termése eltérő leszorítóerővel történő vetés esetén

A DeltaForce Heavy értékeit vizsgálva megfigyeltem, hogy a kelés vontatottabb volt a DFL-hoz képest mivel az első nap csupán a 73,61% kelt ki, majd 25% a második nap és végül 1,39% az utolsó nap búj ki. A termésképző elemeket vizsgálva a soronkénti szemszámokban szignifikáns különbséget tapasztaltam mivel az első napra kelt egyedek átlagosan 21,23 db

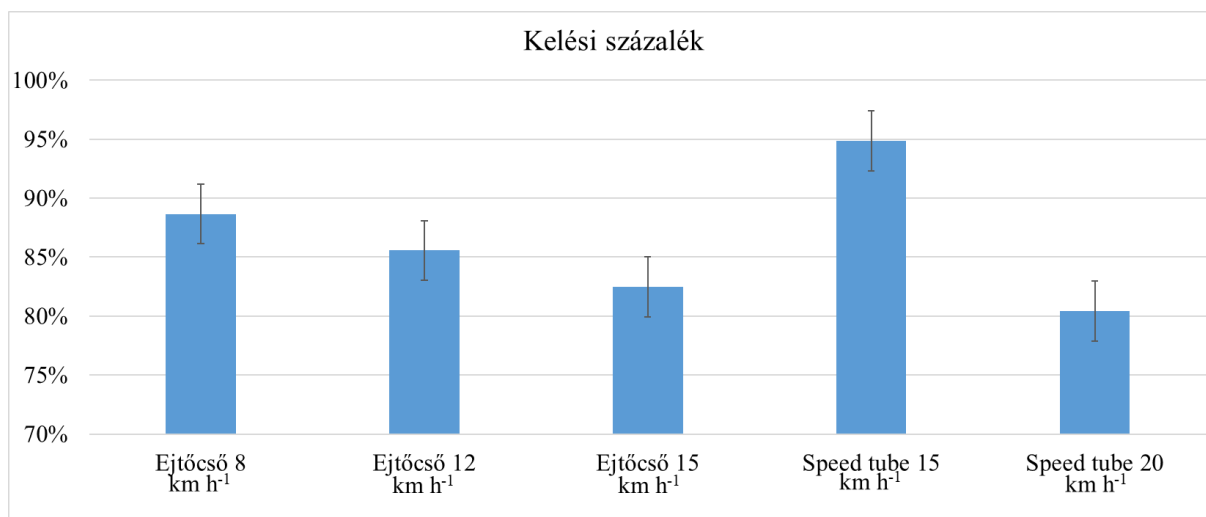
szemet, a második napra kelt egyedek 18,44 db szemet hoztak soronként. A harmadik napra kelt kukorica, termést nem hozott. A soronkénti szemszám közt azonban már találtam szignifikáns különbséget, mivel az első napra 16,15 sort a második napra pedig 14,67 sort tudtam megszámolni. A csövenkénti szemszámok közt is összefüggést találtam mivel az első napra kelt egyedek átlagosan 366,72 db szemet, a második napra kelt egyedek 309 db szemet hoztak. Az első napra kelt kukoricák közül 3 egyed, míg a második napra kelt egyedek közül 2 db és a harmadik napra kelt egyed nem hozott termést. A Pogo műszeres mérés eredményeit vizsgálva azt figyeltem meg, hogy a 30042 célpopulációból, 29369,82 sikerült elérni, ami 97,76%-os kelési eredmény. A terméseredményeket vizsgálva megállapítottam, hogy a DeltaForce Heavy 5986,98 kg ha⁻¹ hozamot ért el (8. ábra).



9. ábra Kelés egyenletessége a 15 km h⁻¹ és a 20 km h⁻¹ SpeedTube technológiában

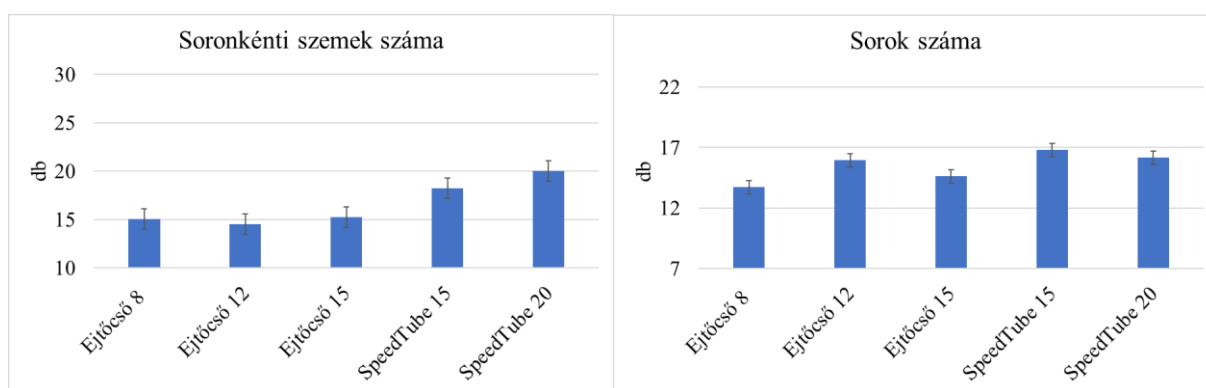
A SpeedTube fantázianévvel ellátott ejtőcsővel felszerelt vetőgéppel a 15 km h⁻¹ sebességgel értük el a legkedvezőbb első napra kikelt növények számát, 89.06% kelt ki, második nap már csupán 9,38% és a harmadik napra a maradék 1,56% bújta még elő (9. ábra). A 20 km h⁻¹ sebesség már nem volt ennyire kedvező, ugyanis a legvontatottabb kelést eredményezte. A korábban már ismertetett hagyományos ejtőcsővel felszerelt vetések is jobb eredményeket értek el.

A kelési százalékot is megvizsgáltam a kezelések szerint. A 10. ábrán megfigyelhető, hogy az ejtőcső megbízhatósága a vetés sebességének növelésével csökkent. A SpeedTube 15 km h⁻¹ hozta a legjobb eredményt azonban a leggyorsabb sebességnél már a SpeedTubbal szerelt gép kelési százaléka is alacsonyabb volt az ejtőcsövesekéhez képest.

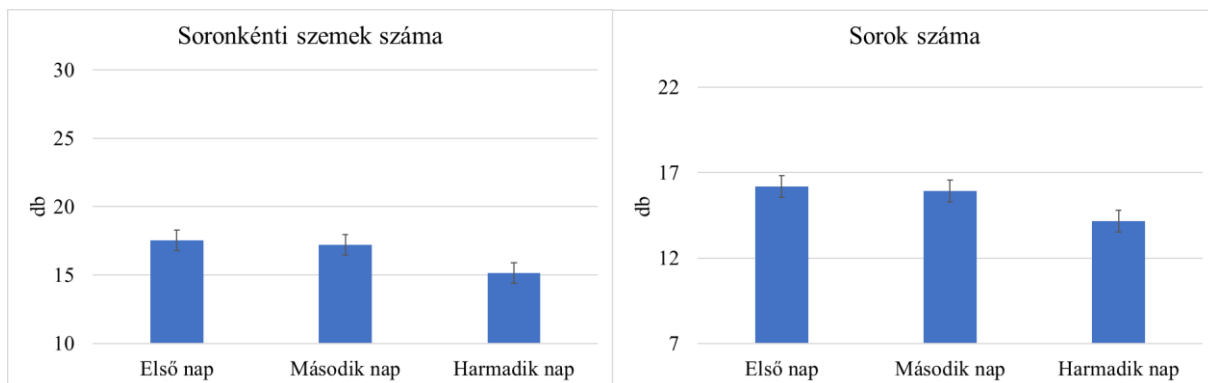


10. ábra A POGO műszer által mért kelési százalékok eloszlása különböző technológiák és sebességek szerint

A termésképző elemek esetében azonban a ritkább állomány kedvezőbb eredményeket hozott. A vontatott kelés és a kedvezőtlen évjárat ellenére öntözött körülmények között a SpeedTube-al felszerelt vetőgéppel vetett kukoricák esetében volt a legmagasabb a soronkénti szemek száma átlagosan. A sorok száma csupán a 8 km h⁻¹ és a 15 km h⁻¹, ejtőcsővel elvetett kukoricák esetében volt alacsonyabb (11. ábra). A SpeedTube-al felszerelt vetőgéppel elvetett kukoricán 16 és 18 soros csövek voltak, átlagosan 16,15 db, és 16,8 db.



11. ábra A soronkénti szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző technológiák és sebességek (km h⁻¹) szerint



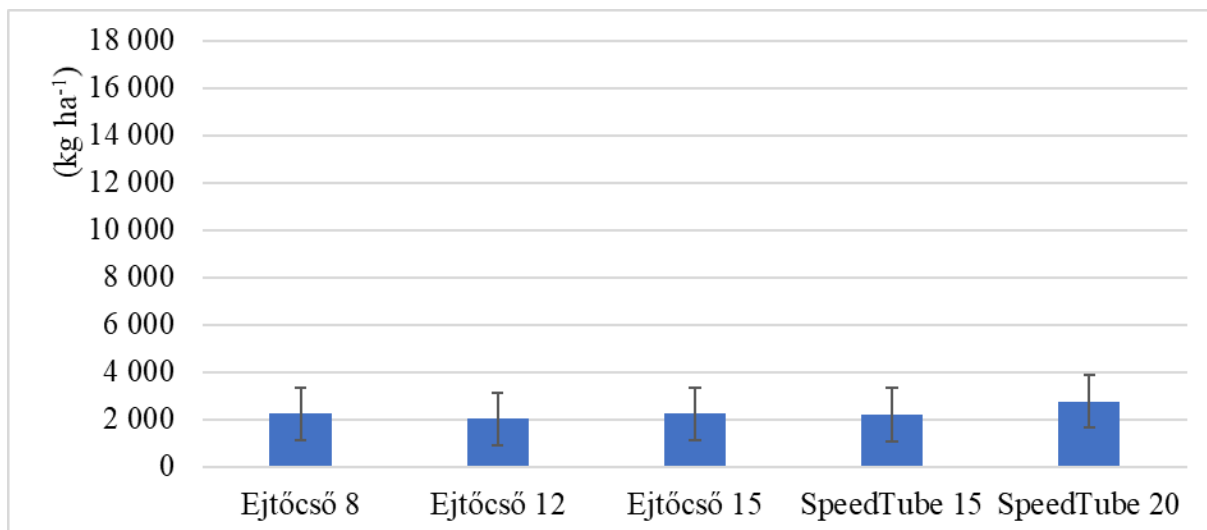
12. ábra A sorokénti szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző kelési időpontok szerint

Kelések ideje alapján is megvizsgáltam a sorokénti szemek számát. Itt azt tapasztaltam, hogy az első nap kikelt kukoricák hozták a legtöbb szemet, valamint a második napra kikelt kukoricák nem szignifikánsan, de alacsonyabb szemszámot értek el. A legalacsonyabb szemszámmal a harmadik napra kikelt kukoricák rendelkeztek, átlagosan soronként 15 szem volt az eredmény. A sorok számát tekintve hasonló tendencia állapítható meg. Az első két nap eredményei egymástól nem térnek el szignifikánsan. Átlagosan 16 sorosak voltak a termések, míg a harmadik napra kelt kukorica esetében 14 sort állapítottam meg átlagosan (12. ábra).

2. táblázat Pearson féle korrelációs vizsgálat eredménye

Korrelációk				
		Sorokénti szemek száma	Sorok száma	Kelés ideje
Sorokénti szemek száma	Pearson Correlation		0,523**	-0,027
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,637
	N			297
Sorok száma	Pearson Correlation			-0,104
	Sig. (2-tailed)			0,074
	N			297
** Szignifikáns P=0,01 szinten				

A termésképző elemek vizsgálata során felmért adatok alapján készítettem egy Pearson-féle korrelációs számítást (2. táblázat). Ez alapján a megállapításaim a következők: a sorokénti szemek száma és a sorok száma között szignifikáns különbséget, illetve szoros pozitív összefüggést találtam. Ezek alapján tehát következtetni lehet arra, hogy 2022-ben azon termések, amelyek sorainak száma több volt, azokon a csöveken a sorok is hosszabbak voltak.



13. ábra A termés mennyisége különböző technológiák és sebességek (km h⁻¹) szerint

A 2022-es év az elmúlt 30 év aszályos időszakai közül is kiemelkedik. Öntözés hatására tudtuk elérni a 14. ábrán szereplő termés mennyiségeket. A terméseredmények 2018,29 kg ha⁻¹-tól 2246,18 kg ha⁻¹-ig terjednek az ejtőcső esetében (13. ábra). A SpeedTube esetében pedig 2196,93 kg ha⁻¹ és 2769,62 kg ha⁻¹ termés figyelhető meg. Az ejtőcső eredményeit megvizsgálva megállapítottam, hogy a 8 km h⁻¹ és 15 km h⁻¹-val elvetett kukorica termése közt szignifikáns különbség nem tapasztalható. A 12 km h⁻¹-val elvetett kukorica pedig termés csökkenést mutatott a többihez képest. A SpeedTube 20 km h⁻¹-val elvetett kukorica érte el a legmagasabb 2769,62 kg ha⁻¹ termést. A SpeedTube 15 km h⁻¹ sebességgel történő vetés szintén nem mutatott szignifikáns különbséget az ejtőcsővel vetett kukoricához képest.

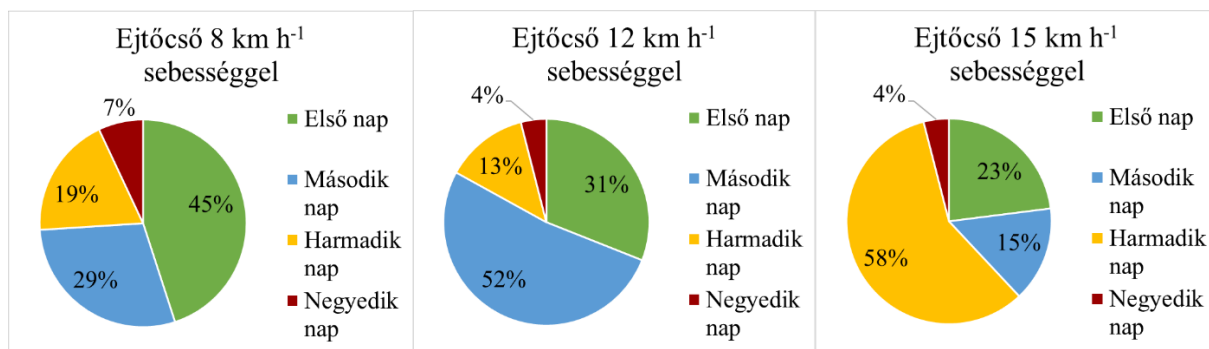
3. táblázat A termés paramétereinek összessége különböző technológiák és sebességek (km h⁻¹) szerint

	Soronkénti szemszám (db)	Sorok száma (db)	Termés (kg ha ⁻¹)
Ejtőcső 8 km h ⁻¹	15,06	13,73	2244,77
Ejtőcső 12 km h ⁻¹	14,52	15,95	2018,29
Ejtőcső 15 km h ⁻¹	15,27	14,64	2246,18
SpeedTube 15 km h ⁻¹	18,25	16,80	2196,93
SpeedTube 20 km h ⁻¹	20,02	16,15	2769,62

Végül, hogy komplexebb formában szemléltessem a 3. táblázatba szedtem össze az adatokat. A vetés sebessége a termésre az ejtőcső esetében csupán a 12 km h⁻¹ sebességnél mutatott szignifikáns eltérést. A SpeedTube esetében a 15 km h⁻¹ sebesség szintén nem mutatott

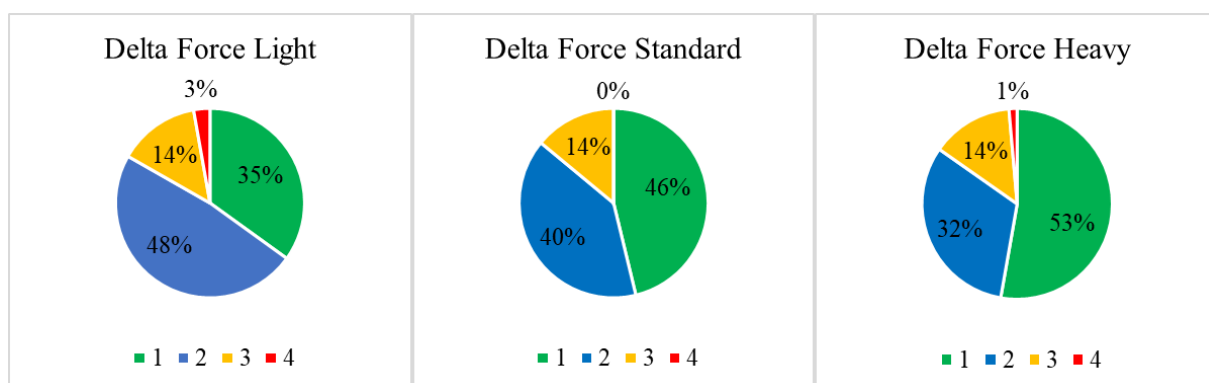
szignifikáns eltérést és ugyan terménynövekedést tapasztaltam a 20 km h⁻¹ sebességgel történt vetés esetén.

4.2. A 2023-as kísérleti időszak eredményeinek értékelése:



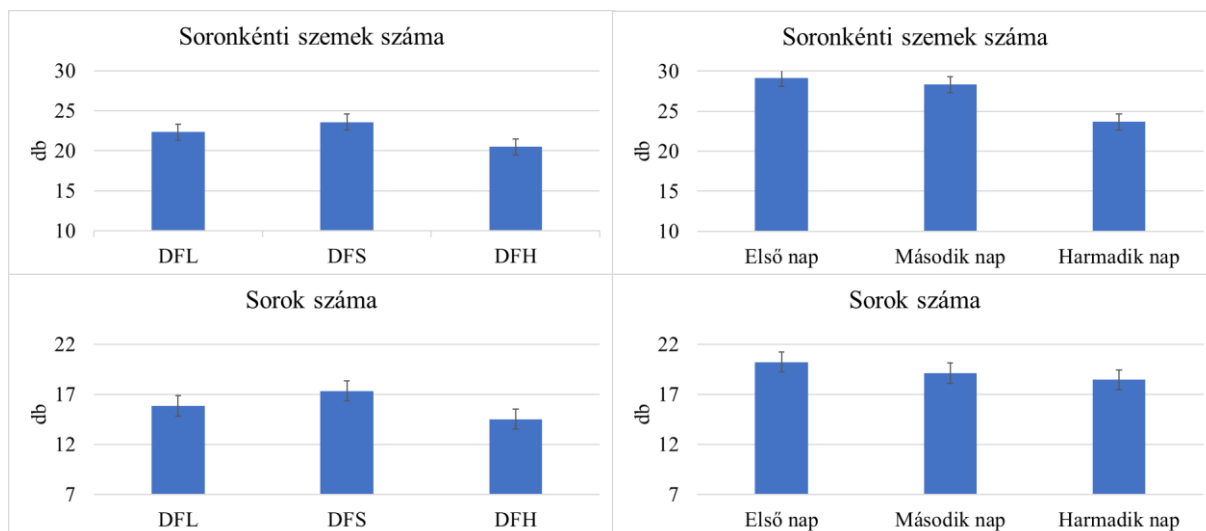
14. ábra Kelés egyenletessége 8 km h⁻¹ és a 12 km h⁻¹ és a 15 km h⁻¹ ejtőcsöves technológiában

A kukoricanövények kelési egyenletességét vizsgálva összehasonlítottuk a 8 km h⁻¹ és a 12 km h⁻¹ sebességgel elvetett magok kelési vontatottságát. Az eredményeink azt mutatták, hogy a lassabb sebességgel vetett 8 km h⁻¹ sebességű vetőgéppel elvetett kukorica kisebb mértékben, ugyanakkor vontatottabb kelést mutatott, mint az 12 km h⁻¹ sebességgel vetett magok esetében. Továbbá megfigyelhető, hogy a leggyorsabb, azaz a 15 km h⁻¹ sebességgel történő vetés eredményezte a legegyenletlenebb kelést a vizsgált 3 esetben. Az első napra csupán a kukoricák 23%-a kelt ki és a második napra is csak a 15%-uk, ellenben az állomány nagy része (58%) a harmadik napon kelt ki és további 4% a negyedik napon bújt ki a talajból (14. ábra).



15. ábra Kelés egyenletessége 10 km h⁻¹ ejtőcsöves technológiában a különböző DeltaForce beállításokkal ábrázolva

A 10 km h^{-1} hagyományos ejtőcsöves vetés esetén a DeltaForce Light értékeket vizsgálva azt figyeltem meg, hogy a kukorica 35%-a már a vetéstől számított 4. nap kelt ki, a legtöbb egyed a második napon, a maradék növény pedig a harmadik és negyedik napon kelt ki, vontatott volt a kelés (15. ábra).

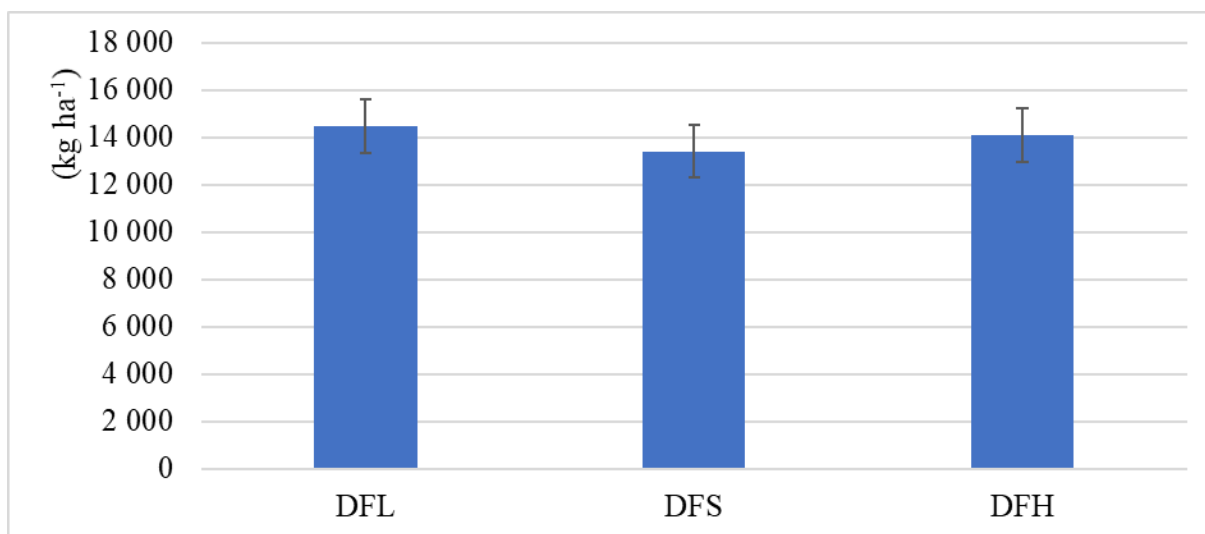


16. ábra A soronkénti szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző talajtömörítések hatására

A termésképző elemek, azon belül a soronkénti szemek számát vizsgálva azt figyeltem meg, hogy szignifikánsan nem volt eltérő az első és a második napon (16. ábra) (Első: 29,11 db; második: 28,33 db) kelt egyedek közti eltérés. A sorok számában sem találtam szignifikánsan eltérő értékeket megfigyelni, mivel az első nap kelt egyedek átlaga 20,22 sor, a második napra kelt egyedeknél 19,11 sort számoltam meg. A csővenkénti szemszámban ugyancsak nem találtam szignifikáns különbséget (átlagosan: első nap: 588,69 db; második nap: 541,48 db). A Pogo műszerrel való vizsgálat alapján azt figyeltem meg a DeltaForce Light beállítás esetében, hogy a 75000 célpopulációból 74779,23 sikerült elérni, ami 99,70%-os kelési arányt jelent. A terméseredményeket vizsgálva megállapítottam, hogy a DeltaForce Light $14464,5 \text{ kg ha}^{-1}$ hozamot ért el, ami $1054,88 \text{ kg ha}^{-1}$ több, mint a DeltaForce Standard termése.

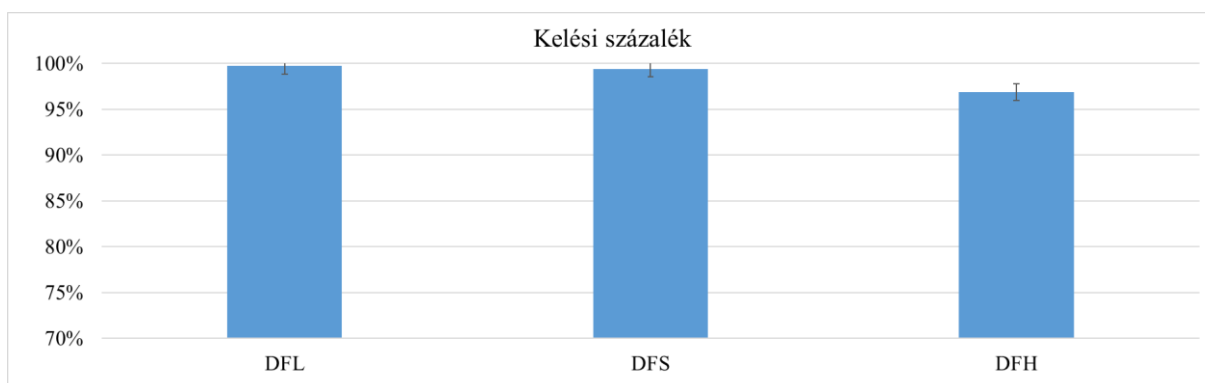
A DeltaForce Standard értékeket megvizsgálva a kelés szempontjából a legkevésbé vontatott volt, mivel az első és második kelési ciklusban az egyedek 86%-a kelt ki, ami a DeltaForce Light és a DeltaForce Heavy értékeinél is jobbnak tekinthető. Harmadik napra már az egyedek maradék 14%-a is kibújt. A Pogo műszerrel mért eredmények alapján a célpopuláció 75000 volt, amiből 74561,21 egyedet értünk el (99,41%), ami a legjobb eredmény

volt. Azonban a terméseredményeket vizsgálva a legalacsonyabb termést tapasztaltam a DFS esetében mivel 13409,61 kg ha⁻¹ termést értünk el.



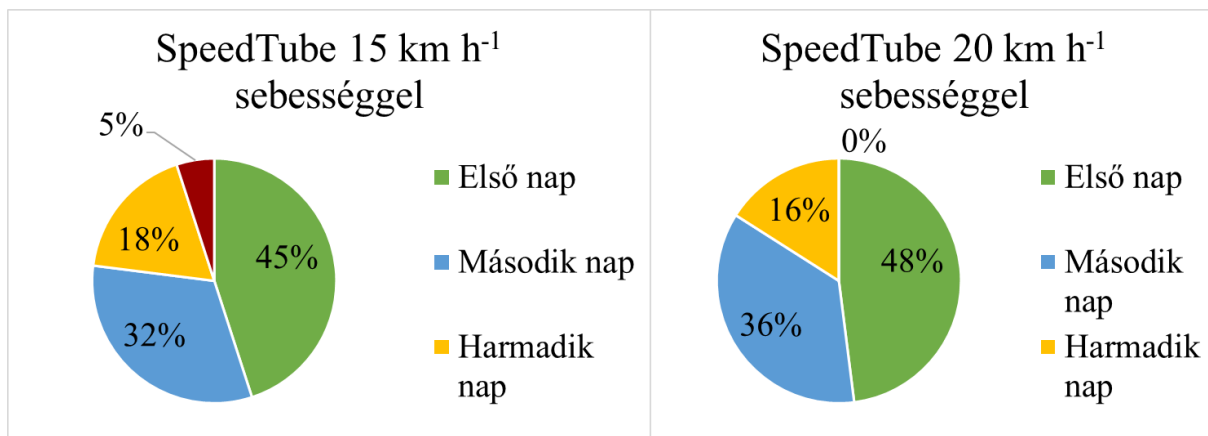
17. ábra: Kukorica termése eltérő leszorító erővel történő vetés esetén

A DeltaForce Heavy értékeit vizsgálva megfigyeltem, hogy a kelés kevésbé volt vontatott a DFL-hez képest mivel az első és második nap a növények 85%-a kelt ki, majd 15% a harmadik és negyedik napon kelt ki. A Pogo műszeres mérés eredményeit vizsgálva azt figyeltem meg, hogy a 75000 célpopulációból, 72654,81 sikerült elérni, ami 96,87%-os kelési eredmény. A terméseredményeket vizsgálva megállapítottam, hogy a DeltaForce Heavy 14097,67 kg ha⁻¹ hozamot ért el (17. ábra).



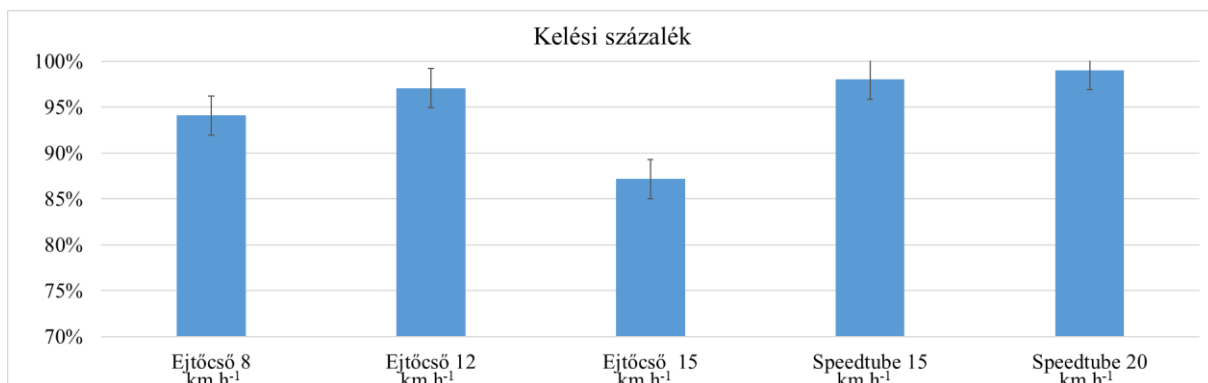
18. ábra Kelési százalék 2023-ban a POGO műszer alapján a különböző talaj tömörítések hatására

Összességében vizsgálva a kelési százalékokat azt tapasztaltam, hogy a Delta Force Light hozta azonban a Delta Force Standard szignifikánsan nem tért el tőle (18. ábra). A Delta Force Heavy kelési eredményei azonban alacsonyabbak voltak a többi kezeléshez képest.



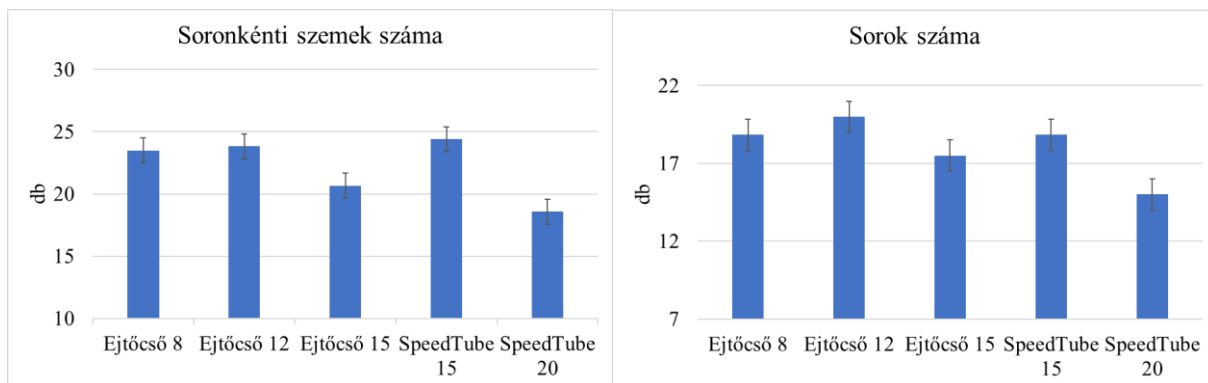
19. ábra Kelés egyenletessége 15 km h⁻¹ és a 20 km h⁻¹ SpeedTube technológiában

A SpeedTube fantázianévvel ellátott ejtőcsővel felszerelt vetőgéppel a 15 km h⁻¹ sebességgel az első napra kikelt növények száma 45%, második nap már csupán 32%, a harmadik napra 18% és a negyedik napra a maradék 5%-nyi növény bújt még elő. A 20 km h⁻¹ sebesség kissé kedvezőbb volt, ugyanis a növények 48%-a már az első napon megjelent, illetve a negyedik napon nem tapasztaltam újabb keléseket (18. ábra).



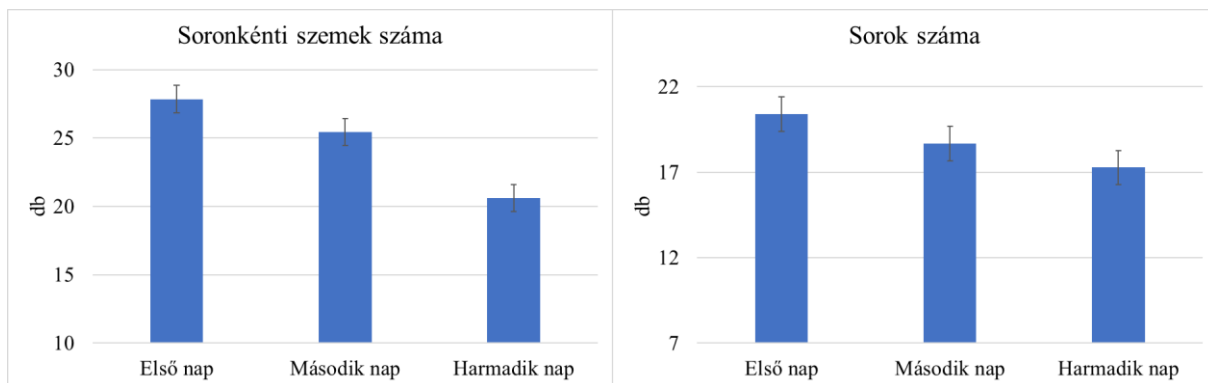
20. ábra Kelési százalék 2023-ban a POGO műszer alapján a különböző vetéssebességek alapján

A POGO műszerrel végzett mérések alapján azt figyeltem meg, hogy a 20. ábra alapján a SpeedTube 20 km h⁻¹, hozta a legjobb eredményt azonban szignifikánsan nem találtam különbséget a SpeedTube 15 km h⁻¹ és a SpeedTube 20 km h⁻¹, valamint a 12 km h⁻¹ kelési százalécai közt. A legrosszabb eredményt a 20 km h⁻¹ eredményezte 75%-kal.



21. ábra A soronkénti szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző technológiák és sebességek (km h^{-1}) szerint

A termésképző elemek vizsgálata során a soronkénti szemek számát illetően megállapítható, hogy a lassabb 8 km h^{-1} és 12 km h^{-1} sebességgel történt vetés esetében közel azonos eredmények figyelhetők meg, míg a hagyományos ejtőcsőves 15 km h^{-1} -s vetésnél alacsonyabb (20,67 db) értékeket találunk. A SpeedTube-al végzett ismétlések közül a 15 km h^{-1} -s vetés kedvezőbb eredményeket hozott, mint a 20 km h^{-1} -s SpeedTube-os ismétlés, ugyanis itt csak átlagban 18,58db szem volt egy sorban. A sorok számának vizsgálatánál is hasonló mintázatot tapasztalunk (21. ábra).



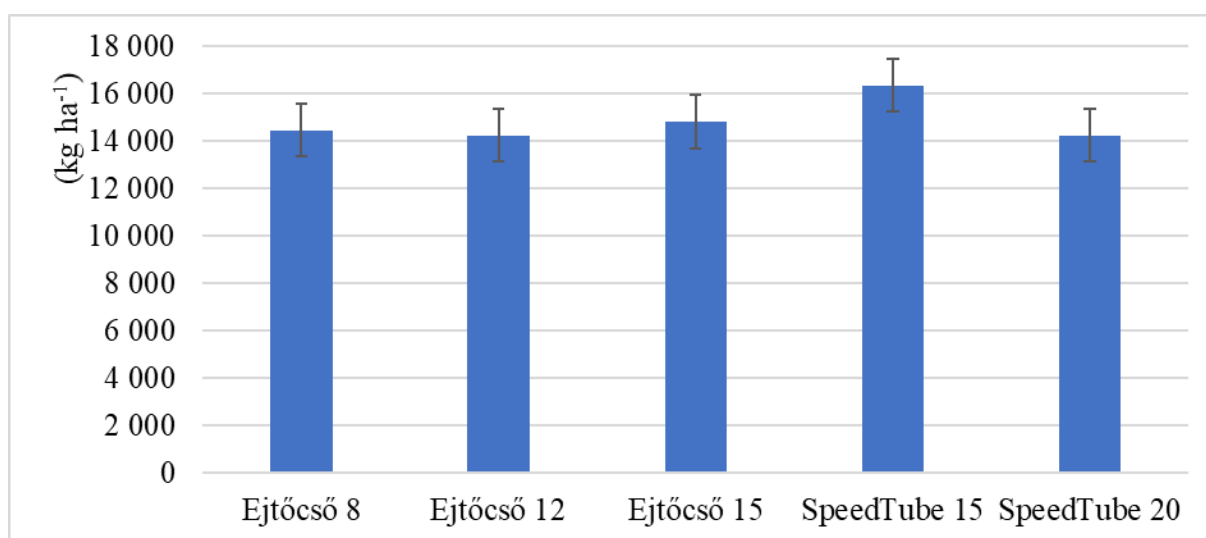
22. ábra A soronkénti szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző kelési időpontok szerint

Kelések ideje alapján is megvizsgáltam a soronkénti szemek számát (22. ábra). Itt azt tapasztaltam, hogy az első nap kikelt kukoricák hozták a legtöbb szemet, valamint a második napra kikelt kukoricák nem szignifikánsan, de alacsonyabb szemszámot értek el. A legalacsonyabb szemszámmal a harmadik napra kikelt kukoricák rendelkeztek. A sorok számát tekintve hasonló tendencia állapítható meg. Az első két nap eredményei egymástól nem térnek el szignifikánsan.

4. táblázat Pearson-féle korreláció eredménye a kelési napok és a termés képző elemek vizsgálatával

		Sorok száma	Szemek száma	Kelési napok
Sorok száma	Pearson Correlation	1	,951**	-,494**
	Sig. (2-tailed)			0,000
	N			120
Szemek száma	Pearson Correlation			-,612**
	Sig. (2-tailed)			0,000
	N			120
** Szignifikáns P=0,01 szinten				

Megfigyelve a 4. táblázat azt állapítottam meg, hogy a kelés ideje befolyásolja a sorok és a soronkénti szemek számát is. A később vontatottabb kelésű kukorica esetében a sorok száma csökken, valamint a soronkénti szemek száma is visszaesik. A két termés képző elemet összehasonlítva a magas összefüggést (0,951) annak tudható be, hogy azok a növények tudtak több sort, illetve több szemet kifejleszteni, amelyek kelése gyors volt.



23. ábra 2023. terméseredmények a különböző kezelések hatására (kg h⁻¹)

A terméseredményeket megfigyelve azt figyeltem meg, hogy a SpeedTube-bal magas vetési sebesség (15 km h⁻¹) ellenére (23. ábra) a hibrid itt érte el a legmagasabb termését. A többi kezelést vizsgálva nem találtam szignifikáns különbséget a kezelések terméseredményei között. Tehát a sebesség és ezáltal az óránkénti vetés teljesítmény növelésével a termés nem mutat szignifikáns változást. A talajtömörítés 2023-ban szintén nem mutatott szignifikáns eltérést, azonban a kelési százalékok vizsgálata során már tapasztalható szignifikáns különbség a különböző Delta Force beállítások között.

5. táblázat A termés paramétereinek összessége különböző technológiák és sebességek (km h^{-1}) szerint

	Soronkénti szemszám (db)	Sorok száma (db)	Termés (kg ha^{-1})
Ejtőcső 8 km h^{-1}	23,50	18,87	14469,27
Ejtőcső 12 km h^{-1}	23,83	20,00	14258,30
Ejtőcső 15 km h^{-1}	20,67	17,50	14840,00
SpeedTube 15 km h^{-1}	24,41	18,83	16372,40
SpeedTube 20 km h^{-1}	18,58	15,00	14266,98

Végül, hogy összetettebb formában szemléltessem az 5. táblázatba foglaltam az adatokat. A vetés sebessége a termésre az ejtőcső esetében csupán a 15 km h^{-1} sebességnél mutatott szignifikáns eltérést. A SpeedTube esetében a 15 km h^{-1} sebesség szignifikánsan tért el a 20 km h^{-1} sebességgel történt vetéshez képest.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A kutatásom során a Precision Planting tervezte vetőgép több beállítás típusával végzett vetést hasonlítottam össze több szempont szerint, amivel vizsgáltam a DKC5182 (FAO 450-480) kukorica hibrid termőképességét, a termésképző elemek alakulását. A 2022-es év az elmúlt 30 év leginkább aszályos éve volt, úgy, hogy előtte több éve negatív vízmérleg jellemzi a szántóföldjeinket. A száraz téli hónapokat követően 2022-ben egy különösen száraz nyár következett. Az eredményeimet kiértékelve a 2022-es évben azt tapasztaltam, hogy a precíziós technológia által nyújtott teljesítménynövekedés nem minden esetben jár pozitív hatásokkal. A túlzottan nagy vetési sebesség miatt már a kelések vontatottsága is kedvezőtlenül alakult, de a terméseredmények a kelések elhúzódásának ellenére is meglepően jó eredményeket produkáltak a súlyos aszályos évben. Azokban a parcellákban, ahol a harmadik napra bújtak elő a kukoricák, ott a termés a legtöbb eredményben negatívan befolyásolta az eredményeimet. A sorok száma és a soronkénti szemek száma között szoros pozitív összefüggést találtam. A vetés sebessége a termésre az ejtőcső esetében csupán a 12 km h^{-1} sebességnél mutatott szignifikáns eltérést. A SpeedTube esetében a 15 km h^{-1} sebesség szintén nem mutatott szignifikáns eltérést és ugyan termésnövekedést tapasztaltam a 20 km h^{-1} sebességgel történt vetés esetén, ami a POGO műszerrel felmért alacsonyabb tőszámmal is magyarázható, mivel az aszályos évben a ritkább állomány bizonyult kedvezőbbnek. A méréseim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az ejtőcső esetében a sebesség növelésével a kelések vontatottsága megnőtt, mivel a 8 km h^{-1} -val vetett kukorica 74%-a az első és második napi kelési hullámban bújta elő, míg a 15 km h^{-1} esetében csupán a növények 38%-a tehát közel a fele kelt ki az első két napi kelési hullámban. A termésképző elemek kedvezőek voltak a 2023-as évben, ekkor az ejtőcsővel vetett kukoricák közül a leggyorsabb 15 km h^{-1} a sorok számában és a soronkénti szemek számában is alul maradt a lassabb vetési sebességhez képest. A SpeedTube 20 km h^{-1} esetében szignifikánsan kisebb értékeket figyeltem meg mind a két vizsgált paraméternél, míg a SpeedTube 15 km h^{-1} -nél szignifikánsan nem különbözött a lassabb, hagyományos ejtőcsővel vetett kukoricához képest. A terméseket vizsgálva összességében a 2022-es év egy igen aszályos év volt, ezért a sok éves átlag töredékét érte el Látóképen, míg a 2023-as vizsgálati évben a legtöbb vetési sebesség esetében 14 t ha^{-1} feletti terméseredményeket értem el, sőt a SpeedTube 15 km h^{-1} esetében 16 t ha^{-1} feletti volt a terméseredmény, szignifikánsan nagyobb érték volt a többi kezeléshez képest. A SpeedTube fantázia nevű ejtőcsővel ellátott vetőelemekkel vetett kukorica esetében szignifikáns eltérés nem

tapasztalható a kelés vontatottságában, ha a SpeedTube 15 km h⁻¹ és a SpeedTube 20 km h⁻¹ értékeket vizsgálom, azonban évjáratok közt a 2022-es évben a SpeedTube 20 km h⁻¹ esetében egyenletesebb kelést tapasztaltam. A POGO adatokat vizsgálva 2022-ben a vetést követő napon esőzés volt, ezért a kelést igen kedvezően befolyásolta, így annak eredményessége nagyon jól megfigyelhető a POGO adatokban. 2023-ban azonban egyértelműen kimutatható, hogy a sebesség növelésével a kelési százalék romlott, azonban a nem megfelelő túl gyenge és a túl erős talaj visszatömörítés is képes volt a kelés eredményességét drasztikusan befolyásolni. Eredményeim alapján alátámaszthatónak tűnik az az információ, miszerint a Precision Planting vállalat által forgalmazott SpeedTube rendszer valóban a magasabb vetési sebességre lett kifejlesztve és eredményesebben képes működni a relatíve gyorsabb vetéseknél.

Összehasonlítva a Delta Force Light és Delta Force Heavy 2022-es eredményeit, arra a következtetésre jutottam, hogy a mészlepedékes csernozjom talajon a kelés vontatottsága és a kelés eredményességét a Delta Force Heavy negatívan befolyásolta. A terméseredményeket figyelembe véve a kelési dinamika vizsgálata és azon egyedek termésképző elemeinek elemzése során arra a következtetésre jutottam, hogy a kedvezőbb térállásnak köszönhetően a Delta Force Standard a szárazság ellenére kedvezőbb kultúrállapotot jelentett a növények számára, mivel az egyedekre vetítve több tápanyagot és vizet tudott hasznosítani, ezáltal több termést hozott a populáció. A 10 km h⁻¹ sebesség esetében a különböző talajra ható tömörítések a 2022-es eredményekhez képest kisebb eltérést mutatott a 2023-as év. Azonban minden esetben az első két napi kelési hullámban kikelt a kukoricák 83%-86%-a. A terméseket vizsgálva a 10 km h⁻¹ vetési sebességnél az eltérő talajtömörítő erők esetében érdekes módon a száraz évben a legalacsonyabb erősségű hozta a legjobb termést. Míg 2023-ban, ami csapadékban jobban ellátott év volt, a legkisebb és a legnagyobb erőhatás adta a legjobb terméseredményeket, azonban szignifikáns eltérést nem tapasztaltam köztük.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kukoricatermesztés magas volumenére való tekintettel fontos, hogy a terméseredmények stabilak maradjanak, még olyan aszályal igen erősen sújtott években is, mint a 2022-es év volt. A kukoricanemesítő cégek a mai modern hibridek szárazságtűrő képességét fontosnak tartják, ezért a nemesítés fő irányvonalának tűzték ki. Ugyanakkor párhuzamosan az agrotechnika is sok fontos újítással szolgál a kukoricatermelők számára, amit a 2023-as évben jól be is lehetett mutatni. A precíziós gazdálkodás a leginnovatívabb agrotechnikai irányzat, amivel a termésbiztonság és a költségek hatékony csökkentésével ki tudjuk használni a termőföldjeinkben rejlő lehetőségeket és a hibridek által nyújtott genetikai potenciált.

A kutatásom során az egyedi tervezésű Precision Planting vetőgép több beállítás típusával végzett vetést hasonlítottam össze, több szempont szerint, amivel vizsgáltam a DKC5182 (FAO 450-480) kukorica hibrid termőképességét, termésképző elemek alakulását. A kutatásom Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Látóképi telepén végeztem. A hajdúsági löszháton, mészlepedékes csernozjom talajon lett beállítva a kísérlet. Az előző évek negatív vízmérlege után a 2022-es év az elmúlt 30 év legjobban aszály által sújtott éve volt. Az előző évi száraz téli hónapokat egy különösen száraz nyár követte. A soronkénti szemszámokat és a sorok számát vizsgálva 2022-ben összefüggést találtam, amit a Pearson-féle korrelációs egyenlettel igazoltam. A termésképző elemek vizsgálata és a terméseredmények szoros összefüggést mutattak, ezért fontos, hogy az egyedi produkció és a táblaszintű termés között egyensúly legyen, tehát a termesztett kultúra ne legyen önmaga konkurenciája a tápanyagért és vízért a vontatott kelés következtében. A hagyományos ejtőcsöves technológia esetén a vetéssebesség további növelése a kelés vontatottságára negatív hatással volt, azonban kifejezetten a nagy sebességű vetésre tervezet SpeedTube fantázia nevű ejtőcsővel ezt ellensúlyozni lehet egy bizonyos sebességig. A talajtömörítést a vetést követő csapadék szignifikánsan befolyásolja mert 2022-ben a vetést követő napon jelentős mennyiségű csapadék érkezett, míg 2023-ban a vetést követő 3-4 napra érkezett csekély mennyiség. 2022-ben ezért a kevésbé megtömörített talajból könnyen előbújtak a növények, azonban 2023-ban a Standard beállítás hozta a legkedvezőbb eredményt. A kísérlet további eredményeit 2024-ben is vizsgálni kívánjuk, valamint a 2023-ban a bennünk felmerült kérdésekkel kiegészítve tovább fogjuk folytatni.

IRODALOMJEGYZÉK

1. AKREA (2023): <https://www.akrea.hu/termek> Letöltve: 2023.10.18.
2. ÁRENDÁS T. (2000): A kukoricatermesztés korlátairól és lehetőségeiről. Magyar Mezőgazdaság. 32: Melléklet pp. 6-7., 2 p.
3. BALÁZS Á., HENSCH Á. (1889): Általános és különleges mezőgazdasági növénytermelés. II. Kötet. Magyaróvár, 92 p.
4. CAO X.; WANG Q.; XU D.; HUANG S.; WANG X.; WANG L. (2022): Design and Analysis of Pneumatic Downforce Regulating Device for No-Till Corn Planter. Agriculture. 12. 1513. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101513>
5. CSAJBÓK J. (2019): Silókukorica. 316-319. In: Integrált növénytermesztés 2. Alapnövények: (Szerk. PEPÓ P.) Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 359 p.
6. EPRS (2016): Precision agriculture and the future of farming in Europe. Scientific Foresight Study, IP/G/STOA/FWC/2013-1/Lot 7/SC5, December 2016 [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU\(2016\)581892_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_EN.pdf) (2022. 10. 18.)
7. ERDEINÉ KÉSMÁRKI-GALLY SZ. (2020): A precíziós gazdálkodás jelentősége a mezőgazdaság versenyképességében. Multidiszciplináris kihívások, sokszínű válaszok. 2. 2020. 43-58. <https://doi.org/10.33565/MKSV.2020.02.03>
8. FORD J.H., HICKS D.R. (1992): Corn growth and yield in uneven emerging stands. J. Prod. Agric. 5 (1), 185. <https://doi.org/10.2134/jpa1992.0185>.
9. FULTON J., PONCET A., MCDONALD T., KNAPPENBERGER T., SHAW J., BALKCOM K. (2015): Considerations for site-specific implementation of active downforce and seeding depth technologies on row-crop planters. Land. Technik.
10. GAÁL M., KISS A., PÉTER K., SULYOK D., TAKÁCSNÉ GYÖRGY K., DOMÁN CS., ILLÉS I., KEMÉNYNÉ HORVÁTH ZS. (2017): A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata. Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest. 170 p.
11. GAO J.; TAN F.; CUI J.; MA B. (2022): A Method for Obtaining the Number of Maize Seedlings Based on the Improved YOLOv4 Lightweight Neural Network. Agriculture. 12. 1679. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101679>
12. GAO Z.; LU C.; LI H.; HE J.; WANG Q.; HUANG S.; LI Y.; ZHAN H. (2022): Measurement Method of Collision Restitution Coefficient between Corn Seed and Soil Based on the Collision Dynamics Theory of Mass Point and Fixed Surface. Agriculture. 12. 1611. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101611>
13. GRAVEN L.M., CARTER P.R. (1991): Seed quality effect on corn performance under conventional and no-tillage systems. J. Prod. Agric. 4 (3), 366. <https://doi.org/10.2134/jpa1991.0366>.
14. GYÖRFFY B., I'SÓ I., BÖLÖNI I. (1965): Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
15. GYURICZA CS. (2019): A jövő nagy lehetősége -Óriási esély az agrárium előtt. Interjú. <https://www.naik.hu/hirek/a-jovo-nagy-lehetosege-oriasi-esely-az-agrarium-elott> (2022. 09. 30.)
16. HAGYMÁSSY Z. (2019): Korszerű gépesítési megoldások. 191-204. In: Integrált növénytermesztés 1. Általános növénytermesztési ismeretek: (Szerk. PEPÓ P.) Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 336 p.
17. HANNA H.M., STEWARD B.L., ALDINGER L. (2008): Soil loading effects of planter depth-gauge wheels on early corn growth. Appl. Eng. Agric. 26 (4), 551–556. <https://doi.org/10.13031/2013.24631>.

18. HUANG D., ZHU L., JIA H., YU T. (2015): Automatic control system of seeding depth based on piezoelectric film for no-till planter. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.* 46 (4), 1–8. <https://doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2015.04.001>.
19. HUIRONG J., DONGXING Z., YUNXIA W., LI Y., CHENLONG F., HUIHUI Z., HAILIANG W., YAOHUI Z., JINGCHUN P., TAO C. (2020): Development and performance evaluation of an electro-hydraulic downforce control system for planter row unit. *Computers and Electronics in Agriculture*. 172. 105073. ISSN 0168-1699. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105073>.
20. I'SÓ I. (1959): A kukorica vetésidőjéről. *Magyar Mezőgazdaság*. 14. 7: 8-9.
21. I'SÓ I. (1962): Vetésidő-kísérletek kukoricával. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1958-1960*. Szerk. I'só I. Akadémia Kiadó, Bp. 138-142. p.
22. I'SÓ I. (1966): Vetésidő-kísérletek kukoricával. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1961-1964*. Szerk. I'só I. Akadémia Kiadó, Bp. 224-232. p.
23. ILLÉS Á., BOJTOR C., SZABÓ A., NAGY J. (2022): Eltérő agrotechnikai paraméterek hatása a különböző kukoricahibridek kelésdinamikai és termésparamétereire szántóföldi tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 71. (1). 21-32.
24. ILLÉS Á., BOJTOR C., SZÉLES A., MOUSAVI S., TÓTH B., NAGY J. (2021): Analyzing the Effect of Intensive and Low-Input Agrotechnical Support for the Physiological, Phenometric, and Yield Parameters of Different Maize Hybrids. *Többváltozós statisztikai módszerek használata. Int. J. Agro.* 2021. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/6682573>
25. J. R. LAMICHHANE, E. SOLTANI (2020): Sowing and seedbed management methods to improve establishment and yield of maize, rice and wheat across drought-prone regions. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2. 100089. ISSN 2666-1543. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100089>.
26. JÓRI J. I. (2017): A jövő mezőgazdasága –Intelligens mezőgazdasági gépek (1.). *Agrofórum*. pp. 68-74. <https://agroforum.hu/lapszam-cikk/a-jovo-mezogazdasaga-intelligens-mezogazdasagi-gepek-1/> (2022.09.29.)
27. JÓRI J. I. (2019): A precíziós gazdálkodás gépesítési kérdései. https://mgi.naik.hu/system/files/uploads/2019-01/dr_jori_j_istvan_a_precizios_gazdalkodas_gepesitesi_kerdesei.pdf (2022.09.27.)
28. KARAYEL D.; GÜNGÖR O.; ŠARAUSKIS E. (2022): Estimation of Optimum Vacuum Pressure of Air-Suction Seed-Metering Device of Precision Seeders Using Artificial Neural Network Models. *Agronomy*. 12. 1600. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071600>
29. KEMÉNY G. – LÁMFALUSI I. – MOLNÁR A. (szerk.) (2017): A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata. *Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest*. 170 p. <https://doi.org/10.7896/ak1703>
30. KESZTHELYI S. (2005): A 2004. évi klimatikus tényezőinek hatása a kukorica fejlődésére, kártevőinek megjelenésére és kártételére. *Agrofórum Extra*. 10: 3-7.
31. KIANI S. (2010): Automatic on-line depth control of seeding units using a non-contacting ultrasonic sensor. *Int. J. Nat. Eng. Sci.* 6 (2).
32. LANCASHIRE, P.D.; H. BLEIHOLDER; P. LANGELOUDECKE; R. STAUSS; T. VAN DEN BOOM; E. WEBER; A. WITZENBERGER (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.* 119 (3): 561–601.
33. LAWLES, KYLE, RAUN, WILLIAM, DESTA, KEFYALEW, FREEMAN, KYLE (2012): Effect of delayed emergence on corn grain yields. *J. Plant Nutrit.* 35 (3), 480-496. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.639926>.

34. LI K.; GUO L.; PAN J.; LI M. (2022): Evaluation of Future Maize Yield Changes and Adaptation Strategies in China. *Sustainability*. 14. 9246. <https://doi.org/10.3390/su14159246>
35. LI Y. (2016): Research progress on precision planting technology of maize. *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery* 47.11.
36. 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), 1668–1672. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1668>.
37. MÁTÉ A. (2002): A kukorica termesztésről. *Agrárágazat*. II. 4: 6-7.
38. MENYHÉRT Z. (1985): A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 560 p.
39. MORRISON J. JR. (1988): Interactive planter depth control and pneumatic downpressure system. *Trans. ASAE* 31 (1), 14–18.
40. NAGY J. (2007): Kukoricatermesztés – Élelmiszer – bioenergia - takarmány. Akadémia Kiadó, Budapest. 394 p.
41. NAGY J. (2021): Kukorica A nemzet aranya- Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó, Budapest. 516 p.
42. NEWMANN J. E. (1982): Tips on timing corn planting. *Farmer's Digest*. Milwaukee. 45. 8: 5-8.
43. PEPÓ P. (2019): Vetéstechnológia. 262-266. In: Integrált növénytermesztés 1. Általános növénytermesztési ismeretek: (Szerk. PEPÓ P.) Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 336 p.
44. PONCET A. (2016): Optimization of standard depth control systems to improve row-crop planter performance in the Southeast US. Ph.D. Dissertation, Auburn University, December 10.
45. PRECISION PLANTING (2023): https://www.precisionplanting.com/agronomy_2023 Letöltve: 2023.10.18.
46. RAB A., SZADECZKI I. (2022): Szóbeli közlés. Precision Planting területi képviselők.
47. RAGHAVAN, G.S.V., MCKYES, E., GENDRON, G., BORGLUM, B., H. H., L.E. (1978): Effects of soil compaction on development and yield of corn (maize). *Can. J. Plant Sci.* 58 (2), 435–443. <https://doi.org/10.4141/cjps78-066>.
48. RAMAZAN M., KHAN G.D., HANIF M., ALI S. (2012): Impact of soil compaction on root length and yield of corn (zea mays) under irrigated condition. *Middle East J. Sci. Res.* 11 (3), 382–385.
49. SÁRVÁRI M., FUTÓ Z. (2000): Összefüggés a kukorica hibridek vetésideje, produkciója és a betakarításkori nedvességtartalma között csernozjomtalajon. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények*. 1:32-41.
50. SÁRVÁRI M. (2005): Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica adaptációs képességére és termésbiztonságára: 183-203 p. In: Kukorica adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása: (Szerk. NAGY J.) Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen.
51. SHI L.; ZHAO W.; HUA C.; RAO G.; GUO J.; WANG Z. (2022): Study on the Intercropping Mechanism and Seeding Improvement of the Cavity Planter with Vertical Insertion Using DEM-MBD Coupling Method. *Agriculture*. 12. 1567. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101567>
52. SHRESTHA J., KANDEL M., CHAUDHARY A. (2018): Effects of planting time on growth, development and productivity of maize (Zea Mays L.). *Journal of Agriculture and Natural Resources*. 1. 1:43-50.

53. SHUO, Y. A. N. G., ET AL. (2021): Design of On-line Seed Spacing Monitoring and Miss Seeding Warning System for Maize Precision Planting. *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*. 52.3.
54. SIVARAJAN S., MAHARLOOEI M., NOWATZKI J., BAJWA S. G. (2014): Soil Compaction: Impact of tractor and equipment on Corn growth, development and yield. *International Conference on Precision Agriculture*.
55. STAGGENBORG, S.A., (2004): Effect of planter speed and seed firmers on corn stand establishment. *Appl. Eng. Agric.* 20 (5), 573–580.
56. SZÉLES A., HUZSVAI L. (2020): Modelling the effect of sowing date on the emergence, silking and yield of maize (*Zea Mays* L.) in a moderately warm and dry production area. *Agronomy Research*. 18.2: 579-594.
57. TAKÁCSNÉ GY. K. ET AL. (2018): Precision agriculture in Hungary: assessment of perceptions and accounting records of FADN arable farms. *Studies in Agricultural Economics*, 120 (2018) pp. 47-54. <https://doi.org/10.7896/j.1717>
58. TORRES, GUILHERME M. (2012): Precision planting of maize (*Zea mays* L.). Oklahoma State University.
59. VOJVODIĆ M.; BAŽOK R. (2021): Future of Insecticide Seed Treatment. *Sustainability*. 13. 8792. <https://doi.org/10.3390/su13168792>
60. VONG, CHIN NEE, ET AL. (2022): Corn emergence uniformity estimation and mapping using UAV imagery and deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*. 198. 107008. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107008>
61. WANG W.; WU K.; ZHANG Y.; WANG M.; ZHANG C.; CHEN L. (2022): The Development of an Electric-Driven Control System for a High-Speed Precision Planter Based on the Double Closed-Loop Fuzzy PID Algorithm. *Agronomy*. 12. 945. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040945>
62. WEATHERLY E.T., BOWERS JR, C.G. (1997): Automatic depth control of a seed planter based on soil drying front sensing. *Trans. ASAE* 40 (2), 295–305.
63. WEIQIANG F.U., DONG J., MEI H., GAO N., CAIYUN L.U., ZHANG J., ET AL. (2018): Design and test of maize seeding unit downforce control system. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.*
64. XIAOJUN G.; GUANFU X.; JIANG L.; GUANGSI S.; QINGHUI L.; YUXIANG H.; (2023): Design and validation of a centrifugal variable-diameter pneumatic high-speed precision seed-metering device for maize. *Biosystems Engineering*. 227. Pages 161-181. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.02.04>.
65. ZELENÁK A.; SZABÓ A.; NAGY J.; NYÉKI A. (2022): Using the CERES-Maize Model to Simulate Crop Yield in a Long-Term Field Experiment in Hungary. *Agronomy*. 12. 785. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040785>
66. ZHANG C.; XIE X.; ZHENG Z.; WU X.; WANG W.; CHEN L. (2022): A Plant Unit Relates to Missing Seeding Detection and Reseeding for Maize Precision Seeding. *Agriculture*. 12. 1634. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101634>
67. ZHU H.; WU X.; QIAN C.; BAI L.; MA S.; ZHAO H.; ZHANG X.; LI H. (2022): Design and Experimental Study of a Bi-Directional Rotating Stubble-Cutting No-Tillage Planter. *Agriculture*. 12. 1637. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101637>
68. ZONG Z.; LIU G.; ZHAO S. (2020): Real-Time Localization Approach for Maize Cores at Seedling Stage Based on Machine Vision. *Agronomy*. 10. 470. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040470>

Táblázatok:

1. táblázat A 2022-es és 2023-as kísérleti beállítások agrotechnikai elemeit összefoglaló táblázat	21
2. táblázat Pearson féle korrelációs vizsgálat eredménye.....	30
3. táblázat A termés paramétereinek összessége különböző technológiák és sebességek (km h ⁻¹) szerint	31
4. táblázat Pearson-féle korreláció eredménye a kelési napok és a termésképző elemek vizsgálatával.....	37
5. táblázat A termés paramétereinek összessége különböző technológiák és sebességek (km h ⁻¹) szerint	38

Ábrák:

1. ábra 2021-2022 és 2022-2023 Tenyészidőszak csapadékmennyisége (forrás: Látókép)	17
2. ábra A Precision Planting által épített vetőgép, amivel a kísérleti vetést 2022-ben végeztük (saját forrás)	20
3. ábra A KITE Zrt. által forgalmazott vetőgép, amivel a kísérleti vetést 2023-ban végeztük (saját forrás)	20
4. ábra POGO mérőeszköz használat közben (saját forrás).....	22
5. ábra Kelés egyenletessége a 8 km h ⁻¹ a 12 km h ⁻¹ és a 15 km h ⁻¹ ejtőcsöves technológiában	25
6. Ábra: Kelés egyenletessége 10 km h ⁻¹ ejtőcsöves technológiában a különböző DeltaForce beállításokkal ábrázolva	25
7. ábra Delta Force talaj tömörítés kelésre gyakorolt hatása.....	26
8. Ábra: Kukorica termése eltérő leszorítóerővel történő vetés esetén	27
9. ábra Kelés egyenletessége a 15 km h ⁻¹ és a 20 km h ⁻¹ SpeedTube technológiában.....	28
10. ábra A POGO műszer által mért kelési százalékok eloszlása különböző technológiák és sebességek szerint	29
11. ábra A soronként szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző technológiák és sebességek (km h ⁻¹) szerint.....	29
12. ábra A soronkénti szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző kelési időpontok szerint.....	30
13. ábra A termés mennyisége különböző technológiák és sebességek (km h ⁻¹) szerint	31
14. ábra Kelés egyenletessége 8 km h ⁻¹ és a 12 km h ⁻¹ és a 15 km h ⁻¹ ejtőcsöves technológiában	32
15. ábra Kelés egyenletessége 10 km h ⁻¹ ejtőcsöves technológiában a különböző DeltaForce beállításokkal ábrázolva	32

16. ábra A soronként szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző talajtömörítések hatására	33
17. ábra: Kukorica termése eltérő leszorító erővel történő vetés esetén	34
18. ábra Kelési százalék 2023-ban a POGO műszer alapján a különböző talaj tömörítések hatására.....	34
19. ábra Kelés egyenletessége 15 km h ⁻¹ és a 20 km h ⁻¹ SpeedTube technológiában	35
20. ábra Kelési százalék 2023-ban a POGO műszer alapján a különböző vetésszélességek alapján	35
21. ábra A soronként szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző technológiák és sebességek (km h ⁻¹) szerint.....	36
22. ábra A soronkénti szemek számának és a sorok számának eloszlása különböző kelési időpontok szerint.....	36
23. ábra 2023. terméseredmények a különböző kezelések hatására (km h ⁻¹).....	37

NYILATKOZAT

.....**TAR ISTVÁN DÁVID**..... büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy a TDK dolgozat saját munkám eredménye. A felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, az irodalmi források korrekt kezelésének módját a szabályzatból megismertem, a TDK munkára vonatkozó jogszabályokat betartottam. Tudomásul veszem, hogy ezen körülmények megszegése esetén a dolgozatom visszautasításra kerül.

..........

aláírás