

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

MEZŐGAZDASÁGI KAR

NÖVÉNYTUDOMÁNYI ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI INTÉZET

MEZŐGAZDASÁGI MÉRNÖK BSC

**KUKORICA HIBRIDEK TŐSZÁMREAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA
ELTÉRŐ ÉVJÁRATOKBAN**

TDK DOLGOZAT

Készítette:

VARGA PÉTER

Konzulensek:

Dr. habil. Jakab Péter

egyetemi docens

Dr. Tar Melinda

tudományos főmunkatárs

HÓDMEZŐVÁSÁRHELY

2023.

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	3
2.	CÉLKITŰZÉS	6
3.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
3.1.	Éghajlatigény	7
3.2.	Vízigény	7
3.3.	Talajigény.....	8
3.4.	Vetés.....	8
3.5.	Tőszám.....	9
3.5.1.	Tőszám és a kukorica hibridek termése közötti összefüggés.....	9
3.5.2.	Sortávolság hatása a termésre	10
3.5.3.	Növénytűrűség hatása a növekedési jellemzőkre	11
3.5.4.	Az eltérő genetikai adottságú hibridek és a tőszám közötti interakció	12
3.5.5.	A növény szám káros hatása a növényre.....	13
3.5.6.	A tőszám és a talajművelés	13
3.5.7.	A növény szám és a tápanyag-ellátottság.....	14
3.5.8.	A növény szám és az évjárat	15
4.	ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	17
4.1.	A kísérleti területek bemutatása, talajtani adottságok	17
4.2.	A szántóföldi kísérletek elrendezése, kivitelezése	17
4.3.	A kísérleti évek időjárásának jellemzése.....	20
4.4.	Az ökonómiai értékelés módszere.....	23
4.5.	Az elvégzett vizsgálatok módszerének bemutatása.....	23
4.6.	Statisztikai kiértékelés.....	23
5.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	24
5.1.	A 2021-es év kísérleti eredményeinek bemutatása	24
5.2.	A 2022-es év kísérleti eredményeinek bemutatása	24
5.3.	A 2023 év kísérleti eredményeinek bemutatása	25
5.4.	Évjárat hatása az eltérő tőszámmal vetett hibridek termés mennyiségére.....	26
5.5.	Ökonómiai értékelés.....	28
5.5.1.	2021 év ökonómiai értékelése	28
5.5.2.	2022 év ökonómiai értékelése	29
5.5.3.	2023 év ökonómiai értékelése	30
6.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	32
7.	ÖSSZEFOGLALÁS	33
8.	IRODALOMJEGYZÉK	37
9.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	41

1. BEVEZETÉS

A mezőgazdasági termelés, ezen belül is a gabonafélék termesztése létfontosságú gazdasági tevékenység. A kukorica, a búza és a rizs mellett az emberiség egyik legfontosabb kultúrnövénye, ma már szinte az egész világon termesztik, ahol adottak az alapvető természeti feltételek, ebben nagy szerepe van a jó adaptív tulajdonságának (Nagy, 2007; Nagy és Sárvári, 2005; Széll, 2004; Pepó és Sárvári, 2011; Nagy, 2021).

A változatos újvilági kultúrnövények közül a kukorica volt az első, amely beilleszkedett az európai népi műveltségbe, és hamarosan a paraszti gazdálkodás nélkülözhetetlen elemévé vált. Magyarországon 1590-ben már bizonyítottan termesztették, de feltehetően már előtte is ismerték (Pepó és Sárvári, 2011; Csajbók, 2012). Több népies megnevezése is ismert, ilyen a málé, a tengeri és a törökbúza is. Már az említett elnevezésekből is kitűnik, hogy távoli területről származik, feltehetően két irányból jutott el hazánk területére, egyrészt Itáliából, Dalmácián keresztül, másrészt pedig a törökök közvetítésével Erdélyen keresztül (Nagy, 2009; Csajbók, 2012; Nagy, 2021).

A kukorica a legjobban kutatott növények közé tartozik, eredetét mégsem sikerült teljességgel feltérképezni. Abban egyetértenek a kutatók hogy Amerikából származik, a kérdés csak az, hogy a középső vagy a déli részéről. Keletkezésének helyét azért olyan nehéz meghatározni, mert vadon nem fordul elő (Nagy, 2007). A kutatók mondhatni két csoportra oszlottak, egyrésztük a dél-amerikai eredet mellett áll, melyet Geisler vetett fel az elsők között, mások pedig a Galinat által körvonalazott elméletet támogatják, mely szerint Közép-Amerika a valódi származási hely (Nagy, 2007; Nagy és Sárvári, 2005; Pepó és Sárvári, 2011; Nagy, 2021).

A kukorica vad őse a mai napig nem ismert, a 20. században több kutatóban is felmerült, hogy a teoszinte az eredeti vad ősből származhat, vagyis a legközelebbi leszármazottja lehet a kukorica vad ősenek (Nagy, 2007; Nagy, 2021). A kukorica kialakulása rendkívül régi időkre nyúlik vissza, a Mexikóváros alatt zajló régészeti feltárások során – 61 méter mélyen – sikerült 80000 évesre tehető kukoricapollent azonosítani (Pepó és Sárvári, 2011). A mai kukorica közvetlen őse a pelyvás kukorica (*Zea mays* L. convar. *tunicata*) és a pattogatni való kukorica (*Zea mays* L. convar. *microperma*) (1-2. kép) kereszteződésével jöhetett létre (Nagy, 2007; Pepó és Sárvári, 2011; Nagy, 2021).

A kukorica (*Zea mays* L.) a zárvatermők (Angiospermatophyta) törzsébe, az egyszikűek (Monocotyledonopsida) osztályába, a pázsitfűvek (Poales) rendjébe, a pázsitfűfélék (Poaceae /Gramineae) családjába, a fenyérfűfélék (Andropogonoideae) alcsaládjába és a *Zea*

nemzetségbe tartozik (Könczöl, 2018a). A Zea nemzetség monotipikus, egyedül csak a kukorica tartozik bele (Pepó és Sárvári, 2011; Csajbók, 2012). A kukorica első írásos feljegyzése Kolumbusztól származik, 1492-ben számolt be arról, hogy Kuba belsejében egy mahiz-nak nevezett növényt találtak. A kukorica latin elnevezése az indián mahiz és a görög Zea (gabonafélék) szóból tevődik össze (Nagy, 2007; Pepó és Sárvári, 2011).



1. kép - Pelyvás kukorica (Pepó és Sárvári, 2011)



2. kép - Páttogatni való kukorica

(<https://agroforum.hu/szakcikkek/novenytermesztes-szakcikkek/pattogatni-valo-kukorica-nem-csak-finom-de-jo-uzlet-is/>)

A kukorica napjaink egyik legfontosabb kultúrnövénye, jelentőségét sokoldalú hasznosíthatósága és jó alkalmazkodóképessége adja. Széleskörűen alkalmazzák, élelmiszer-, takarmány- és ipari növényként is termesztik. A terméstálagok az 1960-as évekig lassan növekedtek, majd a hibridek, a megfelelő műtrágyázás és a korszerűbb gépek elterjedésével a hozam is jelentősen emelkedett (Csajbók, 2012). Napjainkban a kukorica a legnagyobb mennyiségben termelt növény [1], előállított mennyisége folyamatosan növekvő tendenciát mutat, 2013-ban az évi összterményesség meghaladta az 1 milliárd tonnát és azóta is felfelé ível [2].

Egyes földrészekén, a szegényebb területeken, így például Indiában, Latin-Amerikában és Afrikában majdnem teljes egészében (megközelítőleg 90%-ban) emberi táplálékként hasznosítják, ezzel szemben számos országban, így Magyarországon is nagyarányban alkalmazzák az állatok takarmányozására (Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2021). Az emberi és állati élelmezés mellett még számos célra felhasználható, a bioetanol gyártás egyik legfontosabb komponense (Kiss, 2013), emellett keményítő, olaj, cukor és alkohol is előállítható belőle, szárát pedig fűtésre és talajerő utánpótlásra is alkalmazhatjuk (Nagy, 2007;

Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2021).

A kukorica agrotechnikai ismerete, a hibridenkénti megfelelő tőszám meghatározása évek óta kukoricatermelés fókuszpontjában áll, a korszerű kukoricatermesztésben kiemelkedő szerepe van a helyes hibridválasztásnak és a megfelelő tőszám alkalmazásának. A tőszámkísérletek lehetőséget nyújtanak az állománysűrűség optimalizálására és a részletes következtetések levonására, a különböző genotípusok pontosabb megismerésére.

2. CÉLKITŰZÉS

A családi gazdaságunk közel egy évszázada foglalkozik szántóföldi növénytermesztéssel, az utóbbi években a területeink megközelítőleg 40%-án termelünk kukoricát, ezért esett a témaválasztásom erre a növényre. A dolgozatomban négy kukorica hibrid tőszámreakcióját vizsgálom három éven keresztül. Kísérletem célja az, hogy a vizsgálati területre vonatkozóan az ökológiai tényezők figyelembevételével meghatározzam a vizsgált kukorica hibridek tőszám optimumát, illetve tőszámoptimum intervallumát.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. Éghajlatigény

A kukorica a melegigényesebb szántóföldi növények közé sorolható, a növény fejlődésének minden szakaszában (a csírázástól az érésig) meghatározó szerepe van a hőmérsékletnek. Származását tekintve rövidnappalos növény, de a rövid- és hosszúnappalos feltételekhez már jól adaptálódott az évszázadok során. A trópusi rövidnappalos kukoricák hosszú ideig csak a vegetatív részeit fejlesztik, és csak szeptember végén virágoznak, ezzel szemben a mérsékelt övi hosszúnappalos kukoricák gyorsan fejlődnek, kevés vegetatív tömeget képeznek és korán virágoznak (Bocz, 1992; Nagy, 2009; Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2021).

A kukorica hidegtűrése, melegtűrése a tenyészidőszakban fajtánként, hibridenként változó. A csírázás időszakában $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékleten már könnyen megfagy, a csírázás minimális hőmérséklete $10\text{--}12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (egyes hibridek már $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül is csíráznak), viszont a gyors és erőteljes fejlődéshez legalább $12\text{--}14\text{ }^{\circ}\text{C}$ talajhőmérséklet szükséges. A tenyészidőszakban, a címerhányástól a teljes érésig tartó fázisban $24\text{--}26\text{ }^{\circ}\text{C}$ az ideális átlaghőmérséklet a kukorica számára. Hazánk éghajlata, a hegyvidéki részek kivételével kiválóan alkalmas a kukorica termesztésére, ugyanis a nyári átlaghőmérséklet $21\text{--}26\text{ }^{\circ}\text{C}$ között mozog. Melegkedvelő növény, viszont $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett a nagy párologtatás már nincs jó hatással rá. A napfényes, meleg ősz kedvezően hat a kukoricaérésére, viszont a korai lehűlések, rosszabb esetben a fagyok gátolják a beérést, kényszeréretté válnak (Nagy és Sárvári, 2005; Csajbók, 2012).

A kukorica körülbelül 900 órányi napfénytartamot igényel, nagyjából az utolsó 360 óra az ami a szemfejlődés és az érés időszakára tehető. A nagy fényintenzitást hatékonyan kezeli, a gyenge megvilágítás azonban megnyújtja a tenyészidőt, 5-6 nappal is későbbre tolhatja az érést. Mivel eredendően rövidnappalos növény, a 12 óránál rövidebb megvilágítás és egyéb, szükséges feltételek megléte esetén a generatív szervek jobban fejlődnek, a hosszabb megvilágítás következtében megnyúlik a vegetációs idő, nagyobb tömegűvé válnak a vegetatív szervek, a generatív termés aránya viszont csökken (Csajbók, 2012).

3.2. Vízigény

A kiterjedt, mélyreható és felszínhez közeli nagy gyökértömege miatt, a kukorica rendkívül jól hasznosítja a talajból kinyerhető nedvességet. Egészen nagy mélységekig – $1,5\text{--}2\text{ m}$ – képes kiszáritani a környező talajt, vízigénye viszonylag nagy, $450\text{--}550\text{ mm}$. A kritikus időszak a vízeállás terén már a címerhányás előtt ($10\text{--}14$ nappal) megkezdődik, és egészen a

szemtelítődésig tart. Aszályérzékenysége nagy, mivel a vizigény csúcsidőszaka hosszan elnyúlik, a többi szántóföldi növényhez képest. Hazánkban a kritikus időszak a júliusi és augusztusi hónapokra esik, ekkor van a kukoricának a legnagyobb szüksége a vízre, csak hogy az aszályok is ebben az időszakban jelentkeznek a leggyakrabban. Mindezek mellett azonban a túl sok csapadék sem kedvező a növénynek, ugyanis a talaj pórustérfogat vízzel történő telítődése után a gyökerek nem kapnak megfelelő oxigénellátást (Menyhért, 1985; Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2009; Csajbók, 2012).

3.3. Talajigény

A kukorica a talajjal szemben rendkívül igényes, mondhatni az egyik legigényesebb növény, azonban ma már sok hibridkukorica létezik, mely jól alkalmazkodik a gyengébb minőségű talajokhoz is. Sikeresen, jó eredménnyel csak jó minőségű talajokon termesztethető, a középkötött, mély termőrétegű, jó víz- és hőgazdálkodású, kedvező tápanyagellátottságú területeket kedveli, ilyenek a csernozjom talajok. A tömődött, rossz szerkezetű, rossz víz- és hőgazdálkodású talajokon is megél, de termése kiszámíthatatlan (Győrffy és I'só, 1970; Nagy, 2007; Nagy, 2009; Pepó és Sárvári, 2011; Csajbók, 2012). A túl meleg és a túl hideg talajokat nem kedveli, a hideg talajban jelentősen elhúzódik a csírázás, a kelés, ráadásul a tőhiány is nagyarányú lehet. A gyökerek fejlődéséhez szükséges hőmérséklet alacsonyabb, mint amennyi a föld feletti vegetatív részek fejlődéséhez szükséges. A gyökér már 5 °C körül is fejlődik, ezzel szemben, ahogy már fentebb is említettem, a föld feletti részek fejlődéséhez minimum 10 °C-ra van szükség (Pepó és Sárvári, 2011; Nagy, 2021).

A növény a vizet és a tápanyagot a talajból veszi fel, ezért a talaj tömörödöttsége nagyon rosszul hat a fejlődésére, a gyökerek nem tudnak áthatolni a tömör rétegeken, ezért a felső szinteken terülnek szét, vagyis nem tudnak hozzájutni a mélyebb rétegek víz- és tápanyagkészletéhez (Pepó és Sárvári, 2011). A talaj tömörödésének kialakulása függ a természeti tényezőktől is, de legnagyobb mértékben az embertől, ugyanis a tömörödést elsősorban a gépmozgás okozza, ha túlzottan nedves a talaj, illetve a mélyművelés hiánya is eredményezheti (Rátonyi és Szöllősi, 2017).

3.4. Vetés

A kukorica vetésének ideje a vizsgálatok szerint kihatással van a későbbi fejlődésre és a termés mennyiségére, minőségére. A 19. század legelejétől kezdve a mai napig számos kísérletet végeztek, melyekben az optimális vetésidőt vizsgálták, különböző tényezőkkel – elsősorban fajta/hibrid, hőmérséklet, talajnedvesség – összefüggésben. A korai és kései vetés mellett is

szólnak érvek és ellenérvek, viszont ezek a vizsgálati eredmények nem alkalmazhatók minden kukoricára, ugyanis elsősorban az adott fajta/hibrid vetőmag hidegtűrése és maga a hőmérséklet határozhatja meg az optimális vetésidőt (Molnár, 2009).

A kukorica vetésének optimális időpontját számos tényező befolyásolhatja, elsősorban a tenyészidő hőmérsékleti viszonyai, illetve a késő tavaszi, kora őszi fagyok időpontja és gyakorisága, emellett szintén nagyon fontos a talaj típusa és fekvése, illetve gyomossága is. A vetőmag minősége, csírázási és fejlődési hőmérsékletének igénye szintén befolyásoló tényező, ahogy az ellenállóképessége és a csávázás lehetősége is. Ismerni kell a termesztendő fajta/hibrid tenyészidejét, figyelembe kell venni a termesztés célját, a bevetendő terület nagyságát, a gépesítés fokát és a vetés módját is (Nagy, 2007; Berzsenyi, 2012).

A kukorica vetése pneumatikus szemenkénti vetőgéppel történik: 70–76,2 cm sortávolságra és 16–22 cm tőtávolságra, a vetés mélysége pedig 4–10 cm között változhat, kötöttebb talajok és korai vetés esetén 4–6 cm, könnyebb, gyorsabban felmelegedő, lazább talajokon pedig 6–10 cm is lehet a vetésmélység (Antal, 2000; Nagy, 2007; Pepó és Sárvári, 2011, [3]).

3.5. Tőszám

A kukoricatermesztés fejlődésével és intenzívebbé válásával, az újabb hibridek megjelenésével megváltozott a területigény és a tőszám sűrítetőség is. A tőszám a termést jelentősen meghatározó tényező, a növényszám növelésének hatására az egyedi produkció csökken, azonban a területegységre jutó termés nő. Az egyes hibridek tőszámsűrítetősége között azonban nagy különbségek vannak, egyesek jól tűrik, más hibridek viszont érzékenyek a sűrítésre (Pepó és Sárvári, 2011).

Ahogy az élet más területein, úgy a kukoricatermesztésben is nagy fejlődés következett be az utóbbi időben, azonban ezzel párhuzamosan egyre nagyobb kihívást jelent a globális felmelegedés, és ezáltal a szélsőséges időjárás. Az eltérő genetikai háttérrel rendelkező kukorica hibridek többek között ezt a problémát hivatottak megoldani, ugyanis jellegükből adódóan különbözően reagálnak az egyes agrotechnikai és ökológiai elemekre (Kovács és Sárvári, 2016).

3.5.1. Tőszám és a kukorica hibridek termése közötti összefüggés

A tőszám és termés közötti összefüggés hibridtől és évjáratától függően jelentősen változik. A tőszám optimum-intervallum meghatározása olyan fontos mint az optimális tőszám

meghatározása, mivel az intervallum alsó értékének alkalmazása a célszerűbb a termés biztonságának növelése szempontjából. Kedvező a széles intervallum, mivel ezek a hibridek rugalmasan viselkednek a tőszámsűrítéssel szemben, általában ezeknek a hibrideknek jobb az alkalmazkodóképességük.

A megfelelő hibridek kiválasztása mellett a megfelelő tőszám is jelentősen befolyásolhatja a termést, az optimálisnál kisebb és nagyobb állománysűrűség is határozottan csökkentheti a hozamot (Sárvári, 1995; Tótin és Pepó, 2016).

Számos kísérlet született, amely a kukorica tőszám hatását vizsgálta, ugyanis az a tény, hogy a tőszám jelentősen befolyásolja a gazdálkodás eredményességét már régóta ismert. A 20. század első felében elterjedt feltételezés volt, hogy a tápanyagban gazdag, jó vízgazdálkodású talajokon kisebb tőszámot kell vetni, mert így nagyobbra nőhetnek a kukoricák (Pálovics és Sárvári, 2006). Már az első ilyen jellegű kísérletek során, többek között I'só és Györffy vizsgálatainak köszönhetően, kiderült, hogy egyes fajták és hibridek jóval kisebb tenyésztésterületen is nagyobb termést eredményeznek, ezt követően jelentősen emelkedtek a hektáronkénti tőszámok (Boros és Sárvári, 2016).

Pálovics és Sárvári (2006) kísérletük eredményeit kiértékelve megállapították, hogy a tőszámnövelés meghatározó összefüggést mutatott a termésmennyiséggel, a legtöbb hibrid esetében. A tőszám növelése 10 000 tő/ha-ral a képes növelni a termést akár 0,5-1,5 t/ha-ral, viszont az tőszámoptimum feletti növényszám ennyivel csökkenti a termést.

A növények felépítése, szerkezete nagyban hozzájárul a termés mennyiségéhez, mivel minél nagyobb a zöld felület, annál nagyobb a fotoszintetikus aktivitás ami több termést eredményez. (Mukhtar és munkatársai, 2012).

3.5.2. Sortávolság hatása a termésre

Ahmad és munkatársai (2010) munkájukban a sortávolságot 75 cm-ről 60 cm-re és 45 cm-re csökkentették, és megállapították, hogy a terméskepző elemek, mint a csőhossz, a csővenkénti szemek száma, és az ezerszemtömeg, szignifikánsan eltért a hibridek között, de összességében mindegyiknél csökkenés mutatkozott, a sortávolság csökkenésével csökkent a növényenkénti hozam.

Stone és munkatársai (2000) azt állapították meg, hogy a sortávolság a kukorica hozamára és minőségére gyakorolt hatása minimális és következtelen, de a populáció denzitásának növelése jelentősen növelte a hozamot.

Murányi (2016b) vizsgálatai szerint a kölcsönhatás szoros az évjárat x sortáv x tőszám komplex rendszerben. A kukorica 76 cm sortávolság esetén a terméseredménye kiegyensúlyozottabb volt a különböző években és állománysűrűség mellett, mint a 45 cm sortávolságnál.

3.5.3. Növényssűrűség hatása a növekedési jellemzőkre

A növénysszám jelentős hatással van a kukorica termésére és a levélterület-indexre (LAI). A hosszabb tenyészidejű hibridek általában nagyobb levélterület-index értékkel rendelkeznek. A növénysszám növekedésével a LAI lineárisan növekszik, és a virágzás időszakában éri el a maximális értéket. A kutatások szerint az optimális növénysszám hibridtől függően 60 000 és 80 000 tő/ha között van. Az alacsonyabb növénysszámtól a magasabb felé haladva a levélterület-index értéke folyamatosan nőtt. Az optimális levélterület-index érték hibridtől függően 4,1 és 5,9 m²/m² között változott és az így elérhető termés 7,3-10,1 t/ha közötti mennyiséget adott. Ezenkívül, a sortávolság csökkentése is hatással van a termésre. A sortávolság csökkentése 76 cm-ről 51 cm-re 4% -kal növelte a termést a vizsgált esetekben, és más kutatások szerint a 76 cm-ről 56 és 38 cm-re való csökkentés a termés 2-4%-os növekedését eredményezte. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a megfelelő növénysszám és sortávolság kiválasztása fontos a kukorica termésének optimalizálásában. Az optimális növénysszám és levélterület-index érték hibridtől és körülményektől függ, és azonosításukhoz alapos vizsgálatokra van szükség. Emellett a sortávolság csökkentése is potenciálisan javíthatja a termés hozamot (Berzsenyi, 1989; Murányi, 2015; Murányi, 2016a).

Bavec és Bavec (2002) eredményeikben arra a következtetésre jutottak hogy a növényssűrűség szignifikánsan befolyásolta a cső hosszát, a sorok számát, a soronkénti szemek számát és az ezerszemtömeget.

A növényenkénti levélterület, levélterület index és a levélterület tartósságánál (LAD), fontos a tőszámsűrítés által okozott változásokat növényenként felmérni.

A levélterület tartósság (LAD) kiszámítás egyik módja a növényenkénti levélterület alapján történik, ha ezt vesszük figyelembe akkor azt láthatjuk, hogy a LAD csökken a tőszám növekedésével.

Kiszámítása történhet még levélterület index alapján, akkor a denzitás növekedésével a LAD értékek is növekednek (Berzsenyi, 1989).

A növény növekedés dinamikájának mutatói közül leginkább a szárazanyag-felhalmozódásának, és ezen szárazanyagnak a növényben, növényi részekben való eloszlásának van jelentősége. A növényyszám a szárazanyag felhalmozását és ennek dinamikáját jelentősen befolyásolja. Ezen hatás csak a versenyhelyzet vagy kompetíció következtében válik jelentősebbé. A tőszám sűrítése következtében a cső és szemtermésben nagyobb csökkenés mutatkozott mint a vegetatív szervek tömegében. Kezdetben kis mértékű, de a növény fejlődésével egyre fokozódik a növényszám hatása a szervek szárazanyag-gyapodására (Berzsenyi, 1990; Berzsenyi és Dang, 2006).

3.5.4. Az eltérő genetikai adottságú hibridek és a tőszám közötti interakció

A hibridek sűríthetősége a genotípus függvényében változik, melyre hatást gyakorolnak az agrotechnikai és ökológiai tényezők. Kései hibridek esetében vannak olyanok, amelyek jól tűrik a tőszám növelését, valamint a korai érésűeknél is vannak olyanok, amelyek a tőszám növelésre kis mértékben reagálnak. Sűríthetőség alapján 4 típust különítünk el:

1. Jól sűríthető hibridek melyeknek a tőszámoptimuma széles intervallumú, a növelés hatására az egyedi teljesítmény és termés a csökken, viszont az egész területre vetített termés egy adott pontig növekszik. Előnye, hogy a kukoricahibridnek jó az alkalmazkodóképessége.
2. A jó egyedi teljesítménnyel rendelkező, többcsövűségre hajlamos hibridek, melyek nem igényelnek nagy tőszámot. Előnyük, hogy kedvezőtlen száraz évjáratokban is jó a termésbiztonságuk.
3. Flexibilis csőtípusú hibridek. Kedvező évjárat esetén a cső hossza jelentősen megnyúlik.
4. A sűrítésre érzékeny, szűk intervallumú tőszámoptimummal rendelkező hibridek (Sárvári és munkatársai, 2005; Sárvári és Kutasy, 2023).

Murányi (2016b) az általa vizsgált kukoricahibrideket a következőképp értékelte:

1. Relatív kis tőszámon mérsékelt termést adó hibridek
2. Relatív nagy tőszámon mérsékelt termést adó hibridek
3. Relatív kis tőszámon nagy termést elérő hibridek
4. Relatív nagy tőszámon nagy termésre képes hibridek

Célszerű a hibridek esetében meghatározni az optimális tőszám mellett a tőszámoptimum intervallumot, ami azt jelenti, hogy az adott hibrid ebben a tőszámtartományban

terméscsökkenés nélkül terem. Azt is figyelembe kell venni, hogy az elmúlt évtizedekben egyre gyakoribb az aszályos évjárat, így a termelőnek inkább az intervallum alsó határához kell igazodnia. (Pálovics és Sárvári, 2006; Tótin és Pepó, 2016; Molnár és Sárvári, 2005; Sárvári és munkatársai, 2005).

3.5.5. A növényszám káros hatása a növényre

A tőszám vég nélküli növelése jelentős negatív hatásokat eredményez, a túlzott növényesűrűség növeli a meddő tövek számát, a gombás fertőzések gyakrabban fordulnak elő, a kukorica növények között megnő a verseny a tápanyagért, a fényért és a vízért, ezért stressztényezőként léphet fel a túl magas tőszám. A kukorica termésmennyisége egy bizonyos határig ugyan növekszik, viszont a növény egyedi produkciója csökken (Molnár és Sárvári, 2005).

A kutatók igyekeztek optimalizálni a tőszám értékeket, hiszen ahogy Györffy kutatásaiból kiderült, a megfelelőnél sűrűbb állomány is kedveződenül hat a termésre, amellett, hogy kisebb csöveket eredményez, gyakran alakulnak ki meddő tövek is. Kísérleteiből az is kirajzolódott, hogy a túl nagy termőterületen és ezáltal kedvezőbb körülmények között fejlődő kukoricák termőképessége nem növekszik arányosan a felhasznált területtel (Györffy, 1979).

Könczöl szintén sok tanulmányban foglalkozott a megfelelő tőszám meghatározásával, több ezer parcellán kísérletezett a legkülönbözőbb hibridek állománysűrűségével. Ő is, ahogy előtte sok más kutató, felhívja a figyelmet a túl magas tőszám kockázataira, amelyek nem mások mint a meddőség, hím- és nővirágzás összehangolódásának eltolódása, a szemek számának és méretének csökkenése, illetve hangsúlyozza, hogy a fajta/hibrid választás mellett a területek adottságaihoz kell igazítani a tőszámot. Könczöl kutatásaiból az is kiderült, hogy a korai érésű hibridek általában jobban sűrítethetők, a közép és a késői érésűek esetében viszont a 65-75 ezer tő/ha a megfelelő (Könczöl, 2018a; Könczöl, 2018b).

3.5.6. A tőszám és a talajművelés

Berzsényi és kollégái Martonvásár területén végeztek kísérleteket, melyek során a legfontosabb agrotechnikai tényezők szerepét vizsgálták a kukoricatermesztésben. Megfigyeléseik alapján a hibrid és fajtaválasztás 32,6 %-ban, a műtrágyázás 30,6 %-ban, a tőszám 20,2 %-ban, a gyomszabályozás 14,2 %-ban, a talajművelés pedig mindössze 2,4 %-ban befolyásolta a termés hozamot (Berzsényi és munkatársai, 2011).

Nagy (1996) vizsgálatában a talajművelési eljárások nagy hatással voltak a növényszámra, ami fontos a termés hozam szempontjából. Őszi szántás esetén általában 70-80 ezer tő/ha volt a legjobb. Az aszályos években azonban a kisebb növényszámok voltak előnyösek, azonban

átlagos csapadék esetén a nagyobb tőszám volt megfelelő. Talajkímélő művelés esetén a 60 ezernél sűrűbb állományban termés kiesés jelentkezik. Tavaszi szántás esetén maximum 70 ezer növény/ha javasolt, száraz években kevesebb tőszám indokolt. A kutatás eredményei szerint a növény/ha és a talajművelés közötti hatás függ a vízellátottságtól, de általában szignifikáns volt az összefüggés. Az aszályos években minden esetben az alacsonyabb denzitás volt a kedvező, a tőszám növelésével egyaránt nőtt a termés kockázata és a hatékonyság csökkent. (Nagy, 1996).

3.5.7. A növény/ha és a tápanyag-ellátottság

A kukorica magas tápanyagigényű növény, nitrogén igénye a legnagyobb a többi tápanyaghoz képest, hím- és nővirágzáskor hiány lép fel nitrogénből akkor az jelentősen csökkentheti a terméshozamot. Kísérletek során kimutatták, hogy a N-műtrágya alkalmazása csökkentette a meddő tövek számát, különösen akkor, ha a növény/ha magasabb volt. Ez azt jelzi, hogy a megfelelő műtrágyázás segíthet maximalizálni a tőszám hatását a terméshozamra. Tanulmányukban azt a következtetést vonták le, hogy a kukoricatermés maximalizálható, ha a N 200 kg/ha és 66 666 növény/ha növény/sűrűséget fenntartják. (Shresth és munkatársai, 2018)

N-műtrágyázási kísérlet során, a harvest index (HI) és a szemtermés valamint a harvest index (HI) és a biomassa között szignifikáns, szoros korrelációt állapítottak meg N160 kg/ha műtrágyaszintig. Tehát a N-műtrágyázás pozitív hatása alapvetően meghatározza a harvest index és annak összetevői közötti kapcsolatot, továbbá befolyásolja a biomassa és a szemtermés mértékét. Ellentétben ezzel, a növény/ha kísérletben azt az eredményt kapták, hogy a HI lineárisan csökken a legalacsonyabb sűrűtéstől kezdve. Tehát a HI és a szemtermés közötti korreláció negatív vagy csak enyhén pozitív a maximális szemtermésig, de ezt követően erősen pozitív irányba fordul a kapcsolat a harvest index és a szemtermés között (Berzsenyi, 1992).

Az optimális tőszám kiválasztásánál nemcsak a hibrid igényeit kell figyelembe venni, hanem a termőhely adottságait is, beleértve a víz- és tápanyagellátottságot mivel ezek közvetlenül befolyásolják az optimális növény/ha számot (Nagy, 2021).

Kísérleteikben Dang és Berzsenyi (1993) vizsgálták a műtrágyázás és a növény/ha hatását a kukoricára, és megállapították, hogy trágyázás nélkül kedvező években is 60 000 tő/ha felett szignifikánsan csökkent a terméshozam, száraz évben 30 000 tő/ha felett nem volt nagy eltérés. A legjobb eredményeket a 235 kg/ha NPK trágyaszint biztosította, évjárástól függően a sűrűbb

állományban nagyobb volt a termés mennyisége. Túltrágyázás esetén a kedvező évben 90 000 tő/ha-ig nőtt, száraz évben pedig 60 000 tő/ha után meredeken csökkent a termés mennyisége.

Nagy (1995) kísérletében megállapította, hogy a növényszám hatás függ a műtrágyázástól, az alacsonyabb tőszám termésnövelő hatású trágyázatlan területen. Mérsékelt trágyázásnál is nagy a két tőszám közötti különbség viszont a nagy denzitásnál a termésveszteség jelentős. Megfelelő műtrágyázás mellett ez a hatás kiegyenlítődik és eltűnteti a két növényszám közötti különbséget.

3.5.8. A növényszám és az évjárat

Az időjárási adatok alapján megkülönböztethetők a kukorica számára kedvező és kedvezőtlen évjáratok. A csoportosítás alapja a csapadékmennyiség és annak tenyészidőbeli eloszlása. Hazai kutatások alapján azt tapasztaljuk, hogy az évjárat jelentősen befolyásolja a növényszám hatását. Különösen a vízhiányra érzékeny hibrideknél fontos az évjárat és a növényszám interakciójának vizsgálata. Vízfogyasztási kísérletek azt mutatták, hogy a 80 000-90 000 tő/ha sűrűségű állományok 50-70 mm-rel több vizet igényelnek, mint a ritkább állományok. Az optimálisnál nagyobb növényszám esetén a szárazság negatív hatással van a kukoricára, több meddő tő képződik, és csökken a termés hozam. Az aszályos években bebizonyosodott, hogy a túl magas növényszám kockázatos lehet a termésbiztonság szempontjából. Ezért szárazságra hajlamos körülmények között, különösen több egymást követő száraz évben, javasolt alacsonyabb növényszám (hektáronként 50-70 ezer tő/ha) alkalmazása, míg kedvező vízellátottság esetén 70-80 ezer tő/ha-os növényszám javasolt. A FAO 300-as és FAO 400-as hibridek kedvező körülmények között nagyobb tőszámnál mutatták ki a bennük rejlő terméspotenciált, viszont a legkiegyensúlyozottabb termést 70 ezer tő/ha-os növény számon érték el. Túlsűrítés esetén vízhiány alakul ki, aminek erőteljes hatása van a csapadékhiányos években. A jelenlegi hibridek nagyobb terméspotenciállal rendelkeznek, még alacsonyabb növény szám (50-70 ezer tő/ha) mellett is képesek kiaknázni genetikai potenciáljukat. Az alacsonyabb növény szám alkalmazásával elkerülhető a túlsűrítés veszélye, ezáltal növelhető a termésbiztonság (Nagy, 1995; Megyes és Nagy, 1999; Nagy, 2021).

Berzsenyi és munkatársai (1994) kísérletükben az évjárathatás megállapításához 12 évet vizsgáltak. Megállapították, hogy a kukorica szemtermésének és terméskomponenseinek évjárattól és növény számtól függő változása jól meghatározható különböző regressziós függvényekkel.

Az egyedi csőtermés-produkció változásainak okait elemzve megállapítható, hogy az évjáráthatás szignifikánsan befolyásolta ezeket a változásokat. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a főcsövek szemtermés mennyiségének alakulásában a legjelentősebb tényező a termőhelyek változása volt. A tenyészterület nagysága pedig kihatott a szemek tömegére. A tőszám növelése esetén csökkent a szemek tömege. Az évjárat azonban meghatározó tényezőként emelkedik ki a főcsövek szemtermés mennyiségének tekintetében. Ami a szem- és a csutkatömegét illeti, itt a tőszám csak kismértékben játszott szerepet, míg az ezerszemtömeg esetében az évjáráthatás volt a legkisebb hatással rendelkező tényező. A főcsövek szemsorszáma a tőszám növelése a sorok csökkenését eredményezte, míg a csövek hosszát legjobban az évjárat hatás befolyásolta, a tőszám növelése viszont a hosszúság csökkenését okozta (Gyenesné és munkatársai, 2002).

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1. A kísérleti területek bemutatása, talajtani adottságok

A kísérlet Óbecsén volt beállítva 2021-2023 években. A kísérlet talaja mészlepedékes csernozjom talaj volt. A területek talajvizsgálatának eredménye azt mutatta, hogy a kísérleti területek tápanyagban gazdagok, jó humusztartalommal, igen jó foszforellátottsággal és jó káliumtartalommal rendelkeznek. (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérleti terület talajvizsgálatának eredményei

	pH (KCl)	pH (H ₂ O)	CaCO ₃ %	Humusz %	P ₂ O ₅ mg/kg	K ₂ O mg/kg
2021	6.08	7.01	0.61	4.11	258	310
2022	7.47	8.22	5.70	4.07	269	290
2023	6.06	6.97	0.82	3.81	202	310

(Forrás: PSS Poljopridvednastanica doo, saját szerkesztés)

4.2. A szántóföldi kísérletek elrendezése, kivitelezése

A kísérletben eltérő genetikai adottságú kukorica hibridek tőszámsűrűségét vizsgáltam négy különböző tőszámmal, osztott parcellás elrendezésben hibridenként és tőszámonként 4-4 ismétlésben 2021 évben, 2022 és 2023 években viszont három ismétlésben (3-4. kép), amit a terület váltása indokolt.

F	F	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	F	F
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
3. ISMÉTLÉS																		4. ISMÉTLÉS																	
1. ISMÉTLÉS																		2. ISMÉTLÉS																	
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4				

3.kép. A 2021 évi kísérlet elrendezése

(saját szerkesztés)

F F F	2 2 2 2 1 1 1 1	4 4 4 4 3 3 3 3	F F F
	D B C A D B C A	D B C A D B C A	
	F F		
	3 3 3 3 4 4 4 4	1 1 1 1 2 2 2 2	
	D B C A D B C A	D B C A D B C A	
	F F		
	D B C A D B C A	D B C A D B C A	
	4 4 4 4 3 3 3 3	2 2 2 2 1 1 1 1	

4.kép. A 2022 és a 2023 évi kísérletek elrendezése
(saját szerkesztés)

2. táblázat. A kísérleti elrendezés magyarázata

A hibridek jelölése		A növényszám jelölése		F – Forgó/szegély
A	KWS Kashmir (FAO 400)	1	65 000 tő/ha	
B	KWS Kollegas (FAO 480)	2	70 000 tő/ha	
C	KWS Don Juan (FAO 440)	3	75 000 tő/ha	
D	Pioneer 0164 (FAO 430)	4	80 000 tő/ha	

(Forrás: Saját szerkesztés)

2021-ben a kísérlet teljes mérete 5 ha volt, az egyes parcellák pedig 150 méter hosszúak és 4,2 méter szélesek voltak (630 m²). 2022-2023 években a kísérleti terület teljes nagysága 4,59 ha volt. A parcellák hossza 155 m, a szélességük pedig szintén 4,2 méter volt (651m²). A parcellák 6 sorosak voltak, a sortávolság 0,7 méter volt.

A vetőmag FORCE készítménnyel lett csávázva, ami teflutrin hatóanyagú inszekticid. A preemergens gyomirtás MEDEYA 125g/ha (izoxaflutol 750g/kg) + TERBIS 1 l/ha (terbutilazin 500g/l) + 4l/ha GLIFOMARK gyomirtószerekkel (480g/l glifozát) történt. A posztemergens gyomirtás PLAMEN 0,7 l/ha (dikamba 577,9 g/l) + MOTIVELL EXTRA 6 OD 0,75 l/ha (nikosulfuron 60 g/l) + RIMEX 60 g/ha (rimsulfuron 250 g/kg) + INEX 0,1 l/ha (tapadásfokozó) készítményekkel lett elvégezve.

A kísérletben szereplő hibridek:

KWS Kashmir (FAO 400)

KWS Kollegas (FAO 480)

KWS Don Juan (FAO 440)

Pioneer 0164 (FAO 430)

A 2021 évi kísérlet előveteménye őszi búza volt, betakarítás után a kikelt gyomok ellen totális tarlókezelést végeztünk glifozáttal. 2020 ősszel 170 kg/ha 7:20:20 arányú NPK műtrágyát juttattunk ki, az alpművelés 20 cm-es kultivátorozás volt. 2021 tavasszal pedig 170 kg/ha karbamid kijuttatása történt, utána a magágykészítést kompaktossal végeztük, majd ezután következett a vetés Kuhn Planter 3 vetőgéppel (április 25), 20 kg/ha 10:40 arányú superstart- starter műtrágya kijuttatásával együtt. A kísérlet betakarítása 2021.október 18-án történt.

A 2022 évi kísérlet előveteménye is őszi búza volt. A betakarítás után totális tarlókezelés történt a kikelt gyomok ellen, majd ősszel 35 t/ha szerves trágya kijuttatás után 20 cm-es kultivátorozás történt. 2022 tavasszal kompaktossal történt a magágykészítés, vetéssel egy menetben (április 20) pedig a 150 kg/ha karbamid és 20 kg/ha 10:40 superstart műtrágya lett kijuttatva. A kísérlet betakarítása 2022. október 17-én történt.

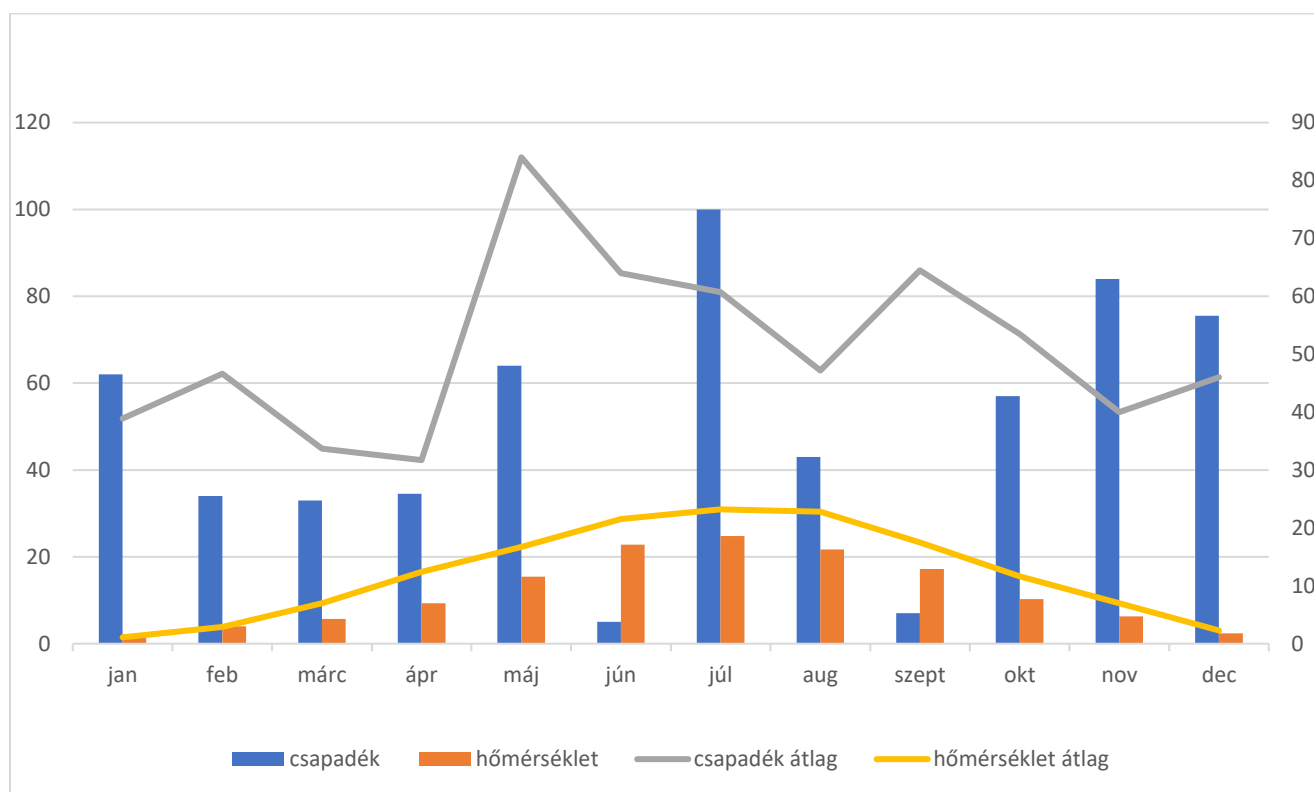
A 2023 évi kísérlet előveteménye kukorica volt. A kukorica szármaradványa szárzúzóval össze lett aprítva. Az őszi talajművelés 20 cm-es mélységben szántóföldi kultivátorral történt, tavasszal kompaktossal magágykészítés, vetéssel egy menetben 150 kg/ha 7:20:24 komplex műtrágya valamint 20 kg/ha 10:40-es superstart starter műtrágya lett kijuttatva. A kísérlet vetése 2023. április 29-én a betakarítása pedig 2023. október 2-án történt.

Ezen kívül minden második évben minden területen elvégeztünk egy 40 cm-es mélylazítást.

4.3. A kísérleti évek időjárásának jellemzése

A 2021-es évben a vetést megelőzően a téli és kora tavaszi időszakban, januárban 62 mm, és februártól a vetésig minden eltelt hónapban 34 mm körüli volt a csapadék mennyisége, ez feltöltötte a talaj vízkészletét, így a csírázás és kelés tekintetében nem volt különösebb probléma. Ezek a csapadék mennyiségek megközelítették az átlagos értékeket. A vetést követően 64,4 mm csapadék volt májusban, amely szintén megközelítette az átlagos mennyiséget (84 mm). Júniusban viszont mindössze 5 mm csapadék hullott, amely közel 60 mm-rel volt kevesebb az átlagos értéktől (64 mm). A nyár további időszakában júliusban 100 mm, augusztusban 43 mm csapadék hullott, amely megmentette a kukoricákat a teljes kiszáradástól de még így is érezhető volt az aszály hatása a terméseredményekben. Szeptember folyamán 7 mm volt a csapadék mennyisége, ami segítette a kukoricák teljes érettségének elérését, októberben 57 mm csapadék volt, amely nem hátráltatta a betakarítást, ami október 18-án történt, mert a csapadék túlnyomó része ezután esett.

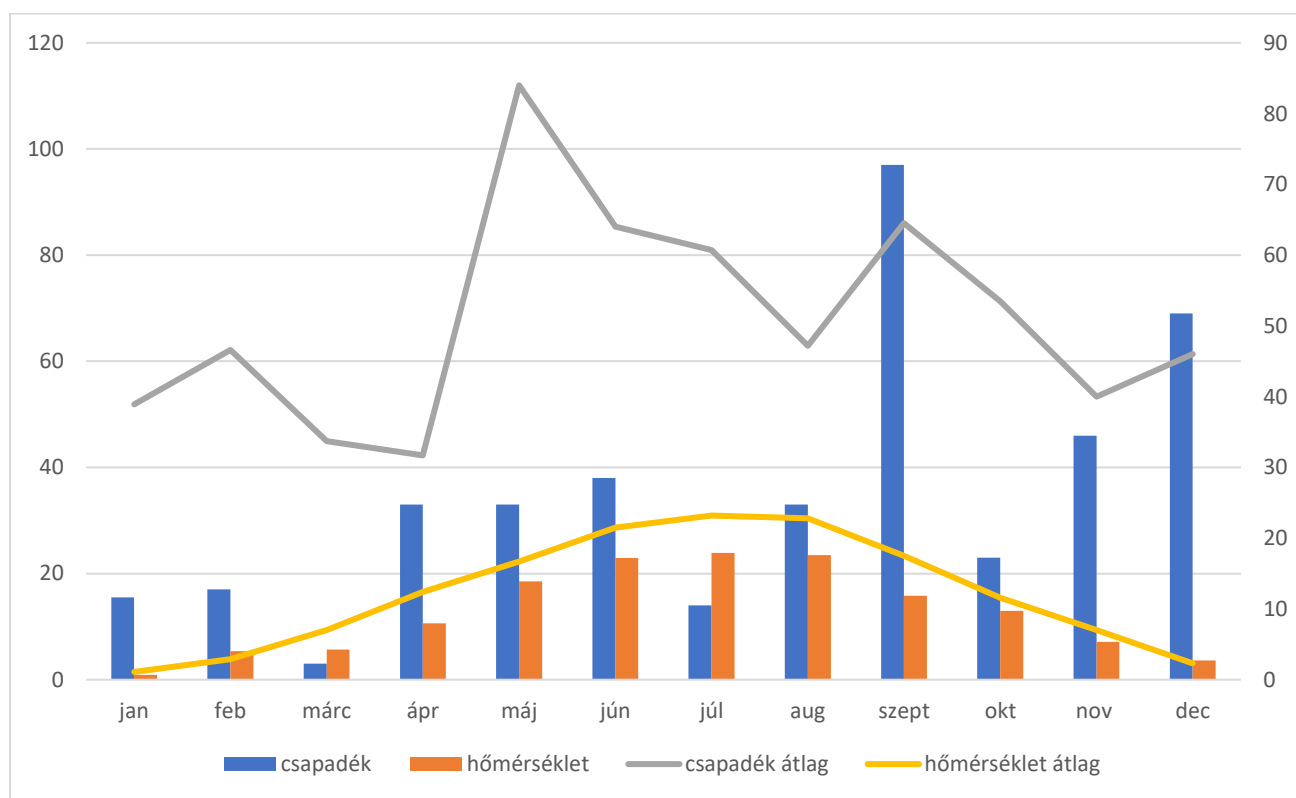
A kukorica tenyészidejében a havi átlaghőmérsékletek a sokéves átlag alatt voltak (1. ábra).



1. ábra. A hőmérséklet és a csapadék 2021 évi alakulása, összehasonlítva a sokéves átlaggal (Óbecse, 2021)

(Forrás: Sumeteo.info és saját adatok)

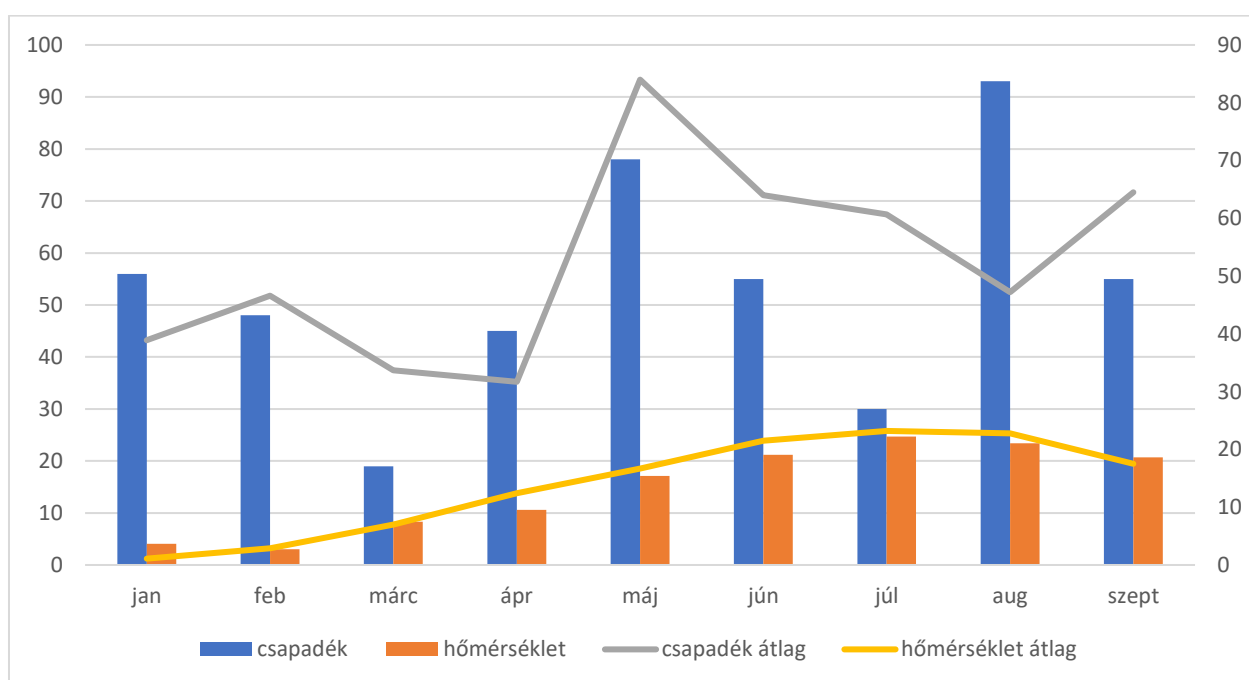
A 2022-es évben a téli csapadék mennyisége januárban és februárban 15,5 mm és 17 mm volt, ami messze elmarad a sokéves átlagtól (38,9 mm illetve 46,6 mm), ezt követően márciusban is mindössze 3 mm eső esett. A vetés előtt áprilisban 33 mm csapadék volt, amely kielégítette a kukorica kezdeti vízigényét, de a talaj mélyebb rétegeiben teljes vízhiány uralkodott. Májusban 33 mm, júniusban 38 mm volt a csapadék mennyisége ami nagy mértékben elmaradt a sokéves átlagtól (84 mm, illetve 64 mm), virágzáskor júliusban 14 mm csapadék hullott (a sokéves átlag 60,7 mm), tehát tovább folytatódott az aszályos idő, ez a termékenyülést nagy mértékben rontotta. Augusztusban 33 mm csapadék esett, ami szintén kevesebb volt a sokéves átlagtól (47,2 mm). 2022 nyara tartósan meleg és szélsőségesen száraz volt, ami miatt a kukorica néhol teljesen felsült és elszáradt, a csövek mérete 1/3-a volt az előző évekhez képest. A szeptemberi átlagon felüli 97 mm eső már túl későn érkezett ahhoz, hogy a kukorica szentelítődését segítse. A kukorica tenyészidejében a havi átlaghőmérsékletek nem haladták meg a sokéves átlag értékeit (2. ábra).



2. ábra. A hőmérséklet és a csapadék 2022 évi alakulása, összehasonlítva a sokéves átlaggal (Óbecse, 2022)

(Forrás: Sumeteo.info és saját adatok)

A 2023-as év téli csapadéka nem maradt el jelentősen a sokéves átlagtól, januárban 56 mm, februárban 48 mm volt a csapadék mennyisége, ezek az adatok megközelítőleg megegyeztek a sokéves átlaggal (3839 mm, illetve 46,6 mm). Márciusban 19 mm hullott, ami jóval kevesebb mint az átlag (33,7 mm), viszont a vetés előtti áprilisi átlagon (31,7 mm) felüli 45 mm csapadék elősegítette a kukorica fejlődését és kielégítette a kezdeti vízigényét. Júniusban az átlagot (64 mm) megközelítő 55 mm csapadék hullott, júliusban viszont az átlagos mennyiségnek (60 mm) csupán a fele (30 mm) hullott. Augusztusban az átlagot (47,2 mm) meghaladó 93 mm csapadék volt, ami kedvező volt a szemtelítődés szempontjából. A havi átlaghőmérsékletek áprilistól augusztusig az átlaghoz közeliek voltak. (3. ábra).



3. ábra. A hőmérséklet és a csapadék 2023 évi alakulása, összehasonlítva a sokéves átlaggal (Óbecse, 2023)

(Forrás: Sumeteo.info és saját adatok)

4.4. Az ökonómiai értékelés módszere

Az ökonómiai értékelés során azt vizsgáltuk, hogy az egyes években a vizsgálatban szereplő hibridek melyik tőszámnál érték el a legnagyobb jövedelmet.

A vizsgálat során állandó költségnek tekintettük a talajművelést, a tápanyagellátást, a vetést, a növényvédelmet és a betakarítást. A változó költség pedig a vetőmagköltség volt, amely a különböző tőszámok esetében változott.

4.5. Az elvégzett vizsgálatok módszerének bemutatása

A gépi betakarítást követően megmértük az adott hibrid x tőszám súlyát majd a szemekből mintát vettünk, megmértük a szemnedvességet Dickey John mini GAC 2500 szemnedvesség mérő eszközzel. Az eredmények alapján a termésmennyiséget 14%-os nedvességtartalomra (májusi morzsolt) számoltam át.

4.6. Statisztikai kiértékelés

A három termesztési évből származó termésmennyiség adatokat a Microsoft Office Excel 2016 táblázakezelő programban rögzítettem. Ebben a programban készítettem el a dolgozatban található táblázatokat és grafikonokat is. Az adatok statisztikai kiértékeléshez varianciaanalízist és a hozzá kapcsolódó post hoc (Tukey-teszt) tesztet az IBM SPSS Statistics Version 29.0.0.0 statisztikai programmal végeztem. A táblázatokban és az ábrákon az eltérő betűjelek szignifikáns eltérést jelentenek. A szignifikáns eltérés megállapításához a mezőgazdasági statisztikában használatos 5%-os szignifikáns differencia ($SzD_{5\%}$) értéket alkalmaztam.

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. A 2021-es év kísérleti eredményinek bemutatása

A 2021-es év eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy tőszámnövelés hatására a Pioneer 0164, a KWS DonJuan és a KWS Kashmir hibridek termés csökkenéssel reagáltak. Ezek az eredmények azonban statisztikailag nem voltak szignifikánsak (3. táblázat). Ezzel ellentétben a KWS Kollegas hibrid a legkisebb (6688 kg/ha) termésmennyiséget a 70 ezres hektáronkénti tőszámnál, míg termésmaximumát (7866 kg/ha) a 80 ezres hektáronkénti tőszámnál érte el. Ez utóbbi eredmény statisztikailag is igazoltnak bizonyult (3. táblázat).

A tőszámokon belül vizsgálva az eltérő hibridek termésmennyiségét megállapítható, hogy a legnagyobb termést a KWS Kashmir adta a hektáronkénti 65, 70 és 75 ezer tő esetén (7740, 7622 és 7468 kg/ha). A hektáronkénti 80 ezres tőszámnál a KWS Kollegas termése bizonyult a legnagyobbknak (7866 kg/ha) (3. táblázat).

5. táblázat: A tőszám változás hatása a hibridek termésmennyiségére 2021-ben

Hibrid	Termésmennyiség (kg/ha)			
	65000 tő/ha	70000 tő/ha	75000 tő/ha	80000 tő/ha
Pioneer 0164	7248 ^{Ab}	6910 ^{Aab}	6649 ^{ABab}	6327 ^{Aa}
KWS Kollegas	7228 ^{Aa}	6688 ^{Aa}	7026 ^{ABa}	7866 ^{Ba}
KWS Don Juan	7239 ^{Aa}	6804 ^{Aa}	6488 ^{Aa}	6533 ^{Aa}
KWS Kashmir	7740 ^{Aa}	7622 ^{Aa}	7468 ^{Ba}	7418 ^{ABa}

Egy-egy hibridnél (sorok) az eltérő kisbetűvel jelölt és egy-egy tőszámnál (oszlopok) az eltérő nagybetűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek $p < 0,05$ szignifikancia szinten.

5.2. A 2022-es év kísérleti eredményinek bemutatása

A 2022-es, igen szélsőséges, aszályos év eredményeinek értékelése során azt tapasztaltuk, hogy a hibridek a Pioneer 0164 kivételével termésmaximumukat a 70 ezres hektáronkénti tőszámnál érték el (4. táblázat). A hibridek közötti terméskülönbség szintén a 70 ezres hektáronkénti tőszámnál statisztikailag is igazolt volt. E szerint 2022-ben a legnagyobb termésmennyiséget a

KWS Don Juan (4927 kg/ha) és a KWS Kashmir (4598 kg/ha) hibrid érte el (4. táblázat). A 75 és 80 ezres hektáronkénti tőszámok minden hibrid esetén termésnövekedést okoztak.

A 2022-es rendkívül aszályos évben megfigyelhető volt, hogy a KWS Don Juan termésmennyisége volt a legnagyobb minden vizsgált hektáronkénti tőszám esetén. Ez utóbbi eredmény a hektáronkénti 70 ezres tőszámnál statisztikailag is igazolt volt (4. táblázat).

4.táblázat: A tőszám változás hatása a hibridek termésmennyiségére 2022-ben

Hibrid	Termésmennyiség (kg/ha)			
	65000 tő/ha	70000 tő/ha	75000 tő/ha	80000 tő/ha
Pioneer 0164	3447 ^{Aa}	3033 ^{Aa}	2577 ^{Aa}	2986 ^{Aa}
KWS Kollegas	3953 ^{Aa}	4250 ^{ABa}	3760 ^{Aa}	3909 ^{Aa}
KWS Don Juan	4290 ^{Aa}	4927 ^{Ba}	4134 ^{Aa}	4129 ^{Aa}
KWS Kashmir	3896 ^{Aa}	4598 ^{Ba}	3478 ^{Aa}	3618 ^{Aa}

Egy-egy hibridnél (sorok) az eltérő kisbetűvel jelölt és egy-egy tőszámnál (oszlopok) az eltérő nagybetűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek $p < 0,05$ szignifikancia szinten.

5.3. A 2023 év kísérleti eredményeinek bemutatása

2023-ban a KWS Kashmir és a Pioneer 0164 hibrid terméseredménye nem változott számottevően a tőszámsűrítés hatására (5. táblázat). Az eredmények értékelése során megállapítható, hogy mind a négy hibrid a termésmaximumát a 75 ezres hektáronkénti tőszám esetén érte el ebben az évben (5. táblázat).

A 2023-as termesztési évben a hektáronkénti 65, 70 és 80 ezres tőszámok esetén a Pioneer0164 termése volt a legnagyobb a vizsgált hibridek között míg a hektáronkénti 75 ezres tőszám esetén pedig a KWS Don Juan (10088 kg/ha) bizonyult a legjobbnak (5. táblázat).

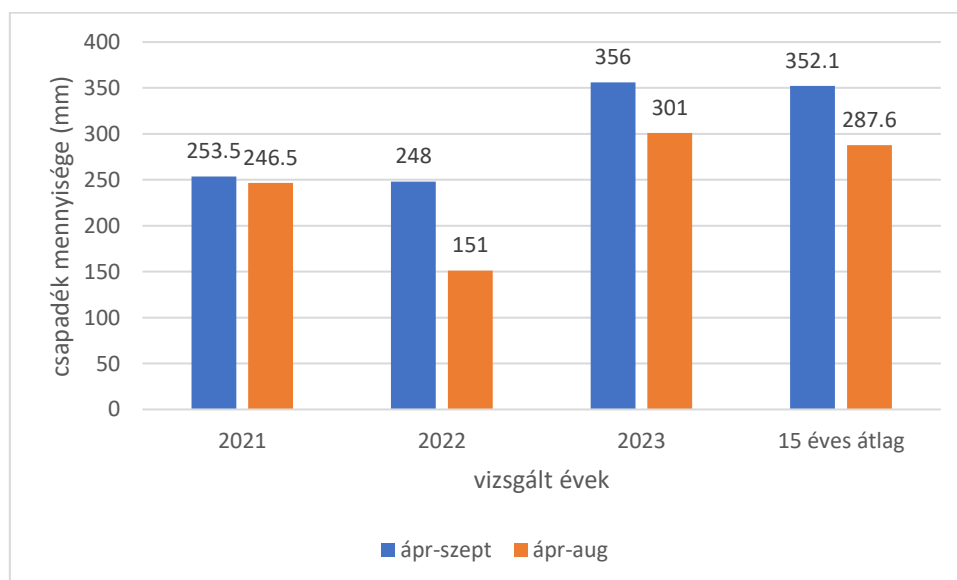
5. táblázat: A tőszám változás hatása a hibridek termés mennyiségére 2023-ban

Hibrid	Termésmennyiség (kg/ha)			
	65000 tő/ha	70000 tő/ha	75000 tő/ha	80000 tő/ha
Pioneer 0164	9079 ^{Aa}	9452 ^{Aa}	9606 ^{Aa}	9187 ^{Aa}
KWS Kollegas	8318 ^{Aa}	8289 ^{Aa}	8381 ^{Aa}	8516 ^{Aa}
KWS Don Juan	8949 ^{Aa}	8933 ^{Aa}	10088 ^{Aa}	9134 ^{Aa}
KWS Kashmir	9020 ^{Aa}	8821 ^{Aa}	9506 ^{Aa}	9077 ^{Aa}

Egy-egy hibridnél (sorok) az eltérő kisbetűvel jelölt és egy-egy tőszámnál (oszlopok) az eltérő nagybetűvel jelölt értékek szignifikánsan különböznek $p < 0,05$ szignifikancia szinten.

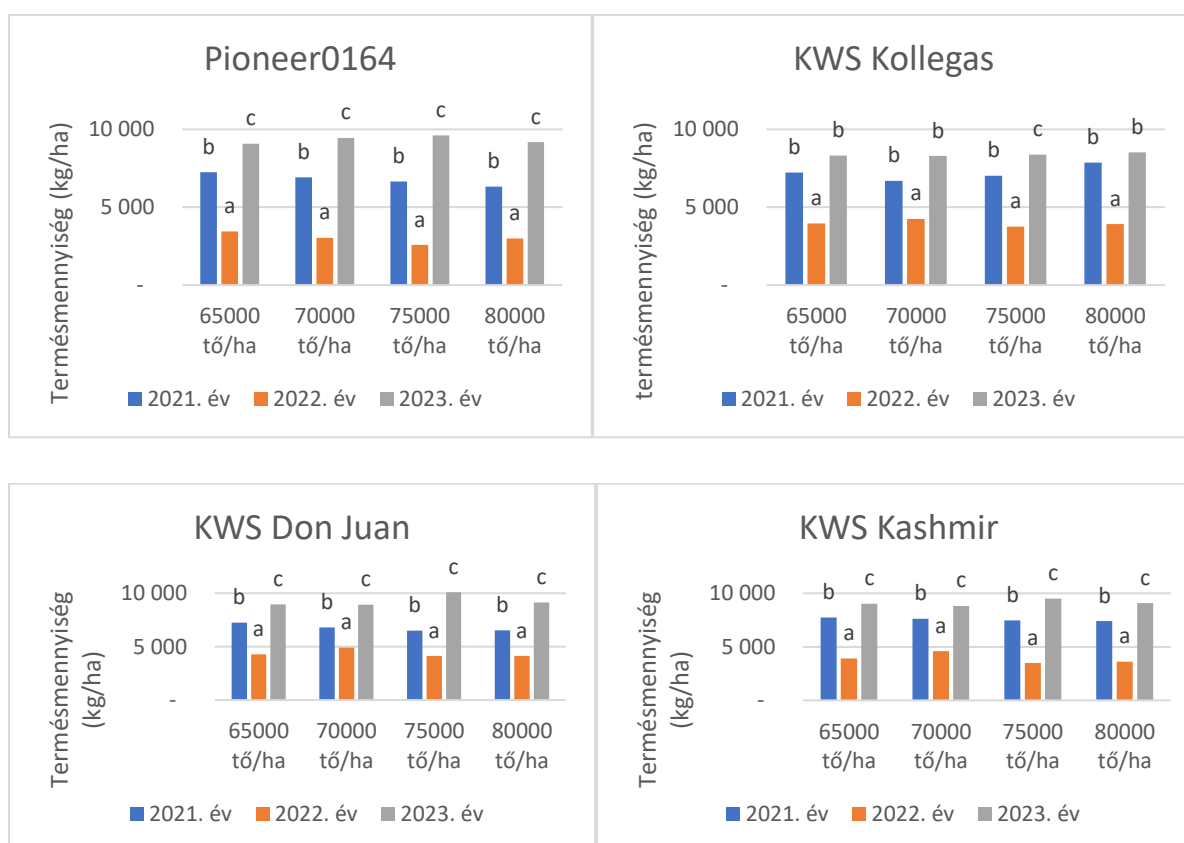
5.4. Évjárat hatása az eltérő tőszámmal vetett hibridek termés mennyiségére

A három vizsgált évben a csapadék eloszlása és a csapadék mennyisége eltérően alakult (4. ábra). A 2022. évben a vetéstől szemtelítődésig, azaz áprilistól augusztusig hulló csapadék mennyisége mindössze 151 mm volt, ezért ezt az évet rendkívül aszályos évnak mondhatjuk. A 3 vizsgált termesztési év közül 2023-ban volt a legkedvezőbb a csapadék mennyisége, amely közel azonos volt az elmúlt 15 év átlagával (4. ábra).



4. ábra: A vizsgált termesztési évek csapadékmennyisége a tenyésztési időszakban és áprilistól augusztusig

A vizsgált termesztési évek jelentősen befolyásolták a termés mennyiségét minden hibrid esetén. Az évek közötti terméskülönbségeket statisztikailag igazoltan az eltérő évjárat okozta (5. ábra). Az 5. ábrán jól látszik, hogy minden hibrid esetén a legnagyobb terméseredményeket 2023. évben tapasztaltuk, míg a legkisebbet 2022-ben. Az 5. ábrán az is megfigyelhető, hogy a 2022. szélsőséges évet kivéve, a KWS Kollegas termésszórása volt a legkisebb mértékű az egyes évjáratokat tekintve.



(Az eltérő kisbetűk szignifikáns különbséget jelentenek a termésmennyiség tekintetében az egyes tőszámokon belül az eltérő években $p < 0,05$ szignifikancia szinten)

5. ábra: Az évjárat hatása a vizsgált kukorica hibridek termésmennyiségére

5.5. Ökonómiai értékelés

A egyes hibridek vetőmagköltségeit az egyes években a 6. táblázat szemlélteti. A tőszám emelkedésével a hektáronkénti vetőmagköltség is emelkedik. A legmagasabb vetőmag költséget minden tőszám esetén a KWS Don Juan hibrid esetén tapasztaltam. A legalacsonyabb vetőmag költséggel a KWS Kashmir és a KWS Kollegas hibridek esetén számolhattam.

6. táblázat. A kísérletben szereplő hibridek vetőmagköltsége (Ft/ha)

Hibrid	Tőszám (ezer/ha)	Vetőmag költség (Ft/ha) 2021	Vetőmag költség (Ft/ha) 2022	Vetőmag költség (Ft/ha) 2023
KWS Kashmir Kollegas	65	50 700	55 120	57 980
	70	54 600	59 360	62 440
	75	58 500	63 600	66 900
	80	62 400	67 840	71 360
KWS Don Juan	65	56 680	61 100	63 960
	70	61 040	65 800	68 880
	75	65 400	70 500	73 800
	80	69 760	75 200	78 720
Pioneer 0164	65	53 300	57 720	61 620
	70	57 400	62 160	66 360
	75	61 500	66 600	71 100
	80	65 600	71 040	75 840

(Forrás: saját adatok, saját szerkesztés)

5.5.1. 2021 év ökonómiai értékelése

A 2021-es évben a Pioneer0164, a KWS Don Juan és a KWS Kashmir hibridek a 65 ezer tő/ha állománysűrűségnél érték el maximális termésüket és ezzel együtt a legnagyobb jövedelmet is. Ezzel szemben a KWS Kollegas hibrid a 80 ezer tő/ha állománysűrűségnél adta a legnagyobb termést (7,88 t/ha), és ezzel együtt a legnagyobb jövedelmet. (7. táblázat).

7. táblázat. A tőszámok hatása a bevételre 2021-ben

Hibrid	Tőszám (ezer/ha)	Termés átlag (t/ha)	Bevétel (Ft/ha)	Vetőmag költség (V.K.) (Ft/ha)	V.K.-gel csökkentett bevétel (Ft/ha)*
Pioneer 0164	80	6,327	454 467	65 600	388 867
Pioneer 0164	75	6,649	477 587	61 500	416 087
Pioneer 0164	70	6,910	496 345	57 400	438 945
Pioneer 0164	65	7,247	520 552	53 300	467 252
Kollegas	80	7,886	566 451	62 400	504 051
Kollegas	75	7,026	504 677	58 500	446 177
Kollegas	70	6,687	480 327	54 600	425 727
Kollegas	65	7,228	519 187	50 700	468 487
Don juan	80	6,533	469 265	69 760	399 505
Don juan	75	6,487	465 961	65 400	400 561
Don juan	70	6,803	488 659	61 040	427 619
Don juan	65	7,238	519 905	56 680	463 225
Kashmir	80	7,418	532 834	62 400	470 434
Kashmir	75	7,468	536 426	58 500	477 926
Kashmir	70	7,619	547 272	54 600	492 672
Kashmir	65	7,739	555 892	50 700	505 192

*A vetőmag költséggel csökkentett bevétel az egyéb termelési költségeket tartalmazza, tehát nem egyenlő a jövedelemmel.

(Forrás: saját adatok, saját szerkesztés)

5.5.2. 2022 év ökonómiai értékelése

A 2022-es év egy szélsőségesen száraz, aszályos év volt. A Pioneer0164 hibrid ebben az évben is a legalacsonyabb tőszámnál adta a legnagyobb termést és jövedelmet. A többi vizsgált hibrid pedig a 70 ezer tő/ha állományban érte a maximális termésért és ezáltal a legnagyobb jövedelmet. (8.táblázat).

8. táblázat. A tőszámok hatása a bevételre 2022-ben

Hibrid	Tőszám (ezer/ha)	Termés átlag (t/ha)	Bevétel (Ft/ha)	Vetőmag költség (V.K.) (Ft/ha)	V.K.-gel csökkentett bevétel (Ft/ha)*
Pioneer 0164	80	3,066	349 524	71 040	278 484
Pioneer 0164	75	2,666	303 924	66 600	237 324
Pioneer 0164	70	3,128	356 592	62 160	294 432
Pioneer 0164	65	3,548	404 472	57 720	346 752
Kollegas	80	4,081	465 234	67 840	397 394
Kollegas	75	3,927	447 678	63 600	384 078
Kollegas	70	4,430	505 020	59 360	445 660
Kollegas	65	4,122	469 908	55 120	414 788
Don Juan	80	4,276	478 464	75 200	403 264
Don Juan	75	4,286	488 604	70 500	418 104
Don Juan	70	5,086	579 804	65 800	514 004
Don Juan	65	4,409	502 626	61 100	441 526
Kashmir	80	3,732	425 448	67 840	357 608
Kashmir	75	3,586	408 804	63 600	345 204
Kashmir	70	4,737	540 018	59 360	480 658
Kashmir	65	4,000	456 000	55 120	400 880

*A vetőmag költséggel csökkentett bevétel az egyéb termelési költségeket tartalmazza, tehát nem egyenlő a jövedelemmel.

(Forrás: saját adatok, saját szerkesztés)

5.5.3. 2023 év ökonómiai értékelése

2023 év az előző évhez képest kedvezőbb volt a csapadék mennyisége tekintetében, ezért a hibridek többsége a legnagyobb termését a nagyobb tőszámon érte el. A Pioneer0164 hibrid a maximális termést és a legnagyobb jövedelmet a 70 ezer tő/ha állománysűrűségnél adta.

A KWS Kollegas esetében a 65 ezer tő/ha állománysűrűség eredményezte a maximális termést és jövedelmet.

A KWS Don Juan és a KWS Kasmir hibridek esetében a 75 ezer tő/ha állomány biztosította a legnagyobb termést és ezzel együtt a legnagyobb jövedelmet is (táblázat).

9. táblázat. A tőszámok hatása a bevételre 2023-ban

Hibrid	Tőszám (ezer/ha)	Termésátlag (t/ha)	Bevétel (Ft/ha)	Vetőmag költség (V.K.) (Ft/ha)	V.K.-gel csökkentett bevétel (Ft/ha)*
Pioneer 0164	80	9,186	450	75 840	374 274
Pioneer 0164	75	9,606	470	71 100	399 594
Pioneer 0164	70	9,452	463	60 360	402 518
Pioneer 0164	65	9,079	444	61 620	383 251
KWS Kollegas	80	8,516	417	71 360	
KWS Kollegas	75	8,381	410	66 900	769
KWS Kollegas	70	8,289	406	62 440	343 721
KWS Kollegas	65	8,318	407	57 980	349 602
KWS Don Juan	80	9,133	447	78 720	368 797
KWS Don Juan	75	10,088	494	73 800	420 512
KWS Don Juan	70	8,932	437	68 880	368 788
KWS Don Juan	65	8,949	438 501	63 960	374 541
KWS Kashmir	80	9,076	444 724	71 360	373 364
KWS Kashmir	75	9,505	465 745	66 900	398 845
KWS Kashmir	70	8,821	432 229	62 440	369 789
KWS Kashmir	65	9,207	451 143	57 980	393 163

*A vetőmag költséggel csökkentett bevétel az egyéb termelési költségeket tartalmazza, tehát nem egyenlő a jövedelemmel.

(Forrás: saját adatok, saját szerkesztés)

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A dolgozatomban szereplő kísérlet 3 egymást követő évben (2021., 2022. és 2023.) volt beállítva Óbecsén (Szerbia). Kísérletemben 4 különböző kukorica hibrid termésmennyiségének alakulását vizsgáltam 4 eltérő hektáronkénti tőszámmal vetve.

A három vizsgált év csapadékviszonyai alapján megállapítható, hogy a 2021. év mérsékelt aszályos, a 2022. év súlyosan aszályos, míg a 2023. év normál csapadékelátottságú volt. A csapadékeloszlás azonban mindhárom évben hektikusnak tekinthető az elmúlt 15 év átlagához viszonyítva. A terméseredmények szignifikáns évjáráthatása ennek volt tulajdonítható.

Az aszályos 2022-es és a kevésbé aszályos 2021. évben a hibridek az alacsonyabb, 65-70 ezres tőszámmal vetve jobban szerepeltek. Azonban a tőszám és a termés közötti összefüggés 2021-ben csak a Pioneer0164 hibrid esetén volt szignifikáns. A csapadékosabb 2023. évben a hibridek magasabb tőszámmal vetve is jól szerepeltek, és az eltérő tőszámok sem okoztak jelentős terméskülönbséget.

Az évjárat hatásnak köszönhetően a hibridek termésmennyisége szignifikánsan magasabb volt, mint az előző két évben. Ezt az eredményt támasztja alá Molnár és Sárvári (2005) munkája, akik 2003. és 2004-ben vizsgálták a kukorica hibridek tőszámsűrítésre adott termésreakcióját. Azt tapasztalták, hogy a 2003-as aszályosabb évben az alacsonyabb tőszámmal vetett hibridek, míg a csapadékosabb 2004-ben a későbbi, magasabb tőszámmal vetett hibridek termésmennyisége volt nagyobb.

Kísérleteinkben megállapítást nyert, hogy a vizsgált hibridek eltérőképpen reagálnak mind a tőszám változására, mind a csapadék mennyiségére. Ezek az eredmények alátámasztották Sárvári és mtsai (2002), Pepó és mtsai (2007) és Murányi és mtsai (2014) eredményeit. Eredményeik szerint az optimális tőszám megállapításához ismernünk kell az adott hibrid ökológiai, agrotechnikai igényét és biológiai tulajdonságait.

A kísérlet termésmennyiség eredményeit összevetve a dolgozatban bemutatott gazdasági számításokkal megállapítható, hogy a vizsgált hibridek esetén az alacsonyabb tőszámmal történő termesztés gazdaságosabb volt. A fajtatulajdonosok ajánlása alapján a KWS Don Juan, KWS Kollegas és a KWS Kashmir tőszámajánlása 71-79 ezer tő/ha, míg a Pioneer0164 73-77 ezer tő/ha. A 3 éves kísérletem eredményei alapján javasolható a vizsgált hibridek esetén a 70-75 ezer tőszám alkalmazása, mert bár a normál (2023.) évjáratban a 80 ezres tőszámmal vetett hibridek többet teremnek, a vetőmag költsége még így sem térül meg.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A búza és rizs mellett a kukorica az emberiség egyik legfontosabb kultúrnövénye, amit ma már szinte az egész világon termesztnek, ahol a környezeti feltételek kedvezőek a számára. Jelenleg a kukorica az egyik legfontosabb kultúrnövény, mivel sokoldalúan felhasználható, és jó alkalmazkodóképességgel rendelkezik. A kukoricát élelmiszerként, takarmányként és ipari növényként is termesztik. A termés hozamok lassan nőttek az 1960-as évekig, de a korszerű hibridek, a megfelelő műtrágyázás, szakszerű növényvédelem és modern gépek elterjedésével a hozam jelentősen növekedett. Jelenleg a kukorica a legnagyobb mennyiségben termelt növény, és az éves termelés folyamatosan nő. 2013-ban a megtermelt mennyiség már meghaladta az 1 milliárd tonnát, és azóta is növekedő tendenciát mutat. A kukorica az emberi fogyasztás és a takarmányozás mellett sok más célra is felhasználható, például a bioetanol gyártásában, keményítő, olaj, cukor és alkohol előállításában. A kukorica szára is hasznosítható fűtésre és talajerő utánpótlásra.

A kísérletben eltérő genetikai adottságú kukorica hibridek tőszámsűrítettségét vizsgáltam négy különböző tőszámmal, osztott parcellás elrendezésben hibridenként és tőszámonként 4-4 ismételtsben 2021 évben, 2022 és 2023 években viszont három ismételtsben, amit a terület váltása indokolt.

A kísérlet Óbecsén volt beállítva 2021-2023 években. A kísérlet talaja mészlepedékes csernozjom talaj volt. A területek talajvizsgálatának eredménye azt mutatta, hogy a kísérleti területek tápanyagban gazdagok, jó humusztartalommal, igen jó foszforellátottsággal és jó káliumtartalommal rendelkeznek.

2021-ben a kísérlet teljes mérete 5 ha volt, az egyes parcellák pedig 150 méter hosszúak és 4,2 méter szélesek voltak (630 m^2). 2022-2023 években a kísérleti terület teljes nagysága 4,59 ha volt. A parcellák hossza 155 m, a szélességük pedig szintén 4,2 méter volt (651 m^2). A parcellák 6 sorosak voltak, a sortávolság 0,7 méter volt.

A vizsgálatban négy középérésű hibrid szerepelt: KWS Kashmir, KWS Kollegas, KWS Don Juan, Pioneer 0164. Az alkalmazott tőszámok a következők voltak: 65 ezer tő/ha, 70 ezer tő/ha, 75 ezer tő/ha, 80 ezer tő/ha.

A kísérlet előveteménye 2021-ben és 2022-ben őszi búza volt, 2023-ban pedig kukorica. Az alpművelés minden évben 20 cm mélységű kultivátorozással történt, amit az tett lehetővé, hogy a területek minden második évben 40 mélységű talajlazításban részesültek. A

tápányutánpótlás zömmel műtrágyázással történt, 2022-ben szervestrágya kijuttatására került sor.

2021-es évben a vetést megelőzően a téli és kora tavaszi időszakban lehullott csapadék mennyisége feltöltötte a talaj vízkészletét, így a csírázás és kelés tekintetében nem volt különösebb probléma. A vetést követően 64,4 mm csapadék volt májusban, amely szintén megközelítette az átlagos mennyiséget (84 mm). Júniusban viszont mindössze 5 mm csapadék hullott, amely közel 60 mm-rel volt kevesebb az átlagos értéktől (64 mm). A nyár további időszakában júliusban 100 mm, augusztusban 43 mm csapadék hullott, amely megmentette a kukoricákat a teljes kiszáradástól de még így is érezhető volt az aszály hatása a terméseredményekben. Szeptember folyamán 7 mm volt a csapadék mennyisége, ami segítette a kukoricák teljes érettségének elérését, októberben 57 mm csapadék volt, amely nem hátráltatta a betakarítást, ami október 18-án történt, mert a csapadék túlnyomó része ezután esett.

A 2022-es évben a téli csapadék mennyisége januárban és februárban 15,5 mm és 17 mm volt, ami messze elmarad a sokéves átlagtól (38,9 mm illetve 46,6 mm), ezt követően márciusban is mindössze 3 mm eső esett. A vetés előtt áprilisban 33 mm csapadék volt, amely kielégítette a kukorica kezdeti vízigényét, de a talaj mélyebb rétegeiben teljes vízhiány uralkodott. Májusban 33 mm, júniusban 38 mm volt a csapadék mennyisége ami nagy mértékben elmaradt a sokéves átlagtól (84 mm, illetve 64 mm), virágzáskor júliusban 14 mm csapadék hullott (a sokéves átlag 60,7 mm), tehát tovább folytatódott az aszályos idő, ez a termékenyülést nagy mértékben rontotta. Augusztusban 33 mm csapadék esett, ami szintén kevesebb volt a sokéves átlagtól (47,2 mm). 2022 nyara tartósan meleg és szélsőségesen száraz volt, ami miatt a kukorica néhol teljesen felsült és elszáradt, a csövek mérete 1/3-a volt az előző évekhez képest. A szeptemberi átlagon felüli 97 mm eső már túl későn érkezett ahhoz, hogy a kukorica szemtelítődését segítse. A kukorica tenyészidejében a havi átlaghőmérsékletek nem haladták meg a sokéves átlag értékeit

A 2023-as év téli csapadéka nem maradt el jelentősen a sokéves átlagtól, januárban 56 mm, februárban 48 mm volt a csapadék mennyisége, ezek az adatok megközelítőleg megegyeztek a sokéves átlaggal (38,9 mm, illetve 46,6 mm). Márciusban 19 mm hullott, ami jóval kevesebb mint az átlag (33,7 mm), viszont a vetés előtti áprilisi átlagon (31,7 mm) felüli 45 mm csapadék elősegítette a kukorica fejlődését és kielégítette a kezdeti vízigényét. Júniusban az átlagot (64 mm) megközelítő 55 mm csapadék hullott, júliusban viszont az átlagos mennyiségnek (60 mm) csupán a fele (30 mm) hullott. Augusztusban az átlagot (47,2 mm) meghaladó 93 mm csapadék

volt, ami kedvező volt a szemtelítődés szempontjából. A havi átlaghőmérsékletek áprilistól augusztusig az átlaghoz közeliak voltak.

Az ökonómiai értékelés során azt vizsgáltuk, hogy az egyes években a vizsgálatban szereplő hibridek melyik tőszámnál érték el a legnagyobb jövedelmet.

A vizsgálat során állandó költségnek tekintettük a talajművelést, a tápanyagellátást, a vetést, a növényvédelmet és a betakarítást. A változó költség pedig a vetőmagköltség volt, amely a különböző tőszámok esetében változott.

A gépi betakarítást követően megmértük az adott hibrid x tőszám súlyát majd a szemekből mintát vettünk, megmértük a szemnedvességet Dickey John mini GAC 2500 szemnedvesség mérő eszközzel. Az eredmények alapján a termésmennyiséget 14%-os nedvességtartalomra (májusi morzsolt) számoltam át.

A három termesztési évből származó termésmennyiség adatokat a Microsoft Office Excel 2016 táblázakezelő programban rögzítettem. Ebben a programban készítettem el a dolgozatban található táblázatokat és grafikonokat is. Az adatok statisztikai kiértékeléshez varianciaanalízist és a hozzá kapcsolódó post hoc (Tukey-teszt) tesztet az IBM SPSS Statistics Version 29.0.0.0 statisztikai programmal végeztem. A táblázatokban és az ábrákon az eltérő betűjelek szignifikáns eltérést jelentenek. A szignifikáns eltérés megállapításához a mezőgazdasági statisztikában használatos 5%-os szignifikáns differencia ($SzD_{5\%}$) értéket alkalmaztam.

A 2021-es év eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy tőszámnövelés hatására a Pioneer 0164, a KWS DonJuan és a KWS Kashmir hibridek termésnövekedéssel reagáltak. Ezek az eredmények azonban statisztikailag nem voltak szignifikánsak. Ezzel ellentétben a KWS Kollegas hibrid a legkisebb (6688 kg/ha) termésmennyiséget a 70 ezres hektáronkénti tőszámánál, míg termésmaximumát (7866 kg/ha) a 80 ezres hektáronkénti tőszámánál érte el. Ez utóbbi eredmény statisztikailag is igazoltnak bizonyult.

A tőszámokon belül vizsgálva az eltérő hibridek termésmennyiségét megállapítható, hogy a legnagyobb termést a KWS Kashmir adta a hektáronkénti 65, 70 és 75 ezer tő esetén (7740, 7622 és 7468 kg/ha). A hektáronkénti 80 ezres tőszámánál a KWS Kollegas termése bizonyult a legnagyobbknak (7866 kg/ha).

A 2022-es, igen szélsőséges, aszályos év eredményeinek értékelése során azt tapasztaltuk, hogy a hibridek a Pioneer 0164 kivételével termésmaximumukat a 70 ezres hektáronkénti tőszámánál

érték el. A hibridek közötti terméskülönbség szintén a 70 ezres hektáronkénti tőszámnál statisztikailag is igazolt volt. E szerint 2022-ben a legnagyobb termésmennyiséget a KWS Don Juan (4927 kg/ha) és a KWS Kashmir (4598 t/ha) hibrid érte el. A 75 és 80 ezres hektáronkénti tőszámok minden hibrid esetén termésnövekedést okoztak.

A 2022-es rendkívül aszályos évben megfigyelhető volt, hogy a KWS Don Juan termésmennyisége volt a legnagyobb minden vizsgált hektáronkénti tőszám esetén. Ez utóbbi eredmény a hektáronkénti 70 ezres tőszámnál statisztikailag is igazolt volt.

2023-ban a KWS Kashmir és a Pioneer 0164 hibrid terméseredménye nem változott számottevően a tőszámsűrítés hatására. Az eredmények értékelése során megállapítható, hogy mind a négy hibrid a termésmaximumát a 75 ezres hektáronkénti tőszám esetén érte el ebben az évben.

A 2023-as termesztési évben a hektáronkénti 65, 70 és 80 ezres tőszámok esetén a Pioneer0164 termése volt a legnagyobb a vizsgált hibridek között míg a hektáronkénti 75 ezres tőszám esetén pedig a KWS Don Juan (10088 kg/ha) bizonyult a legjobbnak.

A három vizsgált évben a csapadék eloszlása és a csapadék mennyisége eltérően alakult. A 2022. évben a vetéstől terméskitelítődésig, azaz áprilistól augusztusig hulló csapadék mennyisége mindössze 151 mm volt, ezért ezt az évet rendkívül aszályos évnek mondhatjuk. A 3 vizsgált termesztési év közül 2023-ban volt a legkedvezőbb a csapadék mennyisége, amely közel azonos volt az elmúlt 15 év átlagával.

A vizsgált termesztési évek jelentősen befolyásolták a termés mennyiségét minden hibrid esetén. Az évek közötti terméskülönbségeket statisztikailag igazoltan az eltérő évjárat okozta. Minden hibrid esetén a legnagyobb terméseredményeket 2023. évben tapasztaltuk, míg a legkisebbet 2022-ben. A szélsőséges 2022. évet kivéve, a KWS Kollegas termésszórása volt a legkisebb mértékű az egyes évjáratokat tekintve.

Az ökonómiai értékelésből megállapítható, hogy az egyes évjáratok nagy mértékben befolyásolják az egyes hibridek optimális tőszámát, a maximális termésmennyiséget és ezáltal a termesztés eredményességét.

8. IRODALOMJEGYZÉK

1. AHMAD, M. – KHALIQ, A. – AHMAD, R. – RANJHA, A. M. (2010): Allometry and Productivity of Autumn Planted Maize Hybrids under Narrow Row Spacing. *International Journal of Agriculture & Biology*. 12. évf. 5. sz. pp. 661-667.
2. ANTAL J. (2000): Szemes kukorica. In: Antal J. szerk.: *Növénytermesztők zsebkönyve*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 99-106
3. BAVEC, F. – BAVEC, M (2002): Effects of plant population, on leaf area index, cob characteristics and grain yield of early maturing cultivars (FAO 100-400) *European Journal of Agronomy*. Vol.16, pp. 151-159.
4. BERZSENYI Z.–ÁRENDÁS T.–BÓNIS P.–MICSKEI G. (2011): Long-term effect of crop production factors on the yield and yield stability of maize (*Zea mays* L.) in different years. *Acta Agronomica Hungarica*. 59. évf. 3. sz. pp. 191–200.
5. BERZSENYI Z. (1989): A növényszám hatása a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára. *Növénytermelés*. 38.évf. 5. sz. pp. 395-407.
6. BERZSENYI Z. (1990): A növényszám hatása a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára II. *Növénytermelés*. 39. évf. 6. szám. pp. 483-494.
7. BERZSENYI Z. (1992): A N-műtrágyázás és a növényszám hatása a kukorica(*Zea mays* L.) harvest indexének, biomassza produkciójának és szemtermésének változására az 1986-1990 években. *Növénytermelés*. 41. évf. 1. sz. pp. 43-57.
8. BERZSENYI Z. (2012): Kukorica. In.: Radics L. szerk. *Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés*. Agroinform Kiadó, Budapest. pp. 11-101.
9. BERZSENYI Z. – DANG Q. (2006): A növényszám hatásának vizsgálata különböző tenyészidejű kukorica (*Zea mays* L.) hibridek vegetatív és reprodukív szerveinek növekedésére Richards-függvényvel. *Növénytermelés*. 55. évf. 3-4. sz. pp. 255-275.
10. BERZSENYI Z.- VARGA K. – BERÉNYI GY. (1994): A növényszám és az évjárat hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szemtermésének és terméskomponenseinek alakulására az 1981-1992 években. *Növénytermelés*. 43. évf. 1. sz. pp. 61-75.
11. BOCZ E. (1992): Éghajlatigény. In: Bocz E. szerk.: *Szántóföldi növénytermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 379-384.

12. BOROS B.–SÁRVÁRI M. (2016): Az állománysűrűség hatása a kukorica termésére átlagos és szélsőségesen aszályos évjáratokban. Agrártudományi Közlemények 32. pp. 7–16.
13. CSAJBÓK J. szerk. (2012): Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme. Debreceni Egyetem. Debrecen. pp. 185.
14. DANG Q. – BERZSENYI Z. (1993): A növényszám x műtrágyázás interakció hatása a kukorica (*Zea mays* L.) biomassza produkciójára, szemtermésére és harvest indexére különböző évjáratokban. Növénytermelés. 42. évf. 2. sz. pp. 171-183.
15. GYÖRFFY B. (1979): Fajta-, növényszám- és műtrágyahatás a kukorica termesztésben. Agrártudományi Közlemények 38 (MTA Agrártudományok Osztályának Közleményei, 1979), pp. 309–331.
16. GYÖRFFY B. – I'SÓ I. (1970): A kukorica. In.: Láng G. szerk. A növénytermesztés kézikönyve 1. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 222-330.
17. GYENESNÉ HEGYI ZS. – PÓK I. – ILLÉS O. – SZŐKE CS. – KIZMUS L. – MÁRTON L. CS. (2002): A termőhely, a tőszám és az évjárat hatása a kukoricahibridek termésére. Növénytermelés. 51.évf. 4. sz. pp. 425-435.
18. KISS CS. (2013): A bioetanol gyártás alapanyagául szolgáló kukorica szemtermésére ható legfontosabb termesztési tényezők. Doktori Értekezés. Debrecen. pp. 15-26.
19. KOVÁCS P.–SÁRVÁRI M. (2016): Az NPK műtrágyázás és a tőszám hatása az eltérő genetikai alapú kukorica hibridek termésére félüzemi kísérletben. Agrártudományi Közlemények 69. pp. 103–108.
20. KÖNCZÖL P. (2018a): Az állománysűrűség hatása a kukoricahibridek terméseredményeire, illetve a terméskomponensekre. Doktori Értekezés. Debrecen. pp. 16-43.
21. KÖNCZÖL P. (2018b): A tőszám, mint a kukorica termesztéstechnológia lényeges, de ki nem használt eleme. <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenytermesztes-szakcikkek/toszam-mint-kukorica-termesztestestecnologia-lenyege-de-ki-nem-haszalt-eleme/> (letöltés:2023. 09. 18.)
22. MEGYES A. – NAGY J. (1999): A növényszám hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. Növénytermelés. 48. évf. 5. sz. pp. 535-542.
23. MENYHÉRT Z. (1985): A kukorica termőhelyigénye. In: Menyhért Z. szerk.: A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 240-262.
24. MOLNÁR ZS. (2009): A kukorica termésbiztonságát meghatározó néhány agrotechnikai tényező vizsgálata. Doktori Értekezés. Debrecen. pp. 10-42.

25. MOLNÁR ZS. – SÁRVÁRI M. (2005): A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica hibridek termésére Agrártudományi Közlemények 16. pp. 95-104.
26. MUKHTAR, T. – ARIF, M. – HUSSAIN, S. – ATIF, M. (2012): Yield and yield components of maize hybrids as influenced by plant spacing. Journal of Agricultural Research. 50. évf. 1. sz. pp. 59-69.
27. MURÁNYI E. és PEPÓ P. (2014): Különböző genotípusú kukorica hibridek tőszám sűrítettségének vizsgálata csernozjom talajon. Agrártudományi Közlemények 56. szám. pp. 87-92.
28. MURÁNYI E. (2015): Az állománysűrűség hatása eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésére és levélterület-index (LAI) értékeire. Agrártudományi Közlemények 64. pp. 51-56.
29. MURÁNYI E. (2016a): A tenyésztőterület hatása az eltérő genotípusú kukorica hibridek (*Zea mays* L.) termésképző elemeinek alakulására Agrártudományi Közlemények 68. pp. 67-72.
30. MURÁNYI E. (2016b): Eltérő genotípusú kukorica hibridek tenyésztőterületének és tőszámreakciójának vizsgálata. Doktori értekezés. Debrecen. pp. 175.
31. NAGY J. (1995): A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. Növénytermelés. 44. évf. 3. sz. pp. 251-260.
32. NAGY J. (1996): A növényszám és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. Növénytermelés. 45. évf. 5-6. sz. pp. 543-552.
33. NAGY J.–SÁRVÁRI M. (2005): Kukorica. In: Antal J. szerk.: Növénytermesztéstan 1. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 301–334.
34. NAGY J. (2007): Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 20-214.
35. NAGY J. (2009): Ökológiai gazdálkodás. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. pp.15-150.
36. NAGY J. (2021): Kukorica. A nemzet aranya - Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Budapest pp. 9-247.
37. PÁLOVICS B.–SÁRVÁRI M. (2006): Tőszám hatása a kukorica hibridek termésére. Agrártudományi Közlemények 23 Különszám. pp. 50–61.
38. PEPÓ P.–SÁRVÁRI M. (2011): Gabonanövények termesztése. Debreceni Egyetem, Debrecen, pp. 86.
39. PEPÓ P., ZSOMBIK L., BERÉNYI S. (2007): A kritikus agrotechnikai tényezők elemzése a kukoricatermesztésben. Agrofórum Extra 17. szám. pp. 5-6.

40. RÁTONYI T.–SZÖLLŐSI I. (2017): Talajminőség-vizsgálati módszerek és eszközök. In: Birkás M. szerk.: Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 58–66.
41. SÁRVÁRI M. (1995): A tőszám szerepe a fajtaspecifikus kukorica-termesztési technológiában. Növénytermelés. 44. évf. 3. szám. pp. 261-270.
42. SÁRVÁRI M.- EL HALLOF N. – MOLNÁR ZS. (2005): Összefüggés a tőszám, vetésidő, és a kukorica termésbiztonsága között. Agronapló 4. sz. pp. 30-32.
43. SÁRVÁRI M., FUTÓ Z., ZSOLDOS M. (2002): A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. Növénytermelés 51. évf. 3 szám. pp. 291-307.
44. SÁRVÁRI M. – KUTASY E. (2023): A hibridspecifikus tápanyagellátás, a vetésidő és az állománysűrűség hatása a kukorica termésbiztonságára. Értékálló Aranykorona. 23. évf. 2. sz. pp. 13-16
45. STONE, P. – PEARSON, A. – SORENSEN, I. – ROGERS, B. (2000): Effect of row spacing and plant population on maize yield and quality. Agronomy of New Zealand. 30. pp. 67-75.
46. SHRESTH, J. – YADAV, D. N. – AMGAIN, L. P. – SHARMA, J. P. (2018): Effects of Nitrogen and Plant Density on Maize (Zea mays L.) Phenology and Grain Yield. Current Agricultural Research Journal. 6, évf. 2 szám. pp. 175-182.
47. SZÉLL E. (2004): Gabonafélék In: Jolánkai M. szerk. Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 240-243.
48. TÓTIN Á.–PEPÓ P. (2016): A vetésidő és tőszám hatása három kukorica hibrid kelés- és növekedés-dinamikájára. Agrártudományi Közlemények.68. pp. 105–110.
49. [1]: <https://www.gabonakutato.hu/hu/kukoricatermesztesunk-a-vilag-merlegen> (2021. 06. 27.)
50. [2]: <https://knoema.com/atlas/World/topics/Agriculture/Crops-Production-Quantity-tonnes /Maize-production> (2021. 06. 28.)
51. [3] : <http://www.garakft.hu/drupal/?q=node/13#eleje> (2021.06.29)
52. [4] : <https://sumeteo.info> (2023.09.26)

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségükért Dr. habil. Jakab Péter egyetemi docens, és Dr. Tar Melinda tudományos főmunkatárs konzulens tanárainknak, akik kiemelkedő szakmai tudásukkal, és tapasztalataikkal nagyban segítettek a munkámat. Hatalmas köszönet illeti a családomat, akik végig támogattak, és segítettek tanulmányaim során. Továbbá köszönet illeti a KWS cég munkatársait akik segítettek a betakarítások alkalmával. Valamint a SZTE Mezőgazdasági Kar könyvtárában dolgozóknak, amiért segítettek az irodalmi források felkutatásában.

PLÁGIUM NYILATKOZAT

Alulírott, Varga Péter kijelentem, hogy a beadott szakdolgozat saját munkám eredménye, és a szakirodalmi forrásokat korrekten kezeltem.

A bírálatra leadott papíralapú szakdolgozat bekötött példánya mindenben megegyezik a Moduloba feltöltött (PDF file) szakdolgozattal.

Dátum: 2023. 10. 25

..... Varga Péter
Jelölt aláírása