Diplomadolgozat

SÁGI DÓRA

2024

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus
Agrármérnöki Osztatlan Szak

KUKORICA FAJTAÖSSZEHASONLÍTÓ KÍSÉRLET A TERMÉSMENNYISÉG ÉS -MINŐSÉG TEKINTETÉBEN MADOCSÁN

Belső konzulens: Dr. Mikó Péter Pál
egyetemi docens

Készítette: **Sági Dóra**

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

1 Bevezetés és célkitűzés 3
2 Szakirodalmi áttekintés 5
2.1 A kukorica származása 5
2.2 A kukorica gazdasági jelentősége 5
2.2.1 A világ kukoricatermesztése 5
2.2.2 Kukoricatermesztés Magyarországon 7
2.3 A kukorica ökológiai igénye 9
2.3.1 Éghajlatigény 9
2.3.2 Vízigény 10
2.3.3 Talajigény 11
2.4 Kukoricatermesztés 11
2.4.1 Talajművelés 11
2.4.2 Vetés 12
2.4.3 Tápanyagellátás 14
2.4.4 Növényvédelem 14
2.4.5 Betakarítás 16
2.5 A kukorica minősége 18
2.6 Fajtahasználat 20
2.6.1 Nemzeti Fajtajegyzék 20
2.6.2 Közösségi Fajtajegyzék 21
3 Anyag és módszer 22
3.1 A vizsgálat célja 22
3.2 A kísérleti hely bemutatása 22
3.3 A kísérleti tér kialakítása 24
3.4 Agrotechnika 24
3.5 Fajtasor 26

3.6 Vizsgálati módszerek 29
3.6.1 Hozammérés 29
3.6.2 Beltartalmi vizsgálat 29
4 Eredmények és értékelésük 31
5 Következtetések és javaslatok 41
6 Összefoglalás 42
7 Köszönetnyilvánítás 43
8 Irodalomjegyzék 44
9 Ábrák és táblázatok jegyzéke 49
10 Nyilatkozatok 51

1 Bevezetés és célkitűzés

A kukorica (*Zea mays* L.) fontos szerepet tölt be a világ gabonatermesztésében, és így az emberi lét fenntartásában egyaránt. Takarmányként (szemes- vagy silózott zöldtakarmány), bioetanol előállításban ipari alapanyagként, liszt és keményítőelőállításban malomipari nyersanyagként, de humán táplálékként is felhasználható. Sokrétű hasznosíthatósága a magyarázata nagy termelési volumenének világszerte, így hazánkban is. Termőterülete Magyarországon sok éven át 1 millió hektár körül mozgott. 2022-es évben a betakarított termőterület csupán 816 ezer hektár volt a rendkívül aszályos nyár miatt. 2023-ban azonban még tovább csökkent termesztésének területe (746 332 ha) (KSH 2023a).

A modern világ talán egyik legsürgetőbb problémája a folyamatosan növekvő népesség. Élelmiszerrel való ellátásuk érdekében folyamatosan növelni kellene a mezőgazdasági művelés alatt álló területet és a termésátlagokat. Becslések szerint 2050-re a népesség eléri a 9 milliárd főt, ami főleg a világ fejlődő és fejletlen részeit érinti (FAO 2009). Irodalmi források szerint a világ éves gabona előállítása 2,1 milliárd tonna, azonban a népességnövekedés ütemének lekövetéséhez 3 milliárd tonna termelésére lenne szükség éves szinten. Ez a talajok nagymértékű kizsarolásával és ezáltal leromlásával jár együtt, melynek hatására csökken a termelékenység és a megművelhető terület egyaránt (Obaisi 2017). Emellett számolni kell a klímaváltozás kukoricatermesztést érő hatásaival is. A világ kukoricatermésének több, mint 50%-át adó USA-ban és Kínában létrehozott modell szerint, amely a klímaváltozás forgatókönyve szerint, különböző hőmérsékleti értékek (0,46-1,46 °C növekedés) és csapadékmennyiségek mellett vizsgálja a hozamot megállapították, hogy az éghajlatváltozás hatásai nem egységesek a világ különböző pontjain, valamint hogy ezen változások a két fő éghajlati faktor változásainak kombinációi miatt negatív és pozitív hatással is lehetnek a kukorica termésmennyiségére (Li et al. 2011). Hasonló módon végeztek kísérleteket többek között Egyiptomban, ahol a CO_2 koncentráció is változója volt a modellnek. 2100-ig 12,8-19,6% hozamcsökkenést, valamint a virágzási idő és a fiziológiai érettség időszakának lerövidülését jelezték elő (Hassanein & Medany 2007). Ugyanezt az USA legnagyobb kukoricatermelő államában, Iowa-ban 10-20% közé prognosztizálják (Xu et al. 2016). Bannayan és munkatársai (2016) Iránban folytattak kísérleteket hasonló klímamodellek alkalmazásával, és megállapították, hogy a klímaváltozás hatásainak kitett régiókban az adaptációs stratégiák alkalmazása kritikus lehet a következő évtizedekben. Ilyen adaptációs stratégia például a vetésforgó megváltoztatása, ellenállóbb fajták termesztésbe vonása, az

öntözés, és ezzel együtt a kultúrnövények hatékonyabb vízfelvétele, az agrotechnikai műveletek helyének és idejének megváltoztatása (például későbbi vetés), valamint a hatékonyabb növényvédelem (gyomok-, kórokozók- és kártevők ellen) megvalósítása egyaránt. A mezőgazdasági művelés alatt álló területek nagysága nem, vagy csak elhanyagolható mértékben fog növekedni a jövőben, emellett az egyre emelkedő hőmérséklet és a csökkenő mennyiségű csapadék is nehezíti a termelők dolgát. A gazdák célja tehát minden esetben a rendelkezésükre álló, egységnyi területen a lehető legtöbb termést elérni, a lehető legalacsonyabb ráfordítással. Ehhez magas színvonalú agrotechnikára, kimagasló hozamú és alkalmazkodóképességű fajtákra, valamint optimális időjárási körülményekre van szükség (Márton 2013).

A kísérlet során a célom 14 kukoricafajta összehasonlítása volt termésmennyiség és minőség tekintetében Madocsa mellett. A hibridek 4 nemesítőcégtől származtak, és különböző FAO számúak voltak. Az azonos időben vetett, és megegyező agrotechnikával művelt hibrideket a következő célok és szempontok szerint vizsgáltam:

- a 2023-as év időjárásának hatása a hibridek termésmennyiségére és minőségére, valamint alkalmazkodóképességük a rendkívül heterogén talajjal szemben.
- melyik éréscsoport teljesít jobban a kísérleti területen?
- megéri-e drágább vetőmagot venni, vagyis jobban teljesítenek-e ezen hibridek?

A célkitűzés tehát kukoricafajták összehasonlítása volt a 2023-as év időjárása és a termőhely specifikus tulajdonságainak figyelembevételével a hozam és a minőség tekintetében.

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 A kukorica származása

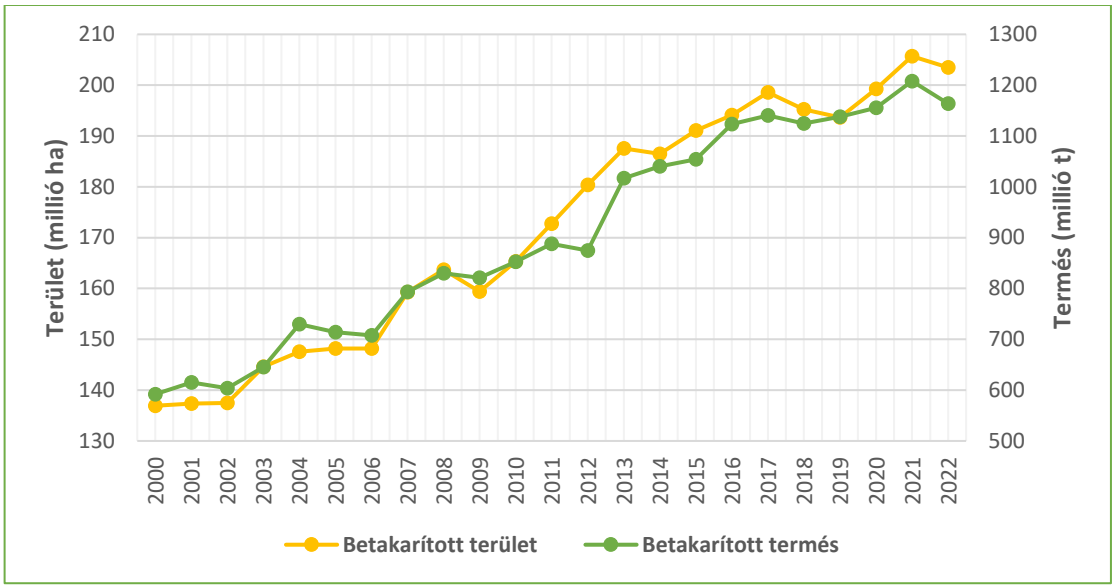
A kukorica (*Zea mays* L.) eredetéről az elmúlt évtizedekben sok vita folyt a kutatók körében. Az 1900-as évek elejétől kezdődően számos kutatást folytattak, azonban még sincs teljes bizonyosság származását illetően (Galinat 1971). A kutatók teljes egyetértésben Amerikát jelölik a kukorica őshazájának, ahol az azték-, a maja- és az inka törzsek kultúrájának is fontos részét képezte a növény. Európába 1493-ban hozták be a spanyolok az Újvilág felfedezését követően, ekkor azonban a kukoricát már Amerika-szerte termesztették. Hazánkban a kezdetben dísznövényként elterjedt kukorica csak a 18. századtól került termesztésbe (Nagy 2021). Eredetének kutatása során áttörést régészeti szempontból a mexikói Tehuacan-völgyben feltárt barlangokból előkerült leletek jelentették, melyek a Coxcatlan, Purron, San Marcos, Tecorral és az El Riego voltak. Az évek során több, mint 24 000 mintát találtak ezen barlangokban, melyek között a növény minden része megtalálható volt: szár-, levél- és gyökérmaradványok, kukoricaszemek és csövek, valamint pollen is. Mangelsdorf és munkatárasai (1967) a legrégebbi makrofosszíliák korát Kr.e. 5000-re becsülték, ezen vad kukoricacsövek 19-25 mm hosszúak voltak, 4-8 szemsort és soronként 6-9 kalászkát tartalmaztak. A Kr.e. 3500-2300-ra datált csövek morfológiailag megegyeztek a vad kukoricával, csupán hosszabbak lettek, így ezeket az első termesztett kukoricának tekintették. A kukorica ősének legtöbben a Közép-Amerikában őshonos teosintét tekintik, amit *Zea* fajok, valamint alfajok alkotnak. Keresztezési kísérleteket végeztek diploid teosinte, és a pázsitfűfélék családjába tartozó *Tripsacum* nemzetség fajai között. Régészeti leletek is alátámasztották felvetésüket, miszerint genomok közti rekombináció eredményeként alakult ki a ma ismert kukorica a fenti fajokból, ember által végzett szelekciós hatások eredményeként. Ezzel magyarázatot tudtak adni arra, hogy a teosinte csupán 5-7 szemet tartalmazó kalászából néhány generáció alatt hogyan alakult ki egy több száz szemet termelő, fejlett cső (Eubanks 2001).

2.2 A kukorica gazdasági jelentősége

2.2.1 A világ kukoricatermesztése

A kukorica a világon legnagyobb mennyiségben termesztett gabonafélénk, amit sorban a rizs és a búza követ. 2021-ben 205 millió hektáron, 1,2 milliárd tonna kukoricát termesztettek világszerte, ami az elmúlt 20 évben majdnem a duplájára nőtt mind terület, mind mennyiség

tekintetében (*1. ábra*), ezzel a termelés növekedése a gabonafélék között a kukorica esetében a legdinamikusabb. 2000-2022 közti időszakot vizsgálva a legnagyobb mennyiségben Amerikában (51,5%), ezen belül az USA-ban (évi 350-380 millió tonna), Brazíliában és Argentínában termesztették a legnagyobb mennyiségben. Ezt követi Ázsia (30%), Európa (11%), majd Afrika (7,4%). A második legtöbbet termelő ország Kína, ahol évi 250-270 millió tonna kukoricát állítanak elő. Az Európai Unió országai emellett csupán évi 8-10 millió hektáron 60-70 millió tonna kukoricát termelnek (FAOStat 2023).



1. ábra: A világ kukoricatermesztése 2000-2022 között (FAO adatok alapján, saját szerkesztés)

Megfigyelhető tendencia tehát a 2000-es évek eleje óta a kukorica termőterületének növekedése, ami sokrétű felhasználásának (például etanol, keményítő és izocukor gyártás) és a húsfogyasztás növekedésének köszönhető. A kukorica takarmány célú felhasználása 58% körüli, élelmiszer célú felhasználása 13%, bioetanol előállítására 15%, egyéb felhasználására 9% jut (Oláh & Popp 2018; Erenstein et al. 2022). Élelmezésben főleg Közép-Afrikában és a Szahara régiójában, Indiában, Mexikóban, valamint Latin-Amerikában játszik igen fontos szerepet napjainkban is (Erenstein et al. 2022; Pepó 2019).

A növény minden része hasznosítható: friss vagy silózott formában biogáz nyersanyagaként vagy takarmányként hasznosítható, de a száraz kukoricaszár és csutka is alkalmazható biometán előállítására, fűtésre, valamint tápanyag-visszapótlásra is. A kukoricaszem hasznosítása főleg szarvasmarha-, baromfi- és sertés állományok takarmányozásában kiemelkedő fontosságú, azonban hasznosítása az élelmiszeriparban is fellendült (puffasztott termékek, kukoricacsíra és -olaj). Ezen kívül a műanyaggyártás, az étkezési (izo) cukorgyártás, a szeszgyártás és a

keményítőgyártás alapanyaga, de a gyógyszeripar is hasznosítja. Bioenergia-előállítási alapanyagként is vitathatatlan jelentőségű, az Európai Unióban 2019-ben 5,9 milliárd liter bioetanol került felhasználásra, amihez nagyjából 5,9 millió tonna kukorica szükséges évente (Nagy 2021). Napjainkban közel 100%-ban keményítőből állítjuk ezt elő, hiszen erre van kiépült technológiánk (Torney et al. 2007). A kukoricának tehát kulcsszerepe van a fenti iparágakban, ezen piacok azonban eltérő minőséget igényelnek, és eltérő árakat biztosítanak (Nagy 2021).

2.2.2 Kukoricatermesztés Magyarországon

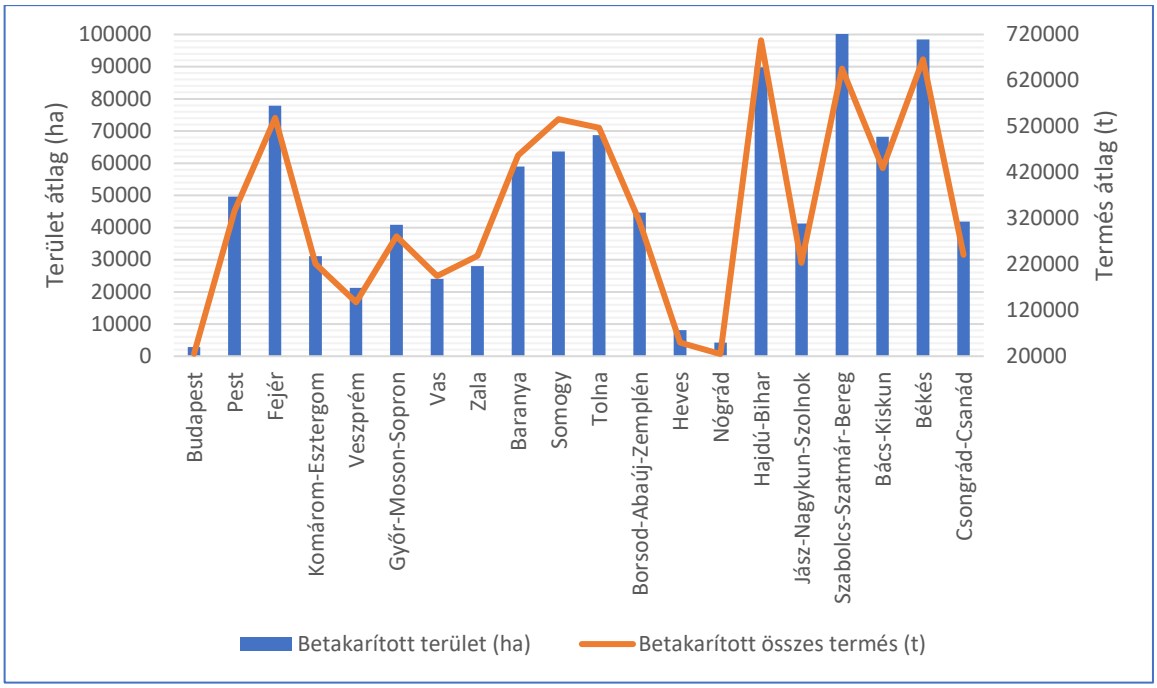
A kukorica termőterülete hazánkban 2000-2021 között 0,9-1,2 millió hektár között alakult, a betakarított mennyiség pedig 4-9 millió tonna közötti sávban mozgott. 2022-ben a rendkívüli aszály miatt 0,8 millió hektár volt a betakarított terület, és csupán 2,7 millió tonna betakarított termés lett. 2023-ban érte el a termőterület a mélypontot (767 ezer ha), azonban a viszonylag nagyobb mennyiségű május-júniusi csapadéknak köszönhetően 6,2 millió tonna kukorica került betakarításra (*1. táblázat*) (KSH 2023a). A 2023. évi adatok becsült értékek voltak a táblázat elkészítésekor, így azok csak tájékoztató jellegűek.

1. táblázat: Magyarország kukoricatermelése az elmúlt években (KSH adatok alapján, saját szerkesztés)

Év	Betakarított terület (ha)	Betakarított összes termés (t)	Termésátlag (t/ha)
2023	767 852	6 272 524	8,17
2022	816 643	2 781 774	3,41
2021	1 054 566	6 462 205	6,13
2020	981 006	8 414 350	8,58
2019	1 027 592	8 277 813	8,06
2018	939 080	7 976 941	8,49

A kukorica termésátlaga megfelelő agrotechnikai műveletek és kedvező időjárási körülmények mellett a legmagasabb a gabonafélék között. Kedvezőtlen körülmények között azonban a termésingadozás mértéke akár 30-50%-ot is elérhet (Kiss 2013b). A termésátlag országosan általában 6-8 t/ha között alakul, 2022-ben azonban csak 3,41 t/ha volt. A termésátlagok nagy ingadozásának okozói lehetnek az időjárási szélsőségek, a termesztéstechnológia nem megfelelő alkalmazása, valamint az inputok hiánya is (Nagy 2021).

A kukorica betakarított területének és termésének vármegyékre lebontott átlagait, a 2018-2022 közötti időszakot vizsgálva, a következő diagramon láthatjuk (*2. ábra*).



2. ábra: Vármegyénként betakarított terület- és termés átlagai 2018-2022 között (KSH adatok alapján, saját szerkesztés)

A diagramról leolvasható, hogy legnagyobb termőterülete Hajdú-Bihar-, Szabolcs-Szatmár-Bereg-, és Békés vármegyékben, vagyis az Alföldön található. Ezen kívül a Dél-Dunántúli régió, azon belül Baranya-, Somogy- és Tolna vármegye kukorica-termőterülete jelentős. Nógrád és Heves vármegyében, valamint Budapest régiójában termelnek a legkisebb területen kukoricát hazánkban. A búza mellett a kukorica termőterülete a legjelentősebb, együttesen a szántóföldi növények vetésszerkezetének 50%-os részarányát képezik több, mint 30 éve. Ezt sorrendben a napraforgó (13%), a repce (7%) és az árpa (6%) követik (KSH 2023b, Nagy 2021). A szemes kukorica esetében az egy hektárra jutó költségek 2016-ra elérték a 300 000 forintos szintet, ami 9%-os növekedést jelentett 1 év leforgása alatt. Költségstruktúrája nem változott jelentősen azóta sem, 35-40%-át a vetőmag, a műtrágya és a növényvédőszerek kiadásai adják. Ebből a vetőmagköltség a vizsgált források szerint 12-13,28% körül alakul. A fedezeti hozzájárulás értéke 2011-2017 között 220 000-300 000 Ft/ha között ingadozott (AKI 2018, Csipkés 2018).

2.3 A kukorica ökológiai igénye

2.3.1 Éghajlatigény

Származásából adódóan a kukorica a melegigényes szántóföldi növényeink közé tartozik, nagy hőmérsékleti- és vízigényét hazánkban megfelelően ki lehet elégíteni. Termesztésének határa egyre inkább északi irányba tolódik a klímaváltozás, valamint a nemesítés eredményeképp, az egyre rövidebb tenyészidejű hibridek megjelenésével. Alapvetően rövidnappalos növény, hazánkban fotoperiódus-semlegesnek tekinthető. Fejlődési ütemét, valamint érési idejét a napi hőegység értéke határozza meg. A Magyarországon termesztett hibridek effektív hőösszegigénye 1100-1400 °C között alakul. Ez határozza meg a tenyészidő hosszát, amelyet a FAO-szám fejez ki. Ez alapján a kukorica fajtákat és hibrideket 9 érési csoportba osztották: extra korai FAO 100-199; igen korai FAO 200-299; korai FAO 300-399; középkorai FAO 400-499; középérésű FAO 500-599; középkési FAO 600-699; késői FAO 700-799; igen késői FAO 800-899; extra késői FAO 900-999 (Radics 1994). A hibridek termeszthetősége adott termőhelyen attól is függ, hogy melyik érésidejű csoportba tartoznak, így az ország déli és középső részén a középérésű, északi, illetve nyugati területein a korai érésű hibridek termeszthetők biztonsággal (Pepó 2019). A Magyarországon napjainkban is használatos csoportosítás az alábbi táblázatban látható (*2. táblázat*).

2. táblázat: Éréscsoportok jellemzői (Antal & Jolánkai 2005)

Érésidő	Tenyészidő (nap)	FAO-szám	HU °C
szuper korai	95-105	100-199	916-972
igen korai	132-147	200-299	1028-1088
korai	134-160	300-399	1138-1194
középérésű	138-165	400-499	1250-1305
késői	143-175	500-599	1361-1417
igen késői	151-179	600-699	1472-1528

A táblázatban az éréscsoportokhoz van rendelve a tenyészidő hossza, a FAO-szám, valamint a hasznos hőösszegigény egyaránt. A kukorica fejlődését a tavaszi fagyok általában nem hátráltatják, problémát azonban a vontatott kelés (lassú felmelegedés, csapadékhiány), az elhúzódó nyári csapadékmentes, hőséggel párosuló időszak, de a hűvös-csapadékos ősz is okozhat a kezdeti fejlődés, az érés, valamint a betakarítás folyamán (Nagy 2021; Pepó 2019).

2.3.2 Vízigény

Fontosnak tartom kiemelni a kukorica vízigényét, hiszen a csapadék a termésmennyiséget leginkább meghatározó meteorológiai tényező, így a kukoricatermesztés legnagyobb kockázati tényezője hazánkban a vízhiány. Kritikus időszaka a virágzástól a teljes érésig tart, ami hazánkban július 15-augusztus 15. közötti időszakra tehető. Nagy termőképességét akkor tudja realizálni, ha ebben a két hónapban 100-100 mm csapadék hullik, ami egyre ritkábban teljesül (Nagy 2021). Kovács és munkatársai 2001-től kezdődő adatok elemzése után megállapították, hogy Jász-Nagykun-Szolnok vármegyében vizsgált növényeik közül a kukorica reagált a legnagyobb mértékű terméscsökkenéssel az aszály hatására az elmúlt 20 évben (Kovács et al. 2022). A csökkenő talajvízszint, a téli hónapok csapadékszegény időjárása, valamint a vetéstől virágzásig tartó aszályos időszak hossza kétségkívül a kukorica elsőszámú terméslimitáló tényezője (Nagy 2021; Pepó 2019). Nagy és munkatársai (2016) kísérleteiben átlagosan 2,6 t/ha terméstöbbletet írtak le az öntözés hatására. Ez aszályos években 4,5-5 t/ha, átlag csapadékellátottságú években azonban csak 0,5-1,5 t/ha. Az ezermagtömegre is pozitívan hat, Amerikában öntözött hibridnél 337 g, öntözetlennél 287 g volt (Zamora-Re et al. 2020). Kínában a vízhasznosulás és a nitrogén kijuttatás között pozitív korrelációt tapasztaltak, a vizsgálatok közül (100, 150 és 200 mm, valamint 240, 180 és 120 kg/ha N) a legnagyobb termést (7,9 t/ha) a legnagyobb mennyiségű öntözővíz és nitrogén műtrágya kijuttatásával érték el (Wang & Xing 2017). Dél-Olaszországban sós vízzel öntözve nem csökkent a kukorica hozama, de magasabb fehérje- (9,1%) és alacsonyabb betakarításkori nedvességtartalom (13,3%) volt elérhető. Ez egy alternatív megoldás lehet az időszakos vízhiánnyal fenyegető nyári időszakban a régióban (Leogrande et al. 2016). Az öntözés tehát egyértelmű hozamnövekedést eredményez, de ez a hatás nem azonos mértékű különböző hibridek esetében. Debrecenben DKC4351 (FAO 370), KWS Kamparis (FAO 350-400) és P9903 (FAO 390) hibridek esetében a vizsgálat évében (2019) a hozamnövekedés nem kompenzálta az öntözés többletköltségét (0,34-1,05 t/ha növekmény), így gazdaságilag nem érte meg öntözni. Kísérleteikben az öntözött állományok fehérjetartalma Leogrande és munkatársai (2016) eredményeivel ellentétben alacsonyabb értékeket mutatott (Virág et al. 2020). Hegyi és munkatársai (2007) megfigyelései szerint csapadékosabb termőhelyen a szembe több keményítő épül be, ami így alacsonyabb fehérjetartalmat eredményez.

Az öntözés a hozamnövekedés mellett a termésbiztonság eléréséhez is elengedhetetlen a modern mezőgazdaságban. Az öntözött területek nagyságának növelése ezen okokból kifolyólag is elvárás lenne tehát, azonban az öntözött terület Magyarországon nem éri el a

100 000 hektárt sem. 2022-ben az összes megöntözött szántóterületből (94 631 hektár) 15 ezer hektáron öntöztek kukoricát (vetőmag nélkül) (AKI 2023).

2.3.3 Talajigény

Kiemelkedően jó termést a kukorica csak mély termőrétegű, jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező, könnyen felmelegedő, főleg csernozjom, barna erdőtalaj és réti csernozjom talajokon képes adni. Kémhatás tekintetében nem érzékeny, de legideálisabb számára a 6,6-7,5 pH-jú talaj. A hideg, túl kötött és rossz szerkezetű talajokat érdemes elkerülni (Pepó 2019). A kukorica a talajjal szemben igényesebb növények közé tartozik, a fentieken túl érzékenyen reagál a talajok tápanyag-ellátására és tápelem-összetételére, valamint a biológiai aktivitására, a fizikai tulajdonságaira (textúra, szerkezet, levegőzöttség) és vízellátottságára egyaránt (Nagy 2021).

2.4 Kukoricatermesztés

A kukorica termeszthető monokultúrában és részleges monokultúrában is (2-3 év), azonban kisebb termésbiztonság és gyengébb termésminőség elérése mellett. Vetésváltás nélkül termesztve a legnagyobb gondot növényvédelmi problémák jelentik, ilyen például az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) megjelenése. A vetésváltásnak ezen kívül jelentős szerepe lehet az aszály kedvezőtlen hatásainak mérséklésében is, ami az utóbbi években egyre nagyobb jelentőségű. Jó elővetményei az őszi- és tavaszi kalászos gabonák, a burgonya és a csemegekukorica, közepes elővetményei a napraforgó, a lucerna és a cukorrépa, kifejezetten aszályos évjáratokban. Rossz elővetménynek számítanak a cirokfélék, valamint a monokultúra is kerülendő. Utóveteménye általában őszi búza, de lehet tavaszi zab és őszi árpa is, azonban a kukorica utáni tápanyagkijuttatásra és talajelőkészítés elvégzésére elegendő időt kell hagyni (Antal 2000; Nagy 2021; Pepó 2019).

2.4.1 Talajművelés

Tamás és munkatársai (2022) debreceni kísérleteiben a legmagasabb átlagtermést őszi szántott és lazított művelési módban, öntözött körülmények között kapták (7,64 és 7,58 t/ha), a sávos művelés pedig statisztikailag igazoltan alacsonyabb átlagot (5,92 t/ha) eredményezett a hibridek átlagában. Megállapították tehát, hogy az eltérő művelésmódok jelentősen befolyásolni képesek a termésátlagot. Szintén Debrecenben, 2004-2014 között őszi szántás, tavaszi szántás és tavaszi sekélyművelés összehasonlítását végezték. Megfelelő csapadékellátottságú években (2004, 2005, 2008) az őszi és a tavaszi szántás, aszályos években (2007) pedig a sekélyművelés

terméseredménye volt jobb. A kísérlet folytatásaként 2015-2019 között őszi szántást, sávos művelést és lazításos művelést összehasonlítva megállapították, hogy az első kettő között 5 év átlagában nem mutatkozott különbség a termésmennyiség tekintetében, de a lazításos művelés szignifikánsan nagyobb termést adott (Nagy 2021). Archer és Reicosky (2009) ezzel ellentétben nem találtak szignifikáns különbséget a művelésmódok között a termésmennyiség tekintetében. Megfigyelték, hogy a betakarításkori szemnedvesség no-till művelésnél magasabb volt, mint lazított talajon. Deines és munkatársai (2019) szintén az USA Corn Belt régiójában végezték kutatásaikat 2005-2017 között, és műholdfelvételek segítségével megállapították, hogy a hosszútávú minimum tillage miatt átlagosan 3,3%-kal nőttek a termésátlagok a vizsgált időszakban. Számításaik szerint a művelés teljes hatását kukoricában 11 év után, szójában 22 év után éri csak el. Cociu és Alionte (2017) kísérleteiben az általuk vizsgált hagyományos művelés (szántás), a lazítás és a no-till is befolyásolta a kukorica fehérjetartalmát és hozamát. A legmagasabb fehérjetartalmat őszi szántás mellet érték el (9,36%), ez lazításnál 9,05%, direktvetésnél 8,93% volt. Termésátlagot tekintve 2008-2015 között az őszi szántás szignifikánsan alacsonyabb (8,82 t/ha) eredményt hozott, mint a lazítás (9,05 t/ha), és mint a no-till (9,24 t/ha). Balla (2017) 2012-2014 között 3 hibrid (Renfor-FAO 300, Neffel-FAO 350, Armagnac-FAO 490) termését és keményítőhozamát vizsgálta. 70 000 tő/ha mellett az őszi szántásos művelés termésátlaga (10,21 t/ha) szignifikánsan magasabb volt a tavaszi sekélyművelésétől (9,58 t/ha) és a tavaszi szántásétól (8,91 t/ha). A hibridek közül a Renfor (9,46 t/ha) szignifikánsan magasabb termést hozott a művelésmódok átlagában, mint az Armagnac (9,13 t/ha), és szignifikánsan alacsonyabbat, mint a Neffel (10,12 t/ha). A szem keményítőtartalma őszi szántással lett a legnagyobb mennyiségű, 10,21 t/ha termésből 6,53 t/ha (63,96%) keményítő jött létre.

2.4.2 Vetés

A vetést megelőző magágykészítés magas minősége gyors csírázást és egyöntetű kelést, valamint gyors kezdeti fejlődést eredményez, így elvégzése kiemelt jelentőségű (Illés 2022). A szerzők szerint a kukorica optimális vetésideje hazánkban április 10. és május 5. közé esik. A klímaváltozás hatására azonban sokszor a talaj hőmérséklete már akár március végén, április elején eléri a csírázás megindulásához szükséges 8-10 °C-ot. A kukoricát szemenkénti pneumatikus vetőgéppel, 5-8 cm mélyre vetjük (Nagy 2021).

A vetésidő megválasztása rendkívül fontos feladat, hiszen befolyásolja a növekedést, a fejlődést és a termésmennyiséget egyaránt. Optimális idejének megválasztása lényeges tehát a magas hozamok eléréséhez, ezen kívül a kórokozók és kártevők megjelenésére, károsításukra,

valamint az elvégzendő növényvédelmi kezelések idejére is hatással van. Shrestha és munkatársai (2018) Nepálban végzett kísérletei a késői (november-december) vetés hatásait vizsgálták, ami a virágképződés idejét, a fotoszintézist, a fiziológiai érettség idejét és a szárazanyag termelést is befolyásolja. Megállapították, hogy a nagyobb mennyiségű sugárzás és magasabb hőmérséklet hatására a növény vegetatív fejlődése erősödött, így a szárazanyag akkumulálódása a szembe, ezáltal a végső termésmennyiség is csökkent. Új-Zélandi kísérletekben a késő érésidejű hibrideknél erőteljesebb válasz jelentkezett a késői vetésidőre és a vízstresszre a szemek száma és -tömege, valamint a termésmennyiség tekintetében, mint az alacsonyabb FAO számú, korai érésidejű hibrideknél (Tsimba et al. 2013). Debrecenben FAO 290, 350 és 420 hibrideket 2011-2013 között vizsgálva bemutatták, hogy a kelés és a termés összefüggése genotípusonként eltérő. FAO 290-es hibrid adta a legalacsonyabb termést (11,53 t/ha) mindhárom évben, azonban későbbi (május 10.) vetéssel nagyobb termést adott (12,78 t/ha). A FAO 350 és 420 nem volt érzékeny a vetésidőre, ez utóbbi emellett a legkisebb termésingadozást mutatta a vizsgált időszakban a hibridek közül (6,5%) (Széles & Huszvai 2020). A kísérletben megállapították továbbá, hogy a vetésidő, a genotípus és az évjárathatás közül a vetésidőnek volt legszignifikánsabb hatása a fehérje és az olajtartalomra kukoricában (Széles et al. 2019). Illés és munkatársai (2022) szintén Debrecenben kelésdinamikai kísérleteket végeztek, és megállapították, hogy az első 2 napon kelt növények termésmennyisége szignifikánsan nagyobb volt, emellett a legnagyobb szem- és csőtömeget, valamint csőhosszt is itt mérték. A kelés időpontja és eloszlása meghatározza a szemtermés fehérje-, keményítő- és nedvességtartalmát betakarításkor, így a késői vetés nagyobb betakarításkori szemnedvességet eredményezett (Illés 2022; Nagy 2021). Szerzők szerint a korai vetés a reproduktív növekedést, és így a terméshozamot, a késői vetés pedig a vegetatív növekedést segíti elő (Nagy 2021; Liu et al. 2013). Kínában éppen ezért a korábban vetett, hosszabb tenyészidejű fajták alkalmazásával 13-38%-os termésnövekedést értek el 1981-től 2007-ig, amivel képesek voltak a klímaváltozás negatív hatásait jelentős növekedéssé változtatni (Liu et al. 2013).

A növényszám a termés mennyiségét és minőségét is egyértelműen meghatározza. A növénysűrűség növelésével drasztikus terméscsökkenést (Nagy 2021), de a szem keményítőtartalmának növekedését, valamint az olaj- és fehérjetartalom csökkenését is kiválthatjuk (Pepó 2019). Tamás és munkatársai (2022) Debrecenben igazolták ezt a megállapítást kísérletükben, a vizsgált FAO 380-as hibrid (Merida) 60 000 tő/ha mellett érte el a legmagasabb átlagot 7,44 t/ha-ral. 80 000 tő/ha mellett 0,47 t/ha-ral alacsonyabb hozamot értek el. Az optimális tőszámot a hibrid genetikája és a tenyészideje befolyásolja leginkább a

termőhely adottságai, az évjárathatás, valamint a víz- és tápanyagellátottság mértéke mellett. Így például átlagos viszonyok között FAO 200-300-as hibridet 70-80 ezer tő/ha, FAO 400-as hibridet 65-75 ezer tő/ha tőszámmal javasolt vetni (Pepó 2019). Emellett a nemesítőházak is adhatnak ajánlásokat hibrideik tőszámára vonatkozóan.

2.4.3 Tápanyagellátás

A kukorica viszonylag nagy tápanyagigényű növény, ezt Pepó (2019) szerint 60-120 kg/ha N, 60-70 kg/ha P_2O_5 és 110-120 kg/ha K_2O tartalmú műtrágyamennyiséggel lehet kielégíteni figyelembe véve a talaj tápanyag-ellátottságát, az elővetemény hatását, a hibrid termőképességét és tervezett termésátlagát. A termesztéstechnológiai elemek közül a termésmennyiséget legnagyobb mértékben a trágyázás, és azon belül a nitrogén-ellátás határozza meg, de a minőségre is hatással van (Nagy 2021). Széles és munkatársai (2018) debreceni kísérleteiket 2011-2016 között végezve, 11 különböző nitrogén dózist (0-300 kg/ha) alkalmazva megállapították, hogy csapadékos évjáratban alacsonyabb NPK dózissal (120:92:108 kg/ha) is gazdaságos termésszintet lehet elérni. Ez 26%-os (3,498 t/ha) növekedést jelent az aszályos évekhez viszonyítva, ezekben az években azonban a kockázat magasabb dózisok alkalmazásával csökkenthető. A kijuttatott N mennyiségének növelésével a szem fehérjetartalma növelhető, de minőségét nem javítja (Nagy 2021). Az előző kísérletben a legnagyobb N dózis mellett (300:184:216 kg/ha) érték el a legnagyobb fehérjetartalmat (9,5%), ami folyamatosan csökkent (120:92:108 kg/ha 8,4%, 30:23:27 kg/ha 7,5% fehérje) (Széles et al. 2018). A mennyiség mellett az NPK aránya és a műtrágya típusa is befolyásoló tényező, így például a lassan feltáródó ammónium-szulfát és a karbamid szignifikánsan nagyobb hatással vannak a fehérjehozamra, mint a gyorsan feltáródó társaik (Szulc et al. 2013). Pakisztánban a vizsgált dózisok mindegyikénél (90, 120, 150 és 180 kg/ha N és 60, 90 és 120 kg/ha P) a biomassza hozam lineáris növekedése egyértelműen jelezte, hogy a nitrogén korlátozó tápanyag-tényező (Khan et al. 2014). Csathó (2004) kísérleteiben a terméstöbblet csökkent a növekvő kálium-szinttel: 41-80 mg/kg AL-K2O tartományban 2,4 t/ha többlet, 120-160 mg/kg AL-K2O között 0,5 t/ha többlet jelentkezett, de 200 mg/kg AL-K2O felett már nem volt tapasztalható hozamnövekedés a trágyázás hatására. Kiss (2013a) kísérletében a nagyobb dózisú műtrágya kiszórásakor (240 kg/ha N) a keményítőtartalom csökkenését figyelte meg.

2.4.4 Növényvédelem

A kukorica növényvédelmét tekintve a gyomszabályozás a leginkább meghatározó a termésmennyiség és termésbiztonság szempontjából, azonban a kártevők és a kórokozók is

jelentős terméskiesést okozhatnak az állományban. A kukorica védelmében fontos szerepe van a termesztéstechnológiai műveleteknek, ilyen például a szántás alkalmazása a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) és a szárban telelő lárvája elleni védekezésben. A növényi sorrend helyes megválasztása az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*), valamint a talajlakó kártevők (pl. pattanóbogarak lárvái) egyedszámát csökkentheti. Harmonikus tápanyagutánpótlás biztosításával mérsékelni tudjuk a fritlégy (*Oscinella frit*), a kukoricamoly és a levéltetvek kártételét a kukorica ellenálló képességének növelésével (Nagy 2021; Pepó 2019).

A kukorica fontosabb kórokozói a fuzáriózis (*Fusarium* spp.), a helminthospóriumos levélfoltosság (*Bipolaris* spp.), az üszögbetegségek közül a golyvás- (*Ustilago maydis*) és a rostosüszög (*Sorosporium holci-sorghi*), valamint a csíkos mozaikvírus (Maize dwarf mosaic virus). Ellenük a vetőmag csávázásával, rezisztens hibridek kiválasztásával, a gombabetegségek ellen pedig állománypermetezéssel védekezhetünk szükség esetén.

Legjelentősebb kártevői a kukoricabarkó (*Tanymecus dilaticollis*), a fritlégy, a kukoricamoly, az amerikai kukoricabogár, a levéltetvek, egyes talajlakó kártevők (drótférgek, pajorok), valamint a gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) hernyója is. Ellenük helyes agrotechnikával, vetőmagcsávázással, vetésváltás alkalmazásával, rezisztenciára nemesített hibridek termesztésével, talajfertőtlenítéssel, esetleg állománypermetezéssel lehet védekezni, ez utóbbit főként csak a gazdaságos védekezés szintját meghaladó kártétel esetében (Nagy 2021; Pepó 2019). Génmódosítással, cry1C gén hibridekbe való beépítésével kukoricamoly ellen rezisztens hibrideket voltak képesek létrehozni és ezeket sikeresen alkalmazni többek között az USA-ban és Kínában (Du et al. 2014).

Az integrált gyomszabályozási rendszer elemeinek összehangolt alkalmazásával a gyomnövények kártétele csökkenthető, visszaszorításuk gazdaságosan megoldható. Ilyen elem többek között a vetésváltás alkalmazása, optimális talajállapot létrehozása a gyomirtó szerek hatáskifejtéséhez, a fajtaválasztás, gyommag mentes vetőmag és szerves trágya használata, optimális növényszám és vetésidő megválasztása (Nagy 2021). Az Ötödik Országos Gyomfelvételezés során (2007-2008 között) Novák és munkatársai (2011) megállapították, hogy az összes gyomborítottság mind a nyár eleji (35%-ról 42%-ra), mind a nyárutói felvételezés (57%-ra) során nőtt a megelőző 10 évben. A leggyakoribb gyomok borítási százalékai a következők voltak a fenti felvételezések idejében: kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli*) 6,6% és 8,4%, parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*) 5,4% és 8,7%, fehér libatop (*Chenopodium album*) 5,2% és 6,8%, szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*) 2,2% és 2,8%, fakó muhar (*Setaria pumila*) 1,8% és 3,1%. Ezen kívül a mezei acat (*Cirsium arvense*),

a termesztett köles (*Panicum miliaceum*), a csattanó maszlag (*Datura stramonium*), a karcsú disznóparéj (*Amaranthus powellii*), az apró szulák (*Convolvulus arvensis*), és a fenyércirok (*Sorghum halepense*) a legfontosabb gyomnövényei. A Hatodik Országos Gyomfelvételezéskor Novák és munkatársai (2019) megállapították, hogy az összes gyomborítottság az előző felvételezés óta jelentősen csökkent, azonban a legjelentősebb gyomnövények nem változtak. Továbbra is a T_4-es gyomok elterjedése a legnagyobb mértékű, ezen kívül a selyemmályva (*Abutilon theophrasti*) és a fenyércirok felszaporodása igen szembetűnő. Nagy előnye a kukoricának, hogy a legszélesebb herbicidválasztékkal rendelkezik szántóföldi növényeink között: presowing, preemergens és posztemergens kezelések is alkalmazhatók az adott terület gyomviszonyainak ismeretében (Nagy 2021).

Léteznek különféle herbicidrezisztens és -toleráns fajták, hibridek, melyek közül elsősorban a nem transzgénikus, irányított szelekcióval létrehozott, a fűféle gyomokat irtó cikloxidimmel szemben toleráns kukoricahibrideket szeretném kiemelni. Ezek a DUO System hibridek nehezen irtható, egyszikű gyomokkal erősen fertőzött területeken sikerrel termeszthetők magasabb termésátlagok mellett (Nagy 2021). A cikloxidim tartalmú gyomirtószerek (pl: Focus Ultra) az acetil-koenzim-A-karboxiláz enzim aktivitását gátolják, a toleráns hibridek megoldást jelentenek a gyomszabályozási problémára ott, ahol a GMO kukorica termesztése nem engedélyezett. Szerbiai kísérletekben különböző dózisú Focus Ultra alkalmazása mellett figyelték a kukorica hozamát. Kisebb dózisok mellett domináns, nagyobb dózisoknál részlegesen domináns génexpressziót figyeltek meg, így a hozam ez utóbbinál lényegesen alacsonyabb lett (Vančetović et al. 2009; Vančetović et al. 2014).

2.4.5 Betakarítás

A kukorica betakarítása nagy logisztikai munkát igényel, így komoly feladat elé állítja a termelőket. Ennek oka az, hogy hatalmas területen (közel 1 millió hektár) kell igen nagy mennyiségű termést, viszonylag rövid idő alatt betakarítani. Ehhez a betakarító-, a szállító- és a fogadókapacitást szakszerűen össze kell hangolni. Különböző tenyészidejű fajták választásával a munkacsúcs széthúzható. A kukorica a biológiai érést követően takarítható be, ezt a szem csíra felőli végén képződött fekete réteg jelzi. Ekkor a szem nedvességtartalma 20-30% között van, a genetikai tulajdonságoktól, az időjárástól, valamint az agrotechnikától függően. Ezután a hibrid vízleadó képességétől függően gyorsabban vagy lassabban csökken a szemek nedvességtartalma, ami meghatározza a betakarítás időpontját (Antal 2000, Nagy 2021). Fontos a betakarítás optimális időpontjának megválasztása, mivel hatással van a termésmennyiségre, a munka minőségére, ezen kívül a felmerülő veszteségekre és költségekre.

Ez a modern fajta- és hibridválasztékkal az üzem adottságaihoz jól igazítható. Hazánkban a korai érésű fajták betakarítása általában szeptember második felére, a középérésűeké október-november hónapra is eshet évjárattól függően. Árukukorica előállításnál a morzsolva történő betakarítás a legjelentősebb eljárás, ehhez csőtörő adapterrel felszerelt arató-cséplő gépre van szükség. A betakarításkor keletkező legnagyobb mennyiségű melléktermék a kukoricaszár, ezt begyűjtve takarmányként, alomanyagként vagy tüzelőanyagként hasznosíthatjuk, de szecskázás és a talajba dolgozás után tápanyag-ellátásra is használhatjuk (Nagy 2021).

Az éghajlati viszonyainkból adódóan a betakarított kukoricaszemek nedvességtartalma általában magasabb, mint ami tárolásakor megengedhető lenne. Ez az időjárási viszonyokon kívül a termesztési körülmények és a fajta függvénye. Az erős vízleadó képességű fajták termesztésének előnye elsősorban az olcsóbb szárítási költség, valamint a kíméletesebb szárítás következményeként a nem károsodó beltartalom is (Nagy 2021). A kukorica lassan szárítható, ugyanis átlagosan 2-3% óránkénti vízelvonást tűr el. 13-14% nedvességtartalomig szárítjuk általában, ekkor hosszútávon is jól tárolható (Antal 2000).

Az utóbbi évek betakarítási eredményeit vizsgálva Székesfehérváron 2023-ban az RAGT vetőmag előállító és -kereskedő cég hibridjei közül első helyen az RGT Alexx (12,91 t/ha), majd az RGT Produxxion (12,46 t/ha), és az RGT Oxandro (12,21 t/ha) végzett 14,5% nedvességtartalomra korrigált termésátlagokkal (RAGT 2023). A DeKalb kísérleteiben az aszályos évjáratú 2022-ben a DKC4897 több termőhelyen is kiemelkedő eredményt produkált (7,58-8,12 t/ha) (DeKalb 2023). A Magyar Kukorica Klub minden évben termésversenyt hirdet, melyen 2023-ban a DKC4897 16,32 t/ha (19,7% nedvesség), az SY Solandri pedig 16,38 t/ha (18,3% nedvesség) termésátlaggal végzett száraz, vagyis nem öntözött körülmények között. 2022-ben a P0217 (17,44 t/ha) és a DKC5182 (14,87 t/ha) átlagai voltak kiemelkedők, 2021-ben pedig a DKC5092, a P0217, valamint a DKC5182 végeztek előkelő helyen (Magyar Kukorica Klub 2021, 2022, 2023). Hegyi és munkatársai (2007) 24 hibridet vizsgáltak 4 éréscsoportból (FAO 200, 300, 400, 500), és megállapították, hogy a termésátlag minden éréscsoportban szorosan korrelált az ezerszemtömeggel és a keményítőtartalommal. Ezen kívül a fehérjetartalom tekintetében a fajta nagyobb eltérést jelentett, mint a termőhely, ami a FAO 200 és 400 olajtartalmára, valamint a FAO 400 hibridek keményítőtartalmára is igaznak bizonyult.

2.5 A kukorica minősége

Mint az már az előzőekben említésre került, a kukorica felhasználása igen széles körű. A szemtermésében található főbb komponensek minőségének és mennyiségének nélkülözhetetlen az ismerete ahhoz, hogy termesztésének technológiáját megfelelő szinten alkalmazzuk, valamint, hogy a már megtermelt árut különböző termékek előállításához használjuk. A kukorica tápértékét, tápanyagtartalmát több tényező befolyásolja, ezek a genetikai háttér, a környezeti hatások és a feldolgozás módja (Nuss & Tanumihardjo 2010). Egyiptomi kísérletekben az öntözés hatását (10-14-18 naponta öntözve) vizsgálva megállapították, hogy az mindenhol, de legfőképp 10 naponta öntözve növelte a kémiai összetevők, ezen belül a nyersfehérje, a keményítő, a szénhidrát, az olaj és az oldható cukor arányát (Ibrahim & Kandil 2007)

Az évek során sok szerző vizsgálta a kukorica kémiai összetételét, néhányuk eredményei az alábbi táblázatban láthatók (*3. táblázat*).

A kukoricaszem fehérjetartalma igen széles határok között mozoghat (6-15%) a szerzők szerint, mennyiségén többnyire a csíra és az endospermium osztozik (Nagy 2021). A teljes szem nitrogénjének felét a prolamin (másnéven zein), 35%-át a glutein, 7%-át albumin, 5%-át pedig a globulin adja. Aminosav összetételét vizsgálva megállapították, hogy a fehérjetartalommal való negatív korreláció miatt két esszenciális aminosav, a lizin és a triptofán alacsony mennyisége az érés előrehaladtával tovább csökken (Chaudhary et al. 2012). Ezen alapvető elemek mennyisége nem kiegyensúlyozott azon fogyasztók számára, akik a kukoricára, mint fő élelemforrásra támaszkodnak (Nuss & Tanumihardjo 2010).

A nyerszsír-tartalom a kukoricában viszonylag alacsony, 3,2-8,4% között változik. Legnagyobb részben a csírában és az aleuronrétegben található (Győri & Győriné 2011). A kukoricaolaj főleg telítetlen zsírsavakat, ezen belül 62% linolsavat, 25% olajsavat és 1% linolénsavat tartalmaz. A telített zsírsavak közül legnagyobb mennyiségben palmitinsavat (10%), és kisebb mennyiségben sztearinsavat (2%) tartalmaz (Győri & Győriné 2011; Wrigley et al. 2016). Vitaminok közül legnagyobb mennyiségben B_3- és E-vitamint tartalmaz, az érett szemekből azonban a B_{12}- és C-vitamin hiányzik.

3. táblázat: Különböző szerzőktől származó kukoricaszem-minták kémiai összetétele (Forrás: Győri-Győriné 2011, Hegyi et al. 2007, Ibrahim-Kandil 2007, Kent-Evers 1994, Nuss-Tanumihardjo 2010, Ullah et al. 2010, Wrigley et al. 2016)

Komponens	**Ibrahim & Kandil**	**Wrigley et al.**	**Ullah et al.**	**Nuss & Tanumihardjo**	**Kent & Evers**	**Hegyi et al.**	**Győri & Győriné**
	2007, Egyiptom	2016	2010, Pakisztán	2010	1994	2007, Magyaro	2011, Magyaro.
Hamutartalom (%)		1,4-2,1	0,7-1,3	1,2	1,2		1,5-3
Keményítő (%)	58,6-76,88	61-78		72	60,6	65,34-68,48	60-80 (67,9 ált.)
Nyersfehérje (%)	8,31-11,24	9,0-13,0	7,71-14,6	9,42	8	6,98-8,46	7,0-13 (11,2 ált.)
Nyerszsír (%)		4,3-8,4	3,21-7,71	4,74	3,6		4,5
Rost (%)		9,50		7,3			
Nyersrost (%)		2,0-3,0	0,8-2,9		2,5		2,6
Össz. szénhidrát (%)	67,57-76,08	67,7-84	69,7-74,5	74,3			
Oldható szénhidrát (mg/g)	182,8-240,11						
Olaj (%)	4,64-8,41	4,3			4,4	3,39-3,62	
Cukor (%)		1,0-3,0		0,64			1,0-3,0
Össz. oldható cukor (%)	1,71-2,75						
Ásványi anyagok (%)		1,0-2,0					

A nyersrost, ami cellulózból, hemicellulózból és inkrusztáló anyagokból áll, általában 2-3%-át teszi ki a kukoricaszem összetételének. Legnagyobb mennyiségben (87%) a héjban található, ennek 67%-a hemicellulóz és 23%-a cellulóz. A fenti táblázatban található rosttartalom (7,3-9,5%) a neutrális detergens rosttartalomnak (NDF) felel meg, amit oldhatatlan frakciónak is neveznek, és a hemicellulózt, a cellulózt, valamint a lignint foglalja magába (Nagy 2021).

A kukorica legnagyobb mennyiségben szénhidrátokat tartalmaz, energiatartalma miatt pedig az élelmezésben is fontos szerepe van. Pakisztáni kísérletekben megállapították, hogy a vizsgált fajtáknak 307,047-394,066 kcal/100 g szárazanyag tartalom között alakult az energiatartalma, így gazdag energiaforrásnak számítanak az országban (Ullah et al. 2010). A szem tömegének

60-78%-a keményítő (Nagy 2021). A keményítő alkotórészei az amilóz és az amilopektin, arányuk megközelítőleg 1:3, ez azonban gén- illetve biotechnológiai módszerekkel módosítható (Győri & Győriné 2011; Nuss & Tanumihardjo 2010). Így hozták létre a waxy kukoricahibrideket, melyek szinte kizárólag (95-100%) amilopektint tartalmaznak. Előnyük, hogy a belőlük származó keményítő fermentálásával több alkohol keletkezik, ami az ipar számára igen fontos (Kiss 2013a). Chaudhary és munkatársai (2012) Indiában végzett kísérleteik során megállapították, hogy negatív korreláció áll fenn a keményítő és az olajtartalom között, így nagy olajtartalomra nemesítve kisebb terméseredmény érhető el. Pozitív korrelációt találtak azonban az olajtartalom és az ezermagtömeg, valamint a fehérje- és a keményítőtartalom között is, így változatlan termésmennyiség mellett magasabb fehérjetartalmat tudtak elérni. Gumienna és munkatársai (2016) negatív korrelációt találtak a keményítőtartalom és az etanolkihozatal között, de megállapították, hogy a magas redukáló cukortartalom javítja a hatékonyságát. Singh (2012) ezzel szemben száraz erjesztéses eljárás során nem, vagy alig tapasztalt negatív korrelációt ezek között, viszont megállapította, hogy az amilóz-amilopektin arány szignifikáns, jelentős hatással bír a hidrolízisre.

A kukoricaszem hamutartalma 0,7-3% között alakul, legnagyobb mennyiségét a csíra és a héj tartalmazza. Az ásványi anyagok mennyisége a nitrogéntartalomhoz (nyersfehérje) képest relatíve csökken, így ezen elemek relatív hiánya figyelhető meg a táplálékláncban. Átlagosan a kukoricaszem 2,5-3,2 g/kg foszfort, 2,4-3,5 g/kg káliumot, 100-200 mg/kg kalciumot, 800-1300 mg/kg magnéziumot, 10-20 mg/kg cinket, 5-8 mg/kg mangánt és 2-4 mg/kg rezet tartalmaz (Győri & Győriné 2011).

A minőséget mindig a feldolgozás vagy felhasználás módja szerint kell definiálnunk, így más-más követelményeket kell támasztanunk kukorica esetében, ha azt lisztnek, cukornak, takarmánynak vagy bioetanolnak akarjuk használni. Rutinminősítés során kukorica esetében nem alkalmazunk annyi vizsgálatot, mint például búzánál. Jellemző vizsgálatai: hektolitertömeg, ezerszemtömeg, tisztaság, nedvesség, keményítő, olaj, rost, hamu, fehérje, aminosav összetétel, mikotoxinok (aflatoxin, DAS, DON, F2, T2, Fumonisin B1, Ochratoxin), A-vitamin, E-vitamin, növényvédőszer-maradványok (Győri & Győriné 2011).

2.6 Fajtahasználat

2.6.1 Nemzeti Fajtajegyzék

Hazánkban az állami elismerésben részesített fajtákat a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal által kiadott Nemzeti Fajtajegyzék tartalmazza (NÉBIH 2023b). A 2023-ban kiadott

Nemzeti Fajtajegyzék 279 darab államilag elismert kukoricafajtát tartalmaz, melyek közül 17 siló, 2 siló és szemes hasznosítású, 260 pedig szemes kukoricafajta. A keresztezésben felhasznált vonalak száma szerint 236 darab kétvonalas hibrid (single cross, SC), 39 háromvonalas (three way cross, TC) és 4 négyvonalas (double cross, DC) hibrid. FAO szám tekintetében a megoszlás a következő: FAO 100-199: 1 db, FAO 200-299: 40 db, FAO 300-399: 162 db, FAO 400-499: 55 db, FAO 500-599: 20 db, valamint FAO 600-699: 1 db. Látható tehát, hogy legnagyobb mennyiségben korai és középérésű hibridek alkotják a fajtakínálatot. Bejelentőket tekintve 11 nemesítőcég szerepe kiemelkedő, a fajták 93%-át ők jelentették be állami elismerésre, valamint tartják fenn ezeket. Legjelentősebb a Monsanto Technology (USA), 117 darab fajtájuknak a Bayer Seeds a fenntartója. Francia nemesítőházak, mint a Lidea (15 fajta), a Limagrain (5 fajta) és az RAGT (6 fajta), továbbá az amerikai Pioneer (4 fajta) és a Corteva (25 fajta), valamint a német KWS (13 fajta) szerepe is kiemelkedő. Hazai viszonylatban az Agrártudományi Kutatóközpont (Martonvásár, 28 fajta), a KISKUN Kutatóközpont (Kiskunhalas, 23 fajta), a Gabonakutató Nonprofit Kft. (Szeged, 18 fajta) és a Syngenta Magyarország Kft. (4 fajta) fajtái meghatározók (NÉBIH 2023b).

Ezen kívül 7 darab módosított kukorica fajta kapott állami elismerést, ezek mindegyike cikloxidimtoleráns, vagyis „Duo System" hibridek. 1 darab államilag elismert tájfajta, a Homoki Fehér Lófogú kapott elismerést, ami csak származási helyén, a Duna-Tisza közi Homokhátságon forgalmazható. A Fajtajegyzék kiadásának időpontjáig továbbá 73 kukoricafajta került visszavonásra a Nemzeti Fajtajegyzékről és az EU Közös Fajtajegyzékéről egyidejűleg (NÉBIH 2023b).

2.6.2 Közösségi Fajtajegyzék

Az EU Közös Fajtajegyzékét az Európai Unió Bizottsága jelenteti meg az Európai Közösségek Hivatalos Lapjának mellékletében, amely tulajdonképpen az EU tagországok fajtajegyzékeinek összessége. Magyarországon szántóföldi növények esetében a Nemzeti Fajtajegyzékben, valamint a Közösségi Fajtajegyzékben szereplő növényfajok- és fajták szaporítóanyagát lehet előállítani és forgalomba hozni. 4566 darab különböző, regisztrált fajta szerepel a Közösségi Fajtajegyzékben, azonban sok fajta több országban is kapott állami elismerést. A tagállamok közül a legtöbb elismert fajta Olaszországban van (2735 db), ezt Szlovákia (682 db), Franciaország (621 db), Csehország (371 db), Hollandia (346 db), Magyarország (286 db), Lengyelország (284 db) és Németország (277 db) követi. Sok tagországban egyetlen államilag elismert kukoricafajta sincs, ilyen Finnország, Norvégia, Svédország, Izland, Ciprus és Málta is (Európai Bizottság 2024).

3 Anyag és módszer

3.1 A vizsgálat célja

Kukorica fajtaösszehasonlító kísérletek végzése a termésmennyiség és -minőség tekintetében, termőhelyspecifikusan. A fajtasort 14 hibrid alkotta, melyek összehasonlítását 2023-ban végeztem a Tolna vármegyei Madocsa határában.

3.2 A kísérleti hely bemutatása

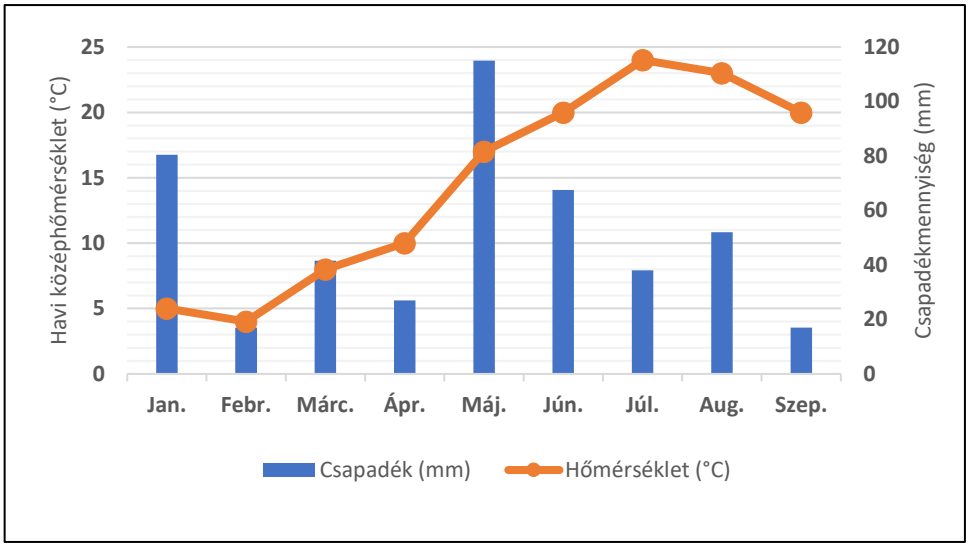
Madocsa földrajzilag az Alföld, azon belül a Mezőföld része. Botanikai és zoológiai szempontból nézve a Solti-síkságon terül el, ami a Dunamenti síkság része. A talajok a Duna közelsége miatt az évszázadok alatt annak üledékéből kialakult humuszos öntéstalajok, azon belül találunk karbonátos és réti öntéstalaj altípusokat is. A terület talajtani szempontból igen heterogén, sokhelyen homokfoltok, öntésiszap és lösziszap foltok váltják egymást (*3. ábra*) (Dövényi 2010).

3. ábra: Genetikai talajtípus Madocsán (Agrotopo 2024, http1)

A termőföldek aranykorona értékének átlaga 17 körüli, a legmagasabb érték 24,5, a legalacsonyabb 10. A terület talajértékszámát vizsgálva a Duna mellett 20-30, míg a falu környékén található földek 40-50 közötti értékeket mutatnak. A fizikai talajtulajdonságot tekintve a területen az agyagos vályog dominál, a Dunától távolodva pedig az agyag kerül előtérbe. A múltban a terület sokszor volt elöntve, ennek következménye a sokhelyen, és különböző mélységben megtalálható homokfoltok megjelenése. A szervesanyag készlet igen szegény ezeken a területeken, általában 100-200 tonna/hektár nagyságú, ez alól csak a folyómenti terület a kivétel, ahol csupán 50-100 tonna/hektár a talaj szervesanyag készlete. Vízgazdálkodási tulajdonságokat vizsgálva a terület a jó víznyelésű és vízvezető-képességű talajok csoportjába tartozik. Ezzel párhozamosan igen nagy előnye a területnek a Dunához való

közelsége, hiszen innen megoldható az öntözés. Kémiai tulajdonságokat vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a felszíntől karbonátos talajok vannak jelen a térségben. Talajvizsgálati adatok alapján a pH semleges, vagy nagyrészt enyhén lúgos, melynek oka a talaj felső 60 centiméteres rétegében lévő igen nagy, 25-50 % közötti mésztartalom. Ez igen előnyös a termesztett szántóföldi növényeink számára, emellett a meszezésre sem kell gondot fordítani.

A lehullott csapadék éves átlaga (6 évre visszamenőleg) 560 mm. 2021-ben esett a legkevesebb (400 mm), de 2022-ben a csapadék szintén 550 mm volt csupán. Ez a mennyiség (kevés kivétellel, mint például a 2010-es év) minden évben az országos átlag alatt volt. A csapadék eloszlása egyenlőtlen, 2022-ben áprilisban, szeptemberben és decemberben hullott több csapadék, a többi hónapot szárazság jellemezte. A kísérlet szempontjából igen fontos volt, hogy 2022 utolsó két hónapjában bőséges csapadék hullott (november: 76 mm, december: 83 mm) kizárólag eső formájában, amely feltöltötte a talaj vízkészletét. 2023-ban saját mérés alapján 689 mm csapadék hullott, ami a megelőző évekhez képest igen nagy mennyiségű volt (*http2*). A csapadék havi eloszlását, valamint a havi középhőmérsékletek összegeit 2023-ban az alábbi diagram (*4. ábra*) szemlélteti az aratás időpontjáig bezárólag.

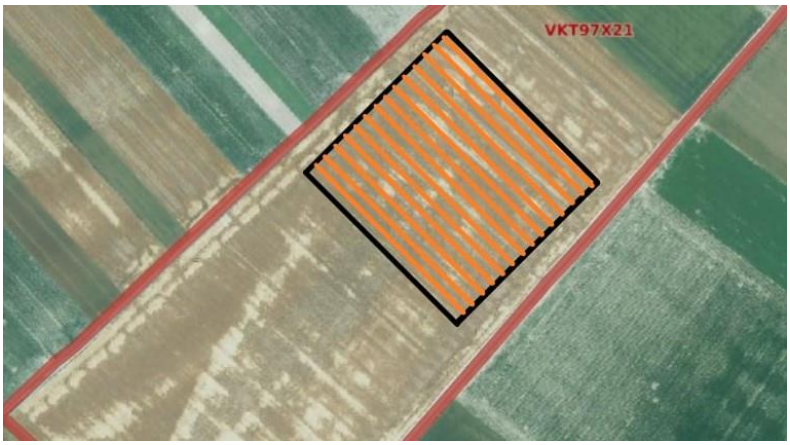


4. ábra: A csapadékmennyiség és a hőmérséklet eloszlása 2023-ban (saját szerkesztés)

2023-ban a tél átlaghőmérséklete 3,1 °C, a tavaszé 10,9 °C, a nyáré 21,9 °C, az őszé pedig 13-15 °C közötti volt országosan, a hőségnapok száma 40 nap körüli, a fagyos napoké pedig 56 nap volt. A 2022-es év rendkívül meleg és száraz időjárást hozott, az évi középhőmérséklet 11,83 °C volt. A szélirány a térségben D-DNy-i (*http2*).

3.3 A kísérleti tér kialakítása

A kísérletemet egy VKT97X21 MePAR azonosítójú blokkon belüli 15,7 hektár területű táblán végeztem el (5. *ábra*). A 6 soros Väderstad Rapid vetőgép 1 fordulóval vetett el egy hibridet, ami így 12 sornyi lett. A kísérleti parcellák területe egyenként 1896 m^2 lett. Az ábrán a parcellák fekete vonallal határoltak. A kísérleti tér kiválasztásánál figyelemmel voltunk arra, hogy megfelelő kultúrállapotú, talajlakó kártevőktől és nehezen irtható gyomoktól mentes, egyenletes felszínű, valamint lehetőleg homogén talajminőségű területen helyezzük el. Ezen kívül rendelkeztünk a területen előző évben végzett talajvizsgálati eredményekkel és az előző évek agrotechnikai adataival (elővetemény, talajművelés, tápanyaggazdálkodás) egyaránt.



5. ábra: Kísérleti parcellák elhelyezkedése (MePAR, http3)

3.4 Agrotechnika

A táblán a megelőző évben (2022) 7,72 tonna/hektár hozamú őszi árpa elővetemény volt, melynek nagy mennyiségű szalmáját a betakarítást követően nem bálázták be. A szecskázott, szétterített származadványok sekély beforgatásával, a tarlóhántással növeltük a talaj biológiai aktivitását. A tarlón kikelt gyomnövények megfelelő fenológiai állapotában totális gyomirtást végeztek glifozát hatóanyagtartalmú készítménnyel, amely mind az elpergett magokból kikelt kultúrnövények, mind a gabonatarlókon gyakran megjelenő magról kelő- vagy évelő-, egy- és kétszikű gyomnövények ellen egyaránt hatásos. A kukoricában igen nagy károkat okozó fenyércirok (*Sorghum halepense*) és mezei acat (*Cirsium arvense*), valamint az egyéb, T4-es életforma-csoportba tartozó gyomok, például parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*), fehér libatop (*Chenopodium album*) és a kakaslábfű

(*Echinocloa crus-galli*) is sikerrel irthatók ezzel a módszerrel. Az alábbi táblázatban a kísérleti táblára kijuttatott műtrágyamennyiségek és kijuttatási idejük látható (*4. táblázat*).

4. táblázat: Tápanyagellátás a kísérleti parcellákon (saját szerkesztés)

Műtrágya megnevezése	Kijuttatott mennyiség	Kijuttatás ideje
Kálisó (60 %)	120 kg/ha	2022. október 18.
MAP (12:52 NP)	100 kg/ha	2022. október 21.
Karbamid (46 %)	190 kg/ha	2023. március 30.

Az alapműtrágyák kijuttatása után november 16-án forgatásos alapművelést végeztek szántáselmunkáló hengerrel, így lezárva a talajt télre. 2023-ban a művelést fogas simítózással kezdték március 2-án, majd a hónap végén a 46 % nitrogéntartalmú karbamid került kijuttatásra 190 kg/ha mennyiségben. Ezen a napon (2023. március 30.) germinátorral történt a magágykészítés és a műtrágya bedolgozása is egyaránt. Április 26-án következett a vetés Monosem 6 soros, tárcsás szemenkénti vetőgéppel, 72 000-es tőszámmal. A tőszám megválasztásánál igyekeztünk figyelembe venni a nemesítők által a hibridekhez ajánlott értékeket, és egy átlagos értéket kijelölni. Növényvédő szeres kezelést egy alkalommal végeztek a kísérleti kukoricán, a vetés után 2 nappal (április 28.) gyomirtó szer permetezésével. A németországi Bayer AG által gyártott Adengo készítményt alkalmaztuk 0,4 l/ha dózissal, a készítmény adatait a következő táblázat tartalmazza (*5. táblázat*). Mechanikai gyomirtást sorközművelő kultivátorral végeztek június 13-án, ezután a kísérlet semmilyen kezelést nem kapott. A parcellák betakarítása 2023. október 6-án volt.

5. táblázat: Adengo készítmény adatai (Nébih 2023a)

Készítmény neve: Adengo	**Rendeltetése:** gyomirtó szer	**Hatóanyag:** 225 g/l izoxaflutol, 90 g/l tienkarbazon-metil, 150 g/l ciproszulfamid
Javasolt felhasználás, kijuttatás módja:	Kukorica kultúrában magról kelő egy- és kétszikű gyomnövények ellen, preemergens vagy korai posztemergens kijuttatással 0,33-0,44 l/ha dózisban (250-300 l/ha permetlé) alkalmazható. Évente maximum 1 kezelés engedélyezett.	

3.5 Fajtasor

6. táblázat: Fajtasor

Hibrid	FAO szám
RGT Oxxytop	330-340
LG 31.325	340-350
SY Torino	340-360
DKC4611	350-360
RGT Oxxandro	380
SY Solandri	380-400
RGT Produxxion	390-410
DKC4897	390-400
SY Infinite	390-410
DKC5075	400-420
SY Minerva	420-440
DKC5068	420-440
SY Fabio	450-470
SY Carioca	470-490

Az alábbi ábrán (*6. táblázat*) látható a kísérleti fajtasor. A fajtasort a cég agronómusa állította össze az általuk már több éve termesztett fajták, valamint új hibridek részvételével. A hibridek észak felől kezdődően lettek számozva, 14 egymás melletti sorban. A fajtasort éréscsoport, vagyis FAO szám alapján állítottuk össze, növekvő sorrendben. A termesztendő fajta kiválasztásnak fontos tényezője a tenyészidő hosszának ismerete. Kísérletünkbe korai (FAO 300-399) és középérésű (FAO 400-499) kukoricahibrideket választottunk, hiszen hosszú évek tapasztalatai alapján ezek tudnak biztonságosan beérni a régióban. A hibrideket 4 nemesítőcég kínálatából válogattuk össze, ezek a Syngenta, a DeKalb, az RAGT és a Limagrain vetőmag előállító és forgalmazó vállalatok. A Nemzeti Fajtajegyzékben a felsoroltakból 4 fajta szerepel: DKC4611, DKC4897, DKC5068 és LG.31325 „Limagold” néven. Bejelentőjük és fenntartójuk a Monsanto Technology, magyarországi képviselőjük a Bayer Hungaria Kft. Az állami elismerést a felsorolás sorrendjében 2021-ben, 2020-ban, 2016-ban és 2021-ben nyerték el, ezzel új fajtáknak minősülnek (NÉBIH 2023b).

A kísérletemben szereplő fajták állami elismerésének adatai az alábbi táblázatban láthatók (*7. táblázat*).

7. táblázat: A kísérletben szereplő fajták állami elismerésének adatai (Közösségi Fajtajegyzék adatai alapján, saját szerkesztés)

Fajtanév	Keresztezésben felhasznált vonalak száma	Ország	Regisztrálás időpontja
Oxxytop	SC	Olaszország	2022.01.25
Limagold	SC	Magyarország	2021.03.25
SY Torino	SC	Olaszország	2018.01.18
DKC4611	SC	Magyarország	2021.03.25
		Olaszország	2022.01.25
Oxxandro	SC	Franciaország	2022.10.06
		Olaszország	2022.04.19
SY Solandri	SC	Ausztria	2022.12.22
		Olaszország	2021.02.05
Produxxion	SC	Olaszország	2022.01.25
DKC4897	SC	Franciaország	2021.04.03
		Magyarország	2020.03.12
SY Infinite	SC	Franciaország	2020.03.18
		Olaszország	2019.01.15
DKC5075	SC	Olaszország	2018.01.18
SY Minerva	SC	Olaszország	2020.01.16
DKC5068	SC	Ausztria	2021.02.02
		Magyarország	2016.03.09
		Olaszország	2017.01.12
SY Fabio	SC	Olaszország	2023.01.29
SY Carioca	SC	Olaszország	2018.01.18

Az adatokból látható, hogy a keresztezésben felhasznált vonalak száma szerint mindegyik kétvonalas hibrid (SC), és a legtöbbet Olaszországban részesítették állami elismerésben. A regisztrálás időpontjából látható, hogy a legrégebben regisztrált fajta 2016-ban, a legújabb 2023-ban került a Közösségi Fajtajegyzékbe, így mindegyik viszonylag új fajtának számít a kínálatban.

Az alábbi táblázatban a kísérleti fajtasor fajtáinak tulajdonságait gyűjtöttem össze (*8. táblázat*), amiket a nemesítőházak fajtakatalógusaiban lehet megtalálni. Egyes hibrideknél a tapasztalt termésátlag is feltüntetésre került, ami a későbbiekben jó összehasonlítási alapot nyújtott számomra az eredmények kiértékelésénél.

8. táblázat: Fajtatulajdonságok (DeKalb 2023, Limagrain 2023, RAGT 2024, Syngenta 2023)

Oxxytop	Az RAGT Vetőmag Kft. hibridje. Magyarországon nem elterjedt, Olaszországban regisztrált és termesztett hibrid.
Limagold	A Limagrain Hungária Kft. új, 2021-ben, Magyarországon regisztrált hibridje. Termésstabilitás és szárazságtűrés jellemzi, emellett betegségeknek ellenálló, dőlésre nem hajlamos és korán betakarítható. Terméspotenciál hazai kísérletek átlagában 2020-2021-ben 9,23 t/ha.
SY Torino	A Syngenta által nemesített korai érésidejű, bőtermő hibrid, amelyet 18-22 szemsoros csövek jellemeznek.
DKC4611	Kiváló termőhely-stabilitása és aszálytűrése miatt a kitett vagy gyengébb termőhelyekre is ajánlják ezt a korai hibridet. Saját kísérleteikben a Tolna vármegyei Regölyben 14,29 t/ha termésátlagot produkált 2020-ban.
Oxxandro	Kiváló termőképességű és aszálytűrésű, középérésű hibrid. Kisparcellás kísérletben 2023-ban Székesfehérváron 12,2 t/ha termést hozott 14,5% nedvességtartalomra korrigálva.
SY Solandri	Magas terméspotenciálú, az átlagosnál jobb körülményeket és az intenzív termesztési viszonyokat kedvelő hibrid. A Magyar Kukorica Klub által évente hirdetett Kukorica Termésverseny 2023-as mezőnyében 2. helyet ért el 16,38 t/ha-os hozammal.
Produxxion	Kiváló termőképességű és szárszilárdságú, középérésű hibrid. Kisparcellás kísérletben 2023-ban Székesfehérváron 12,46 t/ha termést hozott 14,5% nedvességtartalomra korrigálva.
DKC4897	Kiváló termőképességű, jó aszály- és stressztűrő-képességű közép-korai hibrid. A Magyar Kukorica Klub által évente hirdetett Kukorica Termésverseny 2023-as mezőnyében 3. helyezést ért el 16,32 t/ha-os terméseredménnyel.
SY Infinite	Rendkívüli szárszilárdságú, középérésű hibrid.
DKC5075	Átlagos és extenzív területek jó termőképességű hibridje. 2021-ben Regölyben 5,78 t/ha volt a termésmennyisége.
SY Minerva	Jó szárszilárdság és kiváló zöldszáronérés jellemzi. 2019-ben a NÉBIH fajtakísérletében 15,27 t/ha termést hozott.
DKC5068	Kiváló aszálytűrő képesség és évjárat-stabilitás jellemzi. Saját kísérleteikben 2020-ban 14,55-12,76 t/ha között alakult a hozama.
SY Fabio	Kései érésű, magas növésű hibrid, terméseredményei meghaladják az SY Minerva értékeit.
SY Carioca	Hosszabb érésidejű hibrid, ezért az ország magasabb hőösszegű területeire ajánlják. Ezen kívül jó stressztűrő képesség és jó csőegészség jellemzi.

3.6 Vizsgálati módszerek

3.6.1 Hozammérés

A betakarítás megkezdése előtt minden hibriden állományvizsgálatot végeztem, a megfigyeléseimet pedig feljegyeztem. Ezen kívül minden hibrid parcellájából 2 darab egész csövek gyűjtöttem mintaként. Ezután termésmérés céljára a kísérleti parcellák egészét egyesével betakarítottuk, majd a nyers tömeget a tábla szélén elhelyezett pótkocsihoz kapcsolható mérőtalp segítségével mértük le és jegyeztük fel (*6. ábra*). A betakarításkori szemnedvesség megállapítása egy Wile 55 típusú, kézi nedvességmérő műszer segítségével történt a táblán, ami viszonylag nagy mennyiségű egész szemből mért. Ehhez a kombájn magtartályából vettünk reprezentatív mintát. A fajták termése ezek alapján a betakarított parcellák 14% szemnedvességre korrigált termésátlaga. Termés korrekciót nem végeztünk, így például a tőhiányos részek, vadkárral sújtott, kórokozók vagy kártevők által károsított csövek vagy egyéb kiesés nem lett becsülve. Ezeket a Magyar Kukorica Klub (2018) által kiadott fajtakísérleti útmutató alapján készítettem el.

6. ábra: A kísérlethez alkalmazott mérőtalpak és a betakarítást végző kombájn (saját fotó)

3.6.2 Beltartalmi vizsgálat

A teljes érési fázisban betakarított kukoricafajtákból külön-külön mintát vettem az aratás során a kombájn magtartályából, majd címkézett zacskókba gyűjtöttem őket. A kukoricaminták beltartalmi vizsgálatát a MATE gödöllői laborjában végeztem el egy Dickey-John gyártmányú, Instalab 600-as terményanalizáló készülék segítségével (*7. ábra*). A műszer többek között kukorica, búza, szója, árpa, rozs, zab és napraforgó minták mérésére alkalmas (Dickey-John).

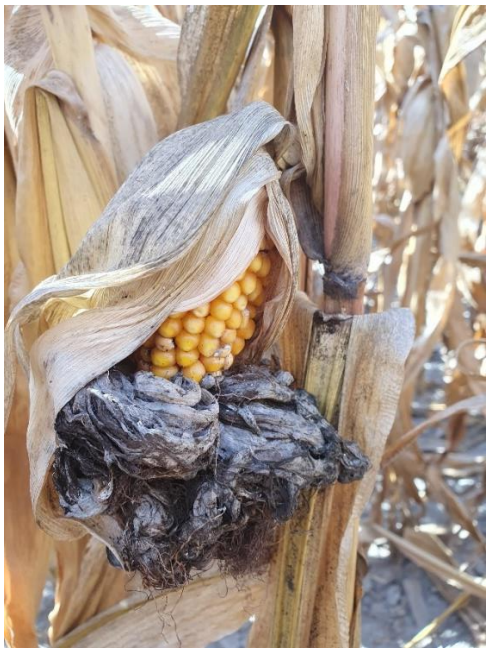
A napjainkban leginkább alkalmazott, közeli infravörös tartományt használó spektroszkópiai technikák közül az Instalab 600 a reflexiós vizsgálati módszert (near infrared reflectance = NIR) alkalmazza (Kiss 2013b). A laborban a mintákat először egyesével, egyenletes részecskeméretűvé kellett őrölni, így kiküszöbölve a mérési vagy kalibrációs hibákat. A megőrölt mintát homogénre kevertem, és a mintatartóba töltöttem a megfelelő mennyiséget, ügyelve arra, hogy az üveg az infravörös sugarakat befolyásolni képes szennyeződésektől mentes legyen. Ez az optikai reflexiós műszer gyorsan és pontosan képes különféle gabonák, lisztek és takarmányok összetevőinek (nedvesség, fehérje, olaj/zsír, keményítő, rost, hamu) százalékos arányát meghatározni. Kutatások bebizonyították, hogy bizonyos összetevők meghatározott hullámhosszon elnyelik az infravörös sugárzást, így a minta keskeny fénynyalábbal, meghatározott hullámhosszon (NIR) való bombázásakor a minta beltartalmi összetevői analizálhatók. A minta által elnyelt infravörös sugárzás fordítottan arányos a visszavert sugarak mennyiségével, amit egy detektor leolvas és átalakít további feldolgozásra. Például a nedvesség elnyeli a közeli infravörös sugarak (NIR) 1,94 µm-es hullámhosszú sávját, a fehérjék a 2,18 µm-es sávot, az olajok pedig a 2,31 µm és 2,33 µm közötti sávokat (Dickey-John).

7. ábra: Instalab 600 analizáló berendezés (saját fotó)

Az analizáló berendezés által kinyomtatott eredményeket összegyűjtöttem és később Microsoft Excel programba vittem fel, ahol tovább elemeztem őket.

4 Eredmények és értékelésük

A betakarítás megkezdése előtti állományfelmérés során csupán néhány anomáliát figyeltem meg. Az Oxxytop esetében hiányos kelést és sok csövön golyvásüszög (*Ustilago maydis*) fertőzést figyeltem meg (*8. ábra*). Egyenetlen és hiányos kelés jellemezte az SY Solandri és a Produxxion hibrideket, az SY Minerva és az SY Carioca esetében pedig több fuzáriummal fertőzött csövet is láttam. Az SY Fabio kimondottan magas növésű, nagy szártömeget hozó fajta volt, ezáltal aratása látványosan lassabb volt a többihez képest. A Limagold és az Oxxytop esetében többhelyen hattyúnyak tüneteket észleltem, ami kukoricabogár kártételére utal. A DKC5075 parcellájában sok napraforgó árvakelést láttam, ami a vetőmag tisztaságát kérdőjelezi meg.



8. ábra: Golyvásüszög az Oxxytop hibriden

A kísérleti kukoricahibridek csöveinek sajátosságait az alábbi ábra szemlélteti (*9. ábra*).

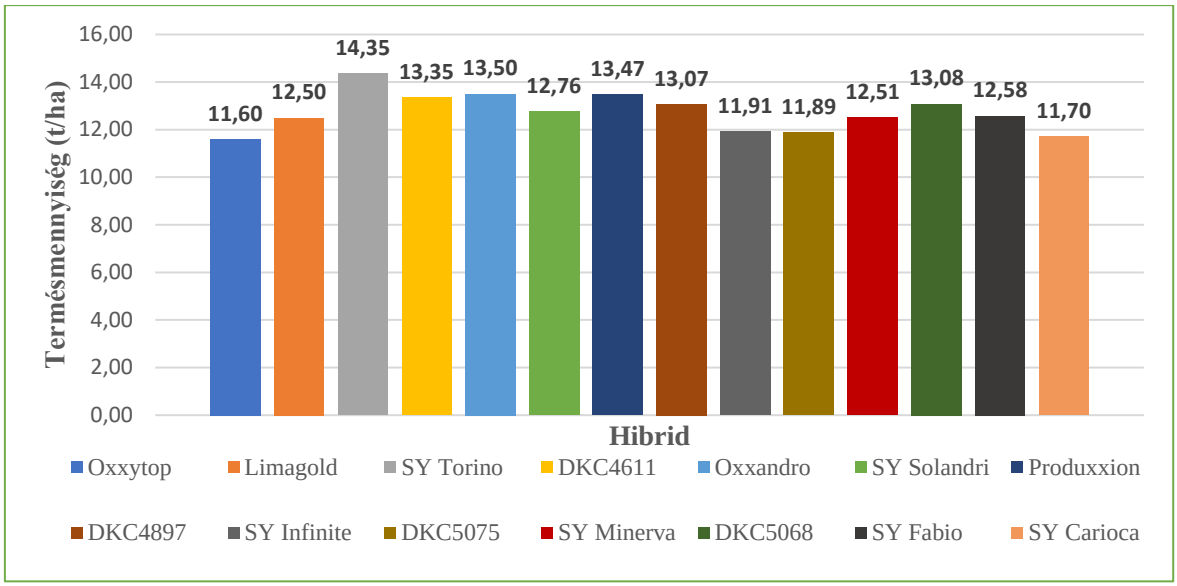
9. ábra: Kísérleti kukoricahibridek csövei

A betakarítás során felvételezett adatokat (nedvesség, nyers súly) és az ebből számított termésátlagokat az alábbi táblázat tartalmazza (*9. táblázat*).

9. táblázat: Betakarításkor felmért adatok

Hibrid	Nedvesség (%)	Nyers súly (kg)	Termésátlag (t/ha)	Termésmennyiség (t/ha) 14 % nedvességtartalomra korrigálva
Oxxytop	14,7	2310	12,18	11,60
Limagold	15,2	2574	13,57	12,50
SY Torino	13,4	2605	13,74	14,35
DKC4611	14	2531	13,35	13,35
Oxxandro	14,3	2616	13,79	13,50
SY Solandri	14,4	2490	13,13	12,76
Produxxion	14,4	2628	13,86	13,47
DKC4897	14,7	2602	13,72	13,07
SY Infinite	15	2421	12,76	11,91
DKC5075	15	2415	12,73	11,89
SY Minerva	14,9	2524	13,31	12,51
DKC5068	14,4	2551	13,45	13,08
SY Fabio	14,5	2471	13,03	12,58
SY Carioca	14,8	2345	12,37	11,70

Az összehasonlíthatóság miatt a termésátlagokat 14% nedvességtartalomra korrigált értékek alapján vetettem össze (*10. ábra*). A termésátlagok ezek alapján 11,6-14,35 t/ha között alakultak, a legkisebb termést az RGT Oxxytop (11,6 t/ha), a legnagyobbat pedig az SY Torino (14,35 t/ha) hozta. 12 t/ha alatt az SY Infinite, a DKC5075 és az SY Carioca teljesített. 13 t/ha felett pedig a DKC4611, az RGT Oxxandro, az RGT Produxxion, a DKC4897 és a DKC5068 teljesített. Ezeket összevetve az azonos évben (2023), Székesfehérváron végzett kísérletek terméseredményeivel megállapítható, hogy 14% nedvességtartalomra korrigálva mind a négy vizsgált hibrid magasabb termésátlagot mutatott Madocsán. Így például az RGT Produxxion 13,47 t/ha helyett 12,03 t/ha, az RGT Oxxandro 13,5 t/ha helyett 11,79 t/ha, az SY Solandri 12,76 t/ha helyett 12,53 t/ha, a DKC4897 pedig 13,07 t/ha helyett csak 11,6 t/ha termést hozott Székesfehérváron (RAGT 2023, Magyar Kukorica Klub 2023). FAO szám tekintetében látható, hogy a FAO 340-400 közötti hibridek teljesítettek legjobban a vizsgálat évében.



10. ábra: 14% nedvességtartalomra korrigált termésmennyiségek

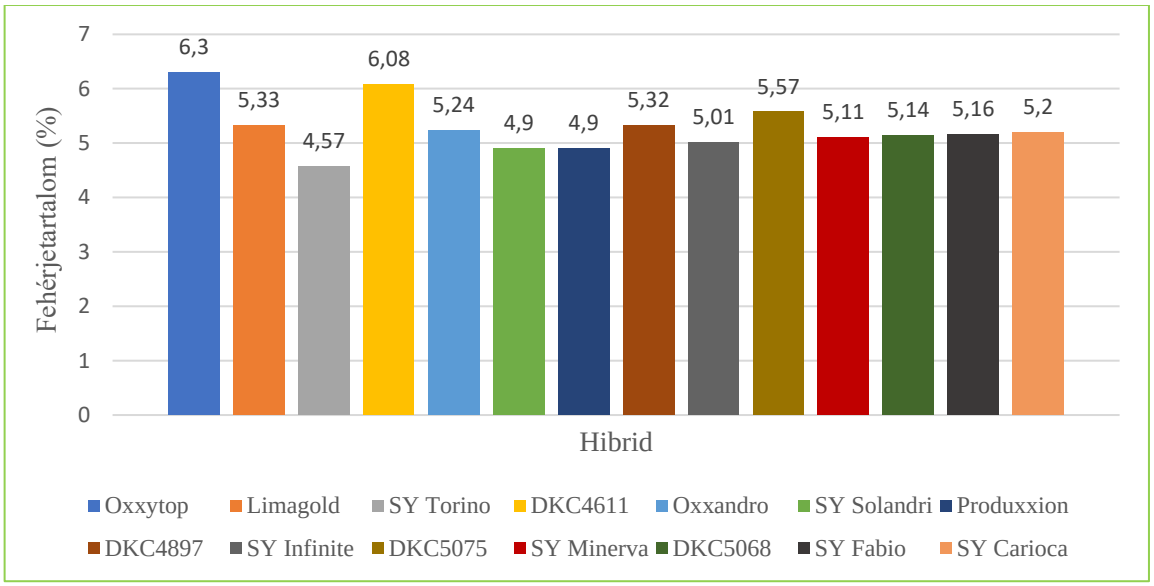
Az egyetemi laborban, a módszer fejezetben bemutatott analizáló műszer segítségével végzett mérések eredményeit, vagyis az egyes hibridek nedvesség-, fehérje-, olaj/zsír-, keményítő- és hamutartalmának százalékos értékeit az alábbi táblázat tartalmazza (*10. táblázat*).

10. táblázat: Hibridek beltartalmi értékei

Hibrid	Nedvesség (%)	Fehérje (%)	Olaj/zsír (%)	Keményítő (%)	Hamu (%)
Oxxytop	14,5	6,3	4,11	64,11	1,33
Limagold	14	5,33	3,21	63,06	0,99
SY Torino	13,9	4,57	3,19	63,18	1,09
DKC4611	15,2	6,08	1,51	71,33	0,91
Oxxandro	14,6	5,24	2,75	65,87	0,98
SY Solandri	14,6	4,9	3	64,4	1,12
Produxxion	15,2	4,9	3,35	62,96	1,25
DKC4897	14,8	5,32	2,75	66,97	1,16
SY Infinite	15,2	5,01	2,52	66,27	0,95
DKC5075	14,8	5,57	2,26	69,08	1,01
SY Minerva	15	5,11	2,22	70,06	1,01
DKC5068	14,1	5,14	3,04	64,57	1,08
SY Fabio	14,9	5,16	3,03	65,1	1,09
SY Carioca	15,5	5,2	2,8	67,7	1,2

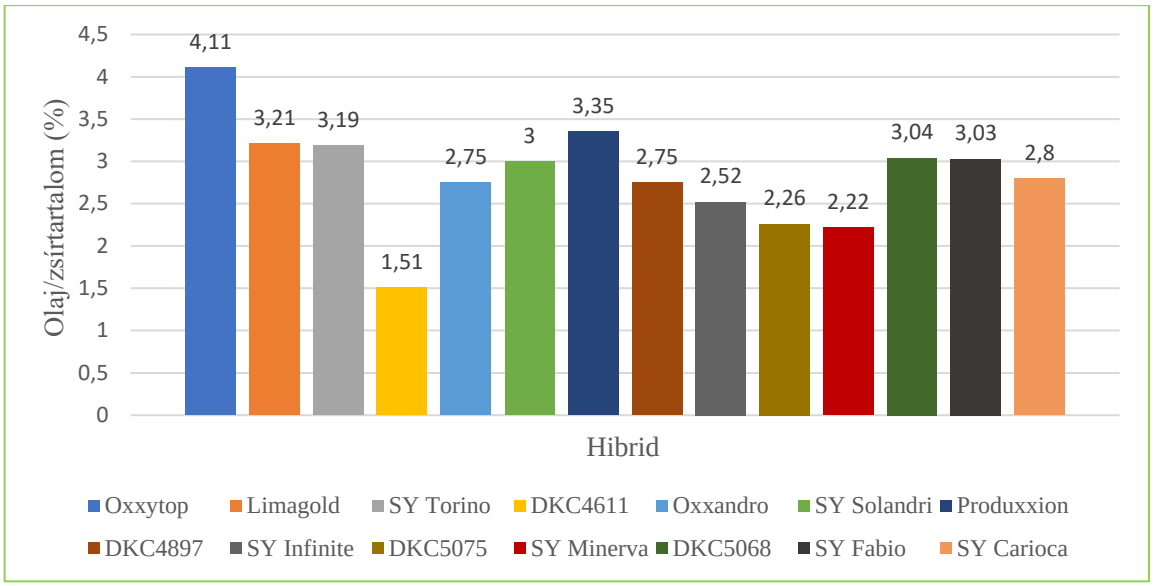
Fehérjetartalmat tekintve mutattak a hibridek a legnagyobb egyöntetűséget, értékeik 4,57-6,3% között alakultak (*11. ábra*). Legnagyobb fehérjetartalma az RGT Oxxytopnak (6,3%), a

DKC4611-nek (6,08%), és a DKC5075-nek (5,57%) volt, míg legkisebbet az SY Torino (4,57%), az SY Solandri (4,9%) és az RGT Produxxion (4,9%) mutatott. Ezek az értékek messze elmaradnak az irodalmi források által közölt értékektől (7-14,6%). FAO szám szerint a FAO 400-as hibrideknek (például: DKC5075, SY Minerva, DKC5068, SY Fabio, SY Carioca) magasabb fehérjetartalmat (9,35-6,71%) kellene mutatni, mint a FAO 300-as hibrideknek (8,57-6,46%) (Hegyi et al. 2007). Ez a kísérletben ellenkezőleg történt, két FAO 330-350-es hibrid mutatott magas értéket.



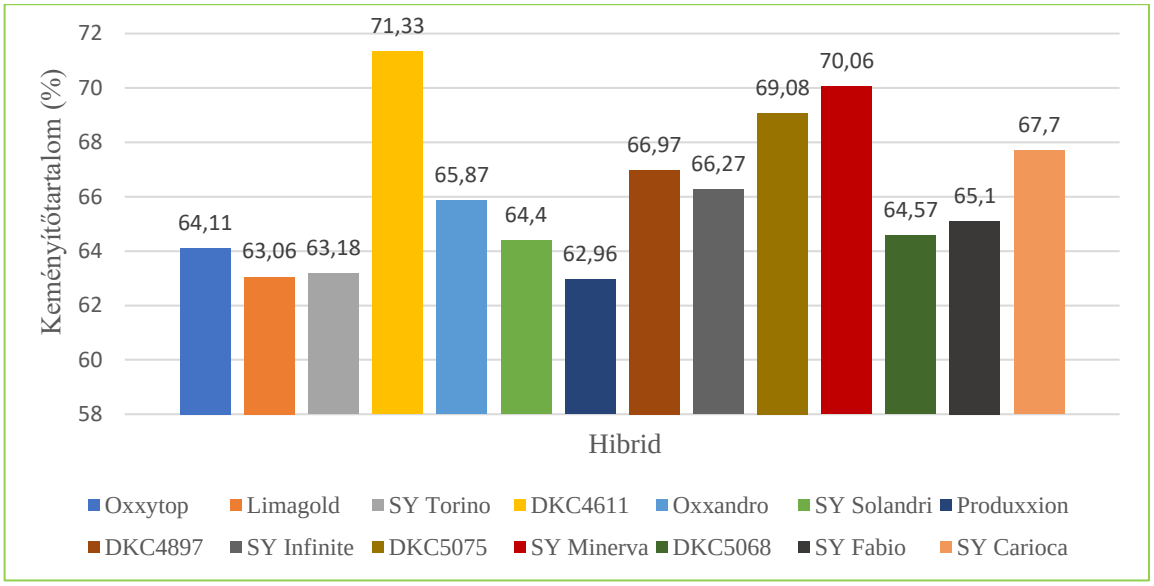
11. ábra: Fehérjetartalom alakulása

Az olajtartalmat vizsgálva 1,51-4,11% közötti értékeket kaptam (*12. ábra*), a legalacsonyabb a DKC4611, a legmagasabb pedig az RGT Oxxandro hibridé volt. Itt is megállapítható, hogy minden általam vizsgált irodalmi forrásban közölt értéknél alacsonyabb olajtartalom jellemezte a hibrideket (3,39-8,41%). FAO szám alapján csoportosítva, Hegyi és munkatársai (2007) szerint a FAO 300-as hibridek magasabb (3,62-3,44%), míg a FAO 400-as hibridek kissé alacsonyabb (3,6-3,36%) olajtartalom értékeket mutattak. Ez a tendencia néhány kivétellel (DKC4611, RGT Oxxandro, SY Infinite) a kísérletben szereplő hibrideknél is megmutatkozott, azonban sokkal alacsonyabb olajtartalom értékek mellett.



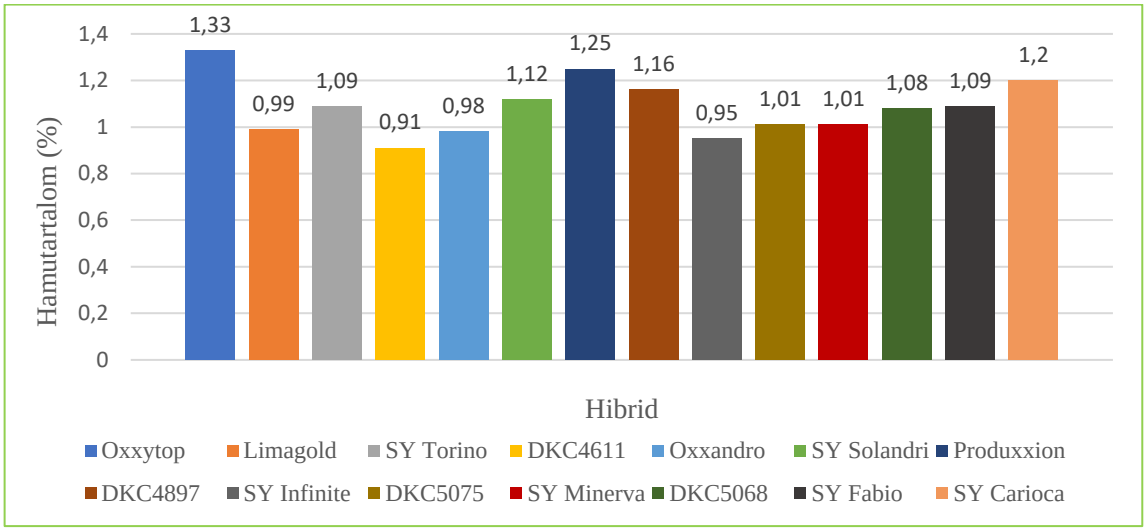
12. ábra: Olajtartalom alakulása

Keményítőtartalom szerint a hibridek széles skálán mozogtak, 62,96-71,33% között (*13. ábra*). A legalacsonyabb keményítőtartalma az RGT Produxxionnak (62,96%), legmagasabb pedig a DKC4611-nek (71,33%) volt. Ezen értékek megfeleltethetők az irodalmi forrásokban közölt értékekkel (60-80%), többségük azonban az alsó határ közelében mozog. Hegyi és munkatársai (2007) a keményítőtartalmat a fehérjetartalommal ellentétben a FAO 300-as hibrideknél magasabbnak (68,33-65,82%) írták le kísérleti eredményeik alapján, mint a FAO 400-asoknál (67,64-64,47%). Ez egyetlen kivétellel, ami a legmagasabb keményítőtartalmú DKC4611 volt, fordítva alakult a kísérletem során.



13. ábra: Keményítőtartalom alakulása

A hamutartalmat vizsgálva egyöntetűen alacsony értékeket kaptam, 0,91-1,33% között alakult a vizsgált hibridek esetében (*14. ábra*). Legmagasabb hamutartalma az RGT Oxxytopnak, legalacsonyabb pedig a DKC4611-nek volt. Ezen értékek megfelelnek a külföldi irodalmakban található értékeknek (1,2% körül), azonban a Győri és Győriné (2011) által leírt, 1,5-3%-ot nem éri el egyik hibrid hamutartalma sem.



14. ábra: Hamutartalom alakulása

A termésátlag és a beltartalmi minőség mellett fontos megvizsgálni a kukoricatermesztés költség- és jövedelemhelyzetét egyaránt.

11. táblázat: Agrotechnikai elemek költsége

Művelet	Költség (Ft/ha)
Szántás	36 047
Műtrágyaszórás	11 274
Tarlóhántás	8692
Magágykészítés	5836
Vetés	5576
Permetezés	6856
Sorközművelés	5752
Betakarítás	23 076
Beszállítás	27 687
Tisztítás	20 164
Betárolás raktárba	6441
Összes költség	157 401

Az agrotechnikai elemek költségeit a kísérletet végző gazdaság saját adatai alapján számoltam ki (*11. táblázat*). Műtrágyaszórást 3 alkalommal végeztek, így már ezek összege került feltüntetésre. A beszállítás, a tisztítás és a raktárba való betárolás esetében is egy hektárra átszámítva tüntettem fel az értékeket. A 2023-as évben az őszi meleg és csapadékmentes idő miatt a kukoricát Madocsán szárítani nem volt szükséges. Az agrotechnika költségeit a táblázat alján összesítettem, és ez került be a 12. táblázatba is.

A fontosabb termelési költségeket a 12. táblázatba gyűjtöttem össze (*12. táblázat*). A vetőmagköltséget a következőképpen számoltam ki: (vetőmag nettó ár 2023-ban x tőszám) / 1 db zsákban lévő magmennyiség. A műtrágyák esetében kálisónál 369 000 Ft/t, karbamidnál 355 000 Ft/t, MAP-nál pedig 535 000 Ft/t összeggel számoltam. Az Adengo gyomirtószer ára 48 200 Ft/l volt a tavalyi évben.

12. táblázat: Költségelemzés

Fajtanév	Vetőmag Ft/ha	Kálisó Ft/ha	Karbamid Ft/ha	MAP Ft/ha	Gyomirtószer (Adengo) Ft/ha	Agro-technika Ft/ha	Összes költség Ft/ha
Oxxytop	69 120	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	411 031
Limagold	86 256	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	428 167
SY Torino	77 131	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	419 042
DKC4611	70 388	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	412 299
Oxxandro	69 120	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	411 031
SY Solandri	77 131	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	419 042
Produxxion	69 120	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	411 031
DKC4897	82 800	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	424 711
SY Infinite	77 131	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	419 042
DKC5075	57 915	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	399 826
SY Minerva	77 131	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	419 042
DKC5068	62 788	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	404 699
SY Fabio	77 131	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	419 042
SY Carioca	77 131	44 280	67 450	53 500	19 280	157 401	419 042

Ezek alapján látható, hogy 400 000 Ft körül alakul mindegyik hibrid költséghelyzete, a legmagasabb értéket a Limagold érte el (428 167 Ft/ha), legkisebb költsége pedig a DKC5075-nek lett (399 826 Ft/ha). Mivel a hibridek megegyező agrotechnikával lettek művelve, valamint minden kezelést azonos mennyiségben kaptak, így közöttük csak a vetőmag árában mutatkozik különbség. Ennek a különbségnek a szemléltetésére forintban, valamint százalékban kifejezve elemeztem a vetőmagköltség mellett a termésátlagok közti differenciát is (*13. táblázat*). Mindkét esetben a legalacsonyabb értéket vettem nullának, és ehhez viszonyítottam a többit. A vetőmag árában a Limagold esetében volt a legnagyobb eltérés, 28 341 Ft-tal, vagyis majdnem 50%-kal volt drágább a legolcsóbb DKC5075 árától. Termésátlagot tekintve a legnagyobb eltérést az SY Torino mutatta, ami 2,75 tonnával, vagyis 24%-kal volt magasabb a legkisebb termésátlagú RGT Oxxytop-tól.

13. táblázat: Vetőmagköltség- és termésátlag-beli differencia

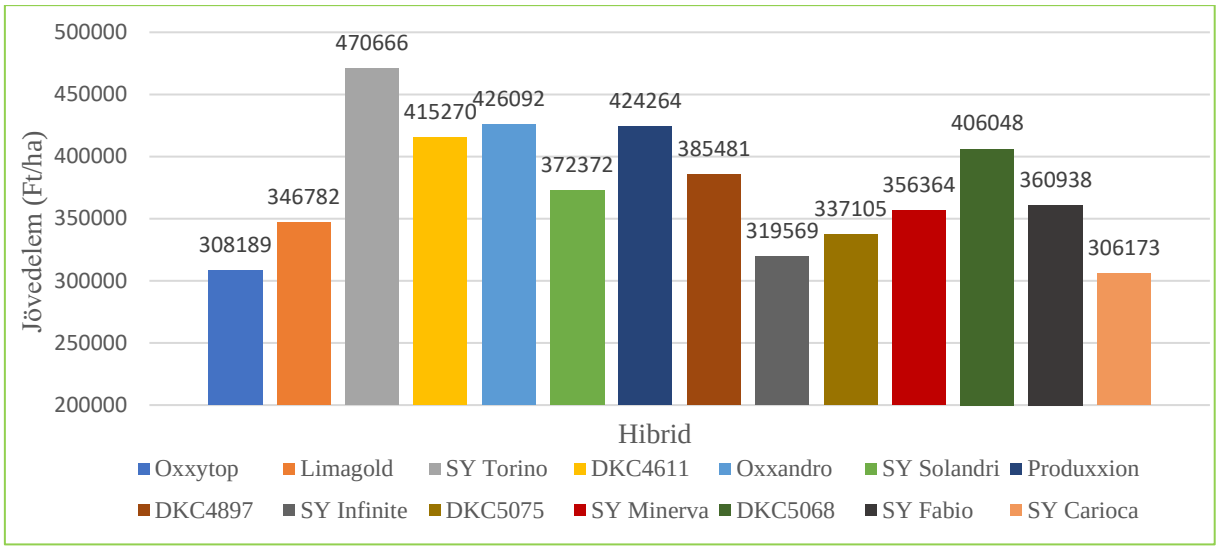
Fajtanév	Költség (vetőmag ár/ha)	Abszolút differencia (Ft)	Differencia (%)	Termésátlag (t/ha)	Abszolút differencia (t)	Differencia (%)
Oxxytop	69 120	11 205	119	11,60	0,00	100
Limagold	86 256	28 341	149	12,50	0,90	108
SY Torino	77 131	19 216	133	14,35	2,75	124
DKC4611	70 388	12 473	122	13,35	1,75	115
Oxxandro	69 120	11 205	119	13,50	1,90	116
SY Solandri	77 131	19 216	133	12,76	1,16	110
Produxxion	69 120	11 205	119	13,47	1,87	116
DKC4897	82 800	24 885	143	13,07	1,47	113
SY Infinite	77 131	19 216	133	11,91	0,31	103
DKC5075	57 915	0	100	11,89	0,29	102
SY Minerva	77 131	19 216	133	12,51	0,91	108
DKC5068	62 788	4873	108	13,08	1,48	113
SY Fabio	77 131	19 216	133	12,58	0,98	108
SY Carioca	77 131	19 216	133	11,70	0,10	101

A jövedelem megállapításához a hektáronkénti összes költségen kívül a termelési értéket kellett még meghatározni (*14. táblázat*). Ezt a termésátlagnak és a kukorica eladási árának szorzatával kaptam meg. A kukorica eladási árát 62 000 Ft/tonnának vettem, ami 2023-ban, az aratás utáni (október-november) hónapokban átlagosnak árnak számított. A jövedelem a termelési érték és az összes költség különbségeként határozható meg. Értéke igen széles határok között, 306 173 Ft és 470 666 Ft között alakult.

14. táblázat: Kukoricatermesztés jövedelemhelyzete

Fajtanév	Összes költség (Ft/ha)	Érték (Ft/ha)	Jövedelem (Ft/ha)
Oxxytop	411 031	719 220	308 189
Limagold	428 167	774 949	346 782
SY Torino	419 042	889 708	470 666
DKC4611	412 299	827 569	415 270
Oxxandro	411 031	837 123	426 092
SY Solandri	419 042	791 414	372 372
Produxxion	411 031	835 295	424 264
DKC4897	424 711	810 192	385 481
SY Infinite	419 042	738 611	319 569
DKC5075	399 826	736 931	337 105
SY Minerva	419 042	775 405	356 364
DKC5068	404 699	810 747	406 048
SY Fabio	419 042	779 979	360 938
SY Carioca	419 042	725 214	306 173

A jövedelem szemléltetésére az alábbi diagramot készítettem (*15. ábra*). Legnagyobb jövedelem hektáronként az eredmények alapján az SY Torino hibrid termesztésével, legkisebb pedig az SY Carioca termesztésével volt elérhető a 2023-as évben Madocsán. A hibridek jövedelmének átlaga 373 951 Ft/hektár, szórásuk, vagyis az egyes értékek átlagtól való eltérése pedig 47 754,74 Ft. A relatív szórás, azaz a szórás átlaghoz viszonyított értéke 12,77%, ami alapján egy közepesen heterogén sokaságnak tekinthető a kísérleti hibridek jövedelemhelyzete. Összehasonlítva Csipkés (2018) eredményével megállapítható, hogy a legkisebb jövedelmet hozó hibridek megegyező árszinten vannak a 2011-2017 között vizsgált időszak legnagyobb jövedelmű hibrideivel. FAO szám tekintetében megállapítható, hogy a FAO 340-360 és A FAO 380-400 közötti hibridek teljesítettek legjobban a jövedelem tekintetében.



15. ábra: Jövedelem alakulása a kísérleti hibrideknél

A jövedelemhelyzet számításánál nem vettem figyelembe az állami támogatások és a földbérleti díj összegét, valamint többek között a gépek szervízelésének költségét és az amortizációt sem. Megállapítható, hogy a termelés költségei évről évre nőttek, valamint a változékony időjárás miatt a termésátlagok szélsőségesen ingadoztak, amit az értékesítési árak is követtek. A 2023-as évben kifejezetten magas műtrágyaárakkal kellett dolgoznia a termelőknek, ami tovább nehezítette a helyzetüket.

5 Következtetések és javaslatok

A kukoricatermesztés szempontjából a 2023-as év időjárása ideálisnak volt tekinthető a talajvízkészletet feltöltő téli-, valamint a májusi nagymennyiségű csapadék miatt, így az átlagosnál magasabb termésátlagokat értek el a gazdák országszerte. Madocsán a földek öntéstalaj jellegéből kifolyólag nagymértékű heterogenitást mutatnak, ami nehezíti a termesztést és terméscsökkenést is okozhat. Ezt a vizsgálat évében a hibridek a csapadékviszonyok miatt kompenzálni tudták, és kifejezetten magas termésátlagokat mutattak (11,6-14,35 t/ha), ami a térségben igen ritka.

A fent bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy Madocsán a FAO 340-400 közötti hibridek értek el a legmagasabb termésátlagot az üzemi kísérletben 2023-ban, így ezen FAO számú hibridek termesztése javasolható a térségben a jövőre nézve.

Szintén ebbe a tartományba tartozó hibridek közül kerültek ki a legnagyobb jövedelmet hozó fajták, amelyek az SY Torino, a DKC4611, az RGT Oxxandro és az RGT Produxxion voltak. A jövedelemhelyzetet a termésátlag és a vetőmagköltség befolyásolta, hiszen a többi költség azonos volt a hibrideknél. A fentnevezett hibridek érték el a legmagasabb termésátlagokat, emellett pedig vetőmagköltségük is a középkategóriába tartozott, 69 120-77 131 Ft között alakult, ami jövedelemhelyzetükre előnyösen hatott. Megfigyeltem, hogy a drágább vetőmag (Limagold: 86 256 Ft) kevésbé volt jövedelmező, mivel csak 12,5 tonnát termett hektáronként. A legolcsóbb vetőmag (DKC5075: 57 915 Ft) hasonló jövedelemszintet ért el, a két hibrid között megközelítőleg 9000 Ft differencia jelentkezett hektáronként. Az eredmények alapján tehát a területen a jövőben az SY Torino termesztése javasolható a jövedelemhelyzet elemzése alapján.

Beltartalmi értékeket tekintve a DKC4611 helyzete érdemel említést, hiszen fehérjetartalma (6,08%) és keményítőtartalma (71,33%) is kiemelkedően magas volt a többi hibridhez képest, olajtartalma (1,51%) azonban a legalacsonyabb volt mind közül. Takarmányozási célra, valamint etanolgyártás alapanyagként is kiválóan hasznosítható. Az RGT Oxxytop a legnagyobb fehérje- (6,3%) és olajtartalommal (4,11%) rendelkezett, termésátlaga azonban a legalacsonyabb lett a hibridek közül.

Természetesen érdemes lenne a kísérletet több éven át elvégezni, hogy megfigyelhető legyen a hibridek alkalmazkodóképessége különböző környezeti viszonyok mellett. Az üzemi fajtaösszehasonlító kísérletek minden gazdálkodó számára igen fontosak, elvégzésük más szántóföldi növénykultúrák esetében is érdemes lenne az ország több területén.

6 Összefoglalás

A kukoricatermesztés a világon és Magyarországon is igen nagy jelentőséggel bír, hazánkban a kalászos gabonafélék mellett a legnagyobb területen vetett növényünk. Takarmányozásban, élelmezésben és több iparágban is felhasználják, azonban ezen iparágak eltérő minőséget igényelnek. A termésátlagok növelése régóta kívánatos a termelők és a nemesítők körében, hiszen a népességnövekedés ütemét az élelmiszer-előállításnak is követnie kell. Kutatómunkám során ezen igények eléréséhez szükséges genetikai hátteret vizsgáltam meg.

Dolgozatom célja a Tolna vármegyei Madocsa határában kialakított kísérleti parcellákon 14 kukoricafajta összehasonlítása volt termésmennyiség és minőség tekintetében a 2023-as évben. A kísérletben szereplő hibrideket 4 nemesítő cég ajánlatából állítottuk össze, érésidő szerint korai (FAO 300-399) és középérésű (FAO 400-499) csoportból egyaránt válogatva. A kísérleti parcellák megegyező agrotechnikával lettek művelve, azonos műtrágyadózisokat és növényvédelmi kezeléseket kaptak, hogy az egyes fajták genetikai potenciálja összehasonlítható legyen. A munkám a kísérleti fajták összeállítása, a vetés és a növényállomány fejlődésének megfigyelése, valamint a betakarítás folyamán előzetes állományfelmérés, majd betakarításkor mintagyűjtés és a termésmennyiség mérése volt. A MATE gödöllői laborjában végzett terményanalizálás során nyert adatokat, valamint a kísérleti táblára kihelyezett mérőtalp segítségével mért termésmennyiség adatokat Microsoft Excel programba digitalizáltam, ahol tovább elemeztem őket. A kukorica beltartalmi paraméterei közül a szem nedvesség-, keményítő-, fehérje-, olaj- és hamutartalmát vizsgáltam meg egy Dickey-John gyártmányú, Instalab 600-as analizáló berendezés segítségével. Vizsgáltam ezen kívül a kukoricatermesztés költség- és jövedelemhelyzetét is a kísérletet végző cég adatai esetében, és így a vetőmagárak közti különbség figyelembevételével értékeltem az egy hektárra vonatkoztatott jövedelem nagyságát az egyes hibridek esetében. Az eredmények, az elkészült grafikonok és táblázatok fent bemutatásra kerültek, segítségükkel pedig képes voltam kiválasztani ezen üzemi kísérletben legjobban szereplő, SY Torino nevezetű hibridet, amely mind termésmennyiség, mind jövedelem tekintetében kiemelkedő eredményt ért el.

Úgy gondolom, hogy a kísérletem hasznos lehet minden vállalkozó szellemű, a jövőben hasonló üzemi kísérletet vagy fajtaösszehasonlítást elvégezni kívánó ember számára. Eredményeim segítséget nyújthatnak más kukoricatermesztő gazdaságoknak a fajtaválasztásnál, valamint alapot képezhetnek saját eredményeikkel való összehasonlítás során.

7 Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Dr. Mikó Péter Pál Tanár Úrnak, konzulensemnek a segítségéért, hasznos tanácsaiért és türelméért.

Ezúton is szeretném megköszönni a lehetőséget Laposa Jánosnak, a Madagro Kft. agronómusának, hogy részt vehettem az általa létrehozott kísérletben. Köszönöm neki, hogy minden szükséges adatot rendelkezésemre bocsájtott, és ezen kívül minden kérdésemre készséggel választ adott.

Ezen kívül köszönöm a cég dolgozóinak, akik munkájukkal hozzájárultak a kísérlet elvégzéséhez és sikerességéhez.

Végezetül szeretném megköszönni a szüleimnek a sok éven át tartó támogatásukat, hiszen nélkülük ez a diplomadolgozat sem jöhetett volna létre.

8 Irodalomjegyzék

Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI) (2023): Öntözés művelési áganként 2022. Agrárstatisztikai Információs Rendszer (ASIR)

Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI) (2018): A főbb mezőgazdasági ágazatok költség- és jövedelemhelyzete 2016. 127 p.

Antal, J. & Jolánkai, M. (2005): A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 391 p.

Antal, J. (2000): Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 99-106 p.

Archer, D. W., & Reicosky, D. C. (2009): Economic performance of alternative tillage systems in the northern Corn Belt. Agronomy Journal, 101(2): 296-304.

Balla, Z. (2017): Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica hibridek termésére és keményítőhozamára. Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei, Debreceni Egyetem, Debrecen, 32 p.

Bannayan, M., Paymard, P., & Ashraf, B. (2016): Vulnerability of maize production under future climate change: possible adaptation strategies. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(13): 4465-4474.

Chaudhary, D. P., Sapna, M. S., Mandhania, S., Kumar, R. (2012): Inter-relationship among nutritional quality parameters of maize (*Zea mays*) genotypes. Indian Journal of Agricultural Sciences, 82(8): 681-685.

Cociu, A. I., & Alionte, E. (2017): Effect of different tillage systems on grain yield and its quality of winter wheat, maize and soybean under different weather conditions. Romanian Agricultural Research, (34): 59-67.

Csathó, P. (2004): A hazai agrokémiai iskolák kutatói által beállított NPK trágyázási szántóföldi kísérletek adatbázisainak értékelése. Kézirat, MTA TAKI.

Csipkés, M. (2018): A főbb szántóföldi növények költség-és jövedelem helyzetének elemzése Magyarországon. Journal of Central European Green Innovation, 6(4): 47-64.

Deines, J. M., Wang, S., & Lobell, D. B. (2019). Satellites reveal a small positive yield effect from conservation tillage across the US Corn Belt. Environmental Research Letters, 14(12): 124038.

DeKalb (2023): Kukorica vetőmag katalógus 2023-2024. Fajtakatalógus. 50 p.

Dickey-John (S.a.): Dickey-John Instalab 600 Series Operator's Manual. Kézikönyv. 67 p.

Dövényi, Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 111-114 p.

Du, D., Geng, C., Zhang, X., Zhang, Z., Zheng, Y., Zhang, F., Lin, Y. & Qiu, F. (2014): Transgenic maize lines expressing a cry1C* gene are resistant to insect pests. Plant molecular biology reporter, 32, 549-557.

Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022): Global maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications. Food Security, 14(5), 1295-1319.

Eubanks, M. W. (2001): The mysterious origin of maize. Economic Botany, 55(23): 492–514.

Európai Bizottság (2024): EUPVP-Common Catalogue. Közösségi Fajtajegyzék, 2024.02.27.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2009): How to feed the World in 2050.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Statistics Division (2023): Crops and livestock products - Maize (corn).

Galinat, W. C. (1971): The origin of maize. Annual Review of Genetics, 5(2): 447-478.

Gumienna, M., Szwengiel, A., Lasik, M., Szambelan, K., Majchrzycki, D., Adamczyk, J., Novak, J. & Czarnecki, Z. (2016): Effect of corn grain variety on the bioethanol production efficiency. Fuel, 164: 386-392.

Győri, Z., Győriné, M. I. (2011): A búza és kukorica minősége és feldolgozása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 185 p.

Hassanein, M. K., & Medany, M. A. (2007): The impact of climate change on production of maize (Zea mays L.). In Proc. of the international conference on climate change and their impacts on costal zones and River Deltas, Alexandria-Egypt (pp. 23-25).

Hegyi, Z., Pók, I., Szőke, C., Pintér, J. (2007): Chemical quality parameters of maize hybrids in various FAO maturity groups as correlated with yield and yield components. Acta Agronomica Hungarica, 55(2): 217-225.

Ibrahim, S. A., & Kandil, H. (2007). Growth, yield and chemical constituents of corn (Zea Maize L.) as affected by nitrogen and phosphors fertilization under different irrigation intervals. Journal of Applied Sciences Research, 3(10), 1112-1120.

Illés, Á., Bojtor, Cs., Szabó, A. & Nagy, J. (2022): Eltérő agrotechnikai paraméterek hatása a különböző kukoricahibridek kelésdinamikai és termésparamétereire szántóföldi tartam kísérletben. Növénytermelés, 71(1): 21-32.

Kent, N. L. & Evers, A. D. (1994): Technology of Cereals: An introduction for students of food science and agriculture. Fourth edition. Elsevier Sience Ltd. Oxford, 78-102 p.

Khan, A., Munsif, F., Akhtar, K., Afridi, M. Z., Ahmad, Z., Fahad, S., Ullah, R., Khan, F. A. & Din, M. (2014). Response of fodder maize to various levels of nitrogen and phosphorus. American Journal of Plant Sciences, 5: .2323-2329.

Kiss, Cs. (2013a): A bioetanol gyártás alapanyagául szolgáló kukorica szemtermésére ható legfontosabb termesztési tényezők. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen, 142 p.

Kiss, Cs. (2013b): Kukorica hibridek keményítő tartalmának vizsgálata közeli infravörös spektroszkópiai (NIT) technikával. Agrártudományi Közlemények, 51: 119-122.

Kovács, Gy., Tuba, G., Sinka, L., Rivera, G. A., Zsembeli, J. (2022): Jász-Nagykun-Szolnok megye főbb növényeinek termésátlagai az aszály mértékének függvényében. Növénytermelés, 71(2): 63-78.

Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2023a): A kukorica termelése vármegye és régió szerint. STADAT-tábla

Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2023b): Fontosabb szántóföldi növények betakarított területe. STADAT-tábla

Li, X., Takahashi, T., Suzuki, N., & Kaiser, H. M. (2011): The impact of climate change on maize yields in the United States and China. Agricultural Systems, 104(4): 348-353.

Limagrain (2023): Kukorica és napraforgó vetőmagajánlat 2023. Fajtakatalógus. 21 p.

Liu, Z., Hubbard, K. G., Lin, X., & Yang, X. (2013): Negative effects of climate warming on maize yield are reversed by the changing of sowing date and cultivar selection in Northeast China. Global Change Biology, 19(11): 3481-3492.

Magyar Kukorica Klub - Fajtakísérleti és Fajtainformációs Bizottság (2018): A „Top20" Fajtakísérleti és Fajtainformációs Program Fajtakísérleteihez. Útmutató. Kőszárhegy, 17 p.

Magyar Kukorica Klub (2021): XIII. Kukorica Termésverseny betakarítási eredményei. Termésverseny tanúsítás, 32 p.

Magyar Kukorica Klub (2022): XIV. Kukorica Termésverseny betakarítási eredményei. Termésverseny tanúsítás, 2 p.

Magyar Kukorica Klub (2023): XV. Kukorica Termésverseny betakarítási eredményei. Termésverseny tanúsítás, 5 p.

Mangelsdorf, P. C., MacNeish, R. S. & Galinat, W. C. (1967): Prehistoric Wild and Cultivated Maize. In: Byers, D. S. (ed.): The Prehistory of the Tehuacan Valley: Volume 1- Environment and Subsistence. University of Texas Press, London, 356 p., 178-200. p.

Márton, L. (2013): Hagyományos- és hidegtűrő kukorica hibridek gyomnövényekkel való versengésének vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés, Pannon Egyetem, Keszthely, 149 p.

Nagy, J. (2021): Kukorica - A nemzet aranya - Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó, Budapest, 516.

Nagy, J., Rátonyi, T., & Széles, A. (2016): A klímaváltozás okozta növényi stressz mérséklése. Debreceni Szemle, 24(2): 126-134.

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (2023a): Adengo gyomirtó permetezőszer forgalomba hozatali és felhasználási engedélyének módosítása. Engedélyokirat, 2023.08.02, 7 p.

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (2023b): Nemzeti Fajtajegyzék. Fajtakatalógus. 49 p.

Novák, R. et al. (2019): A Hatodik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés előzetes eredményei. Magyar Gyomkutatás és Technológia. 20(1): 55-58.

Novák, R., Dancza, I., Szentey, L., Karamán, L. (szerk.) (2011): Az Ötödik Országos Gyomfelvételezés Magyarország szántóföldjein. Vidékfejlesztési Minisztérium Élelmiszerlánc-felügyeleti Főosztály, Növény- és Talajvédelmi Osztály, Budapest, 570 p.

Nuss, E. T., Tanumihardjo, S. A. (2010): Maize: A Paramount staple crop in the context of global nutrition. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(4): 417-436.

Obaisi, A. (2017): Overpopulation: a threat to sustainable agriculture and food security in developing countries? A review. International Journal of Agriculture and Food Security, 6(7): 921-927.

Oláh, J. & Popp, J. (2018): A kukoricatermelés kilátásai. Magyar Mezőgazdaság, 2018. október 29.

Pepó, P. (szerk.) (2019): Alapnövények – Integrált növénytermesztés 2. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest, 59-92 p.

Radics, L. (szerk.) (1994): Szántóföldi növénytermesztéstan. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Kertészeti Kar jegyzet, Budapest, 85 p.

RAGT (2024): Kukorica, napraforgó, cirok. Fajtakatalógus, 36 p.

RAGT (2023): Kukorica terméseredmény. Fajtakatalógus, 1 p.

Shrestha, J., Kandel, M., & Chaudhary, A. (2018): Effects of planting time on growth, development and productivity of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agriculture and Natural Resources, 1(1): 43-50.

Singh, V. (2012): Effect of corn quality on bioethanol production. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 1(4): 353-355.

Syngenta (2023): Napraforgó és kukorica hibrid kínálat és technológia. Fajtakatalógus. 21 p.

Széles, A., & Huzsvai, L. (2020): Modelling the effect of sowing date on the emergence, silking and yield of maize (*Zea mays* L.) in a moderately warm and dry production area. Agronomy Research 18(2): 579–594.

Széles, A., Fejér, P., Harsányi, E., & Huzsvai, L. (2019): Evaluation of Changes Caused by Genotypes and Weather on the Protein and Oil Content of Maize Grains in the Continental Climate of Centreal European Hungary. Journal of Agriculture Food and Development, 5: 22-32.

Széles, A., Horváth, É., Vad, A., & Harsányi, E. (2018). The impact of environmental factors on the protein content and yield of maize grain at different nutrient supply levels. Emirates Journal of Food and Agriculture, 30(9): 764-777.

Szulc, P., Bocianowski, J., Kruczek, A., Szymańska, G., & Roszkiewicz, R. (2013): Response of two cultivar types of maize (Zea mays L.) expressed in protein content and its yield to varied soil resources of N and Mg and a form of nitrogen fertilizer. Polish Journal of Environmental Studies, 22(6): 1845-1853.

Tamás, A., Radócz, L., Horváth, É., Zagyi, P. & Ragán, P. (2022): A termesztéstechnológiai tényezők hatása a kukorica (*Zea mays* L.) terméseredményeire polifaktorális tartamkísérletben. Növénytermelés, 71(1): 67-80.

Torney, F., Moeller, L., Scarpa, A., & Wang, K. (2007): Genetic engineering approaches to improve bioethanol production from maize. Current opinion in biotechnology, 18(3): 193-199.

Tsimba, R., Edmeades, G. O., Millner, J. P., & Kemp, P. D. (2013): The effect of planting date on maize grain yields and yield components. Field Crops Research, 150: 135-144.

Ullah, I., Ali, M., & Farooqi, A. (2010): Chemical and nutritional properties of some maize (*Zea mays* L.) varieties grown in NWFP, Pakistan. Pakistan Journal of Nutrition, 9(11): 1113-1117.

Vančetović, J., Simić, M., & Božinović, S. (2014): The use of CTM (cycloxydim tolerant maize) mutation in maize weeds control. Mutagenesis: exploring novel genes and pathways, 10: 203-214.

Vančetović, J., Vidakovic, M., Babic, M., Radojcic, D. B., Bozinovic, S., & Stevanovic, M. (2009): The effect of cycloxydim tolerant maize (CTM) alleles on grain yield and agronomic traits of maize single cross hybrid. Maydica, 54(1): 91-95.

Virág, I. Cs., Vad, A. M., & Kutasy, E. T. (2020): The effect of irrigation on the yield and quality of maize (*Zea mays* L.) hybrids. Acta Agraria Debreceniensis, (1): 143-147.

Wang, X., & Xing, Y. (2017): Effects of irrigation and nitrogen on maize growth and yield components. Global changes and natural disaster management: geo-information technologies, 63-74.

Wrigley, C. W., Corke, H., Seetharaman, K., Faubion, J. (szerk.) (2016): Encyclopedia of food grains. The world of food grains. Elsevier Ltd. Oxford, 99-104 p.

Xu, H., Twine, T. E., & Girvetz, E. (2016): Climate change and maize yield in Iowa. PloS one, 11(5), e0156083. 20 p.

Zamora-Re, M. I., Dukes, M. D., Hensley, D., Rowland, D., & Graham, W. (2020): The effect of irrigation strategies and nitrogen fertilizer rates on maize growth and grain yield. Irrigation Science, 38, 461-478.

Internetes források:

http1 Agrotopo-Genetikai talajtípus. https://maps.rissac.hu:3344/webappbuilder/apps/2/ (2023.02.04.)

http2 Elmúlt évek időjárása.
https://met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/ (2024.03.20.)

http3 MePAR Portál. https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/ (2023.02.04.)

9 Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra: A világ kukoricatermesztése 2000-2022 között (FAO adatok alapján, saját szerkesztés) 6
2. ábra: Vármegyénként betakarított terület- és termés átlagai 2018-2022 között (KSH adatok alapján, saját szerkesztés) 8
3. ábra: Genetikai talajtípus Madocsán (Agrotopo 2024, http1) 22
4. ábra: A csapadékmennyiség és a hőmérséklet eloszlása 2023-ban (saját szerkesztés) 23
5. ábra: Kísérleti parcellák elhelyezkedése (MePAR, http3) 24
6. ábra: A kísérlethez alkalmazott mérőtalpak és a betakarítást végző kombájn (saját fotó) 29
7. ábra: Instalab 600 analizáló berendezés (saját fotó) 30
8. ábra: Golyvásüszög az Oxxytop hibriden 31
9. ábra: Kísérleti kukoricahibridek csövei 31
10. ábra: 14% nedvességtartalomra korrigált termésmennyiségek 33
11. ábra: Fehérjetartalom alakulása 34
12. ábra: Olajtartalom alakulása 35
13. ábra: Keményítőtartalom alakulása 35
14. ábra: Hamutartalom alakulása 36
15. ábra: Jövedelem alakulása a kísérleti hibrideknél 40

1. táblázat: Magyarország kukoricatermelése az elmúlt években (KSH adatok alapján, saját szerkesztés) 7
2. táblázat: Éréscsoportok jellemzői (Antal & Jolánkai 2005) 9
3. táblázat: Különböző szerzőktől származó kukoricaszem-minták kémiai összetétele (Forrás: Győri-Győriné 2011, Hegyi et al. 2007, Ibrahim-Kandil 2007, Kent-Evers 1994, Nuss-Tanumihardjo 2010, Ullah et al. 2010, Wrigley et al. 2016) 19
4. táblázat: Tápanyagellátás a kísérleti parcellákon (saját szerkesztés) 25
5. táblázat: Adengo készítmény adatai (Nébih 2023a) 25
6. táblázat: Fajtasor 26
7. táblázat: A kísérletben szereplő fajták állami elismerésének adatai (Közösségi Fajtajegyzék adatai alapján, saját szerkesztés) 27
8. táblázat: Fajtatulajdonságok (DeKalb 2023, Limagrain 2023, RAGT 2024, Syngenta 2023) 28

9. táblázat: Betakarításkor felmért adatok 32
10. táblázat: Hibridek beltartalmi értékei 33
11. táblázat: Agrotechnikai elemek költsége 36
12. táblázat: Költségelemzés 37
13. táblázat: Vetőmagköltség- és termésátlag-beli differencia 38
14. táblázat: Kukoricatermesztés jövedelemhelyzete 39

10 Nyilatkozatok

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat
III. Hallgatói Követelményrendszer
III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat
6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója
4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT
a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: SÁGI DÓRA
A Hallgató Neptun kódja: DSKLDQ
A dolgozat címe: Kukorica fajtaösszehasonlító kísérlet a termésmennyiség és -minőség tekintetében Madocsán
A megjelenés éve: 2024.
A konzulens intézetének neve: Növénytermesztési-tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agronómia Tanszék

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant 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 szellemitulajdon-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 könyvári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024 év április hó 16 nap

Sági Dóra
Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Sági Dóra (név) (hallgató Neptun azonosítója: D9KLDQ) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot 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 javaslom**[1].

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*[2]

Kelt: 2024 év április hó 16. nap

Dr. Mák Péter Pál
belső konzulens

[1] A megfelelő aláhúzandó.
[2] A megfelelő aláhúzandó.