

SZAKDOLGOZAT

Takács Zoltán József

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Agronómia tanszék

Mezőgazdasági mérnöki alapképzési szak

**Változó tőszámú vetés hatása a kukorica különböző
termésparamétereire**

Belső konzulens:	Dr. Kende Zoltán egyetemi docens
Belső konzulens intézete/tanszéke:	MATE NTTI Agronómia tanszék
Készítette:	Takács Zoltán József ELFVT7

Gödöllő

2025

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	3
1. Szakirodalmi áttekintés.....	4
1.1. A kukorica származása és morfológiája.....	6
1.2. A kukorica termesztéstechnológiája.....	7
1.3. A változó tőszámú vetés koncepciója és történeti áttekintése.....	10
1.4. A megfelelő tőszám megválasztása.....	11
1.5. A tőszám és a termés minőségének kapcsolata.....	12
1.6. A megfelelő tőszám meghatározása NDVI segítségével.....	13
1.7. A megfelelő tőszám megválasztása hozamtérkép alapján.....	14
1.8. A kukorica terméshozamát limitáló tényezők.....	15
1.9. A csíraszám és a meddőség korrelációja.....	17
1.10. Az irodalmi áttekintés főbb megállapításai.....	18
2. Anyag és módszer.....	19
2.1. A kísérlet helyszínének bemutatása.....	19
2.2. A kísérleti helyszín csapadékviszonyai.....	20
2.3. A termesztéstechnológia bemutatása.....	21
2.4. A kísérleti elrendezés bemutatása.....	23
2.5. A mért paraméterek bemutatása.....	25
2.5.1. A kukorica fiziológiai adatainak mérése.....	25
2.5.2. A kukorica terméshozamának mérése.....	25
2.5.3. A kukorica beltartalmi és termésparamétereinek vizsgálata.....	26
2.6. A mért adatok statisztikai elemzésének bemutatása.....	27
3. Eredmények és értékelésük.....	28
3.1. A kukorica fiziológiai paramétereinek eredménye.....	28
3.1.1. Első mérés eredményei.....	28
3.1.2. Második mérés eredményei.....	28

3.1.3.	Harmadik mérés eredményei.....	30
3.1.4.	A mérések eredményei boxplot diagrammal szemléltetve.....	31
3.2.	A kukorica termés paramétereinek eredménye	33
3.3.	A kukorica beltartalmi paramétereinek eredménye.....	38
3.3.1.	A kukoricaszemek nedvességtartalma	38
3.3.2.	A kukoricaszemek olajtartalma.....	38
3.3.3.	A kukoricaszemek fehérjetartalma.....	39
3.3.4.	A kukoricaszemek keményítőtartalma.....	40
3.4.	A kukorica terméshozamának eredménye.....	41
4.	Következtetések és javaslatok.....	42
5.	Összefoglalás	44
	Irodalomjegyzék.....	45
	Internetes hivatkozások jegyzéke.....	48
	Köszönetnyilvánítás	49
	Nyilatkozat	50

Bevezetés

A klímaváltozás hatásait mára minden ember és élőlény érzékeli, különösképp igaz ez az agráriumban dolgozók számára, akiknek a megélhetésük nagy részben van kitéve az időjárásnak. A gazdálkodóknak a növekvő kompetíció mellett mára, a szélsőséges időjárási körülményekkel is tudniuk kell megbirkózni. Ahhoz, hogy ezen folyton változó tényezők mellett megfelelő termésbiztonsággal tudjunk gazdálkodni elengedhetetlen a termőterületeink kitűnő ismerete, hiszen az elmúlt évtizedben egyre gyakoribbak lettek az aszályok, amelyek kivédése, illetve a hozzájuk való alkalmazkodás minden termelőnek jól felfogott érdeke. A fenti indokok miatt úgy döntöttem, hogy a szakdolgozat témaválasztása a lehető legjobb kukorica tőszám megválasztására irányuló kísérlet lesz, a családi gazdaságunk egyik réti öntés talajú tábláján Bátaszéken.

A változó tőszámú vetés évtizedek óta kutatott technológia, Magyarországon azonban csak az elmúlt években kezdett elterjedni, nagyrészt a precíziós gazdálkodást támogató pályázatoknak köszönhetően. A kísérlet célja, hogy olyan átlagos tőszámértéket hozzon létre, amely irányadóként szolgálhat a változó tőszámú vetési térképek kidolgozásában. Ezen érték alapján lehetővé válik a kijuttatott csíraszám optimalizálása a termőhelyi potenciáltól függően, csökkentve vagy növelve azt az adott terület adottságai szerint. Ez az eredmény elsősorban a saját gazdaságunk és a környező, hasonló talaj- és klimatikus viszonyok között gazdálkodó termelők számára nyújt segítséget. Emellett a kísérlet hasznos útmutatást biztosíthat a vetőmag-forgalmazók számára is, lehetővé téve, hogy a Dél-Dunántúli régióban optimális tőszámot ajánljanak a termelők számára a maximális terméshozam eléréséhez.

Dolgozatomban a változtatás kényszerét és a technológiai fejlődést ötvözve próbálom a kukorica termesztés költségének csökkentésére és a hozamának növelésére, de legalábbis termesztésbiztonságának beállítására felhívni a figyelmet. Mint minden gazdálkodó szervezet a mezőgazdálkodók is profitorientáltak, így elsődleges szempont a bevételnek, illetve a profitnak a maximalizálása a termőföldek védelme mellett.

Ebből adódóan a lehető legoptimálisabb és gazdaságosabb kukorica csíraszám megállapítása érdekében az alábbi célokat tűztem ki:

- A választott kukorica hibrid különböző tőszámmal történő termesztésének vizsgálata
- A kultúrnövény vegetatív fejlődésének nyomon követése, vizsgálata, illetve a tőszámok közötti eltérések feljegyzése
- A kukorica termésmennyiségének, beltartalmi és termés paramétereinek vizsgálata

1. Szakirodalmi áttekintés

A kukorica (*Zea mays L.*) egyik legfontosabb kultúrnövény a világon, Magyarországi termőterülete 1 millió hektár körül mozog (KSH). Ez egy kiemelkedően magas szám tekintettel arra, hogy hazánk területe 93 000 km², melyből megközelítőleg 5 millió hektár mezőgazdasági művelés alatt áll. A KSH 2024. évi adatai alapján a megművelt területek nagy része kb. 4,1 millió hektár szántó művelési ágba tartozik, melynek negyedét kukorica teszi ki. Ezek a területek erősen differenciáltak, mind talaj, mind klimatikus tényezők szempontjából, így fontos a helyi adottságokat ismerve gazdálkodni (Novák, 2024).

Hasznosítása sokrétű, ugyanis nem csak az emberiség számára biztosít táplálékot, hanem takarmányként és ipari alapanyagként is hasznosul (B *et al.*, 2018). Ipari felhasználása között legfontosabb az etanol előállítás, így a várható kereslet továbbra is csak növekedni fog (Baker and Zahniser, 2006).



1. ábra: Kukorica vetésterülete (ha) és termésátlaga (kg/ha) az Európai Unióban 1961 és 2023 között (Forrás: FAOSTAT)



2. ábra: Kukorica vetésterülete (ha) és termésátlaga (kg/ha) Magyarországon 1961 és 2023 között (Forrás: FAOSTAT)

Az 1. ábra az Európai Unió, a 2. ábra pedig Magyarország vetésterületét és termésátlagának az alakulását mutatja. Magyarország átlag termése kukoricából 2023-ban 8,1 tonna/ha volt, 2022-ben pedig 3,4 tonna/ha. A kukorica termesztés 62 éves termésátlaga Magyarországon 5,3 t/ha (FAOSTAT). Az ábrákon jól látható, hogy Magyarország termésátlaga kukoricából meghaladja az Európai Unióét, mégis az ingadozások, a termésbiztonság hiánya a termőterület csökkenéséhez vezetett. Termésbiztonságot öntözésen kívül, megfelelő hibrid választással és tőszám választással is növelhető szempontjából (Kovács, 2020).

A választott hibridek között nagy eltérés lehet, legyen szó szárazságtűrésről, termőképességről, betegségekkel szembeni ellenálló képességről vagy agrotechnikai igényekről (Pálovics és Sárvári 2006). Így fontos, hogy olyan tanulmányok eredményeivel tervezzünk, aminek a kísérleti területe a gazdaságunk környezetében, de legalábbis hasonló környezeti tényezők között van. Az optimum alatt nem használjuk ki a termőterület potenciálját, míg felette túlzott kompetíció lesz a növények között legyen szó vízről, fényről vagy tápanyagról, mely termésdepresszióhoz vezet.

1.1. A kukorica származása és morfológiája

A kukorica (*Zea Mays L.*) Közép-Amerika Andok régiójából származik. Napjainkban a világ több táján termesztik 50° Észak és 45° Dél között. Jól alkalmazkodott a nagy éves napsütéses órák számához, heves esőzésekhez, korlátozott napközbeni csapadékhoz. Ezek a tulajdonságok biztosítják, a kukorica széles elterjedését több kontinensen is (Vâtcă *et al.*, 2021).

A kukorica egy C4-es növény, ebből adódóan a szén-dioxidot a dikarbonsav-ciklusban kötik meg, amelynek egy négy szénatomos cukor a végterméke. A C4-es növények egységnyi levélfelületen több szén-dioxidot képesek megkötni, fotoszintézisük hatékonyabb, ebből adódóan a napi szárazanyag-gyarapodásuk is több, mint a C3-as növényeké. Kevesebbet párologtatnak, ebből adódóan a vízgazdálkodásuk kevésbé labilis. A fotoszintézis optimális hőmérséklete magasabb, ami azt mutatja, hogy főként a trópusi származású növények alkalmazkodtak a termőhely melegebb környezetéhez (Pethő, 2016).

A kukorica a pázsitfűfélék (Poaceae) családjába tartozó egyszikű növény, azon belül (*Zea*) nemzetségnek tartozik, melynek egyetlen faja is. Gyökérzete bojtos gyökérzet, gabonákhoz hasonlóan elsődleges és másodlagos gyökérzet különböztethető meg, mely akár több méter mélyre is letud hatolni. A gyökérzetnek nagy szerepe van a megdőléssel szembeni ellenállóképességben is a tápanyag és víz felvétele mellett. Szára kórószerű hengeres, mely a többi gabonaféléttől eltérően tömött. A szár vastagságát és magasságát fajta határozza meg. Levele a pázsitfűféléhez hasonló, a száron átellenesen váltakozóan helyezkedik el. Részei a levéllemez, nyelvecske és a levélhüvely, utóbbi öleli át a szarát, mely fokozza a növény szárszilárdságát. A levelek a szárcsomókból fejlődnek, így megegyezik a levelek és szárcsomók száma. A kukorica egylaki, váltivarú növény. A hímvirágzat a hajtás csúcsán található címer, azaz a bugavirágzat. A nőivirágzat a levelek hónaljából kifejlődő torzsavirágzat. A megtermékenyült torzsavirágzathoz kukoricacső fejlődik. A termés szemtermés, melyek a kukoricacsövön levő magok, melyek magas szénhidrát és alacsony-közepes fehérjetartalommal rendelkeznek (Borsos és mtsai. 1994).

1.2. A kukorica termesztéstechnológiája

A kukorica szereti a jó minőségű, mélyebben lazított, jó kultúrállapotú talajt. Eredményes termesztése 52-56%-os pórusterfogatú talajt igényel, mely rendszerint csak megfelelő mélyműveléssel érhető el, ez elérhető közép-mély lazítással 40-55 cm mélyen, kultivátorozással 30-35 cm mélyen, vagy szántással 30 cm mélyen. A művelés mélységét és szükségességét, viszont mindig a talajfajta és talajállapot határozza meg. Az alapművelés elmunkálását a talajállapota határozza meg, nagy rög frakciónál szükséges lehet. Tavasszal a magágy készítéséhez kombinátort használunk, ha kell két menetben is. Amennyiben az őszi alapművelés elmunkálása elmarad, a jó magágy készítése érdekében ajánlott az ásóborona használata (Borsos János *et al.*, 1994).

A kukorica vetésideje hőmérséklet függő, amikor is a talaj eléri a 10-12° C-ot, ez általában április 2. dekádjára szokott esni. Vetésmélysége 5-10 cm között változhat, de átlagosan 6 cm mélyre szokás vetni. A vetésmélységet a talajfajta és vetésideje is befolyásolhatja. Vetése szemenkénti vetőgéppel történik 75cm-es tőszámra, hektáronkénti tőszáma, pedig fajta, illetve hibrid függő, de átlagosan 70000 növény/ha. Átlag viszonyok mellett a FAO 200-300-as hibridek 70-80 ezer tő/ha, FAO 400-as hibridek 65-75 ezer tő/ha és a FAO 500-as hibridek 60-65000 ezer tő/ha.

A kukorica növényvédelme a megelőzés, vetésváltásra és jó biológiai értékű vetőmag használatára épül. Ezek mellett a növényvédelmi előjelzés használata is nagyban befolyásolhatja a növényvédőszer kijuttatásának szükségességét.

A kukorica gyomirtása történhet kémiai, illetve mechanikai úton is. A kémiai védekezés csírázással kezdődik, ilyenkor gombaölő és rovarölő készítményekkel csávázzák be a kukoricát, kérhető varjak ellen hánytatószeres csávázás is. Szükség esetén használható talajfertőtlenítő kukoricabogár ellen. A kukorica fontosabb betegségei és kártevői az *I. táblázatban* láthatóak (Pepó Péter és Sárvári Mihály 2011).

1. táblázat: A kukorica fontosabb kórokozói és kártevői (Forrás: Pepó és Sárvári, 2011)

Betegségei (* -gal jelöltek különösen veszélyesek)	Kártevők (* -gal jelöltek különösen veszélyesek)
kukorica mozaik vírus*	Cserebogarak, pattanóbogarak lárvái (pajorok, drótférgék)
fuzáriózis*	kukoricabarkók
golyvásüszög	fritlégy
rostosüszög*	kukorica gyökértetű
helmintospóriumos levélfoltosság	levéltetű
nigrospórák száraz korhadás	kukoricamolys*
cerkospórák levélfoltosság	amerikai kukoricabogár* és lárvája*
	gyapottok bagolylepke hernyója*
	fácán, nyúl, hörcsög

A kukorica növényvédelmében a gyomok elleni védekezés jelenti a legnagyobb feladatot. Presowing szerek visszaszorultak, Preemergens szerek hatása, pedig ki van téve az időjárásnak, ugyanis függ a bemosó csapadéktól. Így egyre inkább a postemergens gyomirtás a meghatározó. Ezek mellett még alkalmazható a pre-post technológia is, amikor hagyják a területet vetés előtt kigyomosodni, majd vetés után elvégzik a gyomirtást. A kukorica gyomirtása lehetséges mechanikus úton is. A széles sortáv lehetővé teszi a sorközművelő kultivátor használatát, ami szükség szerint akár többször is megismételhető. A főbb termés csökkentő gyomnövényei a kukoricának a 2. táblázat tartalmazza, életforma megjelöléssel, mely védekezés szempontjából fontos (Pepó és Sárvári 2011).

2. táblázat: A kukorica fontosabb gyomnövényei (Forrás: Pepó és Sárvári, 2011)

A gyomnövény neve	Életforma
Kakaslábfü (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	T ₄
Fehér libatop (<i>Chenopodium album</i>)	T ₄
Aprószulák (<i>Convolvulus arvensis</i>)	G ₃
Fakó muhar (<i>Setaria glauca</i>)	T ₄
Szőrös disznóparéj (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	T ₄
Parlagfü (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	T ₄
Mezei aszat (<i>Cirsium arvense</i>)	G ₃
Vadrepce (<i>Sinapis arvensis</i>)	T ₃
Tarackbúza (<i>Elymus repens</i>)	G ₁
Fenyércirok (<i>Sorghum halepense</i>)	G ₃
Csattanó maszlag (<i>Datura stramonium</i>)	T ₄
Lapulevelű keserűfü (<i>Persicaria lapathifolium</i>)	T ₄
Zöld muhar (<i>Setaria viridis</i>)	G ₃
Hamvas szeder (<i>Rubus caesius</i>)	G ₃
Selyemmályva (<i>Abutilon theophrasti</i>)	T ₄

A kukorica tápanyagra igényes növény, tápanyagutánpótlása kiemelkedően fontos. A MÉM NAK irányelvei szerint 1 tonna szemterméshez és hozzá tartozó szár előállításához 25 kg N, 11 kg P₂O₅, 22 kg K₂O hatóanyagra van szükség. A kijuttatott műtrágya mennyiségét meghatározhatja a termesztéstechnológia, illetve az elővetemény is. Monokultúrában történő termesztése a N igényét akár 20-30 kg/ha-ral növeli, ezzel szemben kedvező elővetemények, mint például kalászos gabonafélék, napraforgó 20-30 kg/ha csökkenteni is tudják (Bocz és mtsai. 1992).

A kukorica betakarítása kukorica adapterrel szerelt gabona kombájnnal történik, általában augusztus végétől kezdődően, a biológiai érés bekövetkezése után, melyet mind az éghajlat mind a FAO szám nagyban befolyásol. Tárolni 14%-os víztartalomtól lehet (Pepó és Sárvári 2011).

1.3. A változó tőszámú vetés koncepciója és történeti áttekintése

A változó tőszámú vetés technológiája az agrárium digitalizációjával és a precíziós gazdálkodás segítségével alakult ki, mely lehetővé teszi a növénytermesztési rendszerek finomhangolását a helyi körülményekhez igazítva. A módszer koncepciója azon a felismerésen alapul, hogy a földterületek változó talaj- és mikroklimatikus adottságai eltérő növekedési potenciált kínálnak, és ennek megfelelően célszerű az erőforrások, például a vetőmag és a tápanyagok helyspecifikus szabályozása (Bruns és Abbas 2006).

A technológiának a hozamtérképezés és a GPS-alapú térinformatikai rendszerek 1980-as évektől kezdődő fejlődése lefektette az alapjait. Így az Egyesült Államokban a már a 20. század végén előtérbe került a változó tőszámú vetés, amikor adatelemző és helyspecifikus szoftverek, valamint a hozamtérképező rendszerek elérhetővé váltak (Raun *et al.*, 2002). Az első próbálkozások az optimális tőszámhoz való igazítással indultak, aminek célja a hozam maximalizálása volt a különböző tápanyagellátottságú talajokon.

A változó tőszámú vetés a precíziós gazdálkodás egyik meghatározó eleme lett, mivel mind képes a terméshozamok javítására, mind a termelési költségek csökkentésére, az erőforrások célzott kijuttatásának segítségével (Šarauskiš *et al.*, 2022). A technológia alkalmazásával a gazdálkodók a vetési sűrűséget a talaj adottságaihoz és az éghajlatuk sajátos klimatikus viszonyaihoz igazíthatják, ami csökkenti a túlsűrítés okozta versenyt a növények között, és mérsékli a meddőség előfordulását (Basso, Cammarano and Carfagna, 2013). A változó tőszámú vetés kiemelkedő jelentőséggel bír a kukoricatermesztésben, ahol a csíraszám és a hozam között erős korreláció áll fenn.

Az Egyesült Államok és Kanada kiterjedése és nagy méretű mezőgazdasági területeken való gazdálkodása lehetőséget nyújtott arra, hogy az új technológiák utat törjenek, így tudott a változó tőszámú vetés is elterjedni. Fejlettebb európai országok, mint például Németország és Franciaország, szintén egyre növekvő hangsúlyt fektetnek a technológia fejlesztésére és alkalmazására, különösen a nagy szántóföldi kultúrák, mint a kukorica esetében (Mulla, 2013). Ezekben az országokban a precíziós gazdálkodás eszközei, így például az NDVI-térképezés és a drónalapú felvételek egyre elérhetőbbé és népszerűbbé váltak, mindez a lehető legoptimálisabb tőszám-meghatározásáért és beállításáért.

Magyarországon a precíziós technológia elterjedéséről az Agrárgazdasági Kutató Intézet végzett először felmérést 2016-ban (Humenyik and Kiss, 2020). A növénytermesztésben alkalmazott precíziós technológia használatát precíziós pályázatok, név szerint a „Mezőgazdasági üzemek digitális átállásának támogatása” pályázat segíti finanszírozni. Ezen

pályázatok tudják motiválni a magyar gazdákat az új technológiák kipróbálására és alkalmazására. Emellett fontos megemlíteni, hogy a precíziós gazdálkodás egy 2-3 éves tanulási folyamatot is vonz magával, amikor is a mezőgazdaság résztvevői az új gépeket, szoftvereket és alkalmazások használatát tanulják. Éppen ezért, azonnali alkalmazás és átállás nem várható el, illetve a gazdák a fokozatosság elvét követik, így csak néhány technológiai elemet használva, területek csak egy részén alkalmazzák az újításokat.(Popp *et al.*, 2018)

1.4. A megfelelő tőszám megválasztása

Több tanulmány bemutatta, hogy a tőszám az egyik olyan ember által befolyásolható tényező, amely lényegesen befolyásolja a kukorica termését (Luo *et al.*, 2020). Hazánkban a gazdák sok esetben kiválasztanak egy állandó tőszámot, majd az összes földjüket ezzel elvetik, pedig a magyar termőföldek jó része nem homogén, legyen szó domborzati, tápanyagszinti vagy vízellátottsági különbségekről. Mindezen tényezők is erősen befolyásolhatják a szántó termőképességét. Ez a hozzáállás míg lehet a legegyszerűbb, egész biztosan nem a legjövedelmezőbb. Mély fekvésű, jó táp- és vízgazdálkodású területek nagyobb termés potenciállal rendelkeznek, mint egy homokos, magasabb fekvésű terület. Egységes tőszám esetén pedig, egyes területeket termőképességét nem használjuk ki teljesen, míg máshol a túl sűrű növényállomány miatt a növények egymással versenyeznek a tápanyagért és a vízért (Lindsey, Thomison and Nafziger, 2018).

Kukorica csíraszámának tízezerrel történő növelése vagy csökkentése 0,5-1,5 tonna/hektárral termés különbséget is képes produkálni, attól függően, hogy a változtatni kívánt tőszám az optimum alatt vagy felett van (Sárvári 1982).

AOSR (agronomic optimum seeding rate), azaz az optimális tőszámon terem várhatóan a legtöbbet a választott kultúrnövényünk a kukorica. Ennek a megtalálásához a lehető legtöbb adatra van szükség.

Egy éves kísérletek sokszor nem produkálnak egyöntetű eredményt, így ezek alapján pontos döntést hozni nem lehet, már csak az időjárás változékonysága miatt sem, így egy év eredményei nem elegendőek. Több éves kísérletek pontosabb eredményeket produkálnak, ugyanis ezen évek átlaga kompenzálja a kilengéseket, így egy középső, átlag érték alapján lehet kiválasztani a legmegfelelőbb csíraszámot (Xiang *et al.*, 2007).

A főbb tényezők az optimális tőszám megválasztásakor a talaj nedvesség-, tápanyag-, agyag- és humusztartalma, illetve kationcserélő képessége. Ezen tényezők általában összefüggenek, ugyanis egy magas humusz- és agyag-tartalmú jobb vízháztartással rendelkezik egy alacsony

humusz- és agyagtartalmával szemben. Mindezek mellett fontos, hogy a választott hibrid képességein belül változtassuk a tőszámot, egyéb esetben termés depresszióval járhat (da Silva *et al.*, 2021).

A technológia fejlődésének köszönhetően a talaj-, domborzati-, hozam adatok gyűjtése egyre elérhetőbbé vált a mezőgazdászok számára. Minél több adat van, annál pontosabb döntés hozása lehetséges a gazdálkodó számára, tekintettel a sok változóra. Így minél több évnvi hozamtérkép és NDVI térkép áll rendelkezésre, annál precízebb döntést lehet hozni. Ezt a precíziós programokkal feldolgozva vagy szolgáltatást igénybe véve, egyre nagyobb az érdeklődés az adatalapú, helyspecifikus növénytermesztés felé (Licht, Lenssen and Elmore, 2017).

1.5. A tőszám és a termés minőségének kapcsolata

Egy tanulmány szerint a kukorica tőszáma és a szemnedvességleadása között nem állapítható meg egyértelmű arányosság. A tőszámnövelésével fokozódik a verseny, amely késleltetheti a kukorica virágzását és érését. Bibe virágzást a tőszám 1000 növény/ha növelése 0,4 nappal késleltette, ebből következne, hogy a magasabb tőszám egyértelműen magasabb víztartalmat jelent, viszont a túlzott kompetíció hatására akár az ellentétje is igaz lehet. A vizsgálat eredményeként a magasabb tőszám, általában magasabb aratáskori víztartalmat is jelentett, de nagy volt a szórás, illetve nem volt kimagasló különbség (Gao *et al.*, 2024).

További kutatási eredmények szerint a növekvő állománysűrűség (tőszám) hatására a kukorica keményítőtartalma növekedett, míg a fehérje- és olajtartalom csökkent. Ez annak tudható be, hogy a sűrűbb állomány stresszként hat a növényre, amely így az energiát nagyobb mértékben a keményítő szintézisre összpontosítja, miközben csökkenti a magasabb energiaigényű fehérje- és olajsintézist (Prokszáne és Harmati 1988).

Amikor a tőszám közelít az optimális felső értékhez, illetve kissé meghaladja azt, a fehérje- és olajtartalom további csökkenést mutat, míg a keményítőtartalom tovább emelkedik (Sárvári and Szabó, 1998).

Cusicanqui and Lauer (1999) kutatásai szerint a kukorica szárazanyag hozama az állománysűrűséggel arányosan növekedett, míg a takarmány minősége ezzel szemben arányosan romlott. A növény fehérje tartalma alacsonyabb növényesűrűségnél volt a legmagasabb. A kutatásukban tejelő marhák takarmányozása is fontos szerepet töltött be, amikor is kimutatták, hogy 75000 és 85000 közötti betakarított növényesűrűségeknél volt a legnagyobb tejhozam elérhető, míg a legnagyobb szárazanyagtartalom 97300 és 102200 között.

A kukorica hozamában és minőségében a hibridek között jelentős differencia tud kialakulni, mely ugyanúgy befolyásolni tudja, mint a tőszám, ebből is látszik a termesztési célunknak megfelelő hibrid választás.

1.6. A megfelelő tőszám meghatározása NDVI segítségével

A normalizált vegetációs index (*http1*), angolul Normalised difference vegetation index (NDVI) számszerűsíti a vegetációt, a közeli infravörös sugárzást és a vörös sugárzás közötti különbség mérésével. Az egészséges növény több közel infravörös sugarat és zöld sugarat reflektál, miközben több vöröset és kéket nyel el.

Az alábbi formula egy -1 és +1 közötti értéket fog visszaadni, aminél a +1-hez közeli érték jelenti az egészséges, zöld vegetációt.

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \quad (1)$$

Ahol,

NDVI: normalizált vegetációs index,

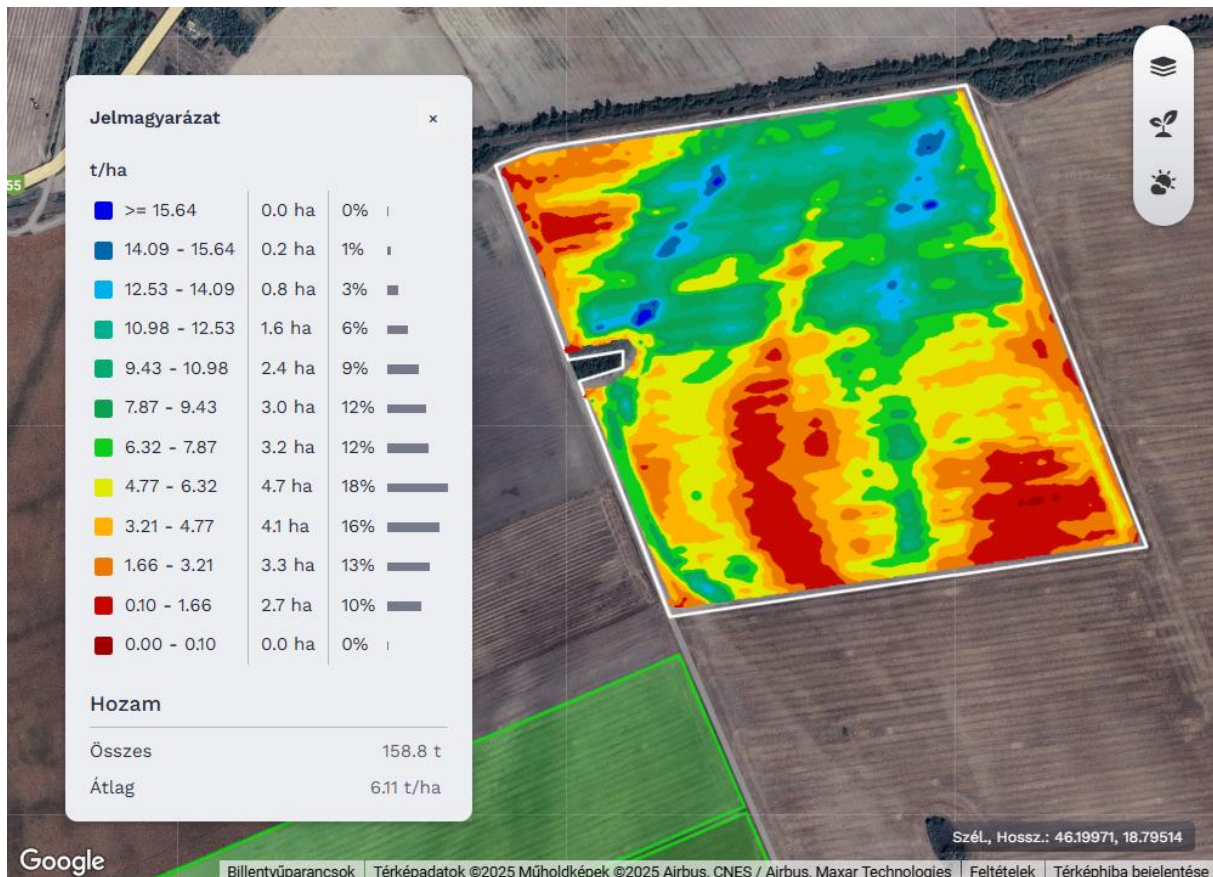
NIR: Közel infravörös tartományban történő reflektancia,

RED: Vörös spektrum reflektanciája.

NDVI térképek alapján meg lehet határozni, hogy a termőföldjeink közül, melyik milyen ütemben fejlődik, hol alakul ki víz- vagy tápanyaghiány. Több területet összehasonlítva meghatározhatjuk, hogy mely táblák rendelkeznek jobb tulajdonságokkal, ezáltal nagyobb termőpotenciállal. Ez a technológia természetesen nem csak szántók egymáshoz viszonyítására szolgál, hanem egy táblán belüli különbségeket is kiemel, ami által differenciált vetőmag és tápanyag kijuttatási térképet is lehet készíteni. Az NDVI technológia gyors és olcsó megoldás lehet a növények fejlődésének nyomon követésére, esetleges beavatkozás szükségességének eldöntéséhez (Benedetti and Rossini, 1993). Magyarországon viszont sokszor nem a tápanyaghiány a limitáló faktor a kukorica termesztésénél, hanem a víz, ezért a megfelelően kiválasztott tőszám különösen fontos. Optimális tápanyag szintek és csíraszámok, nagyban befolyásolják a növény stressztűrő képességét, amely az egyre gyakoribb aszályok miatt egyre fontosabb (Szemerits, Kukorelli and Molnár, 2023).

1.7. A megfelelő tőszám megválasztása hozamtérkép alapján

A hozammérés egy georeferált adatgyűjtés, amikor is aratás közben a betakarító gép méri, az adott kultúra szemnedvesség tartalmát és hozamát, további más adatok mellett (Sharma, Yadav and Gaur, 2022). Ezek az adatok alapján készülhet hozamtérkép. A feldolgozott adat megmutatja, hogy egy adott táblán belül lévő területek milyen eredményeket és különbségeket produkáltak (Arslan and Colvin, 2002).



3. ábra: Kukorica hozamtérképe Pörböly határában 2024 (Forrás: Saját gazdaság)

A 3. ábra egy hozamtérkép ábrázol, amelyből könnyen kiolvasható, mely területek produkáltak jobb eredményeket és melyek rosszabbakat. Természetesen a különbségek gyomnyomás, betegségek vagy agrotechnikai hibák miatt is előfordulhatnak, de amennyiben több év eredményének az átlagát vesszük figyelembe, akkor a talaj heterogenitását kiküszöbölve maximalizálhatjuk a profitot (Pedersen and Lind, 2017).

Hozamtérképre már lehet változó tőszámú térképet építeni, ezt átfedésbe helyezve talajvizsgálati térképpel még pontosabb képet kaphat a gazda a földjei állapotáról, így segítve a döntés hozatalát. Ebből adódóan a legjobb termőterületeken magasabb tőszámmal lehet vetni,

amelyhez nagyobb dózisban lehet műtrágyát kijuttatni, ugyanis más tápanyag szükséglete van 7 tonna/ha kukoricatermésnek, mint 12 tonna/ha termésnek.

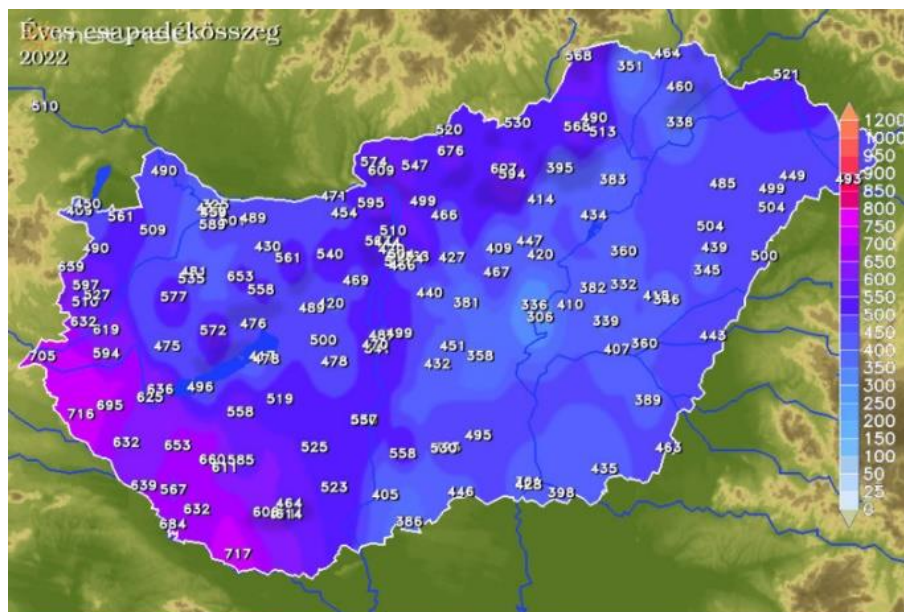
1.8. A kukorica terméshozamát limitáló tényezők

Magyarországon a kukorica termesztés szempontjából a legfőbb limitáló tényező a víz, illetve a csapadék és annak hiánya. Mind a mennyisége és eloszlása kedvezőtlen a kukorica termesztés szempontjából és a klímaváltozás hatására egyre kedvezőtlenebb (Kovács, 2017).

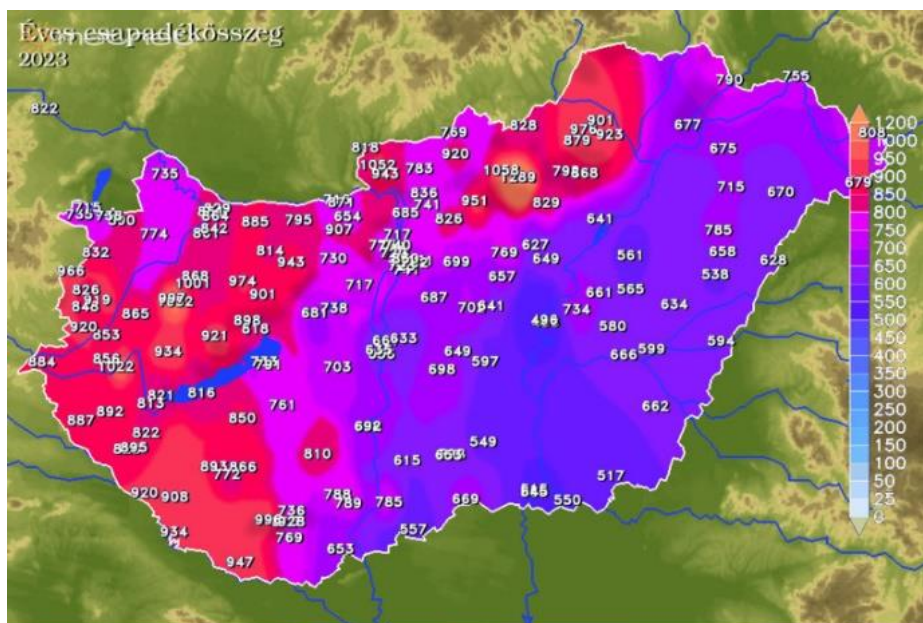
Egységnyi szárazanyag előállításához a kukorica 350 l/kg vizet használ fel, teljes víz igénye eléri a 450-550 mm-t. Napi vízfogyasztása ebből adódóan 4,5-5,5 mm/ha (Futó and Bencze, 2017). Ez változhat a választott kukorica tenyészedjétől függően. Magasabb FAO számú kukorica általában magasabb termőpotenciállal rendelkezik, de ezáltal nagyobb a vízigénye is, míg az alacsonyabb FAO számmal rendelkező hibridek kisebb maximális hozammal rendelkeznek, de az egyre gyakoribb aszályok miatt nagyobb biztonsággal termesztethetők.

A maximálisan elérhető termést nem csak a tenyészidő alatt lehullott csapadék befolyásolja, hanem az őszi és téli csapadék is (Pepó és Sárvári, 2011).

A 4. ábrán a 2022-es éves csapadék összeg látható és a 5. ábrán 2023-as éves csapadék összeg látható, melyeket azért választottam, mert míg egyik egy erősen aszályos, addig a másik egy erősen csapadékos év volt.



4. ábra: Magyarország éves csapadékösszege 2022 (Forrás: Metnet)



5. ábra: Magyarország éves csapadékösszege 2023 (Forrás: Metnet)

Ezekon a képeken jól látszik, hogy az ország nem minden területe alkalmas kukorica termesztésre, főleg egy aszályosabb évben, mint 2022. 300 mm éves csapadék nem elegendő és ezt az adott év átlagai is tükrözik. 2022-ben 3,41 t/ha volt az átlagtermés kukoricából hazánkban, szemben 2023. év 8,15 t/hektáros átlagával (KSH). Így mindenekelőtt azt kell mérlegelni, hogy az adott területen megéri-e kukoricát termelni öntözés nélkül, vagy más szárazságtűrő kultúrák termelése jövedelmezőbb-e, ugyanis termesztése túl alacsony tőszám mellett nem lesz megtérülő, emellett a gyomelnyomó képessége is romlani fog a kisebb árnyékolás miatt, ezen gyomok kezelése, pedig tovább növeli a gazdák költségeit (Szemerits, Kukorelli and Molnár, 2023).

További limitáló tényező a tápanyag, ugyanis a kukorica egy kifejezetten tápanyag igényes növény, ezért nem csak kötelező, de célszerű is a kijuttatandó mennyiséget talajvizsgálati eredmények alapján kiszámolni. A talaj tápanyagtartalmát és annak felvehetőségét a genetikai típusa, szerkezete és agyagtartalma is meghatározza. Liebig törvénye szerint, mindig az igényekhez képest legkisebb mennyiségben jelenlévő tápanyag korlátozza a termést, így ehhez kell párosítani, mind a választott tőszámot, illetve az állomány tápanyag ellátását. Mindezt talajvizsgálattal lehet megvalósítani, viszont a kötelező 5 évente esedékes talajvizsgálat nem nyújt elég pontos adatokat, így célszerűbb egy pontosabb szolgáltatás igénybevétele, hogy táblán belül felismerjük a rosszabb minőségű területek vagy tápanyaghiányos foltokat, amennyiben a termésünket maximalizálni szeretnénk.

Arany-féle kötöttségi érték alapján lehet tőszámot meghatározni, ugyanis egy kötöttebb, agyagosabb talaj víztartó képessége nagyobb, egy lazább, alacsonyabb agyagtartalmúéval szemben (Füleky és mtsai. 2011).

A kultúrnövényünket mind biotikus, mind abiotikus stresszhatás éri és sokszor egymás következményei lehetnek (Pepó, 2009). Egy aszályos év legyengült növénye hajlamosabb betegségekre, ugyanez igaz egy erősen csapadékos és párás évben is, mely a gombák fejlődését segíti.

1.9. A csíraszám és a meddőség korrelációja

Kutatások alapján a maximális szemszám a nővirágzás idején alakul ki, ezért a növényt érő virágzaskori stressz van a legnagyobb hatással a termés depresszióra, legyen szó árnyékolásról, tápanyag- vagy vízhiányról. Ezek a tényezők késleltethetik a virágzást, beporzás nélkül pedig a meg nem termékenyült csöveken termés nem lesz (Pálovics and Sárvári, 2006).

Az elmúlt évszázad tendenciája a kukorica állománysűrűségének a növelése volt, viszont az elmúlt két évtizedben egyre gyakoribb aszály, már más irányba mozdítja a gazdákat. Amíg a magas tőszám nagyobb termés potenciállal rendelkezik, addig nagyobb kockázattal is egy kevésbé csapadékos évben, éppen ezért újabb kutatások jobban preferálják az alacsonyabb csíraszámú vetett hibrideket, 55-65 ezer tő/ha denzitás mellett. Ezek a hibridek az alacsony tőszámot duplacsövűséggel kompenzálják, így feltudják venni a termés potenciálját egy magasabb tőszámú vetésnek, viszont közben nagyobb az aszálytűrése a csökkentett növényállomány kisebb vízfogyasztása miatt (Boros and Sárvári, 2008).

Az egyre szélsőségesebb időjáráshoz való alkalmazkodás, 2000-ben még 50-70 ezer növény/hektárban volt meghatározható, de azóta melegebb és aszályosabb nyarak egyes területeken, akár az 50 ezer alatti tőszámot is szükségessé tehetik (Árendás 2000).

Magas tőszámmal történő vetés esetén, fontos az állománysűrítést és árnyékolást jól tűró hibrideket választani Sárvári and Szabó (1998), mivel a fényért történő túlzott kompetíció negatívan hathat ki a női ivar fejlődésére.

A nem megfelelő vetés is vezethet meddőséghez. Példának okáért a vetőgépen a maglesodró nem megfelelő beállítása esetén dupla, tripla vetés is előfordulhat, ekkor a növények a vízért, tápanyagért és fényért versenyeznek, ezáltal pedig könnyebben alakulhat ki meddőség.

1.10. Az irodalmi áttekintés főbb megállapításai

- A kukorica az egyik legnagyobb területen termesztett kultúrnövényünk, viszont utóbbi időben csökkenő tendencia mutatkozott a vetésterületére vonatkozóan, melyet többek között Magyarország klimatikus viszonyai váltják ki. A termésbiztonság hiánya, a gazdálkodókat őszi vetésű kultúrák irányába mozdítják el, utóbbi évben pedig olajos kultúrák irányba is.
- A kukorica termesztés technológiája egy rég kidolgozott módszer, mely alapján sokáig nagy biztonsággal lehetett termesztani, viszont az utóbbi évek aszályai, rámutattak az okszerű és vízmegtartó talajművelés szükségességére.
- A kukorica tőszámának megválasztását nem csak tenyésztői és forgalmazói ajánlásra kell alapozni, hanem fontos a területünk heterogenitását és csapadék-viszonyait is figyelembe venni. Így ez egy kiemelten fontos feladat, melyben a precíziós technológiák a gazdák segítségére válhatnak, mind NDVI térképpel, mind hozamtérképpel.
- Túl magas tőszám a meddőség rátákat is növeli, ezzel tovább fokozva a terméskiesést. Túl alacsony tőszámnál pedig árnyékolás hiányában magasabb talaj párolgással és gyomnyomással kell számolni, ezentúl hibridfüggő, hogy tud-e több csövűséggel a növény kompenzálni és így is megfelelő termést adni.
- Hazánk kukorica termesztésének a legnagyobb hozamlimitáló tényezője a víz, így fontos a régiónkénti csapadék mennyiségét, illetve eloszlását is figyelembe venni, erre kiemelten jó példa a 2024-es év 45 napos nyári esőmentes időszaka. 2023-as év egy csapadékban gazdag év volt, szemben 2022-vel és 2024-gyel. Így a diverzifikáció különböző tőszámok és hibridek tekintetében növeli a termelés biztonságát.
- A kukorica egy mélyen gyökerező kultúrnövény, így fontos a gondos és megfelelő talajművelés. A tavaszi tömörítő és szárító hatású agrotechnikai műveletek mellőzése célszerű.
- Az állomány sűrítés kihatással van a kukorica beltartalmi értékeire, amíg a mag keményítőtartalma növekszik, addig a fehérje- és olajtartalma csökken. Ez annak köszönhető, hogy a növény a megnövelt állományt stressznek éli meg, így az energiát az a keményítősintézisre fordítja, a nagyobb energia igényű fehérje- és olajsintézissel szemben.

2. Anyag és módszer

2.1. A kísérlet helyszínének bemutatása

A kiválasztott terület egy 5,6 hektáros tábla Bátaszék külterület 051/7 és 051/12 helyrajzi szám alatt, 155,85 AK értékkel. A termőföld III. besorolású kötött réti talajnak, azon belül túlnyomóan réti öntés talajnak minősül.



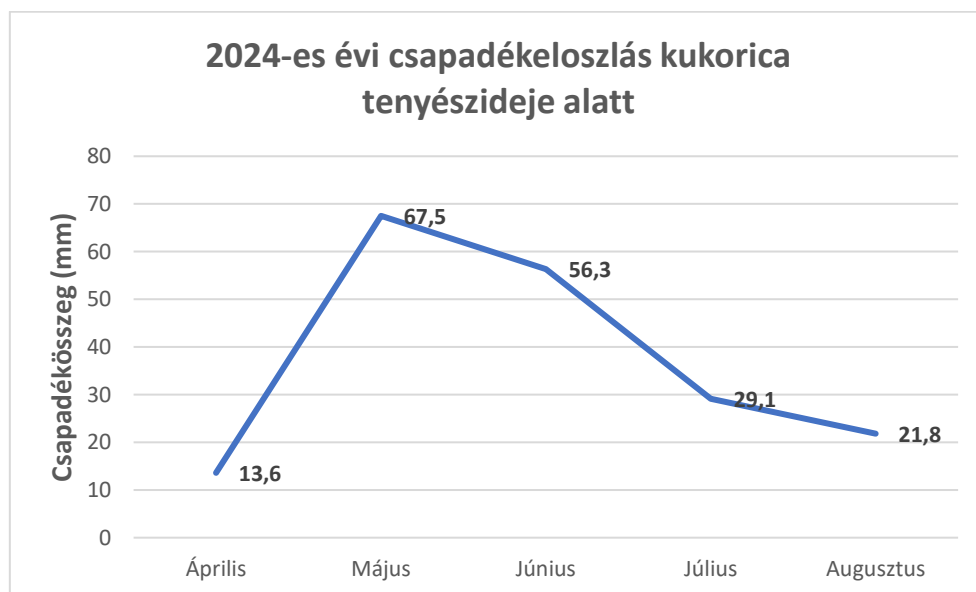
6. ábra: A kísérlet helyszínéül választott tábla (Forrás: WebOkir, Google Maps)

A 6. ábrán mutatom be, hogy a kísérleti tábla az 56-os főút mentén található Bátaszék és Furkótelep között, Tolna vármegyében Dél-Dunántúlon. Az M6-os autópálya csak pár kilométerre van Észak-Nyugati irányban. A Bátaszéki szőlőhegy Nyugati irányba található csupán 1 km-re. Keleti irányban 15 km-re folyik a Duna. Közvetlen a szántó mellett a Keleti oldalon, pedig a Lajvér-patak található.

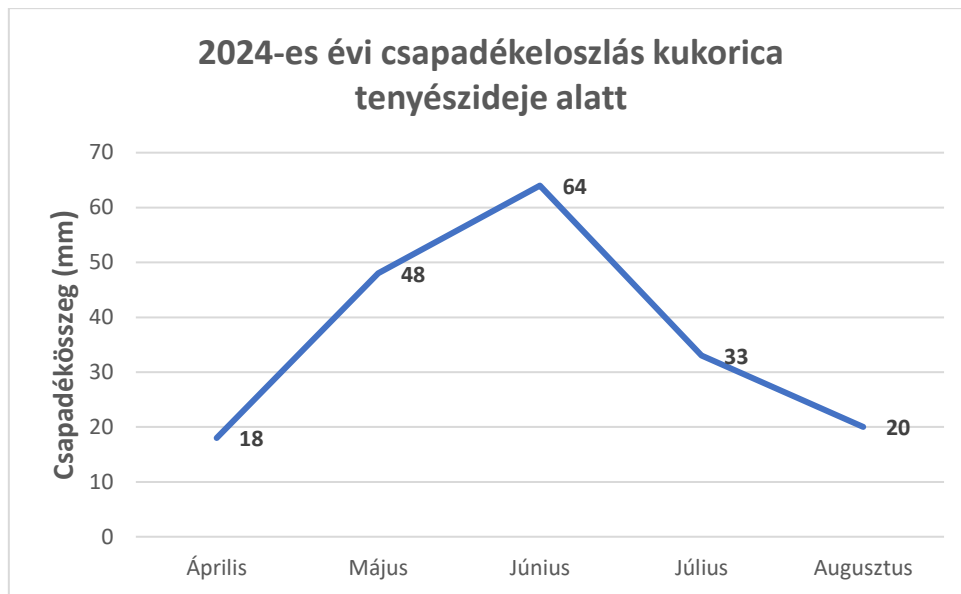
A kísérleti helyszínen talaj genetikai típusát tekintve, túlnyomóan rétiöntés és mészlepedékes csernozjom talajból áll. 2024-es talajmintavétel eredményei alapján az Arany-féle kötöttség 40 és 51 között változik, így elmondható, hogy kötött, agyagos talajról van szó. Kémhatását tekintve semleges, enyhén lúgos (pH=7 - 7,5). Humusz tartalma 2,3% és 3% közötti értékeket mutat, P₂O₅ tartalma 475 mg/kg felett van, K₂O tartalma pedig meghaladja a 345 mg/kg-ot. Kukorica termesztés szempontjából a mezoelemek közül még fontos lehet a magnézium, melyből a legkisebb érték a mintavétel során 240 mg/kg volt, míg a legmagasabb 571 mg/kg. Mikroelemek közül a cink tartalmát említeném még meg a 0,58 mg/kg és 1,31 mg/kg közötti értékekkel. A talajvizsgálat eredményei alapján kijelenthető, hogy tápelemek és tápanyag szempontjából, egy jól feltöltött, jó tápanyagtartalmú talajon történt a kísérlet.

2.2. A kísérleti helyszín csapadékviszonyai

2024-ben Bátaszéken a METNet adatai szerint Bátaszéken 467,9 mm csapadék esett. Viszonyításképp 2023-ban 788,7 mm és 2022-ben 492,7 mm volt az éves csapadékösszeg. Az elmúlt évek legsúlyosabb aszálya volt környékünkön. Viszont fontos megjegyezni, hogy nem az éves csapadék mennyiség volt extrém alacsony, hanem a csapadék eloszlása ugyanis a 467,9 mm nagy része ősszel hullott, a kukorica tenyészidején kívül, emellett vetés előtt az évben január, február és március hónapokban összesen csak 33,2 mm eső esett, így a kukorica vetése után egészen augusztus közepéig, csak 163 mm csapadék esett. A rekord magas hőmérséklet következtében, még a kevés hullott csapadék sem jutott le a gyökérszónába, ugyanis a kisebb esők azonnal elpárologtak.



7. ábra: Kísérleti helyszín csapadék eloszlása tenyészidő alatt (Forrás: METNet)



8. ábra: Kísérleti helyszín csapadék eloszlása tenyészidő alatt (Forrás: Saját mérések)

A 7. ábrán és a 8. ábrán a vizsgált év tenyészidejének a csapadék eloszlása látható, míg az előbbin a METNet adatai szerinti, addig az utóbbi a saját méréseink. METNet adatai szerint áprilistól augusztusig 188,3 mm csapadék hullott, míg a saját méréseink szerint 183 mm. Ebből 20 mm csapadék augusztus végén hullott, miután a kukorica már felszáradt, így ezt a növény már nem tudta felvenni. Ezen mérések alapján kimondható, hogy 2024-es évben a kukorica körülbelül 160 mm csapadékot kapott, mely majd a hozamon is reflektálódni fog.

2.3. A termesztéstechnológia bemutatása

Az elővetemény őszi búza betakarítása 2023. július 6-án történt meg a kísérleti területen. Augusztus 3-án a táblán mélylazítás történt alapművelésként, majd egy Köckerling rövidtárcsával el lett munkálva. Egy héttel később egy Horsch Pronto vetőgéppel 20 kg/ha vetőnormával bíborhere lett bele vetve, majd azonnal rögtörő hengerezve. Gazdaságunk Agrár-környezetgazdálkodási Programban vett részt, így a főnövényként bíborhere lett vetve a 15% szálaspillangós vállalás teljesítése céljából. A bíborhere április 2-án terminálva lett, először egy késeshenger elvágta és felaprította a szárát, majd 250 kg/ha karbamid műtrágya kijuttatása után, kétszer meg lett rövidtárcsázva. Vetés előtt gyűrűhengerezésre is sor került.

2024.04.12-én lett elvetve a tábla kukoricával, egy Kverneland Optima 6 soros precíziós vetőgéppel 75cm-es sortávra, ez a 9. ábrán látható. A választott hibrid a KWS Hypolito, amely egy középkorai (FAO 350-400), szárazságtűrő kukorica. Vetéssel egy menetben történt még 100 kg/ha 6-24-12-es NPK kijuttatása.



9. ábra: Kukorica vetése április 12-én



10. ábra: Kukorica gyomirtása közvetlen a vetés után

Ahogy a *10. ábrán* is látható vetés után glifozáttal lett alapkezelve a tábla, 3 l/ha-os mennyiséggel. Május 2-án még fenyércirok ellen kapott egy izoxaflutol, tienkarbazon-metil és ciproszulfamidós kezelést, 0,44 l/ha-os dózissal. Május 31-én volt az utolsó művelet aratásig a táblán, amikor is sorközművelő kultivátorozva lett, ezt a *11. ábra* mutatja.



11. ábra: Kukorica sorközművelő kultivátorozása

2.4. A kísérleti elrendezés bemutatása

A kísérletben 3x3 parcella lett kitűzve véletlen sávos elrendezésben. Észak felől Dél felé haladva lett vetve 45000-55000-65000 tőszámmal. Egy parcella 2 gépaljból, 6-6 sorból áll. A 3 különböző tőszámú parcella vetése háromszor lett megismételve, így összesen 9 parcella van. A vizsgált terület 178 méter hosszú és 81 méter széles összesen 1,44 ha. A 12. ábra vizualizlja a terület mértetét, a 3. táblázatban pedig a parcellák felosztását.



12. ábra: Kísérleti terület

3. táblázat: A kísérleti terület parcelláinak fel- és elosztása

12 sor	12 sor	12 sor	12 sor	12 sor	12 sor	12 sor	12 sor	12 sor
45000 csíra/ha 29,6 cm tőtáv	55000 csíra/ha 24,2 cm tőtáv	65000 csíra/ha 20,5 cm tőtáv	45000 csíra/ha 29,6 cm tőtáv	55000 csíra/ha 24,2 cm tőtáv	65000 csíra/ha 20,5 cm tőtáv	45000 csíra/ha 29,6 cm tőtáv	55000 csíra/ha 24,2 cm tőtáv	65000 csíra/ha 20,5 cm tőtáv
0,16 ha	0,16 ha	0,16 ha	0,16 ha	0,16 ha	0,16 ha	0,16 ha	0,16 ha	0,16 ha
1. ismétlés			2. ismétlés			3. ismétlés		

A Keleti felén a kísérleti területnek, két villanyoszlop között el lett vetve egy gépalj keresztbe, hogy az összes parcella ugyanakkora legyen, erre a szántó alakja miatt volt szükség.

A parcellák egymástól táblák segítségével lettek elválasztva, közvetlen vetés után, ez a 13. ábrán látható.



13. ábra: Parcellák elkülönítése táblákkal

2.5. A mért paraméterek bemutatása

2.5.1. A kukorica fiziológiai adatainak mérése

A kukorica vegetációs ideje alatt a fiziológiai fejlődése nyomon lett követve. 3 külön alkalommal lett a növény magassága, szárátmérője és a leveleinek száma mérve. Minden egyes alkalommal 90 növény lett vizsgálva, minden ismétlésből 10. Ezek a mérések 2024. május 27-én, július 2-án és augusztus 6-án történtek, a kukorica növekedésének megfelelő követése céljából. Augusztus végén mérés már nem történt, ugyanis az állomány szinte teljesen felszáradt. A mérésekhez tolómérőt és mérőszalagot használtam, a magasság mérésekben gazdaságunk egyik alkalmazottja is segített, az adatok Microsoft Excelbe jegyeztem fel. A 14. ábrán egy tolómérővel történő szárvastagság mérés látható.



14. ábra: Kukorica szárvastagságának mérése tolómérővel

2.5.2. A kukorica terméshozamának mérése

A kukorica betakarítása egy New Holland Cr7.90-es kombájnnal és egy 6 soros Geringhoff kukorica adapterrel történt, ez a 15. ábrán látható, az aratás folyamán hozamtérkép is készült.



15. ábra: Kísérlet betakarítása

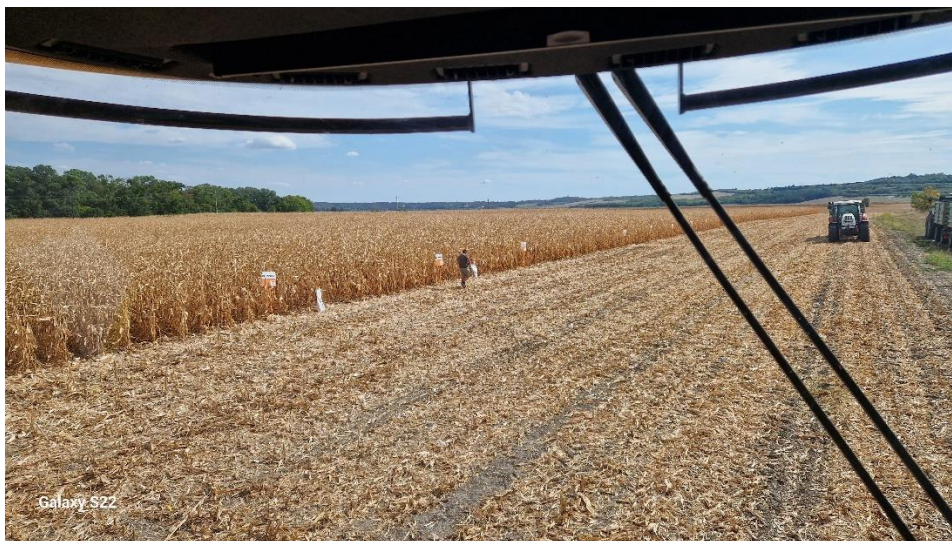
Minden egyes parcella külön lett learatva, majd lemérve is. Közvetlen egy parcella learatása után, a kukorica ürítve lett a pótkocsira aminek a tengelyei alatt egy mobil jármű mérleg volt, ahogy a 16. ábrán is látható. Minden egyes mérés előtt a kocsit le lett tárazva, majd mind a hozam, mind a nedvességtartalom fel lett jegyezve. A termésmennyiség kiszámításához a mért tömeget viszonyítottam a parcellák méretéhez. A betakarítás 2024. szeptember 12-én történt.



16. ábra: Terméshozam mérése mobil jármű mérleggel

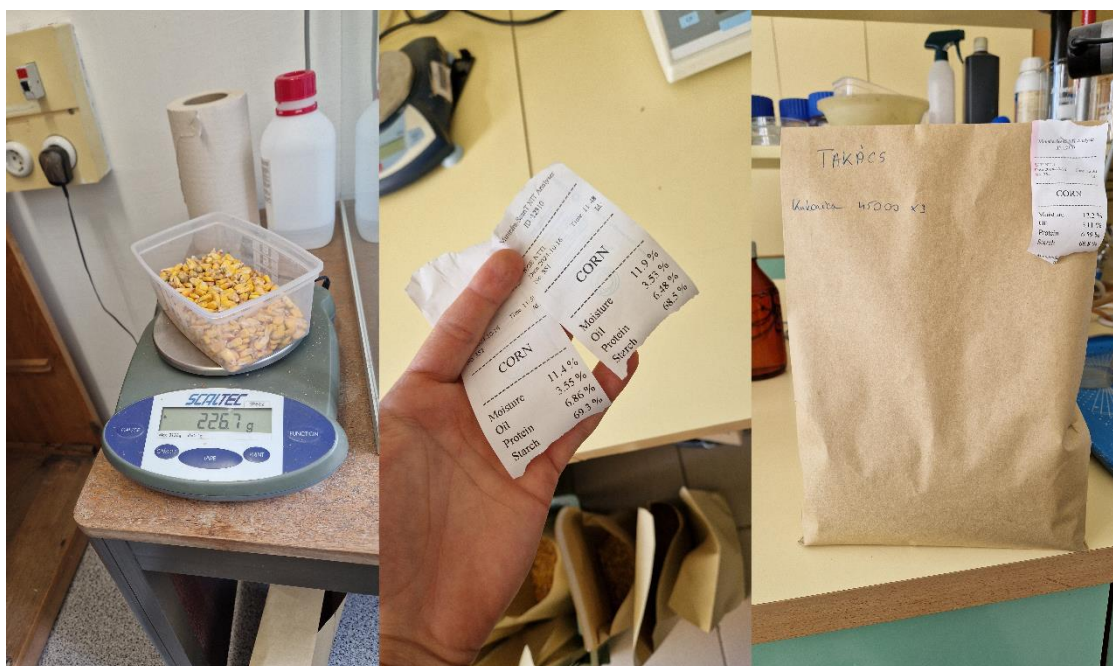
2.5.3. A kukorica beltartalmi és termésparamétereinek vizsgálata

Közvetlen a kísérleti terület betakarítása előtt, minden parcellából 10-10 cső kukorica lett véletlenszerűen kiválasztva, majd zsákba helyezve. Ehhez először le lett aratva a szegés, mely nem tartozott a kísérlethez, mindez a 17. ábrán látható.



17. ábra: Kukorica parcellánkénti bezákolása

Mintavételezés után mindegyik csőnek megmértem a tömegét és a hosszát, emellett megszámláltam a magok számát egy sorban és egy oszlopban, ebből kiszámoltam a magok számát csőenként. Ezek után lemorzsoltam a csöveket és lemértem a magok tömegét és a csuta tömegét. Ez összesen 90 külön mérést jelentett a 9 parcellából. Morzsolás után a kukorica magokat parcellánként külön zsákokba helyeztem. Végezetül a 9 zsáknak a beltartalma meg lett mérve, a MATE NTTI laborjában egy Miniinfra-Scan segítségével, ami mérte a kukorica nedvesség-, olaj-, fehérje- és keményítőtartalmát. Ennek a folyamatát a 18. ábra mutatja.



18. ábra: Kukorica beltartalmi paramétereinek mérése

2.6. A mért adatok statisztikai elemzésének bemutatása

Az adatok statisztikai elemzését IBM SPSS Statistics 29 és Microsoft Office Excel 2021 szoftver segítségével végeztem. Az elemzéseket egy egytényezős variancia-analízis (ANOVA) és post-hoc tesztek segítségével végeztem.

3. Eredmények és értékelésük

3.1. A kukorica fiziológiai paramétereinek eredménye

3.1.1. Első mérés eredményei

Először a fiziológiai paraméterek első mérésének eredményei lesznek bemutatva, melynek adatai május 27-én lettek felvételezve.

A kezelésként mért növénymagasság tekintetében nem volt szignifikáns különbség a vetett tőszámok alapján [$F(2,87) = 1.81, p=0,169$]. A Tukey post-hoc elemzés megmutatta, hogy a 45k kezelés ($41,40 \pm 8,12\text{cm}$) nem különbözött az 55k kezeléstől ($37,83 \pm 7,13\text{cm}$), sem a 65k kezeléstől ($38,67 \pm 7,46\text{cm}$), az 55k és a 65k kezelés nem különbözött egymástól.

A szárátmérő sem mutatott szignifikáns eltérést a vetett tőszámok alapján [$F(2,87) = 2.04, p=0,135$]. A 45k kezelés ($12,35 \pm 1,39\text{mm}$), az 55k kezeléstől ($11,61 \pm 1,64\text{mm}$) és a 65k kezeléstől ($12,31 \pm 1,70\text{mm}$) sem különbözött, sem az 55k a 65k-tól.

Zöld levélszám sem mutatott eltérést a kezelések között [$F(2,87) = 1.28, p=0,281$]. A 45k kezelés ($7,83 \pm 0,46\text{db}$), az 55k kezelés ($7,93 \pm 0,74\text{db}$) és a 65k kezelés ($8,10 \pm 0,71\text{db}$), mind hasonló eredményt produkáltak.

A vetés utáni első mérés eredményeiről elmondható, hogy nem mutattak szignifikáns eltérést a kezelések között, mely feltehetőleg a korai homogén fejlődésnek köszönhető, amikor még nem okozott a vízhiány gondot és nem konkuráltak túlon túl a növények.

3.1.2. Második mérés eredményei

A második mérés adatai július 2-án lettek lemérve, melynek eredményeit az alábbiakban részletezem. Ez a felvételezés már mutatott szignifikáns eltérést a csíraszámok között.

A kezelésként mért növénymagasság tekintetében itt már volt szignifikáns eltérés a vetett tőszámok alapján [$F(2,87) = 3.43, p<0,05$]. A Tukey post-hoc elemzés megmutatta, hogy a 45k kezelés ($232,33 \pm 16,63\text{cm}$) különbözött az 55k kezeléstől ($220,20 \pm 20,57\text{cm}$), viszont a 65k kezeléstől ($223,23 \pm 18,59\text{cm}$) már nem. Az 55k kezelés nem különbözött a 65k kezeléstől.

4. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a növénymagasságra gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

Növénymagasság	45k	55k	65k
45k			
55k	0,036*		
65k	0,148	0,804	

A kezeléenként mért szárátmérő vastagsága is mutatott szignifikáns eltérést a tőszámok között [F (2,87) = 7.58, $p < 0,05$]. A post-hoc elemzés megmutatta, hogy a 45k kezelés ($26,16 \pm 1,38$ mm), mind az 55k kezeléstől ($24,91 \pm 1,94$ mm), mind pedig a 65k kezeléstől ($24,56 \pm 1,64$) különbözik. Jelentős eltérés az 55k kezelés és a 65k kezelés közt e tekintetben nincsen.

5. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a szárátmérőre gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

Szárátmérő	45k	55k	65k
45k			
55k	0,013*		
65k	0,001*	0,698	

A kezeléenként mért zöld levélszám tekintetében is volt szignifikáns eltérés a vetett tőszámok alapján [F (2,87) = 6.70, $p < 0,05$]. A Tukey post-hoc elemzés megmutatta, hogy a 45k kezelés ($14,60 \pm 0,77$ db) különbözött az 55k kezeléstől ($14,03 \pm 0,61$ db) és a 65k kezeléstől ($13,97 \pm 0,80$ db) is. Az 55k kezelés nem különbözött a 65k kezeléstől.

6. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a zöld levélszámra gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

Zöld levélszám	45k	55k	65k
45k			
55k	0,010*		
65k	0,004*	0,934	

3.1.3. Harmadik mérés eredményei

A harmadik és egyben utolsó mérés augusztus 6-án volt, amikor már kezdett összeérni az állomány, viszont mégis jelentkeztek szignifikáns eltérések.

Az ekkor feljegyzett növénymagasság eredménye mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között [F (2,87) = 14.62, $p < 0,05$]. A Tukey HSD szerint, a 45k kezelés ($227 \pm 22,73$ cm), az 55k kezelés ($252,17 \pm 13,186$ cm) és a 65k kezelés ($239,40 \pm 14,78$ cm) mind különbözött egymástól szignifikánsan.

7. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a növénymagasságra gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

Növénymagasság	45k	55k	65k
45k			
55k	<0,001*		
65k	0,032*	0,015*	

A szárátmérő tekintetében az Anova már nem mutatott szignifikáns különbséget az tőszámok között [F (2,87) = 2.26, $p = 0,11$]. Így 45k kezelés ($24,08 \pm 1,39$ mm) nem különbözött jelentősen, sem az 55k kezeléstől ($23,01 \pm 2,46$ mm), sem a 65k kezeléstől ($23,00 \pm 2,69$ mm), illetve a két nagyobb tőszámú kezelés sem egymástól.

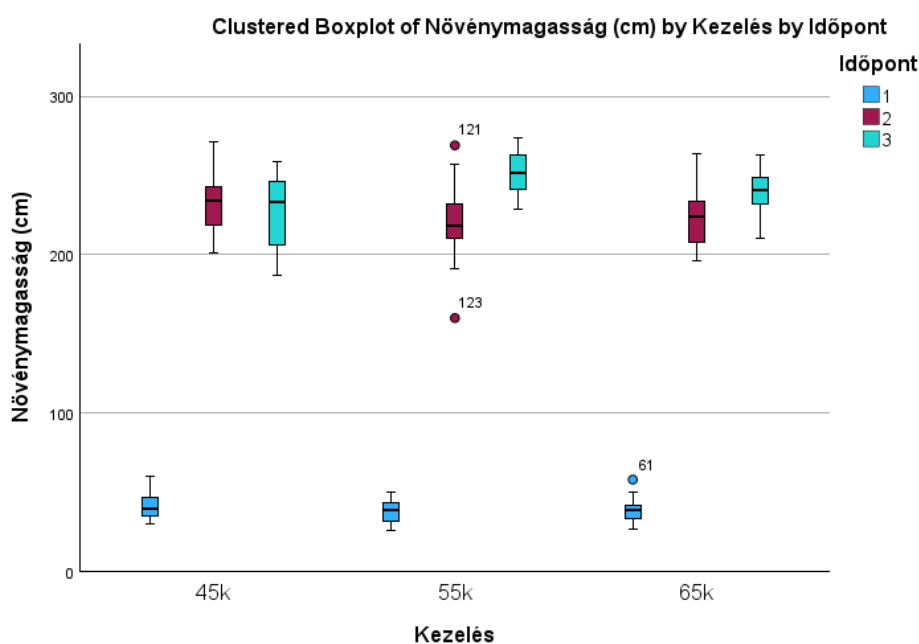
A zöld levélszámot mérve ismételt volt szignifikáns differencia a kezelések között [F (2,87) = 10.52, p<0,05]. A Tukey post-hoc analízis kimutatta, hogy a 45k kezelés (10,70±0,535db) különbözik levélszám tekintetében mind, az 55k kezeléstől (9,60±1,03db) és a 65k kezeléstől (9,73±1,31db). A 55k kezelés és a 65k kezelés között nem volt jelentős eltérés.

8. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a zöld levélszámra gyakorolt hatásukban p<0,05 szinten

Zöld levélszám	45k	55k	65k
45k			
55k	<0,001*		
65k	0,001*	0,867	

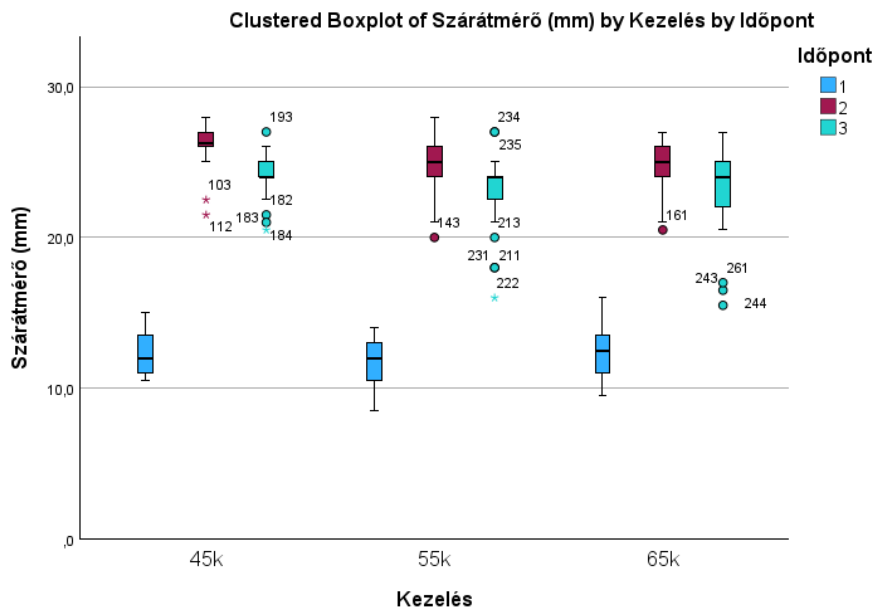
3.1.4. A mérések eredményei boxplot diagrammal szemlélítve

A 19. ábrán látható a kukorica magasságáról boxplot diagram a növényesűrűség és mérési idő megoszlása alapján.



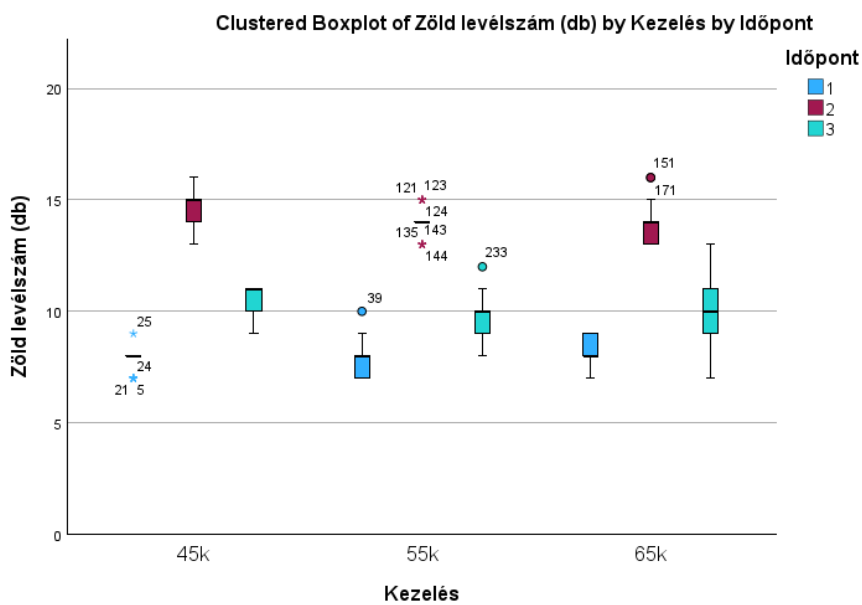
19. ábra: A növények magassága kezelésenként

A 20. ábrán látható a kukorica magasságáról boxplot diagram a növénytűrűség és mérési idő megoszlása alapján.



20. ábra: A növények szárátmérője kezelésenként

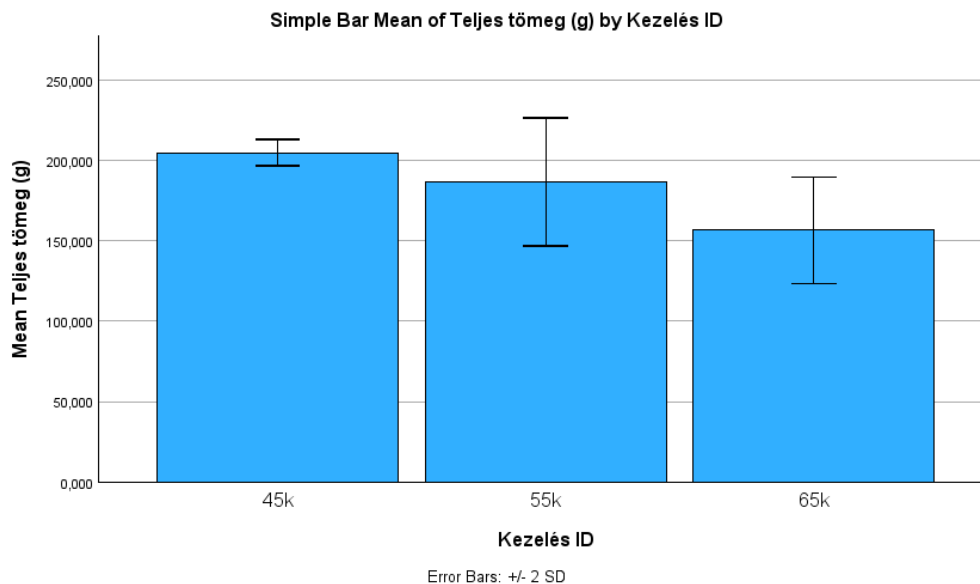
A 21. ábrán látható a kukorica magasságáról boxplot diagram a növénytűrűség és mérési idő megoszlása alapján.



21. ábra: A növények zöld leveleinek száma kezelésenként

3.2. A kukorica termés paramétereinek eredménye

A kezelésként betakarított teljes csőtömeg tekintetében szignifikáns különbséget találtam a vetett tőszámok alapján [$F(2,6) = 7.75, p < 0,05$]. A Tukey post-hoc elemzés megmutatta, hogy a 45k kezelés ($204,78 \pm 4,09g$) nem különbözött az 55k kezeléstől ($186,59 \pm 19,90g$), azonban a 65k-s kezeléstől ($156,52 \pm 16,62g$) már igen. Az 55k kezelés nem különbözött a 65k kezeléstől. Erről oszlopdiagram a 22. ábrán látható.

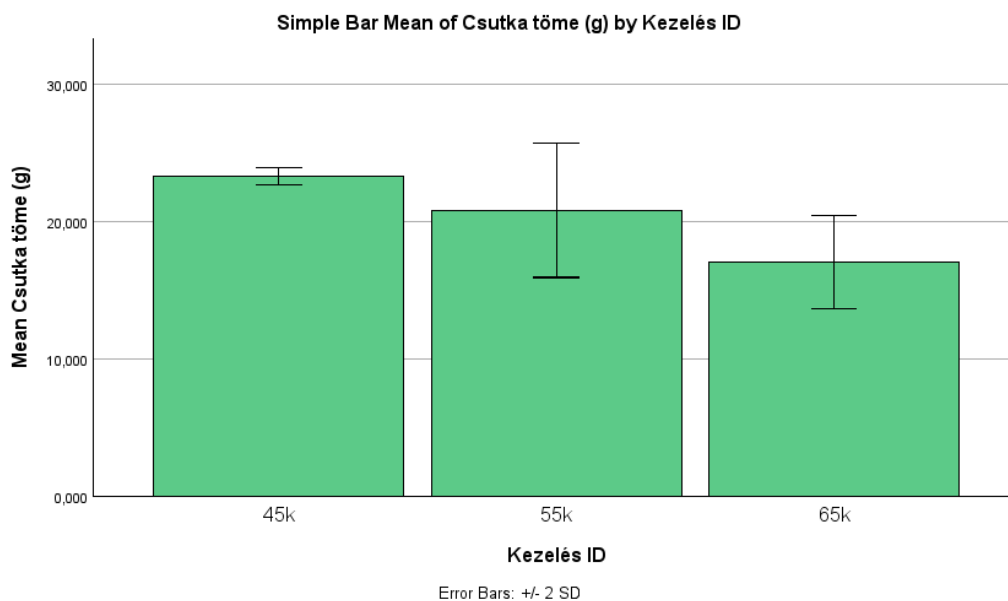


22. ábra: A kukorica teljes csőtömege kezelésként

9. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a teljes csőtömege gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

Teljes csőtömeg	45k	55k	65k
45k			
55k	0,368		
65k	0,019*	0,112	

A kukorica csutka tekintetében is látható szignifikáns különbség a kezelések közt [$F(2,6) = 10.02, p < 0,05$]. A post-hoc elemzés kimutatta, hogy a 45k kezelés ($23,31 \pm 0,31g$) nem különbözik az 55k kezeléstől ($20,81 \pm 2,44g$), de a 65k kezeléstől ($17,04 \pm 1,69g$) már igen. Az 55k és a 65k kezelés között nem volt jelentős eltérés. Mindez a 23. ábrán látható.

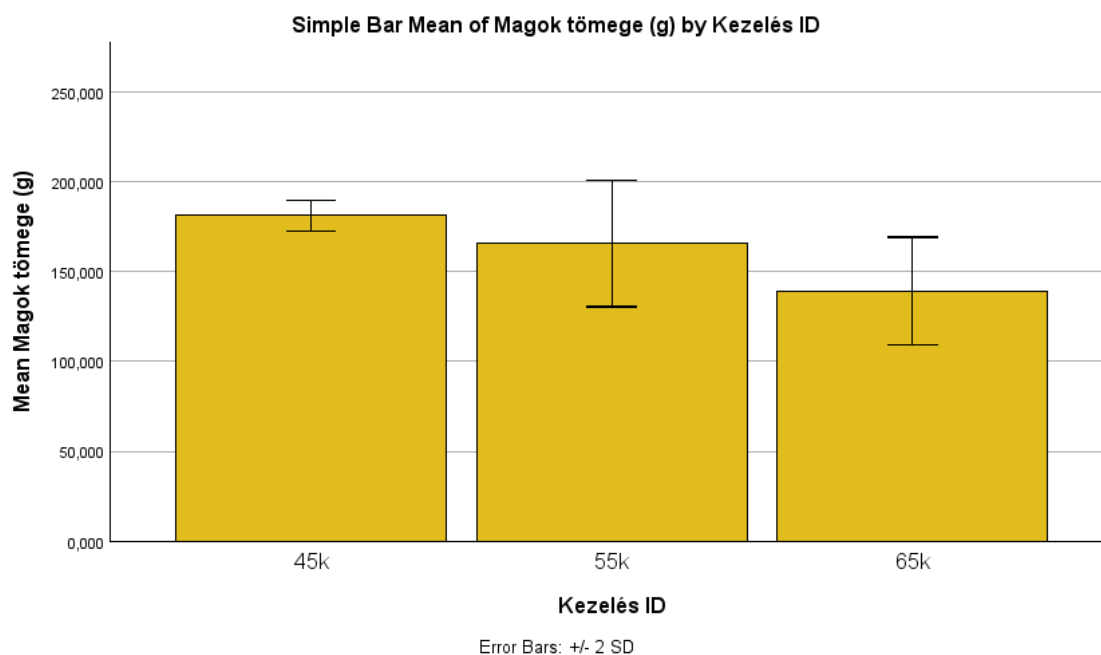


23. ábra: A kukorica csutka tömege kezelésenként

10. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a csutka tömegére gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

Csutka tömege	45k	55k	65k
45k			
55k	0,257		
65k	0,010*	0,082	

A magok tömege is mutatott szignifikáns különbséget a tőszámok között [$F(2,6) = 7.36$, $p < 0,05$]. A post-hoc elemzés kimutatta, hogy a 45k kezelés ($181,17 \pm 4,23$ g) nem mutat jelentős eltérést az 55k kezeléstől ($165,67 \pm 17,51$ g), de a 65k kezeléstől ($139,22 \pm 14,99$ g) már igen. Az 55k és a 65k kezelés között szignifikáns eltérés nem volt. Erről oszlopdiagram a 24. ábrán látható.



24. ábra: A kukorica magok tömege kezelésenként

11. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a magok tömegére gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

Magok tömege	45k	55k	65k
45k			
55k	0,393		
65k	0,021*	0,118	

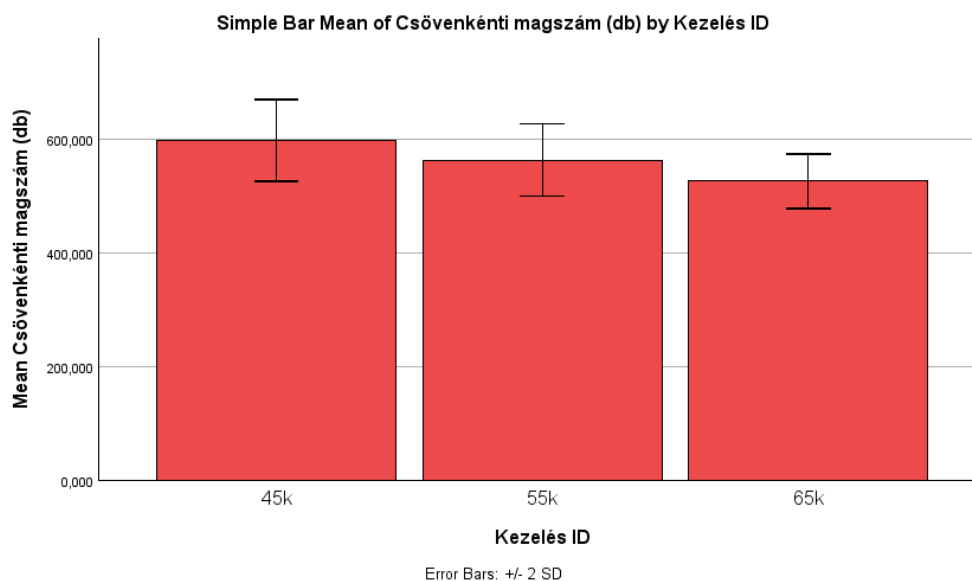
A kezelésenként mért soronkénti magszám tekintetében nem volt szignifikáns különbség a vetett tőszámok alapján [$F(2,6) = 0.184, p=0,837$]. A 45k kezelés ($15,26 \pm 0,61$ db) nem mutat kiemelkedő eltérést sem az 55k kezeléstől ($15,23 \pm 0,56$ db), sem a 65k kezeléstől ($15,03 \pm 0,28$ db). Ezentúl a 55k kezelés és a 65k kezelés sem különbözik egymástól.

Az kukorica csövek oszloponkénti magszám tekintetében, viszont már jelentkezik szignifikáns eltérés a különböző tőszámok között [$F(2,6) = 12.168, p < 0,05$]. A 45k kezelés ($39,16 \pm 0,90$ db) nem mutat jelentős eltérést az 55k kezeléstől ($37,03 \pm 1,04$ db), viszont a 65k kezeléstől ($35,06 \pm 1,09$ db) már igen. A 55k kezelés és a 65k kezelést között nem mutatható ki szignifikáns eltérés e tekintetben.

12. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek az oszloponkénti magszámra gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

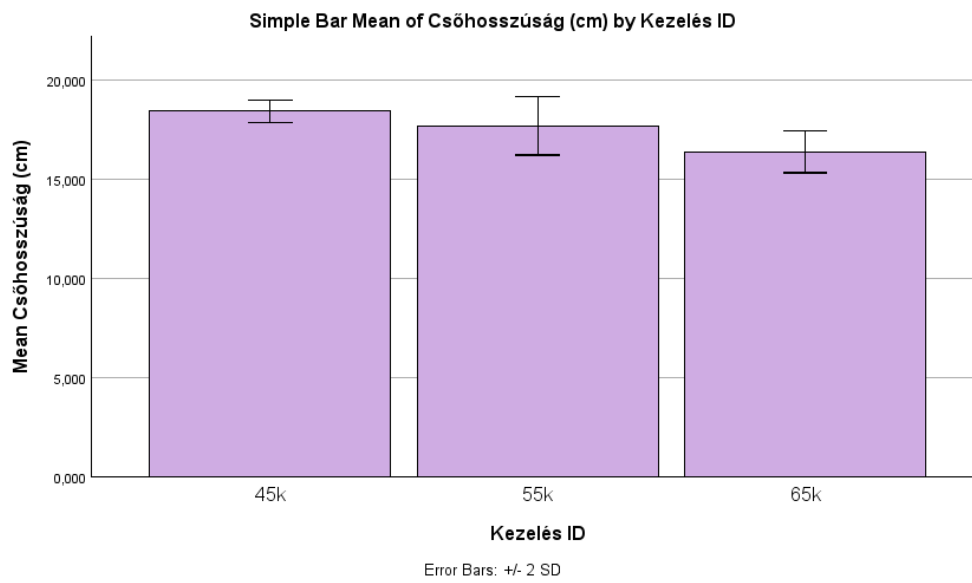
Oszloponkénti magszám	45k	55k	65k
45k			
55k	0,094		
65k	0,006*	0,121	

A csövenkénti magszám tekintetében, viszont összességében nem mutatott az SPSS szignifikáns eltérést a kezelések között [F (2,6) = 4.004, $p=0,079$]. A 45k kezelés (597,36±35,96db) nem mutatott kiemelkedő eltérést az 55k kezeléstől (563,20±31,94db) és a 65k kezeléstől (525,76±23,85db) se, illetve az 55k kezelés a 65k kezeléstől se. Erről diagram a 25. ábrán látható.



25. ábra: A kukorica csövenkénti magok száma kezelésenként

A kukorica csőhosszúsága tekintetében a statisztikai szoftver fedezett fel szignifikáns eltérést az eltérő tőszámok között [F (2,6) = 10.983, $p < 0,05$]. A Tukey post-hoc elemzés megmutatta, hogy a 45k kezelés (18,42±0,28cm) nem különbözött a 55k kezeléstől (17,68±0,73cm), de a 65k kezeléstől (16,36±0,52cm) már igen. Az 55k kezelés és a 65k kezelés között nem volt szignifikáns eltérés. A csőhossz közötti eltéréseket a 26. ábra mutatja.



26. ábra: A kukorica csövek hosszúságának megoszlása kezelésként

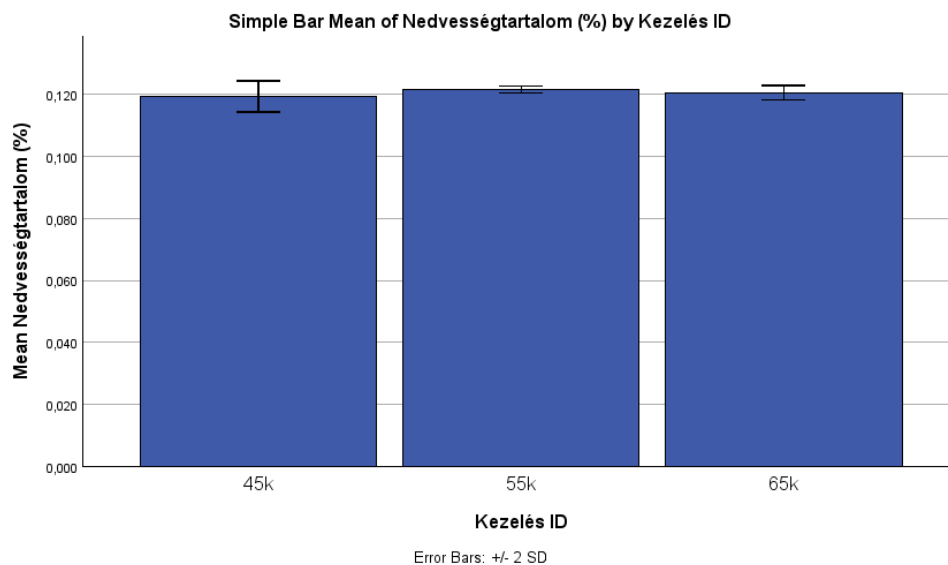
13. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a csőhosszra gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

Csőhossz	45k	55k	65k
45k			
55k	0,291		
65k	0,009*	0,057	

3.3. A kukorica beltartalmi paramétereinek eredménye

3.3.1. A kukoricaszemek nedvességtartalma

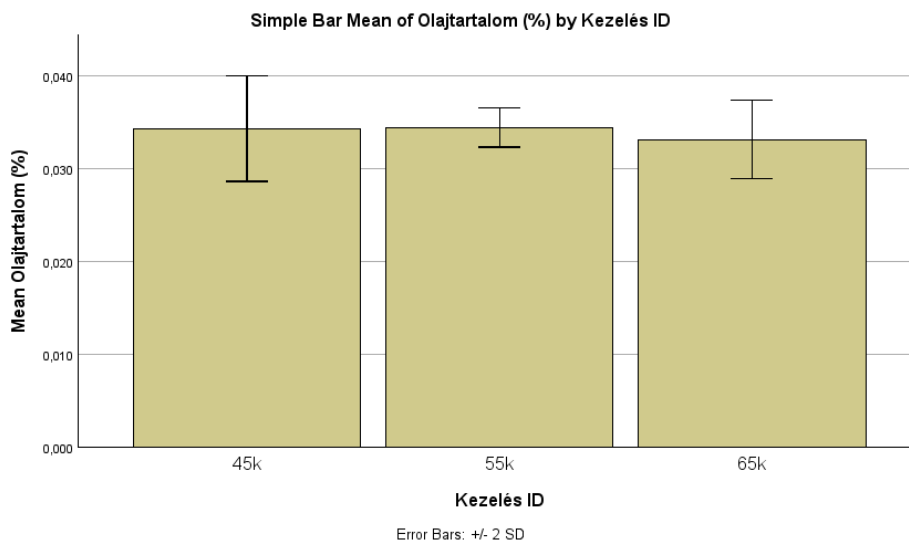
A kezelésként betakarított kukoricaszemek nedvességtartalmát tekintetében nem jelentkezett szignifikáns eltérés a kísérletben használt tőszámok között [F (2,6) = 1.542, p=0,228]. A 45k kezelés (11,93±2,5%), nem tért el szignifikánsam sem az 55k kezeléstől (12,21±0,05%), sem a 65k kezeléstől (12,06±0,11%). Az 55k kezelés és a 65k kezelés között sem volt jelentős eltérés. Ezt diagram is ábrázolja a 27. ábrán.



27. ábra: A kukorica nedvességtartalmának megoszlása kezelésként

3.3.2. A kukoricaszemek olajtartalma

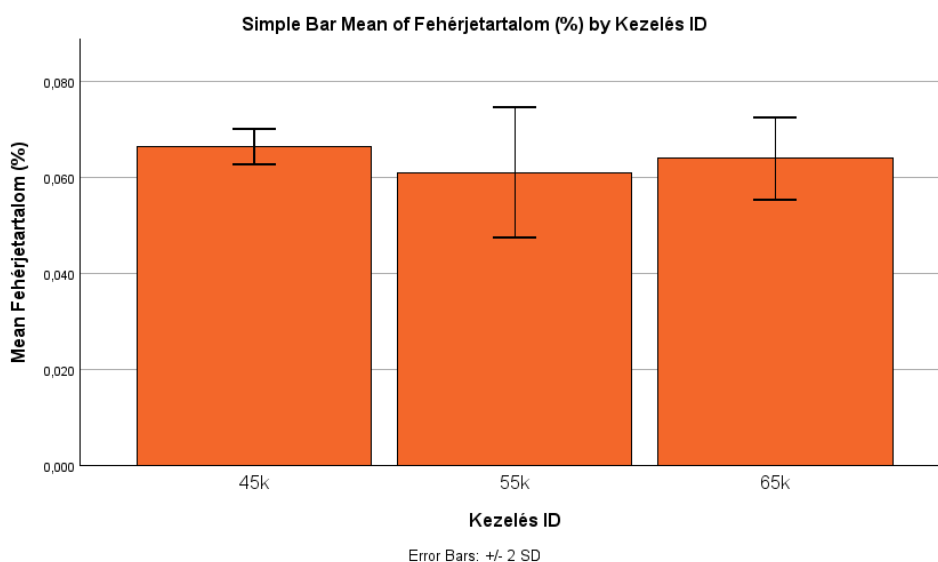
A kezelésként betakarított olajtartalom tekintetében sem találtam szignifikáns különbséget a tőszámok között [F (2,6) = 0.338, p=0,726]. A 45k kezelés (3,4±0,28%), az 55k kezelés (3,4±0,10%) és a 65k kezelés (3,3±0,21%) sem különbözött szignifikánsan egy másik kezeléstől. Mindez a 28. ábrán látható.



28. ábra: A kukorica olajtartalmának megoszlása kezelésenként

3.3.3. A kukoricaszemek fehérjetartalma

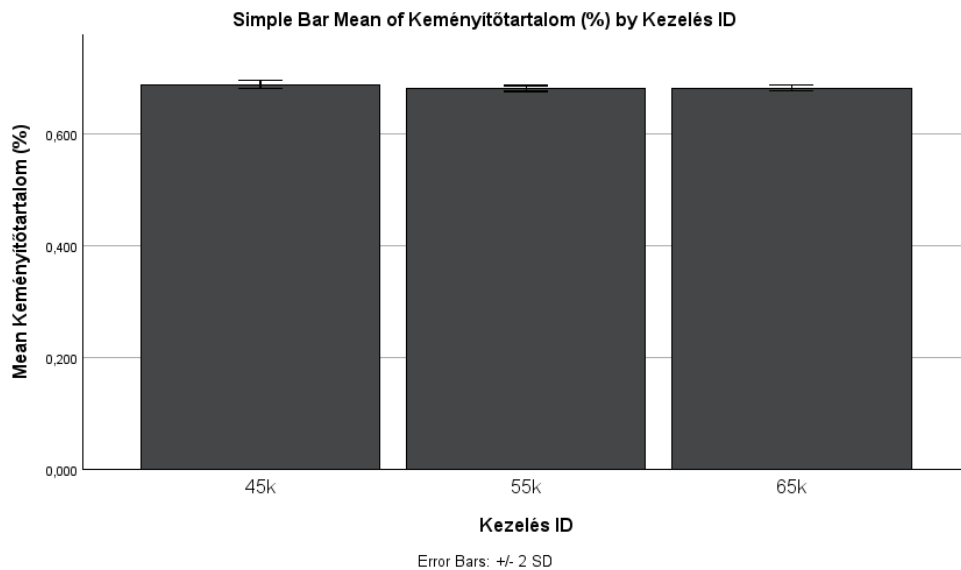
Hasonlóan az olajtartalomhoz és a nedvességtartalomhoz, a kukorica fehérjetartalma tekintetében sem mutatott szignifikáns eltérést a kezelések között [F (2,6) = 0.942, p=0,441]. A 45k kezelés (6,6±0,18%) nem különbözött lényegesen az 55k kezeléstől (6,1±0,67%), sem a 65k kezeléstől (6,3±0,43%), illetve az 55k kezelés a 65k kezeléstől sem. A fehérjetartalom 29. ábrán látható.



29. ábra: A kukorica csövek hosszúságának megoszlása kezelésenként

3.3.4. A kukoricaszemek keményítőtartalma

A keményítőtartalom tekintetében viszont jelentkezett szignifikáns eltérés a vetett tőszámok között az ANOVA eredményei alapján [$F(2,6) = 5.45, p < 0,05$]. Ezzel ellentétben a Tukey post-hoc elemzés nem mutatott ilyen eltérést a $p < 0,05$ szinten. A 45k kezelés ($68,83 \pm 0,35\%$), az 55k kezelés ($68,10 \pm 0,26\%$) és a 65k kezelés ($68,20 \pm 0,26\%$) között nem volt szignifikáns eltérés. Mindez a 30. ábrán látható.



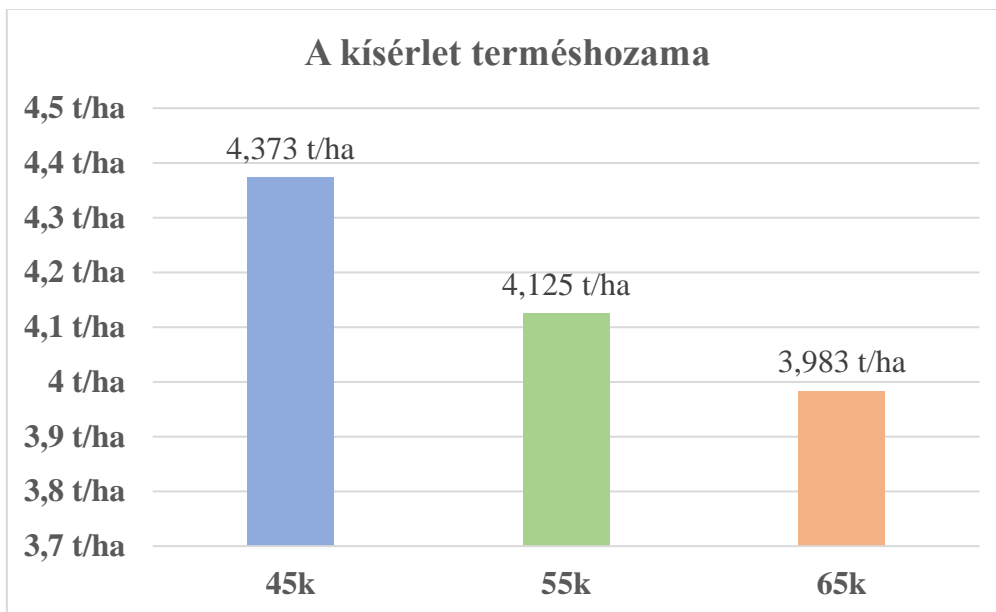
30. ábra: A kukorica csövek hosszúságának megoszlása kezelésenként

14. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a kezelések közötti átlagos különbségeknek a csőhosszra gyakorolt hatásukban $p < 0,05$ szinten

Keményítőtartalom	45k	55k	65k
45k			
55k	0,052		
65k	0,088	0,911	

3.4. A kukorica terméshozamának eredménye

A 3x3 parcellát betakarítva a 3 különböző tőszám közül a legkisebb a 45000 tő/ha hozta a legnagyobb hozamot, ezt követte az 55000 tő/ha-os kezelés és a legkisebbet betakarításkori hozamot, pedig a 65000 tő/ha-os adta. A 45k kezelés összesen 0,48 hektáron 2099 kg-t termett, ami 4,373 t/ha-os átlag termésnek felel meg. Az 55k kezelés 0,48 hektáron 1980 kg-t termett, mely 4,125 t/ha-os hozamnak felel meg. A 65k kezelés 0,48 hektáron 3,983 t/ha-t produkált, mely 3,983 t/ha-os termésnek felel meg. A fenti adatok a 19. ábrán láthatók.



1. ábra: A kísérlet terméshozama tőszámonként

4. Következtetések és javaslatok

A kutatásom alapján megállapítható következtetéseket és javaslatokat, mint ahogy az előző fejezetet is, 4 részre osztottam: a kukorica fiziológiai paramétereire, a termés paramétereire, a beltartalmi értékeire, majd a termés eredményeire.

2024-es évben a kukorica vetését követő első méréskor nem volt szignifikáns eltérés a különböző tőszámok között a fiziológiai paraméterek tekintetében. Ez valószínűleg a keléshez és korai fejlődéshez elegendő csapadéknak köszönhető, illetve annak, hogy az első mérés a vetést követő hónapban történt. A második mérés eredményei, viszont már azt mutatták, hogy a 45000-es, legkisebb csíraszámú vetett növény volt a legmagasabb, a legvastagabb és a legtöbb zöld levéllel rendelkező kezelés. A harmadik mérés eredményei többnyire összhangban voltak a második mérésével, így ekkor is megfigyelhető volt, hogy az alacsonyabb csíraszámú növényállomány szárátmérője nagyobb volt, viszont ezt már az ANOVA nem találta szignifikáns eltérésnek, ezentúl a kukoricaállomány egyedeinél magasabb volt a zöld levelek száma. A kukorica magasságának tekintetében, a korábbi méréssel szemben az 55000-es tőszám volt az élen, melyet a 65000-es tőszám követett és a legalacsonyabb a 45000-es csíraszám volt. Ez az eredmény meg is erősíti és szemben is áll Khan et al. (2017) eredményeivel, akinek a kutatásaiban az alacsonyabb tőszámmal vetett kukorica alacsonyabbnőtt, mint a magasabb tőszámmal vetett. Az eredményem feltehetőleg az év csapadék hiányának az eredménye, így a legmagasabb csíraszámú kezeléseknél nem volt elegendő vizük a növekedéshez. Ez a vízhiánynak a kukorica növekedésére kifejtett negatív hatását Çakir (2004) is alátámasztja.

A termés paraméterek tekintetében is a legalacsonyabb tőszámú kezelés mutatta a legmagasabb értékeket. A kukorica teljes csőtömege a 45k kezelésnél átlagosan 30%-kal nagyobb tömeggel rendelkezett a 65k kezelésnél, ugyan ez igaz, csak a magok tömegére. A csutka tömegénél a 45k kezelés pedig 36%-kal volt nagyobb a 65k kezeléshez képest. Ezeket a megfigyeléseket Dhaliwal and Williams (2019) kutatása is bebizonyította, miszerint a növekvő tőszám csökkenő csőtömeget eredményez. A soronkénti magszám tekintetében az eltérés nem volt jelentős a tőszámok között, viszont az oszloponkénti magszám esetén a 45k kezelés 11,6% több darab magot tartalmazott átlagosan, mint a 65k kezelés. Ugyanezen tőszámok közötti különbség 13,7%-ra emelkedik a csövenkénti összmagszám tekintetében. Ahogy Milander et al. (2016) is említette, a megnövekedett tőszám alacsonyabb csövenkénti magszámot eredményez, mindez főleg vízhiányos években mutatkozik meg. A kukorica csőhossza is az eddigi tendenciát követve a 45k kezelésé volt a legnagyobb és 12,5%-al volt hosszabb a 65k kezeléséhez képest.

Ezen eredmények alapján megállapítható, hogy a tőszám növelése lineáris degressziót mutat a kukoricacső tömege, hossza és magjainak száma tekintetében, mindezt a következtetést Williams (2012) kutatásának eredményei is alátámasztják.

A beltartalmi paraméterek között nem voltak igazán kiemelkedő differenciák tőszámok között. Kutatásomban nem sikerült a tőszám és a nedvességtartalom között korrelációt találni. Hasonlóan a nedvességtartalomhoz, a kukorica olaj- és fehérjetartalma sem mutatott szignifikáns eltérést tőszámok között, bár érdemes megemlíteni, hogy ennél a két mért tényezőnél is a legnagyobb értéket a legkisebb tőszám adta vissza, viszont az eltérés csekély volt, így az Anova analízis nem találta szignifikánsnak. A keményítő tartalom is a 45k tőszámnál volt a legmagasabb, viszont az 55k kezelés alacsonyabb átlagos értéket adott vissza, mint a 65k kezelés. A kapott eredmények összhangban vannak Gao et al. (2024) felvetésével, hogy nem lehet pontos párhuzamot húzni a tőszám és a betakarításkori nedvességtartalom között. Ezenkívül összevetve Prokszáne and Harmati István (1988) eredményeivel is, akiknek a tanulmánya azt mutatta, hogy a megemelt tőszám magasabb keményítő- és alacsonyabb olaj-, illetve fehérjetartalommal jár a tőszám optimumon felső határán kívül. Így olajtartalom és fehérjetartalom tekintetében a kísérletem megerősíti a kutatásukat, addig a keményítő területén inkonzisztenciát mutat.

A kísérletem termés eredménye alapján a 45000-es tőszám adta a legnagyobb hozamot 4,373 t/ha-al, a legkisebbet pedig a 65000-es 3,983 t/ha-os átlaggal. Ez az elmúlt év aszályának köszönhető, ugyanis a kukorica tenyészidőszakában csupán 160 ml csapadék hullott, mely önmagában sikeres kukorica termesztéshez nem elég. Ez párosult a bíborhere elővetemény vízelvonásával és késői tárcsás terminálásával, mely a talajt kiszárította és tömörítette. Így a kísérletem, illetve előző év gazdálkodásából azt a konzekvenciát lehet levonni, hogy a változó tőszámú vetésnek van létjogosultsága és nem csak költséghatékonysággal tudja segíteni a gazdákat, hanem terméstartalommal is lehet az eredménye.

5. Összefoglalás

A klímaváltozás hatása évről évre egyre újabb és nagyobb kihívások elé állítja a mezőgazdaságot. A kukorica termesztés jövője mára sok gazdának kérdéses és ország egyes területein már próbálják az eddig legnagyobb területen termesztett kultúrnövényünket más növénnyel helyettesíteni. Ahhoz, hogy a kukoricát kellő biztonsággal lehessen termesztetni, technológiai változtatások és finomítások szükségesek, új szárazságtűrő hibridek, illetve alacsonyabb tőszámok használata. Magyarország talajainak heterogenitása, pedig a precíziós talajművelésen belül a változó tőszámú vetésnek nem csak utat nyit, de indokolttá is teszi. Ezért választottam a kutatásom témájaként egy kukorica tőszám kísérletet, ahol nem csak hozamot, de minőséget és vegetatív növényt is vizsgáltam, ezzel jobban megismerve annak alkalmazkodó és stressztűrő képességét.

A dolgozatomban a KWS Hypolito kukorica hibrid került vetésre 3x3 0,16 hektáros parcellában. Felváltva 45000 – 55000 – 65000 tőszámmal, mely háromszor lett megismételve a heterogenitás kiküszöbölése érdekében. A parcellák minden más tekintetben azonos agrotechnikát alkalmaztam, csak csíraszámban volt eltérés.

A parcellák fejlődését egészen az áprilisi vetéstől a szeptemberi aratásig nyomon követtem. Aratáskor a parcellákat külön-külön betakarítottam és hozamukat lemértem, a begyűjtött kukoricacsöveket a MATE NTTI laborjában lemorzsoltam, majd beltartalmi értéküket feljegyeztem. Az itt kapott adatokat, pedig statisztikai módszerek segítségével feldolgoztam, majd elemeztem.

A vizsgálatom eredménye egyértelműen megmutatta, hogy az átlagosnál alacsonyabb tőszám tud jobb eredményeket produkálni, mint a magasabb, sűrűbb növényállomány. Mindez kiemelten igaz egy vízhiányos esztendőben. Nem csak a kukorica hektáronkénti hozama reagált pozitívan a csíraszám csökkentésre, hanem a beltartalmi értékei is, ezentúl a vegetatív növényi részek is jobban bírták a stresszt, ahol alacsonyabb volt a konkurencia. A kapott eredmények útmutatásul szolgálnak a gazdaságunk ideai tőszám intervallumának, ugyanis termésdepresszió nélkül tudjuk csökkenteni a kukorica tőszámát, ezzel nem csak nagyobb hozamot remélve, de alacsonyabb költségekkel gazdálkodva. Ezentúl a környező gazdákkal is megosztásra kerül a kísérletem eredménye és tanulsága.

Irodalomjegyzék

- Arslan, S. and Colvin, T.S. (2002): 'Grain yield mapping: Yield sensing, yield reconstruction, and errors', *Precision Agriculture*, 3(2). doi:10.1023/A:1013819502827.
- B, G. *et al.* (2018): 'Effect of sowing time and environmental variation on yield of different Maize varieties', *Open Journal of Plant Science* [Preprint]. doi:10.17352/ojps.000014.
- Baker, A. and Zahniser, S. (2006): *Ethanol Reshapes the Corn Market, Amber Waves*.
- Basso, B., Cammarano, D. and Carfagna, E. (2013) 'Review of Crop Yield Forecasting Methods and Early Warning Systems', *The First Meeting of the Scientific Advisory Committee of the Global Strategy to Improve Agricultural and Rural Statistics* [Preprint].
- Benedetti, R. and Rossini, P. (1993): 'On the use of NDVI profiles as a tool for agricultural statistics: The case study of wheat yield estimate and forecast in Emilia Romagna', *Remote Sensing of Environment*, 45(3). doi:10.1016/0034-4257(93)90113-C.
- Bocz, E. *et al.* (1992): *Szántóföldi növénytermesztés tan*.
- Boros, B. and Sárvári, M. (2008): 'The effect of plant density on maize yield in average and extremely dry years', *Acta Agraria Debreceniensis* [Preprint], (32). doi:10.34101/actaagrar/32/3013.
- Borsos János *et al.* (1994): *Szántóföldi növénytermesztés tan*.
- Bruns, H.A. and Abbas, H.K. (2006): 'Planting date effects on Bt and non-Bt corn in the Mid-South USA', *Agronomy Journal*, 98(1). doi:10.2134/agronj2005.0143.
- Çakir, R. (2004): 'Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn', *Field Crops Research*, 89(1). doi:10.1016/j.fcr.2004.01.005.
- Cusicanqui, J.A. and Lauer, J.G. (1999): 'Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality', *Agronomy Journal*, 91(6). doi:10.2134/agronj1999.916911x.
- Dhaliwal, D.S. and Williams, M.M. (2019): 'Optimum plant density for crowding stress tolerant processing sweet corn', *PLoS ONE*, 14(9). doi:10.1371/journal.pone.0223107.
- Futó, Z. and Bencze, G. (2017): 'Új lehetőségek a kukorica (*Zea mays* L.) öntözésében', *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 12(3). doi:10.14232/jtgf.2017.3.67-79.
- Gao, S. *et al.* (2024): 'Increasing plant density improved maize yield without penalty of harvest grain moisture in extensive field trials', *Annals of Agricultural Sciences*, 69(1), pp. 33–43. doi:10.1016/j.aos.2024.07.001.
- Humenyik, N. and Kiss, A. (2020): *A precíziós szántóföldi növénytermesztés helyzete és ökonómiai vizsgálata*. Edited by M. Gaál and I. Illés. NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet (Agrárgazdasági Könyvek sorozat). doi:10.7896/ak2001.

- Khan, Z.H. *et al.* (2017): ‘Plant Density and Nitrogen Doses Can Affect Growth of Sweet Corn’, *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(6).
- Kovács, P. (2017): ‘Technological development of sustainable maize production’, *Acta Agraria Debreceniensis* [Preprint], (72). doi:10.34101/actaagrar/72/1594.
- Kovács, P. (2020): ‘A kukorica terméshozzáértékének növelése agrotechnikai tényezők racionalizálásával csernozjom talajon’.
- Licht, M.A., Lenssen, A.W. and Elmore, R.W. (2017): ‘Corn (*Zea mays* L.) seeding rate optimization in Iowa, USA’, *Precision Agriculture*, 18(4), pp. 452–469. doi:10.1007/s11119-016-9464-7.
- Lindsey, A.J., Thomison, P.R. and Nafziger, E.D. (2018): ‘Modeling the effect of varied and fixed seeding rates at a small-plot scale’, *Agronomy Journal*, 110(6). doi:10.2134/agronj2018.07.0426.
- Luo, N. *et al.* (2020): ‘Agronomic optimal plant density for yield improvement in the major maize regions of China’, *Crop Science*, 60(3). doi:10.1002/csc2.20000.
- Milander, J.J. *et al.* (2016): ‘Plant population influence on maize yield components in Croatia and Nebraska’, *Crop Science*, 56(5). doi:10.2135/cropsci2015.09.0565.
- Mulla, D.J. (2013): ‘Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps’, *Biosystems Engineering*. doi:10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009.
- Novák, T.J. (2024): *Tájváltozások hatása a talajok antropizációs folyamataira Magyarországon*. Debreceni Egyetem.
- Pálovics, B. and Sárvári, M. (2006): ‘The effect of the plant density for the yield of the maize hybrids’, *Acta Agraria Debreceniensis* [Preprint], (23). doi:10.34101/actaagrar/23/3205.
- Pedersen, S.M. and Lind, K.M. (2017): ‘Precision Agriculture – From Mapping to Site-Specific Application’, in. doi:10.1007/978-3-319-68715-5_1.
- Pepó, P. (2009): ‘A kukorica (*Zea mays* L.) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon’, *Növénytermelés Növényterm*, 58(3), pp. 53–66. doi:https://doi.org/10.1556/novenyterm.58.2009.3.4.
- Pepó Péter and Sárvári Mihály (2011): *GABONANÖVÉNYEK TERMESZTÉSE*.
- Pethő, M. (2016): *Mezőgazdasági növények élettana, Mezőgazdasági növények élettana*. doi:10.1556/9789630598316.
- Popp, J. *et al.* (2018): ‘A precíziós gazdálkodás kilátásai Magyarországon Outlook of precision farming in Hungary’, *International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS)*, 3(1).

- Prokszáne Paplógó Zsuzsanna and Harmati István (1988): 'Kukoricahibridek keményítő-, fehérje-és olajtartalma', *Növénytermelés*, (37. 1.), pp. 17–26.
- Raun, W.R. *et al.* (2002): 'Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application', *Agronomy Journal*, 94(4). doi:10.2134/agronj2002.8150.
- Šarauskis, E. *et al.* (2022): 'Variable Rate Seeding in Precision Agriculture: Recent Advances and Future Perspectives', *Agriculture (Switzerland)*. doi:10.3390/agriculture12020305.
- Sárvári, M. and Szabó, P. (1998): 'A termesztési tényezok hatása a kukorica termésére', *Novenytermeles*, 47(2).
- Sharma, P., Yadav, D. and Gaur, R.K. (2022): *Bioinformatics in Agriculture: Next Generation Sequencing Era*, *Bioinformatics in Agriculture: Next Generation Sequencing Era*. doi:10.1016/C2020-0-03112-9.
- da Silva, E.E. *et al.* (2021): 'Variable-rate in corn sowing for maximizing grain yield', *Scientific Reports*, 11(1), p. 12711. doi:10.1038/s41598-021-92238-4.
- Szemerits, B., Kukorelli, G. and Molnár, Z. (2023): 'A szárazság hatása a szemes kukorica és cirok vegetatív és generatív fejlődésére', *ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS*, 64(2), pp. 159–178. Available at: <https://real.mtak.hu/193389/>.
- Vătcă, S.D. *et al.* (2021): 'Agrometeorological requirements of maize crop phenology for sustainable cropping—A historical review for Romania', *Sustainability (Switzerland)*. doi:10.3390/su13147719.
- Williams, M.M. (2012): 'Agronomics and economics of plant population density on processing sweet corn', *Field Crops Research*, 128. doi:10.1016/j.fcr.2011.12.007.
- Xiang, L. *et al.* (2007): 'Delineation and Scale Effect of Precision Agriculture Management Zones Using Yield Monitor Data Over Four Years', *Agricultural Sciences in China*, 6(2). doi:10.1016/S1671-2927(07)60033-9.

Internetes hivatkozások jegyzéke

http1: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index>

(Hozzáférés dátuma: 2024.11.11.)

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Dr. Kende Zoltán konzulensemnek a munkáját, aki a dolgozatom elkészítéséhez folyamatos odafigyeléssel, szakmai tanácsokkal, talajművelési és statisztikai tudásával járult hozzá.

Köszönettel tartozom a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Növénytermesztési-tudományok Intézetének és munkatársainak, hogy biztosították számomra a kísérletem vizsgálatához szükséges mérőműszereket és szakmai tudást.

Továbbá tiszta szívvel köszönöm családomnak a kísérlethez biztosított helyszínt, eszközöket, a sok tanácsot és támogatást.

Nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Takács Zoltán József
A Hallgató Neptun kódja:	ELFVT7
A dolgozat címe:	Változó tőszámú vetés hatása a kukorica különböző termésparamétereire
A megjelenés éve:	2025
A konzulens intézetének neve:	MATE NTTI
A konzulens tanszékének a neve:	Agronómia tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.


Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év 10. hó 30. nap


Hallgató aláírása


NYILATKOZAT

Takács Zoltán (név) (hallgató Neptun azonosítója: ELFVT7) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2025. 10. 29.



belső konzulens

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Takács Zoltán József
Neptun-kódja:	ELFVT7
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	X BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakedolgozat készítés
A munka címe:	Változó tőszámú vetés hatása a kukorica különböző termésparamétereire

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztens vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)

(Ezén felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Nyelvhasználat, ellenőrzés	OpenAI ChatGPT	

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

Nem volt ilyen.

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Gödöllő, 2025. 10. 29.



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása