

SZAKDOLGOZAT

Bräutigam Dániel

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

mezőgazdasági mérnök alapképzési szak

**A TŐSZÁMVÁLTOZTATÁS HATÁSA A
KUKORICA TERMÉSÉRE**

Belső konzulens: Dr. Percze Attila
egyetemi docens

Készítette: Bräutigam Dániel
EHMXN4

Intézet/tanszék: Növénytermesztési-tudományok
Intézet, Agronómia Tanszék

Gödöllő

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	5
2. Célkitűzés.....	7
3. Irodalmi áttekintés.....	8
3.1. A kukorica jelentősége.....	8
3.2. A kukoricatermesztés hazai helyzete.....	9
3.3. A kukorica származása és rendszertana.....	11
3.4. A kukorica morfológiája, beltartalmi értékei.....	12
3.5. A kukorica környezeti igényei.....	13
3.5.1. A kukorica tápanyagigénye.....	14
3.5.2. A kukorica tőszámbeállításának jelentősége.....	14
3.5.3. Környezeti tényezők hatása a kukorica terméseredményeire.....	15
3.6. Precíziós termesztés.....	17
3.7. A növények közötti versengés.....	18
4. Anyag és módszer.....	20
4.1. A vizsgálatok célja.....	20
4.2. A vizsgálatok körülményei.....	20
4.3. A kísérletben alkalmazott agrotechnika.....	21
4.4. Szántóföldi kísérlet bemutatása.....	25
5. Eredmények értékelése.....	28
5.1. Termésértékelés.....	28
6. Következtetések és javaslatok.....	31
7. Összefoglalás.....	32
8. Köszönetnyilvánítás.....	33

9. Irodalomjegyzék.....	34
10. Nyilatkozat	37

1. Bevezetés

A kukorica az egyik legfontosabb kultúrnövény a világon (Shiferaw et al. 2011, Nagy 2010). Jelentősége fokozódni fog a jövőben is, ezért a termesztése során ráfordított költségek fontosak a jövedelmezősége szempontjából. Napjainkban a legdinamikusabb növekedést a kukorica vetésterülete, termésátlaga és a megtermelt össz mennyisége mutatja a világon (Barkaszi 2008). A termelés korszerűségétől függ a növénytermesztés versenyképessége, amely hazánkra különösen érvényes (Ferencz 2020). Olyan hosszútávon megfelelő rendszer kialakítása szükséges, amely versenyképes agrárlogisztikai és feldolgozó ipari fejlődést biztosít. Fontos szempont, hogy a termeléssel biztosítva legyen a takarmányszükséglet, az ipar számára szükséges mennyiség, továbbiban az is, hogy az azonnal fel nem dolgozható áru tárolása megoldott legyen (Nagy 2010). A kukorica termésbiztonságát leghatékonyabban a jól megválasztott, optimális tőszámra beállított hibrid elvetésével, a területek öntözésével, megfelelő tápanyag utánpótlással, költséghatékony növényvédelemmel tudjuk növelni. A nyereség csak az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők közötti pozitív hatások kedvező kihasználásával érhető el (Nagy 2010). A túlnépesedés és a klímaváltozás nagy kihívások elé állítja az emberiség élelmezésére irányuló törekvéseket. A kukoricatermesztésnek nagy jelentősége van emberi fogyasztás valamint állati takarmány előállítás szempontjából is (Nagy 2021, Tamás és et al. 2022). A kukorica vetésterületének 13%-án elért termést élelmiszerként fogyasztják, a vetésterület 15%-a pedig bioüzemanyag előállítására szolgál (Oláh és Papp 2018). Az alternatív felhasználási lehetőségeknek azonban egyre nagyobb jelentősége van, úgymint bioetanol, ipari alapanyag, stb. A sokrétű felhasználás indokoltá teszi a hibridek beltartalmi értékeinek ismeretét, valamint az agrotechnikai tényezők minőségre gyakorolt hatását is (Ványiné et al. 2010). A gazdaság fejlődésével a népesség, az erőforrások és a környezet közötti ellentmondás egyre inkább előtérbe került. A mezőgazdasági termelés egyik fontos kérdése, hogy miként lehet a korlátozott termőföld-erőforrásokat teljes mértékben kihasználni az élelmiszertermelés növelése érdekében, miközben a környezetkárosítást csökkentjük. A kukorica alapvető szerepet játszik a globális élelmezésbiztonság biztosításában. Ezen túlmenően a tőszám beállítása a kukorica termés hozamát befolyásoló kulcsfontosságú agronómiai tényező (Du et al. 2023).

Több kutatásban megállapításra került, hogy a kukorica tőszámának növelésével a termésmennyiség is növekedett. A termés hozamok növekedése azonban szoros összefüggésben van a tápanyagellátással, az évjárattal, a vízellátással, valamint magával a hibriddel (Sárvári 2005, Pepó 2009). A nagyobb növény sűrűség optimalizálja a kukorica lombkoronaszerkezetét,

elősegíti a szárazanyag-asszimilációt, valamint a víz- és tápanyagfelvétel elősegítése érdekében alakítja a gyökér morfológiáját, eloszlását és tevékenységét (Hou et al. 2023).

2. Célkitűzés

Menyhért (1979) szerint: „Alapvető feladatunk a kukoricatermesztés feltételeit javítanunk, mivel a kukorica nem egy növény a sok közül, hanem az egyik legfontosabb gabonafélének.”

Vizsgálataim célja annak kimutatása volt, hogy milyen hatással van a kukorica tőszámváltoztatása a termésmennyiségre. Célunk, hogy a rendelkezésre álló eredmények segítségével, a hibridek jobb kihasználásával a területekről költséghatékonyan a maximális hozamot tudjuk elérni.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A kukorica jelentősége

A népesség növekedésével az élelmiszer- és energiahiány globális szinten egyre inkább előtérbe kerül. A kukorica terméshozamának növelése kulcsszerepet fog játszani e hiányok enyhítésében (Xu et al. 2017). Világszerte az egyik legkedveltebb kultúrnövény a kukorica, felhasználása rendkívül széleskörű. Magas keményítőtartalma miatt a takarmányozásban is fontos szerepe van ([http1](#)), ám alkalmazási lehetőségei közül felhasználható emberi fogyasztásra és ipari felhasználásra (Széles és Nagy 2013). A kukoricát 162 millió hektáron termesztik világszerte, a betakarított szemes kukorica mennyisége pedig 850 millió tonnára tehető, ami 5,2 t/ha termésátlagot jelent. Világszerte a legnagyobb szemtermést adja. Az Egyesült Államokban termesztik a legnagyobb területen a kukoricát, a második helyen pedig Kína áll, együtt teszik ki a globális össztermés 58%-át. A legnagyobb exportőrök között szintén szerepel az Egyesült Államok, valamint Argentína és Brazília is ([http2](#)). A kukorica az elmúlt években elfoglalta a korábban más fajokkal vetett területek jelentős részét, elterjedt sok, újonnan megművelt, világszinten sérülékenynek tekintett területen is (Otegui et al. 2021). A kukoricának fontos szerepe van Európa és a világ élelem ellátásában közvetlenül, valamint közvetett formában takarmányként is. Az emberiségnek sokkal több élelmiszert kell majd előállítania az elkövetkezendő pár évtizedben a növekvő népesedés miatt. A termésnövekedés több mint fele (60%), ami az elmúlt évtizedekben végbement, a termőterület folyamatos növekedése miatt jelent meg, nem pedig a termésátlag növekedése, azaz az eredményesebb termelés következtében. Ez a tendencia nem tartható, ezért a jövőben sokkal nagyobb hangsúly lesz a termesztéstechnológián, valamint a jobb tulajdonságú hibrideken. A kukorica vetésterülete 100 millió hektárról csaknem a duplájára nőtt 1961 és 2021 között (*1. ábra*) (FAOSTAT 2023).



1. ábra: A kukorica vetésterületének alakulása a világon (FAOSTAT 2023.)

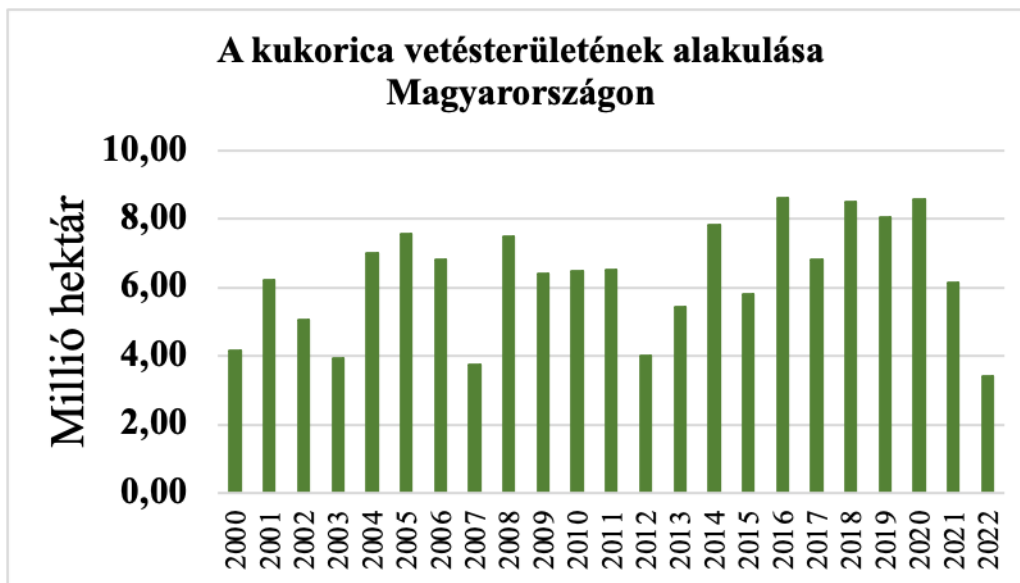
A kukorica más módon is hasznosítható az emberek számára alapvető táplálékforrásként való értékén túlmenően. A GMO-k megjelenése előtt a gabona piaca szétoszlott attól függően, hogy a termék emberi vagy nem emberi felhasználásra kerül. A humáncélú felhasználásból gyakran kizárják a GMO fajtákat, mivel számos fogyasztó fenntartásokkal kezeli a transzgénikus technológia alkalmazását élelmiszer előállításban, gyógyszergyártásban és kozmetikumokban. A kukorica nem humán felhasználási módjai közé tartoznak a magas fruktóztartalmú szirupok, az állati takarmányadagok, valamint az erjesztés, ami a belső égésű motorok üzemanyagaként használt etanol előállításához szükséges. A bolygónk fosszilis energiatartalékai fokozatosan kimerülnek, ezért nélkülözhetetlen lesz a kukorica és más fajok által szénhidrátokban és lipidekben kémiai energiává alakított napenergia ezen forrása az energiatartalmú életmód fenntartásában. A fosszilis tüzelőanyagokról a növényi alapú energiarendszerre való áttérés lassan megtörténik, mivel a növénytermesztésből származó etanol és biodízel egyre elterjedtebbé válik, és mivel a nyersolajkészletek fokozatosan kimerülnek (Schwietzke et al., 2009).

3.2. A kukoricatermesztés hazai helyzete

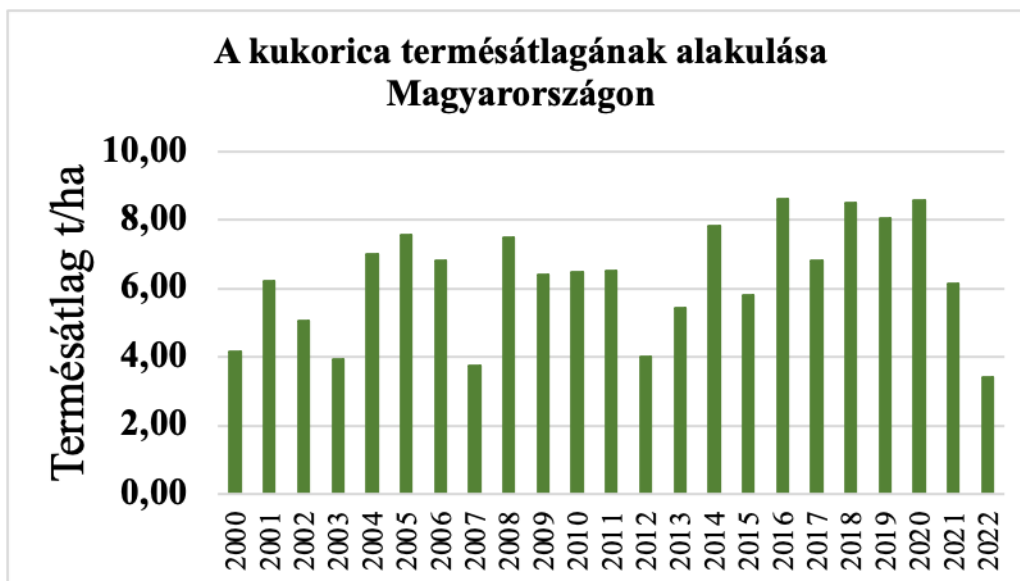
Magyarországon a kukorica vetésterülete 1 millió hektár körüli évente. 2021-ben a hazai kukoricaterület 1 076 061 hektár volt. A legnagyobb területen termesztett növény az országban (http1). Ebből 66 ezer hektárt a silókukorica termesztés tesz ki. 37 ezer hektáron csemegekukorica termesztés történik (http3). Hazánkban a betakarított szemes kukorica 89%-a takarmányként kerül hasznosításra, de egyre szélesebb körű a felhasználása, így teret kap

élelmiszerként, ipari alapanyagként, bioetanol előállítására, stb. (Széles és Nagy 2013), 6%-ból keményítő lesz, 3% közvetlen fogyasztásra kerül, 1%-ból alkohol készül, a fennmaradó 0,5%-ból pedig vetőmag lesz, az ipari melléktermékek pedig szintén takarmányként hasznosíthatók (Antal 2008).

A hazai termésátlagok az elmúlt néhány évben ingadozóak voltak, és leginkább az időjárás határozta meg őket. 2015-ben mindössze csak 5,72 t/ha, 2017-ben 6,82 t/ha volt a hazai átlag. 2022-ben ismét 1 millió hektár alá esett a kukorica vetésterülete, a termésátlag pedig az aszályos évnek köszönhetően 3,4 t/ha körül alakult (2. ábra) (3. ábra) (KSH, 2023).



2. ábra: A kukorica vetésterülete hazánkban (KSH 2023.)



3. ábra: A kukorica termésátlagának alakulása Magyarországon (KSH 2023.)

3.3. A kukorica származása és rendszertana

A kukoricát (*Zea mays L.*) először 7000-10 000 évvel ezelőtt házasították Mexikó dél-középső vagy délnyugati részén. A házasítás után a kukorica viszonylag gyorsan elterjedt az egész amerikai kontinensen, és közvetlenül az európai gyarmatosítás előtt elérte az USA északkeleti és Kanada délkeleti részét (Goodman és Galinat 1998). A történelem előtti növénynemesítők széles körű szelekciója révén egy alacsony terméshozamú ősfajból alakult át a mai formájává. Az őslakosok terjesztették el Észak- és Dél-Amerika nagy részén, ahol a további szelekció a talaj- és éghajlati viszonyok széles skálájához igazította, az alacsony hőmérsékletű (akár fagyos) magas völgyektől az alföldi trópusokig. Néhány letelepedett mezőgazdaságot folytató nép számára a mai Mexikó területén élő maja és azték csoportoktól kezdve az Egyesült Államok középső részén található Cahokia államon át alapvető élelmiszernövény lett. Közép- és Észak-Amerikából a kukoricát a kereskedők terjesztették el az egész világon, és a kukorica Afrika nagy részén és más régiókban is alapélelmiszerré vált (Nafziger 2016). Rendszertanilag a kukorica az egyszikűek, azaz a (Monocotyledones) osztályába, a pelyvások rendjébe (Poales) és a pázsitfűvek (Poacea) családjába tartozik. Több fajtaköre létezik, az egyik ezek közül a lófogú kukorica (*Zea mays var. dentiformis*). Ennek a legnagyobb a jelentősége, és termesztési területe is hazánkban és a világon egyaránt. Jellemzője a hosszú elvékonyodó szem és annak tetején egy, a ló fogának a koronájához hasonló alakzat. A simaszemű kukorica (*Zea mays var. vulgaris*) hazánk kukoricatermesztésében régen jelentős volt, emberi fogyasztásra is alkalmas, lisztet is készítettek belőle. Felülete sima, rendszerint szélesebb szemekkel rendelkezik és a lófogú fajtakörnél jobb csírázási képessége van. A csemegekukorica (*Zea mays L. convar. saccharata*), több cukrot és kevesebb keményítőt tartalmaz, mint a többi fajta. Az érett szem üveges, kiszáradt állapotban ráncosság jellemzi. A betakarítás tejes éréskor történik és közvetlen fogyasztásra vagy konzervnek használják fel. A pattogatni való kukorica (*Zea mays L. convar. microsperma*) elsősorban emberi fogyasztásra használatos. A lisztes keményítőt a szemben szaruréteg fogja körül, ennek köszönhetően a szem melegítés hatására felpattog. Puhaszemű vagy lisztes kukoricánál (*Zea mays L. convar. amylacea*) az amilóz aránya genetikailag szabályozható, kereskedelmi hibridek 70-80% amilózt tartalmaznak. A viaszos, vagy waxy kukorica (*Zea mays L. convar. ceratina*) olyan gént tartalmaz, amely csak amilopektin képződést eredményez, ezt a fajtát ipari célokra használják fel. A pelyvás kukoricának (*Zea mays L. convar. tunicata*) az az ismérve, hogy a szemeket a nevéből adódóan pelyva borítja, ám manapság ez a fajta nincs termesztésben (Nagy 2007).

3.4. A kukorica morfológiája, beltartalmi értékei

A kukorica gyökérzete járulékos. Az elsődleges gyökerek akár két méter hosszan is a talajba nyúlhatnak, a másodlagos gyökerek pedig dúsan elágazó bojtos gyökérzetet alakítanak ki. A kukorica jól hasznosítja a kevesebb csapadékot is, beleértve akár a lecsapódó harmatot, mivel a hajszálgökerek közel vannak a talaj felszínéhez. A mélyebben lévő vízkészletet a járulékos gyökérzet segítségével veszi fel a növény. A kukorica fejlődése során a 2. a 3. és a 4. nódusból új járulékos gyökereket növeszt, melyek a növény támasztásában játszanak szerepet, mert a talaj felszínéhez közel helyezkednek el (Antal 1996). A kukorica szára henger alakú, tömött és szárcsomók által tagolt. Fajtától függ a magassága és a vastagsága. A kifejlett növény az 50 cm-es magasságtól elérheti akár a 6-7 méteres magasságot is, bár nálunk a jellemző növénymagasság 1,2-3 m közé tehető. A fajtán túl a magasság függhet a talajtól, a tápanyagellátástól, a csapadéktól, valamint egyéb külső tényezőktől is. A szárcsomók, vagy nóduszok szártagokra osztják a szárát. A magassághoz hasonlóan a csomók száma hibridenként eltérő lehet, 8-tól akár 40 darab/szárig is terjedhet. A szártagok sima felülettel rendelkeznek, fénylők és hosszan barázdáltak. A szár szilárdságát a levélhüvelyek biztosítják (Nagy 2007). Levelei a szárcsomókból fejlődnek ki, a szár szemközi oldalain, egymást váltogatva. A Poacea családra jellemző levéllel rendelkezik. A levél levéllemezből, a nyelvecskéből és a levélhüvelyből áll. Ha a termesztési feltételek megfelelőek, akkor a levéllemez széles és megnyúlt, mely a növény magasságával is összefüggésben van. A lándzsa alakú levéllemez 4-15 cm széles, mely a hajtás közepéig nő, majd lefele csökken. A leveleken egy fő ér húzódik, amivel párhuzamosan 9-17 mellékér is lehet (Antal 1996). A kukoricának virágai külön porzós és termős virágzat, egylaki növény. A hajtáscsúcson helyezkedik el a porzós virágzat, amit címernek nevezünk. A termős virágzatot torzsának nevezzük. Ez egy füzér virágzat, melynek a virágzati fő tengelye megvastagodott, ezen helyezkednek el a kalászkák, majd a szemtermés. A címer nyílik ki először, majd pár nappal később a torzsa (Menyhért 1985). A kukoricacsövön szemtermés fejlődik ki. A cső hegyétől a cső alapi része felé haladva nagyobbodnak a szemek. A fajta, a nedvesség, a tápanyagellátás, valamint a talaj minősége is befolyásolja a csövek hosszát és tömegét. Az érése során tejes-, viasz- és teljes érés a sorrend. (Facsar 1992).

A keményítő alkotja a szemtermés legnagyobb részét, 69–75% között mozog szárazanyagra vonatkoztatva, a keményítőtartalom további növelése korlátozott, ugyanis egyéb beltartalmi mutatók rovására mehet, többek között csökken a fehérjetartalom (Marton et al. 2008). A kukoricaszemben nem egyforma a fehérje és a fehérjefrakciók megoszlása, így a szem fehérjetartalmát is meghatározzák azok a mutatók, amik a szem tömegét, morfológiai részeinek

tömegarányát megváltoztatják (Izsáki 2006). A kukorica termésének olajtartalma 3-6 % közé tehető, energiaértéke pedig 2,5-szerese lehet a keményítőnek (Cloninger et al. 1975). A csíraolajok olyan védőanyagokat tartalmaznak, mint az E-vitamin, amely megakadályozza az oxidációt. A kukorica csíraolaj gazdag esszenciális linol- és linolénsavakban (Hegyi 2008).

3.5. A kukorica környezeti igényei

A termésmennyiséget befolyásoló tényezők közül a legmeghatározóbb a csapadék, melynek mennyisége és eloszlása Magyarországon szélsőséges a kukoricatermő területek jelentős részén (Kovács 2017). A kukorica rövidnappalos, melegigényes növény, mely leginkább a mély humuszos réteggel rendelkező, középkött, jó vízgazdálkodású talajokon természetesen eredményesen (csernozjom, réti csernozjom, barna erdőtalaj). Az évjárat miatt jelentkező kockázat jelentősen csökkenthető a megfelelő vízgazdálkodású talajokon (Várallyay et al. 1980). A kukorica az elsődleges gyökerek segítségével a talaj alsóbb szintjeiből is fel tudja venni a vizet. A legkritikusabb a címerhányás és a szemtelítődés időszakában a csapadék mennyisége, ez a július és az augusztus hónapokra tevődik. Ekkorra a növény már nagyobb zöldtömeget fejleszt, így a párolgás is nagyobb, ezért a napi csapadékigénye 4,5-5,5 mm is lehet. Ahol gyakoribb az aszály ezekben a hónapokban, ott célszerű rövidebb tenyészidejű hibridet választani. A kukorica fényigénye napfénytartamban megadva kb. 900 óra, amelyből 360 órát a szemfejlődés és az érés idején vesz fel, ezért ha ezen időszakban kevesebb fény éri, akkor meghosszabbodik az érés ideje. A generatív részek fejlődnek, ha a megvilágítás 12 óránál rövidebb. Magasabb óraszámú megvilágítás során a vegetációs idő növekszik, így a zöldtömeg lesz nagyobb, tehát a levél és a szár növekszik, aminek következtében a vegetatív és generatív termés aránya felborul (Csajbók 2012). A kukorica fejlődéséhez a nyári hónapokban napközben legalább 19°C, míg éjszaka 13°C havi átlag hőmérséklet szükséges. Azokon a területeken produkálja a legnagyobb termésmennyiséget, ahol a nyári átlaghőmérséklet 21-27°C között váltakozik. A legkedvezőbb hőmérséklet a címerhányástól teljes érésig 24-26°C. Az érett kukorica már nem érzékeny a hőmérsékletingadozásokra. Vetés után lehetnek tavaszi fagyok, melynek hatását -1, -2°C körül még nem szenved meg, azonban a leveleken már a tünetei megjelenhetnek. Nagyobb fagy esetén a növény kipusztulhat (Antal 1996).

3.5.1. A kukorica tápanyagigénye

A kukorica kifejezetten tápanyagigényes növény, könnyen fel tudja venni a kijuttatott műtrágyát. Az adott évi csapadékmennyiség befolyásolja a trágyázás hatását, mely a

terméseredményben mutatkozik meg (Ruzsányi 1990), továbbá a választott hibrid (Sárvári és Boros 2010), valamint az alkalmazott agrotechnikai, mint az állománysűrűség, és az öntözés is meghatározó tényező (Pepó 2009). A kukorica terméshozama nagymértékben függ a tápanyagellátástól, a vetés időpontjától és a növény-sűrűségtől. E három tényező hatását az ökológiai és biológiai tényezők közötti szoros összefüggés is befolyásolja. A korábbi években Magyarország a kukoricatermesztésben elért hozamokat tekintve a világ élvonalába tartozott (Menyhért 1979), jelenleg azonban az éghajlati viszonyok kedvezőtlen változása mellett az NPK-trágyázás mértéke is csökkent. Az 1980-as években 278 kg/ha NPK hatóanyagot juttattak ki átlagosan, ami 1991-re 37 kg/ha-ra csökkent. 2002-ben a kijuttatott mennyiség 70 kg/ha volt, amelynek 80-90%-a N volt, míg a P és K pótlását elhanyagolták (Sárvári 2005). Takarmányozási termesztésre a 80–120 kg/ha nitrogén is elegendő, kiegészítve foszforral és káliummal (Sárvári 2014). A későbbiekben olyan hibridek kerülhetnek nagyobb területen elvetésre, amelyeknek jó a természetes tápanyagfeltáró-képességük, így könnyen beleilleszthetők egy környezetkímélő és költséghatékony termesztéstechnológiába (Pepó és Ruzsányi 2000).

3.5.2. A kukorica tőszámbeállításának jelentősége

Az összes agronómiai kezelési gyakorlat közül a növény-sűrűség növelése a N-trágyázással együtt a legköltséghatékonyabb módja a kukorica terméshozam-növelésének (Sangoi 2000). A hibridnek a megnövelt növény-sűrűségre adott reakciója mellett az optimális növény-sűrűség elérése elsősorban a víz- és tápanyagellátástól függ. A túl sűrű növényállomány vízhiányt eredményez, ez pedig a legtöbb esetben termés-csökkenést és a termésstabilitás csökkenését okozza (Sárvári 2005). A 80 000 – 90 000 növény/ha kukoricaállományok évente akár 50-70 mm-rel több vizet vesznek fel, mint a kevésbé sűrűn vetett növények. A jelenleg rendelkezésre álló vízkészleteket figyelembe véve a hektáronkénti növény-szám meghatározásakor mértéktartás ajánlott (Ruzsányi 1987). Berzsényi (1994) kísérletei szerint a szemtermés fokozatosan nőtt az optimális növény-sűrűség eléréséig, majd csökkenni kezdett. Nedves és száraz években ugyanannak a hibridnek az optimális növény-sűrűsége 80 000, illetve 50 000 növény/ha volt (Berzsényi 1994). Sárvári (2001) szerint a száraz évek gyakoriságának növekedése és az alacsonyabb tápanyagellátás miatt a FAO 200-300 és FAO 400-500 hibridek esetében a 68 000 - 72 000 növény/ha és a 60 000 - 65 000 növény/ha növény-sűrűség megfelelőbb, mint a 80 000 - 90 000 növény/ha, amit a FAO 200-300 és FAO 400-500 hibridek esetében javasoltak a hetvenes és a nyolcvanas években. A modern kukoricatermesztés alapja a viszonylag nagy növény-sűrűség kialakítása, bár a tényleges növény-sűrűség a kultúrában a

későbbi környezeti feltételektől, az alkalmazott termesztéstechnológiák szintjétől és a kukoricahibridek jellemzőitől, különösen az érési csoportoktól függ. A növényesűrűség növekedése a telepítéskor lehetővé teszi a termés maximális értékig történő növekedését, de ennek következtében a növények közötti versengés miatt csökkenhet. Napjainkban az EU-ban és az USA-ban az átlagos sűrűség 60 000 és 80 000 növény/ha között mozog a középkesői érésű hibridek esetében. Közép-Európában a kukorica növényesűrűsége igen változó, 40 000 és 135 000 növény/ha között mozog (Fuksa et al. 2020, Ferreria és Teets 2017).

Nagy figyelmet fordítanak olyan hibridek kifejlesztésére, amelyek képesek elviselni a növények közötti fényért, vízért és tápanyagokért folytatott verseny okozta stresszt, amikor a növények szorosan egymás mellett vannak. A stresszt okozó körülményekkel szembeni tolerancia akkor is előnyös, ha a termesztési körülmények nem ideálisak, és a stressz korlátozza a terméshozamot. Az eredmény az, hogy a terméshozamok általában kiegyenlítődnek, amint a növényesűrűség eléri és meghaladja a termés maximalizálásához szükséges értéket. Következésképpen a körülményekhez képest túl magas sűrűség következménye nem az, hogy a terméshozam csökken, hanem az, hogy a többlet vetőmag költsége nem térül meg. Ez azt jelenti, hogy a nagy sűrűséggel a kedvező feltételeket veszteség nélkül ki lehet használni, ha a körülmények nem a legoptimálisabbak. Sok modern vetőgép képes a vetés mennyiségét zónákon belül, sőt, akár egyes vetősoronként is változtatni. A növényesűrűség növekedésével a növényenkénti magok száma csökken. A magtömeg is csökken, de százalékos alapon sokkal kisebb mértékben, mint a növényenkénti magszám. A terméshozam jellemzően akkor maximális, amikor a területegységre jutó magok száma a legnagyobb; jó körülmények között 4 000-5 000 mag/m² előnyös, ami 300 mg/mag mellett 12 000 - 15 000 kg/ha termést jelent. Kevésbé termelékeny környezetben a növényesűrűséget a rendelkezésre álló vízmennyiséghez és a használt fajtákhöz kell igazítani. Azokon a területeken, ahol a növény számára kevesebb, mint 500 mm víz áll rendelkezésre, a növényesűrűséget 50 000 tő/ha-ra, vagy még ennél is kevesebbre kell csökkenteni. Ezáltal minden egyes növény számára több víz áll rendelkezésre, hogy a növények fenn tudják tartani a fotoszintézist és át tudják vészelní a kritikus virágzási időszakot a magtermelés és a terméshozam érdekében (Nafziger 2016).

3.5.3. Környezeti tényezők hatása a kukorica terméseredményeire

A kukoricára kiemelkedő termőképesség jellemző a Magyarországon elterjedt fő kultúrákhoz mérten (búza, árpa, repce, napraforgó, stb.). Ez azonban csak akkor érvényesülhet,

ha a megfelelő agrotechnikai tényezők mellett kielégítő környezeti feltételek is adottak az évjáratban. Különösen az időjárási körülmények számítanak, például a csapadék mennyisége és annak eloszlása, valamint a hőmérséklet. Hasonlóan fontos tényező a termesztésre jellemző talajtani feltételek (Pepó 2009).

A kukorica fényigényes növényünk, a fényintenzitás csökkenése következtében tenyészidejének hossza megnő. Ehhez hasonlóan hat rá a hőmérséklet csökkenése. Különös ellensége a hűvös tavasz, melynek során fejlődése rendkívül lelassul, a növény sárgulni kezd. Vízellátottsága sem elhanyagolható, terméshozamát nagyban befolyásolja a tenyészidő alatti csapadék és annak eloszlása. A legtöbb vízre címerhányás és szemtelítődés idején van szüksége, ezért a június végi és júliusi aszály súlyos veszteségeket okoz a termésmennyiségben (Nagy 2007).

A kukorica a legigényesebb gabonaféle, amennyiben a talaj minőségét és kultúrállapotát vesszük figyelembe. Kiemelkedően jó terméseredmény akkor érhető el, ha jó vízgazdálkodású, levegős, mély termőrétegű, könnyen felmelegedő csernozjom, réti csernozjom vagy barna erdőtalajon termesztjük. Ezen kívül meghálálja a talajban lévő jó tápanyag-ellátottságot, valamint a megfelelő tápelemösszetételt (Máté 2010).

A kielégítő környezeti körülmények közötti kukoricatermesztés mellett is fennáll az a probléma, miszerint még a mai korszerű hibridek sem képesek akkora termésmennyiség elérésére, hogy a növekvő népesség igényeinek megfeleljen és kielégítse azokat. A jövőt tekintve a legnagyobb kihívás a gazdálkodók számára a világ élelmiszertermelésének megduplázása. Mivel a termőterület adott és tovább természetesen nem növelhető, ezért az egységnyi területen megtermelhető gabona maximalizálása révén van erre lehetőségük. (Mansfield és Mumm 2013). Ezt a célt szolgálja a minőségi vetőmag és növényvédőszer kiválasztása a termeléshez, valamint a fenntartható, fejlett technológiák alkalmazása.

A tendenciák és a magyarországi mezőgazdaság ezen adatai azt szemléltetik, hogy a manapság alkalmazott technológiák nem nyújtanak segítséget abban, hogy a jelenlegi átlag termésszint 20 éven belül a népesség növekedésével párhuzamosan megduplázódjon (Nagy 2007).

A magas termésszint eléréséhez elengedhetetlen a megfelelően választott termesztéstechnológia. Ilyen fontos tényező lehet a vetőgép használat, hiszen célunk a minél egyenletesebb kelés, melynek megvalósításához minél precízebb gép kell, hogy rendelkezésünkre álljon. Ezáltal a növények közötti tér egységes lesz, így a növényesűrűség

növelése hozamnövekedést eredményezhet, hiszen hozzájárul a víz, a fény és a tápanyagok hatékonyabb felhasználásához (Strieder et al. 2008). Ezen kívül kiemelkedő szerepet kap a gyomirtás is a technológiai elemek közül. A kukoricatermesztés sikerességéhez nem elhanyagolható tényező, hiszen a gyomok versengenek a haszonnövénnyel a vízért, a tápanyagokért és a fényért (Abdullah et al. 2007).

Az éghajlatváltozás súlyosan érinti a mezőgazdasági termelést. Így természetesen a kukoricatermelésre is hatással van. Egy Kínában végzett kísérleten keresztül vizsgálták 1979 és 2016 között a kukorica terméshozamát. A vizsgálat is kimutatta, hogy a hőmérséklet emelkedése negatív hatással volt a kukorica terméseredményeire (Wu et al. 2021). Az a tény, hogy az évjáratok mennyire kiszámíthatatlanok, valamint az aszály és az ezzel járó nehézségek állandó kihívások elé állítja a gazdálkodókat. Ezen problémák kiküszöbölésére olyan termesztéstechnológiára lenne szükség, mely megvédi és megőrzi a talaj vízkészleteit (Gaffney et al. 2015). Mivel a klímaváltozás az aszályos évjáratok megnövekedését idézte elő az utolsó két évtizedben, ezért ez a jelenség szintén megköveteli a tőszámsűrítés megfontolását. Hiszen a nem megfelelő növényesítés alkalmazása a költségek mellett a termesztési kockázat növelésével is jár (Sárvári et al. 2001).

Az okszerű tápanyagutánpótlás szintén fontos tényező, ami természetesen nagyban függ az elvetett tőszám mennyiségétől. Hiszen a magasabb növényesítés arányosan növekszik az egységnyi területre jutó tápanyagszükséglettel (Megyes 2001).

3.6. Precíziós termesztés

A minél sikeresebb mezőgazdasági tevékenység érdekében a gazdálkodóknak a kornak megfelelően szükséges gondolkodniuk, ezért három célt érdemes kitűzni. Az egyik, hogy magas színvonalon való termelés mellett magas terméseredményeket érjen el. A másik, hogy a költségeket a lehetőségek szerint minimalizálja. A harmadik, hogy a fenntartható mezőgazdasággal kapcsolatos elvárásoknak eleget tegyen.

A precíziós gazdálkodás a korábbi művelési módoktól eltérően, az objektív mérésekre, észlelésekre alapozza az agrotechnikai beavatkozások irányítását és folyamatát. A technológia ezen adatok alapján lehetővé teszi táblán belüli térkép és cselekvési terv létrehozását, azaz a heterogenitás térképszerűen megjeleníthető, így az agrotechnikai beavatkozást ennek megfelelően lehet lokalizálni az adott területen (Nagy 2021a).

A precíziós gazdálkodás során fontos az egymásra épülő munkaműveletek alkalmazása. Ezek automata kormányzással és helymeghatározó rendszerrel felszerelt gépek segítségével valósíthatók meg. Jó példa erre, ha a kukorica őszi talajművelésénél, és a vetésnél, illetve a kultivátorozásnál ugyanazon koordinátaértékeket használják a gazdálkodók, ezzel elősegítve a termelés hatékonyságát.

A korábban említett talajtérvég lehetőségé teszi a tápanyag kijuttatásban való változtatást a táblán belül. A talaj heterogenitása révén előfordulhat, hogy találkozhatunk a szántóföldön olyan részekkel, melyeknek kevés kiegészítés is elég (kötöttebb talajok), de emellett akadnak olyan foltok is, melyek nem képesek folyamatosan szolgáltatni a növény számára a kijuttatott tápanyagokat (lazább talajok). A technológia alkalmazásával a gazdálkodó képes a gyengébb terület javítására a talajtérvég figyelembevételével. (Nagy 2021b)

Fazekas (2023) elmondása alapján a precíziós gazdálkodási rendszer alkalmazásával javul a termelékenység, ennek köszönhetően a termésátlag is, mivel a növény optimális körülmények között fejlődik. Ez annak az eredménye, hogy a pontos vetési, trágyázási és növényvédelmi technikák alkalmazásával maximalizálható a termelékenység és emellett minimalizálható a veszteség. Ahhoz, hogy ez létrejöhessen, elengedhetetlen szerepet játszik a valós idejű adatok monitorozása a talajállapotról és az időjárási viszonyokról. A megfelelő talajgazdálkodás következtében a talaj minősége és termékenysége is növekszik, ezáltal hosszú távon csökken a degradáció és erózió kockázata. Hatékony erőforrás-gazdálkodással (víz, tápanyag, növényvédőszer okszerű kijuttatása) a költségek csökkenése mellett a víz- és környezetvédelemhez való hozzájárulás is lehetséges (Fazekas 2023).

3.7. A növények közötti versengés

Ahogy minden növénynél, a kukoricánál is jelen van az úgynevezett természetes verseny. Ez a tulajdonság nem elhanyagolható tényező a tőszámbeállítások kiszámításakor. Túl sűrű ültetés esetén növekszik a növények közötti versengés. Ez az létfontosságú tényezőkért zajlik, azaz a vízért, a fényért és a tápanyagért. Ennek következménye lehet a termés minőségi és mennyiségi mutatóinak a csökkenése (http6).

Ezt a versengést a technológia egyes komponenseivel tompítani kell. A megemelt tőszámmal való termelés sikerességét elősegíti az ideális hibrid kiválasztása és a megfelelő tápanyagutánpótlás. Ezzel ellentétben Haegele (2014) azt állapította meg, hogy a növények közötti versenyt nem csökkenti az erőforrások kedvezőbb hozzáférhetősége. A rosszul

megválasztott hibrid és tőszám alkalmazása elmulasztott lehetőségnek minősül (Haegele et al. 2014).

A legújabb hibridek kiválóan alkalmazkodnak a tőszámsűrítéshez, a korai fajták kifejezetten jobban sűríthetők, mint a középérésű és kései fajták (Könczöl 2018). A megfelelő hibridválasztás alapvető eleme a biztonságos kukoricatermesztésnek. Ezen kívül elengedhetetlen összetevők még az említett cél elérésének érdekében a vetésváltás, a kiegyensúlyozott tápanyag-utánpótlás és megfelelő vetésidő mellett a környezeti és agrotechnikai tényezőkkel szinkronban lévő tőszámválasztás (Sárvári 2005).

4. Anyag és módszer

4.1. A vizsgálatok célja

Vizsgálataim célja a tőszámváltozás termésre gyakorolt hatásának megismerése és értékelése volt. A kukorica termésmennyiségét számos tényező befolyásolja, azonban mi most csak az állománysűrűség hatását vizsgáltuk. Munkám során megvizsgáltuk a tőszámváltozás és a termés kapcsolatát, illetve ezeket az eredményeket felhasználva értékeltük az elérhető hozamot. Arra a kérdésre is kerestük a választ, hogy egy-egy tulajdonság megismerése mennyiben segítheti a tőszámajánlást. Korábbi eredményekből kitűnik, hogy a körülményeknek megfelelően választott tőszám a hibrid sikeres termesztésének egyik fontos és kritikus feltétele. A mai modern hibridek potenciáljának egy részét használjuk csak ki.

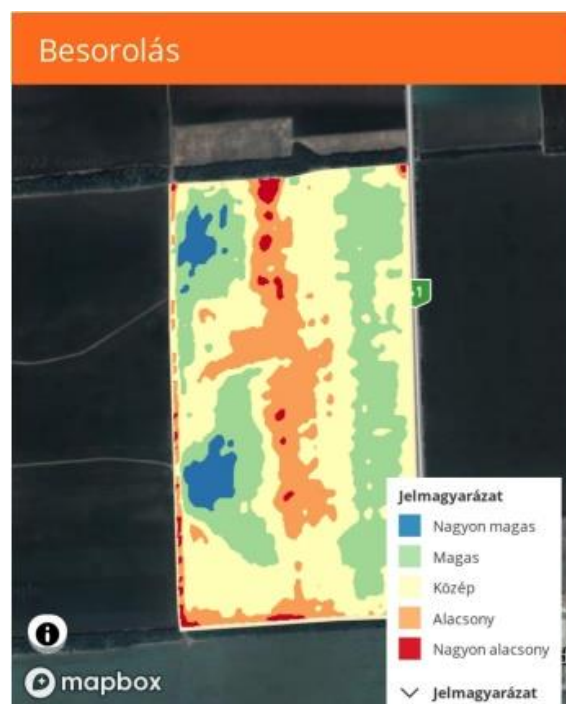
4.2. A vizsgálatok körülményei

A kísérletet szántóföldi körülmények között végeztük, amelyekben megpróbáltam a szakirodalmi adatokat és saját megfigyeléseimet, változtatásaimat ötvözni. Tamási a Dél-dunántúli régióban Tolna megyében található agrárhagyományokkal rendelkező térség, kedvező természeti adottságokkal. Talaja a régió legjobbjai között szerepel, ezáltal a mezőgazdasági művelés aránya kimagasló. A kísérletem megvalósításául szolgáló gazdaság mintegy 1100 hektár bérelt területen gazdálkodik, és további 400-500 hektáron nyújt mezőgazdasági szolgáltatást. Vetésszerkezetében a búza-kukorica szerepel vetésváltásban, mellette a kukorica-napraforgó, illetve a búza – cukorrépa – kukorica - napraforgó váltják egymást. Vadkáros területeiken a kalászos gabona (árpa vagy búza) és a szemes cirok vetésváltást alkalmaznak. A gazdaság területein a domborzati viszonyok kiválóak, nincs 12 %-os, vagy azt meghaladó lejtésű területük. Talajaik két típusra oszthatók, barna erdőtalaj, és csernozjom talaj. A térségben a 2022. évi csapadékmennyiség 519 mm volt.

Egy 70,93 hektáros táblát választottunk ki vizsgálataink céljára Tamási mellett. A gazdaságban igyekeznek a vetésváltást betartani, elkerülni a monokultúrás termesztést, hogy a leghatékonyabban tudjanak védekezni a kártevők elszaporodása és a korokozók megjelenése ellen.

4.3. A kísérletben alkalmazott agrotechnika

A vizsgált táblán a kukorica előveteménye őszi búza volt. Az elővetemény betakarítása után tarlóhántás következett a szármaradványok bekeverésére, illetve a talajnedvesség megtartása céljából. Augusztusban totális gyomirtást végeztek, majd október végén NPK 0-20-30 típusú alapműtrágyát juttattak ki a területre 0,3 t/ha dózisban. Ezt követte az őszi mélyszántás, melynek során 30-35 cm mélységben fogatták át a talajt. A tavaszi első művelet a műtrágyaszórás volt, amikor Karbamid 46 %-os műtrágya került kijuttatásra 0,3 t/ha dózisban, majd azonnali bedolgozással. A magágy előkészítésre nagy hangsúlyt fordítottak, hogy egy porhanyós, morzsalékos talaj készüljön el, mivel a rosszul előkészített magágnak is termés csökkentő hatása van. A vetés időpontját elsősorban a talaj hőmérséklete határozza meg, fontos, hogy az 8-10 °C-os legyen. A talaj hőmérséklete és nedvességtartalma a két legfontosabb tényező a gyors, egyenletes csírázáshoz. Jelen táblánk vetése április 20-án történt meg KWS Durango fajtaival és a vetéssel egy menetben Force EVO talajfertőtlenítő szert juttattak ki 20 kg/ha mennyiségben. A vetéshez a táblánkat három parcellára osztottuk, melyeken különböző volt a vetéssűrűség. A kísérleti terület ábrázolására szolgál a 4., 5. és 6. ábra.



4. ábra Vetéstérkép különböző tőszámmal
(Tamási, 2022.)



5. ábra Vetéstérkép különböző tőszámmal II.
(Tamási, 2022.)



6. ábra Vetéskor alkalmazott tőszámok
(Tamási, 2022.)

A narancssárgára színezett területeken alacsonyabb tőszámot alkalmaztunk, ezek a tábla leggyengébb zónái. Itt egyes évjáratokban azért is lehet indokolt az alacsonyabb tőszám, mert ezeknek a talajfoltoknak kisebb a nedvességtartalma, rosszabb a nedvességtároló képessége, és

csapadékhiány esetén néhány napot lehet nyerni azzal, hogy a kisebb tőszám miatt kevesebb a növénykultúra nedvességigénye.

A világos sárgára színezett részeken átlagos tőszámmal vetettük el a területünket, mivel a talajnak ezeken a részeken jobb a minősége, ezáltal jobban tartja a vizet.

A vetéstérképen zölden jelölt területet vetettük el a legmagasabb tőszámmal, mivel talajunk a tábla ezen részein a legjobb, így a megfelelő lehullott csapadék mennyiség mellett ezen területen várjuk a legtöbb hozamot is.

A vetéshez nagy segítséget nyújtott a gazdaság precíziós technológiai adottságai, mivel rendelkeznek olyan erőgéppel, és hozzá vetőgéppel, mellyel kivitelezhető volt a vetéstérkép alapján a szakaszolás szerinti vetőmag mennyiségének kijuttatása. A vetéstérkép megírásában nagy segítséget nyújtott elsősorban a gazda területismertsége, ezen felül az előző évi talajvizsgálatok eredménye is. Több évre visszamenőleg a gazdaságban feljegyezték a termésmennyiségeket, ami szintén segítette a táblánk megosztását. Nagy jelentősége van, hogy a tőszám beállításának meghatározásakor figyelembe vegyük a talaj adottságait, mivel az előző években szélsőséges időjárási körülmények voltak, így nem esett megfelelő mennyiségű csapadék, és esetlegesen még nem az optimális időben hullott le.

A gyomok ellen Adengo gyomirtó szert használtunk 0,44 l/ha dózisban, mely talajon keresztüli hosszú hatástartalmának köszönhetően hatékonyan véd a kukorica újragyomosódása ellen.

A területünkön a vegyszeres gyomirtás jól sikerült, ezért nem kellett felülkezelést alkalmazni, tehát további költséggel nem terheltük az eredményünket.

A sorközművelő kultivátorozásnak, -melyre a táblánkon májusban került sor- az esetlegesen jelen lévő gyomok kivágása mellett a kukorica tövéhez a töltögetés, valamint a talajnedvesség jobb megőrzése szerint is fontos szerepe van.

A talajfertőtlenítő szer kijuttatása elősegítette, hogy a táblán nem jelent meg a kukoricabogár és a barkó sem. Több műveletet a gazdaságban nem végeztek a betakarításig bezárólag.

Az aratást (7. ábra) szeptember 21-én kezdték meg a táblánkon, először az alacsonyabb tőszámmal elvetett területet szedték meg, majd külön a szárítóhoz beszállítva sor került az átlagos tőszámmal és a magasabb tőszámmal vetett terület betakarítására is.



7. ábra Betakarítás John Deere S770i kombájnnal
(Tamási, 2022.)

4.4. Szántóföldi kísérlet bemutatása

A kísérleti terület megválasztásánál fontos szempont volt a reprezentativitás. Elvárás volt, hogy a terület jól jellemezze a hazai termesztési körülményeket, feltételeket és biztosítsa a kísérletek összes alapkövetelményét, valamint szolgálja a termőhely, a fajta és az évjárat kapcsolatrendszerének alapos feltérképezését. Az évjáratok változatossága miatt ezen adatok segítségével, a használni kívánt fajta ismeretében megbízható javaslat tehető a tőszámra a termelő kockázatviselő készségének ismeretében.

Először azokat a táblarészeket gyűjtöttük össze, amelyek egyforma tulajdonságúak.

Az elvetett KWS Durango (FAO 450-500) közép kései kukorica vetőmag vetéssűrűségét a hibridet jól ismerő szaktanácsadó segítségével határoztuk meg. 10,93 hektár területre 66 000 tő/ha mennyiség, 35,15 hektár területre 73 500 tő/ha mennyiség és 24,85 hektár területre 77 500 tő/ha mennyiség került elvetésre. A vetőmag tulajdonságainak összesítésére az *1. táblázat* szolgál.

1. táblázat KWS DURANGO vetőmag tulajdonságai (http4)

Fejlődési erély

Korai fejlődési erély	4/5
Csőeredés szintje	140-145 cm
Növénymagasság	300-310 cm
Virágzaskori hőösszegigény	690-700 HU
Aszálytűrés	5/5

Borítottság

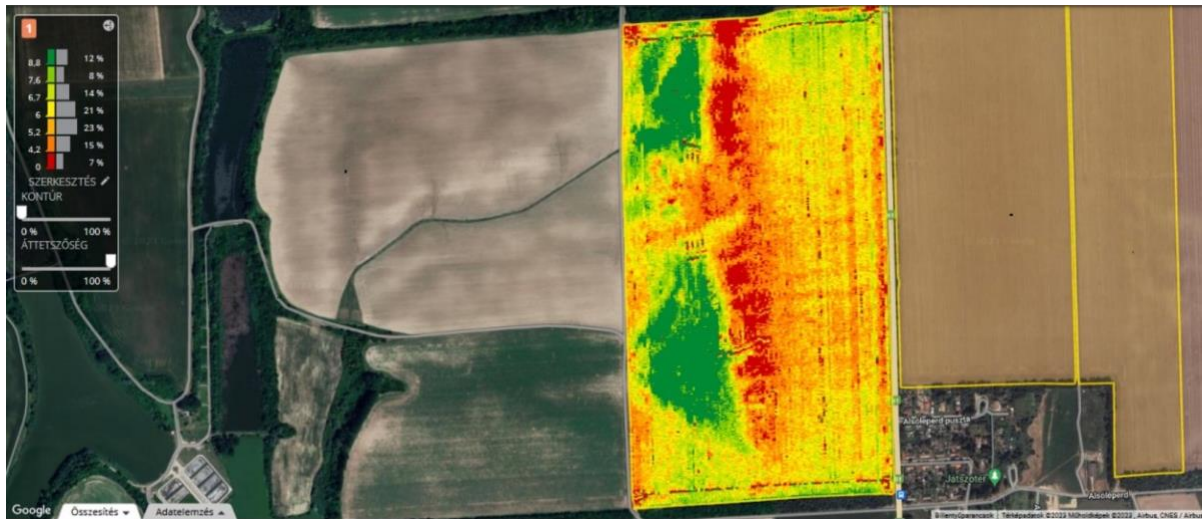
Zöldszáron érés	4/5
Csőborítottság	4/5
Betegségekkel szembeni ellenállóság	4/5

Környezeti feltételek

Szárdőléssel szembeni ellenállóság	5/5
Termőhelyi ajánlás intenzív környezeti feltételek mellett	5/5
Termőhelyi ajánlás extenzív környezeti feltételek mellett	5/5

A vetéshez Horsch Maestro 8 CX vetőgépet használtunk. Minden az időzítésen múlik, különösen a vetésnél. A vetés időpontját, a talajhőmérséklet megfigyelésével sikerült jól megválasztanunk, mert a kukorica csírázása és a kelése egyenletes volt. A fajta kiválasztásához hozzájárul az a tulajdonsága is, miszerint a virágzaskori és a virágzást követő időszakban kimagaslóan jó stressz tűréssel rendelkezik. Ez azért is fontos, mert hazánk kontinentális, arid klímája folyamatosan változik és a kukorica legérzékenyebb fenológiai stádiumában, a virágzási időszakban egyre hektikusabbá és kiszámíthatatlanabbá válik az időjárás. A sokéves meteorológiai adatok szerint ezen időszak folyamatosan melegszik, míg a csapadékmentes napok száma nő, így ez a körülmény a termesztés sikerességét alapjaiban határozza meg. A környezeti feltételek adottak a rendszerben, a termesztés eredményességére való hatását a technológia egyes elemeivel lehet, illetve kell tompítani, esetleg kompenzálni. A talajnedvesség megőrzése a művelés egyik elsődleges célja, az inputok szintje és a fajtakérdés az adott termesztési környezetben meghatározza az elvárt termést, a megtermelhető hasznot. A megfelelő fajta a megfelelő tőszám megválasztásával közel 50 %-ban határozza meg a kukoricatermesztés sikerességét.

A mintaterületen elvetett kukorica hozamának és a tőszám helyes megválasztásának gazdasági kiértékelése a hozamtérkép segítségével történt meg. Ennek ábrázolására szolgál a 8. ábra.



8. ábra Tőszám változtatási kísérlet hozamtérképe
(Tamási, 2022.)

5. Eredmények értékelése

A kukorica termése a területegységre jutó szemek számából és azok tömegéből adódik össze. Minden hibrid más és más stratégiával, a termésképzőinek másmilyen arányú összetételével jut el a végső terméshez. A mai modern fajták jobb technológiatűréssel rendelkeznek, a sűrítés stresszt jobban tolerálják jobb agronómiai tulajdonságaikkal, megjelenésükkel és alkatukkal. Ezt a tendenciát a szakirodalom is megerősíti.

Lényeges kérdés, hogy minden tábla adottságához mérten olyan fajta kerüljön kiválasztásra, ami nagyszerű egyedi produkcióval, technológiatűréssel és nagyfokú stabilitással rendelkezik. Ezek azok a tényezők, amik elengedhetetlenek a sikerességhez. A különböző hibridek tőszámreakciója nem egységes a terméskomponensek tekintetében.

A kukoricatermesztés hatékonyságát a költségek és a vetőmag ár is befolyásolja, de ezen tényezők részét képezik a profitkalkulációs modellnek, ami a kukoricatermesztés hatékonyságát segíti. A profitábilis termesztésnek megvan a biológiai lehetősége. A profit növelése azonban csak a technológia komplex fejlesztésével lehetséges, a tőszám emelése önmagában nem jelent megoldást. Ott, ahol a termesztési környezet adott, a tőszám növelése lehetséges. A tőszámajánlásnak mindenképpen hibrid specifikusnak kell lennie és a tábla eltartó képességét is figyelembe kell venni.

5.1. Termésértékelés

A 2. táblázatban az eltérő tőszámmal vetett területek hozamát szeretném bemutatni, amelyből látható, hogy a legkisebb és a legnagyobb tőszám alkalmazása esetén több mint 80 % a terméshozamok közötti különbség.

2. táblázat Terméseredmény az eltérő tőszámok esetén

	Tőszám (tő/ha)	Hozam (t/ha)
Alacsony tőszám esetén	66.000 tő/ha	4,2 t/ha
Átlagos tőszám esetén	73.500 tő/ha	6,04 t/ha
Magas tőszám esetén	77.500 tő/ha	7,62 t/ha

A táblázatból az is jól kitűnik, hogy a magasabb tőszámmal elvetett területen értük el a legnagyobb hozamot. Ehhez természetesen leginkább hozzájárult a talajunk, ugyanis a táblánk legjobb talaja a humuszt illetően, illetve a vízgazdálkodást illetően is. Fontos, hogy a vízkészlet

a termesztési technológia során kellő időben és mennyiségben rendelkezésre álljon. Az alacsonyabb tőszámmal vetett területünkön hiába emelnénk az elvetett mag mennyiségét, ha nincs megfelelő mennyiségű víz, és a talaj sem tudja megtartani.

Összehasonlítottuk a közepes és a magas tőszámmal elvetett területek vetőmagköltségét, terméshozamát, illetve a területeken képződött árbevételt. Így meg tudtuk határozni a profittöbbletet a magas tőszám esetén (3. táblázat).

3. táblázat Profittöbblet emelt tőszámnál

Jó pufferképességű talaj	STANDARD	HIBRIDRE ÉS TERÜLETRE SZABOTT AJÁNLÁS
Tőszám (tő/ha)	73 500	77 500
Vetőmagköltség (Ft/ha)	49 751	52 405
Termés (t/ha)	6,25	7,42
Bevétel (Ft/ha) (93.000 Ft/t felvásárlási ár)	562 048	709 079
Profittöbblet (azonos termelési költség mellett) (Ft/ha)		147 031

A. 4. táblázatban az eltérő tőszámmal vetett területek vetőmag költségét szeretném bemutatni, amelyből látható, hogy a legkisebb és a legnagyobb tőszám alkalmazása esetén közel 8000 Ft/ha -os költség különbség alakult ki.

4. táblázat Különböző tőszámmal elvetett területek hektáronkénti vetőmag ára

Elvetett terület nagysága (ha)	Tőszám (tő/ha)	Adott területre vetett mennyiség (zsák)	Vetőmag ára (Ft/ha)
10,93 ha	66.000	14,5	44.873,-
35,15 ha	73.500	51,7	49.751,-
24,85 ha	77.500	38,5	52.405,-

Kiszámoltuk az árbevételt csökkentve a vetőmagárral differenciált vetés esetén, illetve ehhez hasonlítottuk, ha a teljes táblánkat átlagos tőszámmal vetettük volna el, feltételezve hozzá

az átlagos terület árbevételét is, megállapíthatjuk, hogy 4,8 %-kal nőtt az árbevétel a változó tőszámmal történt vetés esetén. A 5. táblázatban szemléltetjük.

5. táblázat Árbevétel a vetőmagár függvényében

	Zónánkénti árbevétel (Ft/ha)	Vetőmagárral csökkentett árbevétel (Ft/ha)
Alacsony tőszám esetén	390.600-Ft/ha	345.727-Ft/ha
Átlagos tőszám esetén	562.048-Ft/ha	512.297-Ft/ha
Magas tőszám esetén	709.079-Ft/ha	656.674-Ft/ha

Meglátásom szerint – és az elmúlt évek kísérleti eredményei is ezt igazolják – a mai hibridek esetében érdemes alaposan megvizsgálni a kérdést, és a talajaink tulajdonságaihoz, valamint a jellemző környezeti adottságokhoz kell igazítani a tőszámot.

6. Következtetések és javaslatok

A kukorica tőszámváltoztatási kísérlet következtében a terméseredmények jelentős különbségeket mutattak. A növény megfelelő fejlődéséhez rengeteg tényező hozzájárul. Nem elhanyagolható a hibrid tulajdonságai, a termesztési évjárat és az alkalmazott növényesűrűség. Természetesen egyértelmű, hogy a megnövelt tőszám következtében a növények egységre jutó víz, fény és tápanyag mennyisége alacsonyabb lehet. Éppen emiatt szükséges egy ilyen vizsgálat során a tőszámoptimum megfelelő megállapítása. Az én vizsgálatom eredménye nem mutatott negatív lefolyást a megnövelt tőszám esetén, épp ellenkezőleg. Alacsony tőszám következtében kisebb terméseredményt értünk el, mint a magas tőszámmal vetett területen. Arra következtetek, hogy ez elsősorban a talaj vízmegtartó képességével volt összefüggésben, hiszen a kevesebb növény egységnyi területen való fejlődése következtében nem fokozódhatott a versengés közöttük.

A kukorica változó tőszámmal történő vetésének vizsgálatát javaslom a jövőre nézve. Ez a kísérlet olyan lehetőségeket rejt magában, amellyel maximalizálható területeink kihasználása, költségeink minimalizálása mellett. A további kísérletek lehetővé tennék, hogy a már említett tényezők mellett megtaláljuk azt a megfelelő növényesűrűséget, melynek során a jövedelmünk is maximalizálható. Emellett fontos megjegyezni, hogy a vizsgálatok ismétlésszámának növelésével, statisztikai elemzésekkel olyan eredményekre tudunk támaszkodni, mely lehetővé teheti a kiterjesztett gyakorlati alkalmazását a tőszámváltoztatásnak, a gazdálkodók nagyobb valószínűséggel kezdenek hozzá. Javaslom, a precíziós módszerek alkalmazását a gazdálkodás során, hiszen a kísérlet csak a műholdas feltérképezés után vált lehetővé számunkra, valamint a vizsgálat teljesebbé válását elősegíti a helyspecifikus tápanyagutánpótlás is, melynek következtében a különböző területeket igényeiknek megfelelően támogathatjuk műtrágyával.

7. Összefoglalás

Szaktervezésemben a takarmánykukorica különböző tőszámmal történő vetését és annak terméseredményre gyakorolt hatásait vizsgáltam. Kísérletem Tamási külterületén lett beállítva, egy 70,93 hektáros táblán. A szántóterületet 3 zónára osztottuk fel, melyeken különböző tőszámmal alkalmaztunk a talajfoltok minőségéhez mérten. Így a 3 különböző besorolású területen egy alacsony (66 000 tő/ha), egy átlagos (73 500 tő/ha) és egy magas (77 500 tő/ha) tőszámmal elvetett kísérleti teret tartottunk számon és elemeztünk.

A terméseredmények meglehetősen nagy eltérést mutattak. Alacsony tőszám esetén 4,2 t/ha, átlagos tőszámnál 6,04 t/ha, míg a magas tőszámhoz tartozó termésmennyiség 7,62 t/ha volt. Ezzel megállapítható lett számunkra, hogy a legkisebb és a legnagyobb tőszám alkalmazása esetén több mint 80% volt a terméshozamok közti különbség.

Kísérletem vetőmag költségeit is feljegyeztük, majd a különböző területeken belül összevetettük azokat. Az alacsony és a magas tőszám közötti különbség 8000 Ft/ha volt. Ezután kiszámoltuk az árbevételt a vetőmagárral csökkentve. Az így kapott eredmény 4,8% különbséget mutatott az átlagos tőszámmal való vetéshez mérten.

8. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Dr. Percze Attilának, szakdolgozatom készítése során nyújtott segítségéért.

Hálásan köszönöm családomnak a tanulmányaim elvégzése alatt nyújtott támogatást.

Valamint köszönettel tartozom Gelencsér Zoltánnak és családjának, hogy a gazdaságukban biztosították részemre a kísérlet lehetőségét, segítettek és támogatták a munkámat. Külön köszönet a munkafolyamatok elvégzésében nyújtott segítségért.

9. Irodalomjegyzék

1. Abdullah, G. H. – Khan, I.A. – Munir, M.: 2007. Effect of planting methods and herbicides on yield and yield components of maize. *Pakistan Journal of Weed Science Research*. 13. 1-2:39-48
2. Antal J. (szerk.) (2008): Növénytermesztés 1- A növénytermesztés alapjai, gabonafélék.
3. Antal, J. (1996): Növénytermesztés 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest: 24-30 pp.
4. Barbieri, P. A. – Sainz Rosas, H. R. – Andrade, F. H. – Echeverria, H. E.: 2000. Row spacing effects at different levels of Nitrogen availability in maize. *Agronomy Journal*. 92: 283-294
5. Barkaszi, L. (2008): Analysis of efficiency and profitability of maize production according to 2003-2006 Hungarian data. Bulletin of the Szent István University Special Issue Part I, 237-248 pp.
6. Berzsényi, Z. (1994): A növényszám és az évjárat hatása a kukoricahibridek szemtermésére és terméskomponenseire, valamint növényszám reakciójára. *Kukoricatermesztés. Országos Tanácskozás. Budapest*, 75–82 pp.
7. Cloninger, F., D., Horrocks, R., D., Ziber, M., S. (1975): Effects of harvest date, plant density and hybrid on corn grain quality. *Agronomy Journal*. 5, 693–695 pp.
8. Csajbók, J. (2012): Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme. Debrecen: Debreceni Egyetem.
9. Djaman, K., Allen, S., Djaman, D., S., Koudahe, K., Irmak, S., Puppala, N., Darapuneni, M., K., Angadi, S., V. (2022): Planting date and plant density effects on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges*, 6, 100417
10. Du, Z., Yang, L., Zhang, D., Cui, T., He, X., Xiao, T., Li, H., Xing, S., Xie, S. (2023): Optimizing maize planting density based on soil organic matter to achieve synergistic improvements of yield, economic benefits, and resource use efficiency. *Science of The Total Environment*, 906, 167597
11. Facsar, G. (1992): A mag. In: FELHŐSNÉ VÁCZI E. (Szerk.) *Növényiszerveztan*. Budapest, KÉE. 210-223 pp.
12. Ferencz, Á., (2020): A korszerű kukoricatermesztés ökonómiai összefüggései. *Economica*, 8(4/2), 254–259 pp.
13. Ferreira, G., Teets, C., L. (2017): Effect of planting density on yield, nutritional quality, and ruminal in vitro digestibility of corn for silage grown under on-farm conditions. *The Professional Animal Scientist*, 33, 4, 420-425 pp.
14. Fuksa, P., Hakl, J., Míchal, P., Hrevušová, Z., Šantrůček, J., Tlustoš, P. (2020). Effect of silage maize plant density and plant parts on biogas production and composition. *Biomass and Bioenergy*, 142, 105770.
15. Gaffney, J. – Schussler, J. – Löffler, C. – Cai, W. – Paszkiewicz, S. – Messina, C. – Groeteke, J. – Keaschall, J. – Cooper, M.: 2015. Industry-scale evaluation of maize hybrids selected for increased yield in drought-stress conditions of the US Corn Belt. *Crop Science*. 55:1608-1618
16. Goodman, M. M., Galinat, W. C. (1988): The history and evolution of Maize. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 7(3), 197–220 pp.
17. Haegele, J. W. – Becker, R.J. – Henninger, A.S. – Below, F. E.: 2014. Row arrangement, phosphorus fertility, and hybrid contributions to managing increased plant density of maize. *Agronomy Journal*. 106. 5:1838-1846
18. Hegyi, Zs. (2008): Minőség, évjárat és hibridválasztás összefüggései. *Az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei*. 2, 16–18 pp.
19. Hou, P., Liu, Y., Liu, W., Liu, G., Xie, R., Wang, K., Ming, B., Wang, Y., Zhao, R., Zhang, W., Wang, Y., Bian, S., Ren, H., Zhao, X., Liu, P., Chang, J., Zhang, G., Liu, J., Yuan, L., Zhao, H., Shi, L., Zhang, L., Yu, L., Gao, J. L., Yu, X., Shen, L., Yang, S., Zhang, Z., Xue, J., Ma, X., Wang, X., Lu, T., Dong, B., Li, G., Ma, B., Li, J., Deng, X., Liu, Y., Yang, Q., Fu, H., Liu, X., Chen, X., Huang, C., Li, S. (2020.6): How to increase maize production without extra nitrogen input. *Resour. Conserv. Recycl.* 160: Article 104913.
20. Hou, S., Ren, H., Fan, F., Zhao, M., Zhou, W., Zhou, B., Li, C. (2023): The effects of plant density and nitrogen fertilization on maize yield and soil microbial communities in the black soil region of Northeast China. *Geoderma*, 430, 116325
21. Izsáki, Z. (2006): A kukorica minőségorientált tápanyag-ellátása. *Szántóföld*. 10, 7–12 pp.

22. Kovács, P. (2017): A fenntartható kukoricatermesztés technológiai fejlesztése. Agrártudományi Közlemények, 72.
23. Mansfield, B. D. – Mumm, R. H.: 2013. Survey of plant destiny tolerance in U.S. maize germplasm. *Crop Science*. 54:157-173.
24. Marton, L., Cs., Hadi, G., Pintér, J., Hegyi, Zs., Nagy, E., Spitkó, T., Szőke, Cs. (2008): Kukorica: a jövő növénye. Sokhasznú kukoricahibridek, 2008. Az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei. 1, 3–6 pp.
25. Máté A.: 2010. Szántóföldi növénytermesztés, Gödöllő, 96 p.
26. Megyes, A.: 2001. Növénytermesztési tényezők értékelése a Ceres-Maize 3.5 modellel a talajművelési tartamkísérletben.
27. Menyhért, Z. (1978): Kukoricáról a termelőknek. (About maize for producers.) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 155–167 pp.
28. Menyhért, Z. (1985): A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
29. Nafziger, E., D. (2016): Maize Agronomy. Reference Module in Food Science.
30. Nagy J. (2007): Kukoricatermesztés. Akadémiai kiadó. Budapest. 297 p.
31. Nagy, J. (2010). A kukoricatermesztés jelene és jövője. Növénytermelés, 59(3), 85–111 pp.
32. Nagy, J. (2021): Kukorica. A nemzet aranya – Élelmiszer- takarmány- bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 516 p.
33. Oláh, J., Papp, J. (2018): A kukoricatermesztés kilátásai. Magyar Mezőgazdaság.
34. Otegui, M., E., Cirilo, A., G., Uhart, S., A., Andrade, F., H. (2021): Crop Physiology Case Histories for Major Crops, 2-43 pp.
35. Pepó, P. – Sárvári, M.:2011. Gabonanövények termesztése, Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem.
36. Pepó, P. (2009): A kukorica (*Zea mays* L.) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon. Növénytermelés. 58, 3, 53–66 pp.
37. Pepó, P., Ruzsányi, I. (2000): A kukorica hibridspecifikus trágyázása. Gyakorlati Agrofórum Extra. 11, 3, 51–52 pp.
38. Petr, J. – Cerny, V. – Hruska, L.: 1985. A főbb szántóföldi növények termésképződése. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
39. Ruzsányi, I. (1987): Agrotechnika a kukoricatermesztésben. Magyar Mezőgazdaság, 42, 8–9 pp.
40. Ruzsányi, I. (1990): A növények elővetemény-hatásának értékelése vízháztartási szempontból. Növénytermelés. 40, 1, 71–77 pp.
41. Sárvári, M. – Futó, Z. – Zsoldos, M.: 2001. Összefüggés a kukoricahibridek tőszáma és termése között. II. Növénytermesztési Tudományos Nap. „Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben” Proceedings. 26-33.
42. Sárvári, M. (2001): Összefüggés a kukoricahibridek tőszáma és termése között. II. Növénytermesztési Tudományos Nap. Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 12 p.
43. Sárvári, M. (2005). Impact of nutrient supply, sowing time and plant density on maize yields. *Acta Agronomica Hungarica*, 53(1), 59–70 pp.
44. Sárvári, M. (2014): A hatékony trágyázás tényezői a kukoricatermesztésben. Agrofórum Extra. 57, 60–63 pp.
45. Sárvári, M., Boros, B. (2010): A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. Növénytermelés. 59, 3, 37 p.
46. Sárvári, M.: 2005. A modern növénytermesztést szolgáló hibridspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése. In: *Pepó, P.: 2005. Koszakováltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai – Prof. Dr. Bocz Ernő*. Debrecen, 200-204
47. Schwietzke, S., Kim, Y., Ximenes, E., Mosier, N., Ladisch, M. (2009): Ethanol production from maize. In: Kriz, A.L., Larkins, B.A. (Eds.), *Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement*. Springer Publ.,
48. Shiferaw, B., Prasanna, B., M., Hellin, J., Bänziger, M. (2011): Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, 3(3), 307 p.

49. Strieder, M. L. – Ferriere da Silva, P. R. – Rambo, L. – Sangoi, L. – Alves da Silva, A. – Endrigo, P.C. – Jandrey, D. B.: 2008. Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. *Scientia Agricola* (Piracicaba, Braz.). 65. 4:345-353.
50. Széles, A., Nagy, J. (2013): A hazai kukorica minősége. *Debreceni Szemle*, 4, 204-210 pp.
51. Tamás, A., Radócz, L., Horváth, É., Zagyai, P., Ragán, P. (2022): A termesztéstechnológiai tényezők hatása a kukorica (*Zea mays* L.) terméseredményeire polifaktorális tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 71/1 67–80 pp.
52. Tollenaar, M. – Dibo, A. A. – Aguilera, A. – Weise, S. F. – Swanton, C. J.: 1994 Integrated pest management. *Agronomy Journal*. 86: 591-595
53. Ványiné, Sz., A., Megyes, A., Nagy, J. (2010): Vetésidő és az évjárat hatása a kukorica hibridek termés hozamára és a minőségére. *Növénytermelés*, 59/4, 63-88 pp.
54. Várallyay, Gy., Szűcs, L., Rajkai, K., Zilahy, P., Murányi, A. (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 00 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan*. 29, 77–112 pp.
55. Wu, J. Z., Zhang, J., Ge, Z. M., Xing, L. W., Han, S. Q., Chen, S. H. E. N., & Kong, F. T. (2021). Impact of climate change on maize yield in China from 1979 to 2016. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(1), 289-299.
56. Xu, W., Liu, C., Wang, K., Xie, R., Ming, B., Wang, Y., Hou, P. (2017): Adjusting maize plant density to different climatic conditions across a large longitudinal distance in China. *Field Crops Research*, 212, 126–134 pp.

Internetes források:

1. Fazekas M. (2023): A precíziós gazdálkodás alkalmazásának előnyei a modern mezőgazdaságban *Agroinform* https://www.agroinform.hu/szantofold/a-precizios-gazdalkodas-alkalmazasanak-elonyei-a-modern-mezogazdasagban-67430-001?gclid=Cj0KCQjw4bipBhCyARIsAFsieCzbAKbEVZLqn5AE_UwctnsaKP112KOFa6LhrwYkPmZPCRXA-fJdymsaAvsEEALw_wcB
2. Könczöl P. (2018): A tőszám, mint a kukorica termesztéstechnológia lényeges, de ki nem használt eleme *Agrofórum* <https://agroforum.hu/szakkikkek/novenytermesztes-szakkikkek/toszam-mint-kukorica-termesztestechnologia-lenyeget-de-ki-nem-hasznalt-eleme/> (Megtekintve: 2023.10.11.)
3. http1: https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/vet/20210601/fontosabb-novenyek-vetesterulete_2021.pdf (Megtekintve: 2023.09.13.)
4. http2: <https://www.yara.hu/tapanyagellatas/kukorica/kukoricatermesztes-a-vilagban/> (Megtekintve: 2023.09.15.)
5. http3 KSH https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn001c.html (Megtekintve: 2023.09.12.)
6. http4: https://www.kws.com/hu/hu/termek/kukorica/fajtak/kws-durango/#accordion_2113329-accordionContent1_1562849158874 (2023.10.03.)
7. http5: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0072.html (2023.10.14.)
8. http6: <https://www.primag.hu/blog/szakmai-cikkek/optimalis-kukorica-sortavolasag:-tippek-a-termeszteshez> (Megtekintve: 2023.10.14.)
9. Nagy J. (2021a): A kukorica precíziós termesztése (I. rész) *Magyar Mezőgazdaság* <https://magyarmezogazdasag.hu/2021/05/07/kukorica-precizios-termesztese-i-resz/> (Megtekintve:2023.10.17)
10. Nagy J. (2021b): A kukorica precíziós termesztése (II. rész) *Magyar Mezőgazdaság* <https://magyarmezogazdasag.hu/2021/05/28/kukorica-precizios-termesztese-ii-resz-1/> (Megtekintve:2023.10.17)

10. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

Bräutigam Dániel (név) (hallgató Neptun azonosítója: EHM4N4) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*¹

Kelt: 2023. év november hó 02. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

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

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve: BRÄUTIGAM DANIEL
A Hallgató Neptun kódja: EHMXN4
A dolgozat címe: A TÖSZÁMVALTOZTATÁS HATÁSA A KUKORICA TERMESÉRE
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: NÖVÉNYTERMESZTÉSI-TUDOMÁNYOK INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: AGRONÓMIA TANSZÉK

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

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

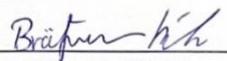
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év november hó 02. nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.