



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
SZENT ISTVÁN CAMPUS
NÖVÉNYTERMESZTÉSI-TUDOMÁNYOK INTÉZET,
AGRONÓMIA TANSZÉK

**Különböző tápanyagszintek hatása a kukorica
termésmennyiségére -és minőségére**

SZAKDOLGOZAT (Bsc)

Készítette:

Rumpler Barna

Mezőgazdasági mérnök Bsc szakos hallgató

Konzulens:

Dr. Mikó Péter Pál

egyetemi docens

Gödöllő

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
1.2 Célkitűzés	3
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1 Kukorica nemesítése és magyarországi helyzete	4
2.2 Kukorica agrotechnikája és hatása a termésre	5
2.3 Kukorica környezeti igénye	7
2.4 A Kukorica tápanyagellátása	8
2.5 A Kukorica nitrogénigénye	9
2.6 Hazai nitrogéntrágyázási kísérletek	13
2.7 A kukorica foszfor- és káliumigénye	15
3. Anyag és módszer	18
3.1. A kísérletnek teret adó gazdaság bemutatása	18
3.2 A kísérlet beállítása	20
3.3 A kísérlet vizsgálatának módja, értékelésének metodikája	26
4. Eredmények és értékelésük	28
4.1 A kísérlet kiértékelése	28
4.2 Gazdasági tényezők	38
5. Következtetések, javaslatok	40
6. Összefoglalás	42
7. Köszönetnyilvánítás	44
8. Szakirodalmi jegyzék	45
9. Ábrák és Táblázatok jegyzéke	49
10. Nyilatkozatok	50

1. Bevezetés

A kukorica (*Zea mays convar.*) hazánkban és a világon is kiemelkedő fontossággal rendelkező növény. Az Amerikai Egyesült Államok az elsőszámú termesztője évi 300 millió tonnával, majd ezt követi Kína 150 millió tonnával. Hazánkban ez jóval kevesebb, de az ország területéhez képest egyik legjelentősebb mennyiségben termelt növénye. Termesztési helyének a legészakibb pontja az 52°-54° földrajzi szélességnél található, ennél északabbra már hideg az éghajlat a növénynek. Az ország északi területein és a Bakonyban sem termesztethető már megfelelően. Magyarország vetésterülete 1 millió hektár környékén alakult évente, bár a 2022-es aszályos év után visszaszorult 800 ezer hektárra, ami a 2024-es évre sem változott, 2025-re pedig 750 000 ha-ra csökkent. (forrás: Központi Statisztikai Hivatal.) Termésátlaga 8 tonna környékére tehető, de nem ritka a 10 tonnás hektáronkénti termés sem, sőt a mai modern hibrid fajták - ha minden igénye megfelelően ki van elégítve a kukoricának - ennél magasabb hozamokat is képesek produkálni. Származási helyét Közép-, és Dél-Amerikának tekintjük, Európába csak az 1490-es amerikai felfedezések után, hazánkba pedig 100 évvel később, 1590-ben került. Felhasználása sokrétű, emberi fogyasztásra, takarmányozási és ipari célokra egyaránt használható. Ezt a kukorica többféle típusa is lehetővé teszi. Humán fogyasztásra a csemegekukorica (*Zea mays convar. saccharata*), pattogatnivaló kukorica (*Zea mays convar. microsperma*), takarmányozási célra pedig a lófogú kukorica (*Zea mays convar. dentiformis*) a legelterjedtebb. Élelmiszer formában leginkább előforduló termékek a kukoricapehely, -liszt, -dara. Beltartalmi mutatói végett a szesziparban is szívesen alkalmazzák. Jelentős keményítő-, sütőolaj-, gluténforrás és számos sütőipari termékben felhasználják. Egyre szélesebb körben használják a kukoricát keményítőforrásként a gyógyszer- és építőiparban is, de a papíripari felhasználása is jelentős, mivel erdők kiirtása és jelentős környezetszennyezés nélkül tudunk papírt és papíralapú termékeket előállítani. Bioetanol előállítására egyre nagyobb mértékben használják, mivel az elmúlt években megjelent potenciális megújuló üzemanyagként, mely felhasználható gépjárművek számára. Ezzel az olajalapú üzemanyagok alternatívája, mivel környezetbarátabb mind előállítás és felhasználás terén is. 1 tonna terményből 4-5000 liter bioetanol tudnak előállítani. Takarmányként a világ kukoricamennyiségének közel kétharmadát használják fel, ezt egyaránt abrak, illetve silókukorica formájában. Szarvasmarha telepeken általában kukoricaszilázsként etetik, mivel ebben a formában egységnyi területről a legnagyobb energiatartalomként hasznosítható, de különféle módon az állattenyésztés bármelyik ágában a takarmányozás alapjául szolgál. Aszályos évjáratokban próbálják szárazságtűrőbb növényekkel helyettesíteni, de azoknak energiatartalma jócskán elmarad a

kukoricáétól. Bár az elmúlt években magasabb arányban fordult elő szárazabb évjárat, a kukorica termőterületének a növény gazdasági helyzete - a termés alacsony ára, és a magas tápanyagigénye végett a műtrágyák magas beszerzési ára - sem tett jót.

1.2 Célkitűzés

A választott témámra igaz már számos kísérlet fellelhető, de ezek egyezményes elismerése is vitatható, továbbá szerettem volna a saját tapasztalataim alapján is tájékozódni és ezt a saját gazdaságunk gyakorlatába is átültetni, mivel így még nem vizsgáltuk a tápanyaghatásokat. Ezt azért is tartottam fontosnak, hogy lássam a műtrágya adag növelésével párhuzamosan a termésmennyiség is növekszik-e. Kétség sem fér hozzá, hogy a kukoricatermesztés a hazai növénytermesztés egyik alappillére, hiszen mind takarmányozási, mind ipari, mind élelmezési szempontból nagy jelentőséggel bír. A kukorica terméspotenciálja a mai hibrideknek köszönhetően kiemelkedően magas, ugyanakkor a termés mennyiségét és minőségét számos tényező befolyásolja, a talaj tápanyag-ellátottsága, ezen belül is a nitrogén-utánpótlás szintje. A gyakorlatban sok termelő számos ismert kísérlet megléte mellett sem tudja, hogy milyen mértékű nitrogén-kijuttatás az, amely a legjobb egyensúlyt biztosítja a költségek, a terméshozam és a környezeti terhelés között. A kimosódó nitráttal kifejezetten az erre érzékeny területeken tudunk károkat okozni a környezetünk számára. Ezzel szemben a tápanyag hiánya a növények fejlődésének visszamaradásához, gyengébb minőségű terméshez és alacsonyabb jövedelmezőséghez vezethet. A témám választásának fő célja az volt, hogy választ adjak arra, saját területeinken miként befolyásolja a különböző nitrogénadagok alkalmazása a kukorica fejlődését és terméseredményeit. A helyes tápanyag-utánpótlás ugyanis kulcsfontosságú a fenntartható és jövedelmező gazdálkodásban. A jövőt is szem előtt tartó gazdálkodóknak ma már nemcsak a hozam maximalizálása, hanem a költséghatékonyság és a környezetkímélő szemlélet is cél. A kísérlet mögötti elgondolás tehát az volt, hogy a nitrogén-trágyázás dózisainak összehasonlításával gyakorlati következtetéseket vonjak le a helyi viszonyokra vonatkozóan. Egy általam választott táblán belül, azonos környezeti feltételek között vizsgálható, hogy a különböző tápanyagszintek miként hatnak a növényállomány fejlettségére és a terméseredményekre. Számomra a kutatás hasznossága, hogy az eredmények hozzájárulhatnak a termesztéstechnológia finomításához, a műtrágyafelhasználás optimalizálásához, ezáltal pedig a gazdaságosabb termeléshez. A megfelelő tápanyagellátás beállításával csökkenthető a felesleges ráfordítás, javítható a talaj tápanyagmérlege. A vizsgálat tehát gazdasági és ökológiai szempontból is indokolt, nem csupán a hozam maximalizálása a cél.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Kukorica nemesítése és magyarországi helyzete

A kukoricafajták nemesítésének elsődleges feladata a károsítókra rezisztens, és a nagyobb stressztűrést elviselő fajok előállításának. Ezért is indult meg Martonvásáron 1960-ban a kukoricarezisztencia-nemesítési munka a golyvás üszög, a rostos üszög és a betegségek okozta szártörésre kiterjedően. Szántóföldi provokációs kísérleteinkben bebizonyosodott, szemben több korábbi véleménnyel, hogy sokéves, következetes, szigorú szelekcióval golyvás üszögnek ellenálló vonalak és hibridek állíthatók elő. Dickson már idézett könyvében az '50-es években is, hogy a kukoricabetegségekkel szembeni védekezési lehetőségként a rezisztenciát a golyvás üszög esetében javasolják a legnyomatékosabban (Dickson, 1956). Tehát Magyarországon több, mint 60 éve vezették be a hibridkukoricák termesztését, így ennyi idő távlatából érdekes áttekinteni a kukoricatermesztés változásait, és ezzel párhuzamosan azt, hogy milyen változásokat igényelt a hibrid fajták előállítása. Ebben a bő fél évszázadban számos változás történt a kukoricatermesztésben és -nemesítésben, de ez nemcsak a társadalmi és gazdasági átrendeződéseknek, hanem az szélsőséges időjárásnak is köszönhető. A 20. század elején a kukorica betakarítása kézi erővel történt, és a legszebb csövekről válogatták a vetőmagnak valót. Ezt váltották fel az 50-es években a nagyobb hozamot biztosító hibrid fajták, 1964-től a magyar kukoricavetésekben már kizárólag hibrideket használtak (Márton, et al. 2013). Az állattenyésztés fejlődésével a növénytermesztésnek is lépni kellett, a nagyobb termésmennyiséget produkáló növények korszerű mezőgazdaságot igényeltek. A nagy mennyiségű tömeg- és abraktakarmányok érdekében a betakarítást is gépesíteni kellett. 1989-től a termőterületek elaprózódása és az input anyagok elhagyása visszavetette a termelést. Az utóbbi években a földhasználat koncentrációjával és a modern technológiával megvalósult a korszerű kukoricatermesztés, és a minősített hibridek kísérlete is megszervezésre került. A hibridek legfontosabb tulajdonságai a hagyományos kukorica fajtákkal szemben a következők. Kezdetben a rezisztencián alapultak a fajtakeresztezési kísérletek, ami a mai hibridek egy meghatározó tulajdonsága, majd az egyik legfontosabb mutató a termőképesség lett, a mai gazdasági helyzetben ez vált az elsőszámú tulajdonsággá. A szárszilárdság sem utolsó, mivel a termésnek a betakarításig talpon kell maradnia a gépi betakarítás végett, ellenben régen a kézi szedésnél ez nem volt fontos tulajdonság, mivel a földről is összeszedésre került a termés. A hetvenes évektől a kukorica sűrítetősége vált fontossá, amivel az eddigi 30-40 ezer hektáronkénti tőszámhoz képest 80-90 ezer tő vetésére is lehetőség nyílt, ezzel lehetővé téve a nagyobb hozam elérését egységnyi területről. Az aszályos évek gyakorisága miatt előtérbe

került a szárazságtűrő és hőtűrő hibridek termesztése. Tehát a fő nemesítési irányai közé tartozott a terméshozam növelése, a kórokozók, betegségek elleni rezisztencia, védelem, továbbá az abiotikus stressztűrés javítása (Ssemugenze et al., 2024). A fenntartatható mezőgazdasághoz kísérleteznek a talaj nitrogénjét jobban hasznosító fajták kialakításában, bár egyes országokban - ilyen Németország is - már használnak ezekkel a tulajdonságokkal rendelkező fajtákat, amelyek a kísérletek során bizonyították jobb tápanyaghasznosításukat. Természetesen a nitrogén továbbra is elengedhetetlen a növények számára, csupán nem mindegy a felhasznált mennyiség és annak a talajvízre gyakorolt hatása. (Craswell, 2021)

2.2 Kukorica agrotechnikája és hatása a termésre

Bármiféle növény talajművelésére igaz, hogy egységes változtatás nélkül alkalmazható talajművelés nem létezik (Menyhért 1985), ezt (Nagy 2021) sem írja másképp, miszerint számos körülménytől függ a megfelelő eszköz és a művelési mód megválasztása. Alapjában véve a 25-30 centiméteres mélyművelést ajánlották elődeink a talaj kedvező vízgazdálkodása érdekében (Cserhádi 1896), továbbá fontos tényező a művelni kívánt talaj típusa, kitettsége. A korán lekerülő elővetemény után az úgynevezett klasszikus sorrendben történik a talaj előkészítése, ennek műveletei: tarlóhántás, tarlóápolás, alpművelés, alpművelés elmunkálása, magágy készítés, vetés, majd ennek elmunkálása. A tarlóhántás nyáron lekerülő elővetemények esetén fontos a talaj nedvességvesztésének csökkentése érdekében. A tarlón végzett sekély talajmunkát és a felszín lezárását foglalja magában, melyt lehetőleg a betakarítást követően végezzünk el a területen (Nagy, 2021). Későn lekerülő előveteménynél a nagy mennyiségű szármadarványok zúzása és terítése az első művelet. Ezt követi az alpművelés, mely végezhető ekével és kultivátorral is, alpművelésre a 25-30 cm-es mélységben elvégzett talajmunka a legmegfelelőbb a kukorica számára (Nagy, Menyhért, 1985). A talaj szerkezetének és nedvességének megóvására (Manninger 1957) mélyítő talajművelést ajánlott, melynek elvégzése 3-4 évente esedékes. Forgatás nélküli sekély műveléssel nedvességet tudunk megőrizni a talajban, viszont a kívánt állapot elérése csak a megfelelő nedvességtartalomnál történő műveléssel érhető el. Tavasszal a kukoricatermesztés egyik legfontosabb művelete a megfelelő vetőágy elkészítése. A tavaszi simítózás, kombinátorozás lezárja a talajt, ezzel meggátoljuk a nedvességtartalmának csökkenését, ami a növény növekedéséhez elengedhetetlen. (Menyhért, 1985) Jó magágy előkészítéssel elősegítjük az egyöntetű növényállományt és a vegyszeres gyomirtás eredményességét. (Kayode et al., 2006) Több vizsgálat szerint a termés nagysága szorosabb kapcsolatban van a vetőágy minőségével, az állomány komplettségével, mint a talajművelésnek a talaj vízforgalmára gyakorolt kismértékű

hatása (Gyórfy, 1976). A trágyázás hatását, terméstöbbletét az alkalmazott vetésváltás jelentős mértékben módosítja (Sárvári 1995, Ruzsányi 1992, Pepó 2001). Berzsényi szerint a tőszám helyes megválasztása befolyásolja a termést (Berzsényi és Lap 2006), viszont a mai kukorica hibrideknél már kedvező hatása van a magasabb tőszámnak, ezért a jobb termésért érdemes növelni a szaporítóanyag mennyiségét (Duvick, 1997). A megfelelő vetőmag megválasztása is kulcsfontosságú, mivel figyelembe kell venni a kukorica FAO számát. Ez a szám a kukorica tenészsídejét jelöli, a kisebb számú fajták a korai betakarítású, míg a nagyobb számúak a hosszabb életű fajtát jelentik. Ennek megválasztásához számtalan tényezőt kell figyelembe venni, függ a felhasználástól, előző évek sajátosságától, gazdasági tényezőktől. A vetőmag kiválasztását követi a vetés, először is az idejét szükséges meghatározni. Számos szakember az április 5. – május 2. közötti időszakot javasolja a vetésre, ezt a talaj megfelelő nedvességtartalmával magyarázzák, míg többen május első dekádját tartják a megfelelő időnek, mivel magasabb a hőmérséklet, ezáltal a kelés is gyorsabb (I'SÓ, 1962). Az előbbieken taglalt dátumok inkább iránymutatásként, mintsem írott szabályként szolgálnak, az elmúlt évek tapasztalatai alapján megválasztott időpontok. Inkább a talaj hőmérséklete a mérvadó, mely az évjárat sajátosságai szerint alakul. A vetés mélységében tartósan 10-12 C°-nak kell lennie, ez az optimális állapot a csírázáshoz, de egyes hibrideknél már a 8°C is elegendő. A megfelelő hőmérséklet nagysága eltérhet 1-2 C°-al a különböző típusú talajokon. (Newmann 1982). A vetés mélysége és ideje szoros összefüggésben áll, mivel a korai vetésidőnél a javasolt mélység 4-6 centiméter, ekkor még a felszín közelében elegendő a nedvesség, de a hőmérséklet még alig haladja meg a küszöbértéket. Későbbi vetésnél viszont már 6-10 cm a vetésmélység, mivel a felmelegedés következtében gyorsabban szikkad a talaj. A vetése szemenkénti vetőgéppel történik 70-75 cm-es kapás sortávolságra, hektáronkénti 65 000-70 000 tőszámmal. A kukorica ápolása is elengedhetetlen művelet, ez történhet vegyszeres és mechanikai úton is. A növénynek a fejlődése során kompetíció léphet fel a gyomnövényekkel, amely a kukorica mérsékeltebb növekedéséhez és terméséhez vezethet, ezért fontos a megfelelő, szakszerűen kivitelezett növényápolás. A műveletek során a gyomirtáson túl számos pozitív hatást is tulajdoníthatunk neki. Növelhetjük a talaj vízbefogadó képességét, megszüntetjük a felszín cserepedését, levegőztetjük a talajt (Berényi, 1945). A fiatal kukoricavetések eszközei a gyomfésűk, küllős kapák, fogasboronák. A gyomfésűk munkamélysége 2,5-4 cm, a legjobban akkor dolgozik, amikor a gyomok még kicsik és a talaj felszíne laza állapotú. A küllős kapák a talaj cserepedésekor jöhetnek szóba mielőtt a növény eléri a 10-12 centiméteres magasságot, hozzátevélegesen 3-4 leveles korukig maximum kétszeri ismétléssel (Leblanc et al., 2006). A sorközművelő kultivátor használható a nagyobb állományokban is, az azonnali

gyomeltávolításon túl alkalmas a sorközök lazítására, levegőztetésére és a cserepesedés megszüntetésére is. A pozitív hatáson túl viszont negatív hozadéka is van ennek a műveleti típusnak, mivel csökkentheti a tőszámot és az újragyomosodást is segíti egyes gyomfajok esetén (Bodnár 1987). A kukorica növényvédelme akkor válik fontossá, amikor a növény kinőtte a mechanikai gyomirtás eszközeit, illetve azokkal nem értük el a kellő hatást, vagy betegségekről, kórokozókról van szó. Számos kártevőnél vetésváltással tudunk csak hatékonyan védekezni, például az elmúlt években megjelenő amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) csökkentette a monokultúras termesztést (Glits et al. 1997). A kukorica betakarítása a biológia érést követően kezdődhet meg, ekkor 20-30% a szem nedvességtartalma, ezt megelőzi még a fiziológiai érés. Ennél korábban nem kezdődhet meg az aratás, mivel a tápanyag-beépülés folyamata még nem fejeződött be, és a termés mennyisége sem kielégítő ebben a fázisában (Sala et al., 2007). A korábbi érésű fajtákat szeptember végén – októberben takarítjuk be, a közepes, késői fajták betakarítása október – novemberben történik. Az optimális időpont megválasztásához több tényezőt is figyelembe kell venni, függ a termés mennyiségétől, a veszteségek és a költségek alakulásától. Az alacsonyabb szemnedvességnél betakarított kukorica csökkentheti a költségeket, hiszen így megspórolható a szárítás művelete. A szemes takarmánykukorica betakarítása kukorica adapterrel, átszerelt önjáró betakarítógéppel (kombájnnal) történik.

2.3 Kukorica környezeti igénye

A kukorica trópusi eredetű növény, mely nagy hőmérsékleti- és vízigényű növény (Surányi 1957). A kukoricatermesztés északi határa az 52-54° földrajzi szélességnél található (Milbourn, 1977), de az éghajlatváltozás és a rövidebb hibridek megjelenése egyre jobban kitolja a szemes kukorica termesztésének az északi határát. A kukorica rövidnappalos növény, de léteznek hosszúnappalos körülményekhez igazodó típusai is (Bocz 1992). Magyarországon május-júniusi időszakra esik a kukorica fotoperiódusra érzékeny időszaka, ekkor a nappalok száma eléri a 15-6 órát. Huzsvai és Nagy (2003) megállapították, hogy a kukoricánál a vetéstől virágzásig lehullott csapadék és időjárás sokkal meghatározóbb a növény számára, mint a téli félévé. A hőmérséklet a kukorica termesztetőségének feltétele. A csírázás minimum hőmérsékletét régebben 10°C-ban állapították meg, mára az újabb hibrideknek köszönhetően ez 8°C környékén alakul, de növekvő hőmérséklet mellett gyorsabb lesz a csírázás. A legoptimálisabb állapot 30-35°C, de felette már nem csírázik ki a mag (Varga-Haszonits, 2006). A nyári hónapokban a kukorica hőmérsékletének hőkülönbéértéke a havi átlagot tekintve, nappal 19°C, éjszaka 13°C (Shaw, 1988). A legnagyobb hozamra ott képes a növény, ahol a nyári

hónapok átlaghőmérséklete eléri a 21-27°C-t, hazánkban az optimum alsó értékét érik el a kukoricatermő területek. Az érés fázisában a kukorica már kevésbé igényes a hőmérsékletre (Ge et al., 2022). A kukorica hibridek hőösszegigénye a tenyészidő alatt 1100-1400°C (Zhao et al. 2023). Az ország sokévi átlaga is ezt tükrözi, a kisebbik érték az ország északi, nyugati részeire, a nagyobb érték pedig a délkeleti országrészre vonatkozik, mely a legnagyobb hőösszeg hazánkban. A hőmérsékletre vonatkozó éghajlati különbségeket érdemes figyelembe venni a termesztett hibrid megválasztásánál, a hosszabb tenyészidejű kukoricák biztonságos beérésére az ország melegebb területein számíthatunk (Láng, 1976). Magyarországon a kukorica tenyészidőszakának elején olyan időszakok is előfordulhatnak, hogy a hőmérséklet nem éri el a növény hőküszöb értékét, ezért fejlődése lelassul vagy le is áll, levelei megsárgulhatnak (Láng, 1976). A kukorica fiziológiás funkcióját a hőmérséklet határozza meg, de a nagy terméspotenciálja végett nagy vízigénye is van. (Nagy, 2007) A kukorica egyedfejlődésének kritikus fenofázisai azokban a hónapokban vannak, amikor a legnagyobb a párolgás, ezért az aszályra érzékeny szántóföldi növények közé sorolható (Szalóki, 1989). A kukorica jó vízhasznosítással rendelkezik, ugyanakkor a nagy fitomassza produkciójához nagy (420-550 mm) a vízigénye (Szalóki, 1989). A 40-250 mm közti vízellátottsági hiányt még képes elviselni a növény a jobb vízgazdálkodású területeken, mivel a hiányt a talajvízből és a páralecsapódásból fedezni tudja. A legtöbb vizet a címerhányástól a szentelítődésig terjedő időszakban igényli, ez a kritikus időszak a július- augusztus hónapokra esik, ekkor 100-100 mm szükséges a kukorica termőképességének realizálásához. (Bocz, 1992) A virágzás-szentelítődési időszakban hullott kielégítő mennyiségű csapadék csak részben kompenzálja a korábbi szárazság hatásait, az aszályos évjáratokban pedig csökken a csöveken található szemek száma és nő a meddő tövek aránya (Csathó et al., 1991).

2.4 A kukorica tápanyagellátása

A kukorica megfelelő tápanyagellátása elengedhetetlen az elvárt terméshozam eléréséhez, mind minőséget és mennyiséget tekintve. A nitrogén, foszfor és kálium mellett a mikroelemek pótlása is fontos, különösen a cinké. A tápanyag-utánpótlást a talaj adottságaihoz és a növény fenológiai állapotához igazítva kell végezni. A kukorica víz- és tápanyagforgalmának szoros interakciója régóta ismert. A két tényező hasznosulása is nagyban függ egymástól, optimális vízellátottságnál lesz a legnagyobb a tápanyaghasznosulás, illetve megfelelő tápanyagellátottság esetén lesz a legjobb a vízfelhasználás hatásfoka. A termésszint emelkedése által ennek mind nagyobb szerep jut gazdasági megfontolásokból, de az optimális ellátottság számszerűsítése azért is bír nagy jelentőséggel, mert elsődlegesen a folyamatosan és gyorsuló

ütemben fejlődő biológiai alapok függvénye, így számértékében maga sem állandó (Szalóki, 1988). A két tényező kölcsönhatását már a 20. század második felétől vizsgálták, mely központi kérdés volt az agronómiai kutatásokon belül. (Hank és Frank, 1951). Átlagos termőhelyi viszonyoknál, a talajban adott tápanyagkészlet figyelembevételével is, viszonylag magas (120-220 kg N, 50-120 kg P, 50-140 kg K) értékekben állapították meg a kukorica igényét a tápanyagokkal szemben (Dorogi 1987). Ezzel szemben Nagy (1995) 90-120 kg/ha N hatóanyagot tartott optimálisnak. Az *1. táblázatban* további szerzők által megfogalmazott tápanyagigények láthatóak. A fajlagos tápanyagszükségletek különbözősége adódhat az eltérő termesztési körülményekből és a fajták eltérő műtrágya-hasznosításából. Az elméleti tápanyagigény nem egyezik meg a műtrágyaszükséglettel (Menyhért, 1985). A hatóanyag dózisok viszont sok esetben a régiókra, talajtípusra szabott értékeken alapulnak, ahol még figyelembe veszik korrekció gyanánt az agrotechnikai, ökológiai tényezőket és az adott évjárat hatásait (Berzsenyi, 1993). Ezeket a meghatározott NPK dózisokat a vízhiányos időszak káros hatásai végett csökkenteni kell, mikor az előző évjárat és az idején tenyészidőszak eleje szárazabb. Erősen csapadékos években vagy azokat követően az emelt mennyiségű N hatóanyag kijuttatásával javíthatjuk a termésképződést. (Ruzsányi, 1997). Tápanyagigények különböző szerzők szerint:

1. táblázat – 1 tonna szemterméssel kivont tápanyag mennyisége, szerzők szerint

szerző	1 tonna szemterméssel kivont tápanyag (kg)			
	N	P ₂ O	K ₂ O	összesen
Tisdale és Nelson (1966)	20	7,5	19,4	46,9
Sarkadi (1975)	22	9	20	51
Bocz (1976)	22	9	22	53

2.5 A Kukorica nitrogénigénye

A kukorica jelentős nitrogénigényű növény, magas terméshozamai csak megfelelő N-ellátás mellett érhetők el. Korábban, különösen az 1960-as évek előtt elterjedt nézet volt, hogy a kukorica kevésbé reagál a műtrágyázásra a többi gabonafélékhez képest. Ezt a nézetet azonban a későbbi kutatási eredmények megcáfolták. Az 1960-as évektől kezdve hazai vizsgálatok bizonyították, hogy a nagyobb termésszintek elérésével a kukorica a legtrágyaigényesebb szántóföldi növények közé tartozik (Balláné, 1960; Sarkadi, 1975;). A makroelemek közül különösen a nitrogén trágyázása adja a legnagyobb terméstöbbletet kukoricában – jóval

nagyobbat, mint a foszfor vagy a kálium esetében (Debreczeni et al., 1994). Egy átlagos kukoricatermés fajlagos N-szükséglete tonnánként megközelítőleg 20–25 kg, ami azt jelenti, hogy pl. egy 8–10 t/ha szemtermésű kukoricában a szem+szár mintegy 150–200 kg nitrogént vesz fel a talajból (Debreczeni et al., 1994). Ennek a jelentős mennyiségnek a döntő részét műtrágyázással kell pótolni, mivel a hazai talajok természetes N-szolgáltatása ezt nem fedezi teljes mértékben. A helyes nitrogén-utánpótlás ezért a kukoricatermesztés sikerének kulcsa, de figyelembe kell venni a növény igényének időbeni lefolyását, a talajtípus sajátosságait és az alkalmazott trágyázási technológiát.

Nitrogénigény a fejlődési szakaszok szerint

A kukorica vegetációs ideje alatt folyamatosan veszi fel a nitrogént, de az üteme erősen eltér a különböző fenológiai fázisokban. Kezdetben, a csírázástól kb. 6–8 leveles korig viszonylag mérsékelt a N-felvétel üteme, mivel a fiatal növények tömege kicsi és a gyökérzet még fejletlen. Ugyanakkor a kezdeti időszakban is fontos a megfelelő N-ellátás, mert a korai hiány visszavetheti a növekedést és csökkenti a későbbi termésalapot (Nagy, 1987). A vegetatív szakasz közepe táján, 8–10 leveles állapot után a kukorica növekedése felgyorsul, és ezzel együtt ugrásszerűen megnő a napi nitrogénfelvétel. A szár megnyúlása és a címerezés előtti hetekben a legintenzívebb a N felvétele: a növény ilyenkor halmozza fel a későbbi szemfejlődéshez szükséges tartalékokat. Kísérleti adatok szerint a modern hibridek a teljes nitrogénigényük mintegy kétharmadát a címerhányás idejéig veszik fel. Ez a gyors felvételi fázis mindössze ~4-6 hétig tart, jellemzően a virágzásig terjedő időszakban (Karlen et al., 1988;). Virágzás után is folytatódik a nitrogénfelvétel, de lassabb ütemben. Átlagosan a szemtelítődés időszakában a maradék ~30–40% nitrogént veszi fel a növény, miközben a korábban felvett N egy része átirányításra kerül a szemekbe mobilizációnak köszönhetően a levelekből és a szárból. Ez azt jelenti, hogy a megfelelő termésképzéshez a virágzásig tartó intenzív növekedési fázisban bőségesen rendelkezésre kell állnia felvehető nitrogénnek, különben a szemek számát és tömegét korlátozza a hiány. Ugyanakkor a túlzott nitrogénellátás a vegetáció korai szakaszában buja vegetatív növekedéshez, dőlésveszélyhez és esetleg későbbi aszályérzékenységhez vezethet (Nagy, 1987). A cél tehát a harmonikus N-ellátás. A kezdeti időszakban se szenvedjen hiányt a növény, majd a kritikus intenzív növekedési/virágzási fázisban is rendelkezésre álljon elegendő tápanyag.

Talajtípusok hatása a nitrogén-ellátásra

A talaj típusa és termékenysége alapvetően befolyásolja, hogy a kukorica milyen mértékben reagál a nitrogéntrágyázásra. A különböző talajokon tapasztalt eltérések részben a talajok nitrogén-szolgáltató képességének, részben a nitrogénvesztések (kimosódás, denitrifikáció) különbségeinek tudhatók be. Általános tapasztalat, hogy a gyenge termékenységű, alacsony humusztartalmú talajokon a nitrogén-trágyázás hatása sokkal nagyobb, mint a jó adottságú, humuszban gazdag talajokon. (Csathó, 2003) Több évtized hazai kísérleteinek összevetése kimutatta, hogy a 2% alatti humusztartalmú, laza talajokon adták a legnagyobb szemtermés-többletet a nitrogénkezelések, míg a magasabb humusztartalmú csernozjom vagy vályogtalajokon sok esetben kisebb relatív termésnövekedést eredményezett a műtrágyázás. Ennek oka, hogy a humuszban gazdag talajok jelentősebb mennyiségű nitrogént képesek mineralizáció útján biztosítani a növény számára, illetve vízgazdálkodásuk kedvezőbb, így a trágyázás hatása kiegyenlítettebb. Ezzel szemben a homoktalajok szervesanyag-tartalma és pufferkapacitása alacsony, ezért ezeken a területeken a kukorica gyakran erősen N-limitált műtrágyázás nélkül. Ugyanakkor a könnyű talajokon a kijuttatott nitrogén egy része könnyebben elvész, különösen, ha egy nagy dózisban kerül kijuttatásra. Ez is indokolja az eltérő trágyázási stratégiákat talajtípusonként. A meszes talajokon gyakran nemcsak a nitrogén, hanem a foszfor is korlátozó tényező; ilyen körülmények között komplex NP kijuttatására lehet szükség. Például Harmati kísérletében egy meszes réti csernozjom talajon a kukorica szemtermése jelentősen nőtt a N-trágyázás hatására, de a maximális termés eléréséhez foszfor pótlása is szükséges volt – rámutatva, hogy a talaj tápanyag-szolgáltató adottságai meghatározzák, hogy a nitrogén milyen mértékben tud hasznosulni. (Harmati, 1995) Általánosságban elmondható, hogy a kiváló termékenységű csernozjom talajokon a kukorica „öntözi magát és trágyazza magát” részben, azaz a víz- és tápanyag-tartalékok miatt mérsékeltebb, gazdaságos N-adagokkal is jó termés érhető el. Ezzel szemben a gyenge homoktalajokon a termés maximalizálásához gyakran a magas N-adagokra is erőteljesen reagál a növény (Csathó, 2003). Természetesen a talajadottságok hatása nem választható el az adott évjárat hatásaitól sem – egy rossz vízgazdálkodású talajon az aszályos év leronthatja a nitrogén hasznosulását, míg egy jó víztartó talajon jobb eséllyel hasznosul a kiadott trágyaféleség (Márton, 2005).

Műtrágyázási technológiák és N-adagolási stratégiák

A nitrogén trágyázás tervezésekor a cél a fajlagosan minél hatékonyabb N-hasznosulás elérése és a kiegyensúlyozott tápanyagellátás biztosítása a teljes tenyészidőszakban. Ennek érdekében többféle trágyázási technológiát és stratégiát alkalmaznak a gyakorlatban, amelyeket a kutatási

eredmények is alátámasztanak. Az egyik legfontosabb kérdés a nitrogén kijuttatásának időzítése és megosztása. Mivel a kukorica nitrogénfelvétele a vegetatív fejlődés késői szakaszában csúcsosodik, célszerű a nitrogén jelentős részét nem egyszerre, hanem több adagban kijuttatni. A megosztás előnye, hogy a korai fejlődéshez szükséges nitrogén rendelkezésre áll, ugyanakkor a második adag a kritikus intenzív felvételi szakasz előtt kerül a talajba, csökkentve a veszteségek esélyét (Nagy 1987). Kísérletei is igazolták a nitrogén-utánpótlás megosztásának létjogosultságát, mivel öntözött körülmények között Debrecenben azt tapasztalta, hogy a kukoricahibridek termésmaximuma csak viszonylag magas N-adagokkal akár 210–280 kg/ha hatóanyaggal volt elérhető, de ezek az adagok megosztva adták a legjobb eredményt. Egyszeri kijuttatás esetén a túl nagy kezdeti dózis egy része el is veszett kilúgzást követően, illetve a növény fejlődése elején nem tudta hasznosítani a teljes mennyiséget. A megosztott N-trágyázás tehát javítja a műtrágya-hasznosulás hatékonyságát és mérsékli a környezetterhelést is (Pepó, 1999). A trágyázási technológia másik fontos eleme a műtrágya formája és kijuttatás módja. Magyarországon a kukorica N-pótlására leggyakrabban ammónium-nitrát, karbamid vagy ezek kombinációi terjedtek el. Az ammónium-nitrát gyorsan hat, de vízdékonysága miatt fokozottan kimosódhat; a karbamid lassabban alakul át felvehető formába, ugyanakkor illékonyági vesztesége lehet. A kutatások rámutattak, hogy a nitrogén megfelelő formájának megválasztása és a kijuttatás módja befolyásolja a hatékonyságot (Nagy, 1987; Márton, 2005). A gyakorlatban tavasszal gyakran kombinálják az alaptrágyázást és a starter trágyázást: vetéskor kis adag foszfor- és nitrogénműtrágyát juttatnak ki a mag közelébe, hogy a fiatal növény könnyen felvehető tápanyaghoz jusson. A nagyobb nitrogénadag fő részét pedig vagy a vetés előtt dolgozzák be, vagy közvetlenül a vetés után. Ezt követheti a fejtrágyázás, melyet sorközművelő kultivátoros művelés közben, esetleg lombtrágyázás során tudunk kijuttatni (Nagy, Pepó, 2015). Kísérletek igazolták például, hogy egy 50–50%-os megosztású N-adagolás (fele alap-, fele fejtrágya) hatására a levélzet N-ellátottsága magasabb és tartósabb volt, mint ugyanazon mennyiség egyszerre kijuttatva. A gazdaságossági szempontok is meghatározóak, mivel a termelők nem feltétlenül a maximális biológiai hozamot célozzák, hanem a legjobb megtérülést. Sok kísérletben megfigyelték, hogy a maximális termés ~90–95%-át biztosító nitrogénadag már lényegesen kevesebb lehet, mint ami a további kis termésnövekményt adja – ezt nevezzük gazdaságos optimumnak (Győrffy, 1976; Csathó, 2003).

2.6 Hazai nitrogéntrágyázási kísérletek

Korábbi hazai kísérletek (2000 előtt)

Magyarországon a műtrágyázási tartamkísérleteknek nagy hagyománya van: az 1960-as évektől országos hálózat jött létre a NPK trágyázási kísérletek vizsgálatára (Debreczeni et al., 1994). E kísérletek hozzájárultak a trágyázási ajánlások megalapozásához, és számos, máig idézett eredményt szolgáltatott a kukorica N-igényéről. Győrffy Béla már a 1970-es években intenzív kukoricatermesztési kísérletekben vizsgálta a hibridek műtrágya-reakcióját. Ő vezette be a hibridek trágyareakció alapján való kategorizálását (extenzív vs. intenzív típusú hibridek), ami arra utalt, hogy egyes hibridek a kis adagú trágyázás mellett is elfogadható termést adnak, míg más intenzív hibridek csak magas inputokkal hozzák ki a genetikai potenciáljukat (Győrffy, 1979). Nagy János debreceni tartamkísérlete 1983 óta szolgáltat adatokat a nitrogénellátás hosszú távú hatásairól. Nagy kandidátusi értekezésében (1987) és későbbi közleményeiben bemutatta, hogy öntözés nélkül a kukorica termésreakciója viszonylag mérsékelt N-adagokig volt pozitív, csapadékfüggően ~80–120 kg/ha N hozta a termésmaximumot, míg öntözött viszonyok között a termés folyamatosan nőtt akár 200+ kg/ha N adagig is (Nagy, 1987). Például egy száraz évjáratban 80–100 kg/ha N is elegendőnek bizonyult a ~6 t/ha körüli termés plafonjához, ugyanakkor kedvező csapadékviszonyok között 140–160 kg/ha N mellett 8–9 t/ha termést ért el, és 200 kg feletti adaggal volt csak elérhető a 10 t/ha feletti szint (Nagy, 1987). Ezek az eredmények rávilágítottak, hogy az optimális nitrogéndózis erősen évjáratfüggő. A korábbi kísérletek másik fontos tanulsága volt a foszforral és káliummal való kölcsönhatás: a tiszta N-trágyázás egy idő után kimerítheti a talaj P- és K-készletét, ezért hosszabb távon a kiegyenlített NPK trágyázás ad csak fenntartható termésszint-emelkedést (Debreczeni et al., 1994). A 20. század végi hazai vizsgálatok összességében megerősítették, hogy a kukorica jelentős nitrogénigényét gazdaságosan kell kielégíteni, mivel a túlzott tápanyagmegvonás terméskiesést, a túltrágyázás pedig minőségromlást - mint megdőlés és alacsony szemarány - és környezeti terhelést okozhat (Debreczeni, 1985).

Újabb hazai kísérletek (2000 után)

A 2000-es évektől a kukoricatermesztésben új hibridek és új agrotechnikai kihívások jelentek meg, amelyeket a korszerű kísérletek is tükröznek. Berzsényi Zoltán (2009) vizsgálta különböző érésidejű kukoricahibridek növekedési dinamikáját és nitrogénhasznosítását. Richards-féle növekedési függvény alkalmazásával kimutatta, hogy a nitrogéntrágyázás jelentősen felgyorsítja a szárazanyag-felhalmozást és növeli a levélfelületet a csúcsképződés

idején – de fajtától függően eltérő mértékben (Berzsényi, 2009). Kísérletében már 120 kg/ha N dózis mellett számottevően nagyobb biomassza- és szemtermés-értékeket kapott, mint kontroll kezelésben bizonyítva, hogy a modern hibridek is igénylik a legalább közepes N-ellátottságot. Ugyanakkor Berzsényi arra is rámutatott, hogy a hibridek nitrogén reakciója genetikailag determinált, ugyanis voltak olyan új hibridek, amelyek a 120–150 kg/ha feletti dózisokra alig reagáltak, míg más fajtáknál lineárisabb termésvnövekedés volt megfigyelhető egészen 200 kg/ha-ig. Ezt a differenciált megközelítést nevezik hibridspecifikus trágyázásnak (Pepó et al., 2000), amelynek lényege, hogy a vetett hibrid adottságaihoz igazítjuk a nitrogénadagokat. Ezekben a kísérletekben például külön vizsgálták intenzív és extenzív hibridek trágyareakcióit, és ezek alapján javaslatot tettek a hibrid-specifikus N-adagolásra (Pepó et al., 2000). Az újabb tartamkísérletek a környezeti tényezőkre is nagy hangsúlyt fektetnek. (Márton, 2005) a Martonvásáron futó hosszú távú trágyázási kísérlet adatait elemezve arra jutott, hogy az évjáráthatás sok esetben erősebb, mint a trágyázás hatása: aszályos évben még a magas N-adag sem tudja növelni a termést, ha a víz a limitáló tényező, míg csapadékos évben a korábban optimálisnak tartott N-mennyiségnél jóval több nitrogén is megtérülhet a többlettermésben (Márton, 2005). Ebből következően a jövőben a precíziós gazdálkodás keretében a szenzoros N-szabályozás ígéretes lehet, mert az évjáratnak és a növény aktuális állapotának megfelelően lehet korrigálni a dózist. Emellett a vetésforgó jelentősége is előtérbe került a 2000 utáni kutatásokban. Ekkor kimutatták, hogy hüvelyes elővetemény (pl. lucerna, borsó) után a talajban maradó szerves N hozzájárulhat a kukorica tápanyagellátásához, és ezzel 10–20%-kal is csökkenthető a szükséges műtrágya mennyisége. Pepó adatai szerint kukoricában egy jól megválasztott vetésváltás akár 20%-os terméstöbbletet eredményezhet a monokultúrához képest, részben az elővetemények N-szolgáltatása miatt (Pepó, 2010). A legújabb hazai kísérletek tehát integrált megközelítésre törekednek: a műtrágyázás hatását együtt vizsgálják a fajtaválasztással, vetésforgóval, öntözéssel és klímakockázattal. A trend abba az irányba mutat, hogy a nitrogén utánpótlását az adott körülményekhez igazítva, precízen adagolva érhető el egyszerre magas termés és környezeti fenntarthatóság. A hazai kutatási eredmények megegyeznek abban, hogy a kukorica nitrogénigényét nem lehet figyelmen kívül hagyni, a megfelelő időben és módon kijuttatott nitrogén műtrágya a termés alapja, de csak szakszerű alkalmazással használható ki a benne rejlő potenciál (Bender et al., 2013; Berzsényi, 2009).

2.7 A kukorica foszfor- és káliumigénye

A magas terméshozam eléréséhez jelentős mennyiségű makroelem folyamatos felvétele szükséges. A nitrogén mellett – mely a termésképzés elsődleges limitáló tényezője – a foszfor és a kálium pótlása is alapvető fontosságú a kukoricában (Menyhért, 1985). A foszforigénye általában közepes, míg a káliumigénye kifejezetten nagy ennek a növénynek (Menyhért, 1985). Egy átlagos kukoricatermés fajlagos tápanyag-előállításához megközelítőleg 20-22 kg nitrogén, 10 kg foszfor és 20-22 kg kálium tonnánként (Antal, 2000, Bocz, 1976). Ez alapján egy 10 t/ha szemtermés előállításához mintegy 180–220 kg/ha nitrogén, 80–100 kg/ha foszfor és 180-200 kg/ha kálium hatóanyag felvételére van szükség, megfelelő agrotechnika és körülmények esetén (Antal, 2000). A felsorolt értékekkel megegyezően Magyarországon is gyakorlati tapasztalat, hogy hozzávetőleg ekkora mennyiségű műtrágyát kell kijuttatni a talaj tápanyagszintjétől függően a 10 tonna feletti termésekhez (Csajbók, 2012). Megjegyzendő, hogy az NPK tápelemek közül jellemzően a nitrogén és a kálium pótlása adja a legnagyobb közvetlen termésnövekedést, ugyanakkor a korai fejlődési fázisban fellépő foszforhiány is komoly terméseszköket idézhet elő (Kádár, 1992; Csajbók, 2012).

A foszfor (P) a növény energiagazdálkodásának és genetikájának (ATP, nukleinsavak) nélkülözhetetlen eleme, továbbá kulcsszerepet játszik a gyökérvégződésben és a generatív szervek fejlődésében is. A kukorica életciklusában a foszforfelvétel jelentős része két kritikus időszakra esik. Egyrészt a korai vegetatív növekedési fázisra különösen a 4–6 leveles korban, másrészt a szemtelítődés, vagyis a termésképzés időszakára (Csajbók, 2012). A kezdeti foszforellátás alapvető a gyors gyökérfejlődéshez és az erőteljes csíranövény kialakulásához, mely segíti az egyöntetű kelést (Quinn et al., 2020). Amennyiben a talaj hőmérséklete alacsony vagy a foszfor nehezen felvehető formában van jelen, átmeneti foszforhiány léphet fel a fiatal növényekben. Ennek jellemző tünetei a visszamaradt növekedés, a gyenge gyökérzet és a levelek elszíneződése, különösen az alsó leveleken (Antal, 2005). A foszforhiány leginkább a kezdeti fejlődési szakaszban okoz problémát; később a gyökérzet növekedésével és a talaj melegedésével a kukorica többnyire képes felvenni a szükséges mennyiséget. Ugyanakkor a tartósan alacsony foszfor szint a generatív fázisban is korlátozhatja a termésképzést, mivel a foszfor a szemképződéshez is szükséges (Csajbók, 2012). Magyarországi tartamkísérletek igazolják, hogy jól ellátott talajokon a foszfortrágyázás önmagában nem mindig növeli a terméseredményt, sőt a foszfortrágya kihagyása rövid távon nem okozott terméseszköket meszes, jó P-ellátottságú talajon (Debreczeni et al., 1994). Ezzel szemben gyenge

foszforellátású talajokon a kijuttatása számottevően fokozza a kukorica hozamát, és elengedhetetlen a nagy terméspotenciál realizálásához (Kádár, 1992).

A kálium (K) a kukorica tápanyagfelvételében mennyiségét tekintve a nitrogénhez hasonló nagyságrendben szerepel, tehát magasabb dózis szükséges belőle a teljes életsiklus során (Menyhért, 1985). A kálium a növényi anyagcsere számos folyamatában nélkülözhetetlen: több mint 60 enzimet aktivál, szabályozza a vízháztartást és a gázcserét, és így javítja a növény szárazságtűrését (Kádár, 1992). Kálium hatására fokozódik a fotoszintézis és a szénhidrátok beépülése a szemekbe és a légzéshez is elengedhetetlen, továbbá erősíti a szárszilárdságot, ezáltal a megdőlésre is kevésbé hajlamos (Weber, 1985). Káliumhiány esetén a növény vízforgalma felborul, a levelek lankadnak, a légzőnyílások nem záródnak megfelelően, emiatt a növény nagy mértékben párologtat, ami aszályos körülmények között súlyos termésvesztéshez vezethet. A káliumhiány tünete továbbá a levelek szélén jelentkező sárgulás, majd perzselődő elhalás főként az idősebb leveleken. Mivel a kálium döntő hányada a vegetatív részekben a szár, levelek növekedésekor épül be, a növény ebből az elemből a szemtelítődés végéig igyekszik minél többet felvenni és raktározni. A kukoricának a szárnövekedés intenzív szakaszában van a legnagyobb káliumigénye, ekkor a K-felvétel üteme még a többi tápelemét is meghaladja (Menyhért, 1985). A tápanyag hasznosulását továbbá a művelés módja is meghatározza, mivel a bolygatatlan talajban a felszín közelében is felhalmozódik a kálium, a mélyebb műveléseknél viszont mélyül a makroelem koncentrációs helye is (Dong et al., (2022). Kísérletek szerint a címerhányásig a kukorica teljes káliumfelvételének mintegy 55–60%-át már felveszi, míg foszforból kb. 40%-ot vesz fel eddigre (Csajbók, 2012). Ez azt jelenti, hogy a vegetatív fejlődési szakaszban a növény a K nagy részét már beépíti – ennek megfelelően a káliumhiány a virágzás előtti időszakban okozza a legnagyobb károkat, mert a generatív fázisra a kritikus mennyiség nagy része már hiányozha (Csajbók, 2012).

Hazánkban a 1990-es évektől a műtrágya-felhasználás visszaesése miatt a talajok foszfor- és kálium-mérlege sok területen negatívvá vált (Füleky, 1999), ami a talajban lekötött tartalékok kimerüléséhez és a készletek csökkenéséhez vezethet. Ezért a felelős gazdálkodás alapja a rendszeres talajvizsgálat és az észlelt hiány szükség szerinti pótlása. A teljes foszfor és kálium igény 100%-át gyakran az őszi alaptrágyázás során adják, míg a nitrogént megosztva, több részletben kapja a növény (Csajbók, 2012). A kálium tavasszal történő pótlásánál ügyelni kell rá, hogy a műtrágya könnyen felvehető formában kerüljön a talajba, például megfelelően oldódó káliumformát alkalmazva a vetés előtt, kihasználva a talaj nedvességtartalmát. A 21.

századi kukoricatermesztésben a foszfor és kálium pótlásának hatékonysága mind gazdasági, mind környezeti szempontból kiemelt jelentőségű.

3. Anyag és módszer

3.1 A kísérletnek teret adó gazdaság bemutatása

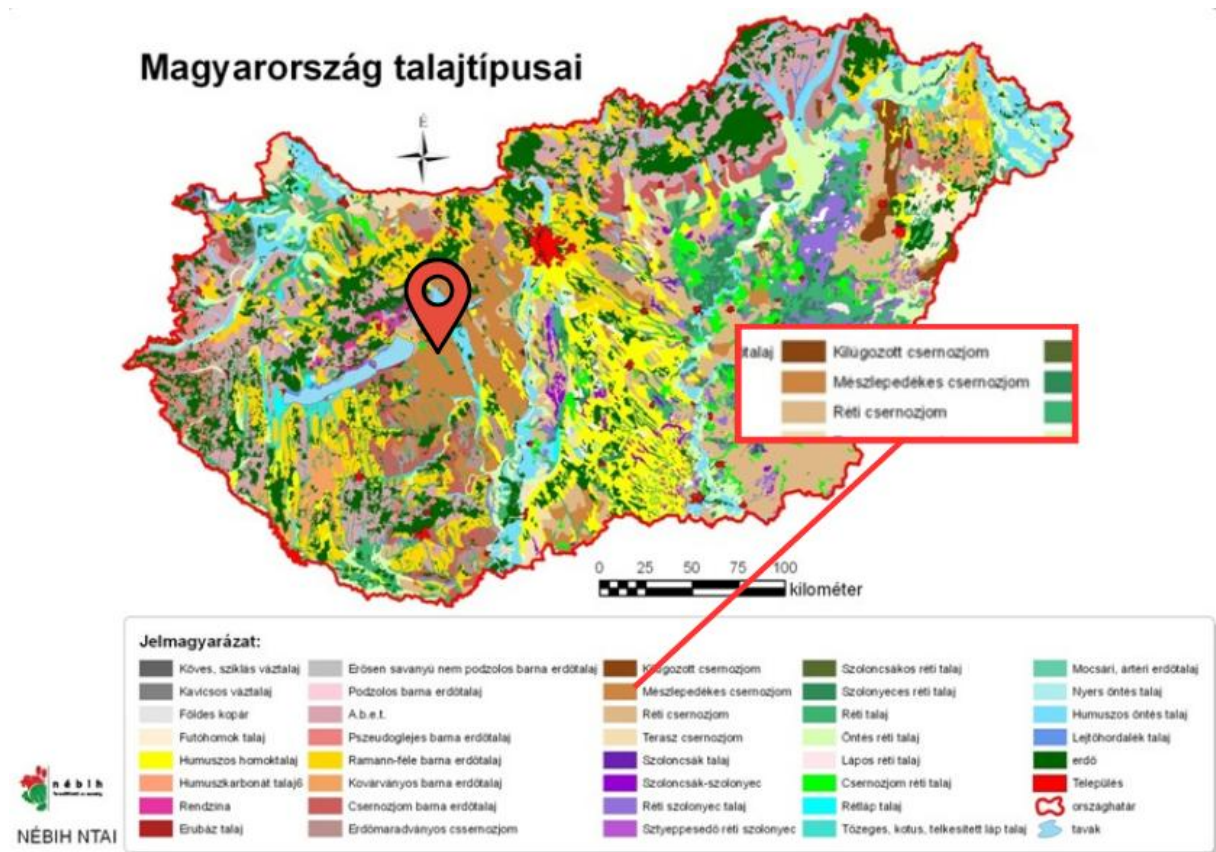
A Kísérletnek teret adó gazdaság a RUMPLER ÉS TÁRSA Mezőgazdasági, Termelő és Kereskedelmi Betéti Társaság mely 240 hektáron gazdálkodik 2000 óta. A területek Kisláng területén helyezkednek el, amely megközelítőleg 46.96° északi szélesség, illetve 18.38° keleti hosszúságon helyezkedik el. A település Fejér megye déli részén található a Mezőföldön. A kísérlet helyszínéül szolgáló terület a település délnyugati oldalán található Kisláng és Mátyásdomb között a Péteri névre hallgató határszakaszban. Tengerszint feletti magassága 120-140 méter között található, domborzat nem jelentős. Jó minőségű talajok jellemzik a területeket, viszont a mérsékelt mennyiségű csapadék itt is korlátozó tényező. A gazdaság 2 munkavállaló alkalmazásával működik, és mivel ez a saját családom gazdasága, ezért én is részt veszek a munkálatokban mikor időm engedi a tanulmányaim mellett. A mezőgazdasági vállalkozásunk teljesen gépesített, vetéstől a betakarításig mindent saját kezűleg oldunk meg. Az erőgépeket tekintve meglehetősen változatos a felhozatal. A nehezebb, nagyobb erőt igénylő talajmunkákat egy Case IH Magnum 310 végzi. Teljesítményben egy univerzálisabb erőgép követi, egy Deutz Fahr Agrottron 6155.4, amely a vetés, növényápolás, tápanyagutánpótlás feladatköreit látja el, továbbá a könnyedebb talajmunkákra is használható, illetve a betakarítás során a fő szállítmányozó, mivel egy 18 tonna teherbírású Farmtech forgószámolyos pótkocsit vontat. További erőgépeink a kiegészítő szerepet töltik be, egy régebbi Valtra, illetve homlokrakodóval ellátott Belarus gyártmányú traktorok legfőképp szállítmányozási munkálatokban, esetleg az előzőleg felsorolt erőgépek tehermentesítésére, segítségére szolgálnak. A gazdaság teljesen ellátott az év során esedékes talajmunkák elvégzésére. Az elmúlt évek során a mai talajművelésnek megfelelő forgatás nélküli talajművelésre is berendezkedtünk kultivátor, grúber vásárlásával, melyek a megfelelő kapák használatával az egészen sekély művelést is lehetővé teszik a felszín károsítása és nedvesség elpazarlása nélkül is. Ugyanakkor még ekével is rendelkezünk, amit megfelelő időjárás mellett használunk is. A betakarítás egy John Deere 9780i CTS kombájn segítségével történik, ennek az önjáró betakarítógépnek immár én vagyok az elsődleges kezelője. Aprómagjainkat egy Kverneland gyártmányú DL 4,5 függesztett vetőgép segítségével vetjük, a kapás kultúrák vetése pedig egy mikrogranulátum és műtrágya együttes kijuttatására képes szemenkénti vetőgéppel történik. A gazdaság vetésszerkezete kibővült az elmúlt évekhez képest, mivel a gabonákon és legelterjedtebb kapás ipari

növényeinken túl étkezési mák termelése is folyik, eleinte kisebb, de egyre több sikerrel az elmúlt évek tapasztalatainak felhasználásával. A legjelentősebb növényünk egyértelműen a kukorica volt, esetenként a területek közel felét borította, viszont a jelenlegi helyzetben meg kell gondolni a vetésterület méretét a klimatikus tényezők végett. Ennek ellenére nehéz elengedni a kukorica termesztését, mivel nem is olyan rég a hektáronkénti hozama nem ritkán haladta meg a 10 tonnát. A gazdaság irányítása jelenleg Édesapám kezében összpontosul, viszont szakmai fejlődésemet látva egyre több teret enged számomra. A későbbiekben fejlesztések terén mind a telephelyet, illetve az eszköztárat is fejleszteném. Talajművelő gépek közül a jelenlegi V tárcsát egy rövidtárcsára cserélném, illetve egy kompaktor beszerzése lenne a cél. A jelenlegi aprómag vetőgépet pedig egy direktvetőgépre fejleszteném a sikeresebb kalászos-, illetve máktermesztéséhez, amelyhez elengedhetetlen a vetési mélység megtartása. A gépvásárlásokon túl tárolókapacitással is bővíteném a gazdaságot, mivel jelenleg egy közeli gazdatárs telephelyére történik a beszállítás és onnan pedig az értékesítés.

3.2 A Kísérlet beállítása

A kísérletnek a Kisláng és Mátyásdomb közötti külterületen található 13 hektár méretű JFLE7F22 blokkazonosítóval rendelkező, 016/6-7 helyrajziszámon található tábla adott otthont, amely a 46.945754 északi szélességen és 18.363436 keleti hosszúságon fekszik. Elhelyezkedését tekintve az Alföld nyugati csücskében a Mezőföldön helyezkedik el a Kálóz-Igari-löszhátakon. A talaj típusa mészlepedékes csernozjom, ezt egyaránt tanúsítja a NÉBIH oldalán található Magyarország talajtípusai térképe, ami az 1. ábrán látható.

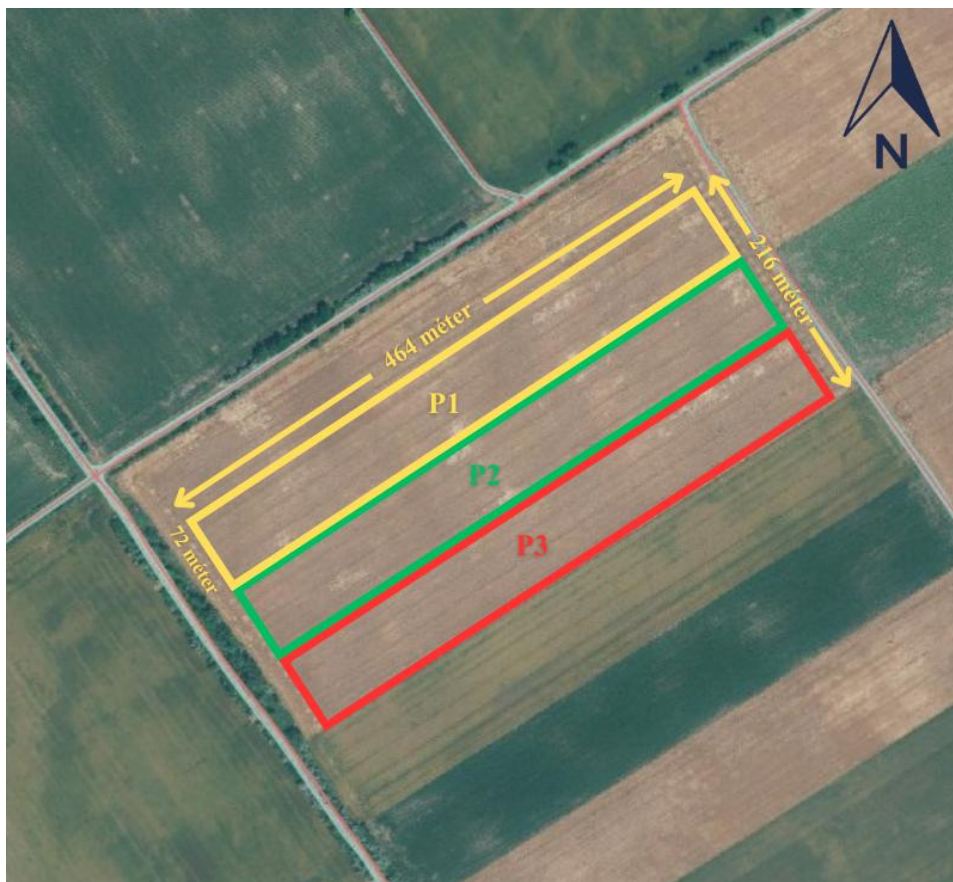
1. ábra – A kísérletnek otthont adó terület talajtípusa



(<https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/410834/talajtipusok.jpg/290e7eb3-e304-4efb-aad0-a360b5db8b97?t=1446639900620>)

A terület tengerszint feletti magassága 120 méter, a területen belül jelentősebb szintkülönbség nem fedezhető fel, ezért is esett erre a táblára a választásunk. Továbbá nitrátérzékenység sem sújtja a szántóföldet, ami fontos szempontnak bizonyul egy tápanyagutánpótlással foglalkozó kísérlet során. A szántóterület a blokk szélén található, ezért 3 oldalról is mezőgazdasági út határolja, ebből két oldalról fasor is, így a táblaszéleket kivettük a kísérlet területéből, mivel a

fasorok, illetve a táblavégek - ahol több taposásban részesül a talaj - befolyásolja az eredményeket. Ezt a 2. ábrán lehet megfigyelni, továbbá a parcellák felosztásának pontos tervét is. A terület 255 méter széles és 500 méter hosszú. A műtrágyaszóró és a permetezőgép 18 méteres munkaszélessége végett egy parcella 72 méter lett, így 94 sort tartalmaz. A táblavégi forgók mindkét végén 18 métereseek, ez 4 vetőgép szélességű a 6 vetőkocsis Monosem vetőgéppel, és 3 kukorica adapter szélességű a 8 soros OROS CORNADO-val. Az így levont táblavégekkel 464 méter hosszú lett egy parcella, tehát a 72 méteres szélességével 33 408m² nagyságú.



2. ábra – A parcellák felosztása (<https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/#/mepar;>
[https://www.vexels.com/png-svg/preview/143557/simple-north-arrow-ubication\)](https://www.vexels.com/png-svg/preview/143557/simple-north-arrow-ubication)

A kísérlet során nem jelöltük meg a területeket külön, mivel tereptárgyak végett jól behatárolható, továbbá művelés során a robotkormány segítségével nem volt probléma a kijelölés hiánya. Kizárólag a betakarítást megelőzőleg kaptak jól látható jelölést, ahogy a 3. ábrán is látszódik. Ennek a menete saját kezűleg a sorok megszámlálásával történt, kezemben a vetéstervvvel, melyet a hibázás lehetőségének minimalizálása érdekében kétszer is elvégeztem.

Erre azért volt szükség, mivel a tábla széli jelölés nem bírt volna ilyen pontossággal, ellenben a sorok leszámolásával.



3. ábra – parcella határához használt jelölés (saját felvétel)

Kezdjük az elejéről: a kísérlethez a DEKALB kínálatából választottunk szaporítóanyagot, egy közkedvelt fajtáját, a DKC 4897-et. FAO számát tekintve 390-400, tehát közép-korai fajta. Növénymagasságát tekintve átlagos, korai fejlődése és gyökérerőssége jó, további agronómiai tulajdonságai a 4. ábrán találhatóak.



4.ábra – DKC 4897 fajtaismertetés (<https://szegana.hu/wp-content/uploads/2016/01/dkc-4897-prospektus.pdf>)

Választásunk azért esett rá, mivel az elmúlt években az aszály ellenére is kielégítő termést produkált az akkor vetett kukoricánk a BAYER kínálatából. Ennél a hibridnél pedig a tenyésztő is ideális, mivel nagyobb termőképessége ellenére még nagyobb szárítási költség nélkül is betakarítható, kiváltképp, merthogy vízleadási képessége is igen jó. Az előbbieken felsorolt tényezők végett a gazdaságunk 2024-es kukorica vetésterületének nagyobb részét ezzel a szaporítóanyaggal vetettük el a kísérlet területén túl is.

A kiválasztott vetőmag elvetését a magágy készítése előzte meg, illetve a tápanyag kijuttatása. Előveteményt tekintve 2022-ben napraforgó volt a területen, 2023-ban pedig árpa. A betakarítást követően V tárcsa, Väderstad Rexus rögtörő henger gépkapcsolattal lett végezve a tarlóhántás és ápolás, csupán sekélyen a kapillárisokon távozó nedvesség meggátolása végett. Mivel szántott talajba került a kísérleti kukorica vetőmagja, ezért a tarlóhántáskor alkalmazott tárcsát az ős folyamán lazító, majd eke követte. A lazítás 50 centiméteren történt, a szántás pedig 30-32 centiméter mélységben, majd az előbb említett hengerrel történt az elmunkálás. A magágy készítése április 7-én történt kombinátor használatával az alaptrágya kijuttatását követően. A talajállapot optimális a vetéshez, szerkezete morzsa, üledett, a felszín közelében kellő nedvesség található, tehát nyirkos. Az előbbieken leírtak szerint a terület a vetőágy készítését megelőzően egységesen kapott 200 kilogramm Genesis NPK 8:21:21 műtrágyát alaptrágyaként. Tehát hektáronként 16 kg Nitrogént, 42 kg Foszfot és szintén 42 kg Káliumot juttattunk ki a területre. Így a fontosabb makroelemekben is részesült a kijuttatott nitrogénnél, hogy a növekedésének semmi ne szabjon gátat, kivéve ez alól a kellő mennyiségű csapadékot, melyet sajnálatos módon nem tudunk befolyásolni. Ezután következett a kísérlet

lényegét is szolgáltató parcellánként eltérő dózisú Nitrogén tartalmú műtrágya kiszórása, egy ismétléses vizsgálatként, amelyhez MAS (mész-ammon-salétrom) lett használva. A tápanyagutánpótlás a vetés előtt április 12-én került ki a területekre. A tápanyagutánpótláshoz Duslo 27%-os MAS műtrágyát használtunk. A kijuttatás egy Kverneland Exacta TL műtrágyaszóróval történt. A műtrágya szórásával északnyugati irányból délkelet felé haladtunk, ebbe az irányba növeltük parcellánként a kiszórt mennyiségeket, azaz 72 méterenként. Ez pontosan 4 műtrágyaszóró szélesség, így 2 fordulóval pontosan ráfedés nélkül tudtuk elvégezni a kísérlet lényegi részét. Az első parcellára 300 kg, a másodikra 400 kg, a harmadikra pedig 500 kg MAS került kijuttatásra. Hatóanyagban ez P1 81 kg, P2 108 kg, illetve P3 135 kg Nitrogént jelent hektáronként a 27%-os nitrogén tartalomnál. Továbbá 6,9%-os Kalcium és 4,1%-os magnézium tartalmával még 20,7 kg, 27,6 kg, 34,5 kg CaO, illetve 12,3 kg, 16,4 kg, 20,5 kg MgO került a parcellákra.

A kísérletben szereplő parcellák:

P1 - első parcella:

- 200 kg/ha NPK 8:21:21
- 300 kg/ha MAS

P2 - második parcella:

- 200 kg/ha NPK 8:21:21
- 400 kg/ha MAS

P3 – harmadik parcella:

- 200 kg/ha NPK 8:21:21
- 500 kg/ha MAS

A műtrágyázást követte a kiválasztott szaporítóanyag vetése, erre április 14-én került sor, mivel ekkor a talaj állapota elérte az optimális hőmérsékletet. A művelet Deutz-Fahr Agrottron 6155.4 erőgéppel és Monosem MG 3 6 vetőkocsis vetőgéppel történt, ahogy az 5. ábrán látható.



5. ábra – A kísérlet vetése (saját felvétel)

A szemenkénti vetőgép műtrágyát és mikro granulátumot képes kijuttatni vetéssel egy menetben. Az előbbi funkciót nem vettük igénybe, mivel műtrágyaszóró segítségével juttattuk ki a parcellánként eltérő dózisokat. A vetésnél csupán talajfertőtlenítő került a talajba a mag mellett, erre Soilguard-ot használtunk 11 kg/hektár kijuttatott mennyiséggel. A vetés során 76 centiméteres sortávolságot alkalmaztunk, robotkormány segítségével a csatlakozó sorok kellő pontosságúak, a vetőmagok 4-5 centiméteres mélységre kerültek. Az általunk alkalmazott sor és tőtávolság alkalmazásával ~66 000 csíra lett a tőszám hektáronként. Parcellánként ~33 500m²-es területek kerültek elvetésre, így $66\ 000 \cdot 3,335 = 221\ 100$ vetőmagra volt szükség. Értelemszerűen az egész vizsgált területre ennek háromszorosa került a talajba a vetés során. Az alábbi növényvédelmi ápolások történtek. Szántóföldi vontatott permetezővel május 17-én 44g/l tembotrion hatóanyagú Laudis gyomirtószerrel posztemergens kezelés történt, 2,25 liter/hektár dózissal, illetve 250 liter/hektáros lémennyiséggel. Hatása gyors, látványos, a vetésváltás végett a területen nem tudtak rezisztens gyomnövények kiszelektálódni, mivel nem volt azonos hatásmódú szer használva. Ezt követően csak mechanikai gyomirtás történt sorközművelő kultivátorral. Ezt a műveletet akkor végeztük, mikor még a növény magassága végett nem

került veszélybe annak az épsége se a traktor, se a munkagép által. Ezt követően már csak a betakarítás következett, mint utolsó művelet a kísérleti területen, a megfigyelési folyamatokon kívül. Ezt megelőzően kijelöltem jól látható módon a parcellákat, erre egy figyelemfelkeltésre alkalmas élénk rózsaszín ruhaanyagot használtam, ahogy a fentebb látható 3. ábrán is megfigyelhető, ezt vastag spárgával rögzítettem a parcella sarkain álló kukoricára. A betakarítás a táblaszegély, és a kísérlet alól kivont területek aratásával kezdődött. A körbe vágott táblában a kisebb dózistól a nagyobb felé haladtunk, tehát a tápanyagszint növekedésének megfelelő irányba északkelet felől, délnyugati irányba haladva. Az aratás folyamatában a máskor kombájnos szerepkör helyett műveletirányítóként vettem részt, mivel koordinálnom kellett a betakarítást, majd a szárítónál pótkocsinként feljegyezni az eredményeket, hogy pontos feljegyzés történjen.

Csapadék mennyiségének vizsgálata

A csapadék méréséhez egyszerű csapadékmérőt használtam, lakóhelyemen, továbbá a telephelyen is található bevetésre készen. Mivel a kísérlet helyszínétől szolgáló tábla a legközelebbi esőmérőhöz légvonalban 2 km-es távolságra van, ezért apróbb eltérés előfordulhat, de nem számottevő. Az elmúlt 3 év csapadékmennyiségei havi bontásban kerültek feljegyzésre, mivel nem csak a 2024-es viszonyok befolyásolják az az évi termés eredményét, hanem azt az megelőzők is, legfőképp a talajvíz és a talaj állapota végett. A fentebb írtak szerint a terület adottságai: sima domborzat nélküli felszín, ezért nagy eltérés nincs a különböző pontjain. Nem tapasztalható jelentősebb lejtő, ami az aljára juttatná a víz lényeges részét, ellenben a szemben lévő oldallal, ahol a terület rálejt egy árokra.

3.3 A kísérlet vizsgálatának módja, értékelésének metodikája

Az előző fejezetben is olvasható, hogy 13 hektáros a kiválasztott táblánk, mint írtam több oka is volt, hogy erre esett a választásunk. Egyrészt a domborzati tényezők, mivel számottevő szintkülönbség nem található, másrészt ez a terület mélyebb fekvésű, mivel Kisláng külterületén a Péterszállás (Péteri) határrész fekvése kedvezőbb egyes területekkel szemben, ahol aszályos időjárásban hamarabb fellép a vízhiány. A tábla adottságai is kedvezőek, szabályos téglalap formája végett egyszerű az ugyanakkora parcella méretek kijelölése. Méretét tekintve pedig kedvezőbb a kisebb területekkel ellentétben, merthogy a pár hektáros területeken, ahol a parcellák területe csupán pár ezer m², sok a befolyásoló tényező, ezek

4. Eredmények és értékelésük

4.1 A kísérlet kiértékelése

A kukorica fejlődése

A kelés időpontja április 26. környékére tehető. Ekkor már kezdett előbújni a kukorica, ám még csak elvétve volt felfedezhető. Május elején már jól láthatóvá váltak a sorok, első valódi levelüket is kinevelték már, ahogy a *6. ábrán* is látható.



6. ábra – A kísérlet kelés után (saját felvétel)

Ezután heti szintű megfigyelés során a kezdeti időszakban nem találtam számottevő eltérést a parcellák között. A kukorica megfelelően fejlődött a kezdeti szakaszban, a növények egészségesek voltak, hiánytüneteket nem tapasztaltam. A *7. ábrán* a fejlődése során készült képek láthatóak.



7. ábra – A kísérlet fejlődése képekben (saját felvétel)

Július elejére elérte végleges magasságát a címerhozást követően. Erős elhatárolódás nem tapasztalható parcellánként a növénymagasságokban, viszont van eltérés. Az 1. Parcellánál átlagosan 210 centiméteres magasságot mértem, a 2. Parcellánál 215-220 centiméteresre nőttek átlagosan, a 3. Parcellánál az előző terület méréseihez képest alig tapasztaltam eltérést, csupán lokálisan 1-1 ponton, ahol a 240 cm-t is meghaladta a növény - de javában ez a 220 centis magasság jellemezte. A generatív részek kialakulásának idejében lényeges eltérést nem tapasztaltam, esetleg minimálisan, viszont az nem kifejezetten köthető a parcellákhoz. A kezdeti jó fejlődés után viszont egy csapadéktalanabb időszak végett hamar látszódtak a vízhiány jelei, augusztus elején már száradni kezdtek a növény vegetatív részei. A felgyorsult érés végett már szeptember első dekádján megkezdődött a betakarításuk. A kísérlet a helyi viszonyokhoz képest mélyebb fekvésű terület, ezért itt csak szeptember 27-én kezdődött meg az aratás, itt viszont a megdőlt szár okozott nehézségeket - ahogy a 8. ábrán megfigyelhető. Ennek jelentőségéről a későbbiekben lesz szó.



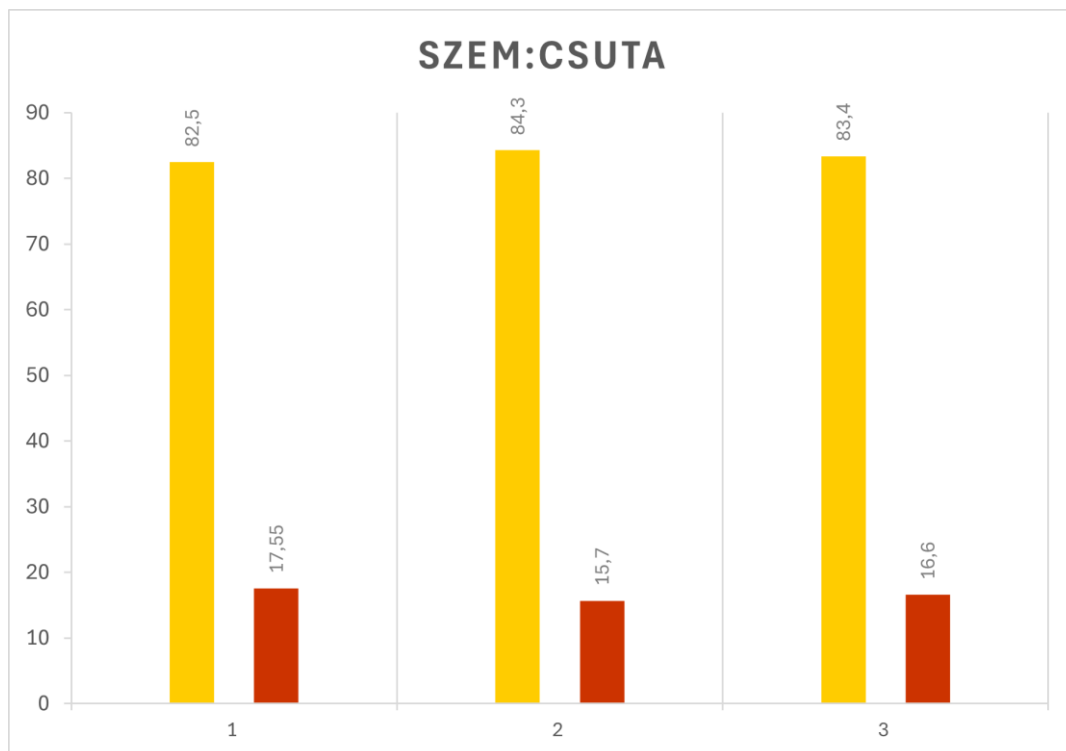
8. ábra – A megdőlt kukorica (saját felvétel)

Termésbecslés

A kísérlet hozamának korai megállapításához termésbecslést végeztem, ezzel nem csak az esetleges termésátlagot próbáltam kiszámolni, hanem a becslés és a valós eredmény összehasonlításával megkapom a tábla homogenitását. Amennyiben jóval eltér az itt kapott érték, az a táblán belüli különbözőségeket jelentheti - természetesen minimális eltérés tapasztalható. A kívánt eredményesség érdekében bejártam a parcellák minden egyes pontját, és próbáltam hozzátevélegesen a parcellák különböző pontjairól mintát venni. A termésbecslés során 9-9 cső kukoricát választottam teljesen véletlenszerűen. Azért esett a választásom erre a módszerre, mivel amennyiben kizárólag egymás melletti tövekről választok kukoricát, a különböző pontokon feltételezett eltérés nem szűrhető ki. A 9 cső véletlenszerű kiválasztását azért tartottam fontosnak, mivel érzékszervek általi választás során a nagyobb csövek kerülnének előtérbe. A sikeres mintavételt követően lemorzoltam és külön-külön lemértem a szemek és a csutka tömegét is konyhai grammos mérleg segítségével. A becslés eredménye a 2. táblázat szerint a következő - ahogy látható a legkisebb dózisú parcellától a legnagyobbig arányosan növekedik a becsült termés. A 9. ábra pedig a kukoricacsövek összetételének arányát mutatja be

2. táblázat - a becslés során mért adatok

	Parcella 1	Parcella 2	Parcella 3
Szem (g)	1705 g	1872 g	1935 g
Csutka (g)	361 g	349 g	386 g
arány	82,5:17,5	84,3:15,7	83,4:16,6



9. ábra – szem: csutka arány

A becsléshez leosztottam a kapott eredményeket kilenccel így megkaptam egy csőre számítva az eredményt. Ami az alábbiak szerint alakult a 3. táblázat szerint. Csírákori pusztulás végett 62 000 csíra/hektárral számoltam. A tonna/hektár számolásnál az 1 csőre (növényre) mért tömeget szoroztam meg 62 000-el, és váltottam át tonnába. A bruttó mennyiségből a nettóra számításnál 14%-os szemnedvességgel számoltam.

3. táblázat - becslés eredménye

	Parcella 1	Parcella 2	Parcella 3
Szem/1 növény (g)	189,44 g	208 g	215 g
Szemnedvesség	38,7%	39,2%	39,1%
Száranyag	61,3%	60,8%	60,9%
Bruttó tonna/ha	11,75 tonna/ha	12,896 tonna/ha	13,33 tonna/ha
Nettó tonna/ha	8,93 tonna/ha	9,64 tonna/ha	9,98 tonna/ha

Környezeti hatások

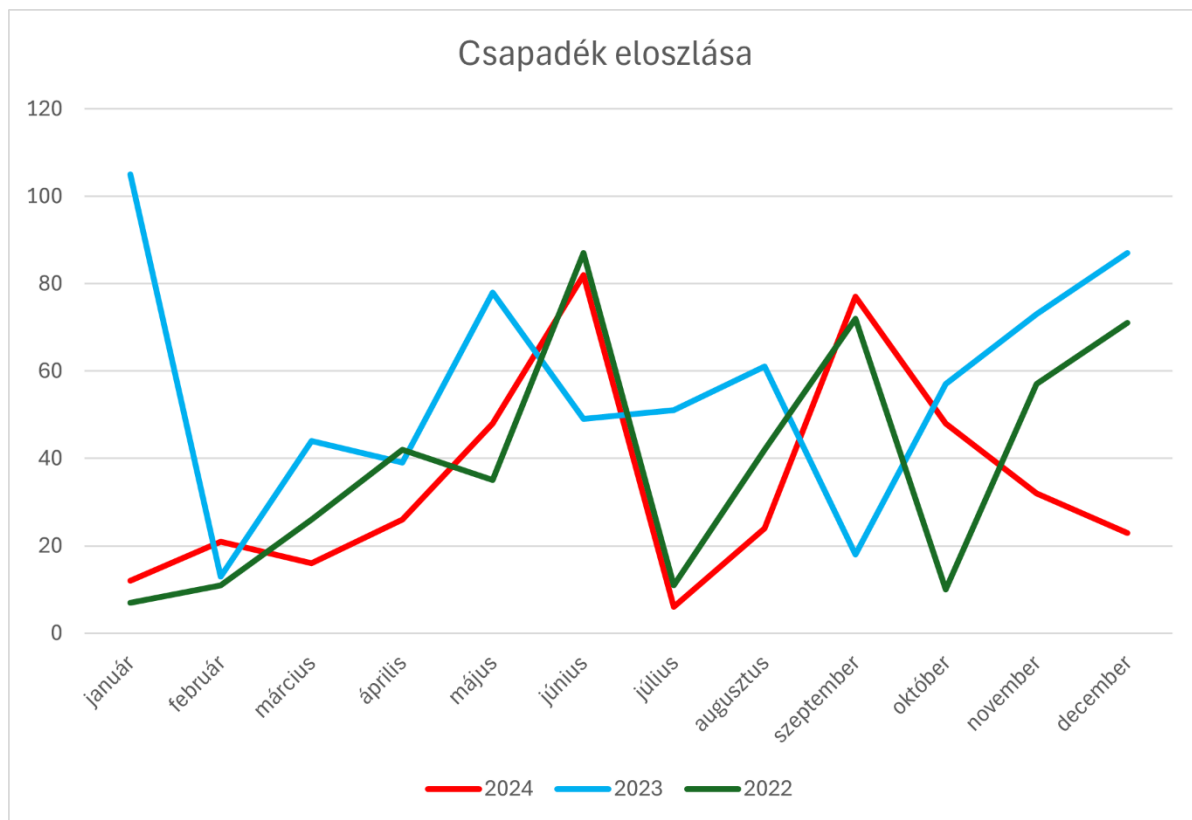
A kísérletem kültéri megvalósítása végett, a környezeti hatásokat nem tudtuk befolyásolni, tehát a hőmérséklet, napsütötte órák száma, illetve a csapadék mennyisége mind az adott évjárat sajátosságaitól függött. Az elmúlt 3 éven kívül csupán az évi csapadék összege ismert, viszont

a 2022, 2023 és a 2024-es években havi bontásban is - esetlegesen pár mm eltéréssel - Kisláng területén. A minimális elcsúszás azért is lehetséges, mivel a kísérlet helyszínéül szolgáló tábla légvonalban is legkevesebb 2 km-re van a csapadék méréséül szolgáló helyszínektől. Legfőképp a nyári záporok eredménye térhet el, melyek kiterjedése meglehetősen lokális tud lenni. A 4. táblázatban az elmúlt 3 év csapadékmennyisége látható havi leosztásban.

4. táblázat – mért csapadék mennyiségek

	2022	2023	2024
január	7 mm	105 mm	12 mm
február	11 mm	13 mm	21 mm
március	26 mm	44 mm	16 mm
április	42 mm	39 mm	26 mm
május	35 mm	78 mm	48 mm
június	87 mm	49 mm	82 mm
július	11 mm	51 mm	6 mm
augusztus	42 mm	61 mm	24 mm
szeptember	72 mm	18 mm	77 mm
október	10 mm	57 mm	48 mm
november	57 mm	73 mm	32 mm
december	71 mm	87 mm	23 mm
összesen	471 mm	675mm	415mm

A 2023-as éven kívül a csapadék mennyisége még az éves 500 mm-t sem haladta meg, ami az ország éghajlata végett várható 600-700 mm-es mennyiségtől is jócskán alul marad. Ennél nagyobb probléma a csapadék eloszlása. Míg 2023-ban a februári és szeptemberi kevesebb mennyiségeken túl mindegyik hónapban viszonylag kellő mennyiség hullott, addig a 2022, 2024-es években a tavaszi vetéseknél, illetve a kukorica szemtelítődésénél fontos hónapokban maradt száraz a csapadékmérő alja. Ezt legjobban a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra – csapadék eloszlása (saját eredmény)

A 2023-as évben a februári alacsonyabb mennyiségen túl a vetés, továbbá fejlődés időszaka alatt kiegyensúlyozottabb az eső eloszlása, ellenben a másik két évvel, ahol júliusban szinte nélkülözniük kellett a nedvességet a növényeknek.

Az elmúlt 10 év csapadékviszonyai az alábbiak szerint alakultak az 5. táblázat alapján. Ezeket az eredményeket azzal a céllal ismertetem, hogy miként változott az elmúlt években, esetleg akkor is előfordult-e már csapadékhiány.

5. táblázat - csapadék mennyiség 2014 - 2024

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
csapadék (mm)	680	557	704	576	628	602	533	472	415	675	471

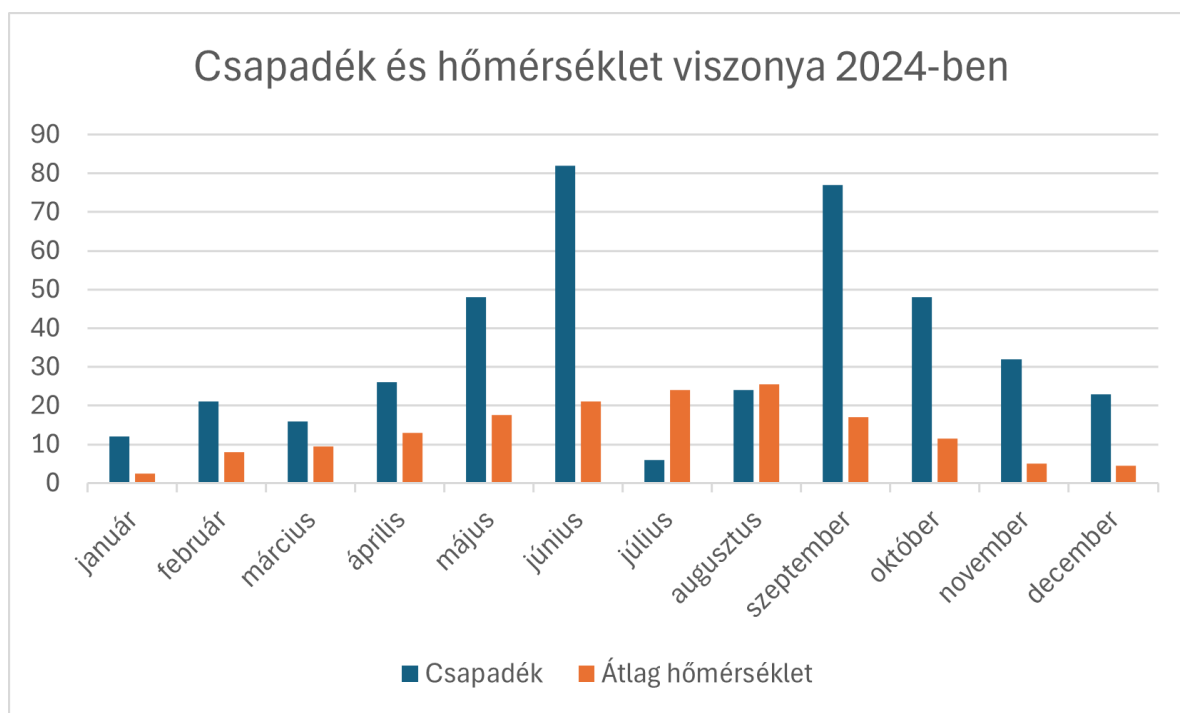
Az elmúlt 10 évben nem tapasztalható egyenletes csökkenés, viszont 2020 után 3 évben is kifejezetten nagy szárazság volt. Ezzel pedig a legnagyobb probléma az, hogy amennyiben sűrűbben fordul elő ehhez hasonló alacsony mennyiségű csapadék, úgy a talajból is egyre több nedvesség hiányzik. A kevés esőn az aszály sem segít, ami tovább csökkenti a talajvíz szintjét. A csapadékon túl még a 2024-es havi középhőmérsékletet figyeltem meg, mivel a hőmérséklet is az egyik fő meghatározója a kukorica termesztésének. Emellett az előbb vizsgált abiotikus tényezőkkel is szorosan összekapcsolódik, mivel a kevés csapadék és a hőség - amennyiben együtt jár - a várható termés töredékét hozhatja csupán. A 6. táblázatban látható a 12 eredmény.

6. táblázat – 2024-es középhőmérsékletek, és átlagtól való eltérése

Hónapok	2024-es középhőmérsékletek	Eltérés a 1991-2020-as átlagtól
január	2,5°C	1,0°C
február	8,0°C	7,0°C
március	9,3°C	3,0°C
április	13,0°C	0,75°C
május	17,5°C	1,0°C
június	21,0°C	2,0°C
július	24,0°C	2,5°C
augusztus	25,5°C	3,0°C
szeptember	17,0°C	1,0°C
október	11,5°C	0,5°C
november	5,0°C	-2,5°C
december	4,5°C	1,5°C

(forrás: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_honapok_idojarasa/index.php)

A 2024-es csapadékviszonyok és a középhőmérsékletek egymáshoz való viszonyulása a 11. ábra alapján tekinthető meg.



11. ábra – Csapadék és hőmérséklet viszonya 2024-ben (saját megfigyelés, https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_honapok_idojarasa/index.php)

A júniusi hónap amennyire csapadékos volt és hozzájárult a kukorica fejlődéséhez - főleg termékenyülés közben -, a júliusi, augusztusi hónapban alig volt csapadék, mikor a szemképződés, szemtelítődés időszaka volt. A hullott eső elenyésző mennyiségén túl még az a tény is tovább nehezítette ezt a folyamatot, hogy ez a két hónap volt a legmelegebb az év során.

A kezdeti kedvező feltételek mellett a növény addigi fejlődésének semmi nem szabott gátat, ezért jó alapokkal tudott elindulni a fejlődése útján. A júliusi hónap első felét tekintve még nem látszódtak a vízhiány tünetei, viszont július végén már 1-2 hónappal későbbinek megfelelő ábrázatát mutatta a kukorica.

A kísérlet eredménye

2024. szeptember 27-én pénteki napon történt a kísérlet betakarítása. A művelet során a parcellák külön-külön lettek betakarítva, tárolóhoz behordva, majd ott hitelesített mérleggel lemérve és kiértékelve. A kukorica vihar következtében jelentősen megdőlt, viszont így is tapasztalható eltérés.

A kísérlet eredménye a 7. táblázatban tekinthető meg, egyelőre a teljes parcella termésmennyisége található a táblázatban, lentebb a hektáronkénti eredményekről is szó fog esni.

7. táblázat – A kísérlet eredménye

Felsőoktatási intézmény	1. Parcella	2. Parcella	3. Parcella
1. pótkocsi	9560 kg	15 340 kg	9880 kg
2. pótkocsi	14520 kg	9720 kg	14 900 kg
3. pótkocsi	3440 kg	4060 kg	5260 kg
Összesen	27 520 kg	29 120 kg	30 040 kg

(saját vizsgálat eredménye)

Mivel egy parcella területe 3,3 hektár, pontosabban 33 408 m², ezért a kapott eredményeket 3,3408- al való elosztásával megkapjuk a hektáronkénti eredményeket. Így az alábbi hozamokat kapjuk. A minimális eltérés a mérleg 20 kg-os pontossága végett lehetséges, ezért egész számra kerekíték.

A kísérlet eredménye:

1. Parcella (P1):

- 8238 kg/ha → 8,24 tonna/ha

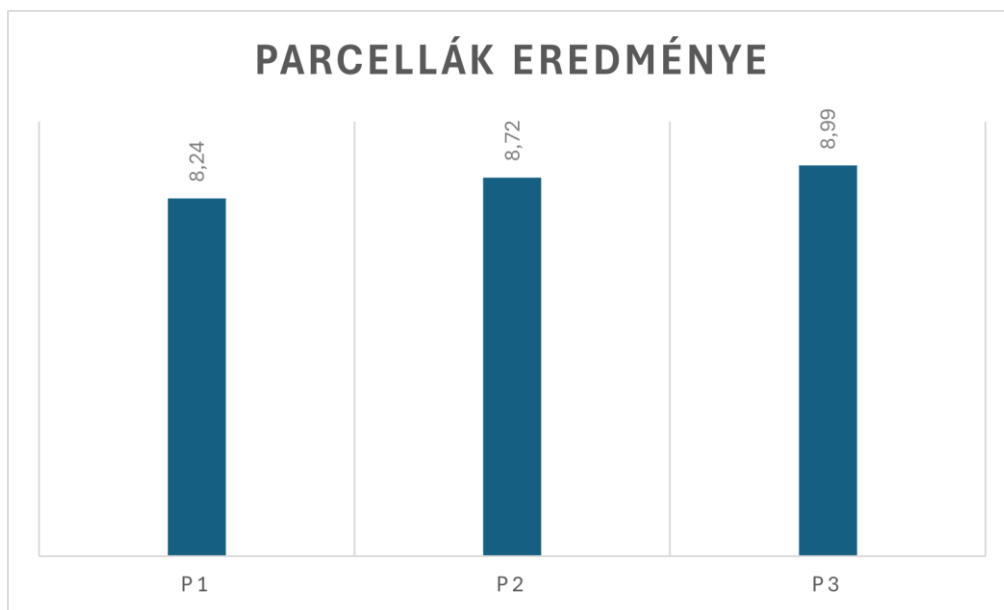
2. Parcella (P2):

- 8716 kg/ha → 8,72 tonna/ha

3. Parcella (P3):

- 8992 kg/ha → 8,99 tonna/ ha

A kapott eredmények alapján a különbség szemmel látható. Amennyiben a középső eredményt figyelmen kívül hagyjuk, a két eredmény közti különbség nem kevés. Ennek ellenére a gazdaságosságát tekintve nem biztos, hogy ez eléri azt az értéket, ami olyan mértékű megtérülés hoz, hogy a bele fektetett input anyagokat érdemes ráfordítani - erről majd a későbbiekben fog szó esni. Addig is a 12. ábra szemlélteti a hozamok közti különbséget és azok növekedésének mértékét.



12. ábra – A parcellák eredményének eloszlása

A betakarítás során 13,9 – 14,3 %-os szemnedvesség lett mérve, további szárítást nem igényelt a betakarított termény, ezáltal a költségek sora sem bővült. Úgy gondolom, összességében nézve is egy kielégítő terméseredményt sikerült elérni ebben az aszályos évjáratban, ahol a kukorica vegetációja során ~ 250 mm csapadék hullott, ez a mennyiség csupán a fele a 2.3-as fejezetben megállapított 400-500 mm igénynek. A kísérlet eredményének a kora őszi viharos szelek sem tettek jót, mivel az érés során a növények többségének a szára megdőlt. Ez leginkább a magas, akár 2-2,5 méteresre nőtt kukorica miatt fordulhatott elő, ami a tavaszi megfelelő időjárásnak köszönhetően tudott ekkorára megnőni. Ugyanis az összeroskadt kukoricában a betakarítás során az adapter még a létező legalacsonyabb beállítása során is képes lerázni a csöveket, mielőtt az a vágóasztal fölé kerülnének. Természetesen a földre került termés kézzel való begyűjtése lehetséges, ám nem tartom relevánsnak a kísérlet szempontjából. Így nehéz eldönteni, hogy a veszteség parcellánként hasonló mértékű, esetleg lényegesen eltérő.

A termésbecslés és az eredmény összevetése

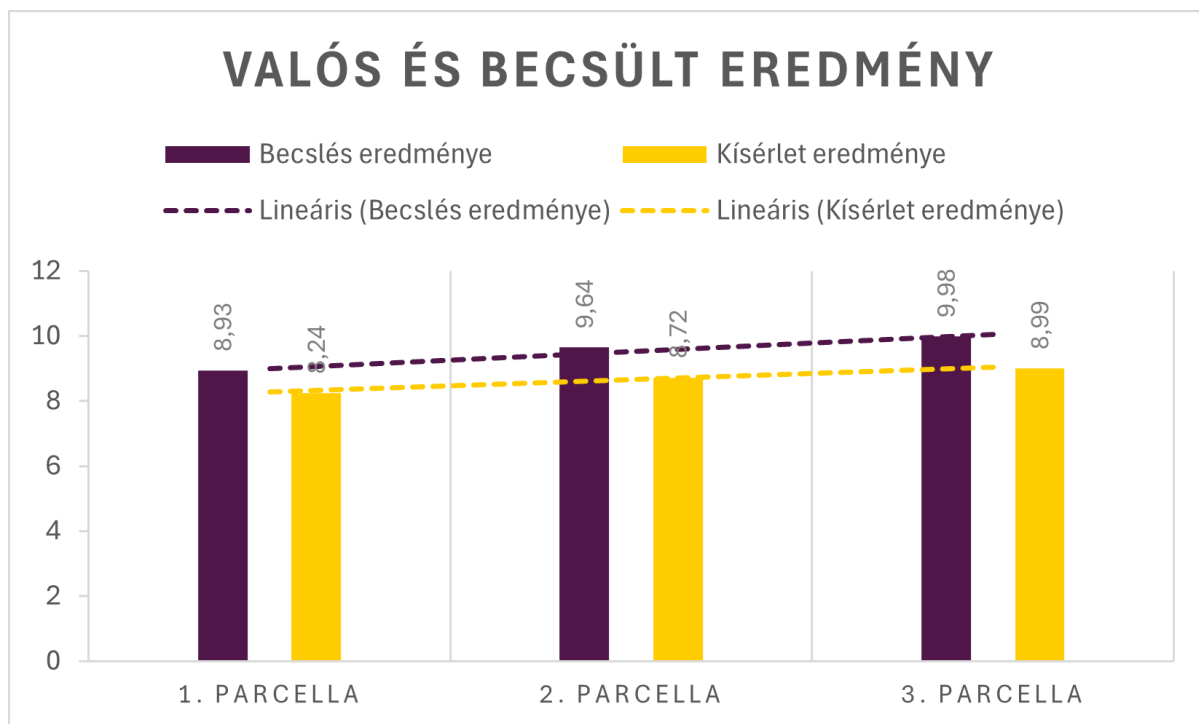
A betakarítást megelőzően elvégzett termésbecslés egyik vizsgálata a szem és a csutka aránya volt, míg a másik a várható hozam kiszámolása. Miután lekerült a kísérlet területéről a kukorica, és ismerjük a konkrét tényeket, össze tudjuk hasonlítani, hogy mennyire sikerült megközelíteni

a becsléssel a tényleges eredményeket. Továbbá az állomány homogenitását is láthatjuk, hogy mennyire sikerült parcellánként 9-9 csővel a tényleges végeredményt megsaccolni. A kapott eredmények és a becslés összehasonlítása a 8. táblázatban tekinthető meg.

8. táblázat – Az eredmény és a becslés közti különbség

	1. Parcella	2. Parcella	3. Parcella
Becslés eredménye	8,93 t/ha	9,64 t/ha	9,98 t/ha
Kísérlet eredménye	8,24 t/ha	8,72 t/ha	8,99 t/ha
Különbség	0,69 tonna	0,92 tonna	0,99 tonna

Mint látható a becslült eredmény minden esetben többnek bizonyult, viszont minden parcellánál ez a különbség 1 tonnán belül van. Ez igaz nem kevés, azonban ez továbbra is egy becslés, ahol az állományban jóval eltérhetnek a kukoricacsövek méretei. Itt ugyanakkor egész közeli eredményt sikerült előzetesen kiszámolni. Az a tény sem elhanyagolható, hogy a megdőlő kukorica végett termésvesztéssel is kell számolnunk, így még közelebbi eredményt kapunk az összevetés során. Az 13. ábra a két eredmény egymáshoz való viszonyulását szemlélteti.



13. ábra - A kísérlet és a becslés eredményének összehasonlítása

A diagram alapján a tényleges és a becslés közti különbség jól látható, viszont a két lineáris vonal meredeksége közt egészen kis különbséget vélhetünk felfedezni. Így amennyiben az eredmények el is térnek, ám az arányok hasonlóak, a parcellák közti terméskülönbség becslése sikeres volt. Az eredmények közt sem látható számottevő eltérés a tények ismeretében.

4.2 Gazdasági tényezők

A kísérlet elvégzése után már csak annak gazdasági oldalról való vizsgálata van vissza. Hiába értünk el jól látható eredményt még ilyen időjárási viszontagságok közepette is, ez mit sem ér, ha anyagilag nem térül meg. A következőkben az input anyagokra szánt kiadásokat fogom összegezni egy hektárra vetítve. Kezdsnek a kukoricával foglalkozó kísérletünkhöz elengedhetetlen a vetőmag, erre a célra a fentebb említett Dekalb DKC 4897 lett kiválasztva. Ennek 80 ezer forintra jött ki az ára egy zsákra számolva, amennyiben az ÁFA-val nem számolunk. Mivel 80 000 magot tartalmazott egy zsák, a vetés pedig 66 000 csíra/hektár mennyiséggel történt, így egyszerű a matek, 66 000 forint/hektárral számolhatunk. A következő vizsgált tétel a műtrágya, 155 000 forintos ára volt egy tonna DUSLO MAS (27%) tápanyagnak. Így tehát a parcellánkénti műtrágya ára a következőképpen alakult a 9. táblázat alapján.

9. táblázat – Kijuttatott műtrágya ára

	1. Parcella	2. Parcella	3. Parcella
Kijuttatott dózis	300 kg	400 kg	500 kg
Műtrágya ára/ha	46 500 Ft	62 000 Ft	77 500 Ft

A különbség 15 500 Forint a különböző parcellákra számolva, mivel mind a művelés, további tápanyag, illetve növényápolás során keletkezett kiadások egységesek minden parcellát tekintve. A bevétel a parcellákon a következőképpen alakult egy hektáron a 10. táblázat adatai szerint.

10. táblázat - Bevétel

	1. Parcella	2. Parcella	3. Parcella
Terméseredmény (t/ha)	8,24 tonna	8,72 tonna	8,99 tonna
Eladási ár/t	73 000 Ft	73 000 Ft	73 000 Ft
Bevétel/ha	601 520 Ft	636 560 Ft	656 270 Ft

Az 1. Parcellához képest 35 040 Ft-tal több a bevétel a 2. Parcellán, ehhez képest a 3. Parcellán csupán 19 710 Ft a két terület közti bevétel különbsége. Az eltérés megkérdőjelezhetetlen, viszont nincs kimagasló differencia.

A teljes jövedelem számolásához a bevételből levonjuk a ráfordítás összegét, így megkapjuk a parcellánként kapott hasznok közti különbséget, ez a 11. táblázatban látható.

11. táblázat – Jövedelmek közti különbség

	1. Parcella	2. Parcella	3. Parcella
Bevétel	601 520 Ft	636 560 Ft	656 270 Ft
Ráfordítások:			
Műtrágya	112 217 Ft	127 717 Ft	143 217 Ft
Vetőmag	66 000 Ft	66 000 Ft	66 000 Ft
Gázolaj	52 000 Ft	52 000 Ft	52 000 Ft
Permetyszer	32 625 Ft	32 625 Ft	32 625 Ft
Talajfertőtlenítő	30 800 Ft	30 800 Ft	30 800 Ft
Jövedelem	307 878 Ft	327 418 Ft	331 628 Ft
Kontrollhoz képesti + jövedelem	0 Ft	19 540 Ft	23 750 Ft
Különbség az előző parcellához képest	0 Ft	+ 19 540 Ft	+ 4210 Ft

Az eltérés egyértelmű, ezért úgy gondolom, hogy a 3. Parcellánál, mivel már nem mutatkozott számottevő többlet, a hektáronkénti plusz 4210 forintért cserébe felesleges terhelni a környezetet, viszont még az 1. és 2. parcella között is elgondolkodtató. Esetleg magasabb termény áraknál ez a különbség nagyobb, illetve kedvezőbb időjárási viszonyok mellett nem lép fel a vízhiány során korlátozó hatás, még elképzelhető a 100 kg körüli nitrogén hatóanyagú tápanyag kijuttatása.

5. Következtetések, javaslatok

Kísérletünkben a nitrogéntrágyázás eltérő szintjei egyértelműen befolyásolták a kukorica terméseredményeit. A három vizsgált kezelés közül a legkisebb N-adaggal (P1) kezelt parcellán 8,24 t/ha átlaghozam adódott, míg a közepes (P2) és magas (P3) nitrogénszintű kezelések ennél magasabb termést eredményeztek, 8,72 t/ha, illetve 8,99 t/ha szemtermést. Látható, hogy a nitrogénellátás növelésével nőtt a hozam, azonban a termésnövekedés üteme csökkent: a P1 és P2 kezelés között mintegy +0,5 t/ha ($\approx 6\%$) többletet mértünk, míg P2-ről P3-ra már csak 3% körüli hozamnövekedés jelentkezett. Ez a csökkenő növekmény jelzi a trágyázás mérsékelt hatékonyságát nagyobb dózisoknál. Fontos kiemelni, hogy a kísérlet évjárata aszályos volt, A kukorica 2024. évi vegetációs időszakában mindössze ~ 250 mm csapadék hullott, szemben a kultúra optimális 400–500 mm-es igényével, ahogy ez a szakirodalomban is olvasható (Szalóki, 1989). Ennek ellenére a megfelelő tápanyagellátásnak köszönhetően sikerült 8–9 t/ha közötti terméseket elérni, ami ebben a száraz évben úgy gondolom, hogy megfelelő eredmény. A betakarításkori szemnedvesség mindhárom kezelésben 14% körüli (13,9–14,3%) volt, vagyis a magasabb nitrogénellátás nem késleltette számottevően az érési folyamatot, és a mért értékek, sem a megnövelt dózissal növekedtek, tehát a termés további szárítást nem igényelt. Ugyanakkor a kora őszi viharos szelek hátrányosan érintették az állományt, a megdőlt, akár 2–2,5 m magasra nőtt növények miatt bizonyos termésveszteség lépett fel a betakarítás során. A dőlést nem a magasabb nitrogén tartalom számlájára írnám, mivel mindegyik parcella egyaránt erre a sorsra jutott, inkább a mezővédő erdősáv ritkasága, illetve a viharos szelek miatt történhetett.

A kapott eredményekből fontos gazdasági következtetések vonhatók le. Láttuk, hogy a legmagasabb nitrogéndózis csak minimális többlethozamot adott a közepes kezeléshez viszonyítva, ami fedezi a plusz műtrágya költségét, ugyanakkor nem olyan mértékben, hogy megérje vele foglalkozni. A közepes 120 kg/ha körüli hatóanyagú nitrogén-adag már elérte a maximális termés $\sim 97\%$ -át, míg a további 30 kg/ha N alkalmazása is növelte a hozamot, de nem olyan mértékben. Eredményeim alapján a közepes N-szint tekinthető gazdaságilag optimálisnak, hiszen ehhez társult a legjobb költséghatékonyságú termésnövekmény. Ezzel szemben az első parcella alacsonyabb hatóanyaga kisebb hozamot és így bevételi potenciált biztosított, tehát a túl alacsony adag sem járható út, ha a termésbiztonság és a jövedelmezőség a cél. Természetesen a mindenkor műtrágya, illetve terményárak figyelembevételével.

A fenti tapasztalatok alapján egyértelmű trágyázási javaslat fogalmazható meg, a kukorica jelentős nitrogénigényét a helyi adottságokhoz és évjáratí viszonyokhoz igazítva, mérsékelt, de szakszerű adagolással érdemes kielégíteni. A vizsgált körülmények között a hektáronkénti ~120 kg hatóanyagú nitrogén kijuttatása bizonyult elegendőnek a magas (8,5–9 t/ha közötti) termés eléréséhez. Ennél nagyobb dózisú trágyázás az adott évjáratban már nem növelte érdemben a hozamot, viszont fokozta volna a ráfordításokat és a környezeti terhelést. Célszerű a nitrogénadagok megosztása és megfelelő időzítése, hogy a növény a kritikus fejlődési fázisokban is kielégítő tápanyag-ellátásban részesüljön. Emellett ügyelni kell a többi tápelem pótlására is - esetünkben a foszforra és a káliumra -, hiszen a nitrogén hatása csak kiegyensúlyozott tápanyag-ellátás mellett érvényesül tartósan, mivel egyes tápelemek hiánya korlátozó hatással lép fel. Kísérletünkben minden parcellán egységes alaptrágyázással biztosítottuk a szükséges P és K mennyiséget, ami hozzájárult ahhoz, hogy a nitrogén-utánpótlás hatékonyan érvényesüljön.

Javasolt rugalmasan, az aktuális időjárás és talajállapot függvényében meghatározni a kijuttatandó nitrogén mennyiségét. Szükség esetén precíziós eszközökkel vagy megosztott trágyázási stratégiával. Ily módon elkerülhető a túl- vagy alultrágyázás, és törekedni tudunk a legjobb gazdasági eredmény elérésére az aktuális körülmények között. Továbbá érdemes a talajvizsgálat elvégzése, hogy a tényleges adatokra tudjunk támaszkodni, és a hiányzó elemeket pótolni tudjuk.

Végül hangsúlyoznunk kell a helyes adagolás környezeti vonzatait. A túlzott nitrogén-kijuttatás nemcsak gazdaságtalan lehet, de komoly környezeti kockázatokat is hordoz. A növények által fel nem vett nitrogén jelentős része a talajban marad vagy kimosódik, a kijuttatott műtrágyának csupán egy bizonyos részét hasznosítja közvetlenül a kultúrnövény, a többi a talajban halmozódik fel, illetve nitrát formájában a vizekbe szivároghat vagy a levegőbe távozhat. A túltrágyázás káros hatásaira a szakirodalom is rámutat: a fölösleges nitrogén növeli a megdőlés kockázatát, rontva a termés betakaríthatóságát és minőségét, valamint fokozza a környezeti terhelést (Debreczeni, 1985). E kísérlet tanulságai is igazolják, hogy a nitrogén utánpótlását a szükséges mértékig korlátozzuk. Inkább a hatóanyag hatékonyabb hasznosítására törekedjünk, mint a túlméretezett adagolásra, adott esetben használjunk fokozatosan lebomló műtrágyákat a kívánt hatás érdekében. Ez nemcsak gazdasági szempontból kifizetődőbb, de a talaj tápanyagmérlegét is egyensúlyban tartja és mérsékli a környezet terhelését, hosszú távon fenntartható növénytermesztést biztosítva.

6. Összefoglalás

A szakdolgozat célja a különböző nitrogén-műtrágyaadagok kukorica termésmennyiségére és -minőségére gyakorolt hatásának vizsgálata volt, saját gazdaságban beállított szántóföldi kísérlet alapján. A választott növényem a kukorica volt, mivel jól tudja hasznosítani a többlet műtrágyát bizonyos mennyiségig, így látható különbségek érhetőek el. A kukorica genetikai fejlődésében óriási változás tapasztalható hazánkban a 20. század második felétől. Sokrétű felhasználása végett nem meglepő, hogy az egyik legnagyobb területen termesztett növényünk, sőt a világon is az elsők között van. Egyetlen korlátozó tényezője a hazai termesztésben a szélsőséges időjárás. A legnagyobb problémát pedig a vegetációja legfontosabb időszakában jelen lévő aszályos idő okozza. A mai hibrid fajták megfelelő körülmények során 15-6 tonna/hektáros hozamra is képesek. Ennek az intenzív fejlődésnek a következménye, hogy kellő tápanyagot szükséges a kukoricának szolgáltatni. Legfontosabb tápanyaga a nitrogén, de a többi fontos mikro és makro elem is elengedhetetlen a sikeres termesztéshez. Nyilvánvalóan mellette a kedvező időjárási viszonyoknak is teljesülnie kell.

Dolgozatomban ismertetem a termesztéstechnológia kulcsfontosságú tényezőit, illetve a helyes tápanyag-gazdálkodást. A kísérletem kezdete 2024 márciusára tehető, ugyanis ekkor kezdtem el a terület felosztásának tervét, és a parcellák kijelölését, mivel a vetés előtti műtrágya szórás ideje ekkorra tehető. A területek méretet tekintve 72 méter szélességgel és 464 méter hosszúsággal bírnak, tehát 33 408 m²-ről beszélhetünk. A kísérlet során három eltérő nitrogénellátási szintet alkalmaztunk egy közepes érési idejű hibrid kukoricában, azonos agrotechnikai körülmények között. Minden parcella egységes alaptrágyázást kapott magas foszfor és kálium hatóanyagú NPK használatával, a nitrogént pedig alacsony, közepes és magas dózisban juttattuk ki. A megfigyelések kiterjedtek a növényállomány fejlődésére, a termés mennyiségére, továbbá elemeztem a kezelések hatását a termés költséghatékonyására is.

A kísérlet során történő valamennyi művelet saját gazdaságunk által történt, nem igényelt külső segítséget, ezek során mindvégig jelen voltam és figyelemmel kísértem, illetve a betakarításban részt is vettem. A folyamatok lényegi része a tápanyag-utánpótlás volt, a legkisebb dózisú terület 300 kg DUSLO MAS műtrágyát kapott, ez volt az a mennyiség, amely a többi kukoricával vetett területünkre is került, tehát a további 2 parcellánál figyeltem meg, hogy mekkora terméseredmény érhető el a megnövelt tápanyag kijuttatásával - itt 400 és 500 kg-os mennyiségeket juttattunk ki nitrogén hatóanyagú műtrágyából.

A kísérlet főbb eredményei rávilágítottak, hogy a nitrogéntrágyázás mértéke kulcsszerepet játszik a kukorica terméseredményében. A hozam a nitrogénadag növelésével nőtt, a legalacsonyabb dózis ~8,2 t/ha szemtermést eredményezett, a legmagasabb adaggal közel 9,0 t/ha-t értünk el. Ugyanakkor a többlet nitrogén hatásfoka csökkenő volt, a közepes és magas kezelések között már csak csekély hozamkülönbséget tapasztaltunk. Az aszályos év ellenére a közepes nitrogénszinttel is meglehetősen jó termést értünk el - a megdőlt szár miatti veszteség ellenére is -, ami kihangsúlyozza a megfelelő tápanyag-utánpótlás jelentőségét. Ugyanakkor a túlzott nitrogén-kijuttatás már nem eredményezett arányos termésnövekedést, sőt felesleges költséget jelentett. Tehát a sikeres kukoricatermesztés mindenkor legfontosabb tényezője a csapadék - mivel víz nélkül nincsen termés -, amennyiben ez nem okoz problémát, a kimagasló terméseredmény alapja a megfelelő mennyiségű tápanyag. Az intenzív kukoricatermesztés megköveteli a szükséges termésnövelő anyagokat, ezért kezeletlen parcella nem is szerepelt a kísérletben. Így a lényeg nem más volt, mint hogy miként hat a termésre a tápanyagszint növelése, ezzel kapcsolatban a következő eredményre jutottam. Összességében a dolgozat megállapítja, hogy a nitrogéntrágyázás optimális szintjének megválasztásával a kukorica termése maximalizálható, miközben elkerülhető a felesleges ráfordítás és a környezeti terhelés. A saját gazdaságban nyert eredmények alapján javaslom a mérsékelt, igényekhez igazodó nitrogénadagolást és a kiegyensúlyozott tápanyag-gazdálkodást, ami biztosítja a magas hozamot és jó termésminőséget, ugyanakkor gazdaságos és környezetkímélő módon valósul meg.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik támogatásukkal, tanácsaikkal, segítségükkel és türelmükkel hozzájárultak szakdolgozatom elkészítéséhez. Külön köszönettel tartozom Dr. Mikó Péter Pál Egyetem Docensnek, mint témavezetőm, értékes iránymutatásával, illetve tanácsaival segítette munkám. Köszönöm a dolgozatom alapjául szolgáló kísérlet folyamataiban résztvevőknek, Varga Csabának, illetve Fekete Józsefnek, akik gazdaságunk dolgozóiként kérdés nélkül teljesítették a kialakult helyzet végetti többletmunkával járó műveleteket. Hálás vagyok édesapámnak, Rumpler Tibornak, aki hozzájárulása nélkül mindez nem történhetett volna meg. Ő szolgáltatta a területet, a kísérlet során felhasznált anyagokat, a gépeket. Külön köszönet illeti családomat, akik segítsége elvülhetetlen érdemekkel tettek hozzá szakdolgozatomhoz. Testvérem, Willerding-Rumpler Petra kiemelkedő helyesírási készségeinek hála minimalizáltuk az esetlegesen előforduló hibákat, édesanyámnak, Rumplerné Pusztai Szilviának a lelkesítést, ami régóta kíséri utamat a tanulmányaim során. Hálás köszönet illeti Birkás Gyulát, aki időközben a szakmai gyakorlati vezetőm lett, az ő mezőgazdasággal kapcsolatos tapasztalata és hatalmas tudása is hozzájárult a dolgozatom megírásához. Végül pedig szaktársaimnak, barátaimnak, akikkel tapasztalatainkat megosztva könnyítettük az elénk gördülő nehézségeket, illetve mindenkinek, aki hozzájárult dolgozatom elkészültéhez.

8. Szakirodalmi jegyzék

- Antal, J. (2000). Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Antal, J. (2005). A növénytermesztés alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Balla A.-né (1960) A trágyázás hatása a kukorica termésére és táplálóanyagtartalmára. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest 9.3. 307-322.
- Bender, R. R., Haegele, J. W., Ruffo, M. L., & Below, F. E. (2013). Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. *Agronomy journal*, 105(1), 161-170.
- Berényi, D. (1945). A kukorica termelése és összefüggése az időjárással. Alföldi magvető, új sorozat, Debrecen
- Berzsenyi Z. (1993): A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukoricahibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletekben az 1970-1991. években. *Növénytermelés*. 42. 1:49-63.
- Berzsenyi, Z. (2009). A nitrogén műtrágyázás hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek növekedésére Richards-függvénnyel. *Növénytermelés*, 58(2), 5-21.
- Bocz, E. (1976). Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Bocz, E., Késmárki, I., Ruzsányi, L., Kováts, A., & Szabó, M. (1992). Szántóföldi növénytermesztés. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 887.
- Bodnár, E. (1987). A kukoricatermelés technológiája. Kukorica és Iparinövény Termelési Együttműködés (KITE) kiadványa, Nádudvar.
- Craswell, E. (2021). Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *SN Applied Sciences*, 3(4), 518.
- Csajbók, J. (2012). Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme. Debreceni Egyetem, Debrecen.
- Csathó P. Lásztity B, Sarkadi J. (1991): Az évjárat" hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-mű-trágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 40. 4:339-351.
- Csathó, P. (2003). Kukorica N-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Agrokémia és Talajtan*, 52(1-2), 169-184.
- Cserháti, S. (1896). Az okszerű talajművelés alapelvei. ONGE Pátria Kiadó, Budapest.
- Dang Z., Q. L., Micskei, G., & Takács, N. (2006). Effect of sowing date and N fertilisation on grain yield and photosynthetic rates in maize (*Zea mays* L.). *Cereal Research Communications*, 34(1), 409-412.

- Debreczeni, B., & Debreczeni, K. (1994). Trágyázási kutatások 1960–1990. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Debreczeni, B. N. S. S. (1985). A kukorica nitrogénfelvételének tanulmányozása 15-N jelzett műtrágyával. II. Magyar Növényvédelmi Kongresszus. MTA Szegedi Biológiai Központ. Előadás. Szeged
- Dickson, J. D. (1956). Diseases of field crops. McGraw-Hill Book Company; New York.
- Dong, L., Han, X., Zheng, J., Liu, X., Liu, Z., Luo, Y., ... & Wang, L. (2022). Long-term no-tillage enhanced maize yield and potassium use efficiency under spring drought year. *Chilean journal of agricultural research*, 82(4), 564-574.
- Dorogi I.: 1987. A szántóföldi növénytermesztés kemizálása. [In: Hajdú M. (szerk.) A szántóföldi növénytermesztés átalakulása Magyarországon (1950–1980).] Akadémiai Kiadó. Budapest. 110–138.
- Duvick, D. N. (1997). What is yield. Developing drought and low N-tolerant maize. CIMMYT, El Batan, Mexico, 332-335.
- Fülek Gy. (1999). Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Ge, J., Xu, Y., Zhao, M., Zhan, M., Cao, C., Chen, C., & Zhou, B. (2022). Effect of climatic conditions caused by seasons on maize yield, kernel filling and weight in central China. *Agronomy*, 12(8), 1816.
- Glits, M., Horváth, J., Kuroli, G., & Petróczi, I. (1997). Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 124.
- Gyórfy, B. (1976). A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények: A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Osztályának Közleményei*, 35(1-3), 239-266.
- Gyórfy, B. (1979). Fajta-, növényszám-és műtrágyahatás a kukorica termesztésben. *Agrártudományi Közlemények: A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Osztályának Közleményei*, 38(3-4), 309-331.
- Hank O.–Frank M.: 1951. Összefüggés a talaj tápanyagellátás és a vízfogyasztás között egyes gazdasági növényeknél. ÖKI Évkönyv. Szarvas.
- Harmati, I. (1995). A kukorica nitrogén és foszfor műtrágyázása meszes réti talajon. *Agrokémia és talajtan*, 44(1-2), 31-39.
- Huzsva L., Nagy J. (2003): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélkül és öntözéssel termesztésben. *Növénytermelés*. 52. 5:533-541
- I'só, I. (1962). Kukoricatermesztési kísérletek, 1958-1960. Akadémiai Kiadó, Budapest

- Karlen, D. L., Flannery, R. A., & Sadler, E. J. (1988). Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agronomy Journal*, 80(2), 232-242.
- Kayode, J., & Ademiluyi, B. (2006). The effect of seedbed preparation on the efficacy of herbicides and maize performance. *Tropical Agriculture*, 83 (4), 127–130.
- Kádár, I. (1992). A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA-TAKI. Akaprint, Budapest.
- Láng, G. (1976). Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Leblanc, M. L., Cloutier, D. C., & Stewart, K. (2006). Rotary hoe cultivation in sweet corn. *HortTechnology*, 16(4), 583–588.
- Manninger, G. A., & Manninger, I. (1957). A talaj sekély művelése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Marton, C. L. (2013). Hybrid maize in Hungary is 60 years old.
- Márton, L. (2005). A műtrágyázás és a csapadék változékonyságának hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Agrokémia és talajtan*, 54(3-4), 309-324.
- McGrath, J. M., & Binford, G. D. (2012). Corn response to starter fertilizer with and without AVAIL. *Crop Management*, 11(1), 1-8.
- Menyhért, Z. (1985). A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 560.
- Milbourn, G.M. (1977): *Maize Growers' Handbook*. 3rd edition, Home-Grown Cereals Authority, Highgate Hill, London
- Nagy J. (1987): A tápanyag és a vízellátás hatása a kukoricahibridek termésére. Kandidátusi értekezés, Debrecen.
- Nagy J. (1995): A kukorica hibridek műtrágya és öntözővíz reakciója. *Agrofórum*. 5: 56-62.
- Nagy, J.: 2007. Evaluating the effect of year and fertilisation on the yield of mid ripening (FAO 400–499) maize hybrids. *Cereal Res. Commun.* 35. 3: 1497–1507.
- Nagy, J. (2021). *Kukorica: a nemzet aranya: élelmiszer, takarmány, bioenergia*. Szaktudás Kiadó, Budapest
- Newmann, J. E. (1982). Tips on timing corn planting. *Farmer's Digest*. Milwaukee, 45(8), 5-8.
- Pepó P. (1999): Növénytermesztés és környezetvédelem összefüggései hazánk EU integrációjában. [In: Ruzsányi L., Pepó P. (szerk.) *Növényvédelem és környezetvédelem*]. MTA Agrártudományi osztály Közleményei. Budapest 5-9.
- Pepó P.–Ruzsányi L.–Kiss I.-né: 2000. A kukorica hibridspecifikus trágyázása. *Gyakorlati Agrofórum*. 11. 3: 51–52.
- Pepó, P. (2001). A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. *Növénytermelés*, 50(2), 189-201.

- Pepó, P. (2010). Adaptive capacity of wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) crop models to ecological conditions.
- Quinn, D. J., Lee, C. D., & Poffenbarger, H. J. (2020). Corn yield response to sub-surface banded starter fertilizer in the US: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 254, 107834.
- Ruzsányi, L. (1992). A főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés tézisei, Debrecen.
- Ruzsányi L.: 1997. A szárazság, az aszály mérséklésének növénytermesztési lehetőségei a Hajdúság és a Közép-Tisza-vidék szántóin. [In: Nyíri L. (szerk.) Az aszálykárok mérséklése.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 42–108
- Sala, R. G., Andrade, F. H., & Westgate, M. E. (2007). Maize kernel moisture at physiological maturity as affected by the source–sink relationship during grain filling. *Crop Science*, 47(2), 711-714.
- Sarkadi J. (1975) A műtrágyaigény becslésének módszerei, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Sárvári, M. (1995). A tőszám szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiában. *Növénytermelés*, 44(3), 261-270.
- Shaw, R. H. (1988). Climate requirement. *Corn and corn improvement*, 18, 609-638.
- Ssemugenze, B., Ocwa, A., Bojtor, C., Illés, Á., Esimu, J., & Nagy, J. (2024). Impact of research on maize production challenges in Hungary. *Heliyon*, 10(6).
- Surányi, J. (1957). A kukorica és termesztése. Akadémiai kiadó, Budapest
- Szalóki, S. (1988). Az öntözéses gazdálkodás újabb kutatási eredményei. *Tanulmányok. ÖKI. Szarvas*.
- Szalóki, S. (1989). A növények vízigénye, vízhasznosítása és öntözővíz-szükséglete. Az öntözés gyakorlati kézikönyve. Szerk.: Szalai Gy. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 100-154.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L. (1966): A talaj termékenysége és a trágyázás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Varga-Haszonits Z., Varga Z., Lantos Zs., Enzsölné G. E. (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroöko-szisztémák. Nyugat-Magyarországi Egyetem MÉK, Mosonmagyaróvár.
- WEBER, E. J., 1985. Role of potassium in oil metabolism. In: Potassium in Agriculture (Ed.: MUNSON, R. D.). 425–442. American Society of Agronomy, Madison. WI.
- Zhao, R., Wang, Y., Yu, X., Liu, W., Ma, D., Li, H., ... & Li, S. (2023). Dynamics of maize grain weight and quality during field dehydration and delayed harvesting. *Agriculture*, 13(7), 1357.

9. Ábrák és Táblázatok jegyzéke

1. táblázat – 1 tonna szemterméssel kivont tápanyag mennyisége, szerzők szerint – 9. oldal
 2. táblázat - a becslés során mért adatok – 30. oldal
 3. táblázat - becslés eredménye – 31. oldal
 4. táblázat – mért csapadék mennyiségek – 32. oldal
 5. táblázat - csapadék mennyiség 2014 – 2024 – 33. oldal
 6. táblázat – 2024-es középhőmérsékletek, és átlagtól való eltérése - 34. oldal
 7. táblázat – A kísérlet eredménye – 35. oldal
 8. táblázat – Az eredmény és a becslés közti különbség – 37. oldal
 9. táblázat – Kijuttatott műtrágya ára – 38. oldal
 10. táblázat – Bevétel – 38. oldal
 11. táblázat – Jövedelmek közti különbség – 39. oldal
-
1. ábra – A kísérletnek otthont adó terület talajtípusa – 20. oldal
 2. ábra - A parcellák felosztása – 21. oldal
 3. ábra - parcella határához használt jelölés – 22. oldal
 4. ábra - DKC 4897 fajtaismertetés – 23. oldal
 5. ábra - A kísérlet vetése – 25. oldal
 6. ábra - A kísérlet kelés után – 28. oldal
 7. ábra - A kísérlet fejlődése képekben – 29. oldal
 8. ábra - A megdőlt kukorica – 30. oldal
 9. ábra - szem: csutka arány – 31. oldal
 10. ábra - csapadék eloszlása - 33. oldal
 11. ábra - Csapadék és hőmérséklet viszonya 2024-ben – 34. oldal
 12. ábra - A parcellák eredményének eloszlása – 36. oldal
 13. ábra - A kísérlet és a becslés eredményének összehasonlítása – 37. oldal

10. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

Rumpler Barna (név) (hallgató Neptun azonosítója: H09YH7 konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2025. október 31.



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Rumpler Barna
A Hallgató Neptun kódja:	H09YH7
A dolgozat címe:	Különböző tápanyagszintek hatása a kukorica termésmennyiségére -és minőségére
A megjelenés éve:	2025
A konzulens intézetének neve:	Növénytermesztési-tudományok Intézet
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. október 31.



Hallgató aláírása

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Rumpler Barna
Neptun-kódja:	H09YH7
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	Különböző tápanyagszintek hatása a kukorica termésmennyiségére -és minőségére

* 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: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen 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)
Word, excel használati segédlet	ChatGPT 1.2025.294	Diagramok, szövegszerkesztés

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 verziója, elérhetősége	MI-neve, Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet 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:

.....

.....

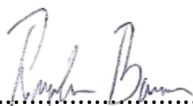
.....

.....

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. október 31.



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása