



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Mezőgazdasági mérnök Bsc Szak

**Kukorica fajtaösszehasonlító kísérletek a termésmennyiség
tekintetében**

Belső konzulens: Dr. Mikó Péter Pál
egyetemi docens

Külső konzulens: Tóth Gergely
növényorvos

Készítette: **Bérdi Benedek József**
DR20IK
nappali

Gödöllő

Tartalom

1. Bevezetés, célkitűzések	2
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1. A kukorica származása és rendszertana	4
2.2. A kukorica beltartalmi értékei	5
2.3. A kukorica gazdasági jelentősége	7
2.3.1. A kukoricatermesztés hazai helyzete	9
2.4. A kukorica nemesítése	10
2.4.1. A kukorica nemesítés irányzatai	11
2.4.2. A FAO szám jelentése és jelentősége	12
2.5. Vetőmagmennyiség, vetésmélység, csávázás	14
2.6. GMO kukorica	16
2.6.1. A kukorica fajták glifozát rezisztenciája	16
2.6.2. A kukorica fajták rovarrezisztenciája	17
2.7. A kukorica fajták gyökér- és aszálytűrő képességének javítása	18
2.8. A kukorica fajták cikloxiidim rezisztenciája	20
3. Anyag és módszer	22
3.1. A kísérleti terület elhelyezkedése, jellemző adottságai	22
3.2. A kísérlet termesztéstechnológiájának bemutatása	23
3.3. A kísérletben szereplő fajták	24
3.4. Fajták rövid jellemzése	25
4. Eredmények és értékelésük	30
4.1. Szemnedvesség eredmények	30
4.1.1. Szemnedvesség eredmények értékelése	31
4.2. Termésmennyiség eredmények	31
4.2.1. Termésmennyiség eredmények értékelése	32
5. Következtetések és javaslatok	34
6. Összefoglalás	35
7. Köszönetnyilvánítás	37
8. Irodalomjegyzék	38

1. Bevezetés, célkitűzések

Napjainkban a világ egyik jelentősebb kultúrnövénye a kukorica (Shiferaw és mtsai 2011). Egyre szélesebb skálán történik a felhasználása, úgymint takarmány, élelmiszer, olaj, bioetanol vagy energia. Számos feltétele van a gazdaságos kukoricatermesztésnek, ezeknek egy része függ a termelő által használt termesztés technológiától, másik része pedig független a gazdálkodótól. Annak érdekében, hogy növelhetjük a kukorica termésbiztonságát, az adott ökológiai viszonyokhoz legjobban igazodó, kedvező nedvességleadóképességű hibrideket kell termesztünk, a helyi környezeti adottságokhoz igazított öntözést és megfelelő vetésváltást kell alkalmaznunk, valamint fontos figyelembe venni harmonikus tápanyag-visszapótlást, a kukorica igényének megfelelő, víztakarékos talajművelést és hatékony növényvédelmet. A jövedelmezőség csak az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők közötti pozitív interaktív hatások jobb kihasználásával érhető el. Mindemellett tanulmányozni kell a hazai alternatív felhasználás növekedésének is minden lehetőségét, például ipari alapanyagok, bioüzemanyag és az eredményes gazdálkodásra nem alkalmas termőhelyeken más alternatív földhasznosítási módszert szükséges választani (Nagy 2010).

Az előrejelzések szerint az emberi népesség 2053-ra biztosan meghaladja a 10 milliárdos létszámot világszerte. Ez a minden másodpercben növekvő népesség már most is óriási nyomást gyakorol a teljes élelmiszertermelésre, az ellátásra, valamint a termeléssel és biztonsággal kapcsolatos élelmiszerbiztonsági politikára. Emellett ez a nyomás a különböző kutatócsoportok munkájára is kiterjedt, hogy stratégiákat dolgozzanak ki a jelenlegi és jövőbeli kihívások kezelésére. Ennek köszönhetően az elmúlt évtizedben a biológia különböző területein a műszerektől a transzgenetikáig számos előrelépés történt. A világ népessége az elmúlt évtizedekben megduplázódott. Ez több növény, köztük a kukorica globális méretű termelésében is megmutatkozik. Ez kétségtelenül az intenzívebb mezőgazdasági gyakorlatok, a rendelkezésre álló műtrágyák és a növényvédő szerek széles körű használatának fokozódását tükrözi. Ennek eredményeképpen az emberek a talaj termékenységének veszélyeztetése nélkül, környezetbarát módon, azaz a fenntartható mezőgazdasági rendszerben a magas terméshozam elérését tűzték ki célul (Mehta és mtsai 2021).

A kukorica világszerte fontos élelmiszernövény, amely 94 fejlődő országban több mint 4,5 milliárd ember számára biztosítja az élelmiszerkalória legalább 30%-át. A kukorica az állati takarmányok alapvető alkotóeleme is, és széles körben használják ipari termékekben, például bioüzemanyagok előállításában. A növekvő kereslet és termelés miatt a kukorica globális

kínálata és árai súlyosan érintettek. Továbbá az éghajlatváltozás és a változások következményei növelik az abiotikus és biotikus stresszt. Az éghajlatváltozás kihívást jelent a növekedés és a terméshozam csökkenésével kapcsolatban, ami szegény fogyasztók millióinak éhezéséhez és az élelmiszerellátás bizonytalanságához vezet. Figyelembe kell venni a nagy terméshozamú, stressztűrő és széles körben alkalmazkodó kukoricafajták előállítását hagyományos és molekuláris nemesítési megközelítésekkel. A hosszú távú megközelítésekhez nagy állami és magánszektorbeli befektetésekre, valamint az új technológiák iránti tartós politikai elkötelezettségre és politikai támogatásra van szükség az éhezés leküzdéséhez, a kisbirtokos gazdák jövedelmének növeléséhez és a kukorica iránti növekvő kereslet globális szintű kihívásainak való megfeleléshez (Ulfat és mtsai 2022). Magyarországon a szemes kukorica 89%-át takarmánnyként értékesítik, mégiscsak egyre nagyobb jelentősége van a más felhasználási módoknak is (bioetanol, élelmiszer, ipari alapanyag stb.). A különféle felhasználási célok indokolják a kukoricahibridek beltartalmi tulajdonságainak és az agrotechnikai tényezők minőséget befolyásoló hatásának tudatát (Széles és Nagy 2013).

Dolgozatom célja egy adott termőtáblán többféle kukorica hibrid termésmennyiségének és termőképességének összehasonlítása volt. A célom az volt, hogy megállapítsam, melyik hibrid mutatja a legjobb terméshozamot, valamelyest melyik az a vetőmag, amely beváltja a hozzá fűzött termesztési elvárásokat és gazdasági célokat a legnagyobb mértékben. Célom volt megérteni a különféle hibridek reakcióját az adott tábla termőhelyi körülményeire és az alkalmazott agrotechnikai intézkedésekre a kísérlet során gyűjtött adatokból. A kísérleti eredmények ismeretében könnyebb döntéseket hozhatunk a jövőben a kukorica termesztés terén. Ezen keresztül hozzájárulhatok gazdaságosabb, fenttarthatóbb mezőgazdasági gyakorlatok kialakításához és a termelési hatékonyság növeléséhez.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A kukorica származása és rendszertana

A kukorica őshazája az amerikai kontinens. Az archeológiai leletek szerint a domesztikációs centrumai Mexikó és Peru környékén valószínűsíthetők. Mexikóból kerültek elő az eddig ismert legrégebbi leletek, koruk 7200 év körülire becsülhető. A ma termesztett kultúr kukorica vadformája már nem található meg Közép-Amerikában. A pelyvás és a pattogatni való kukoricák körébe tartoztak a legősibb típusok. Amerika felfedezése után lett ismert Európában a kukorica (Mándy 1963). A ma kereskedelmi céllal termesztett kukoricapopulációk több mint 8000 évvel ezelőtt vadon élő populációkból származó termesztett formák hosszú sorából származnak (Galinat 1988). A termesztett formák kevésbé hasonlítanak a vadon élő fajokra. Mangelsdorf és Reeves kimerítő vizsgálatot végzett a kukorica lehetséges ősfajtáiról, és arra a következtetésre jutott, hogy a növény termesztése Dél-Amerika észak-középső részén kezdődött. Az ősi tájfajták csoportjai alapján feltételezték, hogy a termesztés másodlagos központjai az Andokban, Közép-Amerikában és Mexikóban alakultak ki. Továbbá arra a következtetésre jutottak, hogy az eredeti ős az andromonoid vadon termő hüvelyes kukorica (minden egyes magot héj vesz körül) volt, amely később kihalt (Mangelsdorf és Reeves 1931). Ezeket a megállapításokat később a Nobel-díjas George Beadle megkérdőjelezte, aki egy olyan hipotézist támogatott, amely szerint a házasított kukoricának egy olyan funkcionális köztes terméken keresztül kellett származnia, mint a teosinte, egy rokon faj, amely még mindig létezik vadon Dél-Mexikóban és Közép-Amerikában. Beadle azzal érvelt, hogy a teosinte közvetlenül átalakítható ízletes élelmiszerszármazékká, például liszté és pattogatott magokká, ellentétben a Tripsacaceae törzs más vadon élő rokonaival (Orton, 2020).

A kukorica szent tápláléknak számított az indiánok számára. Columbus a kukoricát Kuba területén találta meg 1492-ben, ezután behozta Európába is és ennek következtében a termesztése gyorsan elterjedt az egész világon (Radics 2012). A 16. század elején jutott el a portugálok által Afrikába és Ázsiába. Az első kínai leírás a kukoricánövényről 1518-ra datálható. A pattogatni való kukoricát (*Zea mays convar. microsperma* Koern.) is itt írják le először. 1590 óta termesztik hazánkban, kezdetben csak ritkaságként, később igen elterjedten (Mándy 1963). A 60. északi szélességi foktól egészen a 42. déli szélességi fokig terjed a termesztése és eléri a 3700 méteres trópusi magaslatokat is.

A legfontosabb termesztési centruma az USA-ban (Iowa és Illinois államok, a 37. és 43. északi szélességi fok között („kukoricaöv”), az Észak kínai Alföldön, Délkelet-Brazíliában, Északkelet-Argentínában, Mexikóban és Indiában találhatóak (Franke 1994).

Rendszertanilag a kukorica az egyszikűek, helyesebben mondva a (*Monocotyledones*) osztályába, a pelyvások rendjébe (*Poales*), a pázsitfűvek (*Poacea*) családjába vonatkozik. Megannyi fajtaköre ismert, ezek közül az egyik a lófogú kukorica (*Zea mays var. dentiformis*). Ennek a jelentősége a legnagyobb, és termesztési területe is Magyarországon és a világon egyaránt. Jellemzője a hosszú elvékonyodó szem és annak tetején egy, a ló fogának a koronájához hasonló alakzat. Régen jelentős volt hazánkban a simaszerű kukorica (*Zea mays var. vulgaris*) termesztése, emberi fogyasztásra is megfelelő lisztet is készítettek belőle. Felülete sima, általában szélesebb szemekkel rendelkezik és hatékonyabb csírázási képessége van a lófogú fajtakörünél. A csemegekukorica (*Zea mays L. convar. saccharata*), kevesebb keményítőt és több cukrot tartalmaz, mint a többi fajta. Az érett szem üveges, ráncosság jellemzi kiszáradt állapotában. A betakarítás tejes éréskor történik és közvetlen konzervnek vagy fogyasztásra használják fel. A pattogatni való kukorica (*Zea mays L. convar. microsperma*) főként emberi fogyasztásra használatos. A lisztes keményítőt a szemben szaruréteg fogja körbe, ez által a szem felpattog melegítés hatására. Lisztes vagy puhaszemű kukoricánál (*Zea mays L. convar. amyloacea*) az amilóz aránya genetikailag szabályozható, 70-80% amilózt tartalmaznak a kereskedelmi hibridek. A waxy, vagy viaszos kukorica (*Zea mays L. convar. ceratina*) olyan gént foglal magába, mely csak amilopektin képződést eredményez, ezen fajtát ipari célokra használják fel. A pelyvás kukoricának (*Zea mays L. convar. tunicata*) az az ismertetőjegye, hogy a szemeket a nevéből adódóan pelyva borítja, viszont nincs termesztésben ez a fajta manapság (Nagy 2007).

2.2. A kukorica beltartalmi értékei

A hibridkukorica az egyik legfontosabb gabonaféle, amelyet az emberek és az állatok táplálékként használnak. A szénhidrátok és aminosavak mellett a kukorica olyan mikrotápanyagokat tartalmaz, mint a vitaminok és az egészségfejlesztő hatású fitokemikáliák. A modern kukoricafajták hibridek, amelyek az ősi "teosinte"-ből származnak, és szelekcióval folyamatosan továbbfejlesztették őket. Hagyományosan a termelékenység tekintették a szelekció legfontosabb, ha nem az egyetlen paraméterének. A kukorica jelenlegi nemesítési programjai azonban figyelembe veszik a kukorica táplálkozási értékét is, például az ásványi anyag- és vitamintartalmat (Montero-Vargas és mtsai 2020).

A leggyakrabban termesztett kukorica sárga színű, de a szokásos szín mellett fekete, lila, narancssárga, piros és kék kukoricát is természetnek világszerte. A szemek színét többnyire a perikarpiumban és ritkán az endospermiumban is különböző koncentrációban lévő antociánok, karotinoidok, genetikai faktorok, indol-származékok lerakódásának tulajdonítják (Gogoi és mtsai 2023).

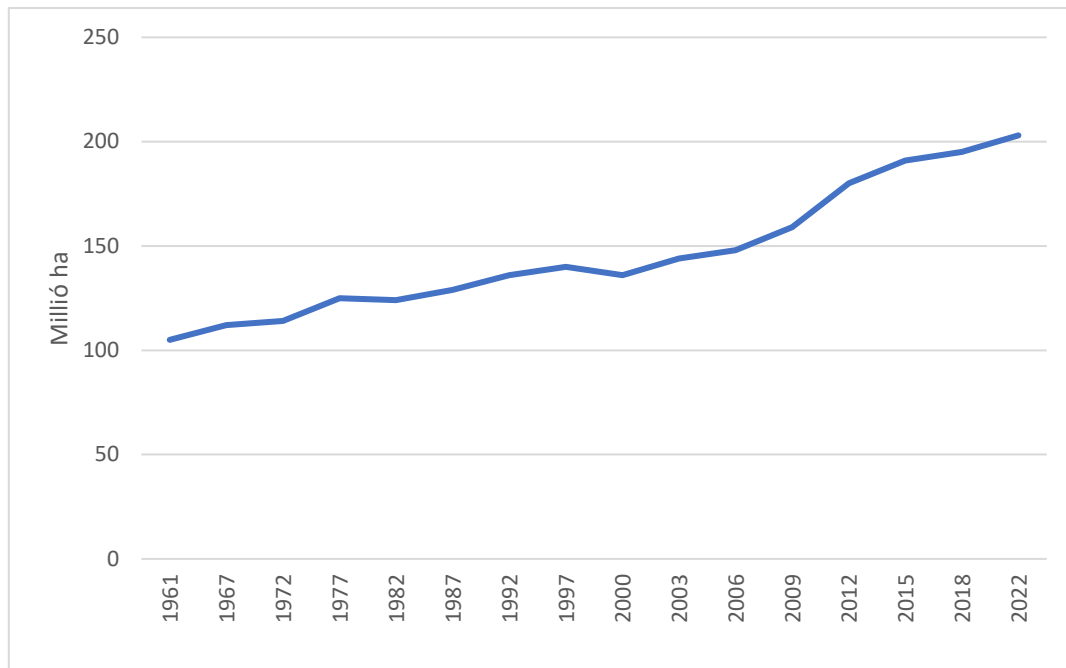
A szemtermés legnagyobb alkotóeleme a keményítő. szárazanyagra vonatkoztatva A koncentrációja szárazanyagra vonatkoztatva 69–75% közé tehető. Ennek további növelése korlátozott, ugyanis csak más beltartalmi mutatók kárára történhet a keményítőtartalom növelése, főként a fehérjetartalom csökken. A technológia összeállításával, valamint a hibridek és a termőhely megválasztásával azonban jelentős beltartalmi javulás érhető el (Marton et al. 2008). A kukorica nem rendelkezik magas fehérjetartalommal, ám a normál endospermiumú hibridek fehérjetartalma is aránylag széles határok közt mozog (Harmati és Prókszáné 1988, Sharobeem és mtsai, 1986). A kukoricaszemekben egyenetlen a fehérjefrakciók és fehérje eloszlása, így az összes tényező, amely befolyásolhatja a szem tömegét, valamint tömegarányát a szem morfológiai részeinek, mely hatással van a szem fehérjetartalmára is (Hegyi, 2008, Izsáki, 2006)). Kimagaslónak vallják a fajta/hibrid megválasztását, az agrotechnika elemeinek jelentőségét, valamint a klimatikus tényezőket is, mint a minőséget befolyásoló tényezőket. Aszályos évben magasabb, csapadékos évben alacsonyabb fehérjetartalomról számolnak be a szakirodalom (Lilburn és mtsai 1991). Mindenekelőtt a hőegység, a nyári csapadék mennyiségének és megoszlásának hatása jelentős. Az egyébiránt optimális vízellátás miatti fehérjetartalom-csökkenést hozzáillő tápanyagellátással javítani lehet az egyébként optimális vízellátás miatti fehérjetartalom-csökkenést (Ványiné és mtsai 2012). A kukorica termésátlaga és a fehérjehozam között pozitív, a fehérjetartalom és termésátlag közt a többi gabonaféléhez hasonlóan negatív lineáris összefüggés van (Bhatia és Rabson 1987, Nagy 2009).

2.3. A kukorica gazdasági jelentősége

A kukorica jelenleg az a gabonaféle, amely világszerte a legnagyobb termőterületet borítja, a legnagyobb termést és a legnagyobb szemtermést adja. Az elmúlt években a kukorica kisajátította a korábban más fajokkal művelt területek meghatározó részét, és számos újonnan megművelt, világszinten sérülékenynek vélt területre is előretört. Minden esetben rendkívüli gazdasági előnyöket hozott, komoly fenntarthatósági aggályokkal együtt (Otegui és mtsai 2021). A kukorica a keresztezett beporzású növényfajok nemesítésének archetípusa. A korai emberi kultúrák tömeges szelekciója a fokozatosan hasznosabb és specializáltabb populációkra a 20. században átadta helyét az intenzívebb, célzottabb nemesítésnek. Ezeknek az erőfeszítéseknek a következményeként a gazdasági termelésben óriási növekedést értek el. A kukorica terméshozamában elért előrelépések többsége genetikai és nem kulturális tényezők közvetlen következménye volt (Pollak, 2003). A kártevőkkel és gyomirtó szerekkel szemben rezisztens GMO-növények inherens környezeti vagy ökológiai kockázatokat hordoznak, például a hasznos vagy kívánatos fajokra gyakorolt negatív hatások lehetőségét (Orton, 2020). 2022-ben világszerte közel 1163,49 millió tonna kukoricát takarítottak be (FAOSTAT 2023).

E hivatalos adatok szerint az Amerikai Egyesült Államok a teljes kukoricatermés több mint 35,9%-át termelte. A többi legnagyobb kukoricatermelő ország Kína, Brazília, Argentína és India. Emellett ez a gabonanövény a genomszekvencia, szekvencia-térképek hozzáférhetősége miatt az egyszikűek bevett modellnövénye, biotechnológiai protokollok és számos adatbázis áll rendelkezésre (Mehta és mtsai 2021).

Európa és a világ élelem ellátásában a kukoricának fontos szerepe van közvetlenül, valamint takarmányként közvetett formában is. A növekvő népesedés miatt az elkövetkezendő pár évtizedben az emberiségnek jelentősen több élelmiszert kell majd előállítania. Az elmúlt években végbemenő termésnövekedés több mint fele (60%) sajnos nem a termésátlag emelkedése, azaz az eredményesebb termelés folytán jelent meg, hanem a termőterület folyamatos növekedése miatt. Nem tartható ez a tendencia, tehát a jövőben jóval nagyobb hangsúly kerül a termesztéstechnológiára, azonfelül a jobb tulajdonságú hibridekre. A kukorica vetésterülete 1961 és 2021 között 100 millióról csaknem a duplájára nőtt (**1.ábra**) (FAOSTAT 2023).



1. ábra: A kukorica vetésterületének alakulása a világon 1961-től 2022-ig. (FAOSTAT)

A kukorica az emberek részére alapvető táplálékforrásként való értékén fölül más módon is hasznosítható. A világ legtöbb fejlett területén a kukorica gazdaságosságát a nedves örlési eljárás határozza meg. A gabona piaca a 20. században, a GMO-k megjelenése előtt, emberi és nem emberi felhasználásra oszlott szét. A GMO fajtákat gyakran kizárják a humán felhasználásból, mivel a fogyasztók kedvezőtlenül viszonyulnak a transzgenikus technológia élelmiszerekben, gyógyszerekben és kozmetikumokban való alkalmazásához (Mehta és mtsai 2021).

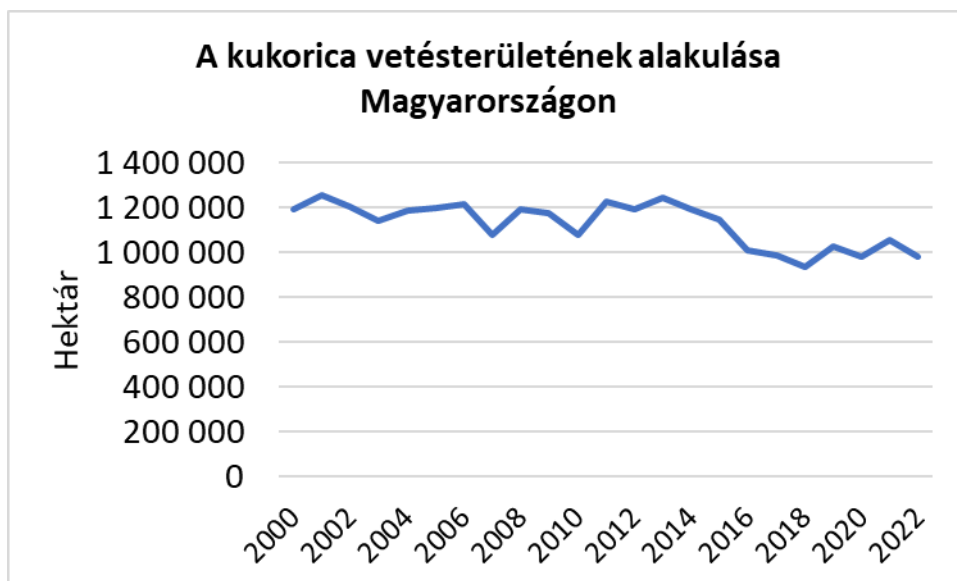
A kukorica nem humán felhasználási módjai közé tartoznak az állati takarmányadagok, a magas fruktóztartalmú szirupok, és újabban a belső égésű motorok üzemanyagaként használt etanol előállítására szolgáló erjesztés. Ahogy a bolygó fosszilis energiatartalékai kimerülnek, a kukorica és más fajok révén lipidekben és szénhidrátokban kémiai energiává alakított napenergia ezen forrása kulcsfontosságúvá válik az energiafüggő életvitel fenntartásában. A fosszilis tüzelőanyagokról a növényi alapú energiarendszerre illő áttérés apránként megtörténik, mivel a növénytermesztésből származó biodízel és etanol egyre jobban elterjedtebbé válik, és midőn a nyersolajkészletek lassacskán kimerülnek (Schwietzke et al., 2009). Az éghajlatváltozás a magas hőmérséklet, a nagyobb párolgás és a szárazság okozta stressz egyik fő oka minden növény, különösen a kukorica esetében. Az aszály jelenti napjainkban világszerte a legnagyobb kihívást a kukoricatermesztés számára. A kukoricának optimális mennyiségű vízre van szüksége a sikeres növekedéshez. Az aszály elnyomja a

növények növekedését és fejlődését, ami a terméshozam csökkenéséhez és a növények pusztulásához vezet. A vízhiány korlátozza a növény anyagcsere-tevékenységét, ami biokémiai, fiziológiai és morfológiai változásokhoz vezet a növényi folyamatokban, valamint a növekedésben és fejlődésben. A szárazságstressz hatással van a fotoszintetikus sebességre és az antioxidáns aktivitásra (Shah és mtsai 2023).

2.3.1. A kukoricatermesztés hazai helyzete

A kukorica világgazdasági jelentősége manapság egyre tovább nő, viszont hazánkban termőterülete csökkent az utóbbi időben. Magyarországon és a világon is főként, mint energiadús állati takarmányként hasznosítják, de a fejlődő és élelmezési problémákkal küszködő országokban emberi táplálékként hasznosul a termés 80-90%-a. Energiaszolgáltató szerepe jelentős a takarmányozásban, energiaértéke 8,5-9,5 MJ kg⁻¹ szárazanyag. Ipari feldolgozása is dinamikusan fejlődik, ez jellemzi sokoldalú felhasználhatóságát (növényolaj, invertcukor, szeszgyártás, bioetanol, biogáz stb. előállítás), de felmerülhet a jövőben a hőtechnikai hasznosítása is. A kukoricatermesztésben az egyik legfontosabb feladat a termésbiztonság növelése. Ezt megalapozhatjuk ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők közötti pozitív interakcióval. Kiemelkedő jelentősége van a vetésváltásnak, a harmonikus tápanyagellátásnak, a vetésidőnek, az állománysűrűségnek és nem utolsósorban az agronómiai tulajdonságokkal rendelkező, adaptív kukorica hibrideknek (Sárvári és Boros 2009). A kukorica azon növényfajok közé tartozik, amelyek sikeresen termesztethetők monokultúrában. A technológia széleskörű alkalmazását mindenekelőtt a kukorica gazdasági jellemzői támogatják. Emellett a monokultúrás termesztés számos problémát, aggodalmat vet fel. A talaj egyoldalú használata közvetlen termésnövekedést okozhat (Csajbók 2012).

A megtermelt kukorica mennyiségének 89,5%-a hasznosul hazánkban takarmány formájában, 6%-ból keményítő készül, 3% közvetlen fogyasztásra kerül, 1%-ból alkoholt készítenek, a megmaradó 0,5%-ból pedig vetőmag lesz. Az ipari melléktermékek szintén takarmányként szolgálhatnak (Antal 2008). Az itthoni termésátlagok az elmúlt pár évben ingadozóak voltak, és legfőképp az időjárás határozta meg őket. 2015-ben csupán csak 5,72 t/ha, 2017-ben 6,82 t/ha volt az itthoni átlag. 2022-ben szintén egymillió ha alá csökkent a kukorica vetésterülete, a termésátlag azonban az aszályos évnek betudhatóan 3,4 t/ha körül alakult (**2.ábra**) (KSH, 2023).



2.ábra: A kukorica vetésterületének alakulása Magyarországon (KSH)

2.4. A kukorica nemesítése

A kukoricát hosszabb ideje és részletesebben tanulmányozzák genetikailag, mint bármely más növényfajt. A kukorica tartósan intenzív nemesítése bebizonyította, hogy a szelekció és az ellenőrzött párosítás végül is képes megszüntetni a káros allélok és intergenikus kombinációk terhelését. Az 1800-tól napjainkig terjedő időszakban az alkalmazott genetikai és nemesítési kutatások nagyságrendjét tekintve azonban egyetlen más növényfaj sem vetekszik a kukoricával.

Ezért tanulságos áttekinteni a kukorica nemesítésének történetét, mint útitervet más keresztezett beporzású fajok számára. Bár a kukorica genetikájával és nemesítésével kapcsolatos kutatásokból származó tudásbázis nagy része közvetlenül alkalmazható az agronómiai növényfajokra, a kukoricatenyésztés történetének ismerete elengedhetetlen a növénynemesítéssel foglalkozó hallgatók számára. A kukorica példáján keresztül kialakult alapelvek szilárd keretet biztosítanak a kertészetben történő adaptációhoz is (Orton 2020). A növénynemesítők óriási előrelépést értek el a terméshez, az alkalmazkodási tulajdonságok, a betegségekkel és kártevőkkel szembeni ellenálló képesség, az abiotikus stressztűrés, valamint a táplálkozási és/vagy végfelhasználási minőség genetikai javítása terén, növelve ezzel a növénytermesztést és a főbb kultúrák termelékenységét (Singh és mtsai 2021, Ciampitti és Lemaire 2022).

A kedvezőbb genetikai struktúrájú fajták előállítását és a növénynemesítés sikerét jelentős mértékben befolyásolja a rendelkezésre álló alapanyagok genetikai gazdagsága és mennyisége

A szabadelvirágzású fajták, tájfajták, - melyek biztos alapot jelentettek a növénynevelés számára – szinte teljesen kiszorultak a köztermesztésből a hibridkukoricák térhódítása nyomán. Megmentésükre történtek ugyan lépések, mégis sok anyag megsemmisült és a génekészletek leszűkültek (Pásztor 1994). A magas olajtartalmú kukoricafajtákat a viaszos genetikai háttérből fejlesztették ki, hogy akkor használják, amikor az étkezési növényi olajok piaca meghaladja a nedves őrlés piacát (Goldman, 2004). Bizonyos fajtákat kizárólag silózásra használnak, mivel a kukoricaszár a szemtöltés során nagy mennyiségű szénhidrátot tárol. A pattogatott kukoricafajták fontos szerepet játszanak a sós snack élelmiszerek piaci ágazatában, a csemegekukoricát pedig friss, fagyasztott, konzervált és dehidratált ételként fogyasztják az emberek. Végül a kukorica díszítőértéke a fejlett országokban, különösen Észak-Amerikában, jelentős. A díszítő kukoricafajták mellett sok kukoricatermesztő több gazdasági hasznot húz a betakarított szárból is és az őszi díszítésre szánt kukoricaszemekből, mint a tényleges élelmiszernövény betakarításából (Orton, 2020)

2.4.1. A kukorica nevelés irányzatai

A keresztezésen alapuló hagyományos növénynevelési módszerek a természetes genetikai sokféleség csökkenése, az időigényes, a ritka csíraplazma-erőforrások, intenzív munkaerő és a lassú nevelési folyamat miatt korlátozottak az elit hozamú fajták kifejlesztésére (Xiao et al., 2017; Hua et al., 2019). A genetikai módosítási (GM) technológiák, mint például a transzgenikus technológiák, genomszerkesztés (GE) és a molekuláris asszisztált nevelés hatékonyan leküzdhetik a hagyományos nevelés néhány problémáját, és nagy potenciált mutattak a környezeti stressz alatt magas hozamú elit növények nevelésére. A GM a növényeket világszerte széles körben ültették, és számos előnnyel jártak a globális gabonaminőség- és hozam növelésével (Abdelrahman et al., 2018; Paul, 2018; Montagu, 2019; Fernie és Sonnewald, 2021). 2020-ban az USA-ban a kukorica 79%-a GM volt (Pellegrino et al., 2018; Montagu, 2019; Malencia és mtsai., 2021). A transzgenikus technológiákat azonban korlátozzák olyan biológiai folyamatok, mint a rekombináció sebessége és a transzgenikus tulajdonságok géneközpontú jellege (Alok, 2022).

Másrészt nagyon nehéz megkülönböztetni az olyan mikrotulajdonságokat, mint az enzimek, hormonszintek, ROS öblítési mechanizmusok, jelzőmolekulák stb. És ezek lehetséges kölcsönhatásai a termelési rendszerekre jellemzőek. Mivel számos, szárazsággal összefüggő tulajdonság kapcsolódik egymáshoz a rendszerek között, kézenfekvő stratégia lenne más mikrojellemzők közös megtartásával a rendszerspecifikus makrojellemzők kiválasztása.

Ezenkívül elengedhetetlen megérteni a gabonahozam-összetevők és a szárazságtűrő gének közötti összefüggést. A szárazságtűrés érdekében történő tenyésztés során óvatosan kell eljárni, hiszen termésbüntetéshez vezethetnek a különböző útvonalakon működő toleráns gének. A hozamkomponensek és a toleráns gének közötti negatív összefüggés megszakítása, ha van ilyen, fontos stratégia a gabonahozam fenntartásához bármely termelési rendszerben (Mittal, 2018).

2.4.2. A FAO szám jelentése és jelentősége

A FAO számot vezették be a kukorica tenyészidő hosszának meghatározására, ami nemzetközi jelölés lett. Éréscsoportokba soroljuk a kukorica hibrideket. Azért, hogy egységes módon tudják értelmezni világszerte a tenyészidőt, a FAO a VII. Kukoricakongresszusán 1954-ben Rómában a világon kilenc éréscsoportba sorolták be megtalálható eltérő tenyészidejű hibridek, valamint fajták mindegyikét. A legkorábbi 100-as és a legkésőbbi 900-as éréscsoport lett (Szél 2020).

Az új hibridek tenyészideje könnyen meghatározható lett, mert minden egyes csoportból egy-egy hibridet kijelöltek, amivel márt volt viszonyítási alap. A tenyészidő jelölését nevezték el FAO-számnak, amit a világon számottevő országban bevezettek (Szél 2020).

Az érés időpontjának jellemzését itthon a szemnek betakarításkori nedvességtartalmával karakterizálják. Ezt a nézőpontot a szem szárítására befektetett energia árának emelkedése erősítette meg. A kukorica minél alacsonyabb szemnedvességgel való betakarítása volt a cél (Szél 2020).

Olyan új hibridek jelentek meg a nemesítéssel, melyek később virágoznak más hibridekhez viszonyítva, viszont gyors vízleadásuknak köszönhetően, a betakarításkori szemnedvesség alapján voltaképp korábbiakká alakultak. Szárszilárdsági gondokat idézhet elő az átlagosnál gyorsabb vízleadás, ezáltal veszélyes lehet, ha a tenyészidő kiszámítását egyoldalúan a betakarításkori szemnedveségre alapozzuk. Ezáltal még bonyolultabb feladattá vált a tenyészidő meghatározása. A világban kialakuló versenyhelyzet, minden egyes ember révén egyformán interpretált fajtakísérletezés a tenyészidő pontos mérését és definiálását megkövetelte. A ma Magyarországon hivatalosan elfogadott tenyészidő meghatározási módszert komoly konzultáció előzte meg a Nébih kezdeményezésére. Ez az eljárás mód magába foglalja az 50 százalékos nővirágzást, a 20-25 %-os szemnedvességet mért adatokat a standard hibrideknél egyúttal értelemszerűen a betakarítás időpontjában megmért szemnedvességet. Az

új fajták tenyészidejét több év kísérleti eredményei használatával kiválasztott standardokhoz illő viszonyítás adja meg, amit FAO-számmal fejezünk ki. Minimum 2 év több kísérleti helyről adódó adatoknak felhasználásával ítélik meg egy új hibrid FAO-számát. A Gabonatermesztők Országos Szövetsége (GOSZ) segítségével szervezett kiértékelésében és mind az állami elismerésre bejelentett fajtajelölteknél ezzel a módszerrel dolgozik a Nébih. Megbízhatóan használható, hiszen ez a számítási módszer kiállta az utóbbi évek próbáját (Szél 2020).

Itthon a termelők lényegében két forrásból szerezhetnek információt a termesztésre ajánlott kukoricahibridek FAO-számáról. Az egyik a GOSZ és a Nébih kísérleti beszámolóí, a másik a forgalmazók promóciós anyaga, illetve a fajtatulajdonosok. Korlátozás nélkül forgalmazható az EU tagállamaiban az EU bármelyik tagállamában regisztrált hibrid vetőmag. Ezáltal, mikor egy hibrid megelőzően magyarországi kísérlet, valamint tenyészidő meghatározás hiányában kerül piacra, könnyen előfordulhat, hogy különböző FAO-számmal jelenik meg ugyanaz a hibrid, amely természetesen gondot okoz a hibrid megítélésében. Egyrészt a környezeti hatások módosító hatásának következménye, másrészt a FAO-szám módszertani értelmezésének eltéréséből adódhat az eltérő FAO-számok megjelenése (Szél 2020).

Köztudott általános tendenciák is érvényesülnek, teszem azt vagy magasabb vagy alacsonyabb egyes országok hibridjeinél a FAO-szám (Szél 2020).

A FAO-számok csoportosítása az 1. táblázatban látható.

1.táblázat: FAO-számok csoportosításának adatai (primag.hu)

FAO-szám	érés csoport	tenyészidő hossza (nap)	Várható érési időpont	HU (°C)
100-199	szuperkorai	95-105	augusztus közepe	916-972
200-299	igen korai	130-140	augusztus vége- szeptember eleje	1028-1088
300-399	korai	140-150	szeptember második fele	1138-1194
400-499	középérésű	150-160	szeptember vége- október eleje	1250-1305
500-599	késői	160-170	október közepe- vége	1361-1417
600-	igen késői	170-180	október vége- november eleje	1472-1528

2.5. Vetőmagmennyiség, vetésmélység, csávázás

Ahhoz, hogy az általunk elvárt értéket hozza a betakarításkori nedvességtartalom a FAO-szám szerint választott kukoricánk, optimális időben kell elvetnünk (Lengyel 2014).

„Vetésmélység: Meg kell határozni, hogy milyen mélységben akarunk vetni. Vetés előtt tájékozódni kell, hogy milyen volt abban a mélységben a talajhőmérséklet. Ha 10-12°C, az már vetésre alkalmas, de ha a vetés alsó szintje nedves volt, és még várható erőteljes lehűlés vetés után, akkor az a „kukorica fiziológiájához” tartozik, hogy egy darabig nem hajlandó utána fejlődésnek indulni. Lehet ilyenkor az előrejelzéseket figyelembe véve célszerű módosítani a vetés időpontján (Lengyel 2014).”

A globális felmelegedés eredményeképp az utóbbi időben ma talajhőmérséklet már április első felében eléri a 10 °C-ot. Ezért az optimális vetésidővel kapcsolatos eddigi ismereteinket át kell értékelni. Napjainkban az optimális vetésidő április 10-május 2. A csírázaskori hidegtűréssel rendelkező hibridek a biológiai határokon belül 8-10 nappal korábbi vetésre alkalmasak, ezzel

előbbre tudjuk hozni az érés idejét és akár betakarítás-kori szemnedvesség tartalmat 5-10%-kal csökkenthetjük. Természetesen szélesebb az optimális vetésidő-intervalluma a rövidebb tenyészidejű hibrideknek, mint a hosszabb tenyészidejű hibrideknek (Antal 2008).

Vetőmagmennyiség: A vetendő mag mennyiségét kell meghatározni a hibrid kiválasztása során, merthogy zsák db-ra kell leandí a megrendelést. A kiválasztott hibridkukorica vetőmag kiszerezéséről való információ szerzés a legfontosabb szempont a megrendeléskor. Különböző zsákokban hozzák forgalomba a kukorica magjaikat a hibridtulajdonosok. Tulajdonosoktól függően van 50, 70, 80 ezer db magot tartalmazó zsák (Lengyel 2014).

Meg kell várjuk a vetőmag kiszállítást, ha nagyon pontosan akarjuk meghatározni a vetendő magmennyiséget, de ma Magyarországon egyetlen igénye fajtatulajdonos sem engedhet meg magának 93% alatt csírázó vetőmagtételt, hiszen óriási a fajtakínalat a hibridkukorica vetőmagoknál (Lengyel 2014).

Csávázás: A kukorica vetőmag csávázásáról megoszlanak a vélemények. (A kimondottan biogazdálkodók számára termelt és feldolgozott vetőmagok kivételt jelentenek, de ezeknél a hibridfajták száma jelentősen kisebb a hagyományos gazdálkodásra ajánlottakénál.) A hibridkukorica vetőmagot feldolgozó és előállító cégek vállalják el a legritkábban a csávázatlan vetőmag értékesítését. Minden esetben kielégítik a csírafertőző gombák elleni védelem követelményeit az általuk használt csávázószerrel (Lengyel 2014).

Automata mérleggel egalizálva zsákolják a csávázott vetőmagot. Az előállított vetőmag legalább 90%-os csírázóképeséggel, 14%-os nedveségtartalmú, 98%-os tisztaságú és szabvány szerint más növényfajt nem tartalmazó legyen (Antal 2008).

A rovarölő szeres csírázás más kérdés. Amikor az elővetemény szükségesnek ítéljük, ezt a lehetőséget szoktuk mérlegelni (például, ha kapáskultúrát a gabona sortávú termény után tervezünk, vagyis széles sortávú vetést). Hatékony és a talajlakó kártevők ellen költségkímélő eljárás általában ez a módszer. A pontos adagolás, valamint a területre kerülő minimális hatóanyag mennyiség miatt az ilyen vetőmag vetése a környezetre is sokkal kevésbé terhelő. A rovarölő szeres csávázással kezelt kukorica-vetőmag értékesítését a vetőmagok forgalmazói meghatározott, a vetőmag-feldolgozók által közölt időpontig tudják felvállalni. Ha a termelő ebből a határidőből kicsúszik mert később gondolja meg magát akkor még mindig lehet megoldást találni. Bizonyos jól felszerelt vetőmagüzemek, meg tudják oldani az „utócsávázást” a rovarölőszer tartalmú csávázószerrel forgalmazó cégek által kikötött szabályok betartása mellett (Lengyel 2014).

2.6. GMO kukorica

A növényi magok az élet alapját képezik, mint információforrások és hordozók, amelyeket összegyűjtenek, másolnak, tesztelnek, tárolnak és újra szétszórják az ültetés idején a környezetbe (MEA, 2005a, MEA, 2005b, Odum, 1996). A mezőgazdasági vetőmagok idővel történő szelekciója egyedülálló módon járult hozzá az takarmány- és élelmiszertermeléshez, a tudáscseréhez és a kereskedelemhez (Perriere és Kastler, 2011). A vetőmagban megtestesülő mezőgazdasági ismeretek szervezett és átfogó információkat tartalmaznak, melyek tükrözik az emberi hagyományokat, az éghajlathoz való alkalmazkodást és az élelmiszer-preferenciákat (Odum és Odum, 2001). Jelenleg kevés információ áll rendelkezésre a környezeti elszámolásról, beleértve az energia- és anyagfelhasználást, valamint a vetőmagok javítására vonatkozó információkat. A legtöbb szerző a hagyományos vetőmagokra vonatkozó adatok felhasználásával becsülte meg a vetőmag energiaértékét és a vetőmag energiaköltségeit (Alluvione et al., 2011, Bennett et al., 2006, Cohen et al., 2006, Dos Santos, 2000, Heichel, 1976, Pimentel et al., 1973, Rótolo et al., 2007). Patzek (2004) elemezte a bioetanol és a kukorica termesztésének tömeg- és energiamérlegét, és kifejezetten energiaértéket rendelt a kukorica hibrid vetőmagjaihoz, és arra a következtetésre jutott, hogy hétszer energiaigényesebbek, mint a kukoricaszemek azonos tömegében lévő energia (Rótolo, 2015).

A kukorica allogámiával (kereszttrágyázással) szaporodik, ahol az ivaros szaporodás magában foglalja a virágpór átvitelét a bojtban lévő hímvirágról a selyemre, és a női virág megbélyegzését, amely maggá válik a fülben. Ez a természetes mechanizmus elősegíti a genetikai variabilitást, bár a kukoricát két beltenyésztett vonal közötti egyetlen keresztezett hibridként forgalmazzák (Bergfeld et al., 2004; Rótolo, 2015).

A kukorica átalakítását a termés javítása céljából alkalmazták, különösen a kórokozó- és rovarrezisztencia növelése érdekében. Ezért a rovarokkal szemben rezisztens transzgenikus növények, amelyek *Bacillus thuringiensis* toxinokat expresszálnak, az első növényi biotechnológiai termékek közé tartoztak, amelyeket kereskedelmi felhasználásra engedélyeztek (Wisniewski 2002).

2.6.1. A kukorica fajták glifozát rezisztenciája

Roundup Ready (RR)-nek nevezik a glifozáttal történő technológiákat. Hosszú távú alkalmazásukat először is az határozza meg, hogy a gyomnövényekben kialakul-e rezisztencia a glifozát hatóanyaggal szemben, holott már beszámoltak glifozátrezisztens gyomnövényekről (Ábrahám, 2011).

Forradalmi hatást gyakoroltak a gyomirtás gyakorlatára a glifozát-rezisztens növények, de a glifozát-rezisztens (GR) gyomnövények járványa igencsak csökkenti e technológiák értékét. Olyan területeken, ahol a glifozátot és a glifozát-rezisztens növényeket teljes mértékben felhasználták, a glifozát-rezisztens gyomok fejlődtek ki, és a glifozát-tulajdonságokat most más technológiákkal kell kombinálni. A glifozát más vegyszerekkel való kombinálása lett a vegyipari vállalatok megoldása, a vetőmagcég pedig a glifozát rezisztencia más tulajdonságokkal való kombinálása. Sajnos több mint 30 éve nem fedeztek fel új kereskedelmi forgalomban kapható totális gyomirtó hatásmódot. A glifozátkeverékek és a glifozát-jellemzők kombinációi jelentik majd a totális gyomirtás pilléreit megannyi termelő számára., de ahhoz nem lesznek elegendők, hogy lépést tudjanak tartani a gyomok rezisztencia kialakulásával. Az auxin, a glufozinát, a HPPD-gátló és más gyomirtó tulajdonságok, még ha kombinálják is glifozát-rezisztenciával, átmeneti és inkrementális megoldások. Nem lesznek sokáig képesek támogatni azt a vetőmag- és gyomirtó-üzletek, amit a kritikusok a transzgenikus és vegyi futópádnak neveznek. Az új totális gyomirtó hatásmód felfedezése és a rezisztens gyomok járványa nélkül eltöltött hosszú idő sok termelőt arra kényszerít, hogy sokkal többet költsön a gyomok kezelésére, és a legrosszabb idők, a legjobb idők helyzete a növényvédelem és a vetőmagipar számára (Green, 2016).

2.6.2. A kukorica fajták rovarrezisztenciája

A rovarok világszerte komoly gondot okoznak a kukoricatermesztésnek. A gazdanövények rovarokkal szembeni rezisztenciája számos kémiai és biokémiai tényezőt foglal magában, amelyek korlátozzák, de ritkán szüntetik meg a rovarok okozta károkat. A rovarokkal szembeni rezisztenciában szerepet játszó legtöbb kémiai és számos biokémiai tényező a kártevőtől függetlenül szintetizálódik fitoanticipinként. Ezeket a faktorokat elkülönített formában tárolják, amelyek rovarfertőzés és szövetkárosodás esetén aktív struktúrákká módosulnak. Mivel a kukorica rovarokra adott fajtaválaszának genetikai alapja kvantitatív, a kvantitatív tulajdonságok lókuszanalízise standard megközelítés a rovarrezisztencia leírására (Bennetzen 2009)

A rovarkártevők a globális kukoricatermesztés gazdasági veszteségeinek egyik fő oka (Bradshaw et al. 2016, Manosathiyadevan et al. 2017), számos lepke (*lepidoptera*) és bogár (*coleoptera*) kulcsfontosságú kártevő korlátozza e növény hozamát (Edde 2022). Európában a kukorica két legpusztítóbb kártevője a kukoricamolylepke (*Sesamia nonagrioides*, *Ostrinia nubilalis*). Mindkét lepke lárvái behatolnak a kukorica szárába, és a növény szárából táplálkoznak. Ez a szárak törését és a csuhélevelek leesését okozza, ami csökkenti a hozamot.

A két faj szárkárosodása nagyon hasonló (Eizaguirre és Fantinou 2012), de a *Sesamia nonagrioides* lárvái falánkabbak (Butrón et al. 1999, Velasco et al. 1999). A hozamcsökkenést az is okozza, hogy az *Ostrinia nubilalis* lárva a szezon későbbi szakaszában magokkal táplálkozik (Andreadis et al. 2008).

A Bt-kukorica EU-ban történő forgalmazása óta IRM-terveket (Insect Resistant Management) hajtottak végre. A tartalomvédelmi tervek a világszerte általánosan használt és az EU-ban kötelező nagy dózisu/menedékpontos (HDR) stratégián alapulnak (EFSA 2018). Ez a stratégia olyan Bt-növények termesztésén alapul, amelyek magas koncentrációban termelnek rovarölő fehérjéket, amelyek hatékonyak a célzott kártevők ellen. Sok országban ez a stratégia jelenleg piramisos Bt-növények használatán alapul, amelyek egynél több toxint termelnek, amelyek ugyanazon célkártevő ellen hatékonyak (Bates et al. 2005, Carrière et al. 2015, 2016, Van den Berg et al. 2022). Az IRM tervek fontos része egy olyan monitoring program megvalósítása, amely lehetővé teszi a rezisztencia evolúciójának korai felismerését, amely lehetővé teszi a korrekciós intézkedések időben történő alkalmazását, ha rezisztens populációkat észlelnek (Andow és Ives 2002, Head és Greenplate 2012).

2.7. A kukorica fajták gyöker- és aszálytűrő képességének javítása

A gyökérmemesítést a „második zöld forradalom” kulcsfontosságú tényezőjeként javasolták a terméshozam növelésére, valamint a tápanyag- és vízkészletek hatékony felhasználására. Azonban kevés tanulmány bizonyította, hogy a gyökérr jellemzők genetikai javítása közvetlenül hozzájárul a növények tápanyag-felhasználási hatékonyságának fokozásához (Mi, 2014).

A tápanyagok és a víz megszerzésének fő szerveként a gyökerek fontos szerepet játszanak a talajból származó P megszerzésében. A növények a gyökérmorfológia és fiziológia megváltoztatásával alkalmazkodnak az alacsony P-stresszhez (Lambers et al. 2006; Lynch és Brown 2008). Az alacsony P-stresszre adott tipikus gyökérmorfológiai válaszok közé tartozik a magasabb gyökér-hajtás arány (Hermans et al. 2006; Ramaekers et al. 2010), hosszabb teljes gyökérhossz (Liu et al. 2004), nagyobb számú oldalsó gyökér (Liu et al. 2004; Zhu és Lynch 2004), finomabb gyökerek (Wissuwa 2003), több gyökérszőrzet (Gahoonia et al. 2001; Ma et al. 2001), valamint a gyökérgérgi aerenchyma (Postma és Lynch 2010) és a mikorrhiza szimbiózis (Schweiger et al. 2007) kialakulása (Mi, 2013).

A gyökérrendszer mérete és felépítése funkcionálisan lényeges a vízhez és a talaj tápanyagaihoz való hozzáférés szempontjából. A gyökérarchitektúra szabályozásában nagyszámú, többnyire

ismeretlen gén vesz részt, ami megnehezíti a nagyobb gyökérrendszerrel rendelkező növények célzott nemesítését (Ramireddy, 2021).

A gyökérkérgi aerenchyma (RCA) csökkenti a gyökérlégzést a kukoricában azáltal, hogy az élő kérgi szövetet levegőtérfogattá alakítja. Feltételeztük, hogy az RCA növeli a szárazságtűrészt azáltal, hogy csökkenti a gyökér metabolikus költségeit, lehetővé téve a gyökérnövekedést és a víz felvételét a kiszáradó talajból. Ennek a hipotézisnek a tesztelésére magas és alacsony RCA-val rendelkező rekombináns beltenyésztett vonalakat figyeltek meg vízstressz hatására a szántóföldön és a talaj mezokozmoszában üvegházban. A szántóföldön a magas RCA-val rendelkező vonalak 30%-kal több hajtásbiomasszát értek el virágzáskor, mint az alacsony RCA-val rendelkező vonalak vízterhelés alatt. A mély talajban a gyökérhossz-sűrűség szignifikánsan nagyobb volt a magas RCA vonalakban, mint az alacsony RCA vonalakban. A napközi levél relatív víztartalma a magas RCA vonalakban 10%-kal volt nagyobb, mint az alacsony RCA vonalakban, vízterhelés alatt. A magas RCA vonalak átlagosan nyolcszoros hozamot értek el, mint az alacsony RCA vonalak vízterhelés alatt. A mezokozmoszokban a magas RCA vonalak kevesebb maggyökér-légzést, mélyebb gyökeresedést és nagyobb hajtásbiomasszát mutattak, mint az alacsony RCA vonalaknak vízterhelés alatt. Ezek az eredmények alátámasztják azt a hipotézist, hogy az RCA jótékony hatással van a kukorica szárazságtűrésére azáltal, hogy csökkenti a talajkutatás metabolikus költségeit (Lynch, 2010).

A kukorica (*Zea mays* L.) aszály miatti jelentős termés kiesése várhatóan növekedni fog a globális éghajlatváltozással, mivel a hőmérséklet emelkedik és a csapadékeloszlás megváltozik a kulcsfontosságú hagyományos termőterületeken. A hagyományos termésjavítás sikere az elmúlt 50 évben a szárazságtűrés terén olyan kiindulási alapot képez, amellyel az új genetikai módszereket össze kell hasonlítani (Campos, 2004).

A szárazságtűrés javítása és a hozamstabilitás biztosítása érdekében a genetika alkalmazása fontos része a globális kukoricatermesztés stabilizálására irányuló megoldásnak. Ez nem jelenti azt, hogy az agronómiai beavatkozások, amelyek célja a víz rendelkezésre állásának maximalizálása a kulcsfontosságú növekedési szakaszokban, nem kritikusan fontosak, mivel a genetikai megoldások valószínűleg nem szüntetik meg a potenciális és a vízstressz alatt realizált hozam közötti különbség több mint 30% -át (Edmeades et al., 2004). A jobb genetika azonban kényelmesen csomagolható a vetőmagba, és ezért könnyebben és teljesebben alkalmazható, mint a továbbfejlesztett agronómiai gyakorlatok, amelyek nagyobb mértékben függenek az inputok rendelkezésre állásától, az infrastruktúrától, a piacokhoz való hozzáféréstől, valamint

a növény- és talajgazdálkodási készségektől. A továbbfejlesztett fajták vetőmagja hatékony eszköznek bizonyult a hagyományos és transzgenikus tulajdonságok biztosítására, amelyek hozzájárulnak a jobb hozamhoz és hozamstabilitáshoz. Szerencsére stresszes körülmények között a modern elit csíraplazma teljesítményelőnye a kevésbé fejlett és idősebb társaival szemben nagyobbá válik, és az elmúlt 30 évben megfigyelt genetikai hozamnövekedés nagy részét a nagyobb stressztűrésnek tulajdonították, nem pedig önmagában a hozampotenciál növekedésének (Campos, 2004)

Az aszályos stressz súlyosan hátráltatta a kukoricatermesztést, világszerte emberek millióinak megélhetését és gazdaságát befolyásolva. A jövőben a klímaváltozás következtében egyre gyakoribbá válnak a kiszámíthatatlan időjárási események, így elkerülhetetlen lesz az alkalmazkodási stratégiák megvalósítása. Különböző nemesítési és genetikai megközelítések alkalmazásával erőfeszítések folynak a kukorica szárazságtűrésének fejlesztésére. A genomika által támogatott nemesítés, transzkriptomika, proteomika, transzgenika és genomszerkesztés legújabb megközelítései gyors ütemben javították a szárazságstressz toleranciát laboratóriumi és terepi körülmények között. A kukorica szárazságtűrése jelentősen javítható az omics technológiák új nemesítési módszerekkel és a nagy áteresztőképességű fenotipizálással (HTP) való kombinálásával. Ez az áttekintés a kukorica szárazság elleni válaszreakciója, valamint új nemesítési és rendszerbiológiai megközelítésre összpontosít, amelyeket a szárazságtűrő mechanizmusok és a szárazságtűrő kukoricafajták fejlesztésének jobb megértése érdekében alkalmaznak. A kutatóknak meg kell különböztetniük a szárazságtűrő tulajdonságok molekuláris és élettani alapjait a kukoricatermés növelése érdekében. Ezért a szántóföldi HTP-be, a rendszerbiológiába és a kifinomult nemesítési módszerekbe történő integrált beruházások várhatóan elősegítik a kukoricatermelés növelését és stabilizálását az éghajlatváltozással szemben (Nankar, 2020).

2.8. A kukorica fajták cikloxiidim rezisztenciája

Hazánkban 2009-ben kezdődött a cikloxiidim-toleráns kukorica termesztése. Grammicid tulajdonságokkal rendelkezi a cikloxiidim hatóanyag (Focus Ultra). Megszületését az motiválta, hogy egyre nehezebb a kukoricába az egyszikű gyomok elleni védekezés, egyrészt a posztemergensen használható, egyszikűeket irtó herbicidekkel (szulfonil-karbamidokkal) szembeni herbicidrezisztencia kialakulása, másrészt az egyszikűek elleni hatóanyagok visszavonása miatt. A fenyércirok (*Sorghum Halepense*) és a nád (*Phragmites australis*) ellen eredményes technológiát nyújt a cikloxiidim toleráns kukorica termesztése. A készítmény a

kukoricában magról kelő egyszikű gyomnövények ellen a gyomnövények 1-3 leveles, a kukorica 3-5 leveles fejlettségekor kell kijuttatni, viszont fejlettebb gyomnövények esetében magasabb dózisban. 10-30 centiméteres fejlettségekor kell a kezelést elvégezni az évelő egyszikűek ellen, azonban fejlettebb gyomnövények esetében az engedélyokiratban meghatározott magasabb dózisban. Évente egy alkalommal juttatható ki a készítmény, egyedül cikloxidim-toleráns kukoricában alkalmazható, más fajtákat maradandóan károsítja (Ábrahám, 2011).

Molekuláris átrendeződés, szulfoxidáció, valamint aril-hidroxiláció tapasztalható meg a cikloxidim-toleráns fajokban, ezt követően inaktív köztestermékké alakul a két csoport gyors konjugációjával. Ezen folyamatok hasonlóképpen zajlanak le a cikloxidim-toleráns kukoricahibridekben, ezáltal az ilyen hibridekben a fitotoxicitás veszélye nélkül lehet használni a cikloxidim hatóanyagú herbicideket egyszikű gyomok irtására. Évelő és egyéves egyszikűek ellen lehetőség van a cikloxidim hatóanyagú FOCUS ULTRA (3-4 l/ha) használatára a cikloxidim-toleráns kukoricahibridekben (Hunyadi, 2000).

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérleti terület elhelyezkedése, jellemző adottságai

A kísérlet Tolna vármegyében került beállításra, egyből Tamási külterületén, a 65-ös főút mellett Siófok irányában jobb oldalt 500 méterre a várostól a hrsz 0188/33-43 táblákon. A talaj típusa mezőségi erdőtalaj. A terület, ahol a kísérlet készült a 3. ábrán látható. A talajvizsgálatot a KITE végezte 2019-ben a Precíziós Gazdálkodási Rendszer (PGR) zónázása alapján. A vizsgálat eredményei a 2. táblázatban láthatóak.



3. ábra: A terület műholdfotója

2.táblázat: a táblán végzett talajvizsgálat eredményei

tulajdonság	táblaátlag adat	mértékegység
pH	7,73	pH egység
KA	43	Arany-féle kötöttségi egység
összes só	0,03	m/m% légszárász
Szénsavas mész	5,50	m/m% légszárász
Humusz	3,10	m/m% légszárász
Nitrit+nitrát nitrogén	10	m/m% légszárász
Foszfor-pentoxid	179	m/m% légszárász

2.táblázat folytatása: a táblán végzett talajvizsgálat eredményei

Kálium oxid	246	m/m% légszáraz
Magnézium	136	m/m% légszáraz
Nátrium	46	m/m% légszáraz
Cink	1,50	m/m% légszáraz
Réz	2	m/m% légszáraz
Mangán	68	m/m% légszáraz
Szulfát-kén	15,80	m/m% légszáraz

A 3. táblázat alapján a fizikai félesége az Arany-féle kötöttség szerint a táblának vályog. A talaj enyhén lúgosnak tekinthető. A talaj közepesen meszes, kismértékű só felhalmozódás is kiolvasható a táblázatból. A talaj humusztartalma, ha figyelembe vesszük, hogy az I. termőhelyi kategóriába sorolandó, akkor igen jónak mondható. Az említett talaj foszfor-ellátottsága és káliumtartalma jónak mondható.

3.2. A kísérlet termesztéstechnológiájának bemutatása

A talaj alapművelésként szántva volt, melyet Vaderstad Carrier eszközzel munkáltak el, melyre 2022. október 10.-én került sor. Még aznap a talaj kapott 100 kg/ha MAS műtrágyát, melyet Rauch Axis műtrágyaszóróval juttattak ki. Ezután a talajt a már említett eszközzel zárták 2023. március 14.-én. A simítózás után 4 l/ha Natur Nova-t kapott a talaj a foszfor mobilizálása érdekében. A talaj 2023. április 6.-án kapott még 180 kg/ha ENSIN műtrágyát. Vetés előtt a talajra juttattak 300 kg/ha 15:15:15 arányú NPK műtrágyát 2023. április 6.-án. Vetés előtt Bednar Swifter SM kompaktortal készítették a magágyat vetés előtt a talajon 2023. április 6.-án. Ezután a vetés következett 2023. április 8.-án, ahol 70 000 tő/ha tőszámmal vetettek 5 cm mélyen. Az kézenfekvő, hogy mind más-más ideális tőszámot igényelnek a különböző fajták a kísérletben, azonban a fajták magas száma és a jobb összehasonlíthatóság miatt azonosra vették a fajtákat. A vetés miután megtörtént, következett a preemergens szerek kijuttatása 2023. április 8.-án. A választás a Force rovarölő szerre esett, amit 16 kg/ha dózissal juttattak ki. Aznap még juttattak ki a talajra 100 kg/ha Corn Starter műtrágyát. Ezt követte egy kiegészítő permetezés 0,44 l/ha dózisú Adengo vegyszerrel 2023. május 9.-én. Az állomány tisztaságában megmutatkozott a szerek hatása. Kapott a talaj 2023. május 25.-én 1kg/ha titaN terméshozó növényi szimbiotikumot. A kultivátorozás 2023. június 2.-án Orthmann sorközművelő

kultivátorral lett elvégezve. Ezután kijuttattak még 130 kg/ha Stabile NS műtrágyát. A betakarításra 2023. szeptember 10-én került sor. Az elvégzett munkaműveletek időrendi sorrendben a 3. táblázatban láthatóak.

3.táblázat: A kísérlet során elvégzett munkaműveletek időrendi sorrendben

Dátum	Munkavégzés
2022. október 14.	Szántás MAS műtrágya kijuttatása 100 kg/ha
2023. március 14.	Simítózás Vaderstad Carrier Natur Nova 4 l/ha
2023. április 6.	Műtrágyázás 180 kg/ha ENSIN, 300 kg/ha 15:15:15 NPK Kombinátorozás Bednar Swifter SN kompaktor
2023. április 8	Vetés átlagosan 70 000 tő/ha állománysűrűséggel Force 16 kg/ha, Corn Starter 100 kg/ha
2023. május 9.	Adengo vegyszer 0,44 l/ha
2023. május 25.	titaN termésmnövelő 1 kg/ha
2023. június 2.	Kultivátorozás
2023. szeptember 10.	Betakarítás

3.3 A kísérletben szereplő fajták

A kísérletben szereplő fajtákat az 4. táblázatban láthatjuk felsorolva.

4. táblázat: A fajtában szereplő fajták

Fajtatulajdonos	Fajta
Dekalb	DKC 4031
	DKC 4109
	DKC 4125
	DKC 4391
	DKC 4433
	DKC 4712
	DKC 4897
	DKC 5092
	DKC 4933
	DKC 5206
	DKC 5810
KWS	KWS Adonisio
	KWS Hypolito
	KWS Oltenio
	KWS Kashmir
	KWS Forturio
	KWS Inteligens
	KWS Giro
Syngenta	SY Solandri
	SY Minerva

3.4. Fajták rövid jellemzése

DKC 4031

Magasabb típusú igen-korai érésű hibrid, mely kirobbanó korai fejlődési erélyekkel, nagyon jó aszálytűrő képességgel és kiemelkedő hidegtűréssel rendelkezik. Az egyenletes kelés

biztosítása érdekében a minimum 10 °C talajhőmérséklet szükséges. Kitűnő vízleadásának köszönhetően jelentős a szárítási költségmegtakarítás. A korai virágzás és gyors kezdeti fejlődés kifejezetten alkalmassá teszi a megkésett vetésekre és megfelelő körülmények között akár másodvetésre is.

DKC 4109

Átlagos magasság típusú igen korai érésidejű hibrid, mely kiváló gyökér- és szárerőséggel rendelkezik. Rendkívüli flexibilitás társul a kimagasló agrotechnikai és genetikai tulajdonságai mellé. A tőszámsűrítést meghalálja magas várható termésszint esetén. Nagyon jó aszály- és hidegtűrő képességű hibridek.

DKC 4125

Kiváló stressztűrő képességének, termőhely- és évjárat-stabilitásának köszönhetően minden talajtípuson, kitettebb területeken is sikeresen termesztendő. Átlagos növénymagasságú hibrid, igen korai érésidővel és erőteljes korai fejlődési eréllyel rendelkezik. A kiváló szárerőséghez kimagasló csőflexibilitás társul. Kiváló termésstabilitás és aszálytűrő képesség jellemzi.

DKC 4391

Átlagos magasságú hibrid, mely korai érésidővel jellemezhető. Rendkívül jó korai fejlődési eréllyel rendelkezik. Az erős gyökérzetnek és a stabil szárnak köszönhetően ellenáll a negatív környezeti hatásoknak. Kiváló stressztűrő képességének, termőhely- és évjáratstabilitásnak köszönhetően minden talajtípuson eredményesen termesztendő. A gyors vízleadása segíti a betakarítás jobb ütemezését, illetve jelentős költségmegtakarítást érhetünk el.

DKC 4433

Egy korai érésidejű, átlagos növénymagassággal rendelkező hibrid. A fixcsövűség jellemző rá a tipikus stressztűrő hibridekkel szemben, szóval kissé emelt tőszám mellett tudjuk legmagasabb profittal termesztetni. Kiváló szemminőséggel jellemző rá, mely a magas fajsúly mellett a gyengébb vízleadást is gyakran magával hordozza. Az utóbbit a korán és jól nyíló csuhélevelekkel ellensúlyozza. Kiváló aszálytűrő képességgel, és nagyon jó termőhely stabilitás jellemzi.

DKC 4712

Átlagos vagy afeletti termőpotenciállal bíró területek hibridje, mely klasszikus magyarországi tőszámviszonyok mellett tud igazán kiemelkedni. Termőképessége a többi hibridhez képest

rendkívül magas lehet megfelelő viszonyok mellett. Közép-korai érésidővel, és átlagos magassággal rendelkezik. Átlagos szárerősséghez magas csőflexibilitás társul. Érzékeny a korai vetésre, ezért minimum 10 °C-os stabil talajhőmérséklet esetén kezdhető a vetés.

DKC 4897

Kiváló termőhely- és évjárat-stabilitással rendelkezik, amit magas terméspotenciállal, erős gyökérzetével és szárával tesz teljessé. A kiváló kezdeti fejlődés mellé egy kiemelkedően egészséges állományt kapunk, amelynek köszönhetően a megkésett betakarítás esetén is maximalizálhatjuk az egészséges csövek arányát.

Stressz- és aszálytűrésének köszönhetően jól teljesít kedvezőtlenebb évjáratokban is. Közép-korai érésidővel és átlagos magassággal rendelkező hibrid.

DKC 5092

Kiváló aszály- és stressztűrő képességű, termőhely- és évjárat stabilitású hibrid. Közép-korai érésidővel, átlagos magassággal és virágzási idővel rendelkezik. Érésdejében kimagasló termést produkál korábbi hibridek szemnedvességével. Korai fejlődési erélye kifejezetten gyors, ezért vehető a vetési időszak elején. 10°C felett optimális a vetési idő. Gyökér- és szárerőssége kiváló, és vízleadása gyors.

DKC 4933

Közép érésidőhöz kései virágzási idő társul. Átlagos magasságú hibrid. Jelentős szárítási költségmegtakarítás lehetséges a kitűnő vízleadásának köszönhetően. Korai fejlődési erélye és hidegtűrése kiemelkedő. Aszálytűrő képessége, termőhely- és évjárat- stabilitása kiváló. Magas termésszinteken is flexibilis csőtípus marad. Kiváló gyökér- és szárerősséggel bíró fajta.

DKC 5206

Átlagos vagy átlag feletti termőpotenciállal rendelkező táblákra ajánlott. A tőszámsűrítést meghálálja és extra terméssel reagál. Stressztűrő képességével segít minimalizálni a termelés kockázatát. Erős szára és kiváló egészségprofilja biztosítja, hogy a legjobb minőségű termény kerüljön a magtárba. Közép érésidő mellé átlagos virágzási idő társul. Átlagos magasságú hibrid.

DKC 5810

Kései érésidővel és virágzási idővel rendelkező hibrid. Korai fejlődési erélye, növénymagassága átlagos. Erős szárának és gyökerének köszönhetően magas tőszámok alkalmazása vagy kései betakarítás esetén sem kell a növények megdőlésétől tartani. Intenzív vízleadásának köszönhetően a maga éréskategóriájában a szárító-gazdaságosság szempontjából a legjobbak közé tartozik. Kiváló aszálytűrő képességgel rendelkezik.

KWS Adonisio

Közép korai érésidővel rendelkező hibrid. Korai fejlődési erélye kimagasló. Vitális, erőteljes lombzat támogatja 9-11 leveles állapotában a csődifferenciálódást. Korán betakarítható akár egy megcsúszott vetés esetén is, és nem kell tartani a kórokozók okozta késői szárdőlés vagy szártörés miatti termésvesztéstől. Dinamikus vízleadással rendelkezik

KWS Hypolito

Középkorai érésidőhöz, kiváló szárazságtűrés és hőstressz ellenállóság társul. Intenzív termesztési környezetben magas tőszámon vetett állományban nem az ezermagtömeget, hanem a hektoliter súlyt és a tárolhatóságot fogja előnyben részesíteni. Kiváló állóképességet és zöld száron érést mutat.

KWS Oltenio

Középkorai érésidőjű hibrid. Korai virágzással és intenzív szemkitelítődés jellemző rá. Kiemelkedő aszály- és stressztűréssel rendelkezik. Gyors vízleadásának köszönhetően az őszi gabonák kitűnő előveteménye lehet. Alkalmazkodó képessége és terméstöbblete kevésbé jó termőföldeken is megmutatkozik. Kitűnő a szárdőléssel szembeni ellenállósága.

KWS Kashmir

Ez a KWS legnépszerűbb kukoricahibridje. Középkorai érésidővel bír. Minden termőhelyre és technológiai szinthez ajánlják kiváló adaptációs képessége miatt. Magas ezermagtömeeggel rendelkezik. Korai vethetőségének és gyors vízleadásának köszönhetően kitűnő elővetemény lehet őszi gabonák számára. Kitűnő aszálytűrési képessége van. Szárdőléssel szembeni ellenállósága kiváló.

KWS Forturio

Magas terméspotenciállal rendelkező, középérésű érésidővel rendelkező hibrid. Csőbetegségekkel szembeni ellenállósága kimagasló. Kiváló vízleadással bír.

KWS Inteligens

Középérésű érésidővel rendelkező hibrid. Kimagaslóan jó szárstabilitás jellemzi. Dinamikus vízleadással és gyors éréssel bír. Gombás betegségekkel szembeni ellenállósága figyelemre méltó. Korai fejlődési erélye kiváló. Kitűnő a szárdőléssel szembeni ellenállósága. Növénymagassága magasnak tekinthető.

KWS Giro

Közép kései érésidei csoportba tartozik. Rendkívüli aszály és stressztűrő képesség jellemzi. Alacsony növényt magassággal és széles tőszámoptimummal rendelkezik. A korai virágzás lehetővé teszi a forró és aszályos időszak elkerülését. Erős szár és jó dőlésellenállóság jellemzi, így a késői elhúzódo betakarítás sem jár veszteséggel.

SY Solandri

Középérésű érésidei csoportba tartozó hibrid. Nagy terméspotenciál és jó alkalmazkodó képesség jellemzi. Jó vízleadási dinamikával rendelkezik. Szár- és gyökérerőssége kiváló. Ideális körülmények között megkapva mindent, ami a fejlődéshez szükséges, magas tőszámon is magas termést tud hozni.

SY Minerva

Középérésű érésidőbe tartozó hibrid. Erős, stabil szárral rendelkezik. Kiváló szemminőség mellett magas ezermagtömeeggel bír. Bármilyen körülmények között megállja a helyét. Alkalmazkodóképessége és stressztűrő képessége kiváló. Optimális időben ajánlott a vetése, kezdeti fejlődése gyors.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Szemnedvesség eredmények

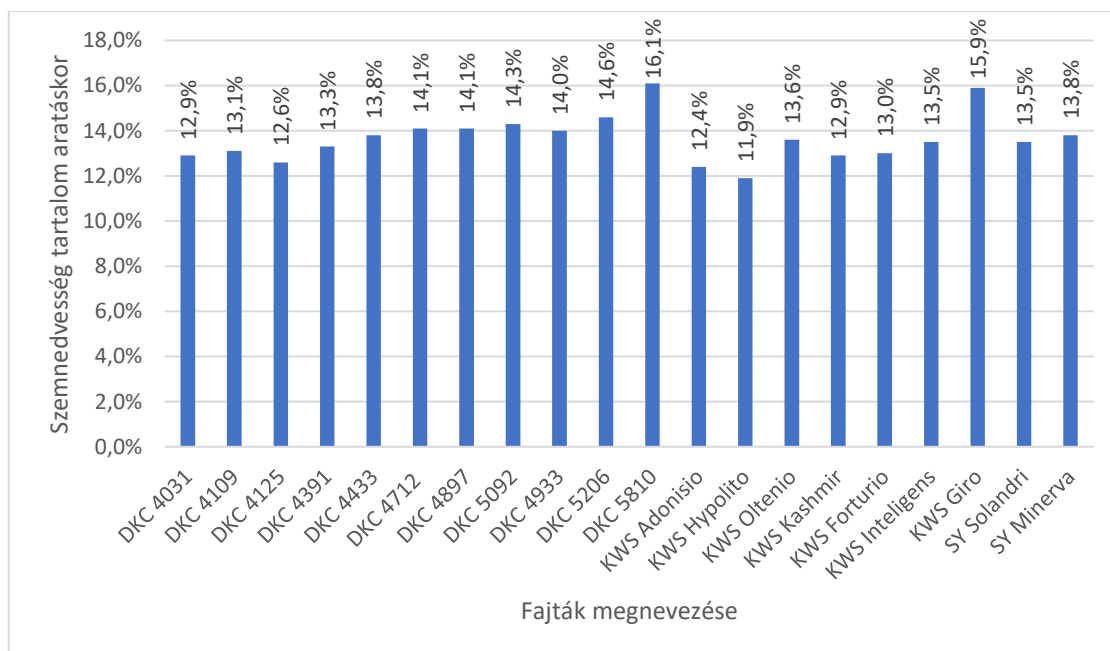
A 5. táblázatból jól leolvasható, hogy az április 8.-i vetés ellenére szeptember 10-én minden fajta betakarításra kész volt.

5. táblázat: Az egyes fajták szemnedvessége a betakarítás idejében

Fajta megnevezés	Szemnedvesség aratáskor	tartalom
DKC 4031	12,9	
DKC 4109	13,1	
DKC 4125	12,6	
DKC 4391	13,3	
DKC 4433	13,8	
DKC 4712	14,1	
DKC 4897	14,1	
DKC 5092	14,3	
DKC 4933	14,0	
DKC 5206	14,6	
DKC 5810	16,1	
KWS Adonisio	12,4	
KWS Hypolito	11,9	
KWS Oltenio	13,6	
KWS Kashmir	12,9	
KWS Forturio	13,0	
KWS Inteligens	13,5	
KWS Giro	15,9	
SY Solandri	13,5	
SY Minerva	13,8	

4.1.1. Szemnedvesség eredmények értékelése

A szeptember 10.-i mérések alapján összességében elmondható, hogy a kísérletben szereplő hibridek szeptember első dekádjára már bőven aratható állapotba kerültek, még a késői hibridek is, ahogy a 2. ábra is mutatja. Még állományszárításra sem volt szükség ezen állapot eléréséhez. A szakirodalom szerint a tárolás 14-14,5%-os nedvességtartalom mellett lehetséges, ezért a kísérleti fajták közül 3 fajtát volt szükséges szárítani. Az ilyen alacsony szemnedvességek akár a korábbi betakarítást is lehetővé tett volna. A legtöbb fajta éréscsoportjának megfelelő nedvességtartalmat mutatott. A többi késői éréscsoportban lévő hibridek között a DKC 5810 igen magas 16,1% szemnedvesség tartalmat ért el. Középkorai éréscsoportú KWS Hypolito a legalacsonyabb 11,9% szemnedvességet tartalmazott.



4.ábra: Az egyes fajták betakarításkor mért szemnedvesség tartalma

4.2 Termésmennyiség eredmények

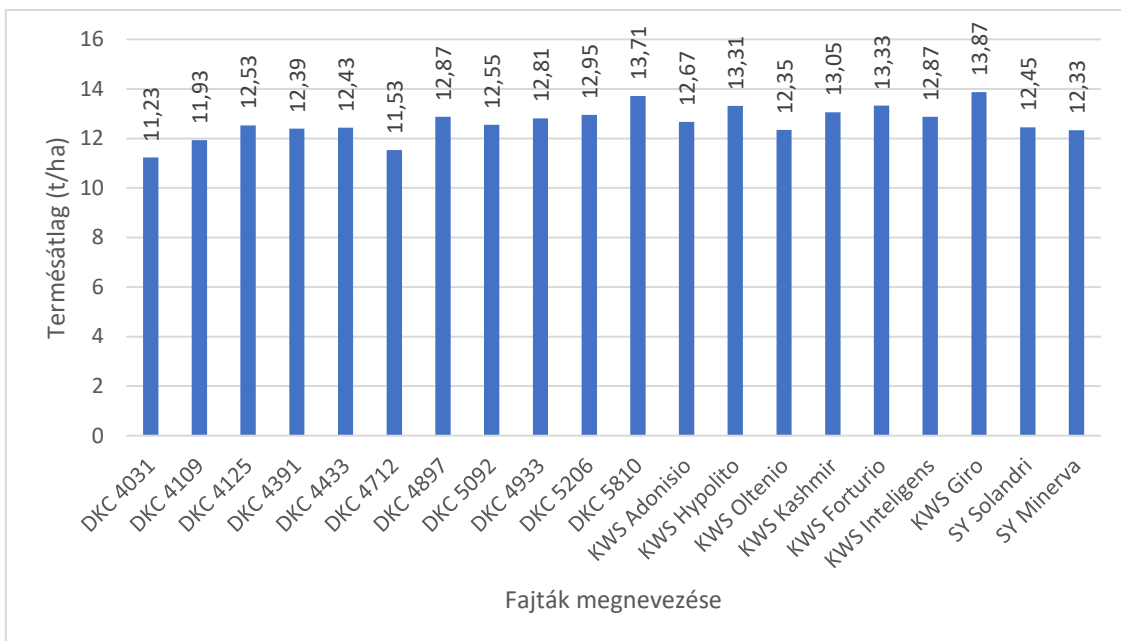
A termésmennyiség vizsgálatkor már nagyobb eltéréseket vettem észre az egyes fajták közt. 11,23 tonnás átlagtól 15,9 tonnás átlageredmény született, ahogy az a 4. táblázatból kiolvasható. Ez a szórás betudható, az egyes hibridek különböző alkalmazkodóképességének, valamint, hogy jobban illettek egyes hibridek a termesztési technológiához, valamint a hibridek méretbeli eltéréseinek is. A fajták és a termésátlagok a 6. táblázatban láthatóak.

6. táblázat: Az egyes fajták termésmennyisége

Fajta megnevezése	Termésátlag
DKC 4031	11,23
DKC 4109	11,93
DKC 4125	12,53
DKC 4391	12,39
DKC 4433	12,43
DKC 4712	11,53
DKC 4897	12,87
DKC 5092	12,55
DKC 4933	12,81
DKC 5206	12,95
DKC 5810	13,71
KWS Adonisio	12,67
KWS Hypolito	13,31
KWS Oltenio	12,35
KWS Kashmir	13,05
KWS Forturio	13,33
KWS Inteligens	12,87
KWS Giro	13,87
SY Solandri	12,45
SY Minerva	12,33

4.2.1. Termésmennyiség eredmények értékelése

Viszonylag kisebb különbségekre világított rá a termésmennyiségek mérése. A fajták nagyjából hozták a várt eredményeket, és az elvárt mennyiséget. Az eredményekhez hozzátartozik, hogy bár a lehető legjobb talajállapotot igyekszünk létrehozni, a kísérletnek helyet adó talaj ideális a kukorica termesztéséhez. Azonban az elmúlt évek jellemző szélsőséges időjárási viszonyok nem segítik a nagy terméshozamok elérését. Itt gondolok a kései kitavaszkodásra, ami egyre gyakrabban jellemző hazánkban, vagy az áprilisi szárazságokra. A 5. ábrán az összes fajta termésmennyisége leolvasható.



5.ábra: A kísérletben szereplő fajták termésátlaga

5. Következtetések és javaslatok

Úgy gondolom, hogy a talaj minőségét és az időjárási szélsőséget figyelembe véve a fajták viszonylag jól teljesítettek. Az említett körülmények között a 12,6 t/ha átlag termésmennyiség az összes fajta közt véleményem szerint jónak mondható. Más gazdák is 11-12 t/ha termésmennyiséget vártak a betakarítást megelőzően, így a kísérlet eredményesnek mondható. A három dobogóst kiemelném, 13,33 t/ha termésmennyiséget produkált a KWS Forturio. Ez a magas mennyiség betudható a fajtára jellemző alpból magas terméspotenciálnak és kitűnő szárszilárdságának. Ezen túl a fajta jó alkalmazkodóképességének, melynek segítségével gyengébb talajokon is szép termést is képes hozni. Az ezüstérmes a kísérlet során a DKC 5810-es fajtája lett, 13,71 t/ha mennyiséggel. Továbbá a fajta alkalmazkodóképességének, minek segítségével a gyengébb talajokon is képes szép terméseket elérni.

Azt gondolom, egy ilyen évjáratban, sok gazda elfogadná ezt a termésmennyiséget, főleg egy gyengébb kukoricatermő talajon. Ahogy az előbb említett fajtánál is említésre került a jó alkalmazkodó képesség és kitűnő szárszilárdság volt a magas termésmennyiség fő titka, ugyanis ezek a tulajdonságok jellemzőek a DKC 5810-es hibridre is. A kísérletben szereplő fajták közül a KWS Giro hibrid végzett az élen, kimagasló, 13,87 t/ha mennyiséggel. A kísérlet arra mutatott rá, hogy a kísérleti területen a növényvédelmi kezelések kedvezőek voltak. A kísérletben szereplő fajták termésmennyiségének átlaga 12,6 t/ha, KWS Giro ehhez képest 1270 kg terméstöbbletet produkált, mely hektáronként 96 000 Ft plusz bevételt jelent. Ez 100 ha területen 9 600 000 forint plusz bevételt jelent, úgyhogy érdemes megfontolni, hogy milyen fajtát válasszunk a saját talajadottságainkhoz, termesztési technológiánkhoz, és a várható időjárási viszonyokhoz megfelelően. A gyengébben teljesítők, a 12 t/ha jóval alattiak a DKC 4031, és a DKC 4712 hibridek. Mindkettőnél a nagyobb növénymagasság és az átlagos szárerősség miatt a megdőlés lehet az oka. Összességében elmondható, hogy a kísérlet során a termesztés technológiája, és az adott talajviszonyok mellett azok a hibridek teljesítettek jól, amelyek a közép-korai és középerésű éréscsoportba tartoznak, és kiváló szárszilárdsággal rendelkeznek.

6. Összefoglalás

A korai éréscsoportba tartozó fajták viszonylag jól teljesítettek, mind a DKC 4391 fajtája, mely 12,39 t/ha termést, és 13,3% szemnedvességet produkált, amely korai éréshez képest jónak mondható. Ugyanígy a DKC 4433 hibrid is jól teljesített, a maga 12,43 t/ha mennyiséggel, és 13,8%-os szemnedvességgel. Megfontolandó, ha a korai fajták tudnak ilyen jó termést tudnak hozni, akkor megéri-e vállalni a kockázatot, egy későbbi fajta választásával, főleg ismerve a szélsőséges időjárási viszonyokat.

A közép-korai érésű fajták mind nagyon szépen teljesítettek, mind termésátlagot, mind szemnedvességet tekintve. Közülük kitűnik a KWS Forturio és a KWS Hypolito, melyek 13 t/ha felett produkáltak. De szép termést hozott még a KWS Oltenio, a KWS Adoniso, a KWS Kashmir, a DKC 4712, a DKC 4897, a DKC 5092 úgy szint.

Középerésű fajták is szépen teljesítettek termésátlagot és szemnedvességet tekintve. Ezek a fajták tudták hozni a 12-13 t/ha közötti termésátlagot. Ezek voltak a DKC 4933, a DKC 5206, a KWS Inteligens, a SY Solandri és a SY Minerva.

Az igen korai fajták teljesítettek a leggyengébben a többi érésidő csoport közül. Sem a DKC 4031, sem a DKC 4109 sem érte el a 12 t/ha termésátlagot, az utóbbinak viszont nem sok kellett volna hozzá.

Mivel a kukorica a világon legnagyobb mennyiségben termelt növénye, ezért aktuálissá teszi a témát, hogy mégis miképpen lehet ennek a növénynek a termesztésével a legmagasabb termésátlagot és profitot megtermelni. A népességnövekedés, és élelmezési problémák, valamint a bioüzemanyagipar arra sarkalja a termesztőket, hogy a lehető legmagasabb termésátlagot produkáljuk az adott növényből, a minőségi paraméterek szem előtt tartása mellett.

A szakdolgozatom elején megfogalmazott célkitűzéseim közt szerepelt, hogy a kukoricát termesztetni vágyó gazdáknak segítséget tudjak nyújtani és irányt tudjak mutatni. Ez egy jó termesztési technológia kialakításában, és az ebbe optimálisan illeszthető fajták kiválasztásában megnyilvánul, nem tévesztve szem elől az időjárási viszonyokat és a talaj adottságait. Remélem, a dolgozatom elolvasása arra ösztönzi az olvasót, hogy belevágjon a kukorica

termesztésbe, és ehhez jó kiindulópontként tekint erre az írásra, ötleteket, hasznos információkat tud meríteni belőle.

Úgy gondolom fontos megemlíteni, hogy a kísérlet egy optimális talajtípuson történt, és a kukorica igényeit a Tolna vármegyei területek ki tudják elégíteni. Így más régiókban, más időjárás- és talajviszonyok tekintetében a dolgozatban szereplő eredmények eltérően születtek volna.

Véleményem szerint a kísérlet eredményesnek tekinthető, voltak kimagaslóan teljesítő fajták a termésmennyiséget tekintve, és azokban az esetekben, ahol a termésátlag nem érte el a várt eredményeket, ott kárpótolja az érdeklődőket a minőség.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni konzulensemnek, Dr. Mikó Péter Pálnak, a MATE Növénytermesztési tudományok Intézet, Agronómiai tanszék docensének, rám fordított idejét, türelmét, szakdolgozatom kidolgozása során nyújtott segítségét, hasznos ötleteit és jó tanácsait.

A szakdolgozatom nem jöhetett volna létre, Pájtli Péternek a kísérletekhez nyújtott segítsége nélkül.

Köszönöm a külső konzulensemnek, Tóth Gergelynek, a rám fordított idejét és ötleteivel való segítségét.

Hálásan köszönöm a családomnak a tanulmányaim során nyújtott támogatást.

8. Irodalomjegyzék

1. Antal J. (szerk.) (2008): Növénytermesztéstan 1- A növénytermesztés alapjai, gabonafélék. Mezőgazda kiadó, Budapest, 253-284 pp.
2. Antal, J. (2000): Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda kiadó, Budapest, 391 p.
3. Battisti, M., Moretti, B., Blandino, M., Grignani, C., Zavattaro, L. (2022): Maize response to nitrogen and phosphorus starter fertilisation in mineral-fertilised or manured systems. *The Crop Journal*. Volume 11, Issue 3, 922-932 pp.
4. Bhatia, C., R., Rabson, R. (1987): Relationship of Grain Yield and Nutritional Quality 11–44 pp. [In: Olson, R.A.–Frey, K.J. (eds.) *Nutritional Quality of Cereal Grains*]. ASA. CSSA. Madison, Wisc., USA.
5. Ciampitti, I., A., Lemaire, G. (2022): From use efficiency to effective use of nitrogen: A dilemma for maize breeding improvement. *Science of The Total Environment*, 826, 125-154 pp.
6. Csajbók, J. (2012): Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme. Debreceni Egyetem, Egyetemi jegyzet, Debrecen, 20-24 pp.
7. Franke, G. (1994): Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen. Band 2. Spezieller Pflanzenbau. Eugen Ulmer GmbH és Co. Stuttgart. 1-200. pp.
8. Galinat, W., C. (1988): The origin of corn. *Agronomy*, 18, 1-31 pp.
9. Gogoi, P., Sharma, P., Mahajan, A., Goudar, G., Chandragiri, A., K., Sreedhar, M., Singh, M., Longvah, T. (2023): Exploring the nutritional potential, anti-nutritional components and carbohydrate fractions of Indian pigmented maize. *Food Chemistry Advances*, 2, 100-176 pp.
10. Goldman, I., L. (2004): The intellectual legacy of the Illinois long-term selection experiment. *Plant Breed*, 24, 61–78 pp.
11. Hegyi, Zs. (2008): Minőség, évjárat és hibridválasztás összefüggései. *Az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei*, 2, 16–18 pp.
12. Izsáki, Z. (2006): A kukorica minőségorientált tápanyag-ellátása. *Szántó föld*, 10, 7–12 pp.
13. Keszthelyi, S., Csöndes, I., Pál-Fám, F. (2011): Comparative pest damage analyses in maize culture in the case of different cultivation technologies. *Növénytermelés*, 60, 77-80 pp.

14. Lilburn, M., S., Ngidi, E., M., Ward, N., E., Lames, C. (1991): The influence of severe drought on selected nutritional characteristics of commercial corn hybrids. *Poultry Science*, 70, 2329–2334 pp.
15. Mándy, Gy. (1963): Szántóföldi növények nemesítése táblázatokban. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 48 p.
16. Mangelsdorf, P., C., Reeves, R., G. (1931): Hybridization of maize, *Tripsacum* and *Euchlaena*, *J. Hered*, 22, 328-343 pp.
17. Marton, L., CS., Hadi, G., Pintér, J., Hegyi, Zs., Nagy, E., Sptkó, T., Szőke, CS. (2008): Kukorica: a jövő növénye. Sokhasznú kukoricahibridek, 2008. Az MTA Mezőgazdasági Kutató intézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei, 1: 3–6 pp.
18. Mehta, S., Singh, B., Patra, A., Tripathi, A., Easwaran, M., Choudhary, J., R., Choudhary, M., Aggarwal, S., K. (2021): Maize microbiome: current insights for the sustainable agriculture. *Microbiomes and Plant Health*, 267-297 pp.
19. Montero-Vargas, J., M., Ortíz-Islas, S., Ramírez-Sánchez, O., García-Lara, S., Winkler, R. (2020): Prediction of the antioxidant capacity of maize (*Zea mays*) hybrids using mass fingerprinting and data mining. *Food Bioscience*, 37, 100-647 pp.
20. Nagy, J. (2007): Kukoricatermesztés. Akadémiai kiadó, Budapest, 297 p.
21. Nagy, J. (2009): A vetésidő hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek terméshozamára és minőségére. *Növénytermelés*, 58/2, 85–106 pp.
22. Nagy, J. (2010): A kukoricatermesztés jelene és jövője. *Növénytermelés*, 59(3), 85–111 pp.
23. Orton, T., J. (2020). *Breeding Methods for Outcrossing Plant Species: I. History of Corn Breeding and Open Pollinated Populations*. *Horticultural Plant Breeding*, 275–286 pp.
24. Otegui, M., E., Cirilo, A., G., Uhart, S., A., Andrade, F., H. (2021): *Crop Physiology Case Histories for Major Crops*, 2-43 pp.
25. Pásztor, K. (1994): Az alapanyag növelésének genetikai lehetőségei és nehézségei kukoricánál. A Magyar Genetikusok Egyesülete III. Konferenciája. Szerk.: Bíró S., Debrecen, 141 p.
26. Pollak, L., M. (2003): The history and success of the public-private project on germplasm enhancement of maize (GEM). *Advanced Agronomy*, 78, 45–87 pp.
27. Prokszáné, Paplogó, Zs., Harmati, I. (1988): Kukoricahibridek keményítő-, fehérje- és olajtartalma. *Növénytermelés*, 37/1, 17–26 pp.
28. Radics, L. (szerk.) (2012): Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés II. kötet. Agroiinform Kiadó, Budapest, 700 p.

29. Sárvári, M., Boros, B. (2009): A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére tartamkísérletben. Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében, 147-154 pp.
30. Schwietzke, S., Kim, Y., Ximenes, E., Mosier, N., Ladisch, M. (2009): Ethanol production from maize. In: Kriz, A.L., Larkins, B.A. (Eds.), *Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement*. Springer Publ., New York, 347–364 pp.
31. Shah, M., N., Wright, D., L., Hussain, S., Koutroubas, S., D., Seepaul, R., George, S., Ali, S., Naveed, M., Khan, M., Altaf, M., T., Ghaffor, K., Dawar, K., Syed, A., Eswaramoorthy, R. (2023): Organic fertilizer sources improve the yield and quality attributes of maize (*Zea mays* L.) hybrids by improving soil properties and nutrient uptake under drought stress. *Journal of King Saud University – Science*, 102-570 pp.
32. Sharobeem, S., F., Hidvégi M., Simonné, Sarkadi, L., Lásztity, R., Salgó, A. (1986): A kukorica, mint fehérje- és aminosavforrás. *Élelmezési Ipar*, 40/8, 287–292 pp.
33. Shiferaw, B., Prasanna, B., M., Hellin, J., Bänziger, M. (2011): Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, 3(3), 307 pp.
34. Singh, D., P., Singh, A., K., Singh, A. (2021): Chapter 1 - Plant breeding: past, present, and future perspectives. *Plant Breeding and Cultivar Development*, 1-24 pp.
35. Szél, S. (2007): A kukorica termesztés feltételei, termesztési technológiák és a fajták kölcsönhatása. *Agronapló*, 2007/4., 33-35 pp.
36. Széles, A., Nagy, J. (2013): A hazai kukorica minősége. *Debreceni Szemle*, 4, 204-210 pp.
37. Ulfat, A., Abasi, F., Munir, A., Rafaqat, A., Majid, S., A., Raja, N., I., Ahmad, K., S. (2022): Chapter 9 - How to deal with climate change in maize production. *Sustainable Crop Productivity and Quality Under Climate Change, Responses of Crop Plants to Climate Change*, 157-169 pp.
38. Sárdi K., (2011): Tápanyag-gazdálkodás. *Mezőgazda kiadó*, Budapest 14-15 pp.
39. Vári, R. (2009): A kukorica és a napraforgó tápanyagellátása. *Agronapló*, 2009/4, 40 p.
40. Almádi L., Béres I., Berzsenyi Z., Horváth Z., Hunyadi K., Kazinczi G., Lehoczky É., Mikulás J., Németh I., Petrányi I., Reisinger P., Szemán L., Szentey L., Szőke L., Tóth E., Varga Sz. (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia, *Mezőgazda kiadó*, Budapest, 317-420 pp.

41. Nepolean, T., Kaul, J., Mukri, Mittal, S., Luo, L., (2018). Genomics-Enabled Next-Generation Breeding Approaches for Developing System-Specific Drought Tolerant Hybrids in Maize, *Frontiers*, Volume 9
42. Wang, Y., Tang, O., Li, X., Pu, L., Zhang, H., Alok, A. (2022): CRISPR-Cas technology opens a new era for the creation of novel maize germplasms, *Frontiers*, Volume 13
43. Wisniewski, J., Frangne, N., Massonneau, A., Dumas, C. (2002): Between myth and reality: genetically modified maize, an example of a sizeable scientific controversy, *ScienceDirect*, Volume 84, Issue 11, 1095-1103 pp.
44. Mu, X., Chen, F., Wu, Q., Chen, Q., Wang, J., Yuan, L., Mi, G. (2015): Genetic improvement of root growth increases maize yield via enhanced post-silking nitrogen uptake, *ScienceDirect*, Volume 63, 55-61 pp.
45. Zhang, Y., Chen, F., Chen, X., Long, L., Gao, K., Yuan, L., Zhang, F., Mi, G. (2013): Genetic Improvement of Root Growth Contributes to Efficient Phosphorus Acquisition in maize (*Zea mays* L.), *ScienceDirect*, Volume 12, Issue 6, 1098-1111 pp.
46. Ramireddy, E., Nelissen, H., Leuendorf1, J., Van Lijsebettens, M., Inzé, D., Schmölling, T., (2021): Root engineering in maize by increasing cytokinin degradation causes enhanced root growth and leaf mineral enrichment, *Springer Link*, Volume 106, 555-567 pp.
47. Zhu, J., Brown, K., Lynch, J. (2010): Root cortical aerenchyma improves the drought tolerance of maize (*Zeamays*L), *Wiley Online Library*, Volume 33, Issue 5, 740-749 pp.
48. Campos, H., Cooper, M., Habben, J., Edmeades, G., Schussler, J. (2004): Improving drought tolerance in maize: a view from industry, *ScienceDirect*, Volume 90, Issue 1, 19-34 pp
49. Kaur, Y., Kumar, S., Shukla, S., Kumar, R., Rakshit, S., Sheoran, S., Nankar, A. (2022): Recent Advances for Drought Stress Tolerance in Maize, *Frontiers*, Volume 13, (*Zea mays* L.)
50. Ábrahám, R., Érsek, T., Kuroli, G., Németh, L., Reisinger, P. (2011): *Növényvédelem*, Debreceni Egyetem, 66-112 pp.
51. Green, J. (2016), *Society of Chemical Industry: The rise and future of glyphosate and glyphosate-resistant crops*, *Wiley Online Library*, Volume 74, Issue 5, 1035-1039 pp.
52. Bennetzen, J., Hake, S. (2009): *Handbook of Maize: Its Biology*, 271-289 pp.
53. García, M., García-Benítez, C., Ortego, F., Farínós, G. (2023): Monitoring Insect Resistance to Bt Maize in the European Union: Update, Challenges, and Future Prospects, *Oxford Academic*, Volume 116, Issue 2, 275-288 pp.

54. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2018.00361/full> Megtekintve: 2024.április 22.
55. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.1049803/full> Megtekintve: 2024. április 22.
56. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.872566/full> Megtekintve: 2024.április 22.
57. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.4462> Megtekintve: 2024. április 22.
58. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> Megtekintve. 2023. február 20.
59. https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn001c.html Megtekintve: 2024. április 8.
60. <https://www.primag.hu/blog/szakmai-cikkek/mi-is-az-a-fao-szam-> Megtekintve: 2024. április 8.
61. <https://agrarium7.hu/cikkek/43-milyen-kukoricat-valasszunk> Megtekintve: 2024. április 8.

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bérdi Benedek József
A Hallgató Neptun kódja: DR20IK
A dolgozat címe: Kukorica fajtaösszehasonlító kísérletek a termésmennyiség tekintetében
A megjelenés éve: 2024.
A konzulens intézetének neve: Növénytermesztési Tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agronómiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Tamási év 2024. április hó 28. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Bérdi Benedek József hallgató Neptun azonosítója: DR20IK konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ 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 javaslom².

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

Kelt: 2024 év április hó 27. nap

Dr. Mills Róka Bó

belső konzulens