

DEBRECENI EGYETEM
KERPELY KÁLMÁN NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Dr. Nagy János

egyetemi tanár

Témavezető:

Dr. Sárvári Mihály

egyetemi tanár

**AZ ÁLLOMÁNYSŰRŰSÉG HATÁSA A KUKORICAHIBRIDEK
TERMÉSEREDMÉNYEIRE, ILLETVE A TERMÉSKOMPONENSEKRE**

Készítette:

Könczöl Péter

doktorjelölt

Debrecen

2018

AZ ÁLLOMÁNYSŰRŰSÉG HATÁSA A KUKORICAHIBRIDEK
TERMÉSEREDMÉNYEIRE, ILLETVE A TERMÉSKOMPONENSEKRE

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a növénytermesztés és kertészet tudományok tudományágban

Írta: Könczöl Péter okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti
Tudományok doktori iskolája keretében

Témavezető: Dr. Sárvári Mihály CSc, egyetemi tanár

Az értekezés bírálói:

Név	fokozat	aláírás
.....		
.....		

A bírálóbizottság:

Név	fokozat	aláírás
elnök:		
tagok:		
titkár:		

Az értekezés védésének időpontja: 2018.

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	5
2.	CÉLKITŰZÉSEK	9
3.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	11
3.1.	A kukorica jelentősége és helyzete	11
3.2.	A termesztési környezet és az alkalmazott technológia hatása a kukorica terméseredményeire	12
3.3.	A növények közötti versengés	16
3.4.	Az állománysűrűség hatása a kukorica terméseredményeire	17
3.5.	Az optimális tőszám	23
3.6.	A kukorica termését kialakító komponensek, azok fejlődésbiológiai háttere	27
3.7.	A tőszám és a terméskomponensek interakciói	30
3.8.	A tőszám és az agronómiai tulajdonságok kapcsolata	33
3.9.	A nemesítés és a termesztéstechnológia lehetőségei a terméskomponensek tekintetében	43
3.10.	A kukoricatermesztés és a gazdasági eredményesség	45
4.	ANYAG ÉS MÓDSZER	46
4.1.	A kísérleti területek megválasztásának szempontjai	46
4.2.	A vizsgálatba vont hibridek és kiválasztásuk szempontjai	47
4.3.	A szántóföldi kísérletek elrendezése, kivitelezése és kiértékelésük módszerei	50
4.4.	A terméskomponensek vizsgálatának módszerei	53
4.5.	A vizsgálati időszak éghajlati körülményei	54
4.6.	Jövedelem számítás alkalmazása	61
5.	EREDMÉNYEK	62
5.1.	Általános eredmények	62
5.1.1.	Az évjáratok hatása	68
5.1.2.	A kísérleti hely és a terméseredmények összefüggései	69
5.1.3.	Az állománysűrűség hatása a terméseredményekre	71
5.1.4.	A tőszám változásának hatása az agronómiai tulajdonságokra	81
5.1.5.	A tőszám változásának hatása a terméskomponensekre	86
5.2.	Részletes eredmények	88
5.2.1.	A DKC4014 hibrid részletes eredményei	90
5.2.2.	A DKC3623 hibrid részletes eredményei	96
5.2.3.	Az alkalmazott tőszám és a csőtípusok	101
5.2.4.	Tőszámkísérletekhez kapcsolódó tőszám ajánlás és jövedelem számítás	108

6.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	110
6.1.	A tőszámkísérletek eredményeiből levonható következtetések	110
6.1.1.	A tőszámkísérletek agronómiai eredményeiből levonható következtetések	111
6.1.2.	A terméskomponens vizsgálatok eredményeiből levonható következtetések	112
6.2.	A tőszámoptimum	113
6.3.	Javaslatok	113
7.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	115
8.	GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK	118
9.	ÖSSZEFOGLALÁS	120
10.	SUMMARY	123
11.	IRODALOMJEGYZÉK	127
12.	PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN	146
13.	NYILATKOZAT	149
14.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	150

„What we eat starts with the seed we plant and the food system we have in place.”

Jose Graziano da Silva – FAO Director General

1. BEVEZETÉS

A kukorica (*Zea mays* L.) a világ egyik legfontosabb takarmánynövénye. Magyarországon korábban 1,2-1,3 millió hektáron termesztették, területe az utóbbi években, részben a világszintű túltermelés és az emiatt kialakult alacsony piaci ár miatt 1,1 millió ha alá csökkent. Eredetét tekintve szubtrópusi növény, egyes kutatások a mexikói Tehuacan-völgyből, az újabb iskolák a Balsas-folyó völgyéből, Dél-Mexikóból eredeztetik, bár a kukorica teozintétől való származtatása soha nem volt kellően alátámasztott. Mangelsdorf és Reeves (1945) kutatásai azt bizonyították, hogy a teozinte a kukorica és a *Tripsacum* hibridje, gyors elterjedését mindenképp a teozinte nyolcsoros csőstruktúra kialakulása tette lehetővé, ami i.e. 2500-ban kezdődött el az amerikai kontinensen az olmec és maja kultúrák kezdeti szelekciós munkái során. Az öreg kontinensre az európaiak nyugati térhódítása után került be a XV-XVI. században. Széleskörű elterjedését kiemelkedő alkalmazkodóképességének köszönheti. Magyarországon korábban használatos volt a tengeri elnevezés, ami utal a tengeren túli származásra, míg a kukorica szó valószínűleg a szerb és horvát kukuruz szóból származik. A faj másik ismert neve a törökbúza, ami arra utal, hogy a kukorica európai térhódítása során Spanyolországból a mediterráneumon keresztül jutott el az Oszmán Birodalomba, ahonnan a török hódoltság alatt került be hazánkba.

A kukorica megjelenését tekintve rendkívüli, akár három méteresre is megnövő egynyári fűféle. Különlegességét adja, hogy egylaki, ugyanakkor a hím- és nővirág egymástól elválasztva van a növényen, amely tény a teozinte származást igazolja (Nagy, 2007). Turcsányi (1995) botanikai megközelítésű besorolása szerint a kukorica a zárvatermők (*Angiospermatophyta*) törzsébe, az egyszikűek (*Monocotyledonopsida*) osztályába, a pászitfűvek (*Poales*) rendjébe, a pászitfűfélék (*Poaceae*, syn.: *Gramineae*) családjába és a fenyérfűfélék (*Andropogonoideae*) alcsaládjába tartozik.

Napjainkban alkalmazása igen széleskörű, élelmiszer-, takarmány-, és ipari növényként is termesztik. Fontossága és felhasználásának sokszínűsége várhatóan növekedni fog, mind az élelmiszer-, mind az egyéb ipari területeken. A biológiai alapok folyamatos fejlesztésének és a nemesítő házak versenyének köszönhetően a faj potenciális termőképessége egyértelműen növekszik, de a hazánkra jellemző kontinentális klímán természetve a környezeti tényezők szélsőségeinek erősödése miatt a termésátlagok csak csekély emelkedést és nagyfokú instabilitást mutatnak.

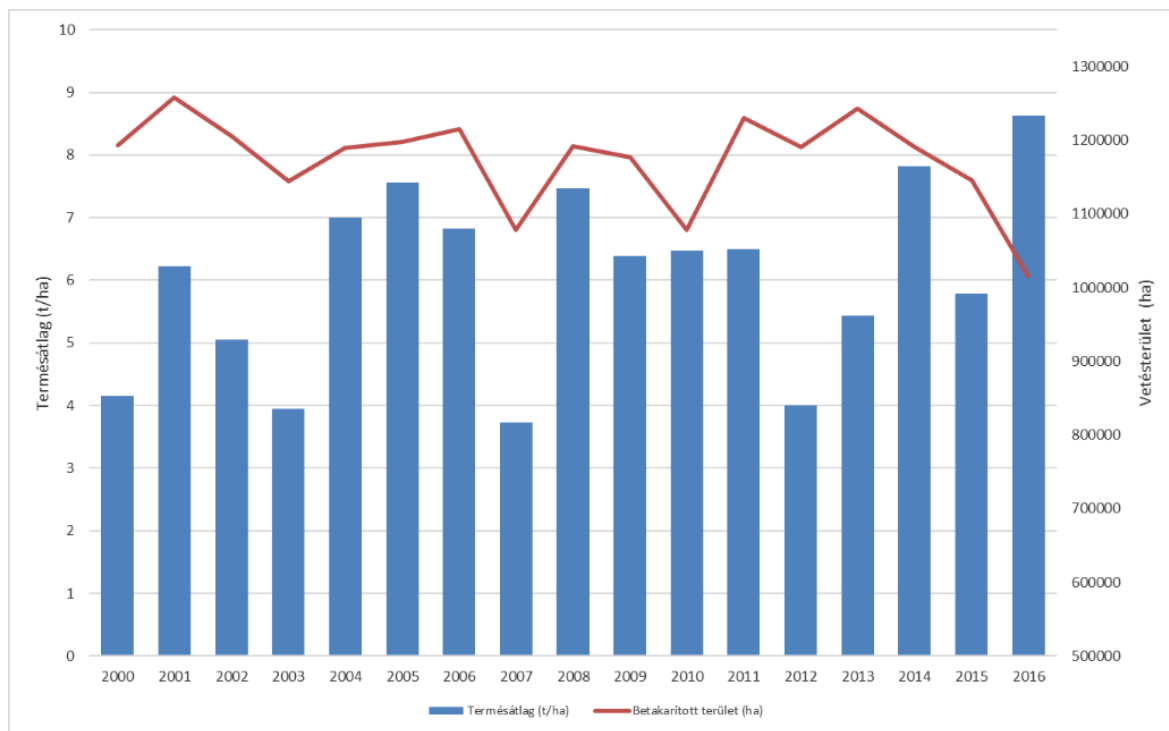
A FAO 2016-os kimutatásai ([http1](#)) szerint az élelmiszerigény folyamatosan növekszik, 2030-ra a prognosztizált népesség 8,3 milliárd fő lesz. Ez természetes módon magával hozza a gabonafélék – mint a humán és állati élelem és energia legfontosabb forrása - iránti igény növekedését. A kalóriaszükséglet emelkedésén túl minőségi elmozdulás is megfigyelhető, ami a hús és tej iránti szükséglet növekedését tovább erősíti (1. táblázat). Az ezzel járó takarmányszükséglet-emelkedés miatt, a termésszint és a termésbiztonság növelése az egyik legfontosabb kihívás a kutatók és a termesztek számára.

1. táblázat A 2030-ig előre jelzett népesség- és szükségletnövekedés (Forrás: FAOSTAT, 2016, [http1](#))

Statisztikai mutatók/év	1960	1997	2030
Népesség (millárd fő)	1,6	6,0	8,3
Kalóriaszükséglet (kcal/fő)	2360,0	2800,0	3050,0
Hússzükséglet (kg/év/fő)	10,0	26,0	36,0
Tejszükséglet (kg/év/fő)	28,0	45,0	66,0

A nemesítés eredményessége mellett az agrotechnika és az alkalmazott technológiai elemek fokozatos fejlődése segít abban, hogy üzemi körülmények között a kukorica kiemelkedően nagy terméspotenciáljából a lehető legtöbb realizálódjon. Az USA-ban a magas inputokkal jellemezhető körülmények lehetővé teszik az akár 30 tonna ha⁻¹ körüli termésszintet is, ugyanakkor hazánkban 5,89 tonna ha⁻¹ az országos átlag, ha az elmúlt 15 évet tekintjük. Az alacsony átlagok mellett a termés ingadozása is jelentős. Ez a termesztés közép- és hosszútávú ökonómiai biztonságát, a kukoricára alapozott komplex gazdálkodást

és a gazdasági növekedést is negatívan befolyásolja. Az elmúlt 17 évben a legjobb termést 2016-ban érték el, akkor $8,63 \text{ t ha}^{-1}$ volt az országos átlag, ami a 17 éves időszakra vonatkoztatva 142,45%-os eredményt jelent, míg a legrosszabb év 2007, akkor $3,73 \text{ t ha}^{-1}$ volt az átlag, ami 61,57% a 15 év átlagtermésének vonatkozásában (1. ábra) ([http3](#)).



1. ábra A kukorica termésátlagainak és vetésterületének alakulása Magyarországon (2000-2016). (Forrás: KSH adatok, [http3](#))

A jelentős termésingadozások enyhítése, a termésátlagok növelése komplex feladat, nagy kihívás a kukorica növényvel foglalkozók számára. A termesztéstechnológia számos eleme segíthet a biológiai alapok jobb és megbízhatóbb kihasználásában. A korszerű kukoricatermesztés elsődleges szempontja a fenntarthatóság, amelyben kiemelkedő szerepe van a biológiai alapok helyes megválasztásának és azok megfelelő használatának. Az okszerű használat az ökológiai faktorok alapos ismeretén nyugszik. Ezek teljes feltérképezése után a termesztéstechnológia összes elemét komplex módon alkalmazva érhetjük el, hogy a növekvő igényeket kevesebb természeti forrást felhasználva és kisebb ökológiai lábnyomot hátrahagyva elégítsük ki. Az alkalmazott állománysűrűség a korábban említett kiszámíthatatlan időjárási körülmények miatt jelentős mértékben befolyásolja a

kukoricatermesztés eredményességét. Így a lehetséges kockázatok csökkentése érdekében napjainkban többnyire konzervatív és nem okszerű hibridhasználat történik.

Az elmúlt tíz évben beállított agrotechnikai kísérleteink azzal a kutatási céllal indultak, hogy segítsük a sikeres és eredményes hibridhasználatot. Meggyőződésünk, hogy megbízható adatok csak tartamkísérletekből nyerhetők. Ezek azok a kísérletsorozatok, amelyek segíthetnek pontosabban megérteni a genotípus – környezet interakciókat. Az eltérő évjáratokban, a különböző termésszinteken beállított tőszámkísérletek lehetőséget teremtettek általános és részletes következtetések levonására és a különböző genotípusok egyedi reakciójának pontos megismerésére. A szezonális különbségek a tőszámokon túl a terméskomponensek alakulására is eltérő hatással voltak, ami a végső termés kialakulását jelentősen, ugyanakkor egyedi módon befolyásolta.

2. CÉLKITŰZÉSEK

A gazdálkodás színvonala, az alacsony inputszintek, az évjárat nagyfokú instabilitása, és annak bizonytalan előre jelezhetősége nem segítik a kukoricatermesztés eredményességét és gazdasági kiszámíthatóságát. Ennek megfelelően a tőszám emelése nem minden esetben indokolt. Azonban ha ismerjük a termőterületünket, akkor megfelelő fajtaválasztással és okszerű termesztéstechnológiával a hibridekben rejlő terméspotenciálnak köszönhetően a magasabb termés is elvárható. A régóta széleskörben kutatott témában számos hazai és nemzetközi tudásanyag és hivatkozás áll rendelkezésre. Ezek a lényeges információk azonban nehezen fordíthatók a kukoricatermesztők hasznára, eredményeik – nagyszerűségük ellenére – a gyakorlatban nehezen érvényesülnek.

Kutatásaink elsődleges célja a tőszámváltozás termésre gyakorolt hatásának megismerése és értékelése volt. A kukorica termésmennyiségét számos komponens befolyásolja, így az is lényeges cél volt, hogy ezekkel az összetevőkkel összefüggésben vizsgáljuk az állománysűrűség hatását. Továbbá arra is választ kerestünk, hogy a terméskomponensek milyen kapcsolatban vannak a terméssel, vagyis az egyes résztulajdonságok hogyan befolyásolják a végső terméseredményt. Munkánk során megvizsgáltuk a tőszámváltozás és a termés kapcsolatát, elemeztük az állománysűrűség és terméskomponensek összefüggéseit, illetve ezeket az eredményeket felhasználva értékeltük az eltérő csőtípusok szerepét is.

Az elmúlt tíz év agrotechnikai kísérleteinek másodlagos célja a kísérletbe vont genotípusok megismerése. A környezeti faktorok és a termesztéstechnológiai elemek hibridekre gyakorolt hatásának értelmezése volt a cél, azzal a szándékkal, hogy az így nyert információk irányt mutassanak majd a nemesítési és szelekciós munkában, a biológiai alapok fejlesztésében. Arra a kérdésre is kerestük a választ, hogy egy-egy tulajdonság megismerése mennyiben segítheti az általános tanácsadást, tőszámajánlást. Korábbi eredményekből kitűnik, hogy a körülményeknek megfelelően megválasztott tőszám a fajta sikeres termesztésének egyik fontos és kritikus feltétele. Ezek a lényeges tulajdonságok segíthetnek a termesztésbe vont fajták alaposabb megismerésében és a megbízható tőszámajánlás megfogalmazásában. A mai modern hibridek potenciáljának töredékét használjuk csak ki. Ennek megfelelően célul tűztük ki, hogy az eredmények segítségével,

fajtaspecifikus tanácsadással a hibridek jobb kihasználásában is segítsük a termelőket. Országunk klimatikus adottságai általában kedveznek a kukorica termesztésének, azonban voltak évek (2000, 2003, 2007, 2012, hogy csak az elmúlt tíz év katasztrofális időjárási körülményekkel megélt szezonzait emeljük ki), amikor bizonyos területeken az elvetett kukoricatáblák teljes egészükben megsemmisültek. A rendkívüli körülmények bekövetkezésére nem lehet az előrejelzések alapján felkészülni és az ország bármelyik területén előfordulhatnak, ezért szükségesnek érezzük, hogy a rendelkezésre bocsátott fajtákhoz „használati útmutatót” is adjunk. A termékfejlesztés a nemesítés befejezésével kezdődik és a fajtahasználat megkezdésekor még nem zárulhat le. Az eltérő évjáráthatások miatt folyamatosan képesek vagyunk új információkat kapni az adott hibrid képességeivel és környezeti hatásokra való reakciójával kapcsolatban.

Munkánkkal azt is célul tűztük ki, hogy jövedelemszámítási modell kidolgozásával segítsük a fajtahasználókat abban, hogy adott területről a lehető legnagyobb hasznot realizálhassák. A kidolgozott számítási modell alkalmazásával minden évjáratban és minden tőszámon ki tudtuk számolni, hogy az egyes genotípusok használatával az adott termesztési körülmények mellett alkalmazott különböző tőszámoknál mekkora hasznot lehet realizálni.

Gyakorlati szakemberekként azt valljuk, hogy a kutatómunka akkor értékes, ha eredményei a gyakorlat számára elérhetőek, világosak és közvetlenül beépíthetők a mindennapi technológiába úgy, hogy annak eredményességét javítja és fenntarthatóságát szolgálja.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A kukorica jelentősége és helyzete

A kukorica a világon a legnagyobb tömegben előállított gabonaféle, jó alkalmazkodóképességének köszönhetően, a Föld szinte minden részén termesztik. A világon a vetésterülete 161 millió ha, termésátlaga $5,1 \text{ t ha}^{-1}$ volt 2011-ben (Pepó és Sárvári 2011), míg 2016-ban 184 millió hektáron termesztették $5,82 \text{ t ha}^{-1}$ -os átlageredménnyel. Legnagyobb termesztoje az USA, de Kínában, Brazíliában, Mexikóban is jelentős. Magyarországon évente 5-8 millió tonna kukoricát termesztenek, 1,1-1,2 millió hektáron.

A kukoricatermesztés már az elmúlt évszázadok során is sokat fejlődött. Az 1900-as években került Európába a lófogú (dent) kukorica, ami nagyobb termésre és gyorsabb vízleadásra volt képes, mint a sima szemű (flint) típusok. Kezdetben szabadelvirágzású fajtákat termesztettek, majd az 1940-1950-es években megjelentek a két szabadelvirágzású kukorica keresztezéséből létrejött hibridek, amelyek 10-15%-kal többet termettek a heterózishatásnak köszönhetően (Pepó és Sárvári 2011).

Élelmiszer-, takarmány- és ipari növényként is komoly szerepet játszik. Főként állati takarmányként használják, de a fejlődő országokban emberi táplálék szerepet is betölt. A fejlett régiókban csemegekukorica, pattogatott kukorica, vagy kukoricapehely formájában fogyasztják. A bioetanol előállítás elterjedése miatt egyre nagyobb területen fogják termesztetni a jövőben. A szár, mint melléktermék takarmányozásra, fűtésre, tápanyag-visszapótlásra is alkalmas. A kukorica alternatív felhasználása is terjed, ide tartozik például a vegyipar, vagy a bioműanyagok előállítása. A jövőben a kukorica ipari felhasználása tovább bővül.

Bár az elmúlt 30-40 évben a technológiák korszerűsítése és a sikeres növénynemesítés eredményeként a termésátlaga nőtt, napjaink egyre gyakoribb időjárási szélsőségei nem segítik a kukoricatermesztést sem. Magyarországon a kontinentális klíma kiszámíthatatlansága miatt nagy kihívásokkal kell szembesülniük a gazdálkodóknak. A hektikus időjárás következményeként a termésingadozás 50-60 % körüli, míg korábban

nem volt több 10-20%-nál. Ennek a jelenségnek a hatása mérsékelhető vetésváltással, megfelelő tápanyagellátással, a vetésidő és a tőszám helyes megválasztásával, valamint a hibridspecifikus termesztéstechnológia alkalmazásával (Pepó és Sárvári 2011). Ha a globális tendenciákat figyelemmel kísérjük, azt láthatjuk, hogy még a mai, modern hibridek sem elég bőtermők ahhoz, hogy a népesség egyre növekvő igényeit kielégítsék. A növénynemesítők és a termelők jövőbeni feladata a világ élelmiszertermelésének megduplázása. Mivel a termőfelületet tovább nem lehet növelni, így az egységnyi területre eső termésnek kell jelentős mértékben növekednie (Mansfield és Mumm 2013). Ebben segít, ha minőségi vetőmagot és növényvédőszeret választanak, fenntartható, fejlett technológiákat alkalmaznak a mezőgazdasági gyakorlat keretein belül. Nagy (2007) szerint a termésmennyiségeket illetően az intenzív termesztéstechnológiák alkalmazása mindenképpen növekedést fog eredményezni a jövőben. Magyarországon a kukorica-termesztés intenzitására ez még nem jellemző, napjainkban inkább az extenzív gazdálkodás az uralkodó, ami minden téren alacsony inputokat, a meglévő, még nem hasznosított tartalékok felhasználását jelenti. A magyarországi mezőgazdaság ezen adatai és a tendenciák azt mutatják, hogy a ma használt technológiák nem segítenek abban, hogy a mai átlagos termésszintet 20 éven belül a népesség növekedésével párhuzamosan megduplázzuk.

3.2. A termesztési környezet és az alkalmazott technológia hatása a kukorica terméseredményeire

A termesztési környezet jelentős befolyással van a kukorica mindenkori terméseredményeire. A fajtákat nemesítők számára nagy kihívás az adatok értékelése és a piacosításra vonatkozó döntések meghozatala. Ezeket minden esetben több év és számos kísérleti hely ismeretében kell megtenni. Györfly (1979) szerint a tartamkísérletek előnye, hogy az adatokat az idő függvényében elemezhetjük, mert egy több évtizeden átívelő vizsgálat sokat vitatott elképzeléseket igazolhat.

Berzsényi és Györfly (1995) szerint az egyes növénytermesztési tényezők termésnövekedéshez való hozzájárulása a következőképpen alakul: trágyázás: 30,7%, fajta: 30,0%, növényszám: 20,3%, ápolás: 16,3% és talajművelés mélysége: 2,7%. Mindez azt

jelenti, hogy a helyes fajtaválasztással és a megfelelő tőszám alkalmazásával közel **50%-ban tudjuk meghatározni a terméseredményeket**. Az előző kutatások folytatásaként Berzsenyi (2013) 42 éves tartamkísérletek alapján, a növénytermesztési tényezők kukorica termésmennyiségéhez való hozzájárulását a következőképpen állapította meg: fajta: 32,6%, trágyázás: 30,6%, növényszám: 20,2%, gyomirtás: 14,2%, talajművelés mélysége: 2,4%. Az egyes tényezők egymást is befolyásolják, hatásuk a terméseredményekben összegződik. Nagy (1995) szerint a növényszám és a műtrágyázás kölcsönhatása pozitív, a kezelések együttes, azonos irányban való változtatása növeli a termésre gyakorolt hatásukat. Szerinte csak így érhető el a lehető legkedvezőbb eredmény. Futó (2003) megállapította, hogy ahhoz, hogy a hibridek genetikai potenciálja érvényesüljön, minden szempontot figyelembe kell venni, minden feltételt biztosítani kell.

Tokatlidis és Koutroubas (2004) szerint az elérhető termést három tényező határozza meg: az adott genotípus egyedi produkciója, a biotikus és abiotikus stresszel szembeni tolerancia és az inputokra való reakció. A termőképesség, vagy terméspotenciál a legnagyobb elérhető termést jelenti bizonyos növényfajták esetében. Ennek megvalósulásához egy sor körülménynek kell teljesülnie: megfelelő nemesítési döntések, mint az alkalmas fajta kiválasztása, a vetésidő, a helyes tőszám és kedvező évjárat (Dobermann et al. 2003). A nagy termés feltétele a megfelelően megválasztott termesztéstechnológia is. A megfelelő eszközzel végzett vetés eredményeként egyenletesebb a növények közötti tér, a tőszám esetleges növelése így nagyobb hozamot jelenthet, mert lehetővé teszi a víz, fény és tápanyagok jobb felhasználását (Strieder et al. 2008). A technológia további elemeként a gyomirtás is kritikus része a kukoricatermesztés sikerének, hiszen a gyomok versengenek a kukoricával a tápanyagokért, talajnedvességért és a fényért (Abdullah et al. 2007), ugyanakkor kutatások igazolták, hogy a gyomosodás hatása a kukorica termésmennyiségére csökken a tőszám növelésével (Tollenaar et al. 1994).

A megfelelő tőállomány szintén kritikus. Az optimális tőállomány eredménye a kiegyensúlyozott kelés, a fotoszintézis, illetve a termelő folyamatok maximális működése és a virágkezdemények fejlődése is, hiszen az egy négyzetméterre eső megtermékenyített magok száma végleges, megtermékenyítés után nem képződik új mag. Ebben a pillanatban

a termés maximuma meghatározott. Ezután a felhalmozódási kapacitás a négyzetméterre jutó magszám és a mag méretének szorzata (Petr et al. 1985). Magasabb tőszám megvalósítása történhet hagyományos sortávolsággal sűrűbb vetéssel, illetve szűkített, vagy ikersoros vetési mód alkalmazásával. Ezeket a vetési technikákat alkalmazva sűrűbb állományban kevesebb nitrogénre van szükség ugyanakkora termés eléréséhez, mint hagyományos sortáv alkalmazása mellett (Barbieri et al. 2000). Ez az eredmény a terület potenciáljának maximális kihasználása szempontjából lényeges. Haegele et al. (2014) szerint a tőszám toleranciát az egységnyi területre jutó szemszám és az egyedi szemtömeg állománysűrűség hatására bekövetkező változása határozza meg. Adatai szerint az ikersoros vetés nem hozott érezhető változást a hibridek teljesítményében. A 76 cm-es sortáv és a talaj megfelelő tápanyaggal való ellátása adja a legjobb alapot a legnagyobb teljesítményhez és ekkor tűrik a hibridek a versengést a legjobban.

A mezőgazdaság számára a klímaváltozás, az időről-időre előforduló szárazság, annak kilátástalansága, a tény, hogy hatásai nem előre jelezhetők, folyamatos kihívást fog jelenteni. Szükség van az újonnan nemesített hibridek termőképességének növekedésére és a legjobb gazdálkodói gyakorlat, azaz a termesztéstechnológia fejlődésére, amely megvédi és megőrzi a talaj és víz erőforrásait (Gaffney et al. 2015). Sárvári et al. (2001) szerint a globális felmelegedésnek köszönhetően az utóbbi két évtizedben nőtt az aszályos évjáratok gyakorisága. Ez a jelenség szintén a tőszámsűrítés újragondolását vonja magával, mert a nem megfelelően alkalmazott tőszám növeli a költségeket és a termesztési kockázatot. Ruzsányi és Csajbók (2001) szerint Magyarország szántóterületeire a kedvezőtlen vagy közepes vízgazdálkodás a jellemző. Kutatásaik szerint a jó talaj és a helyes termesztési technológia csökkenti az évjárat kedvezőtlen hatását.

Szintén fontos elem az okszerű tápanyag-utánpótlás, amit mindig összhangba kell hozni a többi tényezővel, többek között az alkalmazott növény számmal. Magasabb tőszám esetén az állománynak több tápanyagra is szüksége van. Ahogy korábban leírtuk, az egyes elemek egymás hatásait kiegészítve eredményezik a végső termést. Nagy (2014) kutatásai alapján a hektáronkénti 70.000 növény számot találta optimálisnak, az ennél magasabb növény szám műtrágyázás nélkül, átlagos csapadékelátottságú években 14%-kal csökkentette a termést. **Az optimális tőszám mértéke nem állandó, több tényező**

befolyásolja: a termőhelyi adottság, évjáráthatás, talajművelés, víz- és tápanyagellátás.

Ezt támasztja alá Kovács és Sárvári (2016) vizsgálata is, akik szerint még az agroökológiai műtrágya optimum ($N\ 80\ kg\ ha^{-1}$, $P_2O_5\ 60\ kg\ ha^{-1}$ és $K_2O\ 70\ kg\ ha^{-1}$) alkalmazása mellett is, az erősen vízhiányos feltételek már termés csökkenést okoztak, a $70.000\ t\ ha^{-1}$ feletti tőszámsűrítés pedig már az optimális felettinek minősült. Megyes (2001) kísérleteiben a kukorica egyedi szemtermés produkciójára csak a műtrágya és a tőszám volt szignifikáns hatással. Ezt állapították meg Arif et al. (2010) is, különös tekintettel a nitrogén jelentőségére és termésnövelő szerepére.

A különböző talajművelési módok szintén befolyásolják az egységnyi területre eső növény számot. Megyes (2001) kutatásai szerint az őszi szántás esetén 95%-os kelési valószínűség volt jellemző, szántás nélküli, sekély tavaszi alpművelésnél 15%, vagy még annál is több volt a veszteség a betakarítás során.

Csapadékos évben nincs jelentős különbség a szemtermésben a különböző művelési módoknál, a növény szám sem okoz heterogenitást az állományban. Ezzel szemben száraz években, mikor a víz válik a termesztést limitáló tényezőjévé, minden technológiai elem hatása felértékelődik. (Megyes 2001). Az elmúlt száz évben a globális felszíni középhőmérséklet $0,6\ ^\circ C$ -kal emelkedett. Hazánkban a kukoricatermesztés sikerességét a talajban rendelkezésre álló víz határozza meg. Magyarországon az aszály gyakorisága területileg keveset változik, a nyugati csapadékos területek és a keleti szárazabbak is lehetnek aszályosak. A csapadék mennyiségén kívül az eloszlása is ugyanolyan fontos. Vágó (2015) szerint az aszálykárak mérsékelhetők, ha a fajta vetése optimális tőszámon történik, azonban ha túl sűrű, az állomány aszályérzékennyé válik, ha túl ritka, nem hasznosítja hatékonyan a talajnedvességet. Hazánkban az évjáratok közötti különbség esetenként jelentős, ugyanakkor a variabilitás nagymértékben csökkenthető, ha a növények megfelelő mennyiségű csapadékhoz jutnak (Runge és Benci 2008). A helyszínek és évjáratok nagyban befolyásolják a termést. Zembery et al. (2011) szerint az időjárási körülmények szignifikáns befolyással vannak az egységnyi területre jutó növény számra, az egy növényre jutó szemszámmra, az ezerszemtömegre, ezeken keresztül a termésre. Dóka (2008) szerint öntözetlen területeken, aszályos körülmények között a $60.000\ t\ ha^{-1}$ állománysűrűség kedvezőbb a kukorica számára. Vizsgálataiban kimutatta, hogy az

öntözött és nem öntözött kísérletek vízhiány értékei kiegyenlítődhetnek a nagyobb vegetatív és generatív növénytömeg megnövekedett vízfelvételének következtében. Nem öntözött monokultúrában az alacsonyabb tőszámon tapasztalt magasabb termést. Szerinte az elővetemény milyensége befolyásolja a talaj vízforgalmát, a legnagyobb vízhiány monokultúrában tapasztalható. Molnár és Sárvári (2005) szerint a hibrid terméseredménye és tőszámsűrítetősége sok tényezőtől függ: a csapadék mennyiségén és eloszlásán kívül még befolyásolja az alkalmazott technológia, az elővetemény, a tápanyagellátás és a gyomirtás is. Forgács (2005) kutatási eredményei alapján az átlagos vagy azt meghaladó csapadékellátottságú években kedvezőbb volt a nagyobb növényszámok alkalmazása. Hazánkban a növényszám hatása évenként a vízellátottságtól függően eltért. Aszályos évben az alacsonyabb, csapadékos évben a magasabb növényszám indokolt. Öntözetlen körülmények között 60-70.000, öntözés mellett 70-80.000 hektáronkénti tőszám javasolt (Nagy 2014). **A fenntartható növénytermelés, a véges vízkészletek fenntartható és hatékony felhasználása érdekében a tőszám egyedi meghatározása esszenciális** (Welde és Gebremariam 2016).

3.3. A növények közötti versengés

A tőszám növelésének hatására az állomány egyedei közötti természetes verseny fokozódik. Helytelen tőszámbeállítás esetén az egyes kukoricanövények között már a fejlődés korai stádiumában kialakul a tápanyagért és vízért folyó versengés. Rossini et al. (2011) kutatásai szerint a megnövelt tőszám öntözött és tápanyaggal ellátott állományban növeli az egyes növények közötti variabilitást a korai stádiumoktól kezdve, mert az életképesebb növények elnyomják a többit.

Az életképesebb és az elnyomott egyedek virágzás előtti és alatti növekedési üteme, később a csövek fejlődési dinamikája is különbözik. Az elnyomott növényeknél csökken a virágok száma csövenként, nő a hím- és nővirágzás szinkronjának eltolódása és a bibék egyenetlen fejlődése (Pagano et al. 2007, Pagano és Maddonni 2007). Maddonni és Otegui (2006) kutatásai szerint R6 stádiumban a tőszám növelésével a növényi biomassza és a növényenkénti szemtermés is csökkent. Megfigyeléseik szerint a vitális egyedeknél is megfigyelhető ez a negatív tendencia, de a kevésbé vitális egyedeknél nagyobb mértékben.

A szemtömegben már kisebb volt a variabilitás, ahogy az olaj-, protein- és keményítő-tartalomban is. Korábban megállapították, hogy a reprodukív szervekbe történő biomassza áramlás romlik az elnyomott növények esetében. Bebizonyították, hogy ennek nagy szerepe van a szemszám kialakulásában és a biomassza növényen belüli eloszlásában (Maddonni és Otegui 2004). Borrás et al. (2007) szerint egy növényállományban minden növény intenzív versenyben van a szomszédjaival és minden egyed függetlenül érzékeli környezetét és reagál arra.

A versengést a technológia egyes elemeivel szükséges tompítani. Haegele et al. (2014) szerint a megemelt tőszámon való termelés sikerességét segítheti a megfelelő tápanyagellátás és a megfelelő hibrid kiválasztása, ugyanakkor megállapítja, hogy a növények közötti versengést nem csökkenti az erőforrások jobb hozzáférhetősége. Tokatlidis (2001) a növényenkénti termést kísérleti körülmények között vizsgálta, ahol biztosította, hogy ne legyen versengés az egyedek között, így becsülte fel a növény maximális potenciálját és ehhez mérte a növekvő növényszám miatti termésnövekedést. Az ilyen és hasonló jellegű kutatások eredményeinek gyakorlati alkalmazása vezethet oda, hogy a hibridekben rejlő potenciált maximálisan kihasználhassuk. A nem megfelelően megválasztott hibrid és tőszám használata elmulasztott lehetőségnek minősül. **Alacsonyabb tőszámon azok a növények, amelyek kevésbé kényszerülnek versengésre, magasabb egyedi termést mutatnak, mint azok, amelyek sűrűbb állományban fejlődnek. Ugyanakkor ezzel nem tudjuk területegységre maximálni a termésünket. Az optimálisnál magasabb tőszámon fellép a növények közötti versengés a fényért, vízért, tápanyagokért és egyéb, a termést meghatározó, esetenként limitált faktorokért** (Gozubenli et al. 2004, Sener et al. 2004).

3.4. Az állománysűrűség hatása a kukorica terméseredményeire

A kukoricatermesztés fontos eleme a tőszám és a vetésidő, ez a két tényező csak szakértelmet igényel, többletköltséget nem (Molnár és Sárvári 2005). Az alkalmazott tőszám jelentős mértékben járul hozzá a kukorica terméseredményeihez. I'só (1958b) hazai úttörő kísérleteiben már a magasabb tőszámon ért el nagyobb termést. Negyedszázados

tartamkísérletek eredményei alapján Györffy (1976) rámutatott, hogy – az akkori tőszámszintekhez képest is – a kukorica termése a sűrítés hatására nőtt, míg az egyedi produkció jelentősen csökkent. Ezt más kutatások szintén alátámasztották (Duncan, 1958, Gyenesné et al. 2002, Jolánkai 2005, Sárvári és Boros 2009a, Futó és Sárvári 2015). Testa et al. (2016) szintén megállapították, hogy a növények és a csövek morfológiai felépítését, illetve a termés mennyiségét nagyban befolyásolta a tőszám, de a területegységre jutó szemszám-növekedés mindezt ellensúlyozta (Testa et al. 2016).

Prior és Russell (1975) az akkori hibridek vizsgálata során azt állapították meg, hogy a termés az 51.400 hektáronkénti növényszám eléréséig növekedett, 72.000-es tőszámnál már csökkent. Moll és Kamprath (1977) arra az általános következtetésre jutott, hogy a tőszám növelésével lehet növelni a termést. Számos tudományos eredmény számol be az éréscsoport és állománysűrűség összefüggéseiről. Antal (2000) szerint a csíraszám megállapítása során az éréscsoport alapján kell dönteni: korai hibrideknél nagyobb, a későbbieknél kisebb, öntözött kukorica esetében pedig 20-25%-kal sűrűbb tőszámmal kell számolni. Boros és Sárvári (2008) adatai szerint is a sűrítéssel majdnem lineárisan nőtt a termés a korai fajták esetében, középérésűeknél eleinte kissé csökkent, majd a 75-90.000-es tőszámnál nőni kezdett, annak ellenére, hogy az egyes növények termése és csömérete csökkent. Kovács és Sárvári (1992) szerint régen az volt a nézet, hogy a tenyészidőnek megfelelően sűríthető a hibrid, tehát a korai jobban, mint a későbbi, de már a késői fajták között is van olyan, ami jól tűri a magasabb tőszámot. Sarlangue et al. (2007) szerint a rövidebb tenyészidejű hibrideket nagyobb tőszámmal kell vetni. Ezzel szemben Berzsenyi és Tokatlidis (2012) szerint a korai hibrideket alacsonyabb tőszámon kell vetni, mert hevesen reagálnak a környezet változásaira, különösen az alacsonyabb termékenységu területeken. Később Sárvári és Boros (2009b) meghatározták, hogy a FAO 200-300-as éréscsoportban 70-80.000 tő ha⁻¹, FAO 400-asban 65-75.000 tő ha⁻¹, FAO 500-as hibridek esetén 60-65.000 tő ha⁻¹ a javasolt állománysűrűség. Ezt további kutatások eredményei alapján 2012-ben Sárvári (2012) megerősítette. Sangoi (2000) szintén alátámasztotta az éréscsoport jelentőségét, mikor megállapította, hogy a területegységre jutó optimum 30.000 és 90.000 hektáronkénti növényszám között változhat a víz elérhetőségétől, a talaj termékenységtől, a fajta éréscsoportjától és a vetésidőtől függően. Kutatási eredményei alapján ezt azzal indokolta, hogy a korai hibridek, amelyek alacsonyabbak, kevesebb

levéllel bírnak, erektív levélállásúak, kisebb a címerük és a bibe- és hímvirágzás szinkronja is megfelelő, alkalmasabbakká váltak a magasabb tőszámon való termesztésre (Sangoi 2000). Sarlangue et al. (2007) kutatásaiban a tőszám növelésével az egységnyi területre eső biomassa is nőtt, szerintük ennek köszönhető a termés növekedése. **A legjobban a rövid tenyészidejű hibridek reagáltak a sűrítésre, ezt a középérésűek követték, a legrosszabbul pedig a későiek tűrték a magas tőszámot.** Megállapításuk szerint **a tőszámreakciót egyértelműen a hibridek karakterisztikája határozza meg.** Van Roekel és Coulter (2012) Minnesotában ezzel szemben nem talált összefüggést az éréscsoport és az optimális tőszám között.

Vannak más tényezők is, amelyek meghatározzák a tőszámválasztást. Pintér és Korom (1982) szerint bőséges tápanyag- és vízellátás esetén is csak a hibrid árnyéktűrése által megszabott határig szabad növelni a tőszámot az egységnyi területre jutó hozam csökkenése nélkül. Jó iránynak tartaná az árnyékolást jól tűrő, fényt jól hasznosító hibridek nemesítését. Jolánkai (2005) szerint az ideális hibridnek nagyobb asszimilációs teljesítménye, termése és kedvező harvest indexe van, ami két módon érhető el: alacsonyabb tőszámon két- vagy többcsöves típusok termesztésével, vagy a sűrítést jól tűrő, egycsővű, felálló levélzettel bíró típussal. A sűrítéskor a szemtermés részaránya romlik, csökken az egyedi produkció, de a nagyobb növényszám miatt végül a területegységre jutó termés nő. Gyenesné et al. (2002) is hasonló megállapítást tesznek. Kísérleteikben a tenyészterület szerepe meghatározó volt a hibridek egyedi csőtermés-produkciójának kialakításában, adataik szerint 44%-os növelés a tőszámban 17%-os csökkenést okozott az egyedi produkcióban, 88%-os sűrítés pedig már 28%-os redukciót jelentett.

Duncan (1958) vizsgálataiból kiderült, hogy az átlagtermés és a tőszám logaritmus értékei közötti kapcsolat lineáris. Meghatározott egy képletet melynek segítségével két tőszám és a tőszámokhoz tartozó termés adataiból becsülni tudta a maximális termést. Berzsenyi és Lap (2003) a növényszám és területegységre vetített termés között lévő összefüggést exponenciális és másodfokú függvényekkel írták le. Egyidejűleg alkalmaztak varianciaanalízist, stabilitásanalízist és regresszióanalízist, így több oldalról tudták megközelíteni a termés növény számtól függő változását. **A varianciaanalízis kimutatta, hogy a növény számhatás legtöbbször felülmúlta a hibridhatást.** Egy hibrid

sűrítetősége elsősorban a genetikai tulajdonságaitól függ. Kedvező, ha egy hibrid minél szélesebb tőszámoptimum intervallumban tudja megtartani a maximális termőképességét (Jolánkai 2005). Berzsenyi et al. (1994) széles tartományban, hektáronkénti 20.000 és 100.000-es növényszámot alkalmazva vizsgálták a hibrideket. Megállapították, hogy az egyedi produkció logaritmusa és a növényszám között igen szoros, lineáris az összefüggés, ennek ismeretében előre jelezhető a maximális terméshez tartozó tőszám. Berzsenyi (1992) kísérleteiben **a termés egy bizonyos szintig minden vizsgált évben szignifikánsan növekedett a tőszám sűrítésével**, ami kedvező évben 80.000, kedvezőtlen évben 40.000 hektáronkénti növényszámot jelentett. Ez alól az 1990-es év képezett kivételt, ami annyira száraz volt, hogy nem okozott szignifikáns növekedést a sűrítés. Berzsenyi (1996) a kukorica hektáronkénti szemtermésének változását a növény számtól függően egy másodfokú függvénnyel írta le, ami alapján a szemtermés szignifikánsan nőtt 20.000 és 80.000 hektáronkénti növény szám tartományban, majd efölött nem változott. **Nagy (1996) tartamkísérletekben vizsgálta a növény szám hatását, a varianciaanalízis eredményei alapján 6 évből 5-ben ez a hatás szignifikáns volt.** A növény szám hatást és a növény szám - talajművelés kölcsönhatást az eredményeinek vizsgálata során számított varianciaanalízis alapján a vízellátottságtól függően különbözőnek, de minden esetben szignifikánsnak találta. Berzsenyi és Lap (2005a) komplex kísérleteiben minden általuk vizsgált évben szignifikáns összefüggést mutatott a termés a trágyázással, a növény számmal és a hibriddel.

Sárvári és Boros (2008) kutatásai szerint egy hibrid sűrítetősége függ a hibrid genetikai tulajdonságától, tenyészidejétől, a termőhelyi adottságoktól, az évjáráthatástól és a víz- és tápanyagellátástól. Ha ezek az optimális tartományon belül vannak, a következő korlátozó tényezők a fényviszonyok, árnyékhatás és a rendelkezésre álló virágor mennyisége. Kísérleteikben a legmagasabb, 90.000-es tőszámon mérték a legnagyobb termést, bár a meddő növények száma is ott volt a legnagyobb. Sárvári és Boros (2010) egy későbbi kutatás eredményei szerint is a tőszám növelte a termést, a hibridek legmagasabb produkciójukat a 75.000 tő ha⁻¹ sűrűségen érték el.

Sárvári és Boros (2009a) szerint kedvező évjáratokban a hibridek magasabb tőszámon magasabb termést érnek el, mert az egyedi termés csökkenés kisebb, mint az egységnyi területre eső növekedés. A csapadékos időjárás is gátolja az egyedi potenciál csökkenését.

A kukorica tőszámoptimumát a hibrid genetikai tulajdonságai, vegetációs periódusa, a termőhely adottságai, az évjáráthatás, a víz- és tápanyagellátottság határozzák meg. Szoros kapcsolat áll fenn a kukorica hibridek termése és tőszáma között, ami fajtától és évjáráttól függően változó. A tőszám lehetséges növelése nagyban függ a gazdasági, biológiai és agrotechnikai faktoroktól. Mindegyik hibridnek nőtt a termése minden tőszám-emeléssel, a levélfelület-index szintén emelkedett. Ez azt mutatja, hogy **a jelenleg használt tőszámok túl alacsonyak ahhoz, hogy maximális termést érjünk el**. A magasabb tőszámok magasabb termést adtak, bár a tőszámreakció változott a helyek és az évjáratok váltakozásával (Hunter et al. 1970). Szignifikánsan legnagyobb termést minden esetben a legnagyobb tőszámon adták a fajták (Molnár és Sárvári 2005).

A biztonságos kukoricatermesztés elengedhetetlen feltétele a megfelelő hibridválasztás, a vetésváltás, a harmonikus tápanyag-visszapótlás és racionális vetésidő mellett az ökológiai-biológiai és agrotechnikai tényezőkkel összhangban lévő tőszámválasztás (Sárvári 2005). A tőszám növelésével egy bizonyos szintig a termés is emelhető megfelelő körülmények között, majd ha tovább növeljük a tőszámot, egy ponton csökkenni kezd a hozam (Gozubenli et al. 2004). Kedvezőtlen évjáratokban sokkal nehezebb a helyes tőszám megválasztása, elsősorban annak előre jelezhetetlensége, másrészt a fellépő környezeti stressz megjelenésének hektikussága miatt. A hazánkra jellemző változékony éghajlatban nem kiszámítható az, hogy mikor, milyen mértékű hőség vagy szárazság lép fel. Vári (2014) eredményei szerint átlagos körülmények között a tőszám növelésével párhuzamosan a termés is növekedett, aszályos évben azonban a kisebb tőszámon volt a legmagasabb termés. Ezzel szemben Máriás (2014) megállapította, hogy a 2012-es évben a kukorica számára kedvezőtlen időjárási viszonyok között az egyedi produktum kisebb volt, de a tőszám növelésével szignifikánsan nőtt a termés mennyisége. Korábban, más kutatásokban is ugyanerre a következtetésre jutottak Debrecenben. 2003 aszályos év volt, ennek ellenére a vizsgált hibridek a legmagasabb, 90.000-es tőszámon érték el a legnagyobb termést (Molnár és Sárvári 2005). Ezt az eredményt kapta Van Roekel és Coulter (2011) is, akik három éves kísérletben mindig a magasabb tőszámokon mérték a magasabb termést. Általános megállapítás az, hogy aszályos évben az alacsonyabb tőszám alkalmazása hoz kedvezőbb eredményeket, átlagos, vagy átlagon felüli csapadékellátottságú években viszont érdemes sűríteni az állományt.

Kutatásaik során Megyes és Nagy (1999) megállapították, hogy a túl magas növényszám növeli a termesztés kockázatát. A vonatkozó szakirodalom nem egységes, amit feltehetően hazánk környezeti változatossága, jelentős évjáratí ingadozása és az adott kísérletek körülményei indokolnak. Pepó et al. (2005) kutatásai szerint az állománysűrűségben történt változás nem okozott eltérést a termésben. Széleskörű kutatások eredményei alapján Vad és Pepó (2014) megállapították, hogy az általuk vizsgált agrotechnikai tényezők közül az állománysűrűség volt a legkisebb hatással a terméseredményekre.

Murányi (2015a) közlése szerint az általa vizsgált években szignifikáns különbség volt kimutatható a hibridek termésmennyisége között különböző növényszámot alkalmazva. A tőszám növelése, a sortávolság csökkentése a termés növekedését eredményezte. 5,63%-kal nőtt a termés a hibridek átlagában, termésmaximumukat 70.000 és 90.000 tő/ha tőszámon érték el. A sortávolság változása nagyobb termésnövekedést eredményezett a tőszám növelésekor a hagyományos sortávolságokhoz képest. **Kisebb sortávolságnál nagyobb tőszám alkalmazható, ami a kukoricanövények kedvezőbb térállásának köszönhető.** Véleménye szerint a sűrítetőség mellett a tőszám optimumot is meg kell határozni, illetve azt az intervallumot, amelyen belül a hibrid képes plasztikusan alkalmazkodni. A hagyományos sortávolság esetén kisebb optimum, de nagyobb intervallum jellemző a fajtákra (Murányi 2014). Murányi és Pepó (2014) kísérleteiben az egységnyi területre jutó növényszám növelésével a vizsgálatba volt mindkét sortáv esetében nőtt a termésmennyiség, a 45 cm-es sortávnál volt nagyobb a terméstöbbség. A legnagyobb növekedést az 50.000-ról 70.000-es tőszámra való emelés hozta. Megállapításuk szerint a tőszám fontos szerepet tölt be a termés kialakításában. Van Roekel és Coulter (2012) nem találtak összefüggést a sortávolság és az optimum tőszám között. Nafziger hasonló adatai szerint a sortáv változása nem befolyásolja a hibrid tőszámoptimumát, egy adott hibridre - a sorok távolságától függetlenül - egyféle tőszámoptimum jellemző. Hasonló jellegű kísérletben Sharratt és McWilliams (2005) megállapították, hogy a hagyományos vetéshez képest a szűkített soron vetett kukorica termése és vízfelhasználása is nagyobb lett, a gyökerek eloszlása is kiegyenlítettebb volt. Ennek az lehet az egyik oka, hogy a sorok közti távolság csökkentésével a nitrogén is nagyobb mértékben akkumulálódott (Barbieri et al. 2008).

3.5. Az optimális tőszám

A terület eltartókéességének és az ökológiai adottságoknak megfelelően megválasztott hibrid és tőszám a sikeres termesztés alapja. Minden hibridnek van optimuma és tőszámintervalluma, amit ha átlépünk, annak termés-csökkentő hatása lehet, tehát érdemes az ökológiai viszonyoknak és a ráfordítás színvonalának megfelelő, jó alkalmazkodóképességgel rendelkező hibridet választani (Sárvári 2014). Megyes és Nagy (1999) megállapítása szerint **az optimális tőszám meghatározásakor az időjárás, talajállapot, a talaj nedvességtartalma, a vetés ideje is fontos szempont, a túl ritka és túl sűrű állomány egyaránt gazdaságtalan lehet, ezért fontos minden köztermesztésben lévő hibrid optimumának meghatározása.** Ez a feladat nagy kihívás, hiszen minden hibrid egyedi módon reagál a tőszámsűrítésre. Az ideális tőállomány egyedi, fajtajelleg, a nagy biomasszát termő hibridek alacsonyabb optimummal jellemezhetők. Cross (1977) szerint a „stabil” hibridek esetén kisebb az összefüggés a genotípus és a környezet hatása között, míg ha ez az összefüggés nagyobb, instabilnak tekinthetők.

A kukorica az a fűfélé, amelyik a legérzékenyebb a tőszám változtatására, így mindig van egy területegységre vetített szükséges növény-szám, amelynek alkalmazása esetén a maximális termés realizálható. Az 1950-es években 35-40.000, az 1960-as években 50.000, az 1970-es években pedig már 55-60.000 körül alakult az optimális növény-szám hektáronként (Györfy 1979). Berzsenyi et al. (2013) szerint az optimális növény-szám 1981 és 2010 között 10 évenként 8100 növény/hektárral nőtt, 64.000 tő ha⁻¹-ről 80.000 tő ha⁻¹-ra.

Az optimális tőszám nagy gyakorlati jelentőséggel bír. Munkánk egyik fontos célja, hogy ezzel kapcsolatban is használható információkkal szolgáljunk, hiszen a termesztés eredményessége és biztonsága nagyban múlik a területegységre vetített tőszámon. Berzsenyi (2012) szerint a területegységre alkalmazott növény-szám jelentős növekedésen ment keresztül az elmúlt évtizedekben. Az új hibridek már magas növény-számnál is nagy genetikailag meghatározott termőképességgel bírnak, képesek tolerálni és hasznosítani a magasabb tőszámot. Meglátása szerint a gyakorlatban a széles termesztési optimumú, tág állománysűrűség-optimum intervallummal rendelkező hibridek a sikeresebbek. Tollenaar et al. (1992) kutatásaikkal azt igazolták, hogy az olyan kukorica hibridekre, amelyek a

környezeti stresszel, többek között a magasabb tőszámmal szemben toleránsak, nagyobb termékenység és csökkenő meddőség a jellemző. Hogy mekkora az optimális tőszám, az Sárvári et al. (2001) szerint a hibrid genetikai adottságától, az ökológiai viszonyoktól, az évjáratától, víz- és tápanyagellátástól és a termesztés intenzitásától is függ. **A nemesítési és fajtahasználati irányok fejlődése és a technológia változásai okán az új fajták alkalmasabbnak tűnnek a magasabb tőszámon történő termesztésre.** A termelés intenzívebbé válása közben az egyes hibridek esetén az optimális tőszámot és tőszám-intervallumot is meg kell határozni, ami még nem okoz termés-csökkenést. Ez az intervallum egy száraz és egy csapadékos év között akár 15-20.000 növény különbséget is jelenthet hektáronként, ami a vízfelhasználásban 50-70 mm-es eltérést is jelenthet (Molnár és Sárvári 2005, Széll et al. 2005).

Ha az optimális tőszámnál alacsonyabbat választunk, akkor fennáll annak a veszélye, hogy a túl ritka állományban a hibrid nem képes kifejteni genetikailag meghatározott termőképességét, mert nincs elég növény, így a termőhely adottságai is kihasználatlanul maradnak. A növényzet nem árnyékolja be a talajt eléggé, ami növeli az evaporációt, csökkenti a gyomelnyomó képességet, a fel nem használt tápanyagok pedig lemosódhatnak az altalajba, onnan pedig az élővizekbe (Menyhért és Csúrné 2004). Még abban az esetben is, amikor a termelő az optimális tartománynak megfelelő növény-számot veti kiváló csírázóképes-séggel, különböző faktorok (kórokozók, madarak, rovarok, víz hiánya) közrejátszhatnak a tényleges növény-szám alakulásában. Más fajokkal ellentétben, a kukoricában az állományból hiányzó növények melletti szomszédos egyedek nem tudják teljes mértékben kompenzálni a kiesők miatti termés-csökkenést (Pommel és Bonhomme, 1998).

Az optimális tőszám megállapításakor figyelembe vehetjük a genetikai tulajdonságokon felül az évjáratot vagy az alkalmazott agrotechnikát. Szárazabb években az intervallum alsó határát, kedvezőbb vízellátottságnál a magasabbat gazdaságos alkalmazni (Molnár és Sárvári 2005). Az optimum alatt elszalasztott lehetőségről beszélünk, felette felesleges befektetésről, hiszen az optimális tőszám elérése után szignifikáns csökkenés volt tapasztalható a termésben (Kamara et al. 2006). Ezért is fontos, hogy a hibridet optimális tőszámán termesszük (Ogunlela et al. 1988).

Ha az optimális tőszámon túllépünk, az többféle következménnyel is járhat, a csöképződés helyett meddőséget okozhat. Ilyen következmény többek között a bibe- és hímvirágzás szinkronjának eltolódása, vagy a fiatal szemek abortálódása (Sangoi 2000). Györffy (1979) szintén megállapította, hogy az optimális mértéket meghaladó sűrűség a csövek méretének csökkenését és meddő tövek megjelenését okozza. Lényegesnek tartja, hogy a tenyészterület és az éghajlati- és talajviszonyok összhangban legyenek. Árendás et al. (2000) a kukorica tőszámoptimumát 50-70.000 tő/ha körül határozták meg. Adataik szerint az indokolatlan túlsűrítés esetén a nagyobb tőszám már nem ellensúlyozza az egyes növényeken termett kisebb szemmennyiséget. A meddő tövek száma is nő, ami ki nem irtható „gyomként” elvonja a vizet és a tápanyagot a többi hasznos növénytől.

Az optimálisnál magasabb tőszám nemcsak a vízszükségletet növeli, de a szárazságra való érzékenységet és a meddő tövek arányát is. (Sárvári et al. 2007a). A szemtermés és a tőszám közötti kapcsolatot az elégtelen vízellátás is befolyásolja. Az optimális tőszám alacsonyabbá válik, ahogy a vízhiány által okozott stressz súlyosbodik (Averbeke és Marais 1992). Tokatlidis et al. (2011) szintén arra a következtetésre jutottak, hogy a kukoricahibridek optimális tőszám tartománya száraz körülmények között alacsonyabb, mint kedvező körülmények között, tehát a száraz helyeken alacsonyabb tőállományra van szükség az erőforrások lehető leghatékonyabb kihasználásához. Ezért érdemes száraz területeken tőszámfüggetlen hibrideket termesztetni, mert azok alacsonyabb tőszámon is gazdaságosak. Berzsényi et al. (2013) szintén megállapították, hogy az optimálisnál magasabb növényszám termés csökkentést okozott száraz években.

Edwards (2016) szerint minden termőhelyre felírható egy tőszám görbe, ami alapján megállapítható, hogy a vizsgált tőszám az adott körülmények között optimális, az alatti, vagy fölötti volt-e. Fontos a hibrid termőhelyi és évjárat stabilítása, a technológia tűrése és az alkalmazott tőszámtól való viszonylagos függetlensége is. A tőszámtól való függetlenség azt jelenti, hogy a hibrid alacsony és magas tőszámon is magas termésre képes, a tőszám változása nem befolyásolja az adott típus eredményességét (Berzsényi és Tokatlidis 2012). Sárvári et al. (2007a) szerint, ha egy hibrid jól sűríthető, akkor a tőszám növelésével emelkedik a területegységre vetített termés. Adataik szerint a tőszám hektáronkénti 10 ezer tővel való emelése 1,5-2 tonnával növeli a termést. Ezt Pepó és Murányi (2015) egy

későbbi kutatásban megerősítette, de szerintük az optimum elérése után a termés csökkenhet. Widdicombe és Thelen (2002) a legmagasabb, 90.000-es tőszámon mérték a legnagyobb termést, amiből arra következtettek, hogy a legmagasabb vizsgált tőszám nem érte el azt a szintet, ahol a legnagyobb termést realizálhatták volna.

Az optimális tőállomány fontos, annak kiegyenlítetttsége lényeges. A változó állománysűrűséggel szemben Pepó (2016) az optimális tőszám homogén beállítását javasolja, mert a kukorica csak részben tudja termésképző elemeivel kompenzálni az egyenetlenséget. Ezen elemek közé sorolja a második cső képzését és a cső- és szemméreteket. Bár az optimális tőszám genotípusonként változik, általánosságban megállapítható, hogy a legmagasabb termést a minél kiegyenlítettebb tőállomány esetében érhetjük el. Ez annak köszönhető, hogy a növény gyökereinek és leveleinek jobb térállása miatt, a növények jobban tudják hasznosítani a fényt és a vizet (Sharratt és McWilliams 2005).

Az optimális tőszám az az állománysűrűség, ahol a termesztésbe vont hibrid a területegységre vonatkozó genetikai potenciálját a legjobban megközelíti. Ez a tőszám nem esik egybe az egyedi produkció maximumához tartozó tőszámmal. Az egyedi produkció csökken a tőszám növelésével, a termés területegységre vetítve mégis nő az optimum eléréséig, majd ezt követően csökkenni kezd (Murányi és Pepó 2014). Minél nagyobb a növényenkénti potenciális termés, annál tágabb a tartomány, amelyben még optimális a termés, mivel a nagyobb egyedi produkció eltolja az optimum alsó határát (Berzsenyi 2012). Sárvári és Boros (2009b) eredményei is azt igazolják, hogy egyes hibridek jó évjáratban a legnagyobb tőszámon érték el a termésmaximumukat, mert bár a növények egyedi produkciója csökkent, az egységnyi területre mégis több termés jutott. Ezért fontosak az ilyen irányú kutatások és széleskörű tesztelések, az eredmények gyakorlat szempontú kiértékelése.

Murányi és Pepó (2014) szerint az egyes genotípusok optimális tőszámai között jelentős különbségek vannak, ami az egyedi környezettől is nagyban függ. Sárvári et al. (2007a) csoportosítása szerint a sűrítettség szempontjából a hibrideknek négy típusa van: a, jól sűrítető, b, nagy tőszámot nem igénylő, c, flexibilis csőtípusú és a d, növelésre érzékeny, szűk tőszámoptimumú fajták. Futó és Sárvári szintén (2015) hasonló

megállapításra jutott. Berzsenyi és Lap (2005b) szerint a széles optimális növényszám-tartománnyal bíró hibridek termésmaximuma kevésbé függ a nagy tőszámtól, kutatásaik eredményei alapján a termésstabilitás a terméskomponensek és más növényi tulajdonságok függvénye, valamint a termesztési környezet azon adottsága, hogy a hibrid képes maximalizálni a termését. Egyik ilyen lényeges, hazánkban meghatározó tényező a rendelkezésre álló víz mennyisége. A fenti kutatók meglátása szerint a gazdálkodók a várható csapadékmennyiség alapján választanak tőszámot, de a hosszútávú előrejelzések még nem elég megbízhatóak. Szerintük ezért érdemes a tőszámoptimum keretein belül tőszámot választani (Berzsenyi és Tokatlidis 2012).

3.6. A kukorica termését kialakító komponensek, azok fejlődésbiológiai háttere

A fűfélék közül a kukorica bír a legmagasabb terméspotenciállal. Ahhoz, hogy ezt a képességét a gazdálkodók minél jobban kiaknázhassák, minden morfológiai, fiziológiai tulajdonságát ismerni kell (Arif et al. 2010). A kukorica szemtermése számos komponensből áll. Lényegét tekintve a kukorica termésének fontos komponense az egységnyi területen termett szemek száma (Ritchie és Alagarswamy 2003, Rossini et al. 2011). Severini et al. (2011) szintén megállapítják, hogy a kukorica termésmennyisége a területegységre jutó szemek számából és az átlagos szemtömegből adódik össze. Nielsen (2004) a terméskomponensek közé az egységnyi területre jutó csövek számát, a csövenkénti sorok számát, a soronkénti szemek számát, a csövenkénti szemek számát sorolta. Banzinger et al. (2000) szerint **a kukorica termése a következő komponensekből áll: a területegységre jutó növényszám, a növényenkénti csövek száma, a csövenkénti szemek száma és azok tömege.** Hegyi (2003) szerint a legfontosabb terméselemek a csőszám tövenként, a szemsorszám, ezerszemtömeg és a szem-csutka arány. Szerinte az egy növényre jutó csőtömeg legnagyobb mértékben a tenyészterület nagyságától függ. Ottaviano és Camussi (1981) szerint a kukorica termése két fő komponens eredménye: a szemek száma és azok fejlődési képessége, valamint a megtermékenyítést követő periódusban a kukoricaszembe jutó száraanyag mennyisége.

A termés összefüggésben van a szemszámmal, viszont a pontos kifejeződésének időpontja még bizonytalan, függ a bibehányás előtti szakasztól, az azt követő időszaktól, de a hibrid olyan tulajdonságaitól is, mint a kétsővűség, vagy a csőméret (Otegui és Bonhomme 1998). A kukorica termése tehát nagyban függ a betakarításkori szemszámtól, amit pedig a növény bibehányás körüli fiziológiai állapota befolyásol (Andrade et al. 1999, Andrade et al. 2002, Uribe-larrea et al. 2007). Echarte et al. (2000) és Uribe-larrea et al. (2007) szerint **a szemszám a legfőbb terméskomponens**. A termés, a szemtömeg és az egy négyzetméterre jutó szemszám nagyban függ a hibridtől és az alkalmazott tőszámtól. **Az alkalmazott állománysűrűség hat a terméskomponensek kialakulására, később pedig a szemtelítődésre** (Van Roekel és Coulter 2012, Borrás és Westgate 2005, Setter et al. 2001). Poneleit et al. (1980) szerint a virágzás és megtermékenyülés után a kukorica effektív szemtelítődési szakaszának hossza összefüggésben van a terméssel, ezért fontos kritérium lehet a szelekciónál.

Hazánknak arid, szárazságra hajló és igen változatos a klímája. A kukorica fejlődésében a június-júliusi időszak meghatározó. Ekkor determinálódnak a terméskomponensek a növekedési periódus különböző fázisaiban. Az ebben az időszakban fellépő hő- és szárazságstressz jelentősen befolyásolja a terméskomponensek alakulását. Siband et al. (1999) megállapították, hogy a tőszám, illetve az általa okozott környezeti stressz kapcsolatba hozható a terméskomponensekkel. Adataik szerint minél később determinálódik egy tényező, annál alacsonyabb az az állománysűrűség, ahol a növények közötti versengés megkezdődik. Lafitte és Edmeades (1995) szerint a kukorica abiotikus stresszel szembeni toleranciája nagyban függ a röviddel virágzás utáni eseményektől. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy **a terméskomponensek és a környezeti faktorok szoros kapcsolatban állnak egymással, kölcsönhatásuk alakítja ki a lehetséges és végső termést.**

A területegységre vetített végleges növényszám a vetés után 30-45 nappal alakul ki, bár komolyabb stressz még ennél későbbi stádiumban is csökkentheti ezt a tulajdonságot. A felső csövek kialakulása akkor kezdődik, amikor a kukorica növény térdig ér és 10-14 nappal a nővirágzat megjelenése előtt fejeződik be. (Nielsen 2007b).

Nielsen (1996) szerint a vegetatív fejlődési időszakban (V5-V15) fellépő jelentős vízhiány jelentősen ronthatja a termés kialakulását a terméskomponensek érintettsége révén, ebben az időszakban dől el a legnagyobb lehetséges sorszám és a soronkénti szemek száma. Ezt erősíti meg Bene (2013), aki szerint a szemszám a nővirágzást megelőző két hétben, majd az azt követő három hétben determinálódik. A további stressz a szemek termékenyülését, kitelítődését tovább gátolhatja, súlyosbítva ezzel a kialakult helyzetet. Eck (1986) szerint a vegetatív fejlődés alatti vízhiány csökkentette a szemek számát, de nem volt hatással a szemtömegre. Kutatásai során a szemtelítődés alatt fellépő vízhiány nem csökkentette a zöldtömeget, de a szemtermést igen. Nielsen (2007a) kísérleti eredményei szerint, ha a vegetatív fejlődési periódusban a kukorica levelei csak a délutáni órákban sodródnak, az olyan szintű stresszt jelez, ami még nem elég jelentős ahhoz, hogy a csövek méretét csökkentse. Ha a sodródás röviddel napfelkelte után kezdődik és estig tart, az már lehet hatással a csőméret alakulására, a levelek felégése pedig mindenképpen a súlyos stressz tünete.

Ha virágzás környékén nitrogén hozzáadásával javítunk a kukorica életkörülményein, az befolyással van az egységnyi területre vetített szemszámmra és a lehetséges szemtömegre is (Melchiori és Caviglia 2008). Maddonni et al. (1998) szerint a szemtömeg a szemek telítődésének két fázisában alakul ki: az úgynevezett „lag” fázisban és az effektív szemtelítődési fázisban.

Testa et al. (2016) szerint a magas tőszám miatt kialakult kedvezőtlen körülmények növelik a növényeket érő stresszt, a növény egyedek produkciójának kárára megváltoztatják a felépítésüket és fejlődésüket, ám ezt teljes mértékben kompenzálja a területegységre jutó termés. Az egyedi produkció az egy növényre ható stressz faktorok növekedése miatt csökkent. Ezt igazolta Prine (1971), aki szerint minden vizsgált tulajdonság esetében jobban fejlődtek az alacsonyabb tőszámon vetett növények. Berzsenyi (1953) már korábban javasolta, hogy mindezek ellenére az új hibridekben rejlő potenciál és állományszintű kompenzációs képességük okán a gyakorlatban érdemes az eddig ajánlott tőszámnál kisebb tenyésztéssel próbálkozni.

Érdekes kérdéskör a proliferációs, vagy kétcsövűség kérdése. A fentiek alapján könnyen belátható, hogy a másodcső által hozott szemek esetenként jelentősen növelhetik a

termést. Russel (1968) és Sorrels et al. (1979) megállapították, hogy a másodcső csak rendkívül kedvező körülmények és az ajánlottnál jóval alacsonyabb tőszám alkalmazása mellett jelent meg. Ezt Sorrels et al. (1979) későbbi kutatási adatokkal megerősítették. Prine (1971) szerint a csövek tömegének átlaga viszonylag állandó, így a növényenkénti csövek száma befolyásolja leginkább a termés mennyiségét. Kedvezőtlen körülmények között a másodcső elhalása a bibehányást megelőző három napban kezdődik, mikor a felső csővel szembeni versenyt elveszíti (Collins 1963). A kukorica növény - a kétsövű is - általában egyetlen csövet fejleszt, ha magas hozamnak megfelelő körülmények között vetik, és itt elsősorban a megfelelő tőszám megválasztását kell kiemelni. Ha viszont a választott hibrid számára az adott termesztési környezetben alacsony tőszámot alkalmazunk, akkor másodcsövet is hozhat (Ritchie és Alagarswamy 2003). Tetio-Kagho és Gardner (1988) kutatásaiban tőszámtól és évjáráttól függően egy és három között változott a növényenkénti csövek száma. A kétsövű kukorica fajták olyan kompetitív helyzetben, mint a súlyos szárazság, vagy extenzív termesztési körülmények, képesek arra, hogy csak egy csövet fejlesszenek, hogy ezzel megelőzzék a növény pusztulását és szavatolják a termésbiztonságot. A többcsövűség fontos tulajdonság lehet Európa azon termesztési körzeteiben, ahol alacsony inputokkal, extenzív körülmények között és relatíve alacsony tőszámokkal dolgoznak.

3.7. A tőszám és a terméskomponensek interakciói

A terméskomponensek genetikailag meghatározott tulajdonságok, de hatással van rájuk az évjárat, az alkalmazott agrotechnika és a tenyésztési terület nagysága is. Gozubenli et al. (2004), Arif et al. (2010), Badahur et al. (1999) és Abuzar et al. (2011) kutatásaiban **a tőszám növelése szignifikáns hatással volt a termésre és a terméskomponensekre.**

Egyes agrotechnikai kutatásokban nem találtak szignifikáns összefüggést a vetés módja és a csövenkénti sorok száma, valamint az ezerszemtömeg között (Lack et al. 2012). Geadelmann és Peterson (1978) szerint a környezet, a tőszám, hibrid és ezek interakciója hatással voltak a szemnedvességre, a termésre, a csövek számára növényenként és a csőhosszra. Murányi (2016) kísérleteiben a sűrítés hatására ezeknek a tulajdonságoknak a

mértéke csökkenni kezdett, amit a szemtermésben kiegyenlített az egységnyi területre jutó egyedszámban való növekedés. Tehát a kukorica termésmennyisége és minősége több tényező kölcsönhatása révén determinálódik. Ezek lehetnek a hibridek genetikai tulajdonságai, a tenyésztő, évjárat és az agrotechnikai elemek. Bello et al. (2012) szerint a genotípusnak, illetve a genotípus és év együttes interakciójának volt szignifikáns hatása a csőtömegre és a szemtermésre. Bene (2013) szerint az egyes tényezők hatással vannak a terméskomponensekre, de maguk a tényezők is befolyásolják egymás alakulását, majd egymás hatását módosítva alakítják ki a termésmennyiséget.

Sárvári et al. (2001) szerint **a tőszám növelése csökkenti az egyedi produkciót, ami a meddő tövek számának emelkedésében, a proterandria növekedésében, a csövek szemmel való berakottságának csökkenésében, a csőhossz, a csőtömeg, a szemszám, a szemtömeg, az ezerszemtömeg, soronkénti szemek száma és a szemsorok számának redukálódásában nyilvánul meg.** Egy későbbi kutatás eredményei alapján megállapítják, hogy míg a hibridek ezerszemtömege csökkent a sűrítés hatására, a vízleadás folyamatának kedvezett a tőszámnövelés (Molnár és Sárvári 2005).

A tőszám növelése növényélettani szempontból környezeti stresszként jelenik meg az állomány növényegyedei számára. Siband et al. (1999) szerint a terméskomponensek növekedését limitálhatja az emelkedő növényszám abban az esetben, ha ez a sűrűség elég nagy ahhoz, hogy az egyes növények között versengés alakuljon ki. Így a hektáronkénti növényszám maximalizálja a terméskomponensek jellemzőit, ezáltal pedig a termést. A tőszám növelése minden vizsgált körülmény között negatívan hatott a csőméretre (Otegui és Bonhomme 1998). Shi et al. (2016) és Tollenaar et al. (1992) kísérleteiben **a szemszám és a szemtömeg voltak azok a terméskomponensek, amelyek a legintenzívebben reagáltak a tőszám változására.** Adataik szerint a növényenkénti szemek száma volt az a tulajdonság, amelyet a tőszám leginkább befolyásolt. NiK et al. (2011) kísérleteiben a tőszám változása minden vizsgált éréscsoportban hatással volt a termésre és terméskomponensekre, különös tekintettel az összes szemek számára és a soronkénti szemek számára. Testa et al. (2016) eredményei szerint a magasabb tőszám esetén a levelek kevésbé voltak zöldek, a cső rövidült, a szemek tömege és a soronkénti szemek száma is csökkent, az egyes növények termőképessége, azaz az egyedi produkció alacsonyabb lett a

csőtömeg és az ezerszemtömeg csökkenése által. Prine (1971) és Li et al. (2015) szintén megállapították, hogy az állomány sűrűségének növelésével az egy növényre jutó termés csökken leginkább a növényenkénti csövek számának csökkenése miatt, de a cső tömege is csökkent. Gozubenli et al. (2004) szerint leginkább a szár vastagságát, a szemek tömegét és a szemtermést befolyásolta, adatai szerint a magasabb tőszámon a növények magasabbra nőttek, a szárvastagság, a cső hossza, átmérője és a szemek tömege csökkent. A szemszám növényenként minden hibrid esetében lineárisan csökkent a növényszám növelésével. **Minden terméskomponensre negatívan hat a sűrítés, a vegetatív állapot és a virágzás közti időszakban az emelkedő tőszám indukálta versengés nagy hatással van a termés csökkenésre** (Hashemi et al. 2005). Gyenesné et al. (2002) kísérleteiben a főcső hosszúságára az évjárat volt a legnagyobb hatással, de a tőszám is csökkentette azt. Eredményeik alapján megállapítják, hogy a főcsövek szemtömege és ezerszemtömege csökkent a tőszám növelésével, a szemsorok száma állandó. Nagy (2012) tartamkísérletek eredményei alapján szintén megállapította, hogy a terméskomponensekre kis mértékben, de hatással van a sűrítés, legkevésbé a szemsorok számát befolyásolja. Tokatlidis et al. (2005) megállapítják, hogy a fagyak száma, a csőszám növényenként, csőhosszúság növekedett a tőszám csökkentésével. A terméskomponensekre erőteljes hatással vannak az agrotechnikai elemek is. Ugyanakkor Bene (2013) azt is megállapítja, hogy a terméskomponensek egymás kialakulását is befolyásolják, így nem egyenként, hanem egymás hatását módosítva együtt alakítják a terméseredményeket.

Az agrotechnikai elemek, műveletek hatása azon keresztül érvényesül, hogy az adott környezet – csapadék, hőösszeg - mennyiben befolyásolja annak mértékét. A pollenszórás megelőző szárazság szignifikánsan csökkenti a szemsorok számát, a szemek számát soronként és az ezerszemtömeget is (Moser et al. 2006). Chen et al. (2016) szerint a kukorica reakciója az abiotikus stresszre sokkal inkább mérhető a szemszámban, mint a szemtömegben. Ehhez kapcsolódik az a megállapítás is, hogy a fajták közötti szemtömeg különbség a genetikailag meghatározott source-sink hányados következménye, amelyre a környezet jelentős hatással bír, így a tőszám is (Gambín et al. 2006, Sala et al. 2007).

Nafziger szerint a vetőmag nemesítő vállalatok gyakran nevezik fajtaikat „flexibilisnek”, ami a hibridek azon képességére utal, hogy a sűrűség változására csöméret-

változással tudnak reagálni. Meglátása szerint **a flexibilis csőtípusú hibrideket kevésbé produktív talajon alacsonyabb tőszámon érdemes vetni, mert ilyenkor nagyobb csőmérettel kompenzálják. Ennek ellenkezője a fix csővű fajta, ami nagyobb mértékben képes fenntartani a csőméretet a növényállomány növekedésével, de a csökkenés nem okoz növekedést a csőméretben, vagy nem olyan mértékben, mint a flexibilis típusoknál.**

A hibridek ezerszemtömegét a termőhely módosította leginkább, de a tőszám növelésével is statisztikailag igazolhatóan csökkent (Gyenesné et al. 2002). Berzsenyi (2012) megállapítása szerint az egyedi szemtermés produkció a kompetíció következtében csökkent, főleg száraz években. Az ezerszemtömeg a környezeti hatásokra kevésbé változó komponens. Maddonni et al. (2006) kutatásaiban a tőszámnövekedés növelte a termést és a szemek számát, de a szemtömeget csökkentette. Megfigyeléseik szerint a vetés egyenetlenségének változása nem növelte vagy csökkentette a termést.

3.8. A tőszám és az agronómiai tulajdonságok kapcsolata

A tőszám vagy állománysűrűség változása hatással van a hibridek agronómiai tulajdonságaira. Ahhoz, hogy megfelelő legyen a termés, szükség van arra, hogy a növények közötti tér egyenletes legyen az optimális tőszámon, a talaj megfelelő termőképességű legyen és a gyomirtás is megtörténjen (Runge és Hons 1999).

A hímvirágzás időpontja nincs összefüggésben az állománysűrűséggel, a nővirágzás viszont minden esetben késik a sűrítéssel egyidőben. A magas tőszám tűrése és a proterandria mértéke között szoros az összefüggés. Ha egy hibrid nővirágzása sűrű állományban késik, az általában nem jól tűri a sűrítést. (Győrfy, 1979).

A talaj vagy a kelés egyenetlensége miatti hiányzó egyedek által okozott termés kiesést csak csekély mértékben tudják a szomszédos növények kompenzálni. Ez fokozza a növény és növény közötti különbségeket, ami a tőszám növelésével tovább súlyosbodik. A növények közötti különbség növekedése az erőforrások gazdaságtalanabb felhasználását vonja maga után, ami pedig termés csökkenést eredményez. A növények közötti variabilitás

a hím- és nővirágzás szinkronjára is kedvezőtlenül hat, ami pedig a meddő növények számát befolyásolja (Tokatlidis és Koutroubas 2004). Kamara et al. (2006) kísérletei igazolták, hogy **a genotípusok és tőszámok változása szignifikáns hatással volt az 50%-os nővirágzásra, a bibe- és címervirágzás szinkronjára, a növényenkénti csövek számára, a termésre, valamint a gyökérdőlésre.** Az 50%-os bibe- és címervirágzás ideje a tőszám növelésével vált egyre későbbivé. A magasabb tőszámok növelték a meddőséget is, a régebbi hibridek esetében egy növényre kevesebb cső jutott, a hím- és nővirágzás szinkronja is ezek esetében csúszott el jobban (Kamara et al. 2006). Ritchie és Alagarswamy (2003) adatai szerint a meddőség gyakorisága nagyobb, ha az egy négyzetméterre jutó növény szám nagyobb, mint 10. A pollenszórás és bibehányás közötti periódus meghosszabbodása az egyik fő oka a meddőség fokozódásának és hátrányos a végső termésre nézve is. A bibe késői megjelenése a csövenkénti szemek számában is csökkenést okoz. A címer fejlődését szintén befolyásolja a növény számbeli változás (Hashemi-Dezfouli és Herbert 1992). Borrás et al. (2007) szerint a tőszám növelése jobban befolyásolta a nővirágzás dinamikáját, mint a hím- és címervirágzásét, a pollen produktivitást növényenként, a pollenszórás hosszát minden vizsgált hibrid esetében csökkentette. Véleményük szerint a nővirágzás időpontja nagyban függ a virágzás idején jelenlévő környezeti hatásoktól. Kevésbé kedvező körülmények között a nővirágzás kezdete késik a hím- és címervirágzás időpontjához képest. Ennek az intervallumnak a neve angolul ASI (anthesis silking interval), ami a pollenszórás kezdete és a fogadóképes bibe megjelenése között eltelt időt jelenti napokban kifejezve. A bibehányásig eltelt idő függ a cső szintjén történő biomasz felhalmozódástól, mivel a nővirágzás minden egyes növényenél egy olyan fejlődési stádium, ami a cső fejlődésével van összefüggésben. A növény szám változása hatással volt a biomasz mennyiségére, a növény magasságra, a növényenkénti csövek számára, különösen nagy hatással volt az öntözővíz felhasználására és a termésre (Welde és Gebremariam 2016).

Vári és Pepó (2011) háromféle vetésváltási modellt alkalmaztak, egyik esetében sem volt összefüggés a tőszám és az agronómiai tulajdonságok között. Liu et al. (2004) kutatásai szerint az évek és kísérleti helyek átlagát tekintve a termésrel nem volt összefüggésben a növények eloszlásának változatossága, ahogy a levelek számát, a növény magasságot, a levélfelület-indexet, a harvest-indexet sem befolyásolta, nem okozott több szártörést vagy meddő töveket sem, az uniformitás a növények elhelyezkedésében

tehát nincs befolyással ezekre a tényezőkre. Gözübenli (2010) megállapítása szerint a növénymagasság és csőmagasság nőtt a tőszám növelésével, a szárvastagság viszont csökkent. A hektoliter tömeget a genotípus nagyobb részben befolyásolja, mint a növényszám. Berzsenyi és Lap (2006a) megállapítása szerint a növényszám növelése nagyobb mértékben csökkentette a reprodukív szervek tömegét, mint a vegetatív szervekét. Jolliffe et al. (1990) szerint a tőszámnövelés hatására a szárazanyag csökkenése a hajtásban a csökkent levélfelülettel magyarázható, ami magával hozza a talajban lévő tápanyagokért és oxigénért folyó versenyt. Echarte et al. (2006) szerint az újabb hibridek esetében a források megvonása nagyobb csökkenést okozott a szemtömegben, mint a régi hibrideknél. Ez azt jelzi, hogy a szemtömeg stabilitása ezeknél a fajtáknál kisebb szemkitelítődés idején. A sortáv fordítva korrelált a terméssel, a sortáv csökkentésével, következésképpen a tőszám növelésére a szártörés enyhén nőtt. Jagtap et al. (1998) kísérleteiben a tőszám szignifikáns hatással volt a termésre, szemnedvességre, hektolitertömegre, a korai hibrideknek gyorsabb volt a vízleadása, a késői hibrideknek viszont folyamatosan magas volt a szemnedvessége. A növények minden részének fejlődése lineárisan csökkent a tőszám növelésével.

Sárvári et al. (2007b) kutatásaiban a fehérje- és olajtartalom csökkent, a keményítő-tartalom nőtt a tőszám növelésével. Borrás et al. (2003), szintén megállapították a fehérjetartalom csökkenését a sűrítés hatására. Azok a hibridek, amelyeknek normál tőszámon magasabb volt a fehérjetartalma, nagyobb csökkenést mutattak magasabb tőszámon. Amelyeknek viszont alacsony volt a fehérjekoncentrációjuk kisebb stressz esetén, sűrűbben vetve magasabbat produkáltak. Ebből Josipovic et al. (2007) arra következtettek, hogy az öntözés és a tőszám változtatása nem hatott ezekre a tulajdonságokra. Borrás et al. (2002) szerint a szemek fehérjetartalma sokkal inkább függ a rendelkezésre álló erőforrások mennyiségétől, mint az olaj- és keményítő-tartalomtól, az általa vizsgált esetben a két vizsgált tőszám között nem volt szignifikáns különbség a lehetséges keményítő, fehérje és olajtartalomban.

Farnham (2001) a kutatásai során tapasztalt erős hibrid - sortáv interakcióból arra következtet, hogy bizonyos hibridek jobban teljesítenek szűkebb sortávok alkalmazásával. A tág és szűk sortávok esetében az optimális tőszámok hasonlóak voltak, amiből arra következtet, hogy a sortáv változtatásával egyidőben nincs szükség a tőszám módosítására.

A kukoricahibridek eltérően reagálnak a tőszámra. A legjobb fajták kiválasztása széles kísérleti hálózatokban azt eredményezte, hogy az árnyékolással szembeni tolerancia megnőtt az újabb hibridek esetében. Sangoi et al. (2002) kutatásaiban **a tőszám növelése a meddőséget, a hím- és nővirágzás szinkronjának eltolódását és a szemek számának csökkenését okozta minden fajta esetében, de ez a hatás a régebbi hibridek esetében még drasztikusabb volt.** Uribearrea et al. (2002) kutatásai szerint az újabb fajták nagyobb toleranciája három összetevőnek köszönhető: a címerbe kevesebb szárazanyag jut, ami segít a hím- és nővirágzás szinkronjának fenntartásában; kompaktabbak, rövidebbek a növények, kevesebb és erektivebb levéllel a napsugárzás jobb felhasználása érdekében, és alacsonyabb a csőhelyeződés, ami a szártöréssel szembeni ellenállóságot növeli.

A környezeti faktorok jelentősen befolyásolják a termesztett növények termését. Kukorica esetében a szárazság az egyik legfőbb limitáló tényező, ami a virágzás idején okozza a legtöbb kárt (Ribaut et al. 1997). Menyhért (1985) megállapította, hogy a címer csőfejlődéssel szemben tapasztalt elsősége növeli a proterandria időintervallumát, szélsőséges esetben az is előfordulhat, hogy a címer- és nővirágzás nem esik egybe, ezt a különbséget a környezeti stressz, a magas tőszám tovább ronthatja. Abuzar et al. (2011) kutatásaik során leírták, hogy a sűrítés okozta nagy stressz esetén a később fejlődő virágkezdemények nem képesek magot hozni, illetve mire a lassan növvő bibeszálak végül megjelennek, nincs, vagy csak kevés pollen áll rendelkezésre a megtermékenyítéshez. Edmeades és Daynard (1979) kutatási eredményei szerint a tőszám növelése szintén késleltette a nővirágzást, a hímvirágzásra viszont nem volt szignifikáns hatása, ugyanakkor a termés növényenként drasztikusan csökkent. Berzsenyi (2012) szintén megállapította, hogy a magasabb növényszám a hímvirágzásig szükséges időt nem befolyásolja, a nővirágzásig eltelt idő viszont nő. A hím- és nővirágzás közötti időtartam nő magas tőszámon, ami nagyban közrejátszik a meddő tövek számának emelkedésében. Badahur et al. (1999) kutatásai szerint a tőszám növelésével a szár átmérője szignifikánsan csökken, ahogy a levelek száma is, a szárazanyag felhalmozódása viszont nő.

Ogunlela et al. (1988) kísérleteiben a tőszám emelése 25.000-ről 75.000 tő ha⁻¹-ra a növénymagasság emelkedését, a szárazanyag tartalom felhalmozódását és késleltetett címerkivirágzást eredményezett, ezzel egyidőben a szár átmérője kisebb lett, a szemméret és

az egy növényre jutó csövek száma is csökkent. A növénymagasság nem változott szignifikánsan a sűrítés hatására. Cakir (2004) szerint a vegetatív fejlődés különböző fázisaiban a kukorica sokszor erősen reagál a magas tőszám következtében fellépő vízhiány okozta stresszre, ez a gyors fejlődés időszakában például a növénymagasságra is hatással van. Pintér (1980) kísérleteiben a fattyúhajtások aránya az ötven centiméteres sortáv esetén volt nagyobb, a legnagyobb termést adó tőszámnál viszont már elenyésző, nem kapott viszont megbízható különbséget a különböző tőszámok között a növénymagasságban és a keléstől a növirágzásig eltelt napok számában. Sener et al. (2004) és Sharifi et al. (2009) szerint a kukoricahibridek eltérően reagálnak a különböző tőszámokra és sortávra, a növénymagasság, a szár átmérője, a csőhosszúság, csőátmérő, termés hibridenként változott. Severini et al. (2011) kísérleteiben a tőszám csökkentése virágzás előtt felgyorsította a növények fejlődését. Az öntözés címerhányás idején rendkívüli mértékben hozzájárult a fejlődéshez, ami már az öntözés után hét nappal látható volt, míg a vízhiány okozta stressz a csőfejlődés idején és a tejes fázisban az alsó levelek elvesztését okozta és csökkentette a szárazanyag tartalmat és a termést (Cakir 2004). A vízhiány okozta stressz, a fény minősége és az árnyékolás olyan faktorok, amelyek a termést és termés komponenseket a különböző fejlődési stádiumokban befolyásolják (Lesoing és Francis 1999). Vári és Pepó (2011) kutatásaiban a tőszám növelése az üszög- és csőfuzárium fertőzés mértékét, illetve a döntési próba értékeket sem befolyásolta jelentősen, a termés viszont emelkedett. Berzsenyi (2012) adatai szerint a meddő tövek aránya növekedett sűrítéskor, főleg kedvezőtlen évjáratban, a növényszám növelésével a meddő tövek aránya exponenciálisan nőtt, a dőlt növények aránya is fokozatosan emelkedett. Kováts és Sárvári (1992) szerint a túl sűrű állomány esetén nő a meddő tövek száma, csökken a termés, a szár állóképessége, nő a fuzáriumos szártőkorhadásra való fogékonyság.

Ezzel szemben Sangoi (2000) szerint a kukoricát magas tőszámon kell termesztetni, hogy ezzel maximalizáljuk a napsugárzás leghatékonyabb kihasználását, bár magas tőszámon a napsugárzásból nyert energia kukoricaszemmé alakítása több faktor által is korlátozva van. Meglátása szerint ilyenek az apikális dominancia, proterandria, a cső differenciálódásának késése, a bibe- és hímvirágzás időben eltolódása és a meddőség. Ugyanakkor fontos Maddonni et al. (2001) azon megállapítása, hogy a kukorica hajtása nagyon érzékeny a növények elrendezésére, gyorsan reagál a fény változásaira.

Coulter et al. (2011) kísérleteikben a kukorica tőszámcsökkenésre adott reakcióját vizsgálták különböző vegetatív fejlődési stádiumokban. Megállapították, hogy egészen a késői vegetatív állapotig a növények képesek valamilyen szinten kompenzálni a hiányzó növények által okozott termés kiesést a növényenkénti szemszám és a talaj feletti zöldtömeg növeléssel.

A levélfelület-index is olyan jellemző, amit a tőszám nagymértékben meghatároz (Averbeke és Marais 1992). Murányi (2015b) kutatásaiban a különböző tőszámokon mért levélfelület-index nem volt jelentős mértékben különböző 2-4 leveles fejlettségi állapotban, később viszont virágzás idején már szignifikáns különbségek voltak. Reszkető és Pék (2001) megállapítása szerint az eltérő tenyészidejű hibridek tőszám reakciója is eltér, az összefüggéseket tovább bonyolítja a növekedés dinamikája, levélfelülete, termésadatai. Kísérleti eredményeik alapján a hibridek levélfelület-indexe nőtt a sűrítés hatására, 80.000-es tőszámon érte el a maximumot, ezen az állománysűrűségen a szeneszencia az alsó levelek leszáradásával előbb megindult. Berzsenyi és Lap (2006b) kutatásai szerint a relatív növekedési sebesség és a nettó asszimilációs ráta értéke következetesen csökkent, a levélfelület arány értéke pedig nőtt a növényszám növelésével. Tetio-Kagho és Gardner (1988) kísérletében a tőszám emelése a négyzetméterenkénti 3,5 növényig a levélfelület-index mértékét a kritikusra emelte. A növénymagasság is a maximumig nőtt, majd csökkenni kezdett. A másod- és harmadcső bizonyos sűrűség felett eltűnt, adataik szerint a csövenkénti sorok száma, a soronkénti szemek száma és csövenkénti szemek száma nagyban függ a növény számtól. Petr et al. (1985) szerint a magasabban lévő virágkezdemény gátolja az alacsonyabban lévőket, ez elpusztul, a virágzás során a csőnek egy része fejlődik ki, egy fő, esetleg egy másodlagos cső marad meg. A megtermékenyített petesejtek csak egy részéből fejlődik mag, egyes magok pedig nem telítődnek asszimilátákkal. A magtelítődés sebessége összefügg a fotoszintézis virágzás utáni sebességével, a levélfelület nagyságával, valamint a telítődési időszak hosszával. A növény szám növelése 20.000-től 120.000 növény ha⁻¹-ig csökkentette a növényenkénti szárazanyag-termelést és a növekedés dinamikáját, a termésnövekedés sebessége nőtt, a relatív növekedési sebesség kismértékben csökkent (Berzsenyi 1990).

A változó tőszám meghatározza a környezeti forrásokhoz való hozzáférés mértékét is. A rendelkezésre álló fénymennyiség befolyásolja a termés mennyiségét a tőszám növelése esetén, az alacsonyabban lévő levelekre alacsonyabb fényintenzitás jut az árnyékolás miatt. Előfordulhat, hogy ezek a levelek csak minimálisan, vagy nem vesznek részt a csövek fejlesztésében, és akár parazitává is válhatnak (Prine 1971). Borrás et al. (2003) megállapítják, hogy a tőszámok közötti különbség nem befolyásolta az alsó levelek elhalásának kezdetét a V6-V9 fejlődési stádiumban. Prine (1971) szerint a bibehányás környékén van egy olyan kritikus időszaka a kukorica fejlődésének, amikor a nem megfelelő fényellátás a csövek abortálásához vezethet. Ez a kritikus időszak nem esik egybe minden növénynél, körülbelül 10-12 napos intervallumot jelent azok fejlődése során. Ennek az a következménye, hogy egy rövid fénymentes időszak (például egy felhős nap) csak a növények kis hányadánál okoz terméscsökkenést. Sárvári (2014) megállapítása szerint a korszerű hibridek levélzetének nagyobb része a cső felett helyezkedik el, így nagyobb a hasznos levélterület, aminek köszönhetően nagyobb a fotoszintézis aktivitás, ezáltal a termés. Az ilyen fajták jobban is sűrítethetők, ami részint a növénystruktúra átalakulásával is magyarázható. A szűkített sortávon vetett erektív típusok termésnövekedése feltételezhetően annak köszönhető, hogy bibehányás körül több fény éri a leveleket (Maddonni et al. 2006). Pepó és Murányi (2015b) szerint a korszerű hibridek kedvezően reagálnak a tőszám változására, kísérleteikben az emelkedő tőszám növelte a LAI értékeket.

Tollenaar és Lee (2002) szerint a megnövekedett stressztűrő-képesség annak is köszönhető, hogy a modern hibridnemesítő programok széles alkalmazkodóképességű hibrideket fejlesztettek, amelyeknek nagyobb a termésstabilitása. **A megnövekedett termőképesség szoros összefüggést mutat a jobb stressztoleranciával, főleg a növények közötti versengés tűrésével. Ennek eredményeként a modern hibridek képesek magasabb tőszámon több szemtermést produkálni** (Gonzalo et al. 2006).

Carlone és Russell (1987) szerint az újabb hibridek előnye a régiekhez képest részben az, hogy képesek tolerálni és kiaknázni a magasabb tőszámot, mindamelllett a különböző biotikus és abiotikus (szárazság, N-hiány, gyökérgödölés, kártevők, meddőség) stressztípusokra is jól reagálnak (Duvick 1997). Ezt erősítették meg kutatásaikkal Chen et

al. (2016), akik 38 év Dekalb hibridjeit vizsgálták. Eredményeik alapján megállapították, hogy a szemtermés fejlődése folyamatos volt az elmúlt évtizedekben minden tőszámon. Adataik szerint bár nem a legmagasabb tőszám hozta a legnagyobb termést, az újabb hibridek jobb teljesítménye megmutatja, hogy a stresszre adott reakciójuk jelentős mértékben fejlődött. Fontos megállapításuk, hogy a környezet - genotípus interakció sokkal kisebb hatással van a termésre az újabb hibridek esetében. Ezzel a megközelítéssel egyezik Kamara et al. (2006) véleménye is, szerintük a kukoricahibridek genetikai előrehaladása a megnövekedett szárazságstressz területén oda vezetett, hogy megnőtt a termés annak köszönhetően, hogy a növények jobban tűrik a sűrítést. Kamara et al. (2006) kísérletében az 53 333 tő/ha feletti sűrűség esetén, a régi nemesítésű hibridek termésmennyisége csökkenni kezdett, ami annak tudható be, hogy ezek a hibridek alacsony tőszámon kerültek kiszelektálásra, ezért nem tolerálják a tőszám stresszt. A második évezredben nemesített hibridek minden tőszámon túlteljesítették a '80-as, '90-es évek hibridjeit. Cox (1996) szerint a modern hibridek jobban tolerálják a tőszámsűrítést, mint a régiek. Vizsgálataiban a prolikus hibridek esetében a tőszám növelése és a szárazanyag felhalmozódása valamint a termés növekedése között majdnem lineáris volt az összefüggés. NiK et al. (2011) eredményei szerint **a kukoricahibridek új generációjára jellemző, hogy jobban tűrik a magasabb tőszámot, mert már ilyen körülmények között kerültek kiválasztásra.** Sárvári et al. (2001) megállapították, hogy a korszerű hibridek plasztikusan viselkednek a tőszámsűrítéssel szemben és széles tőszámoptimum-intervallummal rendelkeznek. Meglátásuk szerint a tőszám-sűríthetőség genetikailag meghatározott tulajdonság.

Qian et al. (2016) kutatásai szerint az újabb hibridek növényenkénti és egységnyi területre jutó termésmennyisége nagyobb, függetlenül a tőszámtól és a rendelkezésre álló nitrogéntől. Adataik szerint az 1970-ben és 2000-ben piacra került hibridek között hektáronként 1750 növény a különbség az optimális tőszámot illetően. Véleményük szerint különösen magas tőszámon, a törés, dőlés és a meddő tövek száma esetében is a modern hibridek teljesítettek jobban. Echarte et al. (2006) szerint az újabb hibridek termése magasabb, mint a régieké, amihez a növényenkénti szemek számában való változás járul hozzá a legnagyobb mértékben. Sangoi (2000) szerint a kukorica jelentős termésmnövekedésen ment át ebben az évszázadban a heterózis és a produktívabb genotípusok alkalmazásának köszönhetően. Ennek a változásnak fontos eleme a magasabb

tőszám túrése. A többféle környezeten átívelő szelekció a stressztoleranciára és inputokra való reakcióra vezetett a magas termőképességű hibridek fejlesztéséhez, amelyek termése nagyban függ a magas tőszámtól (Tokatlidis et al. 2001).

Nagy (2007) szerint a kukoricahibridek genetikai termőképességét többek között úgy lehet növelni, ha a magas növény számmal szembeni toleranciát javítjuk, miközben a kisebb mértékű stressz hatás alatti potenciális termést is növeljük. Véleménye szerint az új hibridek egyedi szemtermése kisebb lett, de jobban bírják a sűrítést. Kutatásai szerint az évjárat és a növény szám erősebben módosítja a termés komponenseket, mint az agrotechnika.

A hazánkra jellemző kiszámíthatatlan időjárás miatt, a termésbiztonság érdekében a konzervatívabb fajtahasználat javasolt. Sárvári (1995) megfogalmazta, hogy a hibridek tenyészterület-igénye, sűrítetősége megváltozott a termesztés intenzívebbé válásával, az újabb nemesítésű hibridek köztermesztésbe kerülésével. Véleménye szerint a tőszám továbbra sem növelhető korlátlanul, csak egy meghatározott mértékig. Széll és Makra (2012) szerint napjainkban nagyobb egyedi terméssel rendelkező hibrideket nemesítenek, amelyek alacsony tőszámon is képesek nagy produkcióra, így nem áll fenn a túlsűrítés veszélye, valamint nagyobb csövek vagy két cső növesztésével képesek kihasználni a kedvezőbb körülményeket. Menyhért (1985) szerint **a hibridek között jelentős eltérés van a nagy populációtűrő képességük tekintetében. Minden fajta esetén egyedileg szükséges felmérni, hogy a hőellátottságtól, tápanyag-ellátottságtól, vízellátottságtól, a talaj kultúrállapotától és a vetésidőtől függően mekkora lehet a tőszám.** Sárvári (2005) szintén megfogalmazza, hogy hazánkban a tőszám és termés közötti összefüggés változik a hibridtől és az évjáratától függően, ezért a hibridek növény szám reakciója évenként más mintázatot mutatott, ami azt jelzi, hogy lehetséges és szükséges is a hibridspecifikus növény szám reakciót meghatározni (Berzsenyi és Lap 2005b).

Míg a modern hibridek sikere erősen függ a magas tőszámtól (Tokatlidis és Koutroubas 2004) a tőszám ajánlások nehézsége az, hogy minden hibrid egyedi reakciót mutat és a környezeti tényezők, különösen az évjárat jelentős hatással vannak a végső eredményekre. A genotípusok egyedi reakcióját nagyban meghatározza a genetika és a hibrid vegetációs periódusa, a körülmények, évjárat, a víz- és tápanyag ellátottság (Sárvári

et al. 2007b). Ezen megállapítást erősíti meg Murányi (2015a), aki szerint a különböző genotípusú hibridek eltérően reagáltak a tőszám változásaira. Dow et al. (1984) megállapították, hogy a tőszám és a hibrid között szoros interakció áll fenn és jelentős genotípus különbségek vannak a háttérben magas tőszámra adott reakciók között. Pálovics és Sárvári (2006) szerint egyes hibridek érzékenyek a tőszám sűrítésre, mások kevésbé. Véleményük szerint a tőszámérzékeny hibridek a víz- és fényellátottság hiányára érzékenyek, ezért a fajtaspecifikus kukoricatermesztés során szükséges a hibridspecifikus tőszám kialakítása. Ehhez kapcsolódnak Nagy (2012) tartamkísérleti eredményei is. Szerinte **az állománysűrűséget hibridspecifikusan kell meghatározni a termőhelyi és agronómiai feltételeket figyelembe véve**. Kutatásaiban igazolta, hogy az újabb hibridek jobban tűrik a nagyobb növényszámot, a sűrűbb állományban való szelekció eredményeként a modern hibridek függővé váltak az optimális növényszámtól. Meglátása szerint a genetikai termésnövelés további módja a magas tőszámmal szembeni tolerancia és a potenciális termés növelése kis stresszhatással bíró környezetben. Murányi és Pepó (2014) szerint vannak genotípusok, melyek relatíve kismértékben változtatják terméseredményüket a tőszám hatására, más hibridek adott tőszám mellett adják termésmaximumukat. Eredményeik alapján megállapították, hogy a szűk optimumúak kevésbé alkalmasak az eltérő agrotechnikai, termőhelyi feltételek között való termesztésre, mint a tág tőszámoptimumúak. Tőszámfüggetlen alatt azokat a fajtákat értjük, amelyek széles tőszámintervallumon képesek a legmagasabb terméshozamot produkálni (Tokatlidis et al. 2005). A tőszám növelése és a nitrogén hozzáadása a tőszámtoleráns hibridek esetében a termés maximalizálásához vezethet területegységre vetítve (Al Naggari et al. 2015), ugyanakkor fontos, hogy a fajta tőszám- és műtrágya reakciói kölcsönösen függenek egymástól, aminek mértéke függ a genotípustól és az évjáráthatástól (Lap és Berzsényi 1993). Tokatlidis et al. (2011) szerint a tőszámfüggő genotípusok hátránya, hogy eredményük nagyban függ a kivetett magszámtól, érzékenyek az alkalmazott állománysűrűsége, illetve szárazsággal súlytott körülmények közötti alkalmazásuk kockázatos. A tőszámtól függetlenek viszont széles tőszám-skálán képesek optimalizálni a termésüket, használatuk ezért előnyös. Berzsényi és Tokatlidis (2012) véleménye szerint az olyan hibridek választása, amelyek koraiak és tőszámfüggetlenek, ideális megoldást jelenthetnek a szezon végén elégtelen csapadékkal bíró régiókban.

3.9. A nemesítés és a termesztéstechnológia lehetőségei a terméskomponensek tekintetében

A biológiai alapok fejlődése töretlen, a termesztéstechnológia alkalmazott eszközrendszere ugyanakkor nem fejlődik egységesen és nem minden esetben szolgálja a rendelkezésre álló fajtakínálat hatékony és maximális kihasználását. Már Györfly (1979) vizsgálatai szerint, 1979-ben is 147 kg volt a hektáronkénti termésnövekedés, a növénynemesítés fejlődése lineáris volt az adatok tükrében. Napjainkban is igaz, hogy a genetikai előrehaladás folyamatos, ugyanakkor ennek eredménye a termőföldön a hektikus környezet miatt nem minden évjáratban realizálódik.

Ipsilandis és Vafias (2005) szerint a kukorica nemesítése a stresszel szemben való toleranciát és az inputok jobb felhasználását eredményezte, de nem volt képes növelni a kukoricánövények lehetséges egyedi produkcióját. Meglátásuk szerint **a modern hibridek nagy termőképességgel bírnak, de ez a magas tőszámon és megfelelő optimumon való termesztés függvénye.** Szerintük ez az optimális intervallum pedig szűk az újabb fajták esetében. A magas tőszám a növények között variabilitást, meddőséget is okozhat, és negatív hatással bír a teljesítmény stabilitására. Tokatlidis és Koutroubas (2004) szerint a modern hibridek területegységre vetített termésmennyiségének emelkedése a magasabb optimális tőszámnak, illetve annak túrésának, az ez irányú sikeres szelekciónak köszönhető, nem pedig az egyes növények magasabb potenciáljának. Ez a tulajdonság a különféle stressztényezőkkel szembeni ellenállóképességből adódik. Ehhez kapcsolódik Szieberth et al. (2008) véleménye is. Szerintük a nemesítés egyre több, az adaptálódó képességgel összefüggő problémát megold, és a termőképességet is fejleszti, így mindig van lehetőség rekordtermést elérni, ugyanakkor a minimumok sokkal kisebb ütemben nőnek, a „minimum donga” hatása a termésre konzervatívnak mondható. A nemesítői, szelekciós munkában az emelkedő terméspotenciál mellett fokozott figyelmet kell fordítani ezekre a tulajdonságokra is. Berzsenyi (2013) szerint az agrotechnikai eszközök közül jelentős faktor a területegységre jutó növényszám, amely az elmúlt 25 évben folyamatosan emelkedik, évente 1000 növényrel hektáronként. Dow et al. (1984) szerint a magasabb tőszámot jobban tűrő hibridek a szárazsággal szemben is toleránsabbnak mutatkoztak, ez a magasabb tőszámon történő tesztelés és kiválogatás stratégiájának jelentőségére világít rá.

Pintér et al. (1994) szerint a tőszámsűrítést jól tűrő és arra érzékeny genotípusoknak eltér a fényigénye és árnyéktűrése. Az árnyékolás kevésbé okoz termés csökkenést a toleráns típusoknál, ezért az árnyékolás alkalmas a tőszámsűrítés modellezésére a tesztelési folyamatban. A nemesítésben lényeges kérdés, hogy hibridet, vagy vonalat szelektálunk, amikor döntést hozunk egy adott genotípussal kapcsolatban. Ezért fontos az a megállapítás, hogy a hibridek jobban tolerálják a magas tőszám által okozott stresszt, mint a szülővonalak, a heterózis erősíti a stressztoleranciát (Liu és Tollenaar 2009). Ezt támasztották alá Betrán et al. (2003), kísérleteikben a szárazság okozta stressz emelkedésével a vonalak és hibridek közötti terméskülönbség is nőtt.

Uribe Larrea et al. (2002) szerint a magasabb tőszámtoleranciára történő szelekció során vizsgálni kellene a másodlagos tulajdonságokat, mint a címerméret csökkenése, pollenszórás rövidülése a pollentermelés redukciója nélkül, illetve az ASI csökkenése és a növények közti variabilitás a bibehányást illetően. Daynard és Kannenberg (1975) javaslata szerint, ha a hosszabb szemkitelítődési periódust is figyelembe vesszük a szelekcióban, azzal növelhetjük a hibridek termőképességét. Al-Naggar et al. (2015) szintén azt a nézetet vallja, hogy a nemesítőknek az olyan tulajdonságokra kellene hangsúlyt fektetni, amelyek a magas tőszámhoz való adaptálódásban játszanak közre. Bár a sűrű állomány a növények közötti versengést eredményezi (a fényért, vízért, tápanyagért), ami negatív hatással van a kukorica vegetatív és reprodukív fejlődésére, a megfelelő hibridek használatának és az elegendő tápanyagnak ezt ellensúlyoznia kellene. Eredményeik szerint vannak olyan újabb genotípusok, amelyek kétszeres termésre lennének képesek a tőszám megduplázásával. A jövőben a nemesítők közvetlen feladatai közé fog tartozni az általuk fejlesztett genotípusok hatékony felhasználásának támogatása a modern termesztéstechnológiák által (Kleese 2000). Sárvári (2012) szerint **a jövőben a magasabb egyedi produkcióval bíró, többcsövűségre hajlamos hibridek nagy jelentőséget kapnak majd a klímaváltozással összefüggésben, mert nagy termésbiztonság mellett kiemelkedő termőképességűek is.** Emellett nagyobb hangsúlyt kap a precíziós növénytermesztés, okszerű tápanyag visszafogás, környezetkímélő termesztéstechnológia, ezek a tényezők ugyanis egyöntetűbb minőséget és kedvezőbb hatékonyságot jelentenek.

3.10. A kukoricatermesztés és a gazdasági eredményesség

Széll és Makhajda (2000) megállapították, hogy az optimális tőszámválasztás a termesztésnek egy olyan művelete, amely nem hoz többletköltséget, csak szakismeret szükséges hozzá. I'só (1958a) már a hibridkukorica hazai elterjedésének korai stádiumában rámutatott arra, hogy a tenyészterület szűkítése 24%-os terméstöbbletet eredményezett. Véleménye szerint a biztos többletről nem érdemes lemondani a termésbiztonság túlzott óvása érdekében. Hashemi et al. (2005) szerint a mezőgazdaságban általában alkalmazott tőszám növelése egyértelműen okozna termésnövekedést is. Shapiro és Wortmann (2006) megállapították, hogy a nitrogén hatékony felhasználása pénzügyileg és a környezetre való tekintettel is fontos és érvényesülése magasabb tőszámmal javítható. Tudjuk, hogy a kukorica potenciális termőképessége legalább háromszor nagyobb, mint a jelenlegi átlag a köztermesztésben (Tollenaar és Lee 2002). Borrás et al. (2003) szerint a lehető legnagyobb termés elérésére rengeteg féle gyakorlati megközelítés létezik, az egyik ilyen a tőszám. Pepó (2006) megállapítása szerint **a kukorica intenzív technológiát igényel, a többletráfordításokat termésnövekedéssel hálálja meg.** Észak-Amerikában a fejlesztéseknek köszönhetően nagyot nőtt a termésátlag, valamint az EU-24 országok is sokat fejlődtek hazánk termeléséhez képest. 2006-ban már 4-5 t ha⁻¹ volt a különbség.

Nem feltétlenül a tőszám emelésében látja a megoldást Nafziger, aki szerint, ha a vetőmagköltség jobban emelkedik, mint a takarmányé, akkor ez az optimális tőszám csökkenését hozhatja magával a közeljövőben. **Az a feladat, hogy a hibridekben rejlő potenciált fenntartható módon kihasználjuk úgy, hogy eközben a gazdasági eredményeket maximalizáljuk. A kukorica vetőmag ára nőtt az elmúlt években, ezért gazdasági szükséglet a megfelelő tőszámot pontosan megállapítani. A fajtatulajdonosnak és a hibridet használó termelőnek egyaránt érdeke a genotípus lehetőségeinek maximális kihasználása.**

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat 2009-2015 között végeztük a Monsanto Hungária Kft hazai kísérleti hálózatában. Az adatok a szántóföldi kísérletekből és a laboratóriumban végzett mérésekből származnak.

4.1. A kísérleti területek megválasztásának szempontjai

A kísérleti helyszínek megválasztásánál fontos szempont volt, hogy hazánk termesztési körülményeire jellemző, a kukorica számára megfelelő, ugyanakkor üzemi körülményeket reprezentáló kísérletezésre alkalmas táblákat válasszunk. Az üzemi körülmények biztosítása mellett a kísérleti hálózat elosztásának fontos szempontja volt továbbá, hogy az eltérő területek, kedvező, vagy éppen kedvezőtlen klimatikus adottságai miatt különböző hatást fejtenek ki fajtáinkra, így még szélesebb képet kaphattunk a kiválasztott hibridek környezeti interakcióiról.

Az elmúlt években hazánk hat agroökológiai körzetében, az alábbi helyeken állítottuk be tőszámkísérleteinket: a Dunai-Alföldön, a mezőföldi régióban Sárkeresztúron, ahol a kukorica az őszi búza, borsó, napraforgó, lucerna és gyökgumósok mellett elsőrendű gazdasági növény, tapasztalatunk szerint kihívásokkal teli, ugyanakkor nagyszerű kísérleti terület. A Dunántúli-dombvidéken a Tolna-Baranyai-dombvidék Dalmand, illetve Nak települések körzetében, ettől délkeletre a Dunamenti-síkságon Szekszárd réti és réti csernozjom talajain, míg a Drávamenti-síkságon Bólyban. Ez utóbbi három terület Magyarország legfontosabb kukoricatermesztő körzete, általában magas termésszintekkel, ugyanakkor bizonyos évjáratokban aszálynak való kitettséggel. A Tiszai-Alföld észak-alföldi hordalékkúp-síkságán Hort volt fontos kísérleti terület, ahol szinte minden évben tapasztaltunk hő-, illetve szárazságstresszt a kukorica egyes fenológiai stádiumaiban. A Tiszai-Alföld körzetben a Hajdúságban Hajdúböszörmény szintén fontos kísérleti terület volt, ahol jó minőségű csernozjom talajokon kísérletezhettünk. Itt az őszi búza, a kukorica, borsó, cukorrépa és a napraforgó tartozik az elsőrendű gazdasági növények közé. A Tiszai-Alföld Alsó-Tisza-vidékén Szeged, a Körös-Maros közén Tótkomlós és Hódmezővásárhely

szolgált jó minőségű csernozjom talajú területekkel, ahol az őszi búza, napraforgó, olajlen, rostkender, cirok és lucerna előtt a kukorica elsőrendű gazdasági növény.

4.2. A vizsgálatba vont hibridek és kiválasztásuk szempontjai

Minden évben 10-10 hibridet vizsgáltunk két éréscsoport bontásában. Az első csoportba az igen korai (FAO 200) és a korai (FAO 300) éréscsoport hibridjeit soroltuk, míg a másodikba a középérésű (FAO 400) és a késői (FAO 500) fajták kerültek. Az elmúlt hét év során számos fajtajelölt és kereskedelmi forgalomban lévő hibrid kísérletbe vonása és értékelése történt, a dolgozatban szereplő hibridek száma ennél jóval alacsonyabb. A végső kiértékelésbe csak a kereskedelmi forgalomban fontos szerepet betöltő hibridek kerültek, esetünkben 17. A hibridek kiválasztásának legfontosabb szempontjai az eltérő tőszámreakció, csőkarakterisztika és a fajta (a továbbiakban a fajta alatt minden esetben hibridet értünk) köztermesztésben betöltött szerepe voltak.

A kísérletbe vont hibridek az ország, illetve a régió fontos és nagy területén termesztett genotípusai. A lista összeállításánál figyelembe vettük a termeszítők által használt és elismert hibrideket, az elmúlt évek kísérleti tapasztalatait, és szántóföldi megfigyeléseinket a fent említett szempontok szerint. Genetikai értelemben véve is sokszínű fajtaszortimentet használtunk, az eredmények megbízhatósága, reprezentatív értéke és a gyakorlat számára való hasznossága érdekében. A kísérletben szereplő hibridek általános adatait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat A vizsgálatban szereplő hibridek általános adatai

Hibrid	Hazai elismerés, vagy egyéves vizsgálat éve	FAO száma	RM száma	Hibrid típus
DKC3623	2012	280	86	kétvonalas (SC)
DKC3705	2010	290	87	kétvonalas (SC)
DKC4014	2011	290	90	kétvonalas (SC)
DKC3939	2015	310	89	kétvonalas (SC)
DKC4025	2012	310	90	kétvonalas (SC)
DKC4590	2009	330	95	kétvonalas (SC)
DKC4541	2014	360	95	kétvonalas (SC)
DKC4490	2007	360	94	kétvonalas (SC)
DKC4717	2012	380	97	kétvonalas (SC)
DKC4795	2010	380	97	kétvonalas (SC)
DKC4964	2006	400	99	kétvonalas (SC)
DKC4943	2014	450	99	kétvonalas (SC)
DKC5031	2013	450	100	kétvonalas (SC)
DKC5007	2010	490	100	kétvonalas (SC)
DKC5190	2010	460	101	kétvonalas (SC)
DKC5222	2012	480	102	kétvonalas (SC)
DKC5276	2010	480	102	kétvonalas (SC)

Igen korai és korai hibridek:

DKC3623 - A hibrid kettős hasznosítású, nagy zöldtömeggel és szétterülő levelekkel rendelkező középmagas növény. Jó szárazságtűréssel rendelkezik, alkalmassága miatt korai silónak magasabb tőszámon is szívesen termesztik.

DKC3705 - Hosszú, vékony csővel rendelkező hibrid, kiemelkedő vízleadással bír.

DKC4014 - Átlagos szárminőséggel rendelkező, kimondottan hosszú csövű hibrid, alacsony tőszámokon proflikus jelleget mutat.

DKC3939 - Jó agronómiai tulajdonságokkal rendelkező, kiváló szárazságtűrésű hibrid, vékony csőtípussal rendelkezik, így a sűrítést igényli és azt jól tűri.

DKC4025 - Vastag csövű, igen jó szár- és gyökértulajdonságokkal rendelkező hibrid.

DKC4590 - Az egyik legnépszerűbb hibrid a korai csoportban, kiemelkedő évjárat stabilítással, átlagos gyökérerővel bíró, hosszú csövű genotípus.

DKC4541 - Jó szárazságtűréssel rendelkező, vastag csövű hibrid, magminősége átlagosnak mondható.

DKC4490 - Korábban az USA-ban magasabb tőszámon is nagy sikerrel termesztett vastag csövű hibrid, ott közel 1 millió zsák került a köztermesztésbe. Eredményességét kiváló szárazságtűrésének és jó agronómiai tulajdonságának köszönhetette. Csőfuzáriumra hajlamos, vastag csövű hibrid.

DKC4717 - Középmagas, jó korai fejlődéssel és átlagos gyökértulajdonságokkal rendelkező hosszú csövű, jó magminőséggel bíró hibrid.

DKC4795 - Alacsony termetű, kiváló agronómiai tulajdonságokkal rendelkező, vastag csövű hibrid.

Középérésű és késői hibridek:

DKC4964 - Középmagas, átlagos agronómiai tulajdonságokkal rendelkező, hosszú csövű hibrid, kiemelkedő szárazságtűréssel.

DKC4943 - A Monsanto kísérleti rendszerében kiváló eredményeket mutat, évjáráti- és termőhelyi stabilitása kiemelkedő. 2015-ben, 2016-ban és 2017-ben is az év kukoricája címet nyerte el a Magyar Kukorica Klub termésversenyében.

DKC5031 - Alacsony termetű, erektív levélállással, nagyszerű agronómiai tulajdonságokkal, jó szemminőséggel és hosszú csővel, jó szárazságtűréssel rendelkező hibrid.

DKC5007 - Gyenge korai fejlődéssel bíró, átlagos gyökértulajdonságokkal és nagyon vastag csővel rendelkező hibrid, rendszerint a csővégi termékenyülése hiányos, magminősége kiváló, szívesen termesztik magasabb tőszámon is.

DKC5190 - középérésű, erektív struktúrával rendelkező középmagas, vastag csövű hibrid.

DKC5222 – Középmagas termetű, vastag csövű hibrid,

DKC5276 – Kiváló agronómiai tulajdonságokkal rendelkező, hosszú csövű hibrid.

4.3. A szántóföldi kísérletek elrendezése, kivitelezése és kiértékelésük módszerei

Kísérleteinket kisparcellás vizsgálattal végeztük, osztott parcellás (split-plot) elrendezésben, fajtánként és tőszámonként 3-3 ismétlésben minden termőhelyen (a kísérlet elrendezésének sematikus ábráját az 1. melléklet tartalmazza). A beállított tőszámok a következők voltak: 50.000 tő ha⁻¹, 60.000 tő ha⁻¹, 70.000 tő ha⁻¹, 80.000 tő ha⁻¹ és 90.000 tő ha⁻¹ a legmagasabb tőszámon. Egy kísérleti parcella négy sorból áll, 6,8 méter hosszú és 0,8 méter kezelőút választja el a hibrideket, míg a sortávolság 0,76 méter. A parcellák négy sorosak, a megfigyeléseket és a betakarítást a középső két soron végeztük, a tőszám beállítása azonban minden sorban megtörtént. Minden tőszám esetén 15 százalékkal többet vetettünk és 3-5 leveles korban elvégeztük a tőszámbaállítást. A kísérletben szereplő hibridek vetőmagjait HEGE 95 DT, majd később Wintersteiger 8 soros (átalakított Monosem NX M) hidraulikus függesztett kisparcellás vetőgéppel vetettük el, az adott agroökológiai körzetben megszokott időben, általában április 20. és május 5. között. A vetéssel egyidőben 15 kg ha⁻¹ FORCE 1,5 G (15 g/kg telfutrin) granulátum formájú piretroid talajfertőtlenítőt juttattunk ki a talajlakó kártevők gyérítése érdekében, a vetőmagokat az előkészítéskor egységesen MAXIM XL 035 FS (25 g/l fludioxonil + 9,7 g/l metalaxil-M) 1 t⁻¹ dózisú gombaölővel csáváztuk. Az üzemi körülményeknek megfelelően korai poszt és posztemergens gyomirtást végeztünk, a felhasznált gyomirtók a következők voltak: Laudis (44 g/l tembotrion), amely széles hatástartamú hatékony szer, elsősorban a magról kelő egy- és kétszikűek ellen javallott 2,25 liter ha⁻¹ dózisban 250-300 liter vízzel kijuttatva. Veszélyes kétszikűek ellen (parlagfű, csattanó maszlag, libatop, disznóparéj) Adengó-t (225 g/l izoxaflutol + 90 g/l tienkarbazon-metil) alkalmaztunk 0,44 liter ha⁻¹ dózisban. A korábbi években Lumaxot (37,5 g/l + 375 g/l S-metolaklór + 125 g/l terbutilazin) alkalmaztunk magról kelő egy- és kétszikűek ellen széleskörű gyomirtóhatása miatt. Sikeres gyomirtás és a parcellák megjelölése után végeztük a tőszám beállítást. A tenyészidőszakban a következő tulajdonságokat felvételeztük:

- Címer virágzás (vetéstől eltelt napok száma): a parcella középső két sorában lévő növények 50%-án a főcímerágon pollenszórást tapasztaltunk, ezt a napot feljegyeztük.

- Bibe virágzás (vetéstől eltelt napok száma): a parcella középső két sorában lévő növények 50%-án fogadóképes bibét láttunk. Ezt a napot feljegyeztük.
- Növénymagasság (cm): a virágzási időszak végén mérőbottal végeztük, a talaj felszínétől a címer végéig mértük a növényeket úgy, hogy parcellánként a középső két soron öt növényt lemértünk és az átlagot feljegyeztük.
- Csőeredés magassága (cm): a virágzási időszak végén mérőbottal végeztük, a talaj felszínétől a cső ízesüléséig mértük a növényeket úgy, hogy parcellánként a középső két soron öt növényt lemértünk és az átlagot feljegyeztük.
- Gyökérdőlés (db/parcella, illetve %): felvételezését közvetlenül a betakarítás előtt végeztük el, a középső két soron számláltuk meg a 30°-nál nagyobb szögben gyökérből megdőlt töveket. Ebben az időszakban az összes növényszámot ismételten megszámláltuk, így ebből a gyökérdőlt egyedek százalékos értékét is kiszámíthattuk.
- Szártörés (darab/parcella, illetve %): felvételezését közvetlenül a betakarítás előtt végeztük el, a középső két soron számláltuk meg a cső alatt letört szárú töveket. Ebben az időszakban az összes növényt ismételten megszámláltuk, így ebből a szártörött egyedek százalékos értékét is kiszámíthattuk.
- A termés (kg parcella^{-1} , illetve tonna ha^{-1}): a betakarításkori szemnedvességtartalom (%), és a hektoliter tömeg (kg hl^{-1}) mérése minden esetben Wintersteiger ikerkombájnnal (átalakított Sampo Rosenlew kombájn) történt. A kombájn mérőrendszerét a betakarítás előtt súly mintasorok segítségével kalibráltuk. A víztartalom méréséhez és kalibrációhoz Dickey John GAC 2100 típusú asztali mérőeszközt használtunk.

A parcellák tőszám számlálását a betakarítás előtt újra elvégeztük, biztosítva a pontosabb adatértékelést.

A hibridek teljesítményét soha nem hasonlítottuk össze - minden esetben a fajtaátlagot tekintettük az összevetés alapjának és csak a tőszámhatást értékeltük - így ez az elrendezés jól szolgálta a céljainkat, a 4 soros kivitelezés segítette a szegélyhatás megszüntetését. Ebben a faktoriális kísérletben a tőszámok voltak a főfaktorok, amiket a főparcellán helyeztünk el, minden kísérleti helyszínen randomizálva 3 ismétlésben. Az adott kísérleti egységben az alparcellákat a kísérletbe vont hibridek adták, tehát az éréscsoportonként

vizsgálatba vont 10-10 hibrid 5 blokkja az öt tőszám volt minden esetben 3 ismétlésben. Berzsenyi (2015) ajánlása szerint először a főparcella kezeléseket jelöltük ki random módon, majd azon belül randomizáltuk a hibrideket.

A kísérleti adatok feldolgozása és statisztikai kiértékelése Microsoft Excel programmal és MINITAB 17 szoftverrel történt. Varianciaanalízist alkalmaztunk az év * agroökológiai körzet (termőhely) * tőszám * hibrid interakciók értelmezéséhez, míg az egyes tulajdonságok kapcsolatának jellegét és erősségét korreláció-analízissel vizsgáltuk. A tényezők további interakcióinak értékelését általános lineáris modell segítségével elemeztük és értékeltük. A lehetséges statisztikai módszerek közül azért esett a választás a általános lineáris modell használatára, mert a számításba bevont tényezőkön kívül (tőszám, hibrid, terület) a függő változót (termés) véletlen tényezők is befolyásolják (évjárat), amelyet kovariánsként vontuk be, ezáltal kiszűrhetjük vagy kontrollálhattuk annak hatását. Az általános lineáris modell egyváltozós eljárása lehetővé tette a függő változó és több független faktor együttes regressziós és szórásanalízis modelljének elemzését, az interakciók vizsgálatát. A kovariáns bevonásával (amely kapcsolatban áll a független változóval, de nem függ az alkalmazott kezelésektől) az analízis során a modell úgy hajtja végre egyszerre a variancia és regresszió analízist, hogy a lineáris regresszióval korrigált, módosított függő változó varianciáját bontja fel kezeléshatásokra. Ennek eredményeként lehetővé vált a fő tényezők interakcióinak elemzése és statisztikai értelmezése.

A hibrdek tőszámkísérleti eredményei alapján meghatároztuk a fajta tőszámreakcióját, ugyanezeket megvizsgáltuk a fent leírt termésszint bontásokban is. Szignifikáns differencia kiszámításával meghatároztuk a tőszám kezelések közötti statisztikai különbséget, majd Murányi és Pepó (2014) módszertanát alkalmazva kiszámítottuk a fajták tőszám optimumát és annak szélességét úgy, hogy az $SzD_{5\%}$ érték felét hozzáadtuk, illetve kivontuk a maximális termés értékéből, majd regressziós egyenletekbe helyettesítve megkaptuk az intervallumhoz tartozó pontos tőszámokat, így következtetve a hibrdre jellemző tőszámoptimum-intervallum szélességére, a fajta plaszticitására.

Az évjáratok hatását varianciaanalízissel és általános lineáris modell segítségével értékeltük. A kapott adatok segítségével megvizsgáltuk az általános tendenciákat az egyes éréscsoportokon belül, elemeztük az évjáratok hatását. A rendelkezésünkre álló adatok

sokfélesége és számossága okán termésszint bontást is végeztünk. Az összes eredmény értékelése után három mesterséges csoportot, termésszintet képeztünk. Alacsony termésszintnek a 7 t ha^{-1} alatti, átlagos termésszintnek a $7\text{-}11 \text{ t ha}^{-1}$ közötti, míg magas termésszintnek a 11 t ha^{-1} feletti kísérleti terméseredményeket tekintettük.

A tőszám terméskepző elemekre gyakorolt hatását korreláció-analízissel vizsgáltuk, majd kétmintás t-próbával elemeztük az egyes kezelések közötti szignifikancia szinteket. A terméskomponensek vizsgálata után klaszteranalízist is végeztünk, melynek célja, hogy a hibrideket a vizsgált tulajdonságaik alapján homogén csoportokba soroljuk. Az egyes csoportokon belüli adatok – valamilyen dimenzió szerint – hasonlítanak egymáshoz és különböznek más klaszterek elemeitől. A célunk ezzel az volt, hogy a hibrideket csőkarakterisztikájuk szerint osztályozzuk, megerősítsük a statisztikai eredményeket és a szántóföldi megfigyeléseket.

4.4. A terméskomponensek vizsgálatának módszerei

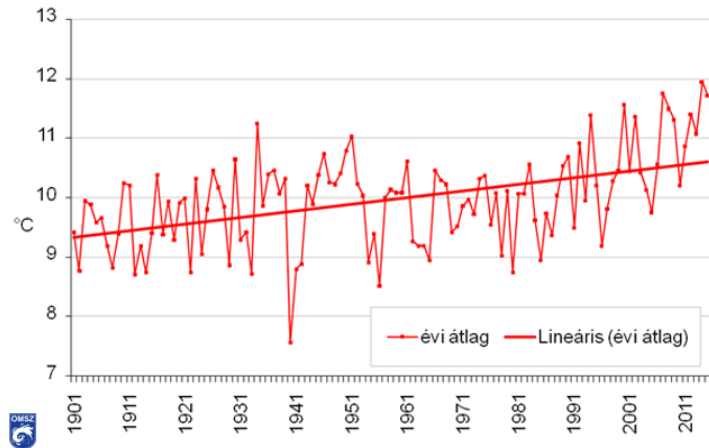
A kisparcellás kísérletek szélső két soráról - a be nem takarított sorokról – történt a terméskomponensek vizsgálatához szükséges mintacsövek szedése. Az összegyűjtött mintacsöveket a Monsanto Hungária Kft. szatymazi telephelyének laboratóriumában mértük meg. A beállított tőszámok (2011-ben $50.000 \text{ tő ha}^{-1}$, $70.000 \text{ tő ha}^{-1}$ és $90.000 \text{ tő ha}^{-1}$, míg 2015-ben $50.000 \text{ tő ha}^{-1}$, $60.000 \text{ tő ha}^{-1}$, $70.000 \text{ tő ha}^{-1}$, $80.000 \text{ tő ha}^{-1}$, $90.000 \text{ tő ha}^{-1}$) minden ismételésében elvégeztük a méréseket úgy, hogy a szélső öt csövet a szegélyhatás csökkentése érdekében nem vizsgáltuk. A laboratóriumban lemértük a csövek hosszát (cm), körméretét (cm), átmérőjét (cm), a csutka átmérőjét (cm), a szemsorok számát (db), a soronkénti szemek számát (db) és a csövek lemorzsolása után a nagymintából képzett három részmintából az ezerszemtömeget (gramm) is.

Az elemzéseinkhez a tőszámkísérletekből kapott kombájnos betakarításból származó termés, víz és hektolitertömeg adatokat is felhasználtuk. Ezek részét képezték a további elemzéseknek.

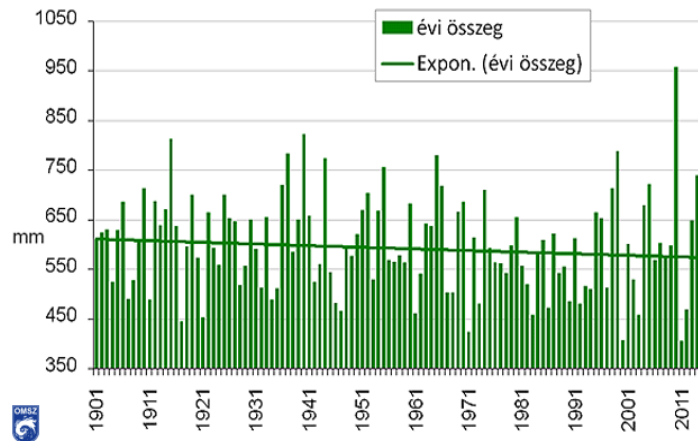
4.5. A vizsgálati időszak éghajlati körülményei

Az Országos Meteorológiai Szolgálat leírása alapján Magyarország a 45° 45' és 48° 35' északi szélességek között fekszik a mérsékelt éghajlatú övben. Az ország éghajlata változékony, előre jelezhetősége szinte lehetetlen. Ennek oka, hogy éghajlatunkra a kiegyenlítettebb hőmérsékletjárású, csapadékos óceáni, a szélsőséges hőmérsékletű, kevés csapadékú kontinentális, illetve a nyáron száraz, télen csapadékos mediterrán éghajlat egyaránt hatással van. E klímátípusok közül bármelyik hosszabb-rövidebb időre uralkodóvá válhat. Az országon belül az időjárásban ezért jelentős különbségek fordulhatnak elő viszonylag kis területe és sík felszíne ellenére. Hazánkban az évi középhőmérséklet 10 és 11 °C között alakul, a legmelegebb hónap a július. A csapadékmennyiséget tekintve megállapítható, hogy az éves mennyisége 500-700 mm között ingadozik. Legcsapadékosabb az ország délnyugati része, míg az Alföld a legszárazabb. Az éves csapadékösszeg kelet felé haladva folyamatosan csökken (http8). Kísérleti hálózatunkkal lefedtük a hazai gyakorlati kukoricatermesztés lényeges területeit. Munkánk során a sok eltérő évjárat erős hatása miatt nem elemeztük külön a termőhelyek hatását, a hibridek értékelését egyedi tőszámreakciójuk, illetve a különböző termésszinteken mutatott viselkedésükön keresztül végeztük.

Az elmúlt harminc év átlagában a június a legcsapadékosabb. Az a tény, hogy a nyár meleg és csapadékos indokolja a kukoricatermesztés térnyerését a régióban. Ha a sokéves tendenciákat vizsgáljuk, akkor már nyugtalanítóbb képet kapunk. Az elmúlt száz évben a hőmérséklet folyamatosan emelkedő tendenciát mutatott nagyfokú ingadozás mellett (2. ábra) és azt is megállapíthatjuk, hogy az évi középhőmérséklet 1 °C-kal nőtt. A csapadék mennyiségének, eloszlásának és kiegyenlítettségének vizsgálata után (3. ábra) megállapíthatjuk, hogy hasonlóan a hőmérsékleti tendenciákhoz itt is kedvezőtlen irányú változást mérhettünk az elmúlt száz évben. A csapadék mennyisége csökken és jellemző, hogy az eloszlása egyre hektikusabbá válik (http8). Pepó (2014) megállapítása szerint a kukorica vízigénye szempontjából a június – július – augusztusi időszak a kritikus, ugyanakkor erre az időszakra jellemző, hogy a csapadékmentes periódusok hossza jelentősen megemelkedett, ami a kukoricatermesztés biztonságát, kiszámíthatóságát befolyásolja.



2. ábra Az országos évi középhőmérsékletek 1901 és 2015 között (15 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján) (<http8>)



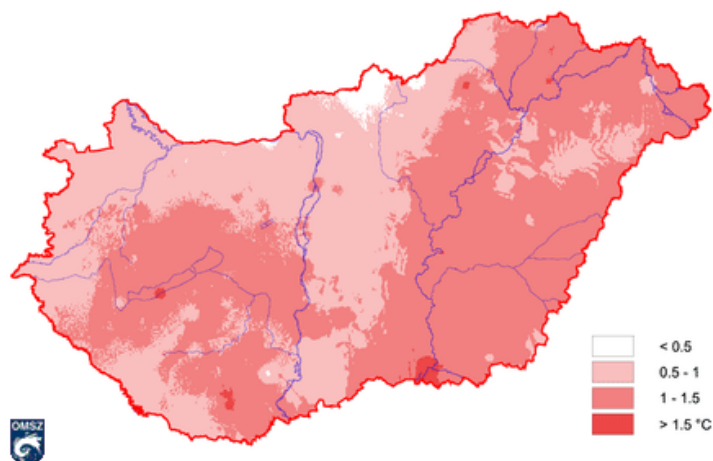
3. ábra Az országos évi csapadékösszegek 1901 és 2015 között (58 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján) (<http8>)

Tekintsük át a vizsgálati évek időjárását, különös tekintettel a kukorica érzékeny fenológiai stádiumaira. A kukorica trópusi származású növény, így természetéből fakadóan melegigényes és folyamatos vízellátásra van szüksége. A 3. számú táblázat röviden összefoglalja a vizsgálati időszak (2009-2015) kritikus meteorológiai elemeit, illetve a júliusi csapadék eltéréseit a sokéves átlagtól, valamint a hőségnapok számait és annak anomáliáit.

3. táblázat A vizsgálati időszak időjárási paraméterei és a júliusi hónapok eltérései a 30 éves átlagtól (2009-2015)

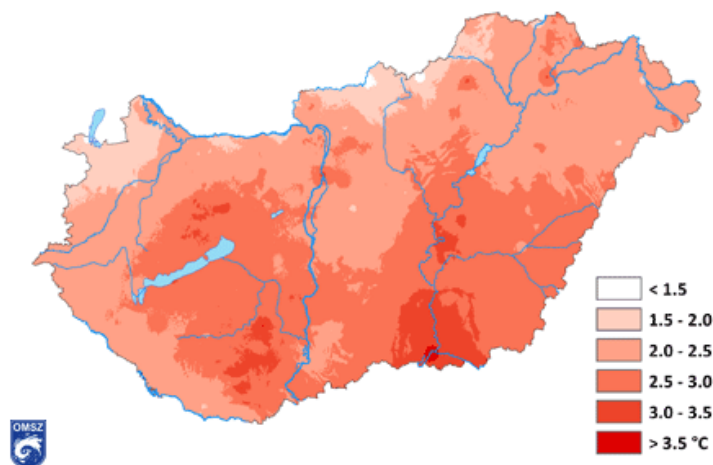
Év	Csapadék		Éves átlaghőmérséklet - eltérés a 30 éves átlagtól	Hőségnap ($t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$)		Júliusi átlaghőmérséklet - eltérés a 30 éves átlagtól	Júliusi csapadék - eltérés a 30 éves átlag százakéában
	mm	Az elmúlt 30 év %- ban		napok száma	eltérés a 30 éves átlagtól		
2009	598,00	105%	1,30	28,00	8,00	1,80	-66%
2010	959,00	169%	0,20	23,00	3,00	2,10	121%
2011	407,40	72%	0,90	32,00	12,00	0,10	149%
2012	470,40	83%	1,40	49,00	29,00	2,90	101%
2013	649,60	114%	1,10	33,00	13,00	2,00	-37%
2014	739,80	130%	1,90	19,00	-1,00	1,30	189%
2015	538,90	92%	1,40	46,00	26,00	2,30	-61%

2009 igen szélsőséges év volt. A június csapadékos volt, júliusban és szeptemberben hidegfront okozott károkat. Csapadék szempontjából nem volt rendkívüli év, bár júliusban jelentős hiány mutatkozott. 2009 nyarán június átlag körüli hőmérsékletet hozott. 2010 rendkívül csapadékos év volt, jelentős ciklonok, még tornádók is előfordultak. 2010 a hőmérsékletet tekintve átlagos év volt, viszont a csapadékösszeg minden eddigit túlszárnyalt. 2010-ben országos átlagban 959 mm hullott. 2011, az előző évvel ellentétben szélsőségesen száraz volt. Az év elején még belvízzel, januári olvadással küzdött hazánk, majd a csapadékszegény hónapok során a belvíz problémája aszályá alakult, ami 1 milliárd forintnyi kárt okozott a mezőgazdaságban. Meleg évnek minősül 2011, 1901 óta csak 9 év volt melegebb nála (4. ábra). Csapadékösszege eltörpül a 2010-es adatok mellett, a mérések kezdete óta a legszárazabb év volt (<http8>).



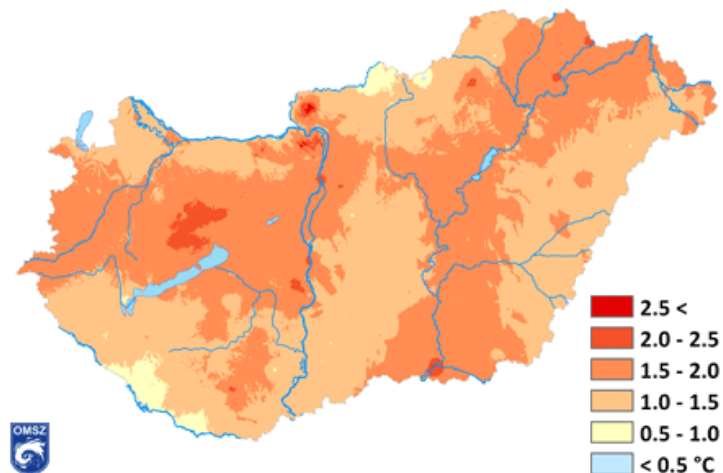
4. ábra A 2011-es nyár középhőmérsékletének eltérése a sokéves átlagtól (http8)

2011 nyarának középhőmérséklete 20-22°C közötti, Szeged környékén még ennél is magasabb volt, összességében a kukorica tenyészideje melegebb volt a szokásosnál, az eltérés 0,5-1,5 °C között alakult. Június és augusztus pozitív hőmérsékleti anomáliát mutatott, július hőmérséklete pedig az átlag körül alakult. Általában 260 mm alatti csapadék volt jellemző ezen a nyáron, elszórtnak voltak csapadékosabb területek, az Alföld szegedi térsége pedig a legszárazabbnak bizonyult. A legcsapadékosabb a Tiszántúl volt, de Északon is több eső esett a megszokottnál. Június és augusztus szárazabb volt a szokásosnál, júliusban viszont másfélszeres mennyiség hullott. 2012 szintén igen aszályos volt, március és augusztus ráadásul rekord száraz, ezen a nyáron négy hóhullámos időszak is előfordult. A szélsőséges időjárás a mezőgazdaságban is nyomot hagyott, a növénytermesztésben a szárazság és forróság, állattenyésztésben a drága takarmányárak, a nagy meleg és a rendkívül hideg időjárás okozott problémákat. Júliusban két jégverés tovább súlyosbította a helyzetet, a becsült kár 400 milliárd forintra tehető. Az országos, éves középhőmérséklet 1,4 °C-kal volt magasabb a harmincéves átlagnál (5. ábra). 1901 óta a 4. legmelegebb év volt 2012. Az éves csapadékösszeg rendkívül alacsonynak bizonyult, 1901 óta a 10. legalacsonyabb csapadékmennyiséget mérték (http8).



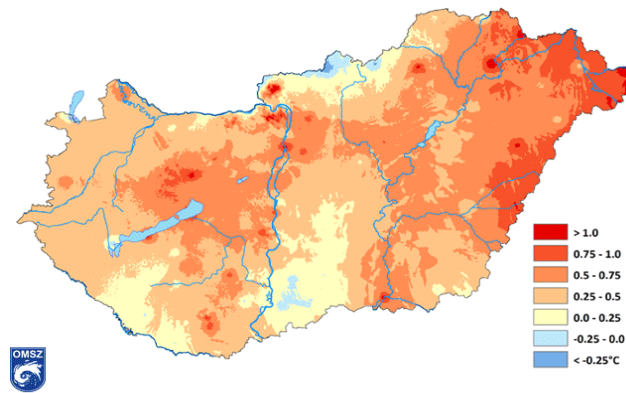
5. ábra A 2012-es nyár középhőmérsékletének eltérése a sokéves átlagtól (http8)

A 2012-es nyarat rendkívüli meleg és hőhullámok jellemezték. A kukorica tenyészidőszakának középhőmérséklete ebben az évben 20-22 °C között alakult. A legmelegebb Szeged környékén volt, itt a 23 °C-ot is meghaladta az átlaghőmérséklet. Az 1971-2000 közötti időszak értékeihez viszonyítva az ország legnagyobb részén 2-3°C-kal melegebb volt, Szegeden ez az érték a 3,5 °C-ot is elérte. Ebben az évben a tavasz is melegebb volt az átlagosnál, majd ezt követte az átlag feletti nyár. A szokatlanul meleg a küszöbnapokban is visszaköszön, 73 nyári nap, 42 hőségnap és 13 forró nap volt ebben az évben, a szokásos 1-hez képest. 2012-ben 7 napig álltak fenn a harmadfokú hőségriadó kritériumának megfelelő körülmények. 1901 óta a második legmelegebb nyár volt a középhőmérsékletet tekintve. 2013 szintén meleg évnek tekinthető, 1901 óta a 9. legmelegebbnek, emellett pedig a csapadék eloszlása szerint is rendkívüli volt, jelentős csapadéktöbblet és súlyos szárazság is előfordult. Az országos, éves középhőmérséklet 1,1 °C-kal volt magasabb a harmincéves átlagnál (6. ábra) (http8).



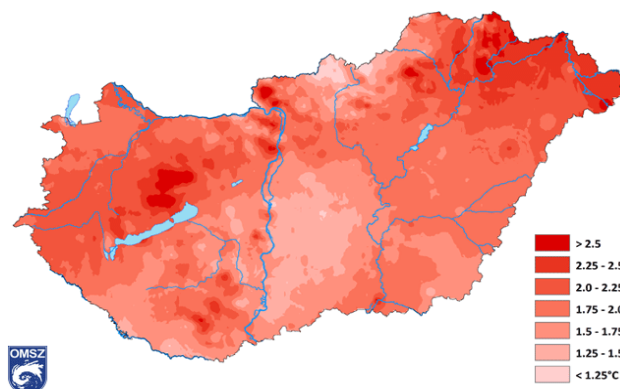
6. ábra A 2013-as nyár középhőmérsékletének eltérése a sokéves átlagtól (http8)

2013 nyara átlagban sokkal melegebb volt a szokásosnál, 1901 óta a 10. legmelegebb nyár volt, ezzel együtt pedig nagyon száraz is. A középhőmérséklet 20,7-21,7 °C között alakult, a délkeleti országrészben volt a legmagasabb. A nyár mindenhol melegebb volt a megszokottnál, +1-2 °C közötti pozitív anomália volt jellemző. Ezen a nyáron 80-120 mm csapadék hullott általában, a déli és északkeleti területeken kevesebb, mint 40 mm. Szinte mindenhol átlag alatti értékek voltak jellemzők, a normál csapadék 40-80%-a hullott le. Júliusban a sokéves átlagnak csak 28%-a hullott, ami rendkívül alacsony. Ebben az évszakban 20 csapadékos napot jegyeztek. Bár június és augusztus is száraz volt, a legkiemelkedőbb július volt, ami a 3. legszárazabb július volt 1901 óta. 2014 a hőmérsékletet tekintve nevezetes évnek minősül, 1901 óta a legmelegebb év volt a maga 11,95 °C-os középhőmérsékleti értékével, még a 2007-es évet is megelőzve (7. ábra). A különösen magas középhőmérsékletet azonban nem a nyári forróság, hőhullámok okozták, ugyanis ezek ebben az évben elmaradtak. Az év többi időszaka volt szokatlanul meleg, a minimumhőmérsékletekben mutatkozik meg leginkább ennek az évnek a rendkívüli mivolta. Nemcsak Magyarországon, de globális átlagban is melegebb volt ebben az időszakban. 2014 csapadékos év is volt, amit leginkább a nyári hónapok határoztak meg, az éves átlagos csapadékösszeg a sokéves átlag 130%-a volt. Ez a két tény hozta magával, hogy a trópusi származású, hő- és csapadékgényes kukorica nagyszerűen érezte magát és kiváló terméseredményekkel hálálta meg a természet nagyvonalúságát, úgy hogy az elmúlt 15 év legmagasabb termésátlagát, 7,82 t ha⁻¹-t eredményezett (http8).



7. ábra A 2014-es nyár középhőmérsékletének eltérése a sokéves átlagtól (http8)

2015 szintén rendkívüli év volt, 1901 óta a harmadik legmelegebb, csak 2014 előzte meg középhőmérséklet tekintetében (8. ábra). 2014 nyarával ellentétben viszont több alkalommal, hosszantartó hőségriadók is előfordultak, súlyosbítva a nyári aszályt. A csapadékmennyiség átlagosnak tekinthető, a nyár száraz volt, az augusztusban lehullott nagymennyiségű csapadékot nem számítva. Az éves átlagos csapadékösszeg a sokéves átlag 92%-a volt. 2015 nyarán újra előfordultak rendkívüli hőhullámos időszakok. 1901 óta a 4. legmelegebb nyárban volt részünk. A csapadékmennyiség a szokásosnak csak kétharmada volt, ami a nyári aszályt súlyosbította. 1901 óta a 6. legszárazabb június volt 2015-ben. Júliusban szintén kevés volt a csapadék, augusztust pedig a szélsőségek jellemezték a csapadékeloszlás tekintetében (http8).



8. ábra A 2015-ös nyár középhőmérsékletének eltérése a sokéves átlagtól (http8)

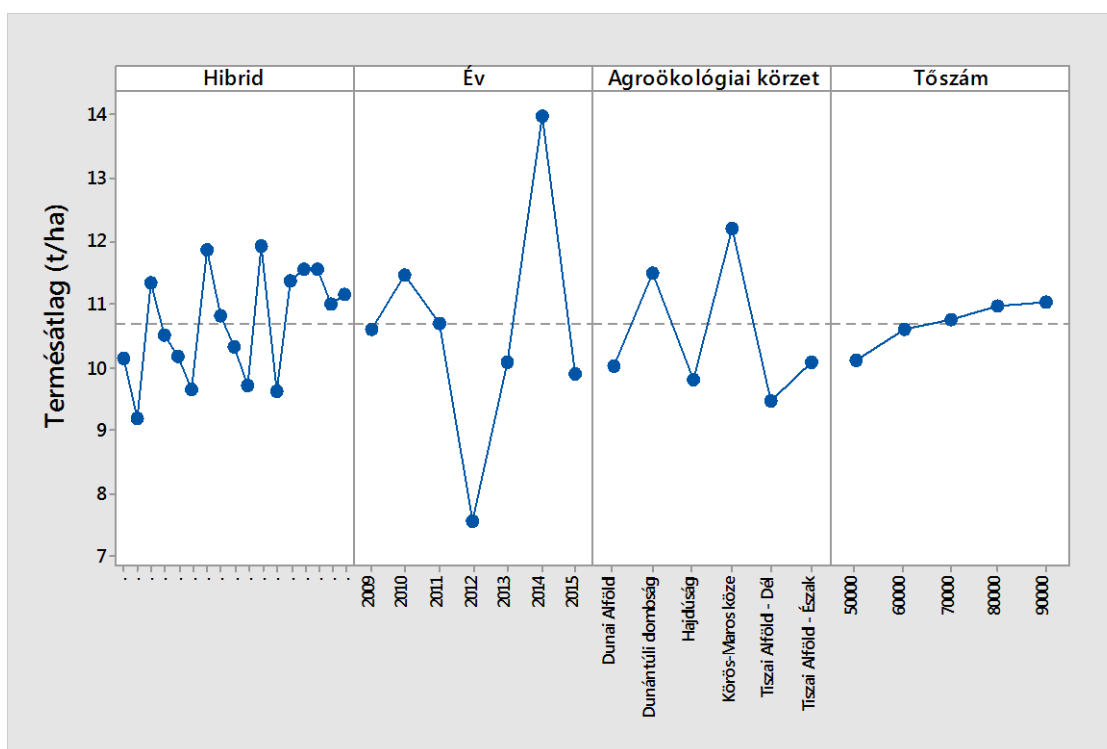
4.6. Jövedelem számítás alkalmazása

A dolgozat eredményei között nem szerepel, de az elvégzett munka teljessége szempontjából fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy a tőszámkísérletek eredményei alapján számításokat végeztünk és azt vizsgáltuk, hogy az adott termésszinten, az adott évjáratban és az alkalmazott tőszámon, hogyan lehet a maximális gazdasági eredményt elérni. Munkánk nagyon fontos része, hogy a hibridet használók tőszámajánlásunk segítségével eredményesen gazdálkodhassanak és javíthassák ökonómiai mutatóikat. A profitkalkuláció során a következő értékeket és tényezőket használtuk fel: termés (14,5%-os vízre kalkulálva), betakarításkori víztartalom, vetőmagár (Ft/zsák), hektáronkénti vetőmagköltség (adott tőszámra kalkulálva), szárítás költsége tonnánként, szárítási költség az adott termésre vonatkozóan az adott tőszámon. Figyelembe vettük az aktuális terményárakat (a Budapesti Értéktőzsde tárgyévi gabona átlagárai alapján) és az egyéb költségeket.

5. EREDMÉNYEK

5.1. Általános eredmények

Kísérleteinkben vizsgáltuk az év, a termőhely, a tőszám és a hibrid termésre gyakorolt hatásait, illetve ezen faktorok interakcióit. A varianciaanalízis eredményei alapján megállapítottuk, hogy mind a négy faktor szignifikáns hatással volt a terméseredményekre. **Legnagyobb hatása az évjáratnak volt, ezt követte a kísérleti hely, majd a tőszám és a végül a hibrid** (9. ábra). A vonatkozó szakirodalmi források hasonló eredményről számolnak be. Nagy (1996) tartamkísérletekkel igazolta a tőszám szignifikáns hatását. Berzsényi és Lap (2005a) komplex kísérleteiben a tőszám és a hibridhatás is minden évben szignifikáns volt. Berzsényi és Lap (2003) kutatásai is azt igazolták, hogy a tőszám hatása megelőzi a hibridhatást (2003). Adataink szerint a négy faktor termésre gyakorolt együttes hatása is szignifikáns volt (4. táblázat).



9. ábra A vizsgált tényezők hatása a terméseredményekre (2009-2015)

4. táblázat A faktorok hatása a terméseredményekre (2009-2015)

Variancianálízis táblázat	Szabadság fok	SQ	MQ	F érték	P érték
Tényező	df				
Év	6,00	17649,20	2941,53	487,86	<,001
Agroökológiai körzet (termőhely)	5,00	3459,20	691,90	114,75	<,001
Tőszám	4,00	456,20	114,05	18,92	<,001
Hibrid	16,00	598,60	37,41	6,20	<,001
Év*Agroökológiai körzet*Tőszám*Hibrid	31,00	26199,94	845,16	140,17	<,001
Hiba	4953,00	29863,90	6,03		
Lack-of-Fit	1266,00	16171,60	12,77	3,44	<,001
Pure Error	3687,00	13692,30	3,71		
Total	4984,00	56063,80			

Az évjárat nagyon erős hatással van a terméseredményekre, vélhetően mind az évjárathatás, mind a termőhely hatása mögött az időjárás, a mikroklíma és a természeti adottságok jelentenek további rejtett változókat. A hibridek viselkedése, azok tőszámreakciója is sokféle és a termőhelyek is jelentős különbséget jelentenek. A további elemzések és az általános lineáris modell alkalmazásának segítségével megállapítottuk, hogy a főtenyezők szignifikáns hatásán túl statisztikailag igazolható hatása volt az agroökológiai körzet * hibrid interakciónak. Az agroökológiai körzet * tőszám, a tőszám * hibrid és az agroökológiai körzet * tőszám * hibrid interakciók hatása nem volt szignifikáns (5. táblázat).

5. táblázat A faktorok interakciói, hatásuk a terméseredményekre (2009-2015)

Variancianálízis táblázat	SQ	Szabadság fok	MQ	F érték	P érték
Tényező		df			
Corrected Model	27715,784 ^a	465,00	59604,00	9502,00	<,001
Intercept	42142844,00	1,00	42142844,00	6718049,00	<,001
Év	15744911,00	1,00	15744911,00	2509918,00	<,001
Agroökológiai körzet	2882460,00	5,00	576492,00	91899,00	<,001
Tőszám	146344,00	4,00	36586,00	5832,00	<,001
Hibrid	937815,00	16,00	58613,00	9344,00	<,001
Agroökológiai körzet * Tőszám	119741,00	20,00	5987,00	0,95	0,52
Agroökológiai körzet * Hibrid	1993852,00	71,00	28082,00	4477,00	<,001
Tőszám * Hibrid	106281,00	64,00	1661,00	0,27	1,00
Agroökológiai körzet * Tőszám * Hibrid	460799,00	284,00	1623,00	0,26	1,00
Error	28348039,00	4519,00	6273,00		
Total	625426854,00	4985,00			
Corrected Total	56063823,00	4984,00			

a. R Squared = ,494 (Adjusted R Squared = ,442)

Az interakciók további és pontosabb megismerése érdekében az adatokat tovább bontottuk és a variancianalízist a különböző termésszinteken is elvégeztük.

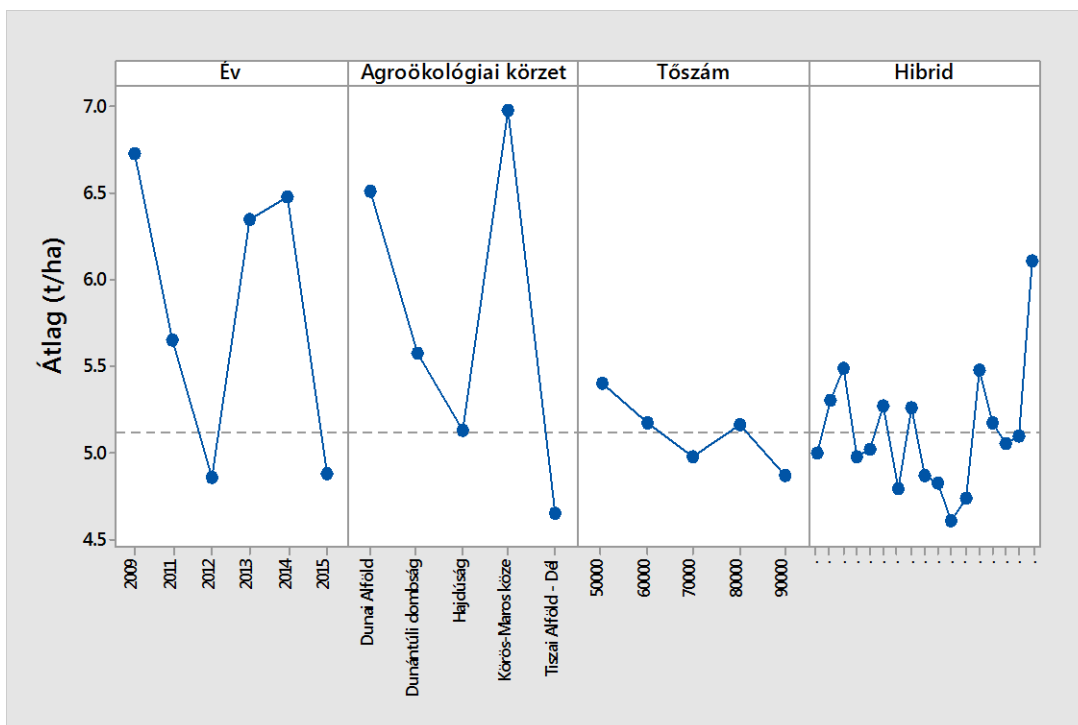
A főhatások alakulását alacsony termésszinten ($7 < t \text{ ha}^{-1}$) a 10. ábra szemlélteti. Ezen a termésszinten szintén mind a négy tényező hatása szignifikáns volt a terméseredményekre. A legnagyobb hatása a termőhelynek volt, ugyanakkor megállapítottuk, hogy a kísérleti helyek átlagai jelentősen eltértek egymástól és a főátlagtól. Ezt követte az évjárat hatása, majd a tőszám és végül a hibrid hatása (6. táblázat).

Ebből megállapítottuk, hogy száraz években, kedvezőtlen évjáratokban, illetve kitettebb körülmények között a termesztési eredmények szempontjából különösen nagy jelentősége van a termőhelynek. Kiemelkedően fontos a jól alkalmazható hibrid használata, a környezeti adottságoknak és a genotípusnak megfelelő tőszámválasztás. Alacsony termésszinten a rosszul megválasztott tőszám jelentős termés kieséshez, ezáltal gazdasági kártételhez vezet. Berzsényi (1996) kutatásai alapján megállapította, hogy száraz években a tőszám növelése nem segítette a hozam emelkedését. Ezt a mi kísérleti eredményeink is megerősítették (10. ábra).

Alacsony termésszinten következő interakciók hatása nem volt szignifikáns hatással a terméseredményekre: év * agroökológiai körzet, év * tőszám, év * hibrid, agroökológiai körzet * tőszám, agroökológiai körzet * hibrid, év * tőszám * hibrid, agroökológiai körzet * tőszám * hibrid és az év * agroökológiai körzet * tőszám * hibrid (6. táblázat).

6. táblázat A faktorok hatása a terméseredményekre alacsony termésszinten ($<7 \text{ t ha}^{-1}$) (2009-2015)

Variancianalízis táblázat	Szabadság fok	SQ	MQ	F érték	P érték
Tényező	df				
Év	5,00	109,94	21,98	23,49	<,001
Agroökológiai körzet (termőhely)	4,00	128,46	32,11	34,31	<,001
Tőszám	4,00	27,53	6,88	7,35	<,001
Hibrid	16,00	32,47	2,09	2,17	0,01
Tőszám*Hibrid	64,00	48,24	0,75	0,81	0,86
Error	580,00	542,97	0,93		
Lack-of-Fit	176,00	240,44	1,36	1,82	<,001
Pure Error	404,00	302,53	0,74		
Total	673,00	991,19			



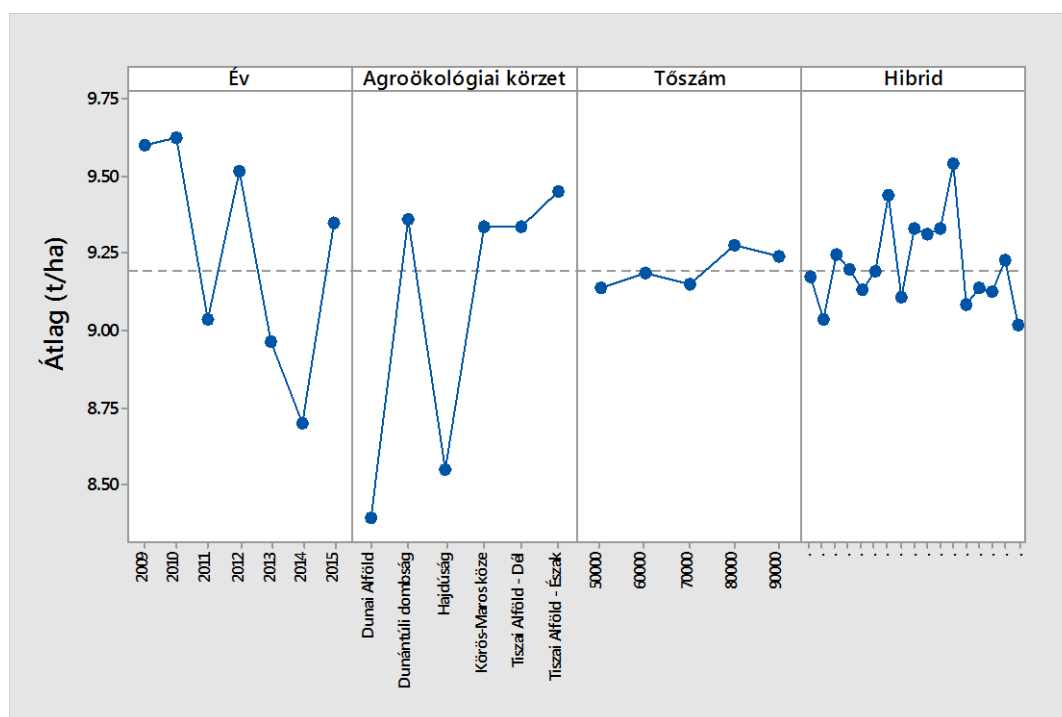
10. ábra A vizsgált tényezők hatása a terméseredményekre alacsony termésszinten (2009-2015)

Átlagos termésszinten ($7-11 \text{ t ha}^{-1}$) szignifikáns hatása a termőhelynek volt a termésre, ezt az évjárat hatása követte, majd a hibridhatás. Nem volt szignifikáns hatása a tőszámnak, illetve az év * tőszám, agroökológiai körzet * tőszám, tőszám * hibrid, illetve a további interakcióknak, amit a kísérletben szereplő hibridek sokszínűségével, a termőhelyek és az évjáratok változatosságával, valamint a hibridek tőszámreakcióinak különbözőségével magyarázhatunk (7. táblázat).

A főhatások alakulását a 11. ábra szemlélteti, amin jól láthatóak az évek, az agroökológiai körzetek és a hibridek teljesítménye közötti jelentős eltérések. Ha figyelembe vesszük hazánk kukorica szemtermés termésátlagait, akkor láthatjuk, hogy ez az a termésszint, ahol az üzemi gazdálkodás jelentős területen folyik. Nagyon fontosnak tartjuk kiemelni a termőhelyre megfelelően megválasztott hibridek használatát, ami ezen a termésszinten meghatározza a termesztés sikerességét.

7. táblázat A faktorok hatása a terméseredményekre átlagos termésszinten (7-11 t ha⁻¹) (2009-2015)

Variancianálízis táblázat	Szabadság fok	SQ	MQ	F érték	P érték
Tényező	df				
Év	6,00	188,82	31,46	38,86	<,001
Agroökológiai körzet (termőhely)	5,00	264,89	52,97	65,42	<,001
Tőszám	4,00	2,01	0,50	0,62	0,65
Hibrid	16,00	37,37	2,33	2,88	<,001
Év * Tőszám	24,00	25,62	1,06	1,32	0,14
Agroökológiai körzet * Tőszám	20,00	25,30	1,26	1,56	0,05
Tőszám*Hibrid	64,00	43,17	0,67	0,83	0,82
Error	1905,00	1542,60	0,80		
Lack-of-Fit	697,00	798,22	1,14	1,86	<,001
Pure Error	1208,00	744,38	0,61		
Total	2044,00	2111,10			



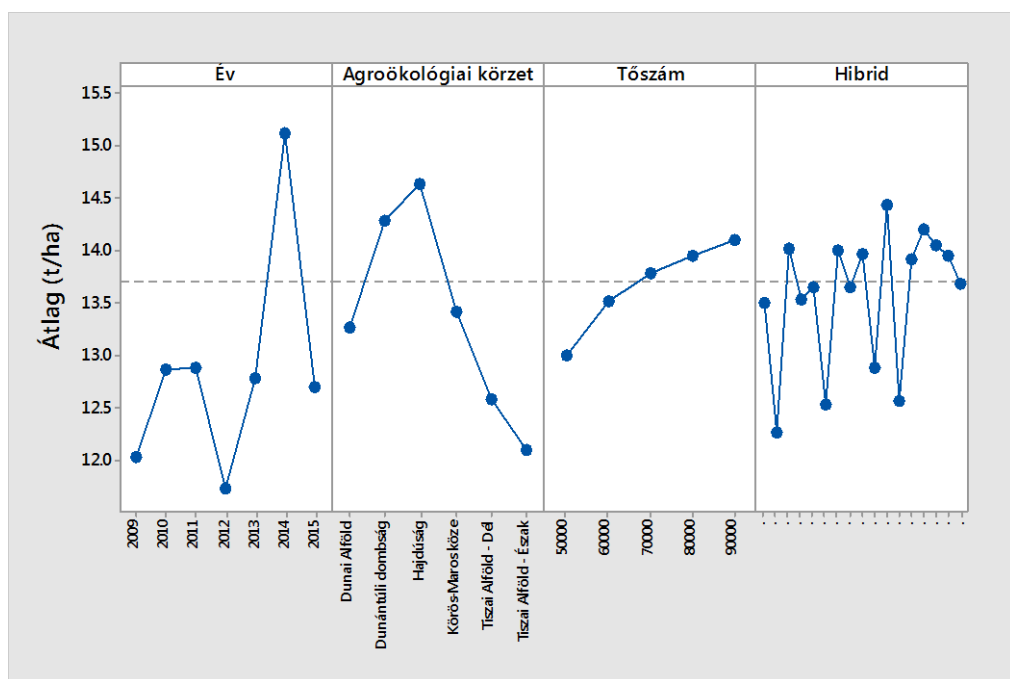
11. ábra A vizsgált tényezők hatása a terméseredményekre átlagos termésszinten (2009-2015)

Magas termésszinten (>11 t ha⁻¹) mind a négy tényező hatása szignifikáns volt. Ezen a termésszinten legnagyobb hatása az évjáratnak volt, ezt követte az agroökológiai körzet. Szintén szignifikáns hatása volt a hibridnek és a tőszámnak. A faktorok interakcióiban szignifikáns volt az agroökológiai körzet * tőszám és az évjárat * tőszám

kapcsolatok hatása, míg a további kölcsönhatásokat nem tudtunk statisztikailag igazolni. Az agroökológiai körzet és az év is hatással vannak egymásra és együtt a termésátlagra. A tőszám és a hibrid hatása önmagában nem magas, de az eredmények egyértelműen megmutatják, hogy kedvező körülmények között (magasabb potenciállal bíró talajokon és jó időjárási körülmények esetén) fontosabbá válik a termésátlag meghatározásában, hogy milyen genotípust és állománysűrűséget alkalmazunk (8. táblázat, 12. ábra).

8. táblázat A faktorok hatása a terméseredményekre ($11 < t \text{ ha}^{-1}$) (2009-2015)

Variancianálízis táblázat	Szabadság fok	SQ	MQ	F érték	P érték
Tényező	df				
Év	6,00	2164,53	360,75	296,38	<,001
Agroökológiai körzet	5,00	271,24	54,24	44,57	<,001
Tőszám	4,00	50,43	12,60	10,36	<,001
Hibrid	16,00	206,09	12,88	10,58	<,001
Év * Tőszám	24,00	72,53	3,02	2,48	<,001
Agroökológiai körzet * Tőszám	20,00	63,43	3,17	2,61	<,001
Tőszám*Hibrid	64,00	54,12	0,84	0,69	0,97
Error	2126,00	2587,78	1,21		
Lack-of-Fit	635,00	879,44	1,38	1,21	0,00
Pure Error	1491,00	1708,34	1,14		
Total	2265,00	7073,58			



12. ábra A vizsgált tényezők hatása a terméseredményekre magas termésszinten (2009-2015)

5.1.1. Az évjáratok hatása

A hibridek genetikai potenciáljának kifejeződését legnagyobb mértékben a környezeti adottságok határozzák meg. A variancianálízis eredményei alapján megállapítottuk, hogy az évjárat hatása a legnagyobb a terméseredményekre. Régiókban a víz az a termést befolyásoló tényező, amely leginkább meghatározza, esetenként limitálja a termesztés sikerességét.

Kísérleteinket 2009 és 2015 között állítottuk be az ország fontos kukoricatermesztő területein. A 9. számú táblázat a kísérleti évek terméseredményeit (kísérleti és országos üzemi átlagok) tartalmazza a környezeti faktorok összefüggéseiben. Fontos környezeti faktorok az éves csapadék, a júliusi csapadék és a hőségnapok száma, valamint a csapadék eloszlása és az, hogy mennyi jut a kukorica érzékeny fenológiai fázisaiban. Ha a terméseredményeket a környezeti hatások függvényében vizsgáljuk, akkor megállapítottuk, hogy a júliusi csapadék mennyisége szoros a kapcsolatban van a terméssel ($r=0,85$), míg a hőségnapok számával csak laza a kapcsolat ($r=0,40$).

9. táblázat A kísérleti és az országos terméseredmények összehasonlítása az éves-, a júliusi csapadék és a hőségnapok számát figyelembe véve (2009-2015)

Év	Országos átlag (t ha ⁻¹)	Kísérleti átlag (t ha ⁻¹)	Üzemi átlag/kísérleti átlag (t ha ⁻¹)	Betakarításkori nedvesség (%)	Éves csapadék (mm)	Júliusi csapadék az átlag %-ban	Hőségnapok száma
2009	6,39	10,59	0,60	18,30	598,00	-66,00	28,00
2010	6,47	11,47	0,56	21,96	959,00	121,00	23,00
2011	6,50	10,70	0,61	15,86	407,40	149,00	32,00
2012	4,00	7,55	0,53	16,28	470,40	101,00	49,00
2013	5,44	10,06	0,54	19,72	649,60	-37,00	33,00
2014	7,82	13,99	0,56	23,97	739,80	189,00	19,00
2015	5,79	9,99	0,58	15,83	538,90	61,00	46,00

A legmagasabb termést 2014-ben mértük, ebben az évben 13,99 t ha⁻¹ volt a kísérleti átlag, amikor a júliusi csapadék 89%-kal haladta meg a harmincéves középértéket. Ebben az évben az országos átlaghőmérséklet 1,9 °C-kal, míg a júliusi középhőmérséklet 1,3 °C-kal haladta meg a sokéves átlagot. A legtöbb csapadék 2010-ben hullott, 959 mm volt az éves mennyiség, ugyanakkor a hőmérséklet alig emelkedett az átlag fölé és a hőségnapok

száma sem volt magas. A legalacsonyabb termést 2012-ben mértük, akkor $7,55 \text{ t ha}^{-1}$ volt a kísérleti átlag. Ez tükröződött az országos adatokban is, ebben az évben 4 t ha^{-1} volt az üzemi eredmény, amelynél csak 2003-ban és 2007-ben volt gyengébb a termés az elmúlt harminc évben. Ebben az esztendőben az éves hőmérséklet $1,4^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg a harmincéves átlagot, míg a hőségnapok száma 49 volt.

Az évjárat hatását általános lineáris modell segítségével vizsgáltuk meg. A modell alkalmazásával igazoltuk a tőszám és az évjáratok szignifikáns hatását a terméseredményekre. 2010 és 2014 kedvező évjáratoknak minősülnek, hatásuk statisztikailag igazolható, 2011 is kedvező évjáratnak minősíthető, eltérése az átlagtól nem szignifikáns. 2012 és 2013 évek hatása szignifikáns és kedvezőtlen hatású, míg 2009 szintén negatív, ez azonban statisztikailag nem igazolható. 2012-ben a júliusi középhőmérséklet - a fent leírt mutatókon túl - $2,9^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg a harmincéves átlagot és a második legkevesebb csapadékot jegyeztünk fel a kísérleti időszakban 2011 után (19. melléklet).

5.1.2. A kísérleti hely és a terméseredmények összefüggései

Az elmúlt években hazánk hat agroökológiai körzetének területein állítottuk be tőszámkísérleteinket. A termőhely hatása a variancianálízis eredményei alapján – az évjárat hatása után – a második legnagyobb hatással volt a termésre. A legnagyobb, kedvező és szignifikáns hatással voltak a terméseredményekre a Körös-Maros közén kivitelezett kísérleti helyek, ahol $12,20 \text{ t ha}^{-1}$ volt az átlag, ami szignifikánsan magasabb a $10,69 \text{ t ha}^{-1}$ főátlaghoz képest. Szintén kedvező és statisztikailag igazolható a Dunántúli-dombság kísérleti helyének termésre gyakorolt hatása, itt $11,48 \text{ t ha}^{-1}$ volt a termésátlag, ami statisztikailag igazolhatóan magasabb a főátlagnál. Kedvező hatással volt, de statisztikailag nem igazolható a Tiszai-Alföld északi területén Hort kísérleti hely. Kedvezőtlen, de nem szignifikáns szinten volt a Dunai-Alföld és Hajdúság kísérleti helye Hajdúböszörményben. Kedvezőtlen hatással, statisztikailag igazolható szinten a Tiszai-Alföld, Alsó-Tisza-vidéken Szeged környékén lévő kísérleti területek voltak (10. táblázat).

Ha a termőhelyek egymáshoz viszonyított hatásait belső összevetéssel vizsgáltuk, akkor megállapítottuk, hogy a Körös-Maros köze kísérleti terület minden más kísérleti

helyhez képes szignifikánsan magasabb termésszinttel, potenciállal rendelkezik. A Hajdúságban szignifikánsan magasabb terméseredményeket realizáltunk a Tiszai-Alföld-Észak kísérleti helyünkénél, ugyanakkor szignifikánsan gyengébb a Dunántúli-dombság és a Dunai-Alföld területeinél is. A Dunántúli-dombság kísérleti területe szignifikánsan nagyobb potenciállal rendelkezik a Dunai-Alföld, a Hajdúság és a Tiszai-Alföld-Dél kísérleti területeihez képest. Szignifikánsan gyengébb a Körös-Maros köze kísérleti tereihez képes, nem megkülönböztetető a Tiszai-Alföld-Észak kísérleti helytől. A Dunai-Alföld szignifikánsan gyengébb potenciállal rendelkezik a Dunántúli-dombság, a Körös-Maros köze és a Tiszai-Alföld-Észak területeihez képest, ugyanakkor szignifikánsan magasabb termést biztosít a déli területekhez képest. A Tiszai-Alföld-Észak területe statisztikailag megkülönböztethető a Dunai-Alföldről, annál jobb potenciállal rendelkezik, csakúgy, mint a Hajdúság kísérleti helyénél. Szignifikánsan gyengébb a Körös-Maros köze és Dunántúli-dombság kísérleti tereinek potenciálja. Sekély termőrétegével, laza talajszerkezetével a Tiszai-Alföld-Dél, Szeged melletti kísérleti hely biztosította a leggyengébb potenciált a kísérletekhez. Minden kísérleti helytől – a Hajdúságot kivéve - statisztikailag megkülönböztethető, gyengébb termésszintet képvisel (10. táblázat).

10. táblázat A kísérleti helyek közötti eltérések statisztikai mutatói (2009-2015)

Termőhely (I)	Termőhely (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^d	95 % Confidence Interval for Difference ^d	
					Lower Bound	Upper Bound
Dunai Alföld	Dunántúli dombság	-1,222 [*]	0,175	0,000	-1,566	-0,879
	Hajdúság	,723 ^{*,b}	0,218	0,001	0,296	1,151
	Körös-Maros köze	-1,910 [*]	0,203	0,000	-2,308	-1,512
	Tiszaí Alföld - Dél	,716 [*]	0,182	0,000	0,36	1,073
	Tiszaí Alföld - Észak	-,808 ^{*,b}	0,307	0,008	-1,409	-0,206
Dunántúli dombság	Dunai Alföld	1,222 [*]	0,175	0,000	0,879	1,566
	Hajdúság	1,946 ^{*,b}	0,164	0,000	1,625	2,267
	Körös-Maros köze	-,688 [*]	0,143	0,000	-0,968	-0,407
	Tiszaí Alföld - Dél	1,939 [*]	0,111	0,000	1,721	2,157
	Tiszaí Alföld - Észak	,415 ^b	0,27	0,125	-0,115	0,945
Hajdúság	Dunai Alföld	-,723 ^{*,c}	0,218	0,001	-1,151	-0,296
	Dunántúli dombság	-1,946 ^{*,c}	0,164	0,000	-2,267	-1,625
	Körös-Maros köze	-2,634 ^{*,c}	0,191	0,000	-3,007	-2,260
	Tiszaí Alföld - Dél	-,007 ^c	0,171	0,967	-0,342	0,328
	Tiszaí Alföld - Észak	1,531 ^{*,b,c}	0,312	0,000	-2,143	-0,919
Körös-Maros köze	Dunai Alföld	1,910 [*]	0,203	0,000	1,512	2,308
	Dunántúli dombság	,688 [*]	0,143	0,000	0,407	0,968
	Hajdúság	2,634 ^{*,b}	0,191	0,000	2,260	3,007
	Tiszaí Alföld - Dél	2,626 [*]	0,151	0,000	2,331	2,922
	Tiszaí Alföld - Észak	1,103 ^{*,b}	0,294	0,000	0,526	1,679
Tiszaí Alföld - Dél	Dunai Alföld	-,716 [*]	0,182	0,000	-1,073	-0,36
	Dunántúli dombság	-1,939 [*]	0,111	0,000	-2,157	-1,721
	Hajdúság	,007 ^b	0,171	0,967	-0,328	0,342
	Körös-Maros köze	-2,626 [*]	0,151	0,000	-2,922	-2,331
	Tiszaí Alföld - Észak	-1,524 ^{*,b}	0,274	0,000	-2,061	-0,987
Tiszaí Alföld - Észak	Dunai Alföld	,808 ^{*,c}	0,307	0,008	0,206	1,409
	Dunántúli dombság	-,415 ^c	0,27	0,125	-0,945	0,115
	Hajdúság	1,531 ^{*,b,c}	0,312	0,000	0,919	2,143
	Körös-Maros köze	-1,103 ^{*,c}	0,294	0,000	-1,679	-0,526
	Tiszaí Alföld - Dél	1,524 ^{*,c}	0,274	0,000	0,987	2,061

5.1.3. Az állománysűrűség hatása a terméseredményekre

Az állománysűrűség a kukorica termésére és termésbiztonságára is jelentős hatással van. Hazánkban 2009-2015 években állítottuk be a tőszámkísérleteinket. Ezekben a kísérletekben a különböző genotípusok tőszám sűrítettségét, valamint tőszám reakcióját vizsgáltuk 50.000 és 90.000 növény ha⁻¹ közötti tartományban, különböző termésszinteken is. Kutatásaink során megállapítottuk hogy **a vizsgálati években, a kísérletbe vont**

hibridek terméseredményeinek átlagában a termő tőszám növelésével nőtt a termés (11. táblázat). A varianciaanalízis eredményei azt igazolták, hogy a tőszám változásának szignifikáns hatása van a terméseredményekre. Ezen eredményeink megegyeznek a szakirodalomban lelt adatok döntő többségével.

Számos hazai és nemzetközi kutatás eredménye erősíti meg, hogy az állománysűrűség növelésével a kukorica szemtermése nő. Duncan (1958), Györffy (1976) szerint a kukorica termése a sűrítés hatására nő. Berzsenyi (1992), Nagy (1996), Badahur et al. (1999), Gyenesné et al. (2002), Gozubenli et al. (2004), Jolánkai (2005), Molnár és Sárvári (2005), Arif et al. (2010), Abuzar et al. (2011), Van Roekel és Coulter (2011), Vári (2014), Máriás (2014), Murányi és Pepó (2014), Futó és Sárvári (2015) szintén megállapítják a tőszám emelkedésének termésnövelő hatását.

Hunter et al. (1970) szintén azt tapasztalta, hogy a magasabb tőszámok magasabb termést adtak, bár a tőszámreakció változott a helyek és az évjáratok váltakozásával. Ezt a mi adataink is megerősítik.

Fontos megállapítani, hogy a hazai termesztési környezet és klíma kiszámíthatatlansága miatt a túl magas növényszám növeli a termesztés kockázatát (Megyes és Nagy, 1999). Pepó et al. (2005) kutatásai szerint az állománysűrűségben történt változás nem okozott eltérést a termésben. Széleskörű kutatások eredményei alapján Vad és Pepó (2014) megállapították, hogy az általuk vizsgált agrotechnikai tényezők közül az állománysűrűség volt a legkisebb hatással a terméseredményekre. A szakirodalom többsége megállapítja az állománysűrűség termésre gyakorolt hatását, ugyanakkor nem lehet cél a termésbiztonság és minőség kockáztatása. Ezért tartjuk fontosnak a termőhelyre, technológiára történő fajta- és tőszám javaslat alapjait képező agrotechnikai kutatások végzését, illetve termésszintekre történő kiterjesztését.

Kísérleti hálózatunkban - az átlagok tekintetében - a legnagyobb termést (11,30 t ha⁻¹) a legmagasabb tőszámon mértük, az átlaghoz képest 3,22%-kal magasabbat, míg a legalacsonyabb termést (10,10 t ha⁻¹) az 50.000-es tőszámon mértük, ott az átlaghoz képest 5,48%-os terméscsökkenést tapasztaltunk. Ezek alapján megállapítottuk, hogy az alacsony

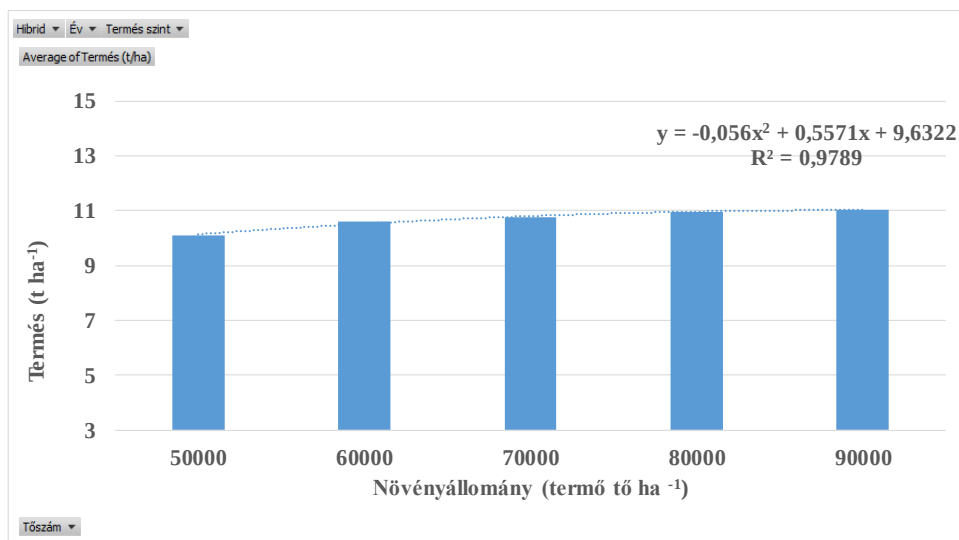
tőszámnak erősebb a termés csökkentő hatása, mint a magas tőszám javító ereje. Az átlaghoz legközelebbi termést a 70.000-es tőszámon mértük, ott 0,52%-os volt az eltérés.

11. táblázat A vizsgálatban szereplő hibridek termésmennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában (2009-2015)

Összes hibrid	Összes eredmény			Alacsony termésszint (0-7 t ha ⁻¹)			Átlagos termésszint (7-11 t ha ⁻¹)			Magas termésszint (11 < t ha ⁻¹)		
Tőszám (növény ha ⁻¹)	Termés (t ha ⁻¹)	Termés (%)	Eltérés (%)	Termés (t ha ⁻¹)	Termés (%)	Eltérés (%)	Termés (t ha ⁻¹)	Termés (%)	Eltérés (%)	Termés (t ha ⁻¹)	Termés (%)	Eltérés (%)
50.000	10,10	94,52	-5,48	5,40	105,48	5,48	9,14	99,39	-0,61	13,00	94,96	-5,04
60.000	10,61	99,24	-0,76	5,17	100,93	0,93	9,19	99,91	-0,09	13,51	98,65	-1,35
70.000	10,74	100,52	0,52	4,98	97,20	-2,80	9,15	99,50	-0,50	13,77	100,60	0,60
80.000	10,96	102,52	2,52	5,16	100,79	0,79	9,28	100,90	0,90	13,94	101,82	1,82
90.000	11,03	103,22	3,22	4,87	95,03	-4,97	9,24	100,48	0,48	14,09	102,93	2,93
Átlag	10,69	100,00		5,12	100,00		9,19	100,00		13,69	100,00	

2009 és 2015 között az összes vizsgálatba vont hibridről 4985 termés adatpontot gyűjtöttünk, a kísérletek főátlaga 10,69 t ha⁻¹, a betakarításkori nedvességtartalom 18,92% volt. A legmagasabb termést 2014-ben, Dalmand környékén mértük, itt a DKC5007 hibrid 80.000 növény ha⁻¹ tőszámon 19,30 t ha⁻¹ eredményt ért el 32,6% betakarításkori víztartalommal. A legalacsonyabb termést a súlyosan aszályos 2012-es évben mértük, akkor Szeged melletti kísérleti területünkön a DKC4795 hibrid 80.000 növény ha⁻¹ tőszámon 1,17 t ha⁻¹ eredményt ért el 24,7% betakarításkori víztartalommal.

A beállított tőszámok esetében a kísérletben vizsgált hibridek termésátlaga 50.000 növény ha⁻¹ esetén 10,10 t ha⁻¹, 60.000 növény ha⁻¹ esetén 10,61 t ha⁻¹, 70.000 növény ha⁻¹ esetén 10,74 t ha⁻¹, 80.000 növény ha⁻¹ esetén 10,96 t ha⁻¹, 90.000 növény ha⁻¹ esetén 11,03 t ha⁻¹ volt. Az illesztett görbe regressziós értéke alapján a kapcsolat igen szoros (13. ábra).



13. ábra A vizsgálatba vont hibridek termésmennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában (2009-2015)

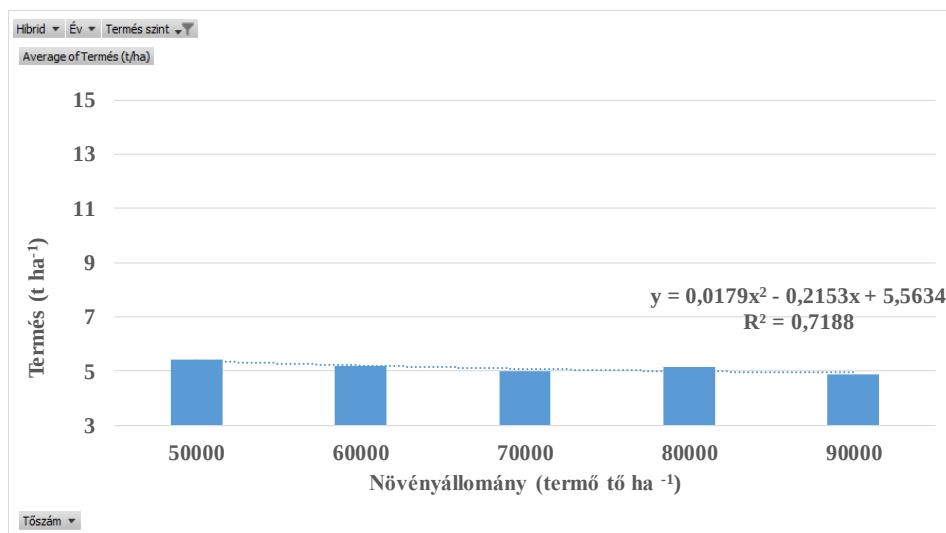
Ha a tőszámkezelések egymáshoz viszonyított hatásait belső összevetéssel vizsgáljuk, akkor a kezelések közötti különbségek is kirajzolódnak. Megállapítottuk, hogy az 50.000-es állománysűrűség az, ami minden más kezeléstől szignifikánsan elkülönül és alacsonyabb terméseredményt hoz. A 60.000-es tőszám statisztikailag igazolhatóan magasabb termést eredményez az 50.000-es kezeléshez képest, míg szignifikánsan gyengébb a 90.000-es kezelés eredményeihez képest. A 70.000-es állománysűrűség kezelés csakúgy, mint a 80.000-es csak az 50.000-es kezeléstől különül el szignifikánsan, a többi tőszámkezeléstől nem lehet a terméseredményeken keresztül megkülönböztetni statisztikai bizonyossággal. A 90.000-es tőszám kezelés szignifikáns terméselőnyt biztosít az 50.000-es és a 60.000-es állománysűrűség kezelésekhez képest, nem tér el a 70.000-es és a 80.000-es kezelésektől (12. táblázat).

12. táblázat A tőszámkezelések közötti eltérések statisztikai mutatói (2009-2015)

Tőszám (I)	Tőszám (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^d	95% Confidence Interval for Difference ^d	
					Lower Bound	Upper Bound
50000	60000	-,507 ^{*,b,c}	0,135	0,000	-0,772	-0,242
	70000	-,669 ^{*,b,c}	0,135	0,000	-0,934	-0,404
	80000	-,845 ^{*,b,c}	0,135	0,000	-1,111	-0,58
	90000	-,885 ^{*,b,c}	0,136	0,000	-1,152	-0,618
60000	50000	,507 ^{*,b,c}	0,135	0,000	0,242	0,772
	70000	-,162 ^{b,c}	0,135	0,230	-0,426	0,103
	80000	-,339 ^{*,b,c}	0,135	0,012	-0,603	-0,074
	90000	-,378 ^{*,b,c}	0,136	0,005	-0,645	-0,112
70000	50000	,669 ^{*,b,c}	0,135	0,000	0,404	0,934
	60000	,162 ^{b,c}	0,135	0,230	-0,103	0,426
	80000	-,177 ^{b,c}	0,135	0,190	-0,441	0,088
	90000	-,217 ^{b,c}	0,136	0,110	-0,483	0,049
80000	50000	,845 ^{*,b,c}	0,135	0,000	0,58	1,111
	60000	,339 ^{*,b,c}	0,135	0,012	0,074	0,603
	70000	,177 ^{b,c}	0,135	0,190	-0,088	0,441
	90000	-,040 ^{b,c}	0,136	0,769	-0,306	0,226
90000	50000	,885 ^{*,b,c}	0,136	0,000	0,618	1,152
	60000	,378 ^{*,b,c}	0,136	0,005	0,112	0,645
	70000	,217 ^{b,c}	0,136	0,110	-0,049	0,483
	80000	,040 ^{b,c}	0,136	0,769	-0,226	0,306

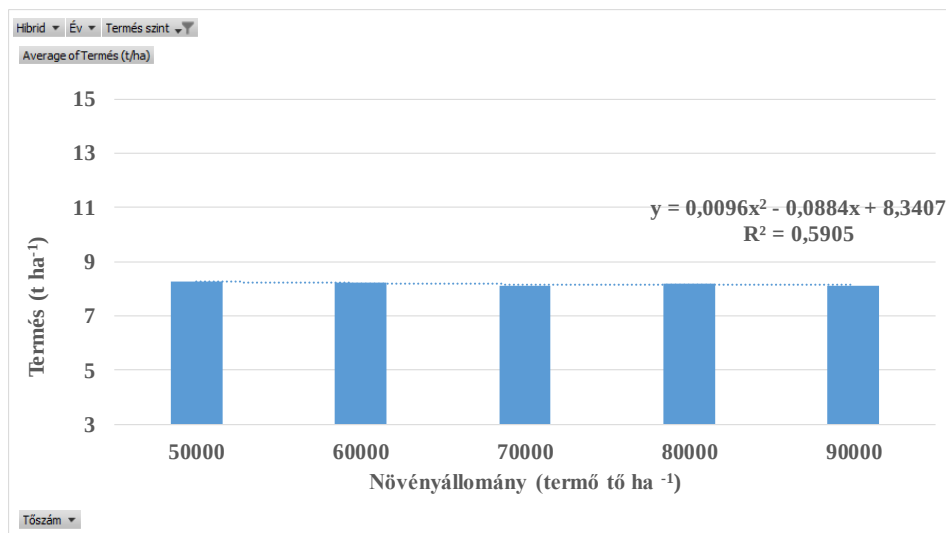
A kísérleti időszakban alacsony termésszinten (<7 t ha⁻¹) 674, átlagos termésszinten (7-11 t ha⁻¹) 2045, míg magas termésszinten (11< t ha⁻¹) 2266 termés adatpontot gyűjtöttünk. Ezen adatok segítettek bennünket a tőszámkísérleti eredmények részletesebb értelmezésében, amit az évjáratok jelentős hatása és a hazánkra jellemző változatos termesztési környezet tesz szükségessé.

Alacsony termésszinten a kísérleti átlag 5,12 t ha⁻¹ volt, az összes adat figyelembevételével megállapíthatjuk, hogy a legmagasabb termést (5,40 t ha⁻¹) a legalacsonyabb tőszámon (50.000 tő ha⁻¹) mértük, míg a legalacsonyabbat (4,87 t ha⁻¹) a legmagasabb tőszámon (90.000 tő ha⁻¹). Ezen a termésszinten a tőszám növelése termésvesztést okoz, ami főleg a hő- és szárazságstressz következménye (14. ábra).



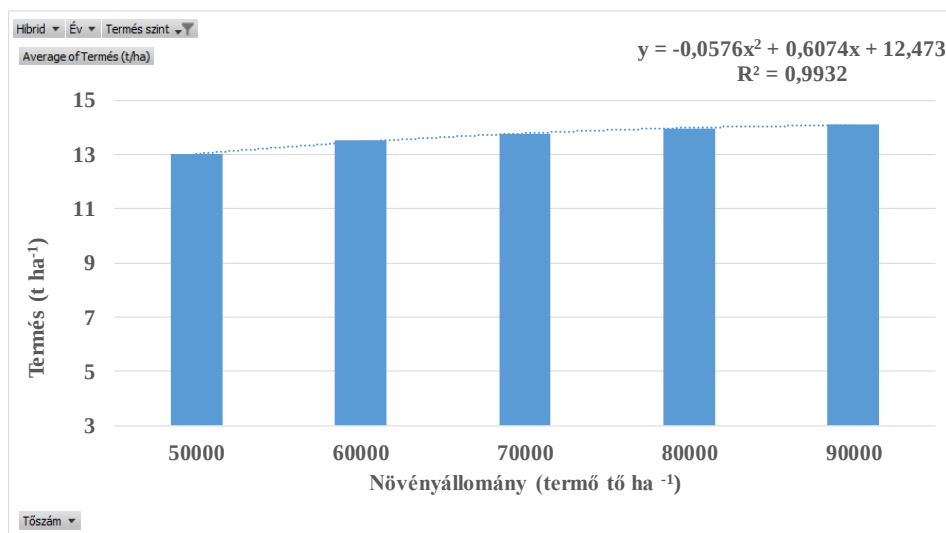
14. ábra A vizsgálatba vont hibridek termésmennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában – alacsony termésszinteken (<7 t ha⁻¹) (2009-2015)

Átlagos termésszinten (7-11 t ha⁻¹) 9,19 t ha⁻¹ volt a kísérleti átlag, a legmagasabb termést (9,28 t ha⁻¹) 80.000 tó ha⁻¹-on mértük, de ha a százalékos eltérést nézzük, akkor megállapíthatjuk, hogy az egyes tőszám kezelések között nincs statisztikailag igazolható, valódi különbség (15. ábra). Míg alacsony termésszinten több, mint 10% volt a különbség a legalacsonyabb és legmagasabb szemtermés között, addig átlagos termésszinten ez az eltérés 1,09%.



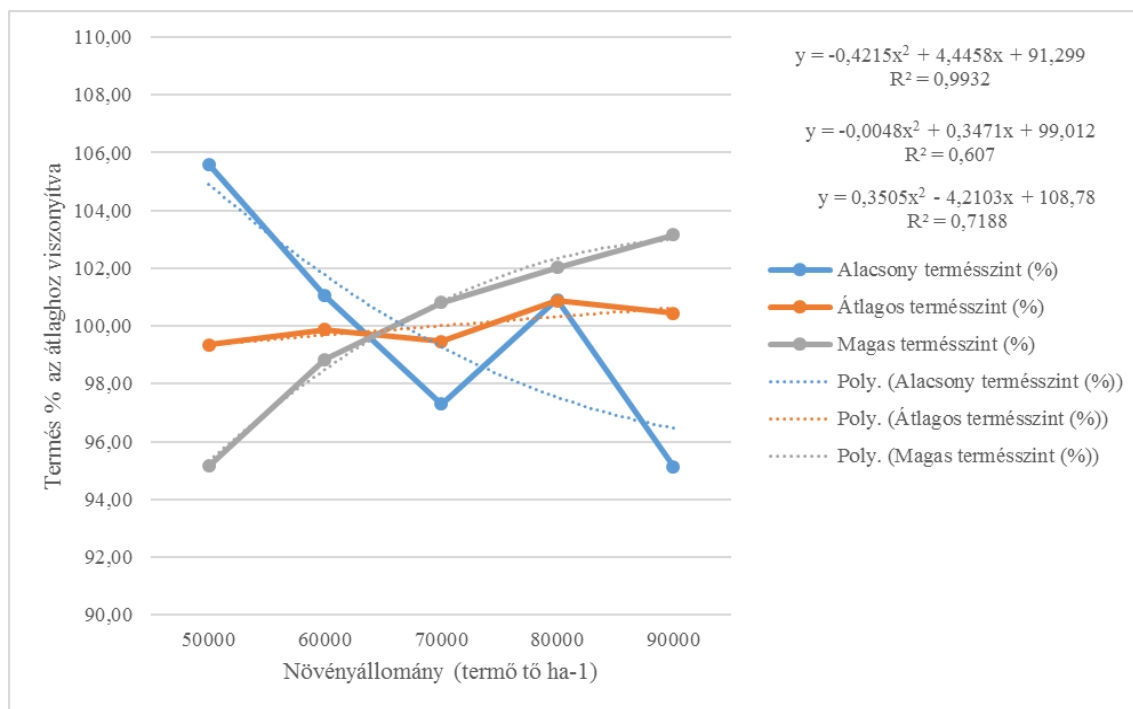
15. ábra A vizsgálatba vont hibridek termésmennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában – átlagos termésszinteken (7-11 t ha⁻¹), (2009-2015)

Magas termésszinten ($11 < t \text{ ha}^{-1}$) a kísérleti átlag $13,69 \text{ t ha}^{-1}$ volt, a legmagasabb termést ($14,09 \text{ t ha}^{-1}$) a legmagasabb tőszámon ($90.000 \text{ növény ha}^{-1}$) mértük, ez 2,93%-kal tért el az átlagtól, a legalacsonyabb termést a legalacsonyabb tőszámon mértük ($13,00 \text{ t ha}^{-1}$). Ezen a termésszinten 7,97%-os eltérés volt a két szélsőérték között, a tőszám növelése folyamatosan növelte a szemtermés eredményeket (16. ábra).



16. ábra A vizsgálatba vont hibridek termés mennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában – magas termésszinteken ($11 < t \text{ ha}^{-1}$) (2009-2015)

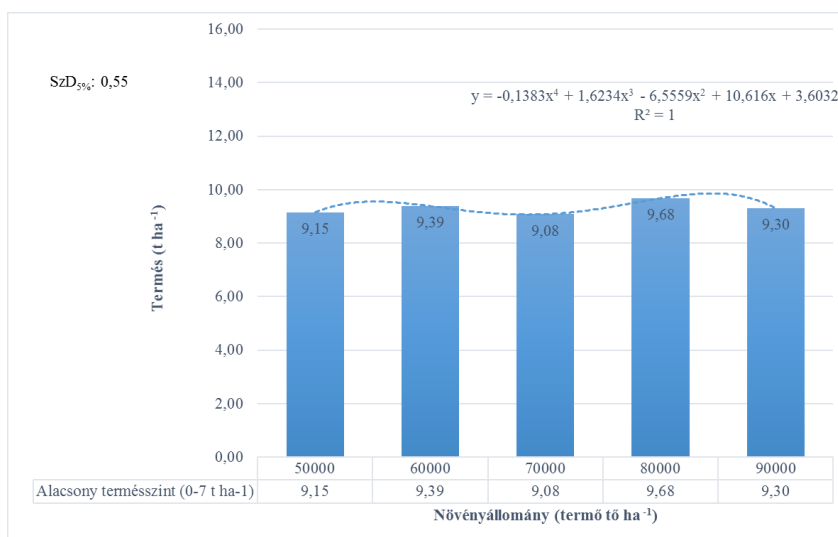
Az összes eredményt egy grafikonba foglalva szemléltetjük a tőszám kezelések különböző termésszinteken mérhető hatásait és a termesztési környezetben fellépő problémákat a helytelen tőszámválasztás okán (17. ábra).



17. ábra A vizsgálatba vont hibridek termésmennyiségeinek átlagtól való eltérése a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában – a három termésszint bontásában, (2009-2015)

Alacsony termésszinteken a vizsgálatba vont tőszámok közül az 50.000 t ha⁻¹ állománysűrűségen mértük a legmagasabb termést. Átlagos termésszinten az átlagok tekintetében az optimum elérése után visszaesés következik, majd az emelkedő tőszámokon az egyedi produkció csökkenése ellenére ismét magasabb termést mérünk a növekvő növény szám kompenzáló hatása miatt. A tőszám görbe ilyen jellegű lefutását több hibrid esetében is megfigyeltük alacsony termésszinten is. A szűk vizsgálati intervallum miatt a különbség az esetek többségében nem igazolható statisztikailag, ugyanakkor a számított optimum (18. táblázat) figyelembevételével a megállapítás igazolható. Alacsony termésszinten hasonló jellegű tőszám görbe a következő hibridek esetében rajzolódott: DKC3623, DKC4014, DKC4025, DKC4541, DKC4590, DKC4795, DKC4943, DKC5031 és az DKC5190. Átlagos termésszinteken a DKC4590, a DKC4795, a DKC4943 és a DKC5190 hibrideknek van ilyen lefutású görbéje, míg magas termésszinten a DKC4014, a DKC4590, a DKC5007, a DKC5031, a DKC5190 és a DKC5222 esetében figyeltük meg a jelenséget nem szignifikáns különbségekkel, itt az optimumok viszont a magasabb

tőszámon jelentek meg. Alacsony termésszinten a fent ismertetett tőszámgörbe lefutást figyeltük meg szignifikáns különbségekkel a DKC3705 (3. sz. melléklet), a DKC4490 (7. sz. melléklet), a DKC4964 (13. sz. melléklet) és a DKC5007 (14. sz. melléklet) hibridek esetében. Ezeknél a hibrideknél az optimum után a tőszám emelésére termésdepressziót figyeltünk meg. Az állománysűrűség növelésével a több cső, több szem, magasabb termés törvényszerűség érvényesülése miatt a magas tőszámokon ismét emelkedett a termés, az egyes tőszámkezeléseken mért termések különbsége szignifikáns. Az itt leírtakat a DKC5007 hibrid eredményeivel szemléltetjük (18. ábra).

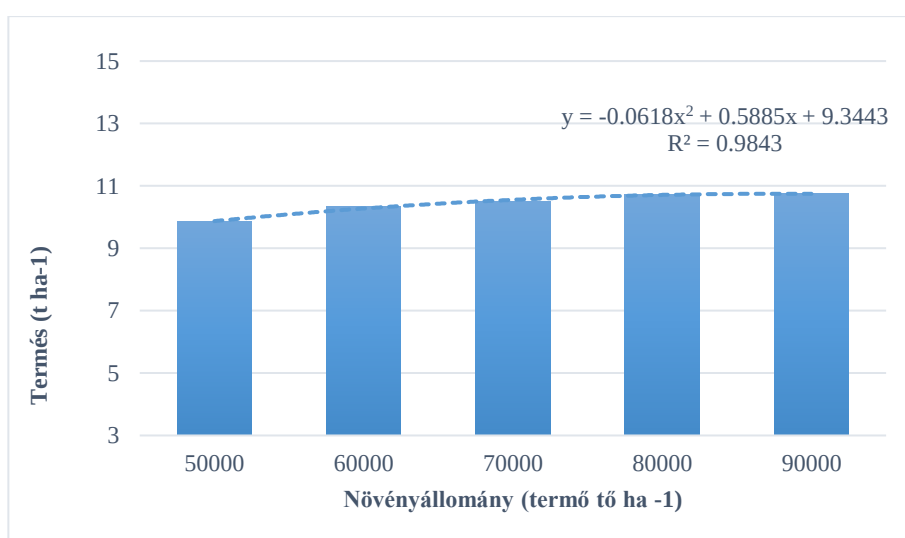


18. ábra A DKC5007 hibrid terméseredményei a kísérleti helyek átlagában, alacsony termésszinten (2009-2015)

Magas termésszinteken a vizsgálatba vont hibridek jobb eredményekkel hálálták meg az emelt tőszámokat, míg alacsony termésszinten átlagban a legkisebb tőszám kezelésén mértük a legmagasabb terméseredményeket. Ilyen termésszinteken, üzemi körülmények között a tőszám emelése mindenképpen kockázatos.

Az irodalmi adatok szerint a különböző éréscsoportok hibridjei eltérő tőszámreakcióval bírnak. Míg Sangoi (2000), Kováts és Sárvári (1992) kutatási eredményei alapján a korai hibridek alkalmasak a magasabb tőszámon történő termesztésre, addig Berzseny és Tokatlidis (2012) szerint - mivel azok érzékenyebbek a környezeti hatásokra - az alacsonyabb tőszám megválasztása javasolt.

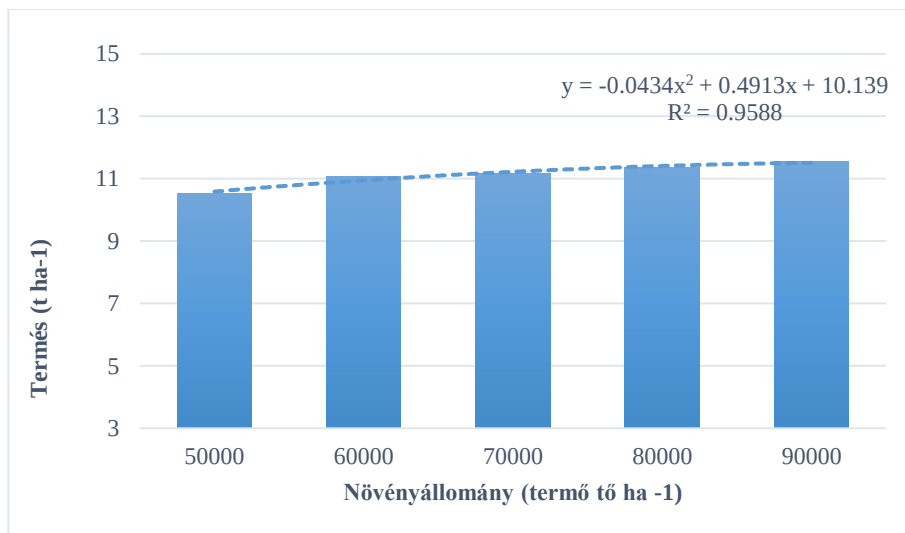
Kísérleti eredményeink szerint a korai éréscsoportokban (FAO 200 és FAO 300) a vizsgálatba vont hibridek nagyon jól reagálnak a sűrítésre. 2955 kísérleti termés adatpont alapján megállapítottuk, hogy a legmagasabb termést ($10,63 \text{ t ha}^{-1}$) a legmagasabb tőszámon mértük, a legalacsonyabbat ($9,75 \text{ t ha}^{-1}$) pedig a legkisebb tőszámon. A kísérleti átlag $10,35 \text{ t ha}^{-1}$ volt, az illesztett görbe regressziós értéke szerint a tőszám növelésének hatása szoros kapcsolatban van a terméseredményekkel (19. ábra). Az elmúlt évek tapasztalatai szerint a korai és az igen korai hibridek eredményesebben termesztethetők az aszályos körülmények között, aminek oka a korai vethetőség és az, hogy a korábbi virágzás miatt ezek a fajták nagyobb eséllyel kerülhetik el az aszályal terhelt időszakot.



19. ábra A vizsgálatba vont igen korai és korai hibridek termésmennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában, (2009-2015)

A középérésű csoportban (FAO 400) a vizsgálatba vont hibridekről 2030 termés adatpontot dolgoztunk fel. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy ezen csoport hibridjei is jól reagáltak az állománysűrűség emelésére. Ebben az éréscsoportban $11,17 \text{ t ha}^{-1}$ volt a kísérleti átlag, ami $0,82 \text{ t ha}^{-1}$ -al volt magasabb az igen korai és korai csoport eredményeinél. A legmagasabb termést ($11,66 \text{ t ha}^{-1}$) a legnagyobb tőszámon, míg a leggyengébb termést ($10,65 \text{ t ha}^{-1}$) a legalacsonyabb tőszámon mértük (20. ábra). Ennek az éréscsoportnak a jelentősége csökkent az elmúlt években, aminek legfőbb okát abban látom, hogy a hazai termesztési környezetben a késői FAO 300 hibridekkel hasonló termésszintet lehet elérni, ugyanakkor a késői hibridek használata kockázatosabbá válik a

kiszámíthatatlan meteorológiai körülmények miatt. A későbbi fajtákat később vetik, nagyobb eséllyel esik a virágzás a kritikus júliusi időszakba, mindemellett magasabb betakarításkori víztartalmuk miatt költséghatékonyságuk is rosszabb.



20. ábra A vizsgálatba vont középérésű és késői hibridek termésmennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában, (2009-2015)

5.1.4. A tőszám változásának hatása az agronómiai tulajdonságokra

A tőszámkísérleteinkben a 2009-2015-ös időszakban 7102 agronómiai tulajdonságot jellemző adatpontot felvételeztünk. Mennyiségüket tekintve a csőeredés magasságára (1821 adatpont), a növénymagasságra (1821 adatpont), és a virágzásra vonatkozó információk (1596 adatpont) voltak többségben. Lehetőség esetén számoltuk a gyökérdőlt és szártörött (709-709 adatpont) növényeket, valamint rendkívüli körülmények esetén a meddő töveket is, de csekély megjelenésük miatt ezek értékelésbe vonásától és ismertetésétől eltekintettünk.

A szántóföldi megfigyelések alapján és az eredmények áttekintése után megállapítottuk, hogy megfigyelhető a tőszám növelésének hatása az agronómiai tulajdonságokra, egyes tulajdonságok esetében a tőszámkezelések közötti különbség szignifikáns (13. táblázat). Az adatokból következtethetünk arra, hogy a növényállomány változása magával hozza az agronómiai tulajdonságok változását is.

13. táblázat Az agronómiai tulajdonságok az egyes tőszám kezeléseken a kísérleti helyek eredményeinek átlagában (2009-2015)

Agronómiai tulajdonságok	50.000 növény ha ⁻¹	60.000 növény ha ⁻¹	70.000 növény ha ⁻¹	80.000 növény ha ⁻¹	90.000 növény ha ⁻¹	SzD _{5%}
Növénymagasság (cm)	236,28	237,89	237,27	238,89	234,37	3,23
Csőeredés magassága (cm)	104,77	106,88	108,23	109,65	107,92	2,19
Nővirágzás (nap)	70,02	69,85	69,99	70,34	70,49	1,35
Hímvirágzás (nap)	70,66	70,34	70,43	70,74	70,99	1,29
Szártörés (db/parcella)	2,37	1,86	2,88	5,29	5,3	2,07
Gyökérdőlés (db/parcella)	2,05	2,94	4,03	5,54	7,22	2,04
Hektoliter tömeg (kg hl ⁻¹)	76,37	76,47	75,78	75,54	75,35	1,24

A 14. táblázatban bemutatjuk a korrelációs vizsgálat eredményeit, a tőszám növelésének kapcsolatát az egyes agronómiai tulajdonságokkal.

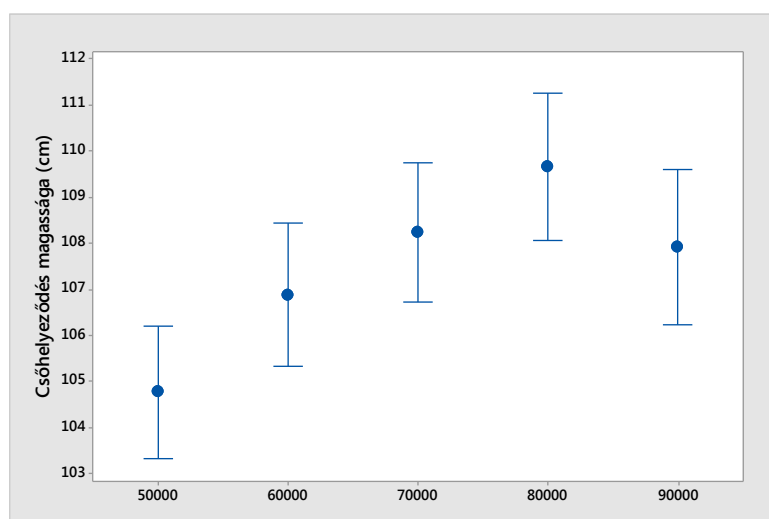
14. táblázat Az agronómiai tulajdonságok kapcsolata (a korrelációs együttható értékeivel bemutatva) a tőszám változásával a kísérleti helyek átlagában a különböző termésszinteken (2009-2015)

Tőszám hatása az agronómiai tulajdonságokra				
Agronómiai tulajdonságok	összes eredmény	alacsony termésszint (<7 t ha ⁻¹)	átlagos termésszint (7-11 t ha ⁻¹)	magas termésszint (11 < t ha ⁻¹)
Tőszám	1			
Növénymagasság (cm)	-0,016	-0,120	0,018	-0,007
Csőeredés magassága (cm)	0,085	0,071	0,107	0,077
Nővirágzás (nap)	0,033	-0,031	0,063	-0,011
Hímvirágzás (nap)	0,025	-0,081	0,053	-0,017
Szártörés (db)	0,190	0,272	0,271	-0,102
Gyökérdőlés (db)	0,342	0,510	0,343	0,130
Hektoliter tömeg (kg hl ⁻¹)	-0,062	-0,272	-0,070	-0,104

Az összes adat figyelembevételével megállapítható, hogy a **növénymagasság** a 80.000-es tőszámig nő, majd csökken, a tendencia egyértelműen megfigyelhető. A korrelációs együttható alapján a tőszám kezelés nincs statisztikailag igazolható kapcsolatban ezzel a tulajdonsággal (r=-0,01). Az F próbastatisztika kritikus értékei alapján,

95%-os megbízhatósági szinten megállapítottuk, hogy az átlagok között nincs szignifikáns különbség. Kivételt képzett a legmagasabb tőszámon mért átlagos növénymagasság, ahol szignifikáns eltérést állapítottunk meg. Egyes irodalmi hivatkozások szerint a növénymagasság nőtt az állománysűrűség növelésével (Gözübenli 2010, Sener et al. 2004, Ogunlela et al. 1988, Sharifi et al. 2009). Ezt a kísérleteinkben mi is tapasztaltuk, de statisztikailag a különbségeket igazolni nem tudtuk. Korábbi hazai kutatások a mi eredményeinkkel vannak szinkronban, hiszen Pintér (1980), Vári és Pepó (2011) sem talált összefüggést a tőszám növelése és ezen agronómiai tulajdonság változása között. Ezt annak tulajdonítjuk, hogy a hazai körülmények között a növénymagasság tulajdonság az átlagos és száraz évjáratokban nem minden kísérleti helyen hangsúlyozott, a valódi statisztikailag igazolható különbségek kimérése nem mindig lehetséges. Erre mutatott rá Cakir (2004), aki szerint a vegetatív fejlődés különböző fázisaiban a kukorica sokszor erősen reagál a magas tőszám következtében fellépő vízhiány okozta stresszre, ez a gyors fejlődés időszakában például a növénymagasságra is hatással van.

A **csőhelyeződés magassága** nagyobb mértékben nőtt a tőszám növelésének hatására és itt is csökkenést tapasztaltunk legmagasabb tőszámon. Az F próbastatisztika kritikus értékei alapján, 95%-os megbízhatósági szinten is megállapítottuk, hogy az átlagok között szignifikáns különbség van (21. ábra).



21. ábra A csőhelyeződés magassága a különböző tőszámokon (2009-2015)

Az állománysűrűség növelése a korrelációs együttható mértéke alapján nincs kapcsolatban a tulajdonság változásával ($r=0,08$), amit a legmagasabb tőszámon bekövetkező csökkenés tényével magyarázunk.

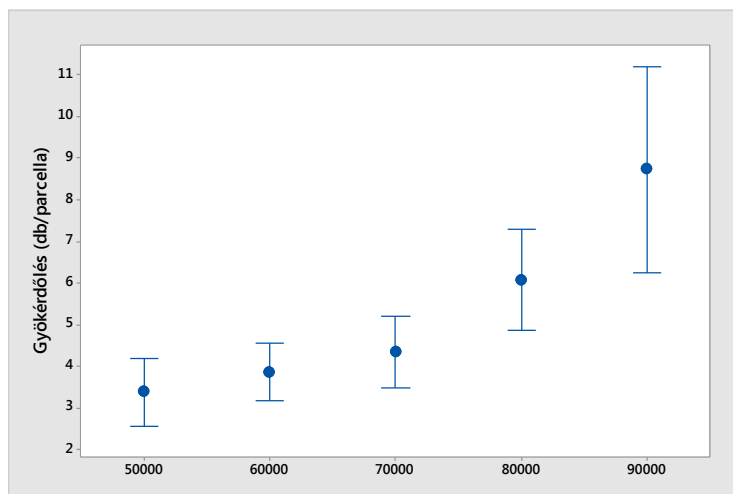
A tőszám emelése a **virágzást** nem befolyásolja, a vetéstől eltelt napok száma nem változik, a statisztikai mutatók a tőszám kezelések és a tulajdonságok gyenge kapcsolatát igazolják ($r=0,03$ a nővirágzásra és $r=0,02$ a hímvirágzásra). Az F próbastatisztika kritikus értékei alapján, 95%-os megbízhatósági szinten is megállapítottuk, hogy a nővirágzás és a hímvirágzás adatok különböző tőszámon számított átlagai között nincs szignifikáns különbség (13. táblázat).

Alacsony termésszinten ($<7 \text{ t ha}^{-1}$), a magasabb hőösszeg, vagy a vízhiány miatt fellépő szárazságstressz okán az összefüggés jellegge megváltozik, negatívvá válik, a tőszám növelése a virágzást előrehozza ($r=-0,03$ a nővirágzásra és $-0,08$ a hímvirágzásra), a kapcsolat laza. Eredményeink egyeznek Edmeades és Daynard (1979) adataival, miszerint a sűrítés nem volt szignifikáns hatással a hímvirágzásra. Más irodalmi hivatkozások azonban rámutatnak ezen tulajdonság megváltozására. Menyhért (1985), Ogunlela et al. (1988), Hashemi-Dezfouli és Herbert (1992) a címervirágzás késlekedését mutatta ki a tőszám emelésének hatására, Györffy (1979), Ritchie és Alagarswamy (2003), Tokatlidis és Koutroubas (2004) és Kamara et al (2006) a bibe és címervirágzás szinkronjának változását mutatta ki, ami a meddő tövek számának emelkedését hozza magával. Az eredmények különbözőségének okát adataink származásában látom. Virágzási adataink 91%-a származik átlagos, vagy magas termésszintről, ahol a környezeti stressz (tőszám, vagy szárazság) virágzásra gyakorolt negatív hatása nem érvényesült. Nemesítési és szelekciós munkánk során törekvés az olyan genotípusok kiválogatása, ahol a korai, agresszív bibe- és virágzással biztosítani tudjuk a megtermékenyülést. Eredményeinkből látszik, hogy ez a tendencia minden tőszámon érvényesül, a címervirágzáshoz képest meglévő előny a magasabb tőszámokon elveszhet.

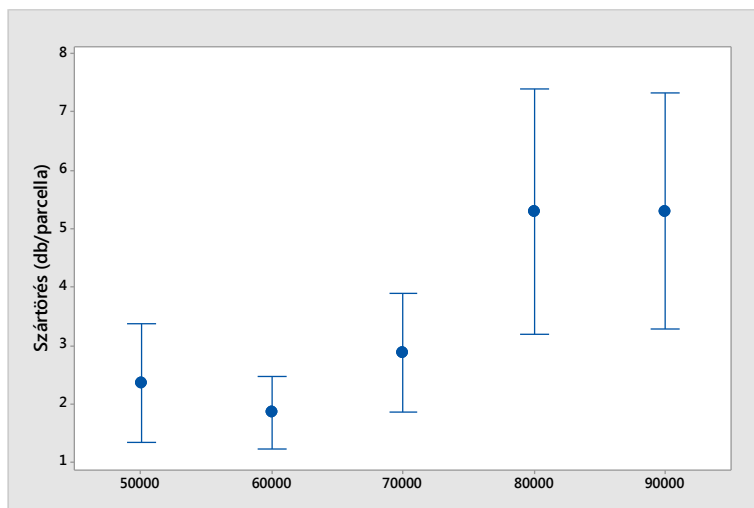
A tőszám növelése a hibridek **hektoliter tömegét** csökkentette ($r=-0,06$), ez a hatás minden termésszinten kifejeződött, de alacsony termésszinten a kapcsolat erősödött ($r=-0,27$), a tőszám kezelés és a tulajdonság kapcsolata negatív előjelű és laza. Az F próbastatisztika kritikus értékei alapján, 95%-os megbízhatósági szinten megállapítottuk,

hogy a hektoliter tömeg egyes tőszámokon mért átlagai között nincs szignifikáns különbség (13. táblázat).

A tőszám növelése a hibridek **szár- és gyökértulajdonságait** szántóföldön megfigyelhető és mérhető szinten befolyásolta. A tőszám kezelés és szártörés kapcsolata laza ($r=0,19$), míg a gyökérdőlés tulajdonság esetén erősebb, de még mindig a laza tartományba esik ($r=0,34$). Az F próbastatisztika kritikus értékei alapján, 95%-os megbízhatósági szinten is megállapítottuk, hogy a szártörés és gyökérdőlés tulajdonságok esetében az egyes tőszámokon számított átlagok között a különbség szignifikáns (22. és 23. ábra).



22. ábra A gyökérdőlés adatok eltérése a különböző tőszámokon (2009-2015)



23. ábra A szártörés adatok eltérése a különböző tőszámokon (2009-2015)

Ezen mutatók alacsony termésszinten ($<7 \text{ t ha}^{-1}$) még határozottabbá válnak ($r=0,27$ a szártörésre) és $r=0,50$ értéket számítottunk a gyökérdőlésre, ami már közepes szintű kapcsolatot jelez. A vizsgálatba vont hibridek összes eredménye alapján megállapítottuk, hogy az állománysűrűség változása statisztikailag igazolható hatással volt ezen agronómiai tulajdonságokra. Az általunk felvett adatok átlagai szerint a legmagasabb tőszámon 2,21-szeresére nőtt a szártörés és 3,52-szeresére a gyökérdőlés a legalacsonyabb tőszámhoz képest. Ez az eredmény párhuzamban van a szakirodalmi hivatkozásokkal. Kováts és Sárvári (1992) szerint a túl sűrű állomány esetén csökken a szár állóképessége, nő a fuzáriumos szártőkorhadásra való fogékonyság. Badahur et al. (1999) kutatásai szerint a tőszám növelésével a szár átmérője szignifikánsan csökken, ami magyarázatul szolgál a tulajdonság ilyen irányú megváltozására. Kamara et al. (2006) és Berzsényi (2012) kutatási eredményei is azt igazolták, hogy az állománysűrűség növelésére a dőlt tövek száma fokozatosan emelkedett.

A gyökérdőlés és szártörés átlagai laza kapcsolatot mutattak a tőszám emelésével, ami az alkalmazott genotípusok sokféleségével magyarázható. A kísérletbe vont hibridek között volt olyan, amelynek gyökérdőlés adataira nem volt hatással az állománysűrűség növelése. Ilyen hibridek voltak a DKC3939, a DKC4490, a DKC4541 a DKC4795 és a DKC4943. Más hibridek esetében a tőszám növelése jelentős gyökérdőlés, vagy szártörés növekedést okozott. Ilyen hibridek voltak a DKC4014, a DKC3705, a DKC3623 és a DKC5222. Ez a magyarázata annak, hogy a magasabb tőszámokon, azon túl, hogy növekedett a gyökérdőlés és szártörés mennyisége az adatok közötti szórás is sokkal jelentősebb volt.

5.1.5. A tőszám változásának hatása a terméskomponensekre

A hibridekre vonatkozó pontos adatok közlésére a részletes eredmények ismertetése során kerül sor, itt az általános tendenciákat vázolom. A **sorok száma** tulajdonság minden hibrid esetében állandónak bizonyult, az állománysűrűség változása nincs statisztikailag igazolható hatással a tulajdonság alakulására. Hasonló eredményekre találunk korábbi

hazai és nemzetközi kutatásokban (Lack et al. (2012), Gyenesné et al. (2002), és Nagy (2012)).

A **csőhossz** és a **soronkénti szemek száma** tulajdonságok a hibridek döntő többségében negatív irányú, szoros kapcsolatot mutattak a tőszám növelésével. Kísérleteinkben a csőhossz tekintetében kivételt képezett a DKC4795 hibrid, amely esetében a két változó közötti kapcsolat közepes erősségű (11. melléklet). Kutatási eredményeink megfelelnek a hasonló szakirodalmi kísérletek következtetéseinek. Sárvári et al. (2001) szerint tőszám növelése csökkenti az egyedi produkciót, ami a csövek szemmel való berakottságának csökkenésében, a csőhossz, a csőtömeg, a szemszám, a szemtömeg, az ezerszemtömeg, soronkénti szemek száma és a szemsorok számának redukálódásában nyilvánul meg. Murányi (2016) hasonló eredményekről számolt be. NiK et al. (2011) kísérleteiben a tőszám változása minden vizsgált éréscsoportban hatással volt a termésre és termés komponensekre, különös tekintettel az összes szemek számára és a soronkénti szemek számára. Testa et al. (2016) eredményei szerint a magasabb tőszám esetén a cső rövidült, a szemek tömege és a soronkénti szemek száma is csökkent, az egyes növények termőképessége, azaz az egyedi produkció alacsonyabb lett a csőtömeg és az ezerszemtömeg csökkenése által. Gyenesné et al. (2002) vizsgálatai során megállapították, hogy ezen komponensekre az évjárat van a legnagyobb hatással, de a tőszám is befolyásolja azokat.

Kísérleteinkben a **cső körmérete**, a **cső átmérője** és az **ezerszemtömeg** tulajdonságok negatív irányú és közepes erejű kapcsolatban voltak a tőszám növelésével. A cső körméret tulajdonság esetében kivételt képeztek a DKC4014 és a DKC4590 hibridek, esetükben a cső körmérete szoros kapcsolatot mutatott a tőszám emelésével (5. és 9. melléklet). A szakirodalmi adatok túlnyomó többségben visszaigazolódnak a kísérleti eredményeinkben. Badahur et al. (1999), Gozubenli et al. (2004), Hashemi et al. (2005), Arif et al. (2010), és Abuzar et al. (2011) kutatásaiban szintén a tőszám növelése szignifikáns hatással volt a termésre és a terméskomponensekre. Tollenaar et al. (1992) szerint a növényenkénti csőszám, a növényenkénti szemszám és a szemtömeg azok a jellemzők, amelyek csökkentek a növényszám növelésével. Prine (1971) is megállapítja, hogy az állomány sűrűségének növelésével az egy növényre jutó termés csökken leginkább a növényenkénti csövek számának csökkenése miatt, de a cső tömege is csökken.

5.2. Részletes eredmények

Ebben a fejezetben a hibridek értékelését a következő módon tesszük meg: közöljük a hibrid tőszámkísérleti összeredményeit, átlagait. Ismertetjük a legmagasabb és legalacsonyabb termést eredményező tőszámokat, leírjuk a tőszám és termés közötti statisztikai kapcsolat jellegét és erősségét. Ezután az anyag módszer fejezetben leírtak szerint termésszint bontásban is elvégezzük az értékeléseket. A fajták részletes eredményeit és a varianciaanalízis táblázatait a melléklet tartalmazza. A szignifikáns differencia kiszámításával megvizsgáljuk a tőszám kezelések közötti valódi különbséget, kiszámítjuk a fajta optimum tőszámát és az optimum tőszámon elérhető termés mértékét. A hibrid plasztikusságát az intervallum szélesség bemutatásával tesszük láthatóvá és értelmezhetővé.

A terméskomponensek vizsgálatának eredményeit szöveges és mellékletbe foglalt táblázatos formában írjuk le. A tőszám változásának terméskomponensekre gyakorolt hatását korreláció-analízissel és kétmintás t-próbával elemezzük, ezeket a táblázatokat az áttekinthetőség érdekében szintén mellékeljük. A terméskomponensek adatait – különös tekintettel a csőhossz tulajdonságra - klaszter elemzéssel is megvizsgáljuk azzal a céllal, hogy a szántóföldi megfigyeléseket, illetve a genotípusokról korábban kialakított szakmai megfigyeléseket statisztikai módszerekkel is ellenőrizzük. Ezzel az elemzéssel csoportosítjuk a hibrideket csőtulajdonságaik, tőszám változásra adott eltérő reakcióik szerint. Ennek szemléltetésére dendogramot alkalmazunk.

A gazdaságossági vizsgálat nem része a dolgozatnak, így csak nagyon röviden szemléltetjük ezeket az eredményeket - a teljes munka bemutatása érdekében - aminek jelentősége a fajtahasználat - tőszámajánlás során lesz. A tőszám javaslat jelentős része a kísérleti eredményekből adódik, részben pedig a megszerzett ismeretek segítségével vázoljuk az adott hibridre érvényes alkalmazási, termesztési javaslatot a terület eltartóképességének függvényében.

A dolgozat terjedelmi korlátai miatt el kell, hogy tekintsünk valamennyi hibrid részletes elemzésének közlésétől. A 15. számú táblázat tartalmazza az összes kísérletben szereplő hibrid tőszám kezelésre vonatkozó szemtermés eredményeit a kísérleti helyek

átlagában, illetve az adott termés százalékos értékét a hibrid összeredménye tükrében. A hibridek értékelése minden esetben csak a saját átlagaihoz való hasonlításal történik, az éréscsoport más hibridjeit, a főátlagot és a csoportátlagot nem vesszük figyelembe, a célunk a hibrid egyedi tőszámreakcióinak vizsgálata. A bemutatni kívánt hibridek kiválasztásánál a következő szempontokat vesszük figyelembe: az eltérő típusú tőszámreakcióval, csőtípussal rendelkező hibridek viselkedését mutatjuk be, termésszint bontás segítségével elemezzük a fajta stabilitását, a tőszámoptimum segítségével megmutatjuk a hibrid plasztikusságát. Az agronómiai tulajdonságok tőszámmal kapcsolatos változásai segítenek a tőszámajánlat kialakításában úgy, hogy a termésbiztonság nem sérül, míg a terméskomponensek vizsgálatával és elemzésével a fajta tőszámreakcióinak egyedi jellegét értékeljük. Szintén szempont volt a kiválasztásnál, hogy az adott hibrid fontos szerepet töltsön be a hazai termesztési gyakorlatban. Ennek megfelelően a részletes értékelésben a **DKC3623** és a **DKC4014** hibridek eredményeit ismertetjük, ezeken keresztül mutatjuk be a kialakított tőszámkísérleti és értékelési rendszert, ami a célkitűzésben megfogalmazott termesztési környezetre alkalmazott hibridspecifikus tőszám ajánlás alapja.

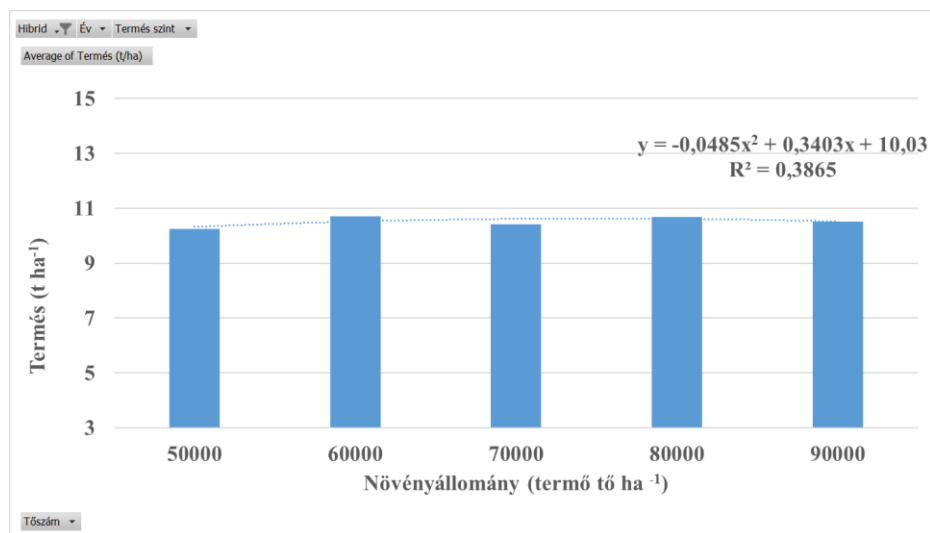
15. táblázat A vizsgálatba vont hibridek terméseredményei a különböző tőszám
kezeléseken a kísérleti helyek eredményei átlagában (2009-2015)

Hibrid	50.000 növény ha ⁻¹	%	60.000 növény ha ⁻¹	%	70.000 növény ha ⁻¹	%	80.000 növény ha ⁻¹	%	90.000 növény ha ⁻¹	%	Átlag	SzD _{5%}
DKC3623	9,45	93,27	10,01	98,72	10,00	98,62	10,50	103,63	10,75	106,13	10,14	1,09 **
DKC3705	8,78	95,71	8,78	95,68	9,34	101,79	9,37	102,14	9,63	104,92	9,17	0,84 **
DKC3939	10,37	91,41	11,05	97,43	11,53	101,59	11,81	104,05	11,96	105,39	11,35	1,38 **
DKC4014	10,26	97,51	10,71	101,87	10,41	98,97	10,69	101,63	10,52	99,98	10,52	1,11 NS
DKC4025	9,70	95,45	9,92	97,63	10,15	99,96	10,80	106,29	10,25	100,93	10,16	1,16 NS
DKC4590	10,24	94,66	10,45	96,59	11,13	102,91	11,12	102,85	11,15	103,06	10,81	1,01 NS
DKC4541	10,99	92,62	12,00	101,11	11,76	99,76	12,16	102,46	12,42	104,63	11,87	1,42 NS
DKC4490	9,17	95,19	9,63	99,97	9,59	99,61	10,00	103,79	9,76	101,35	9,64	1,42 NS
DKC4717	9,59	92,93	10,65	103,15	10,58	102,60	10,48	101,59	10,34	100,20	10,32	1,07 NS
DKC4795	9,15	94,30	9,56	98,47	9,78	100,85	9,78	100,80	10,25	105,63	9,70	1,15 NS
Átlag - korai csoport (t ha⁻¹)	9,77	100,00	10,25	100,00	10,41	100,00	10,65	100,00	10,68	100,00	10,35	
DKC4964	9,53	99,05	9,14	94,95	9,46	98,31	9,75	101,35	10,37	107,76	9,63	1,29 NS
DKC4943	11,24	94,15	11,95	100,15	12,00	100,58	12,12	101,53	12,36	103,54	11,93	1,50 NS
DKC5031	10,80	93,57	11,56	100,07	11,71	101,41	11,66	100,95	12,00	103,83	11,55	1,18 **
DKC5007	10,73	94,47	11,43	100,63	11,49	101,16	11,62	102,31	11,52	101,43	11,36	1,08 NS
DKC5190	10,80	93,58	11,70	101,37	11,36	98,43	11,62	100,72	12,26	106,20	11,55	1,11 **
DKC5222	10,32	93,72	11,05	100,35	11,07	100,59	11,21	101,80	11,39	103,44	11,01	1,14 NS
DKC5276	10,63	95,34	10,89	97,61	11,31	101,36	11,74	105,28	11,27	101,01	11,15	1,05 **
Átlag - középérésű csoport (t ha⁻¹)	10,58	100,00	11,10	100,00	11,20	100,00	11,38	100,00	11,58	100,00	11,17	

5.2.1. A DKC4014 hibrid részletes eredményei

A DKC4014 hibrid (FAO290) 2009 és 2014 között 6 éven keresztül szerepelt a kísérleteinkben, 335 termés adatpontot gyűjtöttünk be, átlagos eredménye 10,51 t ha⁻¹ volt. Legmagasabb termését 2014-ben, 90.000-es tőállományon Dalmand régióban érte el, ahol 18,9 t ha⁻¹ termést mértünk. Legrosszabb eredményét 2012-ben arattuk Szeged melletti kísérleti helyünkön szintén 90.000 növény ha⁻¹-on, ott 1,29 t ha⁻¹ termést takaríthattunk be. Ezek a számok jól tükrözik a hazai termésbiztonságot és az eredmények kiszámíthatatlanságát, az évjáratok jelentős hatását.

Ha a DKC4014 hibrid összes adatát vizsgáljuk, akkor megállapíthatjuk, hogy a vizsgálati években a tőszám emelésének **nem volt statisztikailag igazolható hatása a terméseredményekre** (24. ábra).



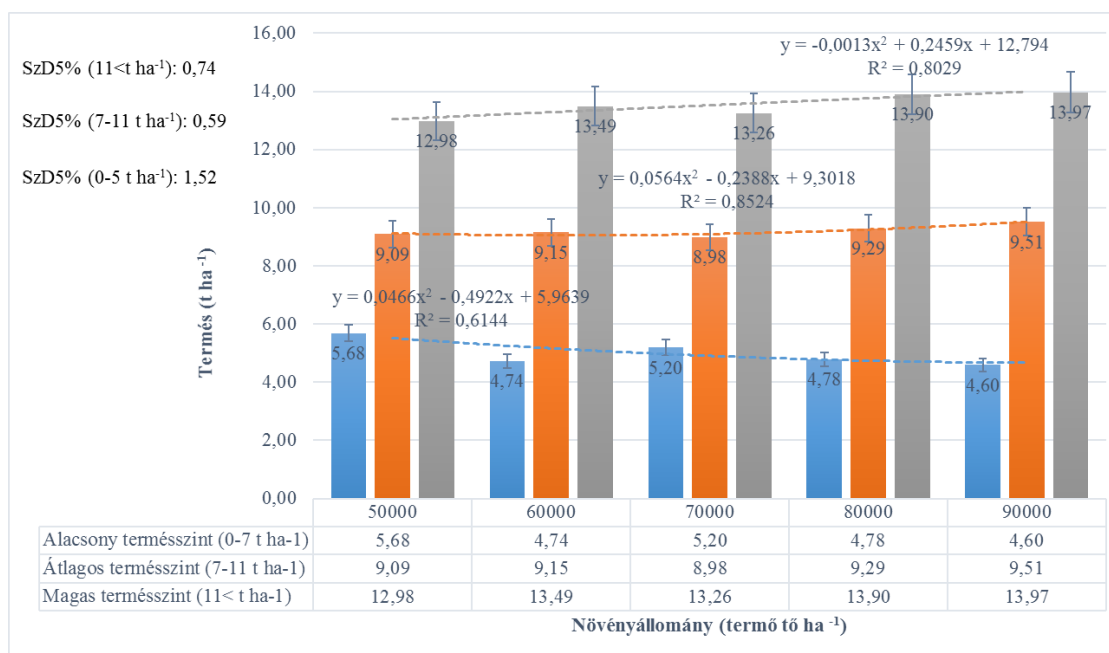
24. ábra A DKC4014 hibrid termés mennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában (2009-2015)

A vizsgálati időszakban gyűjtött 335 termés adatpont eredményeiből azt állapíthatjuk meg, hogy a DKC4014 legmagasabb termése az átlagok tekintetében 60.000 növény ha⁻¹ tőállomány esetében volt, ekkor 10,71 t ha⁻¹ terméseredményt mutatott, míg a legrosszabb eredményt 50.000 növény ha⁻¹-on mérhettük, ott 10,25 t ha⁻¹ volt a termés, a különbség nem szignifikáns. A hibrid összefoglaló adatait a 25. ábra mutatja be. A hibrid lapos lefutású tőszámgörbével rendelkezik, amit a fajtára jellemző igen hosszú csövével, ezáltal alacsony tőszámon jellemző jó kompenzációs készségével magyarázunk.

Alacsony termésszinteken (<7 t ha⁻¹) szintén nem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni az egyes tőszám kezelések terméseredményei között. Az itt végrehajtott kísérletek átlagos termésszintje 4,97 t ha⁻¹ volt. A legmagasabb termést (5,68 t ha⁻¹) a legalacsonyabb, azaz 50.000 növény ha⁻¹ tőállomány esetében mértük, míg a legalacsonyabbat (4,60 t ha⁻¹) a legmagasabb, 90.000 növény ha⁻¹ tőállományon (25. ábra). Ezen a termésszinten 14,28%-os terméselőnyvel bírt a legalacsonyabb állománysűrűség. A szórás adatokat vizsgálva nagyon fontosnak tarjuk megemlíteni, hogy alacsony termésszinten a szórás jóval magasabb volt, különösen a magas tőszámon (5. melléklet). Ez a kísérletek értékelhetőségét, illetve a környezeti hatásokból fakadóan az adatok megbízhatóságát rontja.

Átlagos termésszinteken ($7-11 \text{ t ha}^{-1}$) sem volt szignifikáns különbség az egyes tőszám kezelések szemtermés eredményei között. Az itt végrehajtott kísérletek átlagos termésszintje $9,20 \text{ t ha}^{-1}$ volt. A legmagasabb termést ($9,51 \text{ t ha}^{-1}$) a legmagasabb, azaz 90.000 növény ha^{-1} tőállomány esetében mértük, míg a legalacsonyabbat ($8,98 \text{ t ha}^{-1}$) a 80.000 növény ha^{-1} tőállományon (25. ábra).

Magas termésszinteken ($11 < \text{t ha}^{-1}$) szignifikáns különbséget számítottunk a különböző tőszámokon mért termésátlagoknál. Az ezen a szinten végrehajtott kísérletek átlagos termésszintje $13,52 \text{ t ha}^{-1}$ volt. A legmagasabb termést ($14,38 \text{ t ha}^{-1}$) a 80.000 növény ha^{-1} tőállomány esetében mértük, míg a legalacsonyabbat ($12,97 \text{ t ha}^{-1}$) az 50.000 növény ha^{-1} tőállományon (25. ábra). Megállapítottuk, hogy a DKC4014 esetében a kísérleti években a magas termésszinten a tőszám növelésének termésnövelő hatása van, a különbség statisztikailag igazolható. Az átlagokhoz képes 100% feletti teljesítményt mértünk a magas tőszámokon (80.000 és 90.000 növény ha^{-1} -on), itt szignifikáns az eltérés a legalacsonyabb tőszámhoz képest (50.000 növény ha^{-1} -on).



25. ábra A DKC4014 hibrid termés mennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában (2009-2015)

A DKC4014 hibrid esetében a felvételezett agronómiai adatok tekintetében megállapítottuk, hogy a kísérleti években a tőszám változások statisztikailag igazolható kapcsolatban voltak a mért tulajdonságokkal. Az eredményeket az 5. melléklet tartalmazza.

A DKC4014 hibrid átlagos növénymagassága 238,47 cm, az átlagos csőeredési magassága 111,57 cm volt. A tőszám emelése hatására a növénymagasság csökkent, a kapcsolat negatív előjelű és szoros ($r=-0,95$), míg a csőeredés magassága növekedett, a kapcsolat pozitív előjelű és szoros ($r=0,81$). Az F próbastatisztika kritikus értékei alapján, 95%-os megbízhatósági szinten megállapítottuk, hogy a növénymagasság és csőhelyeződés magassága tulajdonságok esetében az egyes tőszámokon számított átlagok között a különbség nem szignifikáns (16. táblázat).

A hibrid átlagos bibevirágzása 69,1 nap, hímvirágzása 69,27 nap volt a kísérleti időszakban. A nővirágzás mértékének változása, erős pozitív kapcsolatban volt a tőszám növelésével ($r=0,96$), a két szélső tőszám között 0,63 nap eltérés volt. A hímvirágzás mértéke is emelkedett, a kapcsolat jellege pozitív, szoros ($r=0,71$), itt a két szélső tőszám között csak 0,37 nap az eltérés. Az F próbastatisztika kritikus értékei alapján, 95%-os megbízhatósági szinten megállapítottuk, hogy a növénymagasság és csőhelyeződés magassága tulajdonságok esetében az egyes tőszámokon számított átlagok között a különbség nem szignifikáns (16. táblázat).

A hibrid átlagos hektoliter tömege 78,89 kg hl⁻¹, a tőszám növelése nem hozható kapcsolatba a tőszámmal ($r=-0,09$), a különbségek nem szignifikánsak, amit az F próbastatisztika megerősített (16. táblázat).

A tőszám emelésének hatása a gyökérdőlés ($r=0,89$) és a szártörés ($r=0,60$) esetében is statisztikailag igazolható. A gyökérdőlés átlagos mértéke 8,27 db parcella⁻¹ volt, a legmagasabb tőszámon volt a legmagasabb (20,67 db parcella⁻¹), ezen tulajdonság esetében az F próbastatisztika kritikus értékei alapján, 95%-os megbízhatósági szinten megállapítottuk, hogy az egyes tőszámokon számított átlagok között a különbség szignifikáns. A tőszám emelésével az ilyen jellegű agronómiai probléma folyamatosan nőtt. A szártörés esetében 3,15 volt az átlagos szártörési érték parcellánként, 80.000 növény ha⁻¹-on volt a legmagasabb (8,75 parcella⁻¹) a mértéke (16. táblázat).

16. táblázat A DKC4014 hibrid agronómiai tulajdonságai a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában (2009-2015)

Tőszám (növény ha ⁻¹)	Növénymagasság (cm)	Csőeredés magassága (cm)	Hímvirágzás (nap)	Nővirágzás (nap)	Gyökérdőlés (db)	Szártörés (db)	Hektoliter tömeg (kg/hl)
50000,00	242,00	107,33	69,18	68,73	1,00	0,00	78,77
60000,00	240,48	112,26	68,73	68,90	2,86	3,00	79,39
70000,00	238,86	111,43	69,40	69,20	9,40	0,00	78,28
80000,00	237,90	113,70	69,50	69,30	7,40	8,75	79,37
90000,00	233,13	113,13	69,55	69,36	20,67	4,00	78,63
SzD _{5%}	10,85	6,84	6,09	6,37	11,37	8,80	4,83

A terméskomponensek közül a **szemsorok száma** volt az a tulajdonság, ahol nem tudtuk a tőszám növelésének hatását statisztikailag kimutatni, a hatás kedvezőtlen, a sorok száma csökken, de a tőszám kezelések és a tulajdonság kapcsolata negatív előjelű, laza, a korrelációs együttható értéke -0,16. Megállapítottuk, hogy a sorok száma állandó tulajdonságnak tekinthető, ez az eredmény összhangban van a szakirodalmi megállapításokkal.

A DKC4014 hibrid átlagos **csőhossza** 19,27 cm, a tőszám változásának statisztikailag igazolható csökkentő hatása volt, a tőszám növelése szoros, negatív kapcsolatban volt a tőszám kezelések terméseredményeivel, amit a t próbák eredményei is megerősítettek, a tőszám kezelések és csőhossz tulajdonság kapcsolata negatív, szoros ($r=-0,80$). A legalacsonyabb tőszámon 107,58% volt a csőhossz – az átlaghoz viszonyítva - addig a legmagasabb tőszámon 92,25%.

Az átlagos **csőkörméret** 14,02 cm volt, az átlagos soronkénti szemek száma 36,53 darab sor⁻¹. A cső körméret és a tőszám kezelések kapcsolata negatív, közepes erősségű ($r=-0,66$), a soronkénti szemek száma és a tőszám kezelések kapcsolata negatív, szoros ($r=-0,75$). A tőszám növelése mindkét esetben statisztikailag kimutathatóan csökkentette a terméskomponensek értékeit, amit a t-próbák eredményei mutatnak.

A csőhossz esetében a kísérletbe vont tőszámok között minden esetben szignifikáns volt a különbség. A leghosszabb csövet az 50.000 növény ha⁻¹-on mértük 20,73 cm-t, míg a legrövidebbet 17,77 cm-t a 90.000-es tőszámon. A soronkénti szemek száma tulajdonság esetében a kísérletbe vont tőszámok között minden esetben szignifikáns volt a különbség. A legtöbb szemet az 50.000 növény ha⁻¹-on mértük 40 darabot, míg a legkevesebbet 32,8-

at 90.000-es tőszámon. A DKC4014 volt a kísérletbe vont korai hibridek közül az egyik, amelyik a leghosszabb csővel rendelkezett, illetve alacsony tőszámon a leginkább kifejezett reakcióval, csőmegnyúlással reagált. A fajta prolifikus jellege is fontos megfigyelés volt az alacsony tőszámokon (26. ábra), kedvező évjáratokban. Ez a tulajdonság fontos jellemző az extenzív termesztési környezetben. A csőkörméret tekintetében a kísérletbe vont tőszámok között minden esetben szignifikáns volt a különbség. A legvastagabb csövet az 50.000 növény ha^{-1} -on mértük 14,66 cm-t, míg a legkevesebbet 13,38 cm-t 90.000-es tőszámon. A sorok száma esetében a kísérletbe vont tőszámok között nem volt statisztikailag igazolható a különbség. Az 50.000 növény ha^{-1} -os tőszámon 16,53, a 70.000 növény ha^{-1} -os tőszámon 16,80, míg a 90 000 növény ha^{-1} -os tőszámon 16 darab sort jegyeztünk fel a 15 ismétlés átlagában. A DKC4014 hibrid terméskomponens adatainak összefoglaló táblázatát, a korreláció-analízis adatokat és az egyes tőszámok tulajdonságokra gyakorolt hatásait, illetve azok közötti különbséget vizsgáló t-próbák eredményeit az 5. melléklet tartalmazza.



26. ábra A DKC4014 hibrid csőhosszúsága és prolifikus jellegének megnyilvánulása alacsony tőszámon, 2012

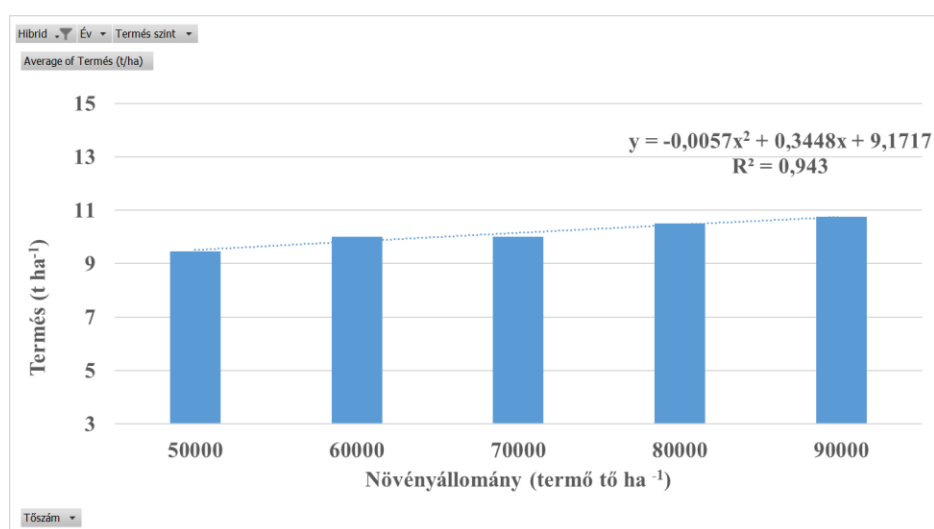
A DKC4014 hibrid esetében a kísérleti időszakban mért összes eredmény alapján a számított tőszámoptimum 75088,38 növény ha^{-1} , ahol a számított maximális termés 10,62 t

ha⁻¹. Az SzD_{5%} számított értékei alapján széles optimummal bíró hibrid, ugyanakkor számításunk szerint a mérési intervallumban nem értelmezhető, mert a regresszió analízis alapján még 90.000 növény ha⁻¹ tőszám fölött is növekszik a termés. Ezen adatok alapján azt mondhatjuk, hogy a DKC4014 hibrid tág tőszámintervallumban termesztethető, ugyanakkor sűrítése szakmai indokok, elsősorban a szár- és gyökértulajdonságai miatt nem javasolt.

5.2.2. A DKC3623 hibrid részletes eredményei

A DKC3623 hibrid (FAO 280) 2009 és 2015 között 7 éven keresztül szerepelt a kísérleteinkben, 345 termés adatpontot gyűjtöttünk be, átlagos eredménye 10,14 t ha⁻¹ volt. Legmagasabb termését 2014-ben, 90.000-es tőállományon Dalmand régióban érte el, ahol 18,63 t ha⁻¹ termést mértünk. Legrosszabb eredményét 2015-ben arattuk Hajdúböszörmény melletti kísérleti helyünkön 80.000 növény ha⁻¹ -on, ahol 2,75 t ha⁻¹ termést takaríthattunk be.

Amennyiben a DKC3623 hibrid összes adatát vizsgáljuk, akkor megállapíthatjuk, hogy a vizsgálati években a tőszám emelésének **statisztikailag igazolható hatása volt a terméseredményekre** (27. ábra).



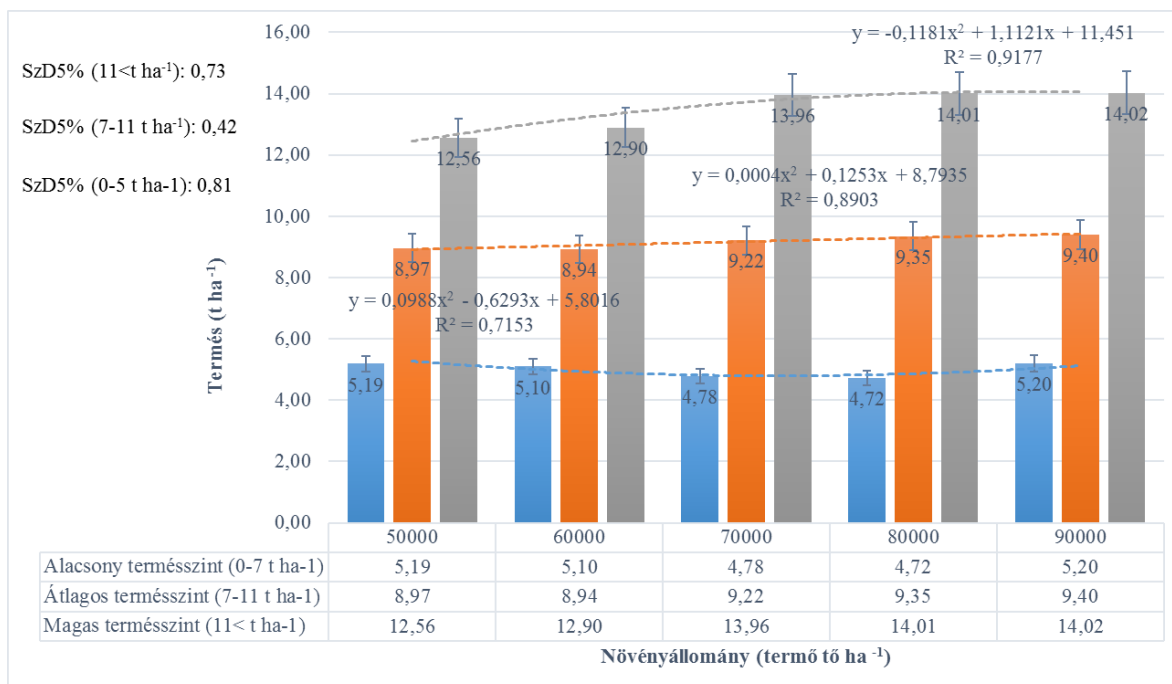
27. ábra A DKC3623 hibrid termés mennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában (2009-2015)

A vizsgálati időszakban gyűjtött 345 termés adatpont eredményeiből azt állapíthatjuk meg, hogy a DKC3623 legmagasabb termése az átlagok tekintetében 90.000 növény ha⁻¹ tőállomány esetében volt, ekkor 10,75 t ha⁻¹ terméseredményt mutatott, míg a legrosszabb eredményt 50.000 -on mérhettük, ott 9,45 t ha⁻¹ volt a termés, a különbség szignifikáns. A hibrid összefoglaló adatait a 28. ábra mutatja be.

Alacsony termésszinteken (<7 t ha⁻¹) nem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni az egyes tőszám kezelések terméseredményei között, ami azt jelenti, hogy a tőszám növelésének nincs termésnövelő hatása az alacsony termésszinten, ahol a végrehajtott kísérletek átlagos terméseredménye 4,99 t ha⁻¹ volt. A legmagasabb termést (5,20 t ha⁻¹) a legmagasabb, azaz 90.000 növény ha⁻¹ tőállomány esetében mértük, míg a legalacsonyabbat (4,72 t ha⁻¹) a 80.000 növény ha⁻¹ tőállományon (28. ábra).

Átlagos termésszinteken (7-11 t ha⁻¹) is szignifikáns különbséget mutattunk ki az egyes tőszámok között. Az ezen a szinten végrehajtott kísérletek átlagos termésszintje 9,17 t ha⁻¹ volt. A legmagasabb termést (9,40 t ha⁻¹) a legmagasabb, azaz a 90.000 növény ha⁻¹ tőállomány esetében mértük, míg a legalacsonyabbat (8,97 t ha⁻¹) az 50.000 növény ha⁻¹ tőállományon (28. ábra).

Magas termésszinteken (11< t ha⁻¹) szignifikáns különbséget kaptunk a különböző tőszámokon mért termésátlagoknál. Az ezen a szinten végrehajtott kísérletek átlagos termésszintje 13,49 t ha⁻¹ volt. A legmagasabb termést (14,02 t ha⁻¹) a 90.000 növény ha⁻¹ tőállomány esetében mértük, míg a legalacsonyabbat (12,56 t ha⁻¹) az 50.000 növény ha⁻¹ tőállományon (28. ábra). Megállapíthatjuk, hogy a DKC3623 esetében a kísérleti években a magas termésszinten a tőszám növelésének termésnövelő hatása van, a különbség statisztikailag igazolható. Az átlagokhoz képes 100% feletti teljesítményt mértünk a magas tőszámokon (70.000, 80.000 és 90.000 növény ha⁻¹-on), itt szignifikáns az eltérés a legalacsonyabb (50.000 növény ha⁻¹) tőszámhoz képest.



28. ábra A DKC3623 hibrid termésmennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában (2009-2015)

A DKC3623 hibrid esetében a felvételezett agronómiai adatok tekintetében megállapítottuk, hogy a kísérleti években a tőszám változások eltérő módon voltak hatással a mért tulajdonságokra. Az eredményeket a 2. melléklet tartalmazza.

A DKC3623 hibrid átlagos növénymagassága 238,75 cm, az átlagos csőeredési magassága 109,20 cm volt. A tőszám emelése és a növénymagasság tulajdonság között laza kapcsolatot állapítottunk meg ($r=0,32$), csakúgy mint a tőszám emelése és a csőeredés magassága ($r=0,25$) között. Az F próbastatisztika kritikus értékei alapján, 95%-os megbízhatósági szinten megállapítottuk, hogy a növénymagasság és csőhelyeződés magassága tulajdonságok esetében az egyes tőszámokon számított átlagok között a különbség nem szignifikáns (17. táblázat)

A hibrid átlagos bibevirágzása 67,89 nap, hímvirágzása 69,05 nap volt a kísérleti időszakban. A nővirágzás mértéke laza kapcsolatban volt a tőszám emelésével ($r=0,20$), a két szélső tőszám között 1,03 nap eltérés volt. A hímvirágzás mértéke sem emelkedett, a kapcsolat itt is laza ($r=0,25$), itt a két szélső tőszám között 1 nap az eltérés. Az F próbastatisztika kritikus értékei alapján, 95%-os megbízhatósági szinten megállapítottuk,

hogy a mért tartományban a hím- és nővirágzás tulajdonságok esetében az egyes tőszámokon számított átlagok között a különbség nem szignifikáns (17. táblázat).

A hibrid átlagos hektoliter tömege 74,85 kg hl⁻¹. A tőszám növelésének hatása negatív előjelű és szoros korrelációt ($r=-0,81$) mutat a tulajdonsággal, ugyanakkor a mért átlagok között nem volt szignifikáns különbség. A tőszám emelésének hatása a gyökérdőléssel ($r=0,89$) és a szártöréssel ($r=0,84$) is szoros pozitív korrelációban volt. A gyökérdőlés átlagos mértéke 7,2 db parcella⁻¹ volt, a legmagasabb tőszámon a legmagasabb (13,66 db parcella⁻¹), itt szignifikáns eltérést számítottunk a 60.000-es tőállományhoz képest. A tőszám emelésével az ilyen jellegű agronómiai probléma folyamatosan nőtt. A szártörés esetében 13,92 volt az átlagos szártörési érték parcellánként, 90.000 növény ha⁻¹-on volt a legmagasabb (23,8 parcella⁻¹) a mértéke (17. táblázat).

17. táblázat A DKC3623 hibrid agronómiai tulajdonságai a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek átlagában (2009-2015)

Tőszám (növény ha ⁻¹)	Növénymagasság (cm)	Csőeredés magassága (cm)	Hímvirágzás (nap)	Nővirágzás (nap)	Gyökérdőlés (db)	Szártörés (db)	Hektoliter tömeg (kg/hl)
50000,00	235,88	105,29	68,80	67,50	4,66	9,16	75,54
60000,00	241,56	110,90	68,80	67,80	3,00	6,16	76,92
70000,00	238,52	110,88	69,80	68,80	6,00	8,00	75,68
80000,00	237,81	111,87	68,00	66,83	8,66	22,50	73,10
90000,00	240,00	107,08	69,83	68,50	13,66	23,80	73,00
SzD _{5%}	14,60	12,46	2,04	3,84	9,24	19,97	5,60

A szemsorok száma az a tulajdonság, amelynek esetében nem tudtuk a tőszám növelésének hatását statisztikailag kimutatni, a korrelációs vizsgálat korrelációs együttható értéke 0,09 volt. Amíg a legalacsonyabb tőszámon 15,83 darab volt a szemsorok száma - az átlag 16,12 db volt - addig a legmagasabb tőszámon 15,43 darab. Megállapítottuk, hogy a sorok száma a DKC3623 hibrid esetében a vizsgált kísérleti területen állandó tulajdonságnak minősíthető, ez az eredmény összhangban van a szakirodalmi megállapításokkal.

A DKC3623 hibrid átlagos csőhossza 18 cm, a tőszám változásával szoros negatív korrelációban volt ($r=-0,84$). Amíg a legalacsonyabb tőszámon 111,28% volt a csőhossz - az átlaghoz viszonyítva - addig a legmagasabb tőszámon 88,78%. A kétmintás t-próba eredményei szerint a csőhossz esetében a kísérletben beállított tőszámok között nem

szignifikáns a különbség. A leghosszabb csövet az 50.000 növény ha⁻¹-on mértük, 20,73 cm-t, míg a legrövidebbet 17,77 cm-t a 90.000-es tőszámon (29. ábra). Az átlagos cső körméret 14,13 cm volt, az átlagos soronkénti szemek száma 34,83 darab sor⁻¹. A cső körméret a tőszám emelésével negatív irányú laza kapcsolatban volt ($r=-0,49$). A soronkénti szemek száma a tőszám kezelésekkal szoros negatív kapcsolatot mutatott ($r=-0,87$), esetében a tőszám növelése statisztikailag igazolhatóan csökkentette a terméskomponens értékét. A soronkénti szemek száma tulajdonság esetében a kísérletbe vont emelkedő tőszámok (a csőhossz tulajdonsághoz hasonlóan) csökkentették ($r=-0,87$) az értékeket, de a t-próba eredményei alapján nem minden tőszám kezelés között tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni. A legtöbb szemet az 50.000 növény ha⁻¹-on számoltuk 39,13 darabot, míg a legkevesebbet 30,7-et 90.000-es tőszámon. Statisztikailag igazolható volt a különbség az 50.000 növény ha⁻¹ és a 90.000 növény ha⁻¹ kezelések között, valamint a 70.000 növény ha⁻¹ és a 90.000 növény ha⁻¹ kezelések között. A sorok száma esetében a kísérletbe vont tőszám kezelések között nem volt statisztikailag igazolható a különbség. Az 50.000 növény ha⁻¹-os tőszámon 15,83, a 70.000 növény ha⁻¹-os tőszámon 15,53 darab sort mértünk, míg a 90.000 növény ha⁻¹-os tőszámon 15,43 darab sort jegyeztünk fel az ismétlések átlagában. A DKC3623 hibrid terméskomponens adatainak összefoglaló táblázatát, a korreláció-analízis adatokat és az egyes tőszámok tulajdonságokra gyakorolt hatásait, illetve az azok közötti különbséget vizsgáló t-próbák eredményeit a 2. melléklet tartalmazza.



29. ábra A DKC3623 hibrid csövének rövidülése magas (80.000 növény ha⁻¹) tőszámon (2012)

A DKC3623 hibrid esetében a kísérleti időszakban mért összes eredmény alapján a tőszámoptimum 90.000 növény ha⁻¹ felett van, a kísérlet mérési tartományában nem értelmezhető mert a regresszió analízis alapján még 90.000 növény ha⁻¹ tőszám fölött is növekszik a termés ahol annak számított maximuma 14,47 t ha⁻¹. Az SzD_{5%} számított értékei alapján széles optimummal bíró hibrid, ugyanakkor számításunk szerint a mérési intervallumban nem értelmezhető, mert a regresszió analízis alapján még 90.000 növény ha⁻¹ tőszám fölött is növekszik a termése. Ezen adatok alapján azt mondhatjuk, hogy a DKC3623 hibrid tág tőszámoptimumban termesztendő, a sűrítésre jól reagál, a legmagasabb termést a magas tőszámon adja minden termésszinten. Alacsony termésszinten a legmagasabb tőszámon mértük a legmagasabb terméseket. A hibrid a kísérleti eredmények alapján jól tűri a magas tőszámot, ugyanakkor az agronómiai tulajdonságok tőszám emelésre gyakorolt negatív hatása miatt mindenképpen óvatosságra int, mivel 70.000 növény ha⁻¹ és 90.000 növény ha⁻¹ intervallumban nincs szignifikáns különbség, a 70.000 növény ha⁻¹ a megfontolt és szakmailag igazolható tőszámjavaslat.

5.2.3. Az alkalmazott tőszám és a csőtípusok

A hibridek értékelésének egy fontos mozzanata volt a tőszámoptimum meghatározása. Az Anyag és módszer fejezetben leírtak megfelelően kiszámítottuk ezeket az értékeket (18. táblázat) és összevetettük a terméskomponensek és az agronómiai tulajdonságok eredményeivel is. Ezen információkat, kiegészítve a tőszámkísérletek eredményeivel, a vonatkozó agronómiai információk áttekintése és a terméskomponens adatok értékelése után megfogalmaztuk a hibridekre vonatkozó egyedi jellemzést és tőszám ajánlást.

18. táblázat A kísérletbe vont hibridek számított tőszám optimuma és intervallum szélessége (2009-2015)

Hibrid	Egyenes egyenlete	Számított optimum (növény ha ⁻¹)	Számított termés az optimumon (t ha ⁻¹)	Számított minimum tőszám (növény ha ⁻¹)	Minimum (növény ha ⁻¹)	Számított maximum tőszám (növény ha ⁻¹)	Maximum (növény ha ⁻¹)	Számított intervallum szélessége (növény ha ⁻¹)	Intervallum	Intervallum jellemzője
DK C4014	$y = -0.00000000484938x^2 + 0.000072826418515x + 7.89242608488780$	75088,38	10,62	41115,33	50000,00	109061,00	90000,00	67945,67	40000,00	igen széles
DK C4025	$y = -0.000000000804203x^2 + 0.000132536500752x + 4.986660163542920$	82402,39	10,45	55547,02	50000,00	109247,8	90000,00	53700,78	40000,00	igen széles
DK C4590	$y = -0.000000000758400x^2 + 0.000131124749236x + 5.507591545705820$	86448,27	11,17	59282,1	60000,00	113614,45	90000,00	54332,35	30000,00	széles
DK C4541	$y = -0.000000000614286x^2 + 0.00011620000000000x + 6.864857142856930$	94581,35	12,36	64396,27	60000,00	124766,43	90000,00	60370,16	30000,00	széles
DK C4490	$y = -0.000000000680149x^2 + 0.000110772054044x + 5.348862847059920$	81432,19	9,85	52745,82	50000,00	110118,56	90000,00	57372,74	40000,00	igen széles
DK C4717	$y = -0.000000001746587x^2 + 0.000257917152018x + 1.183668877008200$	73834,00	10,7	55933,39	60000,00	91735,82	90000,00	35802,43	30000,00	széles
DK C4795	$y = -0.00000000007075x^2 + 0.000035027239598x + 7.64489792816440$				50000,00		90000,00		40000,00	nem értelmezhető/igen
DK C4964	$y = 0.000000001423100x^2 - 0.000176297482482x + 14.736023024697800$				60000,00		90000,00		30000,00	nem értelmezhető/széles
DK C4943	$y = -0.000000000642857x^2 + 0.00011400000000000x + 7.226571428571360$	88666,68	12,28	59159,99	60000,00	118173,37	90000,00	59013,38	30000,00	széles
DK C5031	$y = -0.000000000761962x^2 + 0.000131618805072x + 6.218921627301630$	86368,35	11,9	59265,74	60000,00	113470,95	90000,00	54205,21	30000,00	széles
DK C5007	$y = -0.000000001093935x^2 + 0.000170834648106x + 4.98464571402070$	78082,63	11,65	55463,18	60000,00	100702,07	90000,00	45238,89	30000,00	széles
DK C5190	$y = 0.000000000050844x^2 + 0.000021267216691x + 9.804598151164370$				50000,00		90000,00		40000,00	nem értelmezhető/igen
DK C5222	$y = -0.000000000710141x^2 + 0.000122440603318x + 6.060829625711370$	86208,65	11,33	58134,58	60000,00	114282,72	90000,00	56148,14	30000,00	széles
DK C5276	$y = -0.000000001028513x^2 + 0.000165204905627x + 4.84650927288600$	80312,5	11,48	56984,75	60000,00	103640,24	90000,00	46655,49	30000,00	széles

A terméskomponensek közül a csőhossz (ezzel természetesen a soronkénti szemek száma is) volt az a tulajdonság, ami - a DKC4795 hibrid kivételével – szoros, negatív kapcsolatban volt az állománysűrűség növelésével.

A tulajdonság értékelésekor a következő megállapításokra jutottunk (19. táblázat): azokat a hibrideket, amelyek esetében a tőszám kezelések hatására, a szélső tőszám kezelések (50.000 növény ha⁻¹ és 90.000 növény ha⁻¹ kezelések) között bekövetkező csőhossz változás 20% alatt maradt – szignifikáns különbség megléte ellenére – **fix csőtípusnak** minősítettük. Ezek a hibridek a DKC4795 és a DKC4025. Ezek azok a hibridek, amelyek átlagos és magas termésszinteken meghálálják a sűrítést, jó agronómiai tulajdonságaik segítségével a magas termés megvédésére is adott a lehetőség. Szintén ebbe a csoportba sorolhatjuk a DKC4490 hibridet is, de a hibrid a terméskomponens vizsgálatokból kimaradt, így adatokkal ezt nem tudjuk alátámasztani.

Flexibilis csőtípusnak minősítettük azokat a hibrideket, ahol 20% feletti volt a csőhossz méretének változása a szélső tőszámokon és a különbség szignifikáns. Ezek a hibridek a DKC4943, a DKC5007, a DKC5276, DKC5141 és a DKC5031.

Flexibilis csőtípusnak, illetve a **csőhosszát a magas tőszámokon is jól megtartó** hibridnek minősítettük azokat a hibrideket, ahol 20% körüli, vagy az alatti csőhossz eltérést mértünk a szélső tőszámokon, a különbség szignifikáns és a legmagasabb tőszámon sem megy a csőhossz az átlag 90%-a alá (a hibrid csőhossz átlagához képest). Ezek a hibridek a DKC3705, a DKC4014 és a DKC4590. Megállapításunk szerint az ebbe a csoportba tartozó hibridek nagyszerűen kompenzálják az alacsony tőszámokat, extenzív körülmények között is megbízható teljesítményre képesek.

Azokat a hibrideket, amelyek csőhossz változása 20% körüli a szélső tőszám kezelések között, de a különbség nem szignifikáns, **stabil, megtartott csőtípusnak** minősítettük. Ide soroltuk a DKC4717, a DKC3939, a DKC4541 és a DKC3623 hibrideket. Az ide tartozó hibridek jó eredményeket érnek el magasabb tőszámokon is, esetükben a sorok száma az a terméskomponens, ami a terméseredményeket jelentősen befolyásolja.

19. táblázat A csőhossz változása a tőszám kezelések átlagában és a csőtípusok meghatározása (2011, 2015)

Hibrid	Vizsgálati év	Csőhossz különbsége (%)	Csőtípus
DKC4025	2015	15,86**	fix
DKC4795	2011	16,07**	fix
DKC5031	2015	24,85**	flexibilis
DKC5276	2011	25,06**	flexibilis
DKC5141	2015	25,77**	flexibilis
DKC4943	2015	26,41**	flexibilis
DKC5007	2011	27,18**	flexibilis
DKC4590	2011	15,16**	flexibilis, megtartott
DKC4014	2011	15,32**	flexibilis, megtartott
DKC3705	2011	20,90**	flexibilis, megtartott
DKC4717	2015	19,85 ^{NS}	stabil csőhossz
DKC3939	2015	21,24 ^{NS}	stabil csőhossz
DKC4541	2015	21,44 ^{NS}	stabil csőhossz
DKC3623	2015	22,49 ^{NS}	stabil csőhossz

Ennek megfelelően megállapítottuk, hogy a DKC3623 hibrid jól sűríthető, átlagos és magas termésszinteken a magas tőszámokon szignifikánsan magasabb a termése, széles optimummal bír, stabil, megtartott csőhosszal rendelkezik. A DKC3705 hibridet alacsony és átlagos szinten nem szükséges sűríteni, szűk intervallumban termesztethető, megtartott, hosszú csövű fajta, a tőszám kezeléseken a csőhossz adatok között szignifikáns különbséget mértünk. A DKC3939 jól sűríthető, szűk optimummal, stabil csőhosszal rendelkező hibrid, átlagos és alacsony termésszinteken stabil, szélesebb optimummal jellemezhető. A DKC4014 hibrid széles optimumú, sűrítést nem igénylő, flexibilis csőtípussal bíró, prolifikus jellegekkel rendelkező hibrid, alacsony és átlagos termésszinteken nagyszerű kompenzációs képességekkel rendelkezik. A DKC4025 jól sűríthető, széles optimummal bír, fix csőtípusú hibrid, magas termésszinten meghalálja a sűrítést, alacsony és átlagos termésszinten megbízható hibrid. A DKC4590 sűrítést nem igénylő, nagy stabilitással rendelkező, széles optimumú, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid, csak a magas termésszinteken lehet indokolt a sűrítése korai betakarítással. A

DKC4541 sűrítést nem igénylő, széles optimummal és nagy stabilitással, megtartott csőhosszal rendelkező hibrid, alacsony termésszinten jól kompenzál stabil csővével, magas termésszinteken megfontolható a sűrítése. A DKC4490 sűrítésre jól reagáló, széles optimummal rendelkező, fix csőtípussal rendelkező fajta, jó agronómiai tulajdonságainak köszönhetően sűrítésre alkalmas hibrid. A DKC4717 sűrítést csak magas termésszinteken igénylő, széles optimumú, megtartott hosszú csővel, alacsony tőszámokon jól kompenzáló hibrid. A DKC4795 sűrítésre jól reagáló, magas tőszámokat meghaláló, széles optimummal és fix csőtípussal rendelkező genotípus, kiváló agronómiai tulajdonságokkal bír, sűríthető. A DKC4964 széles optimummal rendelkező hosszú csővű hibrid, alacsony és átlagos termésszinteken nem indokolt a sűrítése, jól kompenzál. A DKC4943 széles optimummal, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid, alacsony termésszinten jól kompenzál stabil csővével, magas termésszinteken megfontolható a sűrítése. A DKC5031 széles optimummal, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid, magas tőszámokon is sikerrel termesztethető, átlagos, illetve alacsony termésszinten jól kompenzál megtartott, hosszú csővével. A DKC5007 széles optimummal, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid. A DKC5190 átlagos és magas termésszinteken kimondottan jól sűríthető, alacsony termésszinten alacsony tőszámmal biztonságosan termesztethető hibrid, széles optimummal. A DKC5276 sűrítésre jól reagáló, széles optimummal, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid.

A hibrideket tőszámreakciójuk, sűríthetőségük és csőkarakterük alapján a következő csoportokba soroltuk:

1. Szűk intervallumban termesztethető, állománysűrítésre érzékenyen reagáló hibrdek: DKC3705.
2. Jól sűríthető hibrdek:
 - a. jól sűríthető, széles optimummal rendelkező, stabil csőhosszal rendelkező fajták: DKC3623, DKC4541;
 - b. jól sűríthető, szűk optimummal bíró, stabil csőhosszal rendelkező hibrdek: DKC3939;

- c. jól sűrítethető, széles optimummal rendelkező hibrdek, fix csőtípussal rendelkező fajták: DKC4025, DKC4490, DKC4795, DKC5190, DKC5222.
3. Széles optimummal termesztethető hibrdek:
- a. Széles optimummal rendelkező, sűrítést nem igénylő, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrdek: DKC4014, DKC4590, DKC4964, DKC4943, DKC5031, DKC5141, DKC5276;
 - b. Széles optimummal, megtartott csőhosszal rendelkező hibrdek: DKC4717, DKC5007.

A fenti megállapításokat a csőhosszra vonatkozó kiegészítő információként klaszter elemzéssel is megvizsgáltuk, értékeltük azt, hogy az egyes csoportokon belüli terméskomponens adatok – itt a csőhossz – mennyiben hasonlítanak egymáshoz és különböznek más klaszterek elemeitől, azaz az egyes csoportokon belül lévő hibrdek mennyiben különböznek más klaszterek hibrdeitől.

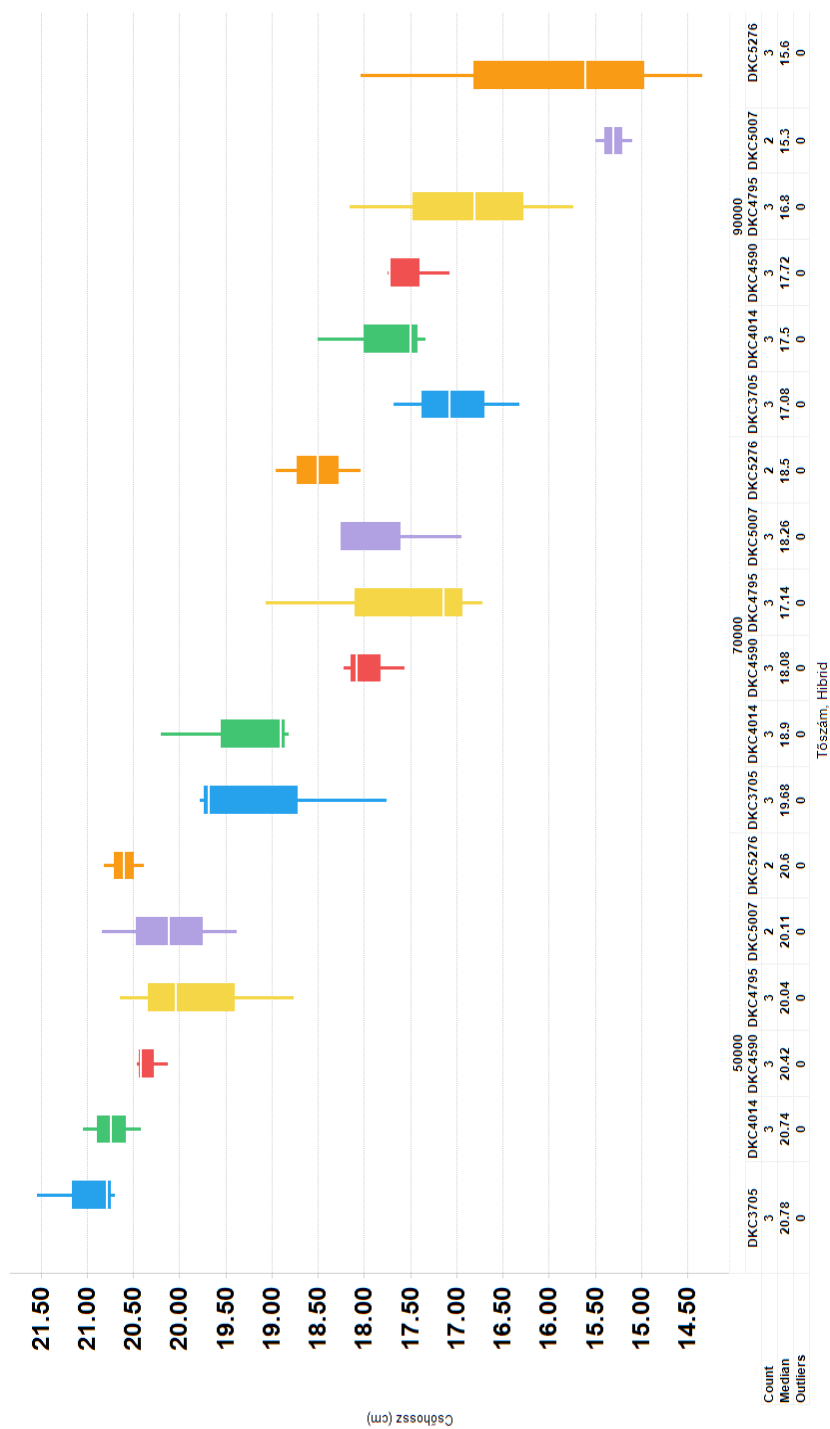
A célunk ezzel az volt, hogy a hibrdek csőtulajdonságaik szerint osztályozzuk, más módon közelítsük meg a statisztikai eredményeket és a szántóföldi megfigyeléseket, valamint az ezekből származó következtetéseket, hibrdbesorolásokat. A lenti dendrogram azt szemlélteti, hogy a hibrdek hogyan különülnek el egymástól, illetve mennyiben kerülnek egy csoportba a csőhossz tulajdonságaik, illetve annak tőszám kezelés hatására bekövetkező megváltozása, reakciója, annak mértéke és szignifikanciája szerint.

A 2011-es terméskomponens adatok elemzése és dendogramos vizualizációja igazolta a fenti besorolásunkat, akár a csőtípus, akár a csőtípusból eredeztethető tőszámreakciójuk szerint képzett csoportokat.

A 30. ábra a csőhossz eltérő tőszámokon mért adatainak átlagát mutatja be **box-plot** ábrázolásban. Az *x* tengelyen a vizsgálatban szereplő hibrdek három tőszámon mért csőhossz adatainak 3 ismétlésének átlaga látható, míg az *y* tengelyen a csőhossz látható cm-ben.

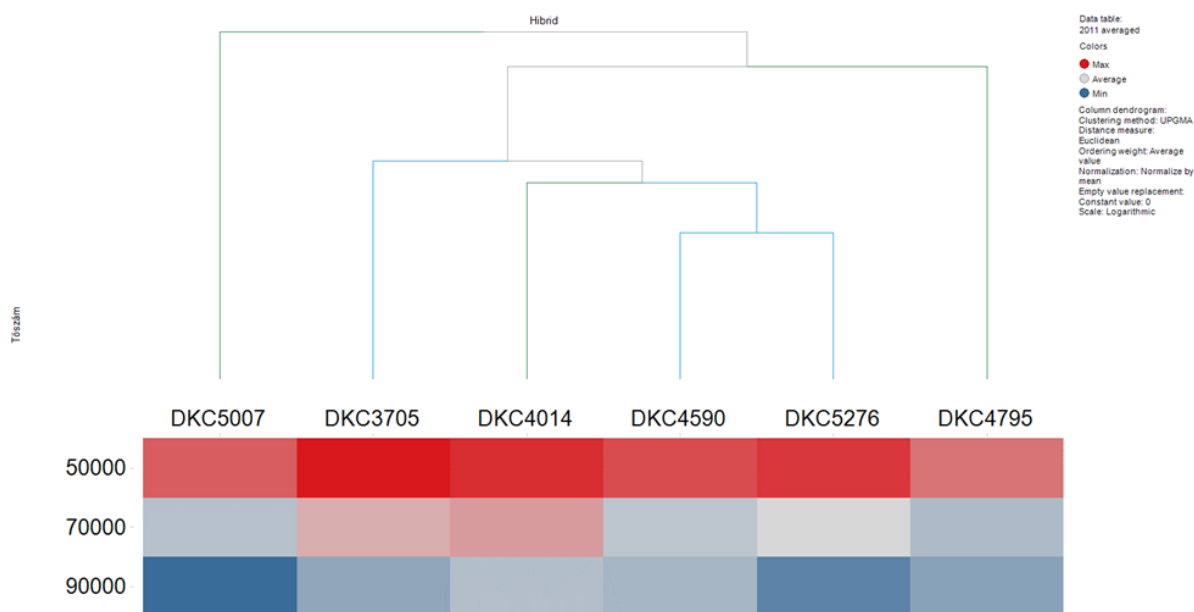
Jól látható a flexibilis – megtartott típusok egyértelmű előnye csőhossz tekintetében (DKC3705, DKC4014, DKC4590) minden tőszámkezelésen, esetenként aszimmetrikus

adatokkal. A fix csőtípussal rendelkező DKC4795 adatai alig térnek el a különböző tőszámokon nagy interkvartilis terjedelemmel. A flexibilis csőtípussal rendelkezők (DKC5007, DKC5276) jelentős különbségeket mutatnak az egyes tőszámokon, magasabb tőszámon az adatok szórása is nő a DKC5276 hibrid esetében.



30. ábra A hibridek csőhossz eltérése a tőszám kezelések hatására, 2011

A 31. ábra a csőhossz tulajdonságok szerinti összehasonlítást mutatja dendrogrammos megjelenítésben. A piros szín a magas értékeket mutatja, a kék az alacsony csőhosszokat, a szín mélysége az átlagtól való eltérés nagyságát jelzi. A dendrogramos megjelenés jól mutatja a hibridek hasonlóságát. Közel került a flexibilis csővel rendelkező DKC3705, DKC4014, DKC4590 és DKC5276. Egyértelműen elkülönül a fix csövű DKC4795 és a DKC5007, amely hibridnél jelentős, de nem szignifikáns csőhossz eltérését mértünk a szélső tőszámkezeléseken (27,18%).



31. ábra A hibridek különbözősége csőhossz alapján a tőszám kezelése hatására, 2011

5.2.4. Tőszámkísérletekhez kapcsolódó tőszám ajánlás és jövedelem számítás

Fajtahasználói szempontból a termesztés végső célja a gazdasági eredmények növelése, a fenntartható és rentábilis gazdálkodás. A hibrid és tőszám ajánlás fontos kívánalma, hogy mindezeket úgy tegyük meg, hogy ezzel a hibridet választó termelők ökonómiai mutatóit is javítjuk. Példaként az elvégzett munka bemutatására a 20. táblázat tartalmazza a DKC3623 hibrid gazdasági eredményeit, illetve lehetőségeit a különböző állománysűrűségeken, a vizsgált termésszinteken. A DKC3623 hibrid alacsony termésszinten ($<7 \text{ t ha}^{-1}$) a

legmagasabb tőszámon (90.000 növény ha⁻¹) érte el a legmagasabb szemtermés eredményt, de a befektetés nem kifizetődő, ilyen költségszintekkel nem érdemes gazdálkodni. Átlagos termésszinteken (7-11 t ha⁻¹) a legmagasabb tőszámon (90.000 növény ha⁻¹) volt a legmagasabb a termés, a jövedelem maximuma viszont a legalacsonyabb állománysűrűség (50.000 növény ha⁻¹) választása esetén realizálódik. Magas termésszinteken (11 < t ha⁻¹) szintén a legmagasabb tőszámon (90.000 növény ha⁻¹) volt a legmagasabb a termés, a profit maximumát a közepes (70.000 növény ha⁻¹) állománysűrűségnél érték el.

Jövedelem számításunk rámutat arra a tényre, hogy a legmagasabb szemtermés nem minden esetben jelenti a legjobb gazdasági eredményt a termesztőnek. A tőszám javaslatnak komplex szakmai tanácsadásnak kell lennie, ami figyelembe veszi a termesztési környezet adottságait, a terület hisztorikus eredményei alapján a várható termésszintet, a választott hibrid potenciálját, tőszámreakcióját, tőszámoptimumát, intervallum szélességét, a hibrid agronómiai tulajdonságait és a lehetséges gazdasági eredményeket. Mindezeket meghatározva lehetőségünk nyílik területalapú, precíziós és hibridspecifikus tőszámajánlat elkészítésére.

20. táblázat A DKC3623 hibrid jövedelem lehetőségei a különböző termésszinteken a tőszám kezelések függvényében (2009-2015)

Összes eredmény - DKC3623										
Tőszám (növény ha ⁻¹)	Termés (t ha ⁻¹)	Víz (%)	Termény ár (Ft t ⁻¹)	Szárítás	ha költség (Ft)	Vetőmag ára zsák ⁻¹ (Ft)	Vetőmag ára ha ⁻¹ (Ft)	Szárítás költsége (Ft)	Kereskedelmi érték (Ft)	Haszon (Ft)
50000	9,45	16,05	45700	680	250000	48000	30000	9964	432023,16	142059,21
60000	10,01	16,12	45700	680	250000	48000	36000	11023	457282,71	160259,90
70000	10,00	16,24	45700	680	250000	48000	42000	11828	456844,47	153016,49
80000	10,50	16,04	45700	680	250000	48000	48000	10999	479995,01	170996,09
90000	10,76	16,10	45700	680	250000	48000	54000	11705	491633,04	175928,51
Alacsony termésszint (0-7 t ha ⁻¹) - DKC3623										
Tőszám (növény ha ⁻¹)	Termés (t ha ⁻¹)	Víz (%)	Termény ár (Ft t ⁻¹)	Szárítás	ha költség (Ft)	Vetőmag ára zsák ⁻¹ (Ft)	Vetőmag ára ha ⁻¹ (Ft)	Szárítás költsége (Ft)	Kereskedelmi érték (Ft)	Haszon (Ft)
50000	5,19	14,92	45700	680	240000	48000	30000	1483	237239,02	-34243,60
60000	5,10	15,73	45700	680	240000	48000	36000	4269	233268,95	-47000,33
70000	4,78	16,20	45700	680	240000	48000	42000	5531	218648,99	-68881,82
80000	4,72	15,27	45700	680	240000	48000	48000	2474	215900,66	-74572,99
90000	5,20	15,86	45700	680	240000	48000	54000	4808	237604,81	-61203,43
Átlagos termésszint (7-11 t ha ⁻¹) - DKC3623										
Tőszám (növény ha ⁻¹)	Termés (t ha ⁻¹)	Víz (%)	Termény ár (Ft t ⁻¹)	Szárítás	ha költség (Ft)	Vetőmag ára zsák ⁻¹ (Ft)	Vetőmag ára ha ⁻¹ (Ft)	Szárítás költsége (Ft)	Kereskedelmi érték (Ft)	Haszon (Ft)
50000	8,97	13,69	45700	680	240000	48000	30000	-4939	409786,57	144725,53
60000	8,94	13,55	45700	680	240000	48000	36000	-5772	408336,02	138108,12
70000	9,22	14,00	45700	680	240000	48000	42000	-3134	421306,62	142441,06
80000	9,35	13,56	45700	680	240000	48000	48000	-5977	427326,49	145303,45
90000	9,40	13,47	45700	680	240000	48000	54000	-6582	429482,86	142065,13
Magas termésszint (11 < t ha ⁻¹) - DKC3623										
Tőszám (növény ha ⁻¹)	Termés (t ha ⁻¹)	Víz (%)	Termény ár (Ft t ⁻¹)	Szárítás	ha költség (Ft)	Vetőmag ára zsák ⁻¹ (Ft)	Vetőmag ára ha ⁻¹ (Ft)	Szárítás költsége (Ft)	Kereskedelmi érték (Ft)	Haszon (Ft)
50000	12,56	20,07	45700	680	240000	48000	30000	47575	574023,22	256448,38
60000	12,90	18,51	45700	680	240000	48000	36000	35163	589308,69	278146,17
70000	13,96	19,19	45700	680	240000	48000	42000	44511	637830,41	311319,06
80000	14,01	18,99	45700	680	240000	48000	48000	42770	640176,93	309406,94
90000	14,02	18,90	45700	680	240000	48000	54000	41951	640761,15	304810,22

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

6.1. A tőszámkísérletek eredményeiből levonható következtetések

Hazánk arid, kontinentális éghajlata kiszámíthatatlanná és tervezhetetlenné teszi a soron következő kukoricatermesztési szezont. A hibrid, az évjárat és az alkalmazott tőszám egymással szoros kapcsolatban határozzák meg a termesztési eredményeinket.

Az állománysűrűség növelése következtében csökken az egy növényre jutó tenyészterület, ami egyes évjáratokban az egy növény által használható fény, víz, és tápanyagmennyiség fokozódó limitációját is jelenti.

Az évjáráthatásnak van a legnagyobb hatása a terméseredmények kialakításában, ez az alkalmazandó tőszámot is meghatározza. Ezt a hibridhasználatkor mindenképpen figyelembe kell venni.

A vizsgálatba vont hibridjeink egy kivétellel, ez a DKC4717, a kísérleti időszakban a magasabb tőszámokon (80.000-90.000 növény ha⁻¹) érték el a legmagasabb szemtermést. Ebből arra következtethetünk, hogy a mai modern hibridek alkalmasak a magasabb tőszámon történő termesztésre. Rendelkezésre áll a megfelelő hibrid szortiment az állománysűrűség növelésére, így a magasabb termés elérésére, ott, ahol a termesztési körülmények adottak.

A különböző termésszinteken (vizsgálati csoportok) a hibridek eltérő tőszámreakciót mutatnak, tehát szükséges a tőszámvizsgálati eredményeket bontásban is elemezni és értékelni.

Magas termésszinteken (11 < t ha⁻¹) a hibridek a legmagasabb tőszámon érték el a legmagasabb terméseredményeket. Ez azt jelenti, hogy magas inputokkal, öntözéses körülmények között, vagy kedvező évjáratban a tőszám növelése eszköz lehet a termés maximalizálására.

Átlagos termésszinteken (7-11 t ha⁻¹) az optimum után termésdepressziót tapasztaltunk, majd az emelkedő tőszám miatt ismételt növekedés volt mérhető. Ez az a termésszint, ami a hazai termesztési gyakorlatot jól reprezentálja, így az ebben a tartományban született eredmények igen fontosak a tőszámajánlás szempontjából.

Alacsony termésszinten ($<7 \text{ t ha}^{-1}$) többnyire az alacsony tőszámokon (50.000-60.000 növény ha^{-1}) takarítottuk be a legmagasabb terméseket. Kivételt képeztek a következő hibridek: DKC4490, DKC4795, DKC4590, DKC5031, DKC5222, DKC5276.

A tőszámnövelés termésre gyakorolt hatását (korrelációs vizsgálattal megállapítottuk, hogy a kapcsolat pozitív és erős) mind a korai és igen korai, mind a középérésű csoportban megfigyelhettük.

Megállapíthatjuk, hogy a modern fajták jobban tudják hasznosítani a magasabb tőszámot, ami részben a céltudatos és növekedésorientált nemesítés, másrészt pedig a magasabb tőszámon végzett hibridkiválogatás eredménye.

A vizsgált hibridek tőszám- és terméskomponens eredményei, illetve az azokból levont következtetések elősegítik a hibridspecifikus termesztéstechnológia alkalmazását a kukoricatermesztésben.

6.1.1. A tőszámkísérletek agronómiai eredményeiből levonható következtetések

A kísérletbe vont hibridek összes agronómiai eredményét vizsgálva megállapítottuk, hogy ezekre a tulajdonságokra a tőszám emelése statisztikailag igazolható hatással volt.

A tőszám növelésének hatására (80.000 növény ha^{-1} -ig) a növénymagasság nőtt, majd a legmagasabb tőszámon csökkent. A tulajdonság nem volt kapcsolatba hozható a tőszám emelésével ($r=-0,01$), de az egyes tőszámkezelések között szignifikáns különbségeket mértünk.

A tőszám növelésének hatására (80.000 növény ha^{-1} -ig) a csőeredés magassága nőtt, majd csökkent, a tulajdonság nem volt kapcsolatba hozható a tőszám emelésével ($r=0,08$), az egyes kezelések között szignifikáns különbségeket mértünk.

A tőszám emelése vizsgálataink szerint a virágzást nem befolyásolja, a vetéstől eltelt napok száma nem változik, a statisztikai mutatók a tőszám kezelések és a tulajdonságok gyenge kapcsolatát igazolják ($r=0,03$ a nővirágzásra és $r=0,02$ a hímvirágzásra).

A tőszám növelése a hibridek hektoliter tömegét csökkentette ($r=-0,06$), ez a hatás minden termésszinten kifejeződött, de alacsony termésszinten a kapcsolat erősödött ($r=-0,27$), a tőszámkezelés és a tulajdonság kapcsolata negatív előjelű és laza, a tőszámkezelések között nem volt szignifikáns a különbség.

A tőszám növelése a hibridek szár- és gyökértulajdonságait szántóföldön megfigyelhető és mérhető szinten befolyásolja. A tőszám kezelés és szártörés kapcsolata laza ($r=0,19$), míg a gyökérdőlés tulajdonság esetén erősebb, de még mindig a laza tartományba esik ($r=0,34$). Ezen mutatók alacsony termésszinten ($<7 \text{ t ha}^{-1}$) még határozottabbá válnak, $r=0,27$ a szártörésre és $r=0,50$ a gyökérdőlésre, ami már közepes szintű kapcsolatot jelez. Mindkét tulajdonság esetében az egyes tőszámkezelések között szignifikáns különbséget mértünk.

Az általános eredmények mellett a hibridszintű vizsgálatok során is jelentős különbségeket mértünk. Ebből arra következtethetünk, hogy a hibridek agronómiai tulajdonságaikban különböznek, a tőszám változásának hatására másként viselkednek. Ez szükségessé teszi az ezirányú vizsgálatok folytatását.

6.1.2. A terméskomponens vizsgálatok eredményeiből levonható következtetések

A tőszám növelése nem volt statisztikailag igazolhatóan hatással a sorok számára, amiből arra következtethetünk, hogy ez a terméskomponens genetikailag determinált, a környezet befolyása csekély.

A tőszám növelése a csövek hosszát és soronkénti szemek számát minden hibrid esetében szignifikánsan csökkentette.

A cső körmérete, a cső átmérője és az ezerszemtömeg tulajdonságok negatív irányú és közepes erejű kapcsolatban voltak a tőszám növelésével.

A területegységre jutó szemszám szoros, pozitív kapcsolatban volt a terméseredményekkel.

A termés a területegységre jutó csövek, a csövenkénti sorok száma és a soronkénti szemek számának szorzatából tevődik össze. A végső termés a területegységre jutó szemek száma és azok összömege.

A hibrideket tőszám változás hatására bekövetkező csőhosszredukciójuk alapján csoportokra osztottuk. Vannak fix csőhosszal és flexibilis csőhosszal rendelkező hibridek.

A flexibilis csővel rendelkező fajták jobban kompenzálják az alacsony tőszámot, tőszámgörbéjük alacsony, vagy átlagos termésszinteken lapos karakterisztikájú – nem indokolt az emelés.

A fix csőhosszal rendelkezők csőhossza statisztikailag nem megkülönböztethető szinten változott.

6.2. A tőszámoptimum

Tőszámkísérleti eredményeink segítségével kiszámítottuk a tőszámoptimumot, az optimumon elérhető maximális termést és meghatároztuk az intervallum szélességét, a hibrid plaszticitását.

Mindebből arra következtethetünk, hogy a hibridek eltérő optimummal és intervallum szélességgel rendelkeznek. Ezt a hibridhasználatkor figyelembe kell venni. A tőszámoptimum egyedi és hibridspecifikus.

6.3. Javaslatok

Javasoljuk a tőszámkísérletek folytatását az újabb fajtajelöltek tulajdonságainak, tőszámreakciójának, optimumának és intervallumának pontos megismerése és okszerű gyakorlati alkalmazásuk céljából. Az ilyen irányú kísérleteket reprezentatív körülmények között kell beállítani és keresni kell a lehetőséget a termesztési célkörnyezetben történő tesztelésre.

Javasoljuk a modern képkészítő és képfeldolgozó technológiák bevezetését a tőszám- és terméskomponens kísérletek még hatékonyabb adatfelvételezése és értékelése céljából.

Javasoljuk a kísérletek kiterjesztését a beltenyésztett vonalak körére is, így biztosítva annak a lehetőségét, hogy a tanultak részét képezhetik a nemesítői, szelekciós munkának és a biológiai alapok fejlesztésének.

Javasoljuk az ilyen jellegű kísérletek vizsgálati határértékeinek kiterjesztését. A hibridek többségének optimumát csak számítással tudtuk meghatározni, ami az 50.000-90.000-es intervallum hiányosságait mutatja.

Javasoljuk a kísérletek kiterjesztését az üzemi szintre a gyakorlati adaptáció támogatása céljából.

Javasoljuk ezen kísérletek elvégzését a piacosítás előtt abból a célból, hogy a széleskörű felhasználáskor már rendelkezésre álljanak a sikeres használathoz szükséges információk.

Javasoljuk a kidolgozott tőszámkísérleti és hibridértékelési rendszerünk gyakorlati alkalmazását. Ezen eredmények alapját képezhetik a terméstérképre alapozott precíziós gazdálkodásnak, hiszen a terület eltartóképességéhez mérten képes hibridet és ahhoz tartozó megfelelő állománysűrűséget ajánlani.

A tőszámajánlásnak minden esetben hibridspecifikusnak kell lennie, nem szabad általánosítani. A tőszámajánlásoknak kísérleti eredményeken kell alapulniuk.

Az optimális állománysűrűség meghatározásakor azt kell figyelembe venni, melyik az a tőszám, ami a maximális termést biztosítja, illetve hogy hol tudjuk a jövedelmet maximalizálni. A két eredmény eredőjében rejlik a tőszámajánlás.

A tőszám emelése lehetőség, önmagában nem cél.

Hazánk hektikus klímája miatt a megfelelő hibridválasztás és a jól megválasztott tőszám kritikus a fenntartható kukoricatermesztés sikeressége szempontjából, ezért javasoljuk a kisebb optimumú, de szélesebb intervallummal rendelkező hibridek alkalmazását.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az elmúlt tíz év agrotechnikai kísérleteinek célja a kísérletbe vont genotípusok megismerése, a környezeti faktorok és a termesztéstechnológia elemeinek - elsősorban az alkalmazott állománysűrűségnek - azokra gyakorolt hatásának értelmezése és értékelése volt. Szándékunk szerint az így nyert információk irányt mutatnak a nemesítési, szelekciós munkában, a biológiai alapok fejlesztésében. Hisszük, hogy a fenntartható gazdálkodás, illetve a hazai kukoricatermesztés jövőbeni sikerének egyik alapja a rendelkezésre álló biológiai alapok teljeskörű ismerete, racionális használata és a bennük rejlő potenciál maximális, ugyanakkor környezettudatos kihasználása.

Ezen célok megvalósítása folyamán a következő új tudományos eredményeket értük el:

1. A kísérletbe vont genotípusok vizsgálati időszakból származó eredményei alapján igazoltuk, hogy az újabb, modern hibridek - az évjáratok kiszámíthatatlansága ellenére - alkalmasak a magasabb tőszámon történő eredményes termesztésre.
2. Új módszer, hogy a hibrid - tőszám interakciók vizsgálatát három termésszintre bontva külön-külön is elvégeztük, ezzel biztosítva a hibridek reakcióinak még pontosabb megismerését és leírásának lehetőségét.
3. Megállapítottuk, hogy hibridek egyedi, specifikus tőszámreakcióval rendelkeznek és ezek a reakciók az eltérő termésszinteken is különbözőek. Ennek megfelelően ezen eredmények elkülönített értékelése kritikus a genotípusok megismerése szempontjából, illetve a hazai termesztési gyakorlat felhasználása számára is.
4. Megállapítottuk, hogy az állománysűrűség statisztikailag igazolható hatással van az agronómiai tulajdonságokra, a területegységre jutó tőszám növelésének negatív hatása a szántóföldön értékelhető, adatokkal kimutatható.
5. A tőszámreakciók kiértékelését és értelmezését a hibridek terméskomponenseinek vizsgálatával is kiegészítettük, amely során megállapítottuk, hogy a szemsorok száma fix tulajdonság, arra a környezet, az állománysűrűség változása nincs hatással.
6. Megállapítottuk, hogy a tőszám növelése minden más terméskomponensre (csőhossz, soronként szemek száma, a cső körmérete, a cső átmérője és az ezerszemtömeg) negatív hatással volt.

7. A tőszámreakciók vizsgálata, kiegészítve az agronómiai és terméskomponens vizsgálatokkal lehetővé teszi a hibridspecifikus tőszámreakció komplex, a teljes növényre kiterjedő tanulmányozását.
8. A hibridek eltérő stratégiával maximalizálják a területegységre jutó termésüket. Más és más terméskomponenseik révén érik el a megvalósítható legmagasabb termést a különböző állománysűrűségek esetén. Ezen specifikus stratégia megismerése fontos volt a hibridspecifikus és a terület eltartóképességét is figyelembe vevő tőszámajánlás kidolgozásakor.
9. A kísérletben szereplő hibrideket tőszámreakciójuk, sűrítetőségük és csőkarakterük alapján a következő csoportokba soroltuk:
 - a. Szűk intervallumban termesztethető, állománysűrítésre érzékenyen reagáló hibridek: DKC3705.
 - b. Jól sűrítendő hibridek:
 - i. jól sűrítendő, széles optimummal rendelkező, stabil csőhosszal rendelkező hibridek: DKC3623, DKC4541;
 - ii. jól sűrítendő, szűk optimummal bíró, stabil csőhosszal rendelkező hibridek: DKC3939;
 - iii. jól sűrítendő, széles optimummal rendelkező, fix csőtípussal rendelkező hibridek: DKC4025, DKC4490, DKC4795, DKC5190, DKC5222.
 - c. Széles optimummal termesztethető hibridek:
 - i. Széles optimummal rendelkező, sűrítést nem igénylő, flexibilis csőtípussal rendelkező hibridek: DKC4014, DKC4590, DKC4964, DKC4943, DKC5031, DKC5141, DKC5276;
 - ii. Széles optimummal, megtartott csőhosszal rendelkező hibridek: DKC4717, DKC5007.
10. Új tőszámkísérleti és hibrid értékelési rendszert dolgoztunk ki, ami pontos, a termőhelyi adottságokra alapozott tanácsadást segíti. A rendszer elemei a következők:
 - a. Tőszámkísérleti hálózat és annak módszertana beleértve az agronómiai tulajdonságok vizsgálatát is;

- b. Terméskomponensek vizsgálata és értékelése a különböző tőszám kezeléseken;
- c. Tőszámreakció- és csőkarakterisztika-vizsgálatok együttes értékelése és hibridminősítés elkészítése;
- d. Termésszintre bontott hibridértékelési rendszer annak érdekében, hogy az átlageredményeken túl a szélsőséges körülmények között történő termesztési gyakorlatot is kiszolgálhassuk tudományos igényű és közvetlenül alkalmazható hibridspecifikus információval.
- e. Profitkalkuláció alkalmazása a tudományos eredmények gyakorlati felhasználóinak, annak érdekében, hogy ne a termést, hanem a profitot maximalizálják.

8. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

Magyarországon a kiszámíthatatlan időjárási körülmények és az inputok nem megfelelő szintje miatt a kukorica országos termésátlaga 5,89 t ha⁻¹, ha az elmúlt 15 év átlagát tekintjük. Az alacsony értékek mellett fontosabb kérdés a termés ingadozása, az ebből származó bevételek tervezhetetlensége. A hazai mezőgazdasági szerkezetben kulcsszerepet betöltő kukorica termésbiztonságának és rentabilitásának megteremtése nemzetgazdasági szükséglet. Munkánk eredményeinek gyakorlati hasznosíthatóságát a következőkben látom:

1. A megfelelő hibrid a megfelelő tőszámon alkalmazva közel 50%-ban határozza meg a kukoricatermesztés sikerességét (Györffy és Berzsenyi 1995) – munkánkkal hozzájárultunk ahhoz, hogy az okszerű fajtahasználat megvalósulhasson.
2. Eredményeink, a rendelkezésünkre álló adatbázis segítségével termésszintre alkalmazható hibrid- és tőszámajánlást tudunk tenni.
3. A hibridre és a termésszintre vonatkozó komplex információk közvetlenül hasznosíthatóak a precíziós gazdálkodás keretein belül.
4. A kísérletben szereplő hibrideket tőszámreakciójuk, sűrítetőségük és csőkarakterük alapján a következő csoportokba soroltuk – ezen információk közvetlenül hasznosíthatók a hibridet adott termesztési környezetbe keresők számára.
 - a. Szűk intervallumban termesztethető, állománysűrítésre érzékenyen reagáló hibridek: DKC3705.
 - b. Jól sűrítethető hibridek:
 - i. jól sűrítethető, széles optimummal rendelkező, stabil csőhosszal rendelkező hibridek: DKC3623, DKC4541;
 - ii. jól sűrítethető, szűk optimummal bíró stabil csőhosszal rendelkező hibridek: DKC3939;
 - iii. jól sűrítethető, széles optimummal rendelkező, fix csőtípussal rendelkező hibridek: DKC4025, DKC4490, DKC4795, DKC5190, DKC5222.
 - c. Széles optimummal termesztethető hibridek:

- i. Széles optimummal rendelkező, sűrítést nem igénylő, flexibilis csőtípussal rendelkező hibridek: DKC4014, DKC4590, DKC4964, DKC4943, DKC5031, DKC5141, DKC5276;
 - ii. Széles optimummal, megtartott csőhosszal rendelkező hibridek: DKC4717, DKC5007.
- 5. A tőszámkísérleti és komplex hibridértékelési rendszer közvetlenül a gyakorlatban használható.
- 6. Tőszámkísérleti, hibridértékelési és jövedelem számítási modelljeink közvetlenül alkalmazhatóak a kukoricatermesztés napi gyakorlatában, nemcsak a helyes tőszám, de a gazdasági lehetőségek közvetlen tervezése során is.
- 7. Eredményeink hozzájárulnak a jövőbeni hibridnemesítési munka egyik fontos alapját képező genotípus – környezet – menedzsment hármas rendszer komplex, sikeres gyakorlati megvalósításához.

9. ÖSSZEFOGLALÁS

A kukorica a világon és Magyarországon is a második legnagyobb területen termesztett takarmánynövény. A hibridhasználat tekintetében megállapíthatjuk, hogy egy nagyon széles szortimentből választhatnak a gazdálkodók, hiszen csak Magyarországon a regisztrált hibridek száma 320. Hazánk arid, kontinentális klímájú terület, és a nyári időjárás alapján véve meghatározza a kukoricatermesztés eredményességét. A kukorica virágzási időszakában nagyon érzékeny a hő- és a szárazságstresszre, ezen fontos fenológiai időszaka pontosan arra az időszakra esik, amikor az időjárás egyre melegebbé és szárazabbá válik.

A kukoricatermesztés sikerességét nagyban befolyásolja az évjárathatás, az alkalmazott növénytermesztési technológia és az okszerű hibridhasználat. A hibridmegválasztás és a hibrid agrotechnikai ismerete kritikus hazánk hektikussá váló időjárási körülményei között. Az alkalmazott tőszám jelentős hatással bír a kukoricatermesztés gazdasági eredményességére. Az alkalmazott tőszám, illetve az ehhez kapcsolódó tőszámkísérletek régóta foglalkoztatják a kutatókat, a nemesítőket és a termelőket egyaránt.

A vonatkozó szakirodalom nem egységes, annak ellenére, hogy a kísérletekben a tőszám területegységre történő emelése pozitív hatással van a szemtermésre, a többsége azt sugallja, hogy a tőszám emelése kockázatos, ezért kerülendő. Az egyedi produkció mellett várhatóan a magasabb tőszám és a technológia tűrése az, ami a jövőben a fajtákat minősíti. Több kutató elismeri, hogy az újabb hibridek a nemesítési, tesztelési és szelekciós stratégia megváltozása miatt alkalmasabbak a magasabb tőszámon való termesztésre. A termésképző komponenseket tekintve az irodalom megállapítja, hogy vannak főkomponensek, – mint a növényenkénti csövek száma és a csövenkénti szemek száma – amelyek döntő részt eredményeznek a végső termésben. Az irodalmi források szerint a csőhossz szorosan változik az évjáráttal, száraz években a rövidebb cső miatt, míg csapadékos években az ezerszemtömeg csökkenése okozhat termésdepressziót. A magasabb tőszám növelheti a meddőséget és csökkenti a növényenkénti szemszámot, amit a kialakítandó tőszám meghatározásakor mindenképpen figyelembe kell venni.

Kutatásainkat az a cél vezérelte, hogy a mai hibridkínálat (illetve annak vizsgálatba vont része) részletes megismerésével gyakorlatban alkalmazható tudományos eredményeket szolgáltatassunk a felhasználóknak.

A Monsanto Hungária Kft. hazai kísérleti hálózatában 2009 és 2015 között kiviteleztek azokat a tőszámkísérleteket, amelynek eredményeit ebben a munkában dolgoztunk fel. Minden évben 2 éréscsoportban (korai FAO 200-300, késői FAO 400-500) 10-10 hibridet vizsgáltunk 5 tőszámon (50.000, 60.000, 70.000, 80.000, 90.000 tő ha⁻¹), 3-3 ismétlésben, 4 soros kísérleti parcellákon split-plot elrendezésben. Egy-egy évben a kísérletben szereplő hibridek termésképző komponenseit is megvizsgáltuk azzal a céllal, hogy a tőszám változás fajtaspecifikus hatásait még jobban megértsük a különböző termésszinteken is. Vizsgáltuk a cső hosszúságát, a szemsorok számát, a cső körmértét, a cső átmérőjét, a csutka átmérőjét, mértük az ezerszemtömeget és a parcella terméseket. A 4 soros kísérletekben a középső két sort kombájnnal betakarítottuk és a szélső sorokról vettük a mintákat a termésképzők vizsgálatához. A kísérleti helyeinket úgy választottuk meg, hogy azok mind földrajzi eloszlás, mind agroökológiai környezet, mind pedig termésszint tekintetében reprezentálják a hazai termesztési viszonyokat. Vizsgáltuk a tőszámnak a fajta a termésére gyakorolt hatásait, a fajta - tőszám - termésszint interakciókat, megvizsgáltuk a termésképző komponensek változását a tőszám hatására, és más agronómiai tulajdonságokat is, amelyek a termés biztonságát hivatottak előmozdítani.

A dolgozatban az elmúlt 7 év adatainak elemzésével foglalkoztunk, a 4985 termés adatpont mellett 7102 agronómiai tulajdonságot jellemző adatpont került a szántóföldön rögzítésre, míg a laboratóriumban 1920 termésképzőre vonatkozó adatpontot rögzítettünk az alapminták segítségével. A vizsgálati időszak az időjárás tekintetében nagyon változatos, olykor szélsőséges volt, volt rekord termő év (2014), és volt katasztrofális évjárat is (2012). Ennek megfelelően a kísérleti termésadatok is nagy szórást mutattak (1,17 tonnától 19,30 tonnáig). Ezek a számok jól mutatják, hogy adataink széles körben alkalmasak arra, hogy reprezentatív eredményekkel dolgozzak a tőszámkísérletek tekintetében is.

A kiértékelésnél megvizsgáltuk az összes adatpont által mutatott tendenciákat, az eredményeket tagoltuk éréscsoport szerint (korai-késői) és megvizsgáltuk termésszint szerint is (alacsony <7 t ha⁻¹; közepes 7-11 t ha⁻¹; magas 11 t ha⁻¹ feletti termésátlagok). Az

éréscsoport-bontás, de különösen a termésszint-bontás jól érzékeltette az ilyen irányú kísérletezés fontosságát. Az évjáráthatás függvényében hibridjeink különféleképpen reagáltak, aminek köszönhetően azt állapíthattuk meg, hogy a hibrid - tőszám - termésszint kapcsolatrendszer komplex, és nagyon alapos felkészültséget igényel ennek a rendszernek az eredményes felhasználása. Adataink segítségével kiszámítottuk a hibridek tőszám optimumát, meghatároztuk a maximálisan elérhető termés mennyiségét és értékeltük a fajta flexibilitását.

Eredményeink azt mutatták, hogy a kísérletbe vont fajták alkalmasak a magasabb tőszámon való termesztésre, de a tőszám emelése nem cél, hanem egy termesztési környezet- és fajtaspecifikus lehetőség, a saját körülményeit és technológiáját ismerő és azt maximálisan kihasználó termelők körében. Ugyanakkor kiemeljük, hogy a tőszámoptimum meghatározásakor nem csak a hibrid - tőszám reakcióját kell figyelembe venni, hanem a termesztési környezet adottságait, az évjáráthatást, és a fajta egyéb tulajdonságait is (csőkarakterisztika és lényeges agronómiai tulajdonságok).

Javaslataink között megfogalmaztuk, hogy a fajtaválasztásnak és az optimális tőszám meghatározásának minden esetben specifikusnak kell lennie, figyelembe kell venni a termőhelyi adottságot, a talaj termékenységét, az inputok és technológiák adta lehetőségeket, valamint az évjárat, vagy az agroökológiai környezet várható hatásait is. A tőszámajánlásnak mindig sokéves kísérleti adatokon alapulónak kell lennie, méghozzá olyan kísérleteken, amelyeket reprezentatív körülmények között és termésszinteken végeztek el. A kukorica a virágzási időszakában nagyon érzékeny a hő- és szárazságstresszre, az indokolatlanul magas tőszám a terméseredményeket, így a termesztés gazdaságosságát is veszélyeztetheti.

A kísérleti eredményeinket és az abból származó tendenciákat összevetettük a fajták gyakorlati felhasználásával, és azt tapasztaltuk, hogy a fent említett tőszámban rejlő lehetőségeket nem használjuk ki maradéktalanul. Kísérleteinket mindenképpen folytatjuk abban a hitben, hogy a további adatok és eredmények segítenek bennünket a tőszámoptimumok pontos megfogalmazásában, a magyar gazdákat pedig a termesztési biztonságuk és sikerességük növelésében.

10. SUMMARY

Corn is the second largest row crop in the world and the second largest in Hungary. About usage of varieties it can be stated that farmers can choose from a rather wide range of portfolio as the number of hybrids registered only in Hungary are 320. Our country is arid with continental climate, and the success of maize cultivation is basically determined by the weather conditions in summer. During the flowering time maize is rather sensitive to heat and drought stress and this important phenological period falls exactly in the period when the weather gets hotter and drier.

Success in growing maize is greatly influenced by the effect of the applied plant cropping technology and the rational variety use. The choice and the agro-technical knowledge of the used hybrids seems to be crucial within the hectic weather conditions in Hungary. The applied plant density has a considerable effect on the financial success of maize production. The applied plant density and related plant density experiments have long been occupying researchers, plant-breeders, and the users of the hybrids.

The related literature is not uniform despite the fact that during experiments the increase in plant density within a unit area had a positive effect on corn yield. The majority suggest that increasing plant density is unsafe, therefore it should be avoided. At the same time, it should be highlighted that besides individual production at the greater plant density and the adaptation to newer technology are expected to qualify the different hybrids in the future. Several researchers acknowledge that the newer hybrids are suitable for growing with greater plant density due to the changes in plant improvement processes and the changes of testing, and selection strategy. Considering yield components, it is stated in the literature that there are major components, such as the number of ears per plant, and the kernel number per ear, which play a crucial part in the final yield. Literature sources state that the length of the cob is in close relation to the year effects, in drier years due to the shorter ears, while in wetter years the decrease in thousand-kernel weight may cause yield depression. Greater plant density may increase the number of barren plants and decrease the kernel number per plant, which must in all cases be taken into consideration when determining the plant density to be established.

The objective of our research work was to provide the users with scientific results applicable in practice after acquiring detailed knowledge on today's users of the hybrids (i.e. the part involved in the research work).

The plant density experiments the results of which have been processed in this paper have been implemented within the network of Monsanto Hungária Kft. between 2009 and 2015. Every year we had 2 maturity groups (early FAO 200-300, late FAO 400-500) where 10 hybrids were examined each by 5 different plant density levels (50.000, 60.000, 70.000, 80.000, 90.000 plant ha⁻¹), repeated 3-3 times, in 4 row of experimental plots in split-plot layout. The yield components of the hybrids involved in the experiment in two seasons were also examined with the aim to understand the hybrid specific effects of plant density change on the different yield levels. Also the ear length, the number of kernel rows, the ear circumference, the ear diameter, the cob diameter were examined, and the thousand-kernel weight and plot yield were measured. In 4 rows experiments the two middle rows were harvested using a plot combine, and the rows on the sides provided samples for the examination of the yield components. Our experimental locations were selected in a way that they represent growing conditions in Hungary from the aspect of geographical distribution, agro-ecological environment, and yield level. We examined the effects of plant density on the hybrid yield, the hybrid - plant density - yield level interactions, the changes of yield components on the effect of plant density were examined together with other agronomical properties, which should promote yield security.

My paper includes an analysis of the data of the past 7 years, and besides the 4985 yield data points 7102 data points, characterizing agronomical traits were recorded in the fields, while 1920 data points concerning yield components were recorded in the laboratory using the basic samples. The weather condition during the examination period was rather varied, sometimes extreme, it included a record yield year (2014), and a disastrous year as well (2012). Accordingly, the experimental yield data were also diverse (from 1.17 tons to 19.30 tons) mostly due to growing conditions. These figures give a good sight of our data being suitable for us to work with representative results even in connection with plant density experiments.

During assessment the trends showed by each data point were examined, the results were sectioned according to maturity groups (early-late) and also according to yield level (low $<7 \text{ t ha}^{-1}$; medium $7\text{-}11 \text{ t ha}^{-1}$; high over 11 t ha^{-1} yield average). Both the maturity group breakdown, and yet especially the yield level breakdown provided a good sense on the importance of such experiments. Depending on the effect of the year our hybrids responded differently due to which it could be stated that the hybrid - plant density - yield level relationship network is complex, and for the successful use of this system a very extensive knowledge is required. Using our data the optimum plant density of hybrids was calculated, the achievable maximum yield was determined, and the flexibility of the variety was assessed.

The results showed that the hybrids in the experimental time range involved in the experiment are suitable for use in higher plant density, but not increasing plant density is the objective but a finding production environment and an opportunity specific to the hybrid within the producers knowing their own circumstances and technology and utilizing it at most. At the same time it is emphasized that not only the hybrid - plant density reaction is to be taken into consideration when identifying the optimum plant density but also the capabilities of the production environment, the effect of the year, and also other agronomic traits of the hybrids (ear characteristics and important agronomical attributes, like defensive traits).

Our recommendations include that the selection of the hybrid and determining optimum plant density must, in all cases, be specific, the production capacity of the area, based on the historical yield levels, the possibilities provided by inputs and technologies must be taken into consideration together with the expectable effects of the growing conditions, year and agro-ecological environment as well. The plant density recommendation must always be based on experimental data of several years, moreover, on experiment completed in representative conditions and with representative yield levels. During the flowering period the maize is rather sensitive to heat and drought stress, unreasonably high plant density may jeopardize yield results and so the economy of production.

Our experiment results and derived trends were compared to the practical use of the different hybrids and I found that the opportunities residing in the above-mentioned plant

density is not fully utilized. We continue with our experiments in any case believing that further data and results help us identify accurate optimum plant density and Hungarian farmers increase their security, success and profitability in corn production.

11. 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. Abuzar, M. R. – Sadozai, G. U. – Baloch, M. S. – Baloch, A. A. – Shah. I. H. – Javaid, T. – Hussain, N.: 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 21. 4.: 692-695.
3. Al Naggar, A. M. – Shabana, R. A. – Atta, M. M. M. – Al-Khalil, T. H.: 2015. Maize response to elevated plant density combined with lowered N-fertilizer rate is genotype-dependent. *The Crop Journal*. 3: 96-109.
4. Andrade, F. H. – Echarte, L. – Rizzalli, R. – Della Maggiora, A. – Casanovas, M.: 2002. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. *Crop Science*. 42: 1173-1179.
5. Andrade, F.H. – Vega, C. – Uhart, S. – Cirilo, A. – Cantarero, M. Valentinuz, O.: 1999. Kernel number determination in Maize. *Crop Science*. 39: 453-459.
6. Antal, J.: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
7. Árendás, T. – Berzsenyi, Z. – Szundy, T. – Marton, L. Cs. – Bónis, P.: 2000. Fél évszázad tapasztalatával...Kukorica a termeszőknek. Gyakorlati Agrofórum. II. évf. 3.: 44-47.
8. Arif, M. – Amin, I. – Tariq Jan, M. – Munir, I. – Nawab, K. – Ullah Khan, N. – Bahadar Marwat, K.: 2010. Effect of plant population and nitrogen levels and methods of application on ear characters and yield of maize. *Pakistan Journal of Bot*. 42. 3: 1959-1967.
9. Averbek W. – Marais, J.N.: 1992. Maize response to plant population and soil water supply: I. Yield of grain and total above-ground biomass. *South African Journal of Plant and Soil*. 9. 4: 186-192.
10. Badahur, M.M. – Ashrafuzzaman, M. – Chowdhury, M.F. – Shahidullah, S.M.: 1999. Growth and yield component responses of maize as affected by population density. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2. 4: 1092-1095.

11. Banziger, M. – Edmeades, G.O. – Beck, D. – Bellon, M.: 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From theory to practice. Mexico, D.F.: CIMMYT.
12. Barbieri, P.A. – Echeverría, H.E. – Saínez Rosas, H.R. – Andrade, F.H.: 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. *Agronomy Journal*. 100. 4: 1094-1100.
13. 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.
14. Bello, O.B. – Ige, S.A. – Azeez, M.A. – Afolabi, M.S. – Abdulmalik, S.Y. – Mahamood, J.: 2012. Heritability and genetic advance for grain yield and its component characters in maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Plant Research*. 2. 5: 138-145.
15. Bene, E.: 2013. Vetéstechnológiai modellek hatásának vizsgálata eltérő tenyészedjű kukorica hibridek termésképző elemeinek néhány cső, beltartalmi és termés mennyiségi paraméterére. *Agrártudományi Közlemények*. 52: 17-23.
16. Berzsenyi, J. L.: 1953. Tenyészterület kísérlet kukoricával. *Növénytermelés*. 2. 1-2.: 110-115.
17. Berzsenyi, Z. – Árendás, T. – Bónis, P. – Marton, L. Cs.: 2013. A kukorica termésreakcióinak vizsgálata Győrffy Bélától napjainkig. *60 éves a magyar hibridkukorica 1953-2013*. 45-52.
18. Berzsenyi, Z. – Győrffy, B.: 1995. Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésstabilitására. *Növénytermelés*. 44. 5-6: 507-517.
19. Berzsenyi, Z. – Lap, D.Q.: 2003. Kukorica (*Zea mays* L.) hibridek növény szám-reakciójának vizsgálata különböző függvényekkel kísérletsorozatban. *Növénytermelés*. 52. 2: 147-165.
20. Berzsenyi, Z. – Lap, D.Q.: 2005a. Kukorica (*Zea mays* L.) hibridek vetésidő-, N-műtrágya- és növény szám reakciója eltérő évjáratokban. [In: Nagy, J.: 2005. Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága]. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen*, 74-88.

21. Berzsenyi, Z. – Lap, D.Q.: 2005b. Műtrágyázás x növényszám interakció hatása a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és termésstabilitására tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 54. 1-2.: 35-51.
22. Berzsenyi, Z. – Lap, D.Q.: 2006a. A növényszám hatásának vizsgálata különböző tenyészidejű kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek vegetatív és reprodukív szerveinek növekedésére Richards-függvénnyel. *Növénytermelés*. 55. 3-4: 255-275.
23. Berzsenyi, Z. – Lap, D.Q.: 2006b. A növényszám hatásának vizsgálata a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek növekedésére a növekedésanalízis klasszikus módszerével. *Növénytermelés*. 55. 1-2: 71-85.
24. 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. 1: 61-75.
25. Berzsenyi, Z.: 1990. A növényszám hatása a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára II. *Növénytermelés*. 39. 6: 483-493.
26. 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*. 43-56.
27. Berzsenyi, Z.: 1996. A növényszám hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésére Hunt-Parsons modellel. *Növénytermelés*. 45. 5-6: 521-542.
28. Berzsenyi, Z.: 2012. Kukorica. [In: Radics, L.: Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés. Agroiinform Kiadó, Budapest. 11-85.
29. Berzsenyi, Z.: 2013. Növénytermesztés: Környezeti, növekedési és termésreakciók. Agroiinform Kiadó, Budapest.
30. Berzsenyi, Z. – Tokatlidis, I.S.: 2012. Density dependence rather than maturity determines hybrid selection in dryland maize production. *Agronomy Journal*. 104. 2: 331-336.
31. Betrán, F.J. – Beck, D. – Banziger, M. – Edmeades, G.O.: 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and nonstress environments in tropical maize. *Crop Science*. 43: 807-817.

32. Boros, B. – Sárvári, M.: 2008. Az állománysűrűség hatása a kukorica termésére átlagos és szélsőségesen aszályos évjáratokban. *Agrártudományi Közlemények*. 32: 7-16.
33. Borrás, L. – Curá, J.A. – Otegui, M. E.: 2002. Maize kernel composition and post-flowering source-sink ratio. *Crop Science*. 42: 781-790.
34. Borrás, L. – Maddonni, G.A. – Otegui, M.E.: 2003. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. *Field Crops Research*. 82: 13-26.
35. Borrás, L. – Westgate, M.E.: 2005. Predicting maize kernel sink capacity early in development. *Field Crops Research*. 95: 223-233.
36. Borrás, L. – Westgate, M. E. – Astini, J. P. – Echarte, L.: 2007. Coupling time to silking with plant growth rate in maize. *Field Crops Research*. 102: 73-85.
37. Cakir, R.: 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89: 1-16.
38. Carlone, M .R. – Russell, W. A.: 1987. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. *Crop Science*. 27: 465-470.
39. Chen, K. – Camberato, J.J. – Tuinstra, M.R. – Kumudini, S.V. – Tollenaar, M. – Vyn, T.J.: 2016. Genetic improvement in density and nitrogen stress tolerance traits over 38 years of commercial maize hybrid release. *Field Crops Research*. 196: 438-451.
40. Collins, W. K.: 1963. Development of potential ears in corn belt Zea mays. [In: Prine, G. M.: 1971. A critical period for ear development in maize. *Crop Science*. Vol. II. November-December.] *Iowa State Journal of Science*. 38. 2: 187-199.
41. Coulter, J. A. – Nafziger, E. D. – Abendroth, L. J. – Thomison, P. R. – Elmore, R. W. – Zarnstorff, M. E.: 2011. Agronomic responses of corn to stand reduction at vegetative growth stages. *Agronomy Journal*. 103. 3: 577-583.
42. Cox, W.J.: 1996. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. *Agronomy Journal*. 88: 489-496.
43. Cross, H.Z.: 1977. Interrelationships among yield stability and yield components in early maize. *Crop Science*. 17: 741-745.

44. Daynard, T.B. – Kannenberg, L.W.: 1975. Relationships between length of the actual and effective grain filling periods and the grain yield of corn. *Canadian Journal of Plant Science*. 56: 237-242.
45. Dobermann, A. – Arkebauer, T. – Cassman, K. – Drijber, R. – Lindquist, J. – Specht, J. – Walters, D. – Yang, H. – Miller, D. – Binder, D. – Teichmeier, G. – Ferguson, R., Wortmann, C.: 2003. Understanding corn yield potential in different environments. *Annual Report to the Fluid Fertilizer Foundation on grant „Yield potential and optimal soil productivity in irrigated corn systems of the north-central USA”*. 1-16.
46. Dóka, L. F.: 2008. A kukorica öntözésének és állománysűrűségének hatása a vízháztartásra és a termésre. *Növénytermelés*. 57. 3: 267-273.
47. Dow, E. W. – Daynard, T.B. – Muldoon, J.F. – Major, D.J. – Thurtell, G.W.: 1984. Resistance to drought and density stress in Canadian and European maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Canadian Journal of Plant Science*. 64: 575-585.
48. Duncan, W.G.: 1958. The relationship between corn population and yield. *Agronomy Journal*. 82-84.
49. Duvick, D. N.: 1997. What is yield? [In: Edmeades, G.O. et al.: 1996. Developing Drought and Low N-tolerant Maize. CIMMYT, El Batan, Mexico. 332-335.]
50. Echarte, L. – Andrade, F.H. – Sadras, V.O. – Abbate, P.: 2006. Kernel weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. *Field Crops Research*. 96: 307-312.
51. Echarte, L. – Luque, S. – Andrade, F.H. – Sadras, V.O. – Cirilo, A. – Otegui, M.E. – Vega, C.R.C.: 2000. Response of maize kernel number to plant density in Argentinean hybrids released between 1965 and 1993. *Field Crops Research*. 68: 1-8.
52. Eck, H. V.: 1986. Effects of water deficits on yield, yield components, and water use efficiency of irrigated corn. *Agronomy Journal*. 78: 1035-1040.
53. Edmeades, G.O. – Daynard, T.B.: 1979. The development of plant-to-plant variability in maize at different planting densities. *Canadian Journal of Plant Science*. 59. 3: 561-576.

54. Edwards, J. W.: 2016. Genotype x environment interaction for plant density response in maize (*Zea mays* L.) *Crop Science*. 56: 1493-1505.
55. http1: FAO Statistics. <http://www.fao.org/statistics/en/> (2017 augusztus)
56. Farnham, D. E.: 2001. Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*. 93: 1049-1053.
57. Forgács, B.: 2005. A növényszám és a műtrágyázás hatása a debreceni nemesítésű kukoricahibridek nemesítésére. [In: Nagy, J.: 2005. Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága]. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen*. 262-268.
58. Futó, Z.: 2003. A kukorica vetésidejének hatása a termést befolyásoló tényezők alakulására 2001-2002 évben. *Agrártudományi Közlemények (különszám). Acta Agraria Debreceniensis*. 10: 112-117.
59. Futó, Z. – Sárvári, M.: 2015. A kukoricatermesztés technológiájának fejlesztési lehetőségei. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő.
60. 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.
61. Gambín, B. L. – Borrás, L. – Otegui, M. E.: 2006. Source-sink relations and kernel weight differences in maize temperate hybrids. *Field Crops Research*. 95: 316-326.
62. Geadelmann, J. L. – Peterson, R. H.: 1978. Effects of two yield component selection procedures on maize. *Crop Science*. 18: 387-390.
63. Gonzalo, M. – Vyn, T.J. – Holland, J.B. – McIntyre, L.M.: 2006. Mapping density response in maize: A direct approach for testing genotype and treatment interactions. *Genetics*. 173: 331-348.
64. Gözübenli, H.: 2010. Influence of planting patterns and plant density on the performance of maize hybrids in the Eastern Mediterranean conditions. *International Journal of Agriculture & Biology*. 12: 556-560.
65. Gozubenli, H. – Kilinc, M. – Sener, O. – Konuskan, O.: 2004. Effect of single and twin row planting on yield and yield components in maize. *Asian Journal of Plant Sciences*. 3. 2: 203-206.

66. Gyenesné, H.Zs. – Pók, I. – Illés, O. – Szőke, Cs. – Kizmus, L. – Marton L. Cs.: 2002. A termőhely, a tőszám és az évjárat hatása kukoricahibridek termésselemeire. *Növénytermelés*. 51. 4: 425-435.
67. Györffy, B.: 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények*. 35.: 239-266.
68. Györffy, B.: 1979. Fajta-, növényszám-, és műtrágyahatás a kukoricatermesztésben. *Agrártudományi Közlemények*. 38: 309-331.
69. 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.
70. Hashemi, A.M. – Herbert, S.J. – Putnam, D.H.: 2005. Yield response of corn to crowding stress. *Agronomy Journal*. 97: 839-846.
71. Hashemi-Dezfouli, A. - Herbert, S. J.: 1992. Intensifying plant population response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal*. 84: 547-551.
72. Hegyi, Zs.: 2003. A termőhely és a tőszám hatása különböző rokonsági körökbe tartozó beltenyésztett kukorica törzsek és hibridjeik tulajdonságaira eltérő évjáratokban. Doktori (PhD) Értekezés.
73. Hunter, R.R. – Kannenberg, L.W. – Gamble, E.E.: 1970. Performance of five maize hybrids in varying plant populations and row widths. *Agronomy Journal*. 62: 255-256.
74. I'só, I.: 1958a. Országos tenyésztőterület-kísérletek eredményei. *Kukoricatermesztési Kísérletek 1953-1957*. 205-221.
75. I'só, I.: 1958b. Tenyésztőterület-kísérletek kukoricával. *Kukoricatermesztési Kísérletek 1953-1957*. 223-233.
76. Ipsilandis, C.G. – Vafias, B.N.: 2005. Plant density effects on grain yield per plant in maize: breeding implications. *Asian Journal of Plant Sciences*. 4. 1.: 31-39.
77. Jagtap, S.S. – Alabi, R.T. – Adeleye, O.: 1998. The influence of maize density on resource use and productivity: an experimental and simulation study. *African Crop Science Journal*. 6. 3: 259-272.
78. Jolánkai, M.: 2005. Gabonafélék. [In: Antal J.: 2005. A növénytermesztés alapjai – Gabonafélék.] Mezőgazda Kiadó, Budapest. 179-366.

79. http2: Jolliffe, P. A. – Tarimo, A. J. P. – Eaton, G. W.: 1990. Plant Growth Analysis: growth and yield component responses to population density in forage maize. <https://academic.oup.com/aob/article-abstract/65/2/139/163553/Plant-Growth-Analysis-Growth-and-Yield-Component?redirectedFrom=fulltext> (2017 május).
80. Josipovic, M. – Jambrovic, A. – Plavsic, H. – Liovic, I. – Sostaric, J.: 2007. Responses of grain composition traits to high plant density in irrigated maize hybrids. *Cereal Research Communications*. 35. 2: 549-552.
81. Kamara, A. Y. – Menkir, A. – Kureh, I. – Omoigui, L. O. – Ekeleme, F.: 2006. Performance of old and new maize hybrids grown at high plant densities in the tropical Guinea savanna. *Communications in Biometry and Crop Science*. 1. 1: 41-48.
82. Kleese, R. A.: 2000. Designing crops for added value: a vision, a mission. American Society of Agronomy. *Agronomy Monograph*. 40: 1-10.
83. Kovács, P. – Sárvári, M.: 2016. Az NPK műtrágyázás és a tőszám hatása az eltérő genetikai alapú kukorica hibridek termésére félüzemi kísérletben. *Agrártudományi Közlemények*. 69.: 103-108.
84. Kovács, A. – Sárvári, M.: 1992. Állománysűrűség, vetés [In: Bocz, E. (szerk.): 1992. Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó, Budapest. 394-400.
85. http3: Központi Statisztikai Hivatal
https://www.ksh.hu/agrarcenzusok_hosszu_idosorok_tablak (2017 augusztus)
86. Lack, Sh. – Dashti, H. – Abadooz, Gh. – Modhej, A.: 2012. Effect of different levels of irrigation and planting pattern on grain yield, yield components and water use efficiency of corn grain (*Zea mays* L.) hybrid SC. 704. *African Journal of Agricultural Research*. 7. 18: 2873-2878.
87. Lafitte, H. R. – Edmeades, G.O.: 1995. Stress tolerance in tropical maize is linked to constitutive changes in ear growth characteristics. *Crop Science*. 35: 820-826.
88. Lap, D.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. 2: 171-183.

89. Lesoing, G.W. – and Francis, C.A.: 1999. Strip intercropping effects on yield and yield components of corn, grain sorghum, and soybean. *Agronomy Journal*. 91. 5: 807-813.
90. Li, J. – Xie, R.Z. – Wang, K.R. – Ming, B. – Guo, Y.Q. – Zhang, G.Q. – Li, S.K.: 2015. Variations in maize dry matter, harvest index, and grain yield with plant density. *Agronomy Journal*. 107. 3: 829-834.
91. Liu, W. – Tollenaar, M.: 2009. Response of yield heterosis to increasing plant density in maize. *Crop Science*. 49: 1807-1816.
92. Liu, W. – Tollenaar, M. – Stewart, G. – Deen, W.: 2004. Within-row plant spacing variability does not affect corn yield. *Agronomy Journal*. 96: 275-280.
93. Maddonni G. A. – Otegui M. E.: 2004. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. *Field Crops Research*. 85: 1-13.
94. Maddonni, G. A. – Otegui, M. E.: 2006. Intra-specific competition in maize: contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. *Field Crops Research*. 97: 155-166.
95. Maddonni, G. A. – Cirilo, A.G. – Otegui, M. E.: 2006. Row width and maize grain yield. *Agronomy Journal*. 98: 1532-1543.
96. Maddonni, G. A. – Otegui, M. E. – Bonhomme, R.: 1998. Grain yield components in maize II. Postsilking growth and kernel weight. *Field Crops Research*. 56: 257-264.
97. Maddonni, G. A. – Otegui, M. E. – Cirilo, A. G.: 2001. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crops Research*. 71: 183-193.
98. Mangelsdorf, P.C. – Reeves, R. G.: 1945. The origin of maize: present status of the problem. *American Anthropologist*. 47. 2: 235-243.
99. Mansfield, B. D. – Mumm, R. H.: 2013. Survey of plant density tolerance in U.S. maize germplasm. *Crop Science*. 54: 157-173.
100. Máriás, K.: 2014. A tőszám és a vetésidő vizsgálata eltérő évjáratokban. *Agrártudományi Közlemények*. 56: 79-82.

101. Megyes, A. – Nagy, J.: 1999. A növényszám hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 48. 5: 535-542.
102. http4: Megyes, A.: 2001. Növénytermesztési tényezők értékelése a Ceres-Maize 3.5 modellel talajművelési tartamkísérletben.
<https://dea.lib.unideb.hu/dea/handle/2437/78378> (2017 május)
103. Melchiori, R. J. M. – Caviglia, O. P.: 2008. Maize kernel growth and kernel water relations as affected by nitrogen supply. *Field Crops Research*. 108: 198-205.
104. Menyhért, Z.: 1985. A kukorica termőhelyigénye [In: Menyhért, Z. (szerk.): 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 240-288.
105. Menyhért, Z. – Csúrné V.A.: 2004. Adalékok a kukoricatermesztés agrotechnikai alapjaihoz. *Gyakorlati Agrofórum Extra* 5: 3-11.
106. Moll, R.H. – Kamprath, E.J.: 1977. Effects of population density upon agronomic traits associated with genetic increases in yield of *Zea mays* L. *Agronomy Journal*. 69: 81-84.
107. Molnár, Zs. – Sárvári, M.: 2005. A vetésidő és a tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. *Agrártudományi Közlemények*. 16: 95-104.
108. Moser, S. B. – Feil, B. – Jampatong, S. – Stamp, P.: 2006. Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agricultural Water Management*. 81: 41-58.
109. Murányi, E. – Pepó, P.: 2014. Investigation of the plant number reactions of maize hybrids on chernozem soil beside site-specific fertilization. 13th Alps-Adria Scientific Workshop. *Növénytermelés*. 63: 39-42.
110. Murányi, E.: 2014. Eltérő genotípusú kukoricahibridek tőszámreakciójának vizsgálata mészlepedékes csernozjom talajon. *A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei, Prof. Dr. Sárvári Mihály 70 éves*. 255-260.
111. Murányi, E.: 2015a. Effect of plant density and row spacing on maize (*Zea mays* L.) grain yield in different crop year. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. Vol. 2. 1: 57-63.
112. Murányi, E.: 2015b. Effect of plant density and row spacing on maize grain yield on calcareous chernozem soil. 14th Alps-Adria Scientific Workshop. *Növénytermelés*. 64: 115-118.

113. Murányi, E.: 2016. A tenyésztőterület hatása az eltérő genotípusú kukorica hibridek (*Zea mays* L.) termésképző elemeinek alakulására. *Agrártudományi Közlemények*. 68: 67-72.
114. Murányi, E. – Pepó, P.: 2014. Különböző genotípusú kukoricahibridek töszám sűrítettségének vizsgálata csernozjom talajon. *Agrártudományi Közlemények*. 56: 87-92.
115. Nafziger, E.: Corn. Illinois Agronomy Handbook. 13-26.
116. Nagy, J.: 1995. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*. 44. 3: 251-260.
117. Nagy, J.: 1996. A növényszám és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. *Növénytermelés*. 45. 5-6: 543-552.
118. Nagy, J.: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest.
119. Nagy, J.: 2012. Versenyképes kukoricatermesztés: Jövedelmezőség kulcstényezői szántóföldi gyakorlatban. Magyar Agrárkamara, Budapest.
120. Nagy, J.: 2014. Az ökológiai és az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére. *A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei, Prof. Dr. Sárvári Mihály 70 éves*. 156-162.
121. http5: Nielsen, R. L.: 2004. Estimating corn yield prior to harvest. Purdue University Agronomy Dept.
<https://pdfs.semanticscholar.org/e9e2/e4ebca856d58c098068a729001fcb57d4975.pdf> (2017 május).
122. http6: Nielsen, R. L.: 2007a. Assessing effects of drought on corn grain yield? Purdue University Department of Agronomy.
<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/articles.07/Drought-0705.pdf> (2017 április)
123. http7: Nielsen, R. L.: 2007b. Ear size determination in corn. Purdue University Department of Agronomy .
<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/EarSize.html> (2017 április)

124. NiK, M. M. – Babaeian, M. – Tavassoli, A. – Asgharzade, A.: 2011. Effect of plant density on yield and yield components of corn hybrids (*Zea mays* L.). *Scientific Research and Essays*. 6. 22: 4821-4825.
125. Ogunlela, V.B. – Amoruwa, G.M. – Ologunde, O.O.: 1988. Growth, yield components and micronutrient nutrition of field-grown maize (*Zea mays* L.) as affected by nitrogen fertilization and plant density. *Fertilizer Research*. 17: 189-196.
126. http8: OMSZ honlap. <http://www.met.hu/> (2017 augusztus)
127. Otegui, M. E. – Bonhomme, R.: 1998. Grain yield components in maize I. Ear growth and kernel set. *Field Crops Research*. 56: 247-256.
128. Ottaviano, E. – Camussi, A.: 1981. Phenotypic and genetic relationships between yield components in maize. *Euphytica*. 30: 601-609.
129. Pagano, E. – Cela, S. – Maddonni, G. A. – Otegui, M. E.: 2007. Intra-specific competition in maize: ear development, flowering dynamics and kernel set of early-established plant hierarchies. *Field Crops Research*. 102: 198-209.
130. Pagano, E. – Maddonni, G.A.: 2007. Intra-specific competition in maize: early established hierarchies differ in plant growth and biomass partitioning to the ear around silking. *Field Crops Research*. 101: 306-320.
131. Pálovics, B. – Sárvári, M.: 2006. Tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. *Agártudományi Közlemények*. 23. Különszám: 50-61.
132. Pepó, P.: 2006. Fejlesztési alternatívák a magyar kukoricatermesztésben. *Gyakorlati Agroforum Extra*. 13: 7-11.
133. Pepó, P. – Murányi, E.: 2015. Tenyészterület vizsgálatok eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibrideknél.
134. Pepó, P. – Vad, A. – Berényi, S.: 2005. Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére monokultúrás termesztésben. *Növénytermelés*. 54. 4: 317-326.
135. Pepó, P.: 2016. Korszerű agrotechnika fókuszában a kukorica. *Agroforum Extra*. 67: 42-44.
136. Pepó, P. – Sárvári, M.: 2011. Gabonanövények termesztése, Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem.

137. Petr, J. – Cerny, V. – Hruska, L.: 1985. A főbb szántóföldi növények terméskepződése. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
138. Pintér, L. – Burucs, Z. – Páldi, E.: 1994. Mire vezethető vissza a kukorica genetikailag meghatározott tőszám reakciója? *Növénytermelés*. 43. 3: 263-271.
139. Pintér, L. – Korom, S.: 1982. Az ötven centiméteres sortávolság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) víz-, tápanyag- és fényellátottságára. *Növénytermelés*. 31. 1: 35-39.
140. Pintér, L.: 1980. Az ötven centiméteres sortávolság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szárazanyag hozamára és egyéb agronómiai tulajdonságaira. *Növénytermelés*. 29. 4: 297-303.
141. Pommel, B. – Bonhomme, R.: 1998. Variations in the vegetative and reproductive systems in individual plants of an heterogeneous maize crop. *European Journal of Agronomy*. 8: 39-49.
142. Ponleit, C.G. – Egli, D.B. – Cornelius, P.L. – Reicosky, D.A.: 1980. Variation and associations of kernel growth characteristics in maize populations. *Crop Science*. 20: 766-770.
143. Prine, G. M.: 1971. A critical period for ear development in maize. *Crop Science*. Vol. II. November-December. 782-786.
144. Prior, C. L. – Russell, W. A.: 1975. Yield performance of nonprolific and prolific maize hybrids at six plant densities. *Crop Science*. 15: 482-486.
145. Qian, C. – Yu, Y. – Gong, X. – Jiang, Y. – Zhao, Y. – Yang, Z. – Hao, Y. – Li, L. – Song, Z. – Zhang, W.: 2016. Response of grain yield to plant density and nitrogen rate in spring maize hybrids released from 1970 to 2010 in Northeast China. *The Crop Journal*. 4: 459-467.
146. Reszkető, P. – Pék, K.: 2001. Eltérő tenyészidejű kukoricák (*Zea mays* L.) föld feletti növényi részeinek növekedés dinamikája és levélfelületének alakulása, különböző tőszámon. II. *Növénytermesztési Tudományos Nap. „Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben” Proceedings*. 192-197.
147. Ribaut, J.M. – Jiang, C. – Gonzalez-de-Leon, D. – Edmeades, .O. – Hoisington, D.A.: 1997. Identification of quantitative trait loci under drought conditions in tropical maize. 2. Yield components and marker-assisted selection strategies. *Theoretical and Applied Genetics*. 94: 887-896.

148. *Ritchie, J.T. – Alagarswamy, G.: 2003. Model concepts to express genetic differences in maize yield components. Agronomy Journal. 95: 4-9.*
149. *Rossini, M. A. – Maddonni, G. A. – Otegui, M.E.: 2011. Inter-plant competition for resources in maize crops grown under contrasting nitrogen supply and density: Variability in plant and ear growth. Field Crops Research. 121: 373-380.*
150. *Runge, E. C. A. – Benci, J. F.: 2008. Climate change: Has climate become more or less favorable for growing corn over the past century? Plant Management Network. Crop Management. 9 June 2008: 1-17.*
151. *Runge, E. C. A. – Hons, F. M.: 1999. Precision agriculture – Development of a hierarchy of variables influencing crop yields. Precision Agriculture. 143-158.*
152. *Russell, W. A.: 1968. Testcrosses of one- and two-ear types of Corn Belt maize inbreds. I. Performance at four plant stand densities. Crop Science. 8: 244-247.*
153. *Ruzsányi, L. – Csajbók, J.: 2001. Termésszabályozás és az évjárat kölcsönhatása a fontosabb szántóföldi növényeinknél. Agrártudományi Közlemények. 2: 41-46.*
154. *Sala, R.G. – Westgate, M.E. – Andrade, F.H.: 2007. Source/sink ratio and the relationship between maximum water content, maximum volume, and final dry weight of maize kernels. Field Crops Research. 101.: 19-25.*
155. *Sangoi, L.: 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. Ciencia Rural. 31. 1: 159-168.*
156. *Sangoi, L. – Gracietti, M. A. – Rampazzo, C. – Bianchetti, P.: 2002. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. Field Crops Research. 79: 39-51.*
157. *Sarlangue, T. – Andrade, F.H. – Calvino, P.A. – Purcell, L.C.: 2007. Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density? Agronomy Journal. 99: 984-991.*
158. *Sárvári, M.: 1995. A tőszám szerepe a fajtaspecifikus kukorica-termesztési technológiában. Növénytermelés. 44. 3: 261-270.*
159. *Sárvári, M.: 2005. A modern növénytermesztést szolgáló hibridspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése. [In: Pepó, P.: 2005. Korszakváltás a*

- hazai mezőgazdaságban: *A modern növénytermesztés alapjai – Prof. Dr. Bocz Ernő 85 éves.*] Debrecen, 200-204.
160. Sárvári, M.: 2012. A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésbiztonságára. *Agrártudományi Közlemények*. 49: 263-265.
 161. Sárvári, M.: 2014. A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei. *A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei, Prof. Dr. Sárvári Mihály 70 éves.* 4-16.
 162. Sárvári, M. – Boros, B.: 2010. The main influencing factors effecting the yield of maize. *Journal of Agricultural Sciences, Debrecen*. 38: 137-141.
 163. 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.
 164. Sárvári, M. – Boros, B.: 2008. The effect of plant density on the yield and yield safety of maize hybrids in average and dry years. *Cereal Research Communications*. 36: 1715-1718.
 165. Sárvári, M. – Boros, B.: 2009a. Response of maize hybrids to increasing plant density and its impact on yield. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula: Protectia Mediului*. Vol. XIV: 264-271.
 166. Sárvári, M. – Boros, B.: 2009b. The effect of plant density on the yield and yield safety of maize hybrids. *Field Crop Production, 45th Croatian & 5th International Symposium on Agriculture*. 916-919.
 167. Sárvári, M. – El Hallof, N. – Molnár, Zs.: 2007a. Effect of determining factors on maize yield with special regards to plant density. *Cereal Research Communications*. 35. 2: 369-372.
 168. http9: Sárvári, M. – Futó, Z. – Győri, Z. – Jakab, P. P.: 2007b. A talaj termékenységét megőrző fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése tartamkísérletben. Project Report. OTKA. <http://real.mtak.hu/993/> (2017 május)
 169. Sener, O. – Gozubenli, H. – Konuskan, O. – Kilinc, M.: 2004. The effects of intra-row spacings on the grain yield and some agronomic characteristics of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Asian Journal of Plant Sciences*. 3. 4: 429-432.

170. Setter, T.L. – Flannigan, B.A. – Melkonian, J.: 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscisic acid, and cytokinins. *Crop Science*. 41: 1530-1540.
171. Severini, A.D. – Borrás, L. – Westgate, M.E. – Cirilo, A.G.: 2011. Kernel number and kernel weight determination in dent and popcorn maize. *Field Crops Research*. 120: 360-369.
172. Shapiro, C. A. – Wortmann, C. S.: 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in Eastern Nebraska. *Agronomy Journal*. 98. May-June: 529-535.
173. Sharifi, R.S. – Sedghi, M. – Gholipouri, A.: 2009. Effect of population density on yield and yield attributes of maize hybrids. *Research Journal of Biological Sciences*. 4. 4: 375-379.
174. Sharratt, B.S. – McWilliams, D.A.: 2005. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row corn. *Agronomy Journal*. 97: 1129-1135.
175. Shi, De-yang – Li, Yan-hong – Zhang, Ji-Wang – Liu, Peng – Zhao, Bin – Dong, Shu-ting: 2016. Increased plant density and reduced N rate lead to more grain yield and higher resource utilization in summer maize. *Journal of Integrative Agriculture*. 15. 11: 2515-2528.
176. Siband, P. – Wey, J. – Oliver, R. – Letourmy, P. – Manichon, H.: 1999. Analysis of the yield of two groups of tropical maize cultivars. Varietal characteristics, yield potentials, optimum densities. *Agronomie*. 19: 379-394.
177. Sorrells, M. E. – Lonnquist, J. H. – Harris, R. E.: 1979. Inheritance of prolificacy in maize. *Crop Science*. 19. 3: 301-306.
178. Strieder, M. L. – Ferreira 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: 346-353.
179. Széll, E. – Makhajda, J.: 2000. A kukoricatermesztés fontosabb műveleteiről a jövedelmezőség jegyében. *Gyakorlati Agrofórum*. II. évf. 3.: 65-69.

180. Széll, E. – Makra, M.: 2012. A kukorica hibridspecifikus technológiai ajánlásának szerepe a precíziós növénytermesztési eljárások alkalmazásánál. *Agrártudományi Közlemények*. 49.: 297-302.
181. Széll, E. – Szél, S. – Kálmán, L.: 2005. Új szegedi kukorica hibridek és azok specifikus termesztési ajánlása. [In: Nagy, J.: 2005. Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága]. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen*. 229-240.
182. Szieberth, D. – Csapó, J. – Árendás, T.: 2008. Kukoricafajták viselkedése szárazságban. *Agrofórum Extra*. 22: 26-30.
183. Testa, G. – Reyneri, A. – Blandino, M.: 2016. Maize grain yield enhancement through high plant density cultivation with different inter-row and intra-row spacings. *European Journal of Agronomy*. 72: 28-37.
184. Tetio-Kagho, F. – Gardner, F. P.: 1988. Responses of maize to plant population density . I. Canopy development, light relationships, and vegetative growth. *Agronomy Journal*. 80: 930-940.
185. Tokatlidis, I. S. – Koutroubas, S.D.: 2004. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. *Field Crops Research*. 88: 103-114.
186. Tokatlidis, I. S. – Koutsika-Sotiriou, M. – Tamoutsidis, E.: 2005. Benefits from using maize density-independent hybrids. *Maydica*. 50: 9-17.
187. Tokatlidis, I. S.: 2001. The effect of improved potential yield per plant on crop yield potential and optimum plant density in maize hybrids. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 137: 299-305.
188. Tokatlidis, I.S. – Has, V. – Melidis, V. – Has, I. – Mylonas, I. – Evgenidis, G. – Copandean, A. – Ninou, E. – Fasoula, V.A.: 2011. Maize hybrids less dependent on high plant densities improve resource-use efficiency in rainfed and irrigated conditions. *Field Crops Research*. 120: 345-351.
189. Tokatlidis, I.S. – Koutsika-Sotiriou, M. – Fasoulas, A.C.: 2001. The development of density-independent hybrids in maize. *Maydica*. 46: 21-25.
190. Tollenaar, M. – Lee E. A.: 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crop Research*. 75: 161-169.

191. Tollenaar, M. – Dibo, A. A. – Aguilera, A. – Weise, S. F. – Swanton, C. J.: 1994. Integrated pest management. *Agronomy Journal*. 86: 591-595.
192. Tollenaar, M – Dwyer, L.M. – Stewart, D.W.: 1992. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Science*. 32: 432-438.
193. Turcsányi, G.: 1995. Mezőgazdasági növénytan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
194. Uribeharrea, M. – Cárcova, J. – Otegui, M.E. – Westgate, M.E.: 2002. Pollen production, pollination dynamics, and kernel set in maize. *Crop Science*. 42: 1910-1918.
195. Uribeharrea, M. – Cárcova, J. – Borrás, L. – Otegui, M. E.: 2007. Enhanced kernel set promoted by synchronous pollination determines a tradeoff between kernel number and kernel weight in temperate maize hybrids. *Field Crops Research*. 105: 172-181.
196. Vad, A. – Pepó, P.: 2014. Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (*Zea mays* L.) termesztésben. *A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei, Prof. Dr. Sárvári Mihály 70 éves*. 211-216.
197. Vágó, K.: 2015. Az aszály növénytermelésre gyakorolt hatásai. *Gazdálkodás*. XLIX. évfolyam 1: 36-41.
198. Van Roekel, R. J. – Coulter J. A.: 2011. Agronomic responses of corn to planting date and plant density. *Agronomy Journal*. 103. 5: 1414-1422.
199. Van Roekel, R. J. – Coulter, J. A.: 2012. Agronomic responses of corn hybrids to row width and plant density. *Agronomy Journal*. 104. 3: 612-620.
200. Vári, E. – Pepó, P.: 2011. Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica agronómiai tulajdonságaira tartalmkísérletben. *Növénytermelés*. 60. 4: 115-130.
201. Vári, E.: 2014. A kukorica termésbiztonságát meghatározó tényezők. *A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei, Prof. Dr. Sárvári Mihály 70 éves*. 217-225.
202. Welde, K. – Gebremariam, H.L.: 2016. Effect of different furrow and plant spacing on yield and water use efficiency of maize. *Elsevier*. 177: 215-220.

203. Widdicombe, W.D. – Thelen, K.D.: 2002. Row width and plant density effects on corn grain production in the Northern Corn Belt. *Agronomy Journal*. 94: 1020-1023.
204. Zembery, J. – Bárek, V. – Horníková, H. – Halaj, P. – Halajová, D.: 2011. Variability of yield components and yield of maize due to fertilization and weather conditions. 10th Alps-Adria Scientific Workshop. *Növénytermelés*. 60: 89-92.

12. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/29/2018.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Kőnczöl Péter
Neptun kód: B17YYC
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10062455

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Kőnczöl, P.:** The effect of plant density to the yield results and the yield components of maize hybrids.
Agrártud. közl. 72, 89-93, 2017. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

2. **Kőnczöl, P.,** Ágner, Z., Sovány, C., Fehérvári, S.: Effect of plant density on grain yield, yield components and agronomic traits of maize (*Zea mays* L.) hybrids.
Maydica. [Epub], [18], 2018. ISSN: 0025-6153.
IF: 0.375 (2016)

Egyéb folyóiratközlemények (1)

3. **Kőnczöl, P.:** A tőszám, mint a kukorica termesztéstechnológia lényeges, de ki nem használt eleme.
Agroforum. 67, 56-59, 2016. ISSN: 1788-5884.

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

4. **Kőnczöl, P.:** A tőszám- és terméskomponens-vizsgálatok eredményeinek felhasználása a kukorica gyakorlati nemesítési munkában.
In: XXIII. Növény-nemesítési Tudományos Nap : Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 53, 2017.





További közlemények

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (1)

5. **Könczöl, P.**, Csajbók, J.: Éghajlati anomáliák hatásai a kukorica genetikai és termesztéstechnológiai fejlesztésére.
Agroforum. 19 (Extra), 20-21, 2008. ISSN: 1788-5884.

Öltalmi formák (5)

6. **Könczöl, P.**: 91DUQ1 X 0997. 2017
Hatáskör: -Oroszország
Bejelentés ideje: 2014.12.25-
Ügyiratszám: 66453 (2014.12.25)
Szabadalmi szám: 9285
7. **Könczöl, P.**: EP3919. 2017
Hatáskör: Oroszország
Bejelentés ideje: 2017.08.24
Ügyiratszám: 72529 (2017.08.24)
8. **Könczöl, P.**: EP4224. 2017
Hatáskör: Oroszország
Bejelentés ideje: 2017.10.24
Ügyiratszám: 72791 (2017.10.24)
9. **Könczöl, P.**: EP4313. 2017
Hatáskör: Oroszország
Bejelentés ideje: 2017-10-24
Ügyiratszám: 72790 (2017-10-24)





**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

10. **Könczöl, P.**: V4265Z. 2017

Hatáskör: Oroszország

Bejelentés ideje: 2014.12.08

Ügyiratszám: 66446 (2014.12.08)

Szabadalmi szám: 8788

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,375

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
0,375**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2018.01.29.



13. NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2018.

.....

a jelölt aláírása

Tanúsítom, hogy Könczöl Péter doktorjelölt 2016 – 2017 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2018.

.....

a témavezető aláírása

14. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm dr. Sárvári Mihály Professzor Úrnak, témavezetőmnek a segítséget és az elmúlt évek közös munkáinak tanulságait, bátorításait, szakmai tanácsait, amivel több lettem.

Köszönöm dr. Nagy János Professzor Úrnak, hogy lehetőséget biztosított a Doktori Iskola programjában való részvételemhez.

Köszönettel tartozom Szanyi Istvánnak a Debreceni Egyetem Tiszteltbeli Docensének, aki szakmai elhivatottságával irányt mutatott és támogatott, amikor arra szükségem volt.

Köszönöm dr. Ágner Zita kukoricanemesítőnek a kísérleti években és a dolgozat elkészülése során mutatott elkötelezettségét és segítségét.

Köszönöm dr. Szőke Csabának, a Magyar Tudományos Akadémia kutatójának az dolgozat elkészítésében nyújtott támogatását, objektív értékelését.

Köszönöm Sovány Csongor támogatását, aki az adatok statisztikai kiértékelésében segédkezett.

Köszönetet mondok a Monsanto Hungária Kft szatymazi Nemesítőállomása dolgozóinak áldozatos munkájáért, a nagyszerű kísérletekért! Köszönöm a Monsanto Hungária Kft Technológia Fejlesztő osztályának támogatását és a kísérleti kivitelezésben nyújtott segítségüket.

Köszönöm a szeretteimnek, mindazoknak, akiket itt felsorolni nem tudok, de támogatásukkal, türelmükkel és segítségükkel részt vállaltak abban, hogy ez a munka elkészülhessen.