

DEBRECENI EGYETEM

**KERPELY KÁLMÁN NÖVÉNYTERMESZTÉSI- ÉS KERTÉSZETI
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

A Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Nagy János

egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:

Dr. Sárvári Mihály

Professor emeritus

**A KUKORICA TERMÉSBIZTONSÁGÁNAK NÖVELÉSE
AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK RACIONALIZÁLÁSÁVAL
CSERNOZJOM TALAJON**

Készítette:

Kovács Péter

doktorjelölt

Debrecen

2020

A KUKORICA TERMÉSBIZTONSÁGÁNAK NÖVELÉSE AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK RACIONALIZÁLÁSÁVAL CSERNOZJOM TALAJON

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
a növénytermesztési és kertészeti tudományok tudományában

Írta: Kovács Péter okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem **Kerpely Kálmán Doktori Iskolája**
Növénytermesztési és kertészeti tudományok doktori programja keretében

Témavezető: Dr. Sárvári Mihály

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. fokozat
elnök:	<u>Prof. Dr. Pepó Péter</u>	<u>DSc</u>
tagok:	<u>Dr. Tóth Zoltán</u>	<u>PhD</u>
	Prof. Dr. Nagy János	DSc

A doktori szigorlat időpontja: 2018. április 6.

Az értekezés bírálói:

Név	Tud. fokozat
_____	_____
_____	_____

A bírálóbizottság:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás
elnök:	_____	_____	_____
tagok:	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
titkár:	_____	_____	_____

Az értekezés védésének időpontja: 20.....

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS.....	5
1. CÉLKITŰZÉS	7
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
2.1. A kukoricatermesztés hatékonyságát befolyásoló tényezők.....	9
2.1.1. Az évjárat és a klímaváltozás kukoricatermesztésre gyakorolt hatása.....	9
2.2. A biológiai alapok jelentősége a kukoricatermesztésben	11
2.3. A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek termésére	13
2.4. A tözsámsűrités hatása a kukorica termésére	18
2.5. A kukorica hibridek főbb minőségi paraméterei	21
2.6. A fotoszintézis és a levélterület termésben betöltött szerepe	22
2.7. A kukorica betakarításkori szemnedvesség-tartalmának alakulása	24
2.8. Növény és csőmagasság, valamint a meddő tövek arányának hatás a kukorica termésére	25
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	27
3.1. A kísérleti terület elhelyezkedése, beállítása, elrendezése	27
3.2. A kísérleti terület talajadottságai	27
3.3. A vizsgált évek időjárásainak jellemzése	28
3.3.1. A 2015-ös év időjárása	29
3.3.2. A 2016-os év időjárása	30
3.3.3. A 2017-es év időjárása	31
3.4. A kísérletben vizsgált kukorica hibridek fontosabb jellemzői.....	32
3.5. A kísérletben alkalmazott agrotechnika.....	33
3.6. Kiegészítő vizsgálatok	35
3.6.1. Fotoszintetikus aktivitás és levélterület-index (LAI) mérése	36
3.6.2. A Levélterület-tartósság (LAD), produktivitási mutató (PM), kumulált asszimilációs terület (KAT) számítása.....	37
3.6.3. Vízleadás dinamika vizsgálata.....	37
3.6.4. Beltartalmi paraméterek vizsgálata.....	38
3.6.5. Termésképző elemek vizsgálata	38
3.6.6. Egyéb vizsgálatok	38
3.7. Eredmények értékelésének módszere	38

4. EREDMÉNYEK	39
4.1. Levélterület-index vizsgálatok.....	39
4.1.1. A tápanyagellátás és a töszámsűrítés hatása a kukorica LAI-értékeire	39
4.1.2. A kukorica szemtermésének alakulása a levélterület függvényében.....	44
4.1.3. A kumulált asszimilációs terület (KAT), a levélterület tartósság (LAD) és a produktivitás mutató (PM) alakulása	46
4.2. A tápanyagellátás és a töszámsűrítés hatása a kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitására	47
4.3. A tápanyagellátás és a töszám hatása a kukorica hibridek vízleadás dinamikájára és betakarításkori szemnedvesség tartalmára	53
4.3.1. 2015-ös év eredményei.....	53
4.3.2. 2016-ös tenyészév	56
4.3.3. 2017-es tenyészév.....	58
4.4. A kukorica hibridek minőségi paramétereinek vizsgálata.....	61
4.4.1. Nyersfehérjetartalom	61
4.4.2. Keményítőtartalom	63
4.4.3. Olajtartalom	64
4.5. A tápanyagellátás és a töszám hatása a kukorica hibridek termésképző elemeinek változására	66
4.5.1. Ezerszemtömeg	66
4.5.2. Hektolitertömeg alakulása a kezelések hatására 2016, 2017 években.....	67
4.5.3. A szemsorok számának alakulása a kezelések hatására.....	68
4.5.4. Egy sorban lévő szemek száma	69
4.5.5. Csőhosszúság változásának vizsgálata a kezelések hatására.....	70
4.5.6. Csővenkénti szemszám alakulása a kezelések hatására	71
4.5.7. Morzsolási arány vizsgálata a kezelések hatására	72
4.6. Növénymagasság vizsgálata	73
4.7. Meddő tövek arányának vizsgálata.....	75
4.8. A talaj tápanyagtartalmának változása a tápanyagkezelések hatására.....	76
4.9. A kukoricaszár tápelemtartalmának változása a tápanyagkezelések hatására.....	77
4.10. Biológiai alapok jelentősége	78
4.11. Évjárat hatása a termésre	82
4.12. Az állománysűrűség hatása a kukorica terméseredményére.....	84

4.12.1. 2015. tenyésztés.....	84
4.12.2. 2016. tenyésztés.....	86
4.12.3. 2017-es tenyésztés.....	89
4.12.4. Állománysűrítés hatása a hibridek és tápanyagellátás átlagában (2015-2017).....	91
4.13. Tápanyagellátás hatása a termésre.....	94
4.13.1. 2015-ös tenyésztés.....	94
4.13.2. 2016-os tenyésztés.....	96
4.13.3. 2017-es tenyésztés.....	99
4.13.4. Tápanyagellátás hatása a szemtermésre a tőszámok és a hibridek átlagában (2015-2017).....	101
4.13.5. A tápanyagellátás jövedelmezőségi vizsgálata.....	103
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	104
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	109
7. GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK	111
8. ÖSSZEFOGLALÁS	113
9. SUMMARY	119
IRODALOMJEGYZÉK	126
PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTÉKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	142
NYILATKOZAT	146
KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	147
MELLÉKLETEK.....	148

BEVEZETÉS

A kukorica az emberiség egyik legfontosabb növénye. Termesztése könnyű, felhasználása sokoldalú, termőképessége nagy, ezért mind a világ, mind Magyarország növénytermesztésében meghatározó szerepet játszik. Több országban termesztik, mint bármely másik gabonanövényt, ezen kívül termése is jóval meghaladja a többi gabonaféle termés mennyiségét (*Fageria et al.* 1991). A kukoricát közel 200 millió hektáron termesztik a Földön, az összes termés pedig meghaladta az 1,1 milliárd tonnát. Termésátlag az utóbbi években 5,5-5,7 t ha⁻¹ körül alakul. A kukorica termésátlaga a XX. század második felében rendkívüli fejlődést mutatott, ami elsősorban korszerű agrotechnikának és a nemesítésnek köszönhető. A kukorica genetikai terméspotenciálja 34 t ha⁻¹ körül alakul, így jól látható hogy a terméspotenciál mindössze 20-25%-át tudjuk csak kihasználni (*Marton* 2014). Felhasználási területei nagyon sokoldalúak, jelenleg több mint 3500 terméket állítanak elő kukoricából, fejlődő országokban jelentős az élelmezési szerepe. Legfőbb takarmánynövény magas keményítő és alacsony fehérje tartalma miatt, sertés és baromfi takarmányozásban kiemelkedő a szerepe. Jelentős ipari alapanyag (pl.: keményítő, invertcukor, kukorica olaj, bioetanol).

Magyarországon a vetésterülete 2017-ben, az utóbbi évtizedekben először 1 millió hektár alá csökkent (989 ezer ha), majd 2018-ban további csökkenés volt tapasztalható (939 ezer hektár), termésátlaga 2017-ben 6,8 t ha⁻¹, 2018-ban 8,5 t ha⁻¹ volt. Az utóbbi évek kukorica vetésterület csökkenésének lehetséges okai között jövedelmezőségi problémákat és a globális klímaváltozás okozta kiszámíthatatlan időjárási viszonyokat kell megemlítenünk. A csapadékszegény időjárás egyre inkább arra ösztönzi a termelőket, hogy a vízigényes kukorica helyett olajos magvakat és ipari növényeket vessenek. A kukoricatermesztés kockázata megnőtt. A rapszodikus időjárás, a csapadékmennyiség és a magas, 30-35 °C feletti hőmérséklet nem kedvez a kukorica zavartalan fejlődésének (*Szél et al.* 2018). Hazánkban a kukoricatermesztés színvonala évszázadokon keresztül nagyon lassú fejlődést mutatott, az országos terméseredmény alacsony volt, 1900-1950 között hektáronként 2 tonna körül alakult. Majd a hibrid vetőmag 1953. évi megjelenése (MV 5) és az azt követő hibridprogram elindulása óta permanensen nőttek a terméseredmények. Nagy terméspotenciál javulás jellemezte a folyamatosan megjelenő új hibrideket. 1982-re a termesztéstechnológiai fejlődésével a kukorica termése 6,86 t ha⁻¹-ra növekedett. A kukorica országos termésátlagok rekordszerű megháromszorozódását a hibrid vetőmag alkalmazása, a genetikai

előrehaladás, a szántóföldi vízgazdálkodás, a termesztéstechnológia színvonalának (műtrágya-felhasználás) növekedése, valamint a magas szintű szaktudás eredményezte (Nagy 2015) és (Nagy 2007a).

A globális éghajlatváltozás hatására megváltoznak a termesztési körülmények, amely szintén a növény további termesztéstechnológiai kutatását teszik szükségessé. 100 év alatt az évi átlagos középhőmérséklet $+1^{\circ}\text{C}$ -os változást mutatott, a csapadékatlagok pedig csökkentek. Debrecen térségében az elmúlt 120 évben, jelentős csökkenés következett be a csapadékatlagokban (121 mm). A csapadék csökkenésén túl nagyobb probléma a csapadék éven belüli megoszlása. A legnagyobb mértékű csökkenés a nyári hónapokban következett be, ami a kapás kultúrák számára különösen hátrányos. *Kaiser et al.* (1993) valamint *Menyhért* (1995) által végzett kísérletekben megállapították, hogy a megfelelő időpontban elvégzett agrotechnikai beavatkozások és a fajtaválasztás segíthet az alkalmazkodásban. *Zhang et al.* (2007) hasonlóképpen az agrotechnikai eszközökre (vetésidő) és hőség okozott stresszre kevésbé érzékeny biológiai alapok alkalmazását javasolják. *Futó és Sárvári* (2015) szerint a termésstabilitást elsősorban biológiai (ökológiai adottságoknak megfelelő, jó alkalmazkodó hibridek) és agrotechnikai tényezőkkel (vetésváltás, okszerű tápanyagellátás, és megfelelő tőszám alkalmazása) növelhetjük.

A globális klímaváltozáson túl problémát jelent a föld népességének folyamatos növekedése, ami előrejelzések szerint 2050-re elérheti a 9,5 milliárd főt. A népességnövekedéssel párhuzamosan a gabonaszükséglet is nő, amit egyre kisebb termőterületen kell biztosítanunk. Az egy főre jutó termőterület a világon ma már csak 0,2 ha. (1961-ben 0,4 ha. volt) (*Heszky* 2015).

A mindenkori természeti és termelési adottságokhoz legjobban akkor tudunk alkalmazkodni, ha a már meglévő eredmények figyelembevétele mellett folyamatosan újabb és újabb ismereteket gyűjtünk az új hibridek terméséről, adaptációs képességéről. Ennek tükrében pedig a termelést, a tápanyag gazdálkodást és egyéb agrotechnikai paramétereket is mindinkább az adott genotípus igényeihez tudjuk igazítani. A kukorica termesztés szempontjából döntő jelentőségű a tápanyag-gazdálkodás (ezen belül is főként a makro elemek hatása), a megfelelő hibrid választás, valamint az állománysűrűség helyes meghatározása, amikkel a termésmennyiségeken túl a termésbiztonságot is növelhetjük. A technológiai elemek és környezeti adottságok összehangolásának „művészete” teremtheti meg a kukoricatermesztés olyan mértékű fejlődését, amely a kiegyensúlyozott, gazdaságos nagy termések előfeltétele (*Árendás et al.* 2018).

1. CÉLKITŰZÉS

A folyamatosan változó termőhelyi viszonyok újra és újra megkövetelik az esetleges évtizedes tapasztalatok felülvizsgálatát, ellenőrzését. A piacon évről évre újabb kukorica hibridek jelennek meg, amelyek az egyre változó, olykor szélsőséges és szeszélyes időjárási anomáliák hatását egyre inkább tolerálják, valamint adott termőhelyi viszonyokhoz egyre jobban alkalmazkodnak és nagyobb, biztonságosabb termést ígérnek. Fontos hangsúlyozni mennyire fontos ezek termésének, tápanyag-ellátásának tanulmányozása.

Magyarországon a kukorica országos termésátlaga csak átlagos vagy kimondottan csapadékos években eléri a 7-8 t ha⁻¹-t ami jónak mondható. Az aszályos években azonban a termésátlag mindössze 4-5 t ha⁻¹ körül alakul ami 50-60%-os eltérést mutat a kedvező évekhez képest. Ezt a nagymértékű termésátlag ingadozást lenne szükséges mérsékelni, amit szakszerű agrotechnikai tényezőkkel, valamint korszerű biológiai alapok alkalmazásával tudunk leghatékonyabban megtenni. Az agrotechnikai elemek közül a tápanyagellátás és a tőszámsűrítettség az a két tényező, ami a termésmennyiségeken túl a termésbiztonságra is nagymértékben hat.

Egyes szerzők eltérő, bár kétségtelen nagy jelentőséget tulajdonítanak ennek a két tényezőnek. A megfelelő tápanyagellátás Győrffy (1976) szerint 26%-ban, Berzsenyi et al. (2011) 30,6%-ban, Nagy (1996b) 48%-ban, Pepó és Csajbók (2014) és Pepó (2016) szerint 39,3% -ban határozza meg a termést. A megfelelő állománysűrűség beállításnak kisebb jelentőséget tulajdonítottak. Nagy (1996a) szerint 6%, Pepó és Csajbók (2014) szerint 8%-ban járul hozzá a tőszámsűrítés a terméshez. Ezekből jóval nagyobb jelentőséget tulajdonít Berzsenyi et al. (2011) a helyes állománysűrűségnek, szerint ez az érték 20,8%. A kukoricatermesztésben agrotechnikai és ökológiai tényezők mellett rendkívüli fontossággal bírnak a biológiai alapok is, Győrffy (1976) szerint a megfelelő hibridválasztás 26%-ban, Berzsenyi et al. (2011) kísérletei szerint 32,6% -ban, Bocz (1981) szerint 25%-ban járul hozzá a terméshez. Jól látható, hogy a fenti három tényezőnek rendkívül nagy a termést meghatározó szerepe így dolgozatom fő kutatási témáját e tényezők további pontosítása és számszerűsítése jelentette.

Ph.D. doktori értekezésemhez a kutatómunkát Prof. Dr. Sárvári Mihály egyetemi tanár témavezetésével, támogatásával és szakmai irányításával végeztem. A kísérlet saját területen, Hajdúszoboszlón lett beállítva nagyparcellás, félüzemi körülmények között 2015-2017 közötti időszakban.

A kukoricatermesztés technológiájának fenntartható fejlesztésével összefüggő kutatásom célkitűzései az alábbiak voltak:

- A kukorica termésének és termésbiztonságának a növelését szolgáló agrotechnikai tényezők hatásainak számszerűsítése.
- Új, korszerű hibridspecifikus termesztéstechnológiák kidolgozása csernozjom talajon.
- Az ökológiai viszonyokhoz és a biológiai alapokhoz jól igazodó agrotechnikai tényezők racionalizálása.
- A hibridek fejlődésének a levélterület nagyságának, a fotoszintézis aktivitásának, a szárazanyagképződés beépülés dinamikájának a terméssel való összefüggésének számszerűsítése, a közöttük lévő interakciók további pontosítása. Összefüggést kerestünk a levélterület index és a terméseredmények között
- Az eltérő genetikai alapú és különböző tenyésztési kukorica hibridek harmonikus tápanyag ellátásnak kidolgozása és az optimális tőszám mellett a tőszámoptimum intervallum meghatározása.
- Hibridspecifikus termesztéstechnológiák továbbfejlesztése, ami elősegítheti a fenntartható, fejlődő kukoricatermesztést, különös tekintettel a termésbiztonság növelését.
- A kapott eredmények segítségével eldönthetjük, milyen agrotechnikai tényezők és paraméterek járulnak hozzá a maximális termés kialakulásához legnagyobb mértékben. Ez reményeink szerint a gyakorlat számára is hasznos információkkal fog szolgálni.

Kutatásaim elsősorban a termesztőket segíti a jövőben, hiszen a tápanyagellátás és a tőszámsűrítés a legkönnyebben és leggyakrabban alkalmazható agrotechnikai elemek, amik nagy mértékben befolyásolják a termést és a terméstabilitást. Reményeim szerint nagyparcellás kísérleti körülményekkel reális eredményeket tudunk produkálni, amelyek hozzájárulnak a későbbi évek gazdaságosabb és jobb terméseredményeihez a kukoricatermesztésben.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kukoricatermesztés hatékonyságát befolyásoló tényezők

2.1.1. Az évjárat és a klímaváltozás kukoricatermesztésre gyakorolt hatása

A 20. század kezdete óta, a Föld átlaghőmérséklete 0,8-0,9 °C-kal emelkedett, ha a tendencia folytatódik legrosszabb esetben a század végére további 1-5 °C-kal is nőhet ez az érték (*Mika* 2016). Mintegy 12 nappal hosszabb lett a nyár, a hóhullámos napok száma 7 nappal nőtt, a meleg rendszerint aszályal párosul, ami tovább növeli a károkat. Országos átlagban 13-al kevesebb a fagyos napok száma, mint a XX. század elején, ez pedig kedvez számos kártevő áttelelésének (*Gönczi* 2016). *Szász és Tőkei (1997)* vizsgálataik alapján megállapították, hogy az utóbbi harminc évben jelentősen megnőtt száraz évek, száraz periódusok aránya. Nöttek a szélsőségek időjárási anomáliák száma (*Láng* 2006.) Ezt támasztja alá *Szépszó (2016)* vizsgálatai is, előrejelzések szerint Magyarországon az éves középhőmérséklet 2100-ra 3-4 °C-ot emelkedhet, a legnagyobb változások nyáron és ősszel várhatóak. A fagyos napok száma jelentősen csökkenni fog, a hőségnapok száma 14 napról 52 napra is emelkedhet. A vegetációs vagy tenyészidőszak 25-27%-kal hosszabb lesz az évszázad utolsó évtizedeire. Az éves csapadékösszegben nem lesz jelentős változás annak eloszlásában azonban igen, nyáron csökkenésre, ősszel növekedésre lehet számítani. A klímaváltozás nyomán alighanem több lesz majd a kukoricatermesztésre alkalmas vidék, ám a jelenlegi termőterületeken a termés hozamok visszaesése várható, az összes termés 20-25%-os csökkenésére számíthatunk 2050-re (*Berlin et al.* 2015).

A kukorica nagy termőképességű, de az agrotechnikai és ökológiai tényezőkre érzékeny növény (*Pepó et al.* 2006). *Varga és Haszonits (1987)* szerint az időjárás a kukorica esetében akár 20%-os termésingadozást is eredményezhet. *Antal (2005)* és *Szász (1963)* kísérletei szerint hazánkban a kukoricatermesztés eredményességét elsősorban a csapadékelátottság, és annak eloszlása határozza meg. *Pchelarova (2010)* szerint a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége mellett, az időbeli megoszlása is jelentős termésalakító tényező. Az időjárási tényezők kedvezőtlen hatása abiotikus stresszhatásként jelentkezik a kukorica vegetatív és generatív fejlődési szakaszaiban, ezáltal csökkenti a terméseredményeket (*Plavsic et al.* 2007). Ha az aszályos időszak a

fejlődés érzékeny fázisában éri a növényt, a fellépő kondícióromlás erős károkat, termésvesztést okoz. A jövedelmezőség szempontjából a legfontosabb ilyenkor is a termésbiztonság (Szűcs 2017). Nagy (2017) kísérletei szerint pozitív kapcsolat van a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége és a termés között. Azonban a téli félévben lehullott csapadék mennyisége és a termés között nem talált igazolható összefüggést. Csajbók és Kutasy (2014) eredményei szerint az eltérő vízellátottság jelentősen befolyásolja a kukorica asszimilációját és a vízfelhasználás hatékonyságát is. A kukorica hatékonyabban használja fel a vizet száraz évjáratokban. A termésmennyiség befolyásolása mellett az évjáratnak kiemelkedő hatása van a kukorica terméselemeire, ezek közül is legfontosabbak az egyedi csőtermés produkció, a szemtömeg és a fő cső hossza (Hegyi et al. 2002). A vízellátottság a műtrágyázás hatékonyságát is jelentősen meghatározza, mert egy nagyobb dóziséű műtrágyázás képes csökkenteni a termést, ha nem áll rendelkezésre a növény számára elég vízmennyiség (Rácz és Nagy 2011).

Az évjárat nagy hatással van a kukoricatermesztés hatékonyságára, agrotechnikai elemekkel és a megfelelő genotípus megválasztásával kell az évjárat kedvezőtlen hatásait ellensúlyozni, melynek a jövőben a globális éghajlatváltozás miatt egyre nagyobb szerep jut. Az egyik legfontosabb feladat az optimális talajtípus megválasztása, viszont a megfelelő talajadottságok mellett rendkívül fontos a hibrid és a hibrid igényeit kielégítő agrotechnika kidolgozása, emellett azzal is számolnunk kell, hogy a kukorica az ökológiai tényezők közül a vízellátás alakulására kiemelkedően érzékeny (Pepó 2006), ezen belül is a csapadék mennyisége és időbeli eloszlása játszik döntő szerepet. Nagyobb terméshez elengedhetetlen a nagy csapadékösszeg (Nagy 2006). Sárvári et al. (2008) szerint a klímaváltozás fokozódásából származó aszályos évjáratok negatív hatásainak kompenzálására számos agrotechnikai eszköz áll rendelkezésre. Ezek közül kiemelt jelentőséggel bírnak: a megfelelő vetésváltás, mérsékelt tőszám és az ökológiai adottságoknak megfelelő, jó adaptációs, és jó stressztűrő képességű hibrid megválasztása. Az évjárat hatással van a műtrágyázás hatékonyságára is, hiszen száraz évjáratban az alacsonyabb, csapadékos évjáratban a magasabb szintű NPK műtrágyázásnak nagyobb a stabilitása (Berzsenyi és Győrffy 1997). Lente és Pepó (2009) ezt alátámasztotta és még megjegyezte, hogy a tenyészidőszak vízellátottsága befolyásolta leginkább a kukorica termésmennyiségek alakulását, ezen felül az optimális tőszámot is meghatározta. Mindezek mellett egy hosszabb aszályos és tartósan meleg időszak korlátozhatja a növények természetes tápanyag felvevő képességét is (Nagy 1995a).

Az aszálykár csökkentéséhez, jó biológiai- és agrotechnikai tényezők szükségesek: víztakarékos talaj-előkészítés, jó adaptációs képességű hibridek alkalmazása, egészséges vetőmag, vetésváltás, harmonikus tápanyag ellátás, hatékony növényvédelem és területegységre vetített tőszám csökkentés. Mindezeket optimális időben és megfelelő minőségben kell elvégezni (Sárvári és Kovács 2017a). Sárvári és Kovács (2015) megállapítása szerint a klímaváltozással az agrotechnikai tényezők közötti interakciók is egyre jobban felerősödnek. Ezen tényezők közül a tápanyag-gazdálkodásnak és a tőszámnak meghatározó szerepe van. A fokozódó negatív éghajlati kitettség az adaptációs folyamatok kidolgozását teszi szükségessé, ami a takarékosabb vízfelhasználást, a környezethez jobban alkalmazkodó hibridek megválasztását, az agrotechnika pontosabb ütemezését, valamint a mezőgazdasági termelés hatékonyságának növelését feltételezi (Vigh 2017).

Adott termőhelyen a negatív ökológiai adottságokat, a jól megválasztott és kellő időben alkalmazott agrotechnikai eljárásokkal (tápanyag-visszapótlás, vetésváltás, öntözés) bizonyos mértékig képesek lehetünk mérsékelni. A termőhely adottságainak ismeretében nagy figyelmet kell fordítani a megfelelő fajta, illetve hibrid kiválasztására, hiszen a jó genetikai alapok jelentik a sikeres termesztés egyik kulcsát.

A termésbiztonság növelésének és az időjárási szélsőségek enyhítésének az agrotechnikai beavatkozások mellett, fontos szerepe van az öntözésnek is, aminek fejlesztése fontos lenne ugyanis a szántóterületünk mindössze 2%-át öntözzük, ami a vízjogilag engedélyezett terület 50%-a sincs (Sárvári és Futó 2019).

2.2. A biológiai alapok jelentősége a kukoricatermesztésben

A kukoricatermesztésben az agrotechnikai, valamint ökológiai tényezők mellett rendkívüli fontossággal bírnak a biológiai alapok, amelyek a termésnövekedéshez 50%-kal járulnak hozzá. Fontos, hogy az ökológiai tényezőkhez leginkább alkalmazkodó hibridet és minőségi vetőmagot válasszunk (Nagy és Huzsvai 2005). Schultze és Koch (1991) szerint a kukorica intenzív kultúra, gondos termesztéstechnológiát kíván, melyben a fajtakiválasztásnál a helyi adottságokat fokozottan figyelembe kell venni. Misra és Mukund (2001) különböző kukoricafajták vizsgálata során azt tapasztalták, hogy az egyes fajták között jelentős, akár 100%-os eltérés is mutatkozik, mind a szemtermés, mind a beltartalmi mutatók tekintetében. Fabijanac et. al. (2006) ennél kisebb, mégis

szignifikáns eltérést tapasztaltak az általuk vizsgált öt hibrid esetében. Eltérő genotípusú kukorica hibridek trágyaigényét és tápanyaghasznosító képességét vizsgálva *Pepó* (2001) megállapította, hogy e két mutató jelentősen eltérhet egymástól, javaslata szerint azon hibridek kedvezőek, amelyek $N_{opt} + PK$ trágyaszinten hoznak nagy termést. *Sárvári* (1995) megállapította, hogy a kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója rendkívüli mértékben eltérő. A kukoricahibridek értékét, trágyareakcióját a kontroll (műtrágyázás nélküli) és az alacsonyabb szintű NPK adagoknál elért terméseredmények jobban jellemzik, mint a maximális termésnél meglévő terméskülönbségek. *Dambroth és El Bassam* (1980) megállapították, hogy a mai fajták között jelentős különbségek mutathatók ki a N-hasznosításuk tekintetében is. *Széll és Makhajda* (2001) véleménye szerint a különböző kukorica hibridek a talaj N-készletét nem azonos mértékben képesek hasznosítani. A N-műtrágya adagok különböző módon növelik azok termését. *Is'ó* (1996b) megállapította, hogy a különböző kukoricafajták eltérő érzékenységgel reagálnak a vetésidőben bekövetkezett változással szemben. A rövid tenészedejű fajták érzékenysége kisebb volt a későbbi vetéssel szemben.

Az utóbbi években termesztett hibridek nagyobb termőképessége sok esetben nem a növényenkénti termés növekedésének köszönhető, hanem inkább az alkalmazható nagyobb töszámnak, nagyobb stressz tűrő képességnek, valamint a nagyobb levélfelületnek és erőteljesebb gyökérrendszernek. Ezek okán hatékonyabbá válik a napfény, a víz és a tápanyagok hasznosítása (*Toolenaar és Wu 1999, Tokatlidis és Koutroubas 2004, Raymond et. al. 2009.*) *Marton* (2014) is erre a megállapításra jutott, vizsgálatai szerint optimális körülmények között alig van különbség az új és régi hibridek termése között. Az új hibridek előnye akkor érezhető leginkább, amikor az időjárási körülmények nem kedvezőek a kukorica számára. Magyarországon legnagyobb termés limitáló tényező a csapadékelátottság, valamint annak eloszlása. A nemesítés legfontosabb feladata a transzspirációs koeficiens, a vízhasznosítás javítása. Ha a vízhasznosítás hatékonyságát vizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy Magyarország nagyon jól gazdálkodik a csapadékvízzel a kukoricatermesztés szempontjából ($1080 \text{ kg ha}^{-1} 100 \text{ mm}^{-1}$), az USA hasonló eredményeket ér el azonban ott a tenészedőszakban lehullott csapadékmennyiség 300-400 mm-el több, ami magyarázatot is adhat a náluk elért nagyobb termésátlagokra.

Pepó et al. (2016) tartamkísérletei szerint az eredményes termesztés alapja az adaptív genotípus megválasztása, valamint a termőhelynek és a hibrid igényeinek megfelelő agrotechnika alkalmazása. *Nagy és Sárvári* (2005) szerint a szélsőséges időjárási

feltételek következtében az alkalmazott hibridekkel szemben támasztott legfontosabb követelmények egyike az adaptációs képesség. A megfelelő hibrid kiválasztásánál fontos, hogy figyelembe vegyük az adott ökológiai viszonyokat, a ráfordítás színvonala a termesztési célnak megfelelő legyen, hatékony legyen a növényvédelem és harmonikus a tápanyagellátás (Sárvári *et al.* 2006). A hibridválasztás nem egyszerű, ugyanis a kukorica esetében a fajtaellátottság igen jó, több mint 400 db hibrid áll köztermesztésben (Sárvári és Kovács 2017a). A hibridekkel szemben támasztott követelmények közül továbbra is a legfontosabb az agronómiai stabilitás, a stressztűrés a környezeti tényezőkkel és a termesztéstechnológiai tényezőkkel szemben (Sárvári és Kovács 2017b). A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei széleskörűek és rendkívül fontosak. A fenntartható növénytermesztésben kiemelkedő szerepe van és lesz a jövőben a biológiai alapoknak (Sárvári 2014b).

2.3. A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek termésére

A kukorica tápanyagigényes növény, már az 1800-as évekből is találunk erre vonatkozó szakirodalmat. *Pethe* (1805) *Mezei Gazdaság* című művében az alábbiakat olvashatjuk, „akarmi vólt vagy nem vólt abban azelőtt, de ha nem gyep vagy parlag, trágyázd meg az ősszel jól, a’ trágyát forgasd alá jó mély barázdákkal, mert a’ kukoritzának erős gyökerei vannak, s hagyd abban tavaszig”. *Bocz* (1976) a tiszántúli talajokra átlagosan 275 - 370 kg ha⁻¹ közötti NPK műtrágya hatóanyagot nevez meg optimálisnak. *Győrffy* (1979) az általa vezetett tartamkísérletei alapján a 60-as években még 80-120 kg nitrogént tekintett optimálisnak, míg a 70-es években ez az optimum elérte a 100-160 kg ha⁻¹ értéket is. *Nagy* (1984) kísérletei szerint a hibridek 180-240 kg N, 135-180 kg P₂O₅ és 159-212 kg K₂O műtrágya hatóanyagánál nem képesek többet hasznosítani. *Menyhért* (1985) a kukorica fajlagos műtrágyaigényét hatóanyagban kg 100 kg¹ szemtermés és a hozzá tartozó szárral a következőket javasolja csernozjom talajok esetén (1. táblázat).

1. táblázat: kukorica fajlagos műtrágyaigénye (kg 100 kg⁻¹) különböző tápanyag-ellátottságú talajon (Menyhért 1985)

	A talaj tápanyag ellátottsága				
	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
Nitrogén	3,3	3,0	2,6	2,0	1,2
Foszfor	2,4	2,0	1,6	1,1	0,5
Kálium	3,1	2,8	2,4	1,8	1,0

Sárvári (2014a) véleménye szerint a mai modern kukorica hibrideknek rendkívül jó a természetes tápanyag hasznosító képességük, valamint a tápanyag-reakciójuk, a hibridek között azonban lényeges különbség vannak. Kísérletei szerint a tápanyagellátással a legnagyobb termésteöbbletet mindig az alapkezeléssel lehet elérni kontrollhoz képest, a tápanyagellátás további növelésével a terméseredmények csak kisebb mértékben növekedtek. A termés N 200 kg ha⁻¹ + PK műtrágyaadagig nőtt, azonban hatékonysági és környezetvédelmi szempontból ettől kisebb műtrágyaadag jelenti az agroökológiai műtrágya-optimumot. A műtrágyaadag megállapításánál a termesztési célt is figyelembe kell venni. Véleménye szerint 80-120 kg ha⁻¹ nitrogén és hozzá tartozó P és K jelenti az agroökológiai műtrágya optimumot ha takarmányozási célra akarjuk felhasználni a kukoricát. Ipari célú termelés esetén a keményítőtartalom növelése céljából a N csökkentése és a K növelése javasolható (2. táblázat). Krivián és Sárvári (2012) szerint az agroökológiai műtrágya optimumnak a N 120 kg ha⁻¹, P₂O₅ 75 kg ha⁻¹, K₂O 90 kg ha⁻¹ műtrágyaadag tekinthető, melyet sok tényező módosíthat.

2. táblázat: Az optimális műtrágyaadag (kg ha⁻¹) a termesztési cél figyelembevételével (Sárvári 2014)

	Takarmányozási célra	Ipari célra
N	80-120	70-90
P₂O₅	70-80	80-90
K₂O	90-110	110-130

A kukoricatermesztésben a nitrogént tartják a termést leginkább meghatározó tápelemnek és ezt juttatják ki a legnagyobb mennyiségben (Freeman et al. 2007.) Ma már tényként tartjuk számon, hogy az összes tápelem közül a nitrogén műtrágyáknak van a

leginkább termésnövelő hatása (Bocz 1976, Nagy 1986, Berzsenyi 2009.) A nitrogén hiánya számos módon csökkenti a termést, csökken a levélfelület, a fotoszintézis aktivitás, a szárazanyag felhalmozódás (Berzsenyi 1993), másrészt romlik a termékenyülési arány, fiziológiai és biokémiai változások lépnek fel, ami kisebb szemszámot és szemtömeget eredményez (Mengel 1968.) A nitrogénműtrágyázás egyrészt jelentős hatást gyakorol a szárazanyag felhalmozódás dinamikájára és sebességére, másrészt növeli a szárazanyag produkciót. A kijutatott dózis meghatározza mind a vegetatív szervek, mind pedig a termés mennyiségét (Berzsenyi 2009). Nótás *et al.* (2007) kísérletei szerint a kijutatott N-trágya csupán 48-57%-a kerül a növénybe, illetve a nem trágyázott kezelésekhez képest a trágyázott kezelések 34-64%-kal több nitrogént vesznek fel a talajból. Rimski-Korsakov *et al.* (2009) szintén a kijutatott N-műtrágyának átlagosan csupán 45%-át mutatták ki a kukorica növényben. Vízhány okozta stressz és nagyobb kijutatott N műtrágya mennyiség esetén ez az érték mindössze 20%.

Árendás *et al.* (2013) kísérletei szerint a makroelemek közül a legnagyobb termésnövelő hatása a N-műtrágyának van, a műtrágyák termésnövelő hatásának kifejtéséhez viszont elengedhetetlen a megfelelő csapadékelátottság. Véleményük szerint mivel a kukorica nem tartozik a P igényes kultúrák közé, elegendő számára az elővetemény alá kiadott P-műtrágya, azonban egyes évjáratokban, gyenge ellátottságú talajokon a P trágyázás bizonyíthatóan növelte a termést. A foszfor szintén nélkülözhetetlen tápelem a növényi fejlődés szempontjából. A talajban mindössze hektáronként 1-2 kg van jelen közvetlenül a növények számára felvehető formában (Loch 1992). A növény szárazanyagának 0,1-0,4%-át alkotja foszfor, azonban számos anyagcsere-folyamatban részt vesz alkotóelemként vagy az energia folyamatokon keresztül, pl. a fehérjeszintézis, növekedés, osztódás. Az energiaháztartásban betöltött funkciója mellett számos növényi életfolyamatban van szerepe, mint pl. a gyökérnövekedés, sejtdifferenciálódás, termékenyülés, érés. A foszfor felvétel dinamikája hasonló a nitrogénéhez, azaz főként 10-12 leveles fejlettségi állapot és a tejesérés fenofázisa között intenzív a felvétel (Lásztity *et al.* 1985). Jó foszforellátottságú növények esetében intenzív gyökérnövekedést figyeltek meg, valamint a vegetatív fázisban a levelek hosszára is hat. Foszforhiány esetén lassabban képződnek az első levelek, gyenge a vegetatív fejlődés, anyagcserezavarok léphetnek fel, lelassul a fehérjeszintézis, csökken a képzett keményítő mennyisége, romlik a vízháztartás, késik a virágzás és az érés, nő az aszályérzékenység, csökken a termésbiztonság, illetve romlik

más tápelemek (pl. K) hasznosulása (Nagy 2007d). Mivel a foszfor és a cink antagonista tápelemek, a túlzott mennyiségben jelenlévő P esetében cinkhiány léphet fel, ami a termés mennyiségi és minőségi paramétereire is kedvezőtlenül hat (Kádár és Márton 2007).

A növények kálium felvétele a vegetatív fejlődési szakaszban (virágzás) a legintenzívebb, szemtelítődés és érés során a felvétel nem számottevő (Bergmann és Neubert 1976). A jó K ellátottság javítja a növény vízháztartását, szerepet játszik a sztomák szabályozásában, növeli a vízfelhasználás hatékonyságát, növeli a betegségekkel szemben ellenálló képességet, valamint a szárszilárdságot (Sárdi 1999, Loch 2004). A kukorica kimondottan kálium igényes növény, a nitrogén mellett leginkább termést befolyásoló tápelem a kálium, mely megfelelő N és P ellátottság mellett akár 3-4 t ha⁻¹ terméstöbbletet is eredményezhet (Ruzsányi et al. 1994).

A felvett nitrogén 60%-a, a foszfor 70%, a kálium 30%-a kerül a szemtermésbe, ezért mindhárom makroelem termést meghatározó tényező (Hoffmann et al. 2018). A tápanyagellátás tervezése során mindenképpen számolnunk kell a mezoelemek közül a kalciummal és magnéziummal míg mikroelemek tekintetében a cink, a réz, a vas és a bór bír kiemelt jelentőséggel (Kalocsai et al. 2018).

Kiemelkedő fontosságú a növény igényeinek megfelelő, harmonikus tápelem-arány, amely mind a termés mennyiségét, mind pedig a beltartalmi értékeit jelentős mértékben befolyásolja (Nel et al. 1996, Ashok et al. 2007.) Ellenkező esetben az egyes tápanyagok között fellépő antagonizmus miatt kiegyenlítetlenné válik a növény tápanyagfelvétele és a képzett asszimiláták egymáshoz viszonyított aránya, amely a fiziológiai folyamatokat negatívan befolyásolják, végső soron pedig akár a hiánytünetek megjelenéséhez és a termés csökkenéséhez is vezethet. A kukorica tápanyagellátás hatékonysága több tényezőtől függ. Befolyásolja a vízellátottság (Ruzsányi 1990), a biológiai alapok (Sárvári és Boros 2010), valamint az alkalmazott agrotechnikai elemek is (Pepó 2009.) A kijutatott műtrágyamennyiség érvényesülését az ökológiai tényezők (főként az évjárat), a talajadottságok és a növény fajtatulajdonságai határozzák meg (Bocz 1974), amelyek hatását bizonyos mértékig megfelelő agrotechnikai beavatkozásokkal tudunk módosítani. Összefüggés figyelhető meg a tápanyagellátás és a csapadékellettség között, ugyanis a két tényező kölcsönösen hat egymásra. A növények számára a tápanyagok kellő hasznosulásához megfelelő vízellátásra, míg a víz minél jobb felhasználásához optimális tápanyagellátásra van szükség (Dóka 2018). Nagy (2012) kutatásai szerint a tápanyagreakcióra jelentősen hat a csapadékellettség. Ez jól szemléltethető az 1 mm csapadékra jutó termés mennyiségével. 2010-es vizsgálatait alapján műtrágyázás nélkül

ez az érték 8 kg mm^{-1} , míg műtrágyázással (120 kg N + PK) 10 kg mm^{-1} . Ezt alátámasztja *Berzsenyi* (1993) megállapítása is, miszerint a nitrogéntrágyázás hatékonysága csapadékos években jobb, mint száraz évjáratban. Kedvező és kiegyenlített vízellátás mellett a nitrogén jobban hasznosul, a műtrágyázás képes kompenzálni más, kedvezőtlen hatású agrotechnikai elemeket (*Huzsvai és Nagy* 2003). *Jakab* (2002) kísérletei alapján szintén megállapította, hogy a kukorica termőképességét a trágyareakciót az évjárat hatása számottevően befolyásolja. A tápanyagellátás hatását adott évjárat hőmérsékleti és csapadékviszonyai nagymértékben módosítják és egyes esetekben az átlagos évjáratához képest más dózis eredményez terméstöbbletet, például aszályos évjáratokban a kisebb dózisban kijuttatott műtrágyák hatása sokkal kedvezőbb lehet, mint a nagyobb adagoké (*El Hallof és Sárvári* 2007, *Lente és Pepó* 2009).

Árendás et al. (2013) eredményeik alapján általánosságban elmondható, hogy megfelelő tápanyagellátással csökkenthető az aszálykár, azonban vannak olyan különleges évjáratok, amilyen a 2012-es extrém száraz év is volt, hogy a jó NPK ellátottság következtében csökkentek a termések. A trágyázott parcellák jól fejlett növényei hamarabb felélték a talaj nedvességtartalékát és végül jóval kisebb termést adtak, mint a trágyázatlan parcellák növényei. A trágyázatlan parcellákon a tápanyag után kutatva a növények sokkal nagyobb gyökereket fejlesztettek, amik a mélyből a későbbi szárazság folyamán a nedvességet is jobban fel tudták venni. *Debreczeni és Berecz* (2000) megállapítása szerint a növény igényeit meghaladó mértékű tápanyagellátási szint nem eredményez szignifikáns termésnövekedést. Egy bizonyos (optimális) dózissal növeli a szemtermés mennyiségét, azonban ezen túl már termésdepresszió figyelhető meg (*Lásztity* 1974). *Pepó és Ruzsányi* (2000) szerint a jövőben azok a hibridek érvényesülhetnek, amelyeknek jó a természetes tápanyagfeltárási képességük és a trágyareakciójuk. Ebben azonban a hibridek között jelentős eltérések vannak. Az utóbbi időkben a nemesítésnek köszönhetően javultak a hibridek ezen tulajdonságai (*Marton et al.* 2005).

A korszerű integrált tápanyag-gazdálkodást a hibrid igényeihez kell igazítani, valamint szem előtt kell tartani a környezetvédelmi és gazdasági szempontokat is (*Sárvári és Bene* 2015). A kukoricatermesztés jövedelmezőségéhez szakavatott műtrágyázás szükséges, aminek a hatását a víz- és tápanyag ellátottság határozza meg. Fontos feladatunk az optimális trágyaadag meghatározása, amihez figyelembe kell venni a tápanyag hasznosító képességet, műtrágya reakciót és az évjáratot (*Nagy* 2007b). A termőhely-specifikus tápanyag-ellátásra kell törekednünk. Az okszerű tápanyag-gazdálkodáshoz és a

környezetvédelemhez egyaránt fontos a talajok rendszeres vizsgálata. A talajok aktuális tápanyag-ellátottsága mellett figyelembe kell vennünk a tápanyag-szolgáltató képességet. Olyan gazdálkodó formákat kell kidolgozni, amik a környezetkímélésre törekednek és változó feltételekhez alkalmazkodó műtrágyázási szaktanácsadást kell alkalmazni (Loch és Kiss 2014). Nagy (1995b, 1996a) hangsúlyozza, hogy a tervezett termésszinttől függetlenül törekednünk kell a növény tápanyag és vízigényének, illetve a növény-sűrűség harmonikus megválasztására, a növény igényeinek kielégítésére.

2.4. A tőszámsűrítés hatása a kukorica termésére

Magyarországon az első tőszám kísérletek eredményeit Berzsenyi és Janisits (1953) és I'só (1958) közölte, melyekben még 8, 12, 16 ezer tő ha⁻¹ tőszámsűrűséget javasolnak. További vizsgálatokat követően az 1950-es években 35-40 ezer tő ha⁻¹, míg az 1970-es években 55-60 ezer tő ha⁻¹ volt az ajánlott (Győrffy 1979). Az újabb modernebb hibridek termesztésével megváltozott a hibridek tőszámsűrítetősége, valamint precízebb agrotechnikai beavatkozásokat kívántak (Sárvári 1994). A modern kukoricahibridek termésnövekedése sokkal inkább az abiotikus és biotikus stresszel szembeni tolerancia javulásából származott, beleértve a nagyobb növény számmal szembeni toleranciát, mint a terméspotenciál javulásából (Russel 1991; Tollenaar és Wu, 1999). Tollenaar (1992) és Duvick (1997) megállapította, hogy a régebbi és az újabb hibridek közötti különbségek nagyobbak nagy növény számnál, rámutatva arra, hogy az újabb hibridek a tőszámsűrítést jobban tűrik, sőt kedvező évjáratban a magasabb tőszám pozitívan hat a termésre. A nagy növény számnál végzett szelekció következménye, hogy a modern hibridek nagymértékben függővé váltak az optimális növény számtól. A kukoricahibridek genetikai termésnövekedésének egyik hatékony módja, ha tovább javítjuk a nagy növény számmal szembeni toleranciát, miközben növeljük a potenciális termést kis stresszhatású környezetben (Nagy 2007c). Könczöl (2018) is megállapította, hogy az újabb, modern hibridek – az évjáratok kiszámíthatatlansága ellenére – alkalmasak a magasabb tőszámon történő eredményes termesztésre. A hibridek egyedi, specifikus tőszámreakcióval rendelkeznek és ezek a reakciók az eltérő termésszinteken is különböznek. A kukorica termésének ugrásszerű megnövekedéséhez az intenzívebb tápanyagellátás mellett az állománysűrűség növekedése is hozzájárult. Fontos, hogy hibridspecifikusan és a termőhelyhez igazodva állapítsuk meg az optimális tőszámot,

ugyanis a túlsűrítés különösen aszály esetén termésdepresszióhoz vezethet (Csaláné 1992, Murányi és Pepó 2013).

Sárvári (2003a, 2003b) kísérletei szerint a hibridek állománysűrítetősége között nagy különbségek vannak. A tőszámsűrítetőséget elsősorban az évjárat, a tápanyagellátás és a kukorica tenyészideje befolyásolja. A hosszabb tenyészidejű hibridek kevésbé tolerálják a túlsűrítést. Véleménye szerint nem csak a tőszám optimumot kell megállapítani, hanem a tőszámoptimum-intervallumot is, ami egy től-ig érték. A szárazabb évjáratokban mindenképp ennek a tartománynak az alsó értékét érdemes használni. Aszályos és csapadékos évjáratban akár 20.000 tő ha⁻¹ -al is eltérhet ugyanazon hibrid ajánlott tőszáma (Sárvári et al, 2007). Ahol gyengék a termőhelyi adottságok és a termesztés színvonala nem kielégítő a nagy tőszám alkalmazása nem ajánlott (Sárvári et al. 2005).

Sárvári (2006) a genotípussal összefüggő tőszámreakció alapján négy csoportba sorolja a kukorica hibrideket:

- Jól sűrítethető (széles tőszámoptimum-intervallumú hibridek).
- Jó egyedi produkcióval rendelkező (többcsövsűsége hajlamos hibridek).
- Flexibilis csőtípusú hibridek (kedvező évjáratban a cső megnyúlása a jellemző).
- Az állománysűrítésre érzékeny hibridek (tőszámoptimum-intervallumuk szűk).

Sárvári (2003c) véleménye szerint, egy túlsűrített állomány legfontosabb termést korlátozó tényezője a vízellátás, valamint a tápanyagellátás. Ha ezek ideálisak, a fényviszonyok korlátozhatják a magas termés kialakulását. Árendás et al. (2013) kísérleteikben száraz években a 64 ezer tő ha⁻¹ -on, míg csapadékos évben a 80 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűségen kapták a legnagyobb termést. Berzsenyi et al. (1994) tíz éves kísérlet eredményei alapján csapadékos évjáratban a 80 ezer, míg száraz évjáratban az 50 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűséget tartja optimálisnak. Véleményük szerint a legstabilabb termést a 60 ezer tő ha⁻¹ tőszámsűrűségen lehet elérni. Nagy (2008) kísérletei szerint az optimális tőszám a 70.000 tő ha⁻¹. A 80 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűséggel vetett kukorica 4-6 %-al, míg a 90 ezer tő ha⁻¹ alkalmazása 11-13%-al kevesebb termést adott. Véleménye szerint csapadékszegény években sokkal nagyobb a jelentősége a megfelelő állománysűrűségnek, mint csapadékos években. Debreceni tartamkísérletekben végzett vizsgálatai szerint, a tápanyagellátás is jelentősen módosítja az optimális tőszámot. Műtrágyázás nélkül 60 ezer tő ha⁻¹-t, 120 kg nitrogén hatóanyag alkalmazása esetén 70-80 ezer tő ha⁻¹ optimális állománysűrűséget határoz meg (Nagy 2005). Dang (1992) kísérletei szerint megfelelő tápanyagellátás nélkül 60 ezer tő ha⁻¹ felett az

állománysűrítésnek nincs bizonyítható hatása a termésre. Ezt támasztja alá *Sárvári és Kovács* (2014) megállapításai is, miszerint nagyon szorosak az egyes agrotechnikai tényezők között a kölcsönhatások, interakciók. Műtrágyázás nélkül hiába volt növelve a tőszám 45-ről 60 és 75 ezer tő ha⁻¹-ra, a termés nem nőtt.

Pepó et al. (2002) 1980 és 2001 között végzett kísérlet alapján megállapították, hogy a biológiai alapok mellett a hibridek tőszámreakcióját az évjárat jelentősen befolyásolja. Véleményük szerint aszályos években elmosódnak az állománysűrűségből adódó termés különbségek, viszont átlagos és csapadékos években erőteljes különbségeket lehet tapasztalni. Az optimális tőszámnak Debrecen térségében a gyakorlat számára 65-73 ezer tő ha⁻¹ -t tartják. *Pepó* (2017) egy másik munkájában száraz évjáratokban 60-64 ezer tő ha⁻¹-t míg kedvező vízellátottságú évjáratokban a 67-76 ezer tő ha⁻¹-t tartja ideálisnak. *Sárvári* (2003d) a tőszámoptimum-intervallumot azért tartja fontosnak mert egyre több az aszályos évjárat és ilyen időjárási körülmények között érdemesebb ennek az intervallumnak az alsó értékét alkalmazni. Véleménye szerint az az ideális, ha egy hibridnek ez az intervalluma széles, hiszen az nagyobb alkalmazkodóképességre utal, valamint, ha jó egyedi produkcióval rendelkezik. Évjáratról és hibrid tenyészidejétől függően *Sárvári* különböző tőszámokat javasol (3. táblázat).

3. táblázat: Javasolt tőszámok eltérő évjártokban (*Sárvári*, 2006)

	Átlagos körülmények között (tő ha ⁻¹)	Aszályos körülmények között (tő ha ⁻¹)
FAO 200-300	70000 – 80000	65000-70000
FAO 400	65000 – 75000	60000 – 65000
FAO 500	60000 – 65000	50000 – 55000

Sárvári (2006) kísérletei szerint 10.000 tő ha⁻¹ tőszámnövelés hatására ideális körülmények között 1,5-2 t ha⁻¹-ral nőhet, míg aszályos évjáratban ugyanennyivel csökkenhet a termés. *Megyes és Nagy* (1999) vizsgálatai szerint ez az érték 0,1-1,5 t ha⁻¹. *Menyhért et al.* (1980) szoros korrelációt találtak a tápanyag-ellátottság és a növényszám között. Optimális növényssűrűség esetén nagyobb tápelem-mennyiséget jobban hasznosítja a növény, míg kisebb tőszám esetén a növény nem képes a rendelkezésre álló összes tápanyagmennyiséget felvenni és hajlamos a luxusfelhalmozódásra (*Jordan et al.* 1950, *Stevens et al.* 2005.).

Pepó et al. (2002) megállapítása szerint a kukoricatermesztés hatékonyságát csak hibridspecifikus állománysűrűség alkalmazása mellett lehet növelni. Ezzel *Sárvári et al.* (2002) is egyetértett azzal kiegészítve, hogy a tőszámoptimumot a vetésideővel és a többi termesztési tényezővel összhangban szabad csak meghatározni, figyelembe véve a hibrid egyedi igényét is.

2.5. A kukorica hibridek főbb minőségi paraméterei

A kukorica legfőbb takarmánynövényünk, az abrak szükséglet 70%-át, a teljes fehérjeigény 40-45%-át fedezi (*Pásztor és Győri 1991*). A kukorica minőségi tulajdonságai alapvetően örökletesen meghatározottak, de ökológiai és agrotechnikai tényezők módosíthatják (*Izsáki 2006a*). A kukorica átlagosan 70-72% szénhidrátot, 8-10% fehérjét, 4-5% olajat, 3-3,5% nyersrostot és 1,5-2% hamuanyagot tartalmaz (*Móroczné 2004*). A termés mennyiségek kialakításán kívül a biológiai alapoknak döntő szerepe van a beltartalom, ezen belül is a keményítő tartalom kialakításában (*Sipos 2009*). *Misra és Mukund* (2001) 20 különböző kukoricafajta vizsgálata során azt tapasztalták, hogy az egyes fajták között jelentős, akár közel 100%-os eltérés mutatkozik mind a szemtermés, mind a beltartalmi mutatók (fehérje, olaj, keményítő és hamutartalom) tekintetében. A hibridek és a beltenyésztett vonalaik keményítő összetételében is eltérés mutatkozik, a hibridek keményítőjében kevesebb amilóz és hosszú láncú amilopektin található, mint beltenyésztett vonalakban. A hibrideknek általában nagyobb a szem mérete és a termőképessége, viszont alacsonyabb minőséggel rendelkeznek, mint a beltenyésztett vonalak (*Ertiko et al., 2013*).

Az agrotechnikai elemek közül a vetésváltás, a talajművelés, a növényvédelem indirekt, a tápanyagellátás, a vetéstechnológia, az öntözés és a betakarítás pedig direkt módon befolyásolják a kukorica szemtermésének keményítőtartalmát (*Pepó 2007*). A fehérje- és az olajtartalmat legfőképpen a genetikai adottságok, valamint az agrotechnikai faktorok és a környezeti hatások befolyásolják (*Jellum és Marion 1966*). *Molnár* (2009) szerint a kukoricaszem olajtartalmát és zsírsavösszetételét az évjárat alakulása befolyásolja, szárazabb évjáratban magasabb a kukorica hibridek olajtartalma. Kedvező víz- és csapadékellátás a kukorica fehérjetartalmát csökkenti. A tápanyag-utánpótlással a fehérjetartalom növelhető, de ez a szem keményítő- és olajtartalmának csökkenését vonja maga után. *Gyenesné et al.* (2002) két évben 12 martonvásári hibrid fehérje- és

olajtartalmának vizsgálatát elvégezve megállapították, hogy az évjárat jelentős befolyással volt a fehérjetartalomra, az olajtartalom alakulására azonban nem volt statisztikailag kimutatható hatása. *Széles és Nagy* (2013) szerint is a kukoricaszem fehérjetartalmának alakulásában az évjáratnak és a biológiai alapoknak is nagy szerepe van. A tápanyagellátás is jelentős hatással van a kukorica minőségi paramétereire, a minőséget jelentősen tudja javítani a nyersfehérje tartalom és a nyersolaj tartalom növelésén keresztül. Ahhoz, hogy a tápanyagellátás pozitív szerepe érvényre jusson, megfelelő környezeti tényezőkre (csapadék, hőmérséklet) van szükség. Ha a környezeti tényezők nem megfelelőek a növényi tápanyagfelvétel akadályozott, ami egyaránt negatív hatással van a termésre és a minőségre is (*Futó* 2007). *Izsáki* (2006b) többéves kísérleti eredményei alapján megállapította, hogy a kukoricaszem fehérjetartalma a nitrogén ellátottságtól és az évjáratától függően 7,3-12,9% között változott. Vizsgálatai szerint az évjárat kukorica a fehérje tartalmát nagyobb mértékben befolyásolja, mint a N-ellátottság (*Izsáki* 1999).

A hibridek beltartalmára a termőhely is hatással van. Több kutató is leírta tapasztalatait erről. *Gertner et al.* (1956) megállapították, hogy a hibridek fehérjetartalmára nagyobb hatással van a termőhely, mint az évjárat. *Bálint* (1997) szerint is a fehérjetartalom ingadozásában nagy szerepe van a termőhelynek, nagyobb eltérést okoztak, mint a fajták közötti különbségek. Hasonló eredményről számol be *Gyenesné et al.* (2001) is. Kísérletük alapján megállapították, hogy a fehérje és olajtartalom környezettől nagymértékben függ.

2.6. A fotoszintézis és a levélterület termésben betöltött szerepe

A kukorica termését a fotoszintézis és annak hatékonysága döntően meghatározza. A kukorica morfológiai tulajdonságai befolyásolják a fényhasznosítást, végeredményben a termést, a jelenlegi hibridek levélzetének tömör szerkezete és felálló levele jó fényhasznosítást biztosít (*Ma et al.* 2014). A növénytermelésben különböző eszközök állnak rendelkezésre a termés előrejelzésére, ezek közül elterjedt a SPAD klorofill mérőműszer használata és a levélzet nagyságának meghatározása (*Le Bail et al.* 2005). A fotoszintézis aktivitás alakulását az ökológiai és a biológiai alapok együttesen befolyásolják. A levelek fotoszintézis intenzitása jelentősen eltér, attól függően, hogy milyen magasan helyezkednek el a növényen, valamint a levelek kora is meghatározó

(Lőke 2004). A fotoszintézis aktivitása az egyes növényfajok és fajták esetében is különböző. Az állomány sűrűsége közvetlenül meghatározza az egyes levélszintek szervesanyag-termelését. Ahol a legtöbb napsütést kapják a levelek, ott a legaktívabb a fotoszintézis, a talajfelszín felé haladva azonban mérséklődik (Szász 2006).

A nitrogén az egyik fő szerkezeti eleme a klorofillnak, ezért a növények N-ellátása szorosan összefügg a zöld felületek nagyságával (Pagola *et al.* 2009). Micskei (2011) is szoros összefüggést állapított meg a kukorica levélen végzett klorofill mérés SPAD-értékei és a kukorica szemtermése között. Széles (2008) véleménye szerint is közepesen szoros és pozitív kapcsolat van a kukorica levelek SPAD értékei és a termés mennyisége között. Berzsenyi *et al.* (2006) hasonló megállapításokra jutottak. Jelentős különbségeket lehet azonban megállapítani a különböző kukoricahibridek SPAD-értékeiben, ugyanis a hibridek leveleinek eltér a nitrogéntartalma. Ezek alapján megállapítható, hogy a kukorica klorofilltartalmát igen erőteljesen befolyásolja a növény tápanyagszintje. A tápelemek közül a nitrogén hatása a legerőteljesebb a növény klorofill tartalmára, a nitrogén szint növelése minden esetben szignifikáns klorofill tartalom növekedéssel járt (Bencze *et al.* 2016).

A levélterület index (LAI= Leaf Area Index) az 1 m²-re eső levélterületet jelenti, ezen érték meghatározására különböző hordozható műszerek is rendelkezésre állnak (Sági 1987). Balogh (2009) Pearson féle korreláció analízissel megállapította, hogy a LAI és a termésmennyiség között szignifikáns összefüggés van, és a levélterület nagysága hatással van a képződött szárazanyag nagyságának alakulására. A kukorica állománysűrűségének növelésével a LAI érték emelkedik (Németh és Pintér 1975), de a szemtermés csak egy meghatározott levélterület nagyságig nő (Williams *et al.* 1968). Menyhért *et al.* (1980) a levélterület index (LAI) optimális értékét 4,1-5,9 m² m⁻²-nek határozták meg, természetesen eltérő genotípusok különböző LAI optimum értékkel rendelkeznek. Dang (1993) is szoros korrelációt mutatott ki a levélterület index (LAI) és a termés között. A levélterület függ a tápanyag, különösen a nitrogénellátottságtól (Nagy 1978). Futó (2003a) kísérlete szerint a nagyobb levélterület napenergia hasznosítása jobb, azonban egy bizonyos határ fölött már olyan nagy mértékű lesz az önárnyékolás, hogy az alsó levelek fotoszintézisét akadályozni fogja.

Löchardné és Németh (1989) szoros összefüggést tapasztalt a címerhányáskor mért maximális levélterület és termés között. Optimális tápanyag- és vízellátás mellett a növény növekedését, a termésképzést, a szemtermés nagyságát a levélterület határozza meg (Williams *et al.* 1968). Jakab (2003) kutatásai szerint, a LAI érték alakulása hibridtől

és évjárattól jelentősen függ, kedvező évjáratban a hibridek maximális LAI értéke 3,86-4,96 m² m⁻², míg kedvezőtlen évjáratban 3,32-3,96 m² m⁻² között változott. Továbbá bebizonyította, hogy a LAI érték és a termés között szoros kapcsolat állapítható meg. *Sárvári* (2003e) kísérletei szerint a termés 5,5-6 m² m⁻² LAI értékig nőhet. A LAI index alakulását természetesen a hibridek tenyészideje is befolyásolja.

2.7. A kukorica betakarításkori szemnedvesség-tartalmának alakulása

A hibridválasztás alkalmával fontos szempont a megfelelő szemnedvességgel való betakarítás, hiszen a kukorica szárítása jelentős költségekkel jár. Általánosságban elmondható, hogy minél hosszabb egy hibrid tenyészideje, annál nagyobb a terméspotenciálja és nagyobb a betakarításkori szemnedvesség tartalma. Magyarországon a FAO 300-as hibridek terjedtek el, ugyanis ebbe az éréscsoportba tartozó hibridek adják a termelők számára a legnagyobb hozamokat (legkisebb szárítási költségeket), valamint a legkisebb termésingadozást (*Nagy és Megyes* 2009). A kukorica FAO számtól függően a megtermékenyülés után 55-65. napon éri el a fiziológiai érettséget, ekkor alakul ki a fekete réteg a szemben (szemnedvességtartalom 30-32%), innentől kezdődik a vízleadás (*Kiss* 2012). A vízleadás sebességét és a betakarításkori szemnedvességtartalmat több tényező befolyásolja.

Sárvári és Futó (2001) kísérletei szerint a korai vetésidő alkalmazása esetén a betakarításkori szemnedvességtartalom 7-10%-al is alacsonyabb lehet. *Sárvári* (2000) 5-8%-kal kisebb szemnedvességet tapasztalt korai vetésidőben, ami gazdasági szempontból már igen jelentős. *Dobos* (2003) vizsgálatai szerint a vízleadás sebességét a hőmérséklet, a csapadékellátottság és a genetikai alapok határozzák meg. *Block és Guet* (1974) szerint is a vízleadás dinamikája jelentősen függ a klimatikus tényezőktől, azon belül a hőmérséklet a legfontosabb befolyásoló tényező. *Pók és Szundy* (2003) szerint a vízleadás folyamata a szemtelítődés befejezéséig genetikailag erősebben meghatározott, de fiziológiai éréskor a genetikai kontroll megváltozik, megnő a környezet szerepe (*Szieberth és Széll* 1998). *Nagy és Zseke* (1982) szerint is a hibridek vízleadását a tenyészidőn kívül az időjárás is erőteljesen befolyásolja. *Széll et al.* (2005) vizsgálatai szerint aszályos években a leghosszabb tenyészidejű hibrideknek is 20% alá csökken a szemnedvességtartalma, míg csapadékos évjáratban azt tapasztalták, hogy a hibridek

fejlődése, 3-4 hetes késésben voltak, egy átlagos évjáráthoz képest, ami a szemnedvességtartalmat is magasan tartotta.

El Hallof és Sárvári (2006) szerint az optimális tápanyagellátás mellett kedvezőbb a hibridek betakarításkori szemnedvességtartalma. *Berzsenyi és Lap* (2003) véleménye szerint is a vetésidő és a tápanyagellátás hatással van a szemnedvességtartalomra. *Sárvári et al.* (2001) tőszámsűrítési kísérleteiben azt tapasztalták, hogy a túlsűrített állományban 2-4%-al magasabb volt a betakarításkori szemnedvességtartalma. *Máthéné et al.* (1999) hasonló eredményeket kapott. *Nagy* (2006) szerint a kukorica hibridek vízleadását meghatározza a szemek szerkezete, a maghéj vastagsága, a csuhélevelek típusa, az alkalmazott tőszám, valamint a tápanyagellátás is.

2.8. Növény és csőmagasság, valamint a meddő tövek arányának hatás a kukorica termésére

A növénymagasságot az évjárat jelentős mértékben befolyásolja, mert hatással van a szárazanyag-termelés dinamikájára, ezáltal a növekedés dinamikájára (*Micskei et al.* 2009). A növény magassága a fényért való kompetícióban döntő fontosságú, hiszen a növekedésben leginkább visszafogott egyedekre kevesebb egységnyi levélterületre eső sugárzás jut, mint a dominánsabb egyedekre (*Rossini et al.* 2011), így azok egyedi termelése, ezzel együtt pedig a termés csökken. A növény és csőmagasság nem csak a genotípusok megkülönböztethetősége miatt fontos adat, hanem a szárazanyag-termelésről is képet kaphatunk általa. A növénymagasság pozitív szignifikáns kapcsolatban van a terméssel, a csőmagasság pedig a növénymagassággal. A változó környezeti körülmények határozzák meg többek között ezeket a tulajdonságokat, de az ideális, ha az állományon belül az egyes egyedek esetében ezek megegyeznek (*Zsubori et al.* 2002). *Gyenesné et al.* (2002) is hasonló megállapításokat tett, emellett hozzátette, hogy a tőszám is befolyásoló hatással van a növény- és csőmagasságra, hiszen a legkisebb növény és csőmagasságot a 45 ezer tő ha⁻¹ esetében tapasztalták, és ez az érték növekedett nagyobb (65 ezer tő ha⁻¹) beállítás mellett. A genotípusoknak meghatározó szerepük van a növény és csőmagasság alakulásában, ezen belül is a napi magasságnövekedésben, a növekedés gyorsaságában és dinamikájában. A genotípus mellett a vetésidő és az időjárás is meghatározó tényező a növénymagasságok kialakulásában (*Pongrácz* 2017). *Veress* (1971) kutatásai alapján igazolta, hogy kedvezőtlenebb (hűvös, száraz) időjárási

körülmények között a genotípusban meghatározott fenotípusos növénymagasság nem tud maximálisan kifejeződni, így amikor a kritikus fenofázisok aszályos időszakra esnek, az öntözéssel vagyunk valamelyest képesek kompenzálni ezt a negatív abiotikus hatást. A növekedést nagyban elősegíti a N műtrágyakezelés, amely egészen N 160 kg ha⁻¹-ig serkenti a növekedést és a szárazanyag-akkumulációt (*Berzsenyi* 2009).

Árendás et al. (2014) kísérleteiben jó vízellátottság mellett a meddő tövek aránya jelentős csökkenést mutatott monokultúrában a száraz évjáratokhoz képest még műtrágyázatlan kezelésekben is. Vetésforgóban, száraz években, a műtrágyázás hatására nőtt a meddő tövek aránya is, ami a csapadékos évekhez viszonyítva ötszörösére emelkedett. *I'só* (1966) véleménye szerint a N trágyázás csökkenti a meddő tövek arányát. *Sárvári és Zsoldos* (1994) kísérletei szerint a túl sűrű növényállomány hatására nő a meddő tövek aránya, csökken a termés, megnő a szárdőlés %-os aránya, és nő az szártőbetegségekre való fogékonyság. *Berzsenyi et al.* (1994) kísérletei szerint is a tőszám növelésével a meddő valamint a megdőlt tövek aránya nő.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérleti terület elhelyezkedése, beállítása, elrendezése

A kukorica tápanyagellátásról és tőszámbeállításáról szóló kísérletet Prof. Dr. Sárvári Mihály egyetemi tanár témavezetésével, támogatásával és szakmai irányításával állítottuk be Hajdúszoboszlón 2015, 2016, 2017 években. Mivel a családi gazdaságunk fő profilja a szántóföldi növénytermesztés, így adott volt a lehetőség, hogy a kísérletet saját területen végezzem. A kísérlet helyszíne a Hajdúsági löszháton Debrecentől kb. 20 km-re helyezkedett el, a 4. számú Hajdúszoboszlót elkerülő főúttól nem messze a Gém dűlőn. A kivitelezésére egy 8 hektáros tábla állt rendelkezésünkre így nagyparcellás, félüzemi körülmények között állítottuk be kísérletünket, amihez a géppark is adott volt.

Egy parcella mérete 34 m x 6,08 méter (8 sor), így nettó területe 206,7 m² volt. Hat eltérő genetikai tulajdonságú és tenyészidejű hibridet vizsgálunk, három műtrágya adag és három tőszám beállításával, mindezt három ismétlésben. Így a parcellák száma 162 db volt. A kísérleti parcellák véletlen blokk elrendezésben kerültek beállításra. A kezelések között a szegélyhatás elkerülése végett a megfelelő szegélyeket kialakítottuk, azok a kísérlet betakarítása előtt levágásra kerültek.

3.2. A kísérleti terület talajadottságai

A kísérlet talaja sík, felszíne egyenletes, mészlepedékes csernozjom típusba tartozik. Szántóföldi termőhely besorolása középkötött mezősegi talaj. Erre a talajtípusra jellemző a humuszos termőréteg, könnyű művelhetőség, mély termőréteg. Kiváló víz, levegő és hőgazdálkodás, jó a tápanyag-szolgáltató képesség. Az „A” szint humuszvastagsága 50-70 cm. A kísérleti terület talajának pH értéke savanyú kémhatású (5,33), mésztartalma 0,1% alatti, azaz mészhiányos. Humusztartalma 2,4% ami gyenge kategóriába sorolható. Foszfor ellátottsága gyenge, kálium ellátottsága közepes. A talajvizsgálati eredményeket a 4. táblázat tartalmazza. A talaj felső szintje mészhiányból eredően száraz, aszályos évjáratokban cserepesedésre hajlamos.

4. táblázat: A kísérleti terület talajvizsgálati adatai (0-30 cm, *Hajdúszoboszló* 2015)

pH (KCl)	CaCO ₃ %	Humusz %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ka
			AL oldható		
5,33	<0,100	2,4	104	189	42,5

3.3. A vizsgált évek időjárásainak jellemzése

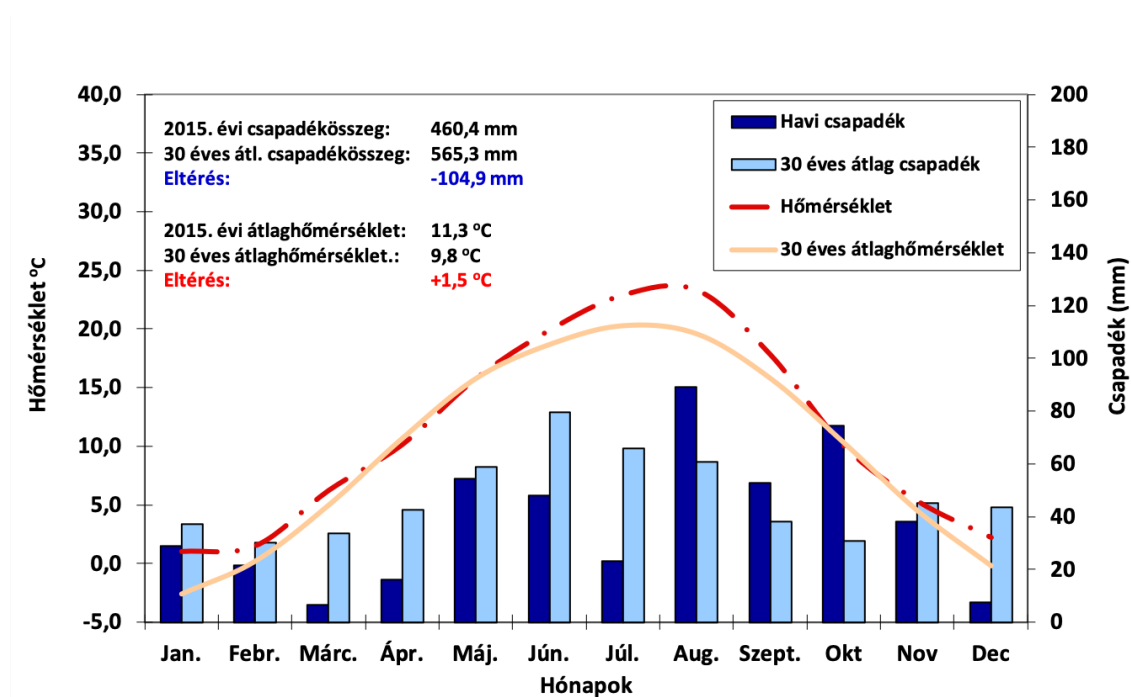
A kísérlet három évében az időjárásnak meghatározó szerepe volt mind a termésmennyiség, mind a szemnedvesség-tartalmak alakulása szempontjából. A klímaváltozás okozta időjárási szélsőségek rendkívül jól megmutatkoztak a kutatás során, ugyanis első évben aszályról, második évben bőséges csapadékról, harmadik évben a 30 éves átlagoknak megfelelő időjárási adatokról számolhatunk be (5. táblázat). A három nagymértékben eltérő évjárat alkalmas volt a különböző genetikai háttérű hibridek alkalmazkodóképességének meghatározására is.

5. táblázat: Vizsgálati évek csapadékmennyisége és eltérése a 30 éves átlagtól (mm),
Hajdúszoboszló

	30 éves átlag	2015	2016	2017
Január	37,0	28,7	65,3	22,4
Február	30,2	21,4	82,6	32,6
Március	33,5	6,5	39,7	17,4
Április	42,4	16,2	8,1	38,5
Május	58,8	54,5	57,1	28,4
Június	79,5	48	140,3	74,4
Július	65,7	23,2	86,2	73,6
Augusztus	60,7	89	92,6	41,6
Szeptember	38,0	52,8	33,7	71,2
Október	30,8	74,5	71,6	29,1
November	45,2	38,1	39,7	44,2
December	43,5	7,5	2,8	93,7
Összesen	565,3	460,4	719	567,1
Eltérés a 30 éves átlagtól		-104,9	+154,4	+1,8
Tenyészedőszak április- szeptember	346,9	283,7	418	327,7
Eltérés tenyészedőszakban		-63,2	+71,1	-19,2

3.3.1. A 2015-ös év időjárása

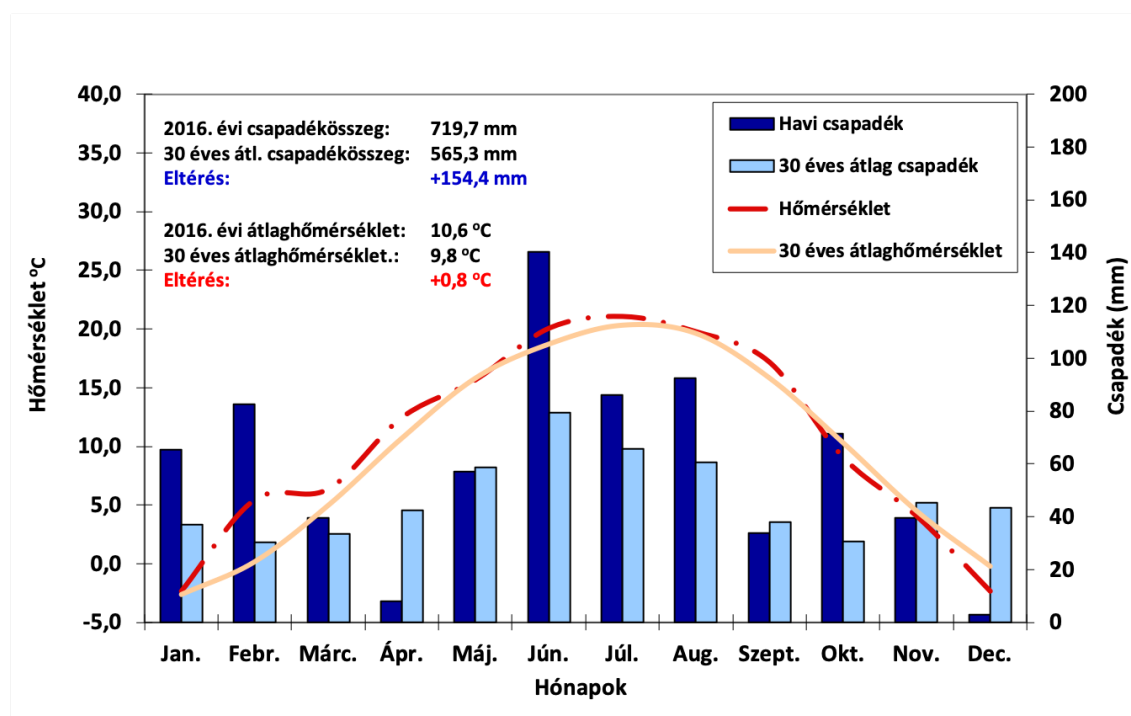
A 2015-ös év klimatikus szempontból rendkívül kedvezőtlennek volt tekinthető. 1901 óta a harmadik legmelegebb évnék mondható az országos középhőmérséklet tekintetében, mindössze 0,2 °C-kal maradt el az eddigi legmelegebb 2014-es évtől. Hajdúszoboszlón a lehullott évi csapadék összege 460,4 mm volt, ami -104,9 mm eltérést mutat a 30 éves átlagtól (565,3 mm). A tenyészidőszak kritikus hónapjaiban a csapadék eloszlása kedvezőtlen volt a kukorica számára, júniusban 31 mm-rel júliusban 42 mm-rel hullott kevesebb csapadék a 30 éves átlagoktól. Július 9. és augusztus 17. közötti közel 40 napos időszakban mindössze 8 mm csapadék hullott (1-2 mm nap⁻¹ megosztásban). Az évet nem csak az aszály, hanem a rendkívüli meleg is jellemezte, hiszen az éves átlaghőmérséklet 1,5 °C-kal volt magasabb a 30 éves átlagtól (1. ábra). Több alkalommal, hosszantartó hőségriadók is előfordultak, súlyosbítva a nyári aszályt. 46 db volt a hőségnapok és 16 db a forrónapok száma. Júliusban 2,6 °C-kal augusztusban 3,7 °C-kal volt melegebb a havi középhőmérséklet a 30 éves átlagtól, ami a kukorica termését kedvezőtlenül befolyásolta.



1. ábra: A 2015-ös év időjárási adatai (Hajdúszoboszló)

3.3.2. A 2016-os év időjárása

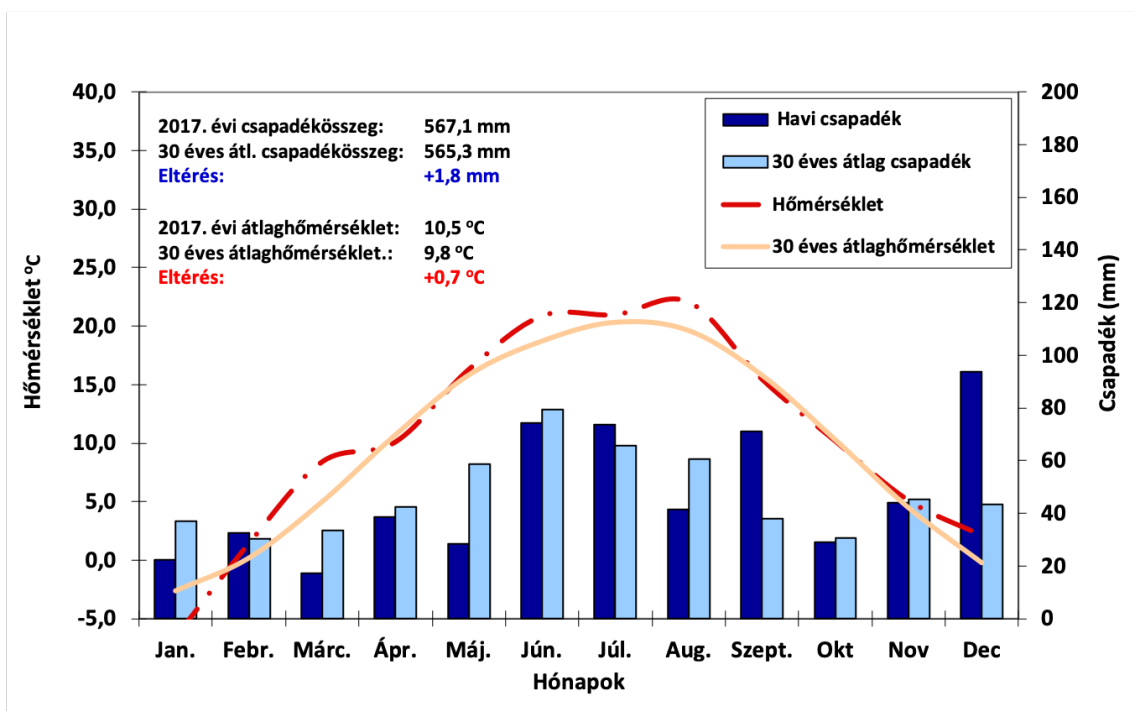
2016-os év Hajdúszoboszló területén is az átlagosnál melegebb időjárású volt, azonban csapadékelátottság szempontjából kedvező évjárat volt a kapás kultúrák, így a kukorica számára is. Különösen kedvező volt a csapadék eloszlása. A klímaváltozás következtében főleg a nyári hónapokban csökken a csapadék mennyisége, 2016-ban viszont az előző évvel teljesen ellentétesen a június - július hónapok csapadékosak voltak, ami nagymértékben növelte a kukorica termését és termésbiztonságát. Hajdúszoboszlón az évben lehullott csapadék összege 719,7 mm volt, ami +154,4 mm eltérést mutat a 30 éves átlagtól (2.ábra). Április hónap kivételével minden hónapban átlagokat meghaladó csapadékmennyiségeket mértünk, különösen ideális, hogy a kukorica virágzás, megtermékenyülés, szemkitelítődés időszakában is bőségesen rendelkezésre állt a víz. Ez nagyban hozzájárult a kiemelkedő terméseredmények eléréséhez.



2. ábra: A 2016-os év időjárási adatai (Hajdúszoboszló)

3.3.3. A 2017-es év időjárása

2017-ben az évi középhőmérséklet szinte teljesen megegyezett a 2016. évivel, a harminc éves átlagtól való eltérés 0,7 C° volt. Az országos évi középhőmérséklet az elmúlt 117 évben +1,15 C°-os, az elmúlt 30 évre vonatkozóan pedig 1,22 C°-os változást mutat. Hajdúszoboszlón 567,1 mm csapadék hullott, ami a harminc éves átlagoknak megfelelő, attól mindössze 1,8 mm-rel tér el (3. ábra). Májusban mindössze 28 mm csapadék hullott, ami fele a megszokottnak, a kukorica legkritikusabb időszakában (virágzás, megtermékenyülés idején) volt elegendő csapadék és a havi hőmérsékleti adatok sem mutattak kirívó értékeket, így összességében egy abszolút kedvező évnek tekinthető mind a csapadékmennyiséget mind az elosztását tekintve.



3. ábra: A 2017-es év időjárási adatai (Hajdúszoboszló)

3.4. A kísérletben vizsgált kukorica hibridek fontosabb jellemzői

A kísérletben hat különböző genetikájú és tenyésztési hibridet vizsgáltunk. A kísérletbe vont hibridek az ország, illetve régió fontos és nagy területén termesztett genotípusai. Genetikai értelemben véve is sokszínű fajtaszortimentet próbáltunk használni, az eredmények megbízhatósága, reprezentatív értéke és a gyakorlat számára való hasznossága érdekében. A kísérletben szereplő hibrideket és azok FAO számát 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: A kísérletben vizsgált hibridek és tenyésztési hibridjük
(Hajdúszoboszló 2015-2017)

Hibrid	FAO-szám
P9241	360
P9486	360
KAMARIA	370
DA Sonka	390
DKC4717	390
KENÉZ	410

P9241 és P9486: Pioneer nemesítésű hibridek, amelyek megkapták az Optimum AQUAmax jelölést. Ez azt jelenti, hogy minimum 5% terméselőnyvel kell rendelkezniük aszályos körülmények között, valamint minimum 3%-os terméstöbbletet kell produkálniuk átlagos csapadékellátottság mellett a teszt hibridekhez képest. A fenti szigorú követelményeket két egymást követő évben kell a hibrideknek teljesítenie. Legfontosabb cél az aszályos körülmények között nagyobb stressztűrés és jobb termésbiztonság, magasabb termés elérése. Ezeknek a hibrideknek közös jellemzőjük a zöldszáron érés, hatékony vízfelhasználás, szinkronizált hím és nővirágzás, erőteljesebb, nagytömegű gyökérrendszer. AQUAmax hibrideknek rendkívül jó a talaj természetes tápanyag feltáró és hasznosító képessége. A P9486-os hibridre jellemző a nagy termőképesség, valamint a gyors vízleadás. Jól tűri a virágzás idején előforduló magas hőmérsékletet. Jellemző a hibridre a gyors kezdeti fejlődés, erős gyökér és szár, felnyíló csuhélevél és közepes csőmagasság. Ajánlott vetéssűrűség 68-74.000 tő ha⁻¹.

A P9241-es hibrid jól tűri a magas hőmérsékletet, gyors a kezdeti fejlődése és a stressztűrőképessége ami alkalmassá teszi akár a korai vetésre is. Kimagasló csőegészség és gyors vízleadás jellemzi az érés időszakában.

KAMARIA martonvásári nemesítésű kiváló magyar hibrid. Jó termőképességű és jó stressztűrő képességgel rendelkezik. FAO száma 370, ajánlott tőszám 65-70.000 tő ha⁻¹. Kezdeti fejlődési erélye és hidegtűrő képessége kiváló, így korai vetésre is alkalmas. Jó termőhelyi körülmények és intenzív termesztéstechnológia mellett a nagyobb tőszám használata javasolt. Magas színvonalú gazdálkodás esetén a növekvő műtrágyaadagokra kiugró termésekkel reagál. Erre a hibridre is jellemző a zöldszáron érés, az erős gyökérzet és szárszilárdság valamint a betegségekkel szembeni tolerancia.

DA Sonka különleges terméke a DOW SEEDS-nek. Agrotechnikai háttere kiváló, mind betakarításkori szemnedvessége, mind termése kimagasló. Korai vetés esetén a hibrid kiemelkedő vízleadási dinamikával rendelkezik. Vetésidő optimuma nagyon széles, jól tolerálja a korai vetést is. Javasolt tőszám 60-75.000 tő ha⁻¹.

DKC4717: 2014-ben az év kukoricája és Magyarországon a legnagyobb területen termesztett hibridje. Középmagas, kiváló fejlődéssel, erőteljes gyökérzettel rendelkező hosszú csővű, jó magminőséggel bíró hibrid. Aszálytűrése, termőképessége kimagasló. Alacsony csőeredésű, magas hibrid. Nagyszerű tulajdonsága, hogy alacsonyabb tápanyagszinten és tőszám mellett is kiválóan teljesít. Szárerőssége kiemelkedő, vízleadása dinamikus. Javasolt tőszám termőhelytől függően 60-80000 tő ha⁻¹. A hibrid megkapta a „HD” jelölést, ami kiváló stressztűrőképességet és kimagasló termést garantál kedvezőtlen időjárási körülmények között is.

KENÉZ: középérésű szegedi nemesítésű hibrid. Jó terméspotenciállal rendelkezik és stabil termést hoz minden évjáratban. Vízleadása gyors, kezdeti fejlődése kimagasló. A tápanyagellátást meghálálja, a talaj természetes tápanyag készletét jól hasznosítja. Javasolt növényszám: 60-70000 tő ha⁻¹. Nagy szükség van a Kenéz hibridhez hasonló kiváló, újabb szegedi hibridekre.

3.5. A kísérletben alkalmazott agrotechnika

Az őszi alapművelés mindhárom évben őszi mélyszántás volt 30-35 cm mélyen, amit őszi műtrágyázás előzött meg. Műtrágyakezelésektől függően kiszórásra került 60 kg foszfor + 70 kg kálium, illetve 120 kg foszfor + 140 kg kálium hatóanyag hektáronként.

Ennek kijuttatásához speciális kevert műtrágyát használtunk (NPK 6-26-30) 230 valamint 460 kg ha⁻¹ dózisban. A foszfort és káliumot mindenképp őszi ajánlatos kijuttatni és bedolgozni, hiszen feltáródási idejük hosszú (60-70 biológiailag aktív nap), valamint ezeknél a tápanyagoknál a talajból való kimosódástól sem kell tartanunk (évente a foszfor 1-2 mm-t, a kálium néhány cm-t mozog a talajban). Az őszi műtrágyában lévő minimális (14 illetve 28 kg ha⁻¹) nitrogén hatóanyag kedvező volt a szármaradványok elbontásához, és a pentozánhatás (C:N arány) elkerüléséhez.

Első kora tavaszi agrotechnikai beavatkozás a szántáselmunkálás volt, ami nehézboronával történt március elején, közepén időjárástól függően. Majd április közepén a magágykészítés előtt a műtrágyázott parcellákra kiszórásra került a 80 kg ha⁻¹ nitrogén hatóanyag, pétisó műtrágya formájában. A pétisó nitrogénen túl (27%) tartalmaz kalciumot (7%) és magnéziumot (5%) is, melyek fontos mezoelemek, valamint a kalcium a talaj tulajdonságaira is kedvezően hat, így a pétisó a talajt kevésbé savanyítja, mint az egyéb nitrogén műtrágyák. A nitrogén műtrágyáknál fontos az elnyújtott hatástartam, hiszen a kukorica a virágzásig folyamatosan veszi fel a nitrogént. A pétisóban a nitrogén hatóanyag fele ammónia fele nitrát formában van jelen. A nitrát-nitrogén a növény számára azonnal felvehető, míg az ammónia feltáródási ideje 3-4 hét. A magágykészítés kombinátorral történt, amit kétszeresen is elvégeztünk. A talajelőkészítésre nagy hangsúlyt fektettünk, hiszen a minősége meghatározza a kukorica kezdeti fejlődését.

Vetés az első két évben IH Cyclo szemenkénti vetőgéppel történt, amit a harmadik évben felváltott egy John Deere MaxEmergePlus 8 soros pneumatikus vetőgép. A vetéssel egyidőben történt a talajfertőtlenítőszer kiszórása is, (Force 1,5G) 15 kg ha⁻¹ dózisban. Erre a kukoricabogár lárvá elleni védekezés miatt volt szükség. Az alkalmazott hektáronkénti töszám kezelésektől függően 60, 70 illetve 80 ezer volt. A vetésre az első vizsgálati évben április 25-én, 2016-ban április 23-án, 2017-ben pedig május elsején került sor.

Növényápolás mindhárom évben sorközművelő kultivátorral történt, amivel egy menetben kiszórásra került a fennmaradó 67 kg ha⁻¹ nitrogén hatóanyag (pétisó formájában) a legnagyobb műtrágyaadagú kezeléseknél. A sorközművelés hatása kettős, nem csak a gyomfertőzöttséget csökkenti, de a talaj szellőztetésében is fontos szerepe van. A vegyszeres gyomirtás 2015-ben Ordax Super kombinált posztemergens készítménnyel történt, a kukorica 4-6 leveles állapotában (május 19). 2016 és 2017-es évben pedig Adengo preemergens gyomirtószert alkalmaztunk, amit vetés után, kelés előtt szórtunk ki előírt dózisban. Széles hatásspektrumának és elhúzódo hatásának

köszönhetően újabb herbicides kezelésre nem volt szükség, állományunk gyommentes maradt. Az erős kukoricabogár fertőzés miatt a talajfertőtlenítésen kívül, a kísérlet harmadik évében imágók elleni állománypermetezésre is szükség volt. Hogy megóvjuk a bibét a rágáskártételtől Biscaya növényvédőszert használtunk, amit hidas permetezővel juttattunk ki a kukorica virágázása idején (július 10).

A kísérlet betakarítása minden évben Claas Dominator 106-os betakarítógéppel történt szemesen. A betakarítás során a terméseredmények mérésére pótkocsi kerekei alá helyezhető mérőtalpokat alkalmaztunk. A betakarítás során minden parcellából mintavételezés történt, amit a későbbiekben részletezek.

A kísérletben alkalmazott agrotechnika során törekedtünk az optimális talajállapotban történő talajművelésre, elkerülve ezzel a talajszerkezet károsítását. Az agrotechnikai műveletek összefoglalását a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: A kísérletben alkalmazott agrotechnikai műveletek összefoglaló táblázata

	2015	2016	2017
Elővetemény	napraforgó	kukorica	kukorica
Talajelőkészítés	őszi mélyszántás (30-35 cm)		
	tavasszal szántás elmunkálás (nehézborena)		
	magágykészítés kombinátorral (2x)		
Vetés	04.25.	04.23.	05.01.
Tőszám	60, 70, 80 ezer tő ha ⁻¹		
Tápanyagellátás	kontroll (műtrágyázás nélküli kezelés)		
	N 80 P ₂ O ₅ 60 K ₂ O 70 kg ha ⁻¹ N 160 P ₂ O ₅ 120 K ₂ O 140 kg ha ⁻¹		
Ápolás	sorközművelés		
Gyomirtás	Ordax Super (Clio 0,15 l ha ⁻¹ + Stomp Super 3,3 l ha ⁻¹ + Dash HC 1 l ha ⁻¹)	Adengo (0,4 l ha ⁻¹)	Adengo (0,4 l ha ⁻¹)
Kártevők elleni védekezés	Force 1,5 G (10 kg ha ⁻¹)	Force 1,5G (15 kg ha ⁻¹)	Force 1,5G (15 kg ha ⁻¹) Biscaya (0,3 l ha ⁻¹)
Betakarítás	10.13.	11.05.	10.21

3.6. Kiegészítő vizsgálatok

A kísérlet három évében a biológiai alapok évjáratra, tápanyagellátásra, tőszámsűrítésre adott válaszreakcióját figyeltük meg. Ez egyrészt jelentette a termőképesség, a vízleadás dinamika, a betakarításkor szemnedvesség-tartalom vizsgálatát, valamint fenológiai felvételezéseket végeztünk, ahol a vetéstől a kelésig eltelt napok számát, a hím és nővirágzás idejét, a növény és cső magasságát, a levélterület-

indexet (LAI), a fotoszintetikus aktivitást, a termésképző elemek, illetve beltartalmi paraméterek kezeléstől történő változását vizsgáltuk. Célunk számos egyéb vizsgálat elvégzése mellett annak megállapítása volt, hogy a tápanyagellátás és a töszámsűrítetőség miképpen befolyásolja a kukorica levélterületének és fotoszintézisének aktivitását, valamint ezek a tényezők milyen hatással vannak a termésképződésre, a termés alakulására.

3.6.1. Fotoszintetikus aktivitás és levélterület-index (LAI) mérése

A fotoszintetikus aktivitás mérésére LI-COR cég által gyártott LI 6400-as hordozható, szántóföldi fotoszintézismérő készüléket használtuk, amely infravörös lézertény elnyelés mérésén alapuló készülék. Feladata a CO₂ mérés, ahol a műszer a referenciakamrából távozó levegő CO₂ tartalmát hasonlítja össze a bejövő levegő CO₂ tartalmával és számolja ki a megkötött CO₂ mennyiséget. A méréseket mindig a cső feletti levélen végeztük. A műszer a kukorica által megkötött CO₂ mennyiségét mérte $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ levélterületre vonatkozóan.

A 1 m²-re eső levélterület mérését LI-COR LAI 2000 levélterület mérővel végeztük. A mérési időpontokat a 8. táblázat tartalmazza. A fotoszintetikus aktivitásra és levélterületre vonatkozó méréseket a P9486, DA Sonka és DKC4717 hibrideknél végeztük el 60 és 80 ezres tözámon, kontroll (műtrágyázás nélküli), N 80 P₂O₅ 60 K₂O 70 kg ha⁻¹ és N 160 P₂O₅ 120 K₂O 140 kg ha⁻¹ tápanyagkezeléseknél két ismétlésben.

2016-ban a csapadékos év következtében még augusztus végén is aktívak (zöldek) voltak a levelek melyek a negyedik mérést is lehetővé tették.

8. táblázat: A levélterület és fotoszintetikus aktivitás mérési időpontok
(Hajdúszoboszló 2015-2017)

Mérési időpontok	2015	2016	2017
1. mérés	június 29.	június 22.	június 21.
2. mérés	július 21.	július 13.	július 13.
3. mérés	augusztus 16.	augusztus 03.	augusztus 04.
4. mérés		augusztus 25.	

3.6.2. A Levélterület-tartósság (LAD), produktivitási mutató (PM), kumulált asszimilációs terület (KAT) számítása

A levélterület-index értékeiből két mérési időpont között a Levélterület-tartósság (LAD) növekedési mutatót számoltuk ki *Berzsenyi (2000)* alapján, valamint dr. Pepó Péter Professzor Úr által kidolgozott produktivitási mutatót (PM) és kumulált asszimilációs területet (KAT).

A levélterület tartósság (LAD) jelenti a levélterület-index idő szerinti görbéje alatti területet. A LAD kifejezi, hogy mennyi ideig tartja fenn a növény az aktív fotoszintetikus területet. Mértékegysége: nap.

$$LAD = \frac{LAI_1 + LAI_2}{2} * (t_2 - t_1)$$

A produktivitási mutató a termés és a levélterület-tartósság (LAD) hányadosából számolható.

$$Produktivitási\ mutató\ (PM) = \frac{Termés}{LAD}$$

A kumulált asszimilációs terület (KAT) kiszámítása a különböző időpontokban mért levélterület-index értékeiből történik. A képletben a LAI_1 az első időpontban mért levélterület-index értéke, a LAI_n pedig az n-edik időpont levélterület-indexe.

$$KAT = LAI_1 * LAI_2 * ... * LAI_n$$

3.6.3. Vízleadás dinamika vizsgálata

A fiziológiai érést követően hetente vizsgáltuk a hibrdek vízleadás dinamikáját. A szemnedvesség-tartalmat 2015-ben augusztus 24-én mértük először, azt követően pedig hetente, hat héten keresztül. Szintén hat alkalommal augusztus 26-tól kezdődően vizsgáltuk a hibrdek szemnedvesség-tartalmának változását az érés időszakában 2016-ban. 2017-ben szeptember 1-től összesen 5 alkalommal. Az érésdinamikai vizsgálatokat a P9486, DA Sonka és DKC4717 hibrdeknel végeztük el 60 és 80 ezres tőszámon, kontroll (műtrágyázás nélküli), N 80 P₂O₅ 60 K₂O 70 kg ha⁻¹ és N 160 P₂O₅ 120 K₂O 140

kg ha⁻¹ tápanyagkezeléseknél két ismétlésben. A kapott eredmények alapján a tápanyagellátás és töszámsűrítés hatását vizsgáltuk a kukorica hibridek vízleadásának ütemére és betakarításkori szemnedvesség tartalmára.

3.6.4. Beltartalmi paraméterek vizsgálata

Beltartalmi paraméterek vizsgálatát Hódmezővásárhelyen a Pioneer Nemesítési Központjában, Zala Anita és munkatársai végezték el bekalibrált Infratech műszerrel. A minőségi tulajdonságok közül a nyersfehérje, a keményítő és olajtartalmat vizsgáltuk. A mintavétel a már betakarított szemes termésből történt az összes vizsgált hibridnél, minden kezelésből, három ismétlésben.

3.6.5. Termésképző elemek vizsgálata

Betakarítást követően, meghatároztuk a termésképző elemek alakulását, úgymint a csőhosszúság, a szemsorok számát, az egy sorban lévő szemek számát, az ezerszemtömeget és a morzsolási arányt. A vizsgálatokat a P9486, DA Sonka és DKC4717 hibrideknél végeztük el 60 és 80 ezres töszámon, kontroll (műtrágyázás nélküli), N 80 P₂O₅ 60 K₂O 70 kg ha⁻¹ és N 160 P₂O₅ 120 K₂O 140 kg ha⁻¹ tápanyagkezeléseknél két ismétlésben, kezelésenként 5 csövet vizsgálva.

3.6.6. Egyéb vizsgálatok

Vizsgálatra kerültek még bonitálás során a kelés idő, hímvirágzás és nővirágzás ideje, cső és növénymagasság, a betakarításkori töszám, a termő-meddő tövek száma és azok aránya. Vizsgálatink szár tápelemtartalomra is kiterjedtek, összefüggést kerestünk a műtrágyázás és a szár tápelemtartalmának alakulása között.

3.7. Eredmények értékelésének módszere

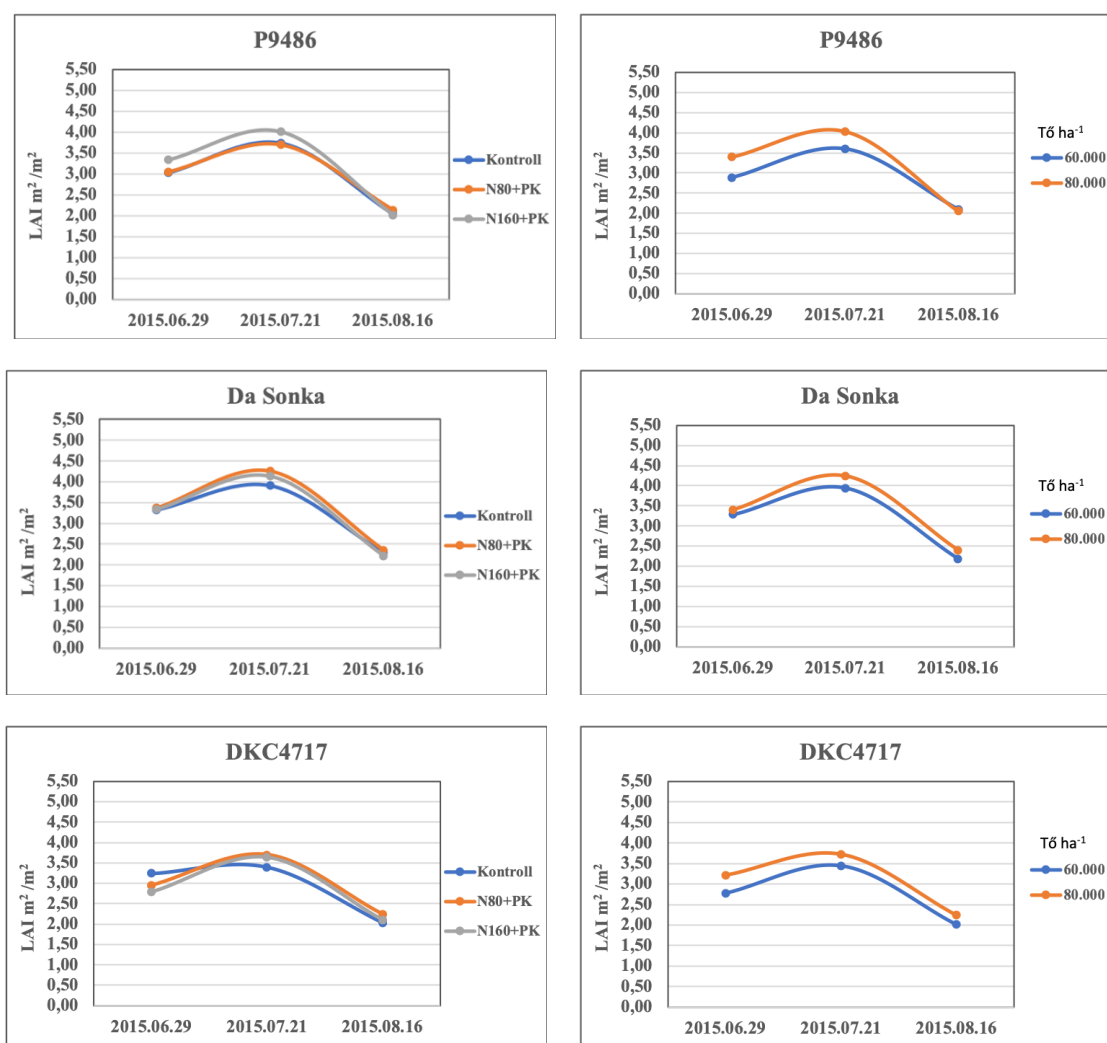
A kapott adatok statisztikai feldolgozása kéttényezős varianciaanalízissel Sváb (1981), lineáris és parabolikus regressziós analízissel, valamint Pearson-féle korreláció analízissel történt. Az adatokat Microsoft Office Excel (2018) és SPSS 22.0 programokkal dolgoztuk fel.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Levélterület-index vizsgálatok

4.1.1. A tápanyagellátás és a tőzsámsűrítés hatása a kukorica LAI-értékeire

A kukorica tenyésztésében a kísérleti évek során három hibridnek vizsgáltuk az egyedi levélterületét, kontroll, N80+PK és N160+PK tápanyagkezelésen, 60 és 80 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűségeen. 2015-ben és 2017-ben három-három alkalommal, 2016-ban pedig négy alkalommal került sor felvételezésre. A három vizsgált hibrid a P9486, DA Sonka és DKC4717 hibrid volt. Kísérleteinkben nyomon követhettük a tenyésztő folyamán a kukoricahibrideknek az egy m² területre jutó levélterület (LAI) alakulását. Vizsgáltuk milyen hatással van az adott hibrid, a növényssűrűség és a tápanyagellátás mértéke a levélterület nagyságára.

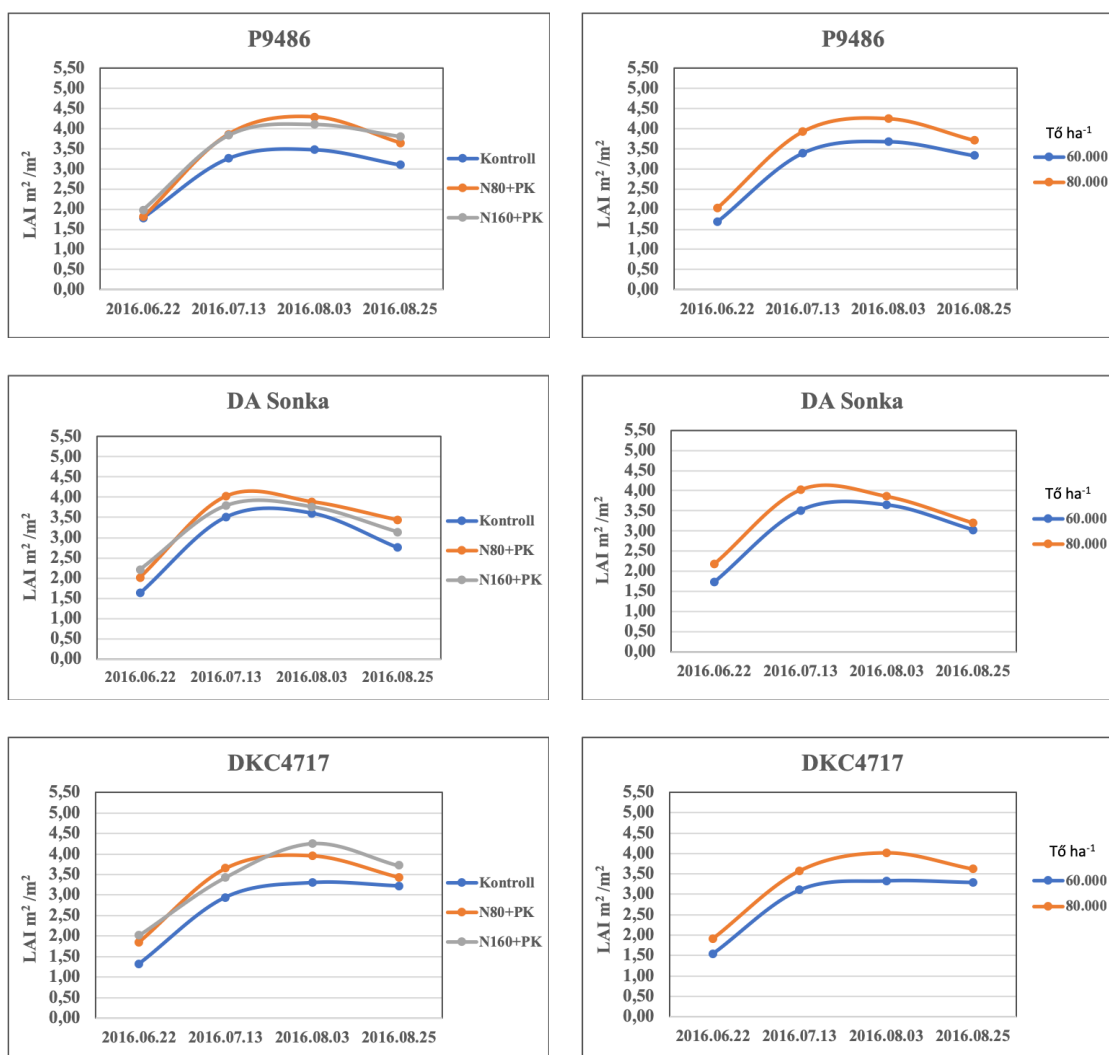


4. ábra: A kukoricahibridek levélterület indexe (m² m⁻²) Hajdúszoboszló, 2015

A kukorica hibridek levélterülete igen eltérő volt a három vizsgált évben. 2015-ben a hibridek a levélterületük maximumát már július közepére-végére elérték (4. ábra). Ez 2016-os évhez képest 3-4 héttel korábbi időpontot jelentett. Ez után az időpont után nem következett be a levélterületben növekedés, mely az alsó levelek fokozatos elöregedésével, azok leszáradásával magyarázható. Az aszály mértékét jól mutatja, hogy a tervezett 4. levélmérés időpontjában (augusztus 24.) már nem találtunk a kukorica állományban értékelhető zöld levelet, az állomány levélzete teljes egészében száraz volt. A hibridek levélterülete $2,02 - 4,26 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ között változott. A 2015-ös extrém száraz évben a tápanyagkezelések hatása kevésbé érvényesült a levélterület-index értékek esetében (hasonlóan a terméshez), így szignifikáns különbséget nem tudtunk kimutatni (9-10. táblázat). A tőszámsűrítés hatására a kukorica levélterület-index értékeiben megfigyelhető növekedés. P9486 hibrid esetében az első mérés alkalmával $80.000 \text{ tő ha}^{-1}$ állománysűrűsége 3,4 míg az alacsonyabb tőszámon $2,89 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ volt a LAI értéke. A július 21-i mérés alkalmával is hasonló különbségeket figyeltünk meg, azonban az utolsó (augusztusi) mérés során a különbségek eltűntek. DA Sonka és DKC4717 hibrid esetében viszont minden mérés alkalmával a magasabb tőszámon kaptuk a nagyobb LAI értékeket, a különbségek azonban olyan kicsik voltak, hogy a vizsgált hibridek átlagában a tőszámsűrítés hatása a levélterület-index értékeire a bizonyítható szintet nem érte el (11. táblázat). Ez a tény valamilyen mértékben a szélsőséges évjáráttal is összefüggésbe hozható.

2016-ban a bőséges csapadéknak köszönhetően csak augusztus végén kezdtek el csökkenni a levélterület-index értékek, az utolsó mérés során (aug. 25.) is $3,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ körüli LAI értékeket mértünk, ami jónak mondható. A maximum értéket ($4,65 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) az augusztus 8-ai mérés során figyeltük meg a P9486-os hibridnél, N80+PK tápanyagkezelésen, $80.000 \text{ tő ha}^{-1}$ tőszámsűrűsége (5. ábra). A műtrágyakezelések hatása ebben az évben már jelentős volt, megbízható különbség volt a kontroll és a műtrágyázott kezelések között a hibridek átlagában ($2,77$ és $3,32 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). A két műtrágyakezelés között azonban különbséget nem tapasztaltunk, tehát az N160+PK műtrágyaadag nem növelte tovább a levélterület-index értékeket N80+PK kezeléshez képest (valamint nem is csökkentette azt). A 6. ábrán ezt szemléletesen is megfigyelhetjük. Az alkalmazott tőszám is jelentősen befolyásolta a levélterület-index értékeket 2016-os évben. Minden vizsgált hibridnél $80.000 \text{ tő ha}^{-1}$ állománysűrűsége voltak nagyobbak a LAI értékei a mérések alkalmával. 60 ezres tőszám alkalmazása

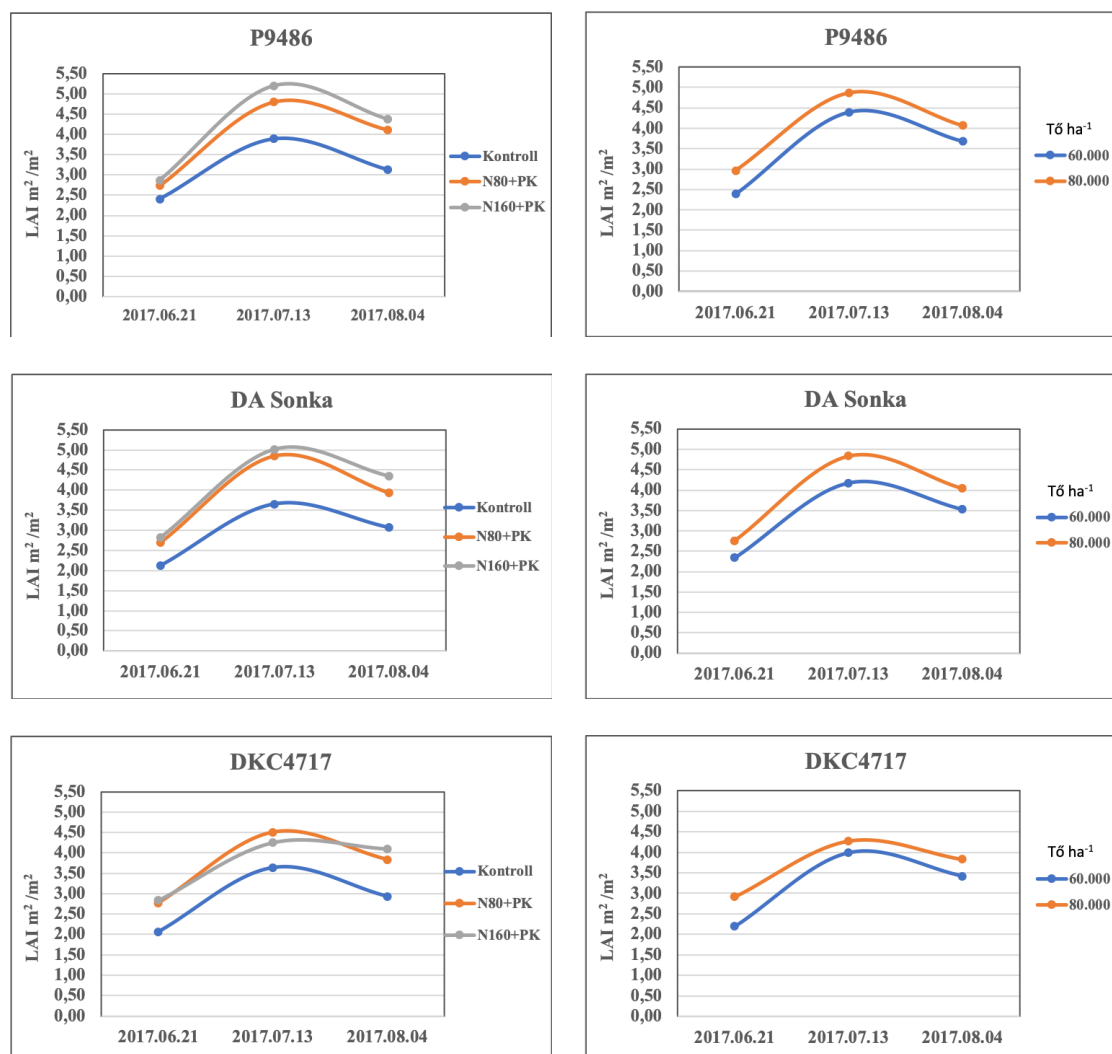
esetében a hibridek átlagában a LAI érték 2,92 míg 80.000 tő ha⁻¹ esetében 3,35 m² m⁻² volt, SzD_{5%}: 0,31 (11. táblázat).



5. ábra: A kukoricahibridek levélterület indexe (m² m⁻²) Hajdúszoboszló, 2016

2017-ben is megvizsgáltuk a tápanyagkezelés, az állománysűrűség és a hibridhatást egytényezős varianciaanalízissel. A kontroll kezeléshez képest a tápanyagellátás javulásával a levélterület jelentősen nőtt. Műtrágyázás nélkül 2,91 m² m⁻², N80+PK kezelés hatására 3,40 míg a tápanyag duplázásával 3,44 m² m⁻² (SzD_{5%}: 0,42). A nagyobb hatása az N80+PK trágyaadagnak volt a levélterület nagyságára, a trágyaadag további növelésével a hibridek levélterülete már nem növekedett ilyen mértékben, de a maximumot a magasabb trágyaszinten érték el. Ebben az évben többször is mértünk 5 m² m⁻² feletti értékeket, pl.: 2017 július 13-ai mérés során N160+PK műtrágya adagon a tőszámok átlagában P9486 és a DA Sonka hibrid esetében is (6. ábra). A maximum 5,55 m² m⁻² volt, amit a P9486-os hibrid ért el N160+PK kezelésen 80.000 tőszám alkalmazása

során. 2017-ben (ahogy 2016-ban is) a tőszámnövelésnek is szignifikáns hatása volt a levélterületre (11. táblázat). A hibridek között ebben az évben sem tudunk szignifikáns különbséget megállapítani. A kezelések és felvételezések átlagában a hibridek LAI értékei 3,44 és 3,73 $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ közötti változott (9. táblázat).



6. ábra: A kukoricahibridek levélterület indexe ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) Hajdúszoboszló, 2017

A kísérletünk három éve során a hibridek között egy alkalommal se tudtunk bizonyítható különbséget kimutatni, a DKC4717 hibridnek valamivel kisebb volt a levélterület index értéke a másik két hibridétől a bizonyítható szintet nem érte el (9. táblázat). A tápanyagellátás a 2015-ös extrém száraz évet kivéve szignifikánsan növelte a levélterület-index értékét (10-11. táblázat). Amikor a három év adataiból átlagot vettünk, akkor is kimutatható volt, hogy a kontroll kezeléshez képest a műtrágyázás szignifikánsan növelte a LAI értékeket (2,91 és 3,40 $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$), viszont az N160+PK műtrágyakezelés az N80+PK műtrágya adaghoz képest bizonyítható különbséget nem

produkált (3,40 és 3,44 m² m⁻²) (10-11. táblázat). Futó (2003b) és Zsoldos (2002) szintén azt tapasztalták, hogy a legnagyobb levélterület növekedést az első műtrágyaadagnál kapták, a tápanyag további növelése szignifikánsan nem csak tendenciájában növelte a LAI értékeket a hibridek átlagában.

A növekvő egyedszám hatására a LAI maximális értékei lineárisan emelkednek Berzsenyi (1989, 1996). Hasonló megállapításokat tehetünk mi is. Kísérletünk eredményei alapján a tőszámsűrítés hatása is bizonyítható a levélterület-index értékeire. 2016 és 2017-es évben, valamint a három év átlagában is szignifikáns különbséget tudunk kimutatni a 60.000 és 80.000 tő ha⁻¹ állománysűrűségű kezelés között (11. táblázat). Az optimális tőszámot módosítja a hibrid genetikai tulajdonsága, a tenyészideje, a ráfordítás színvonala, az évjárat hatása, de alapvetően a víz és a tápanyagellátás mértéke, ha ezek optimumban vannak akkor a további tőszámnövelést a fényviszonyok akadályozhatják. Egy nagyobb tőszámnál már az önárnyékolás is van, aminek következtében felnyurgul az állomány.

9. táblázat: A hibridek LAI értékei (m² m⁻²) Hajdúszoboszló, 2015-2017

Hibrid	2015		2016		2017		Átlag	
	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²
P9486	3,01	ns	3,25	ns	3,73	ns	3,32	ns
DA Sonka	3,24		3,15		3,61		3,32	
DKC4717	2,90		2,99		3,44		3,10	

10. táblázat: A műtrágyázás hatása a hibridek LAI értékeire (m² m⁻²)
Hajdúszoboszló 2015-2017

Tápanyagk.	2015		2016		2017		Átlag	
	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²
Kontroll	3,01	ns	2,77	0,37	2,99	0,42	2,91	0,23
N80+PK	3,09		3,32		3,81		3,40	
N160+PK	3,06		3,32		3,98		3,44	

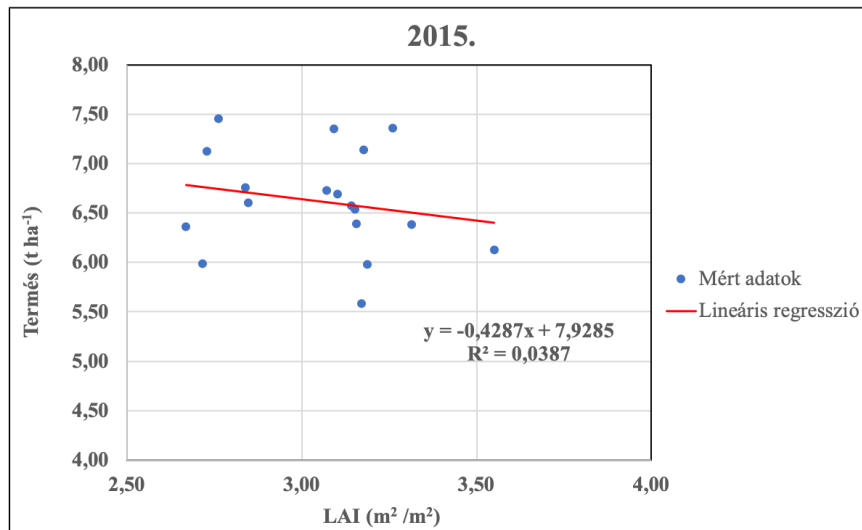
11. táblázat: A tőszám hatása a hibridek LAI értékeire (m² m⁻²)
Hajdúszoboszló 2015-2017

Tőszám	2015		2016		2017		Átlag	
	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²	LAI m ² m ⁻²	SzD _{5%} m ² m ⁻²
60.000	2,91	ns	2,92	0,31	3,35	0,36	3,05	0,19
80.000	3,19		3,35		3,84		3,45	

4.1.2. A kukorica szemtermésének alakulása a levélterület függvényében

Vizsgálataink során figyelemmel kísértük, hogy milyen összefüggések állapíthatók meg a kukorica hibridek levélterület indexe (LAI) és az elért szemtermés között. A kukorica hibridek LAI értékeinek és a termések nagyságának az összefüggéseit kétváltozós lineáris regresszió analízissel, valamint korreláció analízissel vizsgáltuk meg (7-9. ábra). A módszerrel megállapítható két változó érték közötti összefüggés szorossága. A két érték között minél szorosabb a kapcsolat, a korrelációs együttható annál közelebb esik az 1-hez és minél lazább, annál távolabb. A korrelációs együttható előjele utal arra, hogy a két érték között az összefüggés pozitív, illetve negatív.

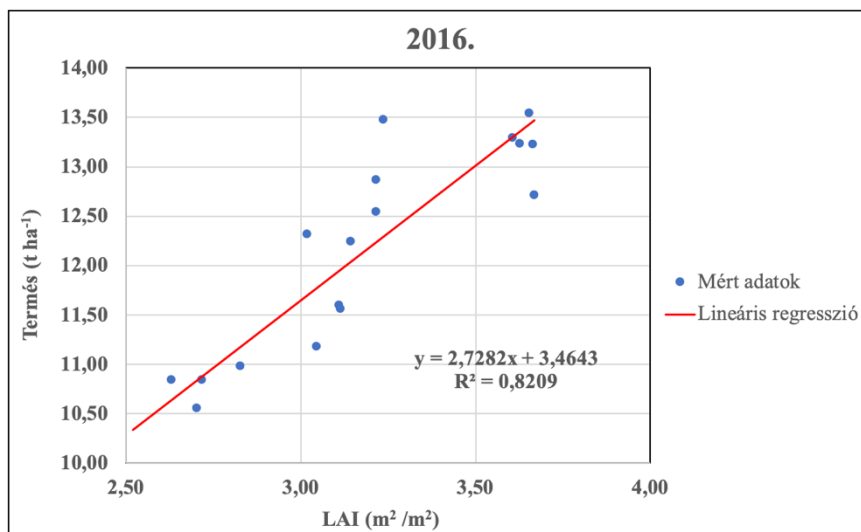
2015-ben a hibridek levélterület nagysága és a termése között nem volt összefüggés, az R^2 értéke csupán 0,0387, ami annak tulajdonítható, hogy a levélterület nagysága a termés nagyságát nem befolyásolta (7. ábra). A rendkívüli aszály következtében a növények nem tudtak megfelelő mennyiségű asszimilációs levélterületet kialakítani, illetve a meglévő zöld levélzet is ideje korán leszáradt. A levélterület index értékekben nem volt bizonyítható különbség kísérletünkben, sem a tápanyagkezelések, sem a tőszámsűrítés tekintetében.



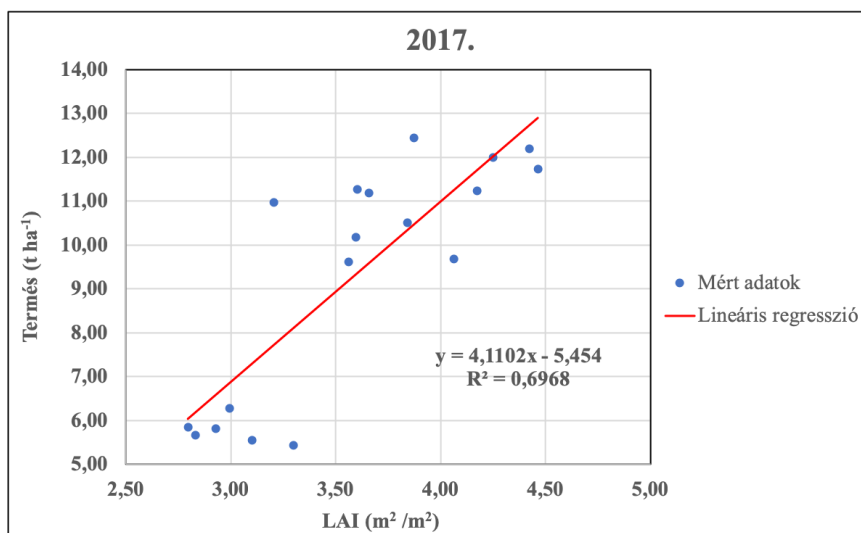
7. ábra: A LAI és a termés közötti lineáris regresszió (Hajdúszoboszló 2015)

A 2016-os és 2017-es években, amikor rendelkezésre állt elegendő csapadék az állományunknak, a regresszió analízis során megállapítható volt, hogy a levélterület index (LAI) értéke szorosan összefügg az elért termések nagyságával (8-9. ábra). Az összefüggés szoros, pozitív (R^2 értéke: 0,8209 illetve 0,6968). Érdekes, hogy 2015-ben is hasonló LAI értékeket kaptunk mint 2016-ban, miközben a termés jelentősen eltért a

két évben. Ez azzal magyarázható, hogy a termés kialakulásában nem csak a levélterület a meghatározó, 2015-ben gyorsan kialakult a nagy levélzet, amely nemcsak a fotoszintézisben játszik szerepet, hanem a párologtatásban is. A súlyos csapadékhiány, ami a kukorica legkritikusabb időszakában következett be, jelentős zavarokat okozott a növény vízháztartásában, ez meghatározta a termésnagyságot is.



8. ábra: A LAI és a termés közötti lineáris regresszió (Hajdúszoboszló 2016)



9. ábra: A LAI és a termés közötti lineáris regresszió (Hajdúszoboszló 2017)

A kialakult levélterület index kedvező vagy átlagos évjáratban jelentős hatást gyakorol a termésnagyságra. A nagyobb egységnyi levélterület jobban hasznosítja a sugárzást, valamint szervesanyag termelése is javul. Extrém száraz években ez a hatás nem bizonyítható.

4.1.3. A kumulált asszimilációs terület (KAT), a levélterület tartósság (LAD) és a produktivitás mutató (PM) alakulása

A kumulált asszimilációs terület (KAT) adatait, a különböző időpontokban mért LAI értékek összeszorzásával kaptuk ($KAT = LAI_1 * LAI_2 * ... * LAI_n$).

A kumulált asszimilációs terület 2016-ban lényegesen nagyobb volt, mint a 2015-ös és a 2017-es kísérleti évben. A Pearson-féle korrelációs együttható alapján 2016-ban és 2017-ben is szoros, pozitív volt a kapcsolat ($r = 0,947$ és $0,968$) a KAT és a termés mennyisége között.

A levélterület tartósság (LAD) a 2016-os és a 2017-es évben is szorosan korrelált a terméssel ($r = 0,898$ és $0,984$), a hosszabb ideig fenntartott levélzet nagyobb szárazanyag termelésre képes. Ez az érték megmutatja nekünk, hogy mennyi ideig tartja fenn a növényállomány az aktív fotoszintetikus területet és aktivitást.

A produktivitás mutató (PM) vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy 2015-ben és 2017-ben erős kapcsolat állt fenn a termés mennyiségével ($r = 0,907$ és $0,992$). Ezt az értéket a termés és a LAD hányadosából számoltuk ki.

A kapott eredmények (12. táblázat) jól mutatják, hogy a kukorica hibridek levélterületének nagysága, szervesanyag-termelésének intenzitása meghatározó lehet a termés mennyiségének alakulásában.

12. táblázat: A kumulált asszimilációs terület (KAT), levélterület tartósság (LAD) és a produktivitás mutató (PM) alakulása, Hajdúszoboszló, 2015-2017.

Hibrid	Kezelés	KAT			LAD			PM		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
P9486	Kontroll	23,3	63,2	29,4	125	157	122	54,3	71,7	48,0
	N80+PK	24,3	109,5	54,2	127	175	151	57,2	71,5	74,6
	N160+PK	27,0	118,9	65,2	131	185	159	52,9	70,4	77,3
DA Sonka	Kontroll	29,9	56,8	23,8	138	140	114	41,9	77,4	49,9
	N80+PK	33,8	108,4	51,6	140	174	146	45,7	73,2	68,0
	N160+PK	30,6	99,0	61,6	136	171	158	47,6	76,9	72,6
DKC4717	Kontroll	22,5	41,4	22,1	129	145	110	49,1	71,5	52,2
	N80+PK	24,5	92,0	47,8	127	169	145	54,0	71,6	69,3
	N160+PK	21,3	110,0	49,4	120	184	153	55,7	67,7	75,3

4.2. A tápanyagellátás és a tőszámsűrítés hatása a kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitására

A fotoszintetikus aktivitás vizsgálatához szántóföldi fotoszintézis méréseket végeztünk, mely az adott pillanatban jól jellemezte az egyes parcellákon található növények fotoszintetikus aktivitását.

A P9486 hibrid fotoszintézise 2016-ban $33,86 - 13,2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ között alakult (13. táblázat). Június 22-én az első mérési időpontban a fotoszintézis a műtrágyázás hatására növekedett, az N80+PK trágyaszinten $31,47$ az N160+PK trágyaszinten $33,81 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotoszintetikus aktivitást mértünk, míg műtrágyázás nélkül $28,82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -ot. A következő mérések alkalmával ilyen egyértelmű különbségeket nem tudtunk megállapítani. A P9486 hibrid esetében műtrágyázás jelentősen nem befolyásolta a fotoszintetikus aktivitás mértékét. A tőszámok tekintetében az első és az utolsó mérés során a $80.000 \text{ tő ha}^{-1}$ kezelésen volt magasabb a fotoszintézis mértéke, a július 13. és augusztus 8-i mérés során viszont az alacsonyabb tőszám kedvezett a fotoszintézis aktivitásnak, ezek alapján egyértelmű megállapítást nem tehetünk.

A DA Sonka hibrid fotoszintézise a tenyészidő alatt $31,93$ és $4,66 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ között változott. Minden mérés alkalmával a kontroll (műtrágyázás nélküli) kezelésnél volt a legalacsonyabbak a fotoszintetikus aktivitás mértéke. A legnagyobb különbség augusztus 13-i mérés során volt, amikor műtrágyázás nélkül $9,43$ míg N160+PK kezelésnél $15,3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ volt a fotoszintetikus aktivitás mértéke. A tőszámsűrítés hatását nem lehet egyértelműen kijelenteni, a mérések során a magasabb és az alacsonyabb tőszámhoz tartozó fotoszintetikus értékek váltották egymást. Az utolsó mérés során közel azonos értékeket kaptunk ($7,09$ és $6,77 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

DKC 4717 hibridnél szintén azt tapasztaltuk, hogy a fotoszintézist a tápanyagellátás a tenyészidő elején, az első mérési időpontban növelte leginkább. Műtrágyázás hatására a kontroll parcellában mért $27,7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -ről, N80+PK kezelés hatására $33,24 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -ra nőtt a nettó fotoszintézis. A további mérések során a műtrágyázás okozta különbségek minimálisra csökkentek. A tőszámsűrűség tekintetében a $60.000 \text{ tő ha}^{-1}$ -on voltak nagyobbak a fotoszintetikus aktivitás értékek, az eltérés az utolsó mérés során volt a legnagyobb, $60.000 \text{ tő ha}^{-1}$ -on $12,41$, míg $80.000 \text{ tő ha}^{-1}$ kezelésnél $8,28 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

13. táblázat: Kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitása ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
(Hajdúszoboszló, 2016)

Felvételezés Dátuma	Hibrid	Tápanyag- kezelés	Tő ha^{-1}		
			60.000	80.000	Átlag
2016.06.22	P9486	Kontroll	28,44	29,21	28,82
		N80	28,73	34,21	31,47
		N160	33,76	33,86	33,81
	DA Sonka	Kontroll	25,66	28,82	27,24
		N80	31,06	31,04	31,05
		N160	29,10	31,93	30,52
	DKC4717	Kontroll	27,73	27,66	27,70
		N80	35,76	30,71	33,24
		N160	32,11	29,31	30,71
2016.07.13	P9486	Kontroll	18,40	14,25	16,32
		N80	16,82	12,90	14,86
		N160	15,01	14,20	14,60
	DA Sonka	Kontroll	8,52	9,71	9,11
		N80	7,51	10,82	9,17
		N160	6,82	11,93	9,38
	DKC4717	Kontroll	12,26	13,05	12,65
		N80	11,45	13,38	12,41
		N160	13,79	12,31	13,05
2016.08.03	P9486	Kontroll	16,51	14,22	15,36
		N80	18,70	15,42	17,06
		N160	15,83	16,27	16,05
	DA Sonka	Kontroll	13,26	5,58	9,42
		N80	13,27	11,41	12,34
		N160	16,99	13,61	15,30
	DKC4717	Kontroll	11,70	10,10	10,90
		N80	11,75	13,72	12,74
		N160	13,30	11,57	12,43
2016.08.25	P9486	Kontroll	13,24	15,49	14,37
		N80	14,41	16,19	15,30
		N160	13,20	14,47	13,84
	DA Sonka	Kontroll	4,66	5,47	5,06
		N80	6,48	6,91	6,69
		N160	10,12	7,94	9,03
	DKC4717	Kontroll	11,33	9,54	10,43
		N80	12,88	7,74	10,31
		N160	13,03	7,57	10,30

Az eredményekből jól látható, hogy a kukoricahibridek fotoszintézisének aktivitása a növények öregedésével fokozatosan csökken, első mérés alkalmával 27,24 – 33,81 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ értékeket mértünk, míg az utolsó felvételezésre a növények fotoszintézise a fiatal növényekhez képest csak 45-50%-ot érték el. A tápanyagellátás hatása is megfigyelhető, hiszen a növényi szövetek öregedésével a legjelentősebben a kontroll parcellákon csökkent a fotoszintézisben megkötött CO_2 mennyisége. A kontroll parcellákon (műtrágyázás nélkül) kisebb volt a levélterület LAI index, ami a fotoszintézis mértékét is csökkentette. A 2016-os kísérleti évről elmondható, hogy a tápanyagellátás a fotoszintézist az első mérés alkalmával növelte (4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -mal), a hibridek átlagában (14. táblázat) viszont a tenyészidőszak előrehaladtával a tápanyagellátás már nem, vagy csak minimálisan fokozta a fotoszintetikus aktivitás mértékét. Július 13-án közel azonos volt, 12,7-12,15-12,34 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ az egyes kezelések fotoszintetikus aktivitása. A tenyészidőszak vége fele a műtrágyázott kezelésekben nagyobb volt a fotoszintézis, 10,77 és 11,05 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mint a kontroll kezelésnél (9,95 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), de a különbség a szignifikáns értékeket nem haladta meg.

Hasonló eredményekről számolt be *Csajbók és Kutasy (2002)*, miszerint a vegetációs periódus elején a nagyobb műtrágyaadagok hatására nagyobb fotoszintetikus eredményeket mértek.

14. táblázat: Fotoszintetikus aktivitása mértéke különböző tőszámsűrűségeken a hibridek átlagában ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) Hajdúszoboszló, 2016

	2016.06.22		2016.07.13		2016.08.03		2016.08.25	
Kontroll	27,92	ns	12,70	ns	11,89	ns	9,95	ns
N80+PK	31,92		12,15		14,04		10,77	
N160+PK	31,68		12,34		14,59		11,05	

A magasabb tőszámsűrűségeken alacsonyabb fotoszintézis aktivitást figyelhettünk meg a hibridek átlagában (15. táblázat). Az első két felvételezés során a különbségek nem mutatkoztak, azonban az augusztusi két mérés alkalmával a fotoszintetikus aktivitás értékei a 60.00 tő ha^{-1} állománysűrűségeken voltak a magasabbak (14,59 – 12,43 és 11,04 – 10,14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A fotoszintetikus aktivitás az optimális tőszámnál vagy a tőszámoptimum intervallumon belül a legnagyobb. Az optimálisnál nagyobb tőszámnál csökken a fotoszintetikus aktivitás hiszen nagymértékben megnő az önárnyékolás. Ennek következtében főleg a cső alatti levelek is gyorsabban elszáradnak.

15. táblázat: Fotoszintetikus aktivitása mértéke különböző tőszámsűrűségeken a hibridek átlagában ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) Hajdúszoboszló, 2016

	2016.06.22		2016.07.13		2016.08.03		2016.08.25	
60.000	30,26	ns	12,28	ns	14,59	ns	11,04	ns
80.000	30,75		12,50		12,43		10,14	

2017-ben három alkalommal vizsgáltuk a kukorica hibridek fotoszintetikus aktivitását június 21. és augusztus 4. között (16. táblázat). A táblázat adatai jól mutatják a hibridek közötti különbségeket is. Az első mérésekből látható, hogy a hibridek fotoszintetikus aktivitásában jelentős különbségek vannak. A P9486-os hibrid fotoszintetikus teljesítménye 35-40%-al magasabb a DKC4717-es hibridétől. Az idő előrehaladtával a hibridek közötti különbségek csökkentek. P9486 hibrid esetében a tápanyagkezelések közötti fotoszintetikus aktivitás különbség csak a harmadik felvételezés időpontjában mutatkozott, kivételesen a N160+PK kezelés esetében volt alacsonyabb ($19,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A tőszámkezelések tekintetében a 80.000 tő ha^{-1} esetében voltak nagyobbak a fotoszintetikus aktivitás értékek, június 21-én 2,88, július 13-án 1,64, augusztus 4-én 5,34 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ értékkel.

DA Sonka hibrid esetében az első felvételezés során a műtrágyázás nélküli kezeléseknél volt magasabb a fotoszintetikus aktivitás értéke, majd a különbségek eltűntek. Állománsűrűség esetében hasonló volt a helyzet, június 21-i mérés során a 60.000 tő ha^{-1} sűrűségeen voltak magasabbak az értékek majd az idő előrehaladtával a különbségek minimálisra csökkentek.

DKC 4717 hibrid fotoszintézise N160+PK trágyaadag hatására érte el a fotoszintetikus aktivitás maximumát, $37,12 \text{ CO}_2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ értéket július 13-án. A legnagyobb tápanyagszinten volt a legmagasabb a fotoszintetikus aktivitás a harmadik felvételezés során is. Az első két mérés alkalmával a magasabb tőszám produkálta a nagyobb fotoszintézis aktivitást, azonban az utolsó mérés során már csak minimális különbségeket lehetett kimutatni.

16. táblázat: Kukorica hibridek fotoszintetikus aktivitása a kezelések hatására
($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) Hajdúszoboszló, 2017

Felvételezés dátuma	Hibrid	Tápanyag-kezelés	Tő ha^{-1}		
			60.000	80.000	Átlag
2017.06.21	P9486	Kontroll	36,82	34,11	35,47
		N80+PK	34,15	39,33	36,74
		N160+PK	31,68	37,85	34,76
	DA Sonka	Kontroll	37,36	27,45	32,40
		N80+PK	37,52	31,03	34,28
		N160+PK	36,53	32,82	34,67
	DKC4717	Kontroll	19,44	18,77	19,11
		N80+PK	20,72	24,33	22,52
		N160+PK	20,61	25,09	22,85
2017.07.13	P9486	Kontroll	31,02	32,08	31,55
		N80+PK	31,05	33,36	32,20
		N160+PK	31,40	32,97	32,19
	DA Sonka	Kontroll	32,90	31,11	32,01
		N80+PK	34,55	30,03	32,29
		N160+PK	30,17	30,34	30,26
	DKC4717	Kontroll	34,23	36,46	35,35
		N80+PK	34,46	36,36	35,41
		N160+PK	34,56	39,68	37,12
2017.08.04	P9486	Kontroll	25,39	26,09	25,74
		N80+PK	22,13	26,12	24,12
		N160+PK	13,90	25,22	19,56
	DA Sonka	Kontroll	23,49	26,09	24,79
		N80+PK	24,97	25,74	25,35
		N160+PK	26,10	25,14	25,62
	DKC4717	Kontroll	24,39	24,12	24,25
		N80+PK	26,07	25,81	25,94
		N160+PK	26,14	26,17	26,15

A tápanyagellátás hatása 2017-es évben kevésbé mutatkozott a fotoszintetikus aktivitás tekintetében. DKC4717-es hibridnél az N160+PK műtrágyaadag hatására a fotoszintetikus aktivitás is növekedett, azonban a másik két vizsgált hibridnél ez nem mutatkozott meg ilyen egyértelműen. A P9486 és DKC4717 hibrideknél a magasabb tőszámon nagyobb volt a fotoszintézis során megkötött CO_2 mennyisége. A hibridek

átlagában nem tudunk szignifikáns különbségeket kimutatni sem a tápanyagkezelés, sem a tőszámsűrítés következtében (17-18. táblázat).

17. táblázat: Fotoszintetikus aktivitása mértéke különböző tőszámsűrűségeken a hibridek átlagában ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) Hajdúszoboszló, 2017

	2017.06.21		2017.07.13		2017.08.04	
Kontroll	28,99	ns	32,97	ns	24,93	ns
N80+PK	28,68		32,47		25,14	
N160+PK	28,26		33,19		23,78	

18. táblázat: Fotoszintetikus aktivitása mértéke különböző tőszámsűrűségeken a hibridek átlagában ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) Hajdúszoboszló, 2017

	2017.06.21		2017.07.13		2017.08.04	
60.000	30,54	ns	32,15	ns	23,62	ns
80.000	30,09		33,60		25,61	

Megállapítható, hogy a fotoszintetikus aktivitást több tényező és a tényezők közötti lévő interakciók is befolyásolják, pl.: a hibridek genetikai háttere, tenyészideje, a klimatikus tényezők, valamint az alkalmazott agrotechnika stb. A modern hibrideknél a levélzet zöme a cső felett helyezkedik el és felfelé áll, aminek következtében nagyobb a növény fotoszintetikus aktivitása, jobban sűríthető és jobban hasznosítja a napenergiát is. A cső alatti levelek az árnyékolás következtében hamarabb elvesztik aktivitásukat. Az asszimilációban a felső leveleknek van döntő szerepük (megtermékenyülés után még a címer némi árnyékolása is kedvezőtlen). Kiemelkedően fontos az egyenletes vetésmélység az egyöntetű kelés, a gyors kezdeti fejlődés, az időben nagyobb levélterület kialakulásához, ami a nagyobb fotoszintézist teszi lehetővé. A harmonikus tápanyagellátás nagymértékben elősegíti közvetve a fotoszintetikus aktivitást, hiszen, ha gyors a kezdeti növekedés, nagyobb lesz a LAI index is. Az NPK tápanyagellátás képes egy bizonyos mértékig a kukorica vízhasznosítás mértékét is növelni ezáltal a növény tovább fotoszintetizál.

4.3. A tápanyagellátás és a tőszám hatása a kukorica hibridek vízleadás dinamikájára és betakarításkori szemnedvesség tartalmára

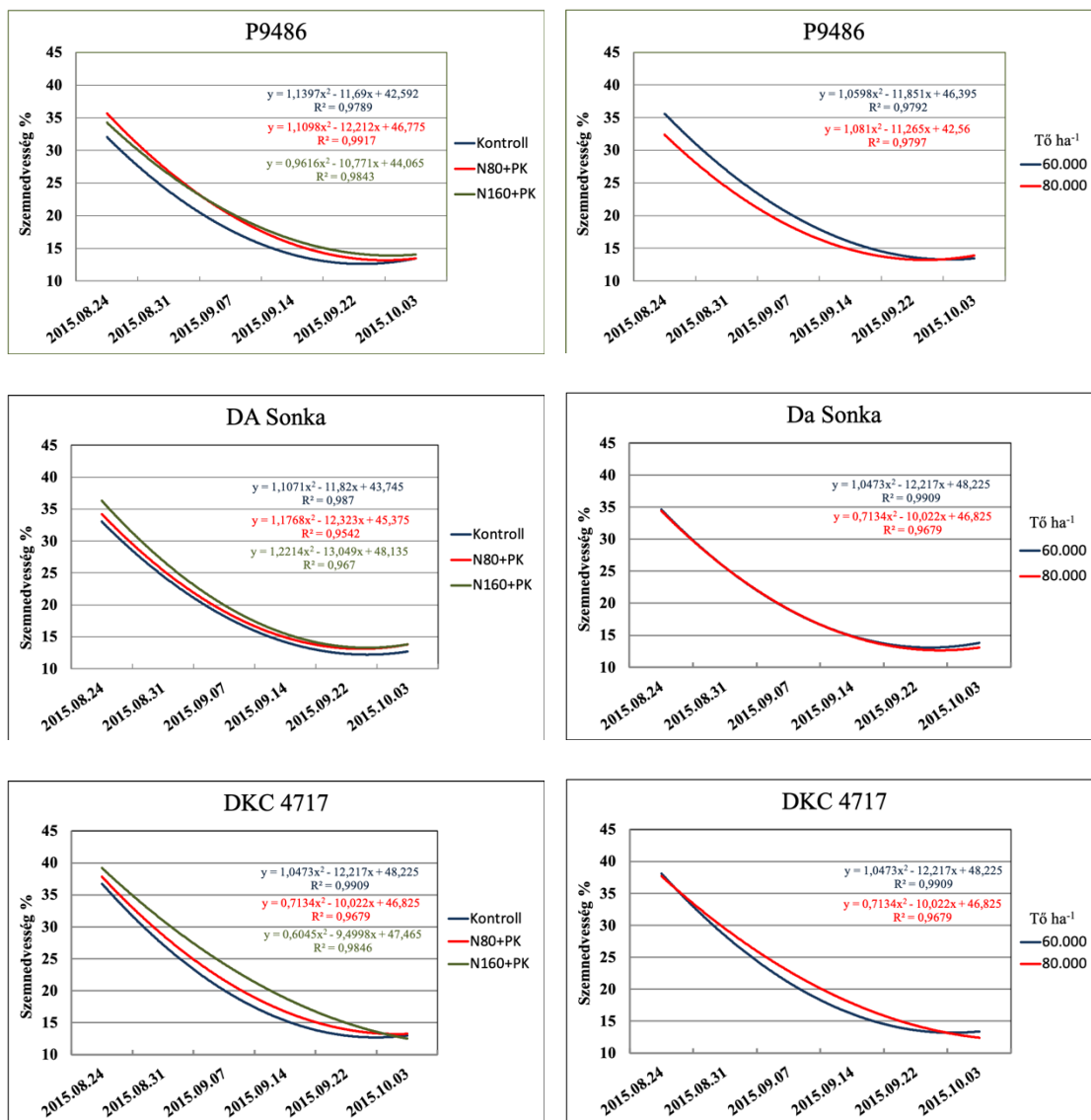
A kukoricatermesztés jövedelmezősége szempontjából nem elhanyagolható tényező betakarításkori szemnedvesség tartalom, hiszen a szárítási költségek negatívan befolyásolják a termelés gazdasági hatékonyságát. Kísérletünkben 2015-2017 között a fiziológiai érést követően hetente vizsgáltuk a hibridek vízleadás dinamikáját. A szemnedvesség-tartalmat minden évben augusztus végén kezdtük el vizsgálni, öt-öt alkalommal, valamint betakarítás során. Az érésdinamikai vizsgálatokat a P9486, a DA Sonka és a DKC4717 hibrideknél végeztük el 60 és 80 ezres tőszámon, kontroll (műtrágyázás nélküli), N 80 P₂O₅ 60 K₂O 70 kg ha⁻¹ és N 160 P₂O₅ 120 K₂O 140 kg ha⁻¹ tápanyagkezeléseknél két ismétlésben. A kapott eredmények alapján a tápanyagellátás és tőszámsűrítés hatását vizsgáltuk a kukorica hibridek vízleadásának ütemére és betakarításkori szemnedvesség tartalmára.

4.3.1. 2015-ös év eredményei

2015-ben az évjárat hatásából adódóan a hibridek szemnedvesség tartalma már a kezdeti mérések idején is alacsonyak voltak, valamint a betakarításkori nedvességtartalom is kedvezően alakult. Az első szemnedvességmérés augusztus 24-én történt, ekkor 32-38% közötti értékeket mértünk. Szeptember 22-ére a hibridek 14% alatti szemnedvesség értékeket produkáltak, ami az extrém szárazságnak és meleg időjárásnak volt köszönhető. A betakarítás 13% körüli szemnedvesség értékekkel történt, ami külön szárítást nem indokolt (10. ábra).

Minden hibrid esetében kontroll kezelésnél volt alacsonyabb a szemnedvesség tartalom, DKC4717-es hibrid esetében volt legnagyobb különbség a kontroll és a N160+PK kezelés között. Legnagyobb műtrágyaadagon a szemnedvességtartalom minden felvételezés alkalmával magasabb volt 3-4%-kal, ez a különbség betakarítás idejére (2015.10.03.) megszűnt (13,2% és 13,4%).

Közismert, hogy a kukorica az érés időszakában biológiai utón, a levélzetén keresztül adja le a vizet, fizikai vízleadás minimális. Ezért fontos, hogy a levélzet minél tovább zöld maradjon, ezzel összefügg a zöldszáron érő hibridek nemesítése is.



10. ábra: A vízleadásdinamika alakulása az érés időszakában (Hajdúszoboszló 2015)

Az eredmények alapján látható, hogy kontroll (műtrágyás nélküli) kezelésnél a hibrdek szemnedvesség-tartalma alacsonyabb volt, mint a műtrágyázott kezeléseknél. Első mérés alkalmával (augusztus 24.) kontroll kezelésnél 34,15%, N160+PK tápanyagkezelésnél 36,82% volt a szemnedvesség tartalom a hibrdek átlagában (19. táblázat). A további mérések alkalmával is 2-3% különbséget tapasztaltunk azonban a betakarítás idejére a különbség minimálisra csökkent, a szignifikáns értéket nem érte el.

19. táblázat: A tápanyagellátás hatása a vízleadás dinamikára a hibridek átlagában
(Hajdúszoboszló, 2015)

Időpont	Tápanyagkezelés	Nedvességtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
2015.08.24	Kontroll	34,15	2,42
	N80+PK	36,63	
	N160+PK	36,82	
2015.08.31	Kontroll	25,14	ns
	N80+PK	25,74	
	N160+PK	28,02	
2015.09.07	Kontroll	17,53	2,29
	N80+PK	19,65	
	N160+PK	20,33	
2015.09.14	Kontroll	15,91	1,64
	N80+PK	17,50	
	N160+PK	18,37	
2015.09.22	Kontroll	12,29	1,22
	N80+PK	13,02	
	N160+PK	13,83	
2015.10.03	Kontroll	12,94	ns
	N80+PK	13,33	
	N160+PK	13,35	

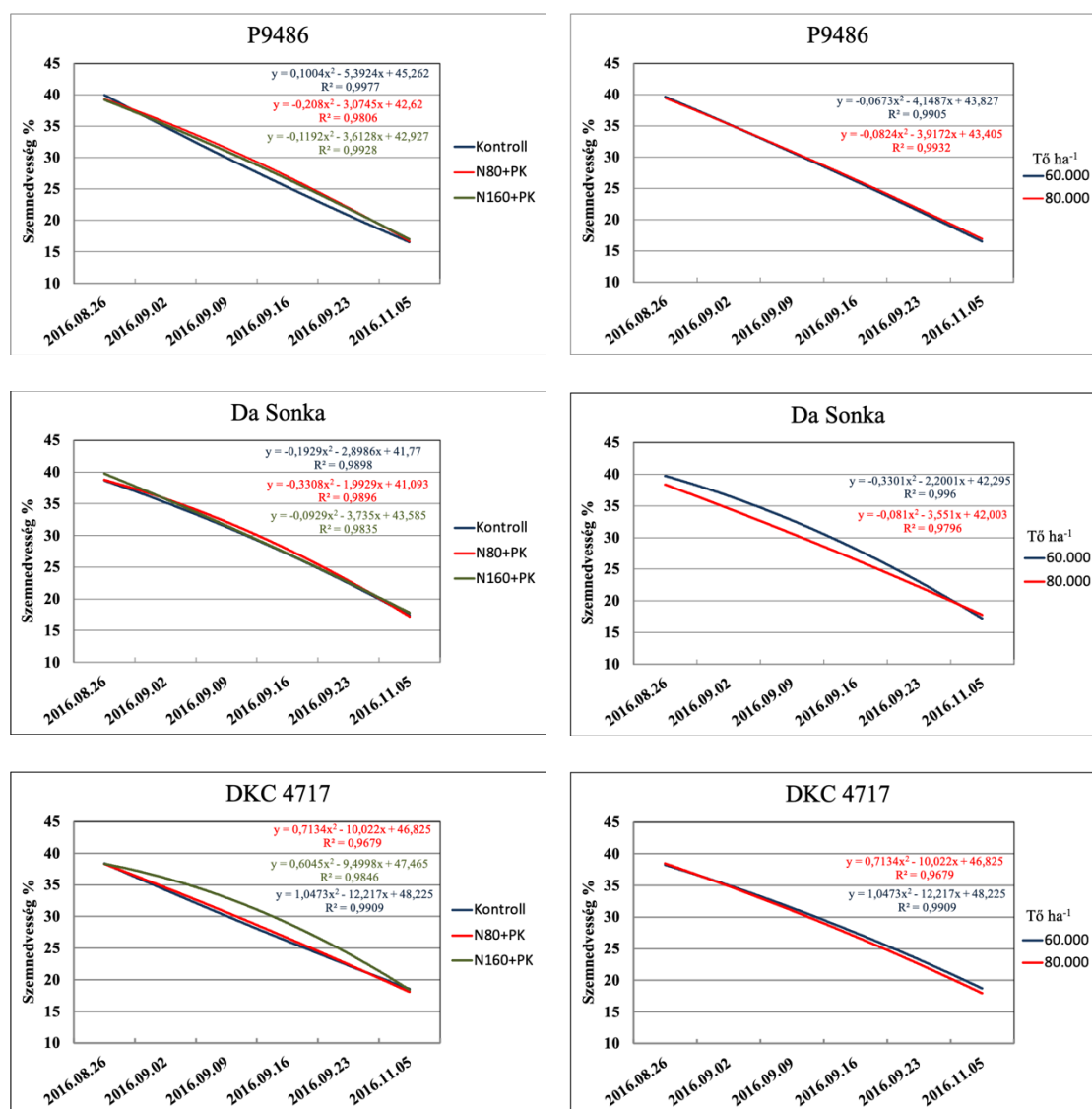
A szemnedvesség-tartalomban a tőszámkezelés egy felvételezési időpontban sem okozott bizonyítható különbségeket, azonban az megállapítható, hogy a magasabb tőszám hatására az értékek alacsonyabbak voltak (20. táblázat). A P9486-os hibrid esetében 2015.08.24-i nedvességmérés alkalmával 60 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűsége 32% míg 80 ezer tő ha⁻¹ -on 35,5% volt a szemnedvesség (10. ábra).

20. táblázat: A tőszám hatása a vízleadás dinamikára a hibridek átlagában
(Hajdúszoboszló, 2015)

Időpont	Tő ha ⁻¹	Nedvességtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
2015.08.24	60.000	36,56	ns
	80.000	35,18	
2015.08.31	60.000	26,51	ns
	80.000	26,09	
2015.09.07	60.000	19,08	ns
	80.000	19,26	
2015.09.14	60.000	17,21	ns
	80.000	17,31	
2015.09.22	60.000	13,19	ns
	80.000	12,89	
2015.10.03	60.000	13,34	ns
	80.000	13,07	

4.3.2. 2016-ös tenyészév

A 2016-os évben az első nedvességmérés során 39-40 %-os értékeket mértünk, ami a csapadékos évjáratnak volt köszönhető. Az átlagon felüli csapadékos évjárat következtében, többször előfordult, hogy egy-egy csapadékos periódusban nemcsak a szemtermés napi vízleadása csökkent, hanem a szemtermés visszanedvesedése is bekövetkezett. A hibridek szemnedvesség tartalma betakarításra 16-18% közé csökkent (11. ábra).



11. ábra: A vízleadásdinamika alakulása az érés időszakában (Hajdúszoboszló, 2016)

Statisztikailag igazolható különbség sem a tápanyagkezelések, sem pedig a tőszámok között nem volt kimutatható (21-22. táblázat). A rendkívüli csapadékos évjáratban a hibridek száradása lényegesen lassabb volt mint 2015-ben. A tápanyagkezelések és a tőszámkezelések között a kedvező talajnedvesség miatt nem mutatkozott különbség.

21. táblázat: Az NPK tápanyagellátás hatása a vízleadás dinamikára a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2016)

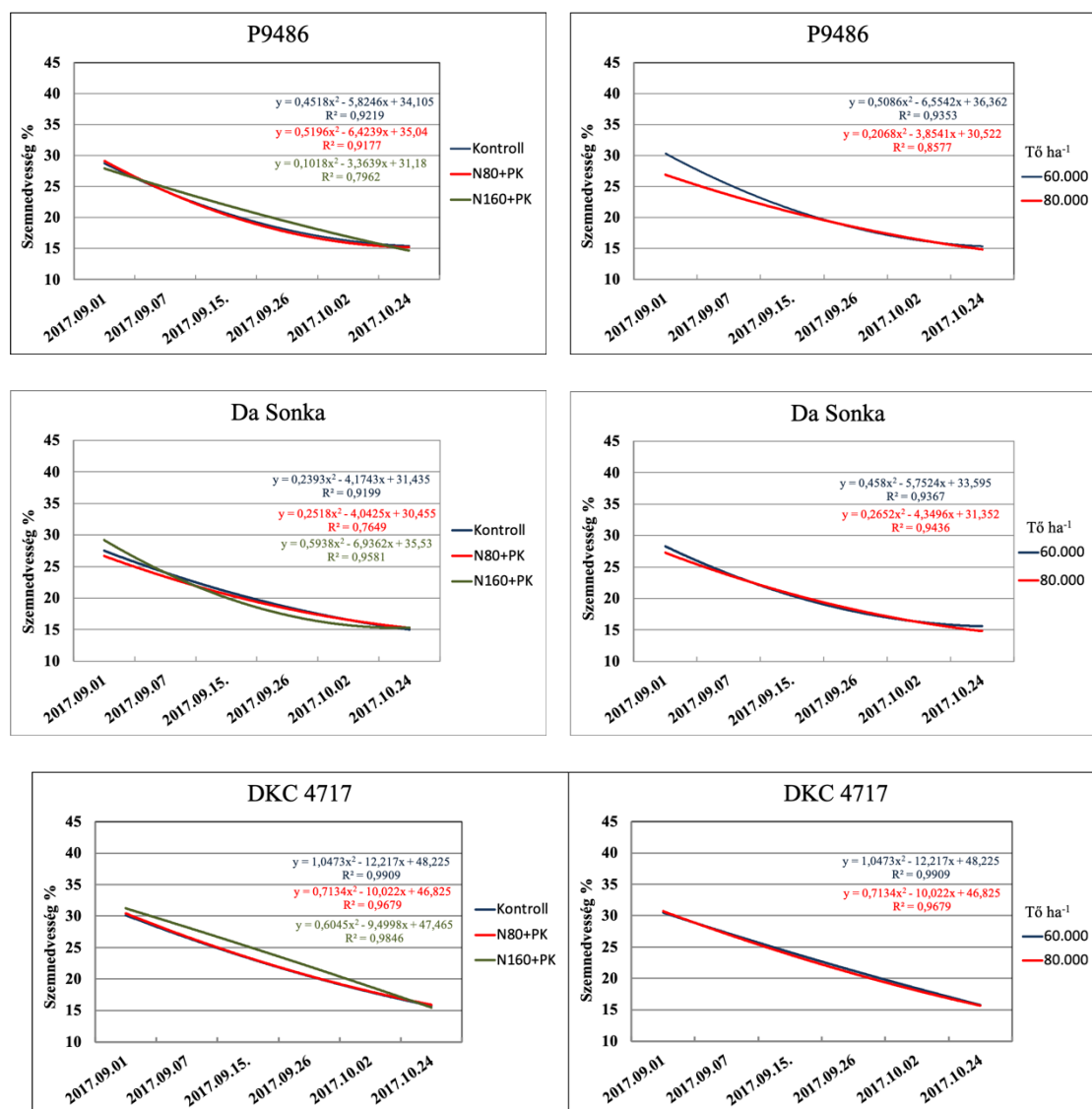
Időpont	Tápanyagkezelés	Nedvességtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
2016.08.26	Kontroll	39,40	ns
	N80+PK	39,66	
	N160+PK	39,65	
2016.09.02	Kontroll	34,20	ns
	N80+PK	33,88	
	N160+PK	34,68	
2016.09.09	Kontroll	30,29	ns
	N80+PK	31,72	
	N160+PK	31,97	
2016.09.16	Kontroll	26,30	ns
	N80+PK	27,63	
	N160+PK	27,72	
2016.09.23	Kontroll	22,48	ns
	N80+PK	22,93	
	N160+PK	23,47	
2016.11.05	Kontroll	17,09	ns
	N80+PK	16,86	
	N160+PK	17,32	

22. táblázat: A tőszám hatása a vízleadás dinamikára a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2016)

Időpont	Tő ha ⁻¹	Nedvességtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
2016.08.26	60.000	39,67	ns
	80.000	39,47	
2016.09.02	60.000	34,80	ns
	80.000	33,71	
2016.09.09	60.000	31,69	ns
	80.000	30,96	
2016.09.16	60.000	27,56	ns
	80.000	26,87	
2016.09.23	60.000	22,96	ns
	80.000	22,96	
2016.11.05	60.000	17,17	ns
	80.000	17,01	

4.3.3. 2017-es tenyészév

A betakarításkori szemnedvesség-tartalmak magasak voltak a 2017-es évben, 17-18% (12. ábra). A második felvételezés és a betakarítás során a kontroll kezelés bizonyíthatóan szárazabb volt a műtrágyázott kezelésektől a hibridek átlagában (23. táblázat). A töszámkezelések 2017-ben sem mutattak bizonyítható különbséget (24. táblázat).



12. ábra: A vízleadásdinamika alakulása az érés időszakában (Hajdúszoboszló, 2017)

Közismert, hogy a hibridek vízleadó képességében nagy különbségek vannak az érés időszakában. A lassúbb vízleadású hibridek víztartalmuknak csupán 0,6-0,8% -át tudják leadni naponta, míg a gyors vízleadású hibrideknél ez az érték 1-1,2%. Természetesen ez ideális, száraz időjárási körülmények között értendő, csapadékos időszakban a vízleadás

szünetel. Vannak hibridek, amelyek az érés első időszakában adják le a víztartalmuk nagy részét míg más hibridek az érés második felében.

23. táblázat: A tápanyagellátás hatása a vízleadás dinamikára a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2017)

Időpont	Tápanyagkezelés	Nedvességtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
2017.09.01	Kontroll	29,33	ns
	N80+PK	27,92	
	N160+PK	28,52	
2017.09.07	Kontroll	24,87	2,63
	N80+PK	27,38	
	N160+PK	28,08	
2017.09.15	Kontroll	19,70	ns
	N80+PK	18,95	
	N160+PK	20,95	
2017.09.26	Kontroll	20,17	ns
	N80+PK	19,15	
	N160+PK	18,94	
2017.10.02	Kontroll	18,28	ns
	N80+PK	17,54	
	N160+PK	17,83	
2017.10.24	Kontroll	14,42	0,4
	N80+PK	15,18	
	N160+PK	15,03	

24. táblázat: A tőszám hatása a vízleadás dinamikára a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló 2017)

Időpont	Tő ha ⁻¹	Nedvességtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
2017.09.01	60.000	29,71	ns
	80.000	27,47	
2017.09.07	60.000	26,42	ns
	80.000	27,13	
2017.09.15	60.000	19,81	ns
	80.000	19,93	
2017.09.26	60.000	19,96	ns
	80.000	18,88	
2017.10.02	60.000	18,07	ns
	80.000	17,70	
2017.10.24	60.000	14,88	ns
	80.000	14,87	

A betakarításkori szemnedvesség tartalom értékeiben a hibrdek között statisztikailag igazolható különbséget 2016-ban tudtunk kimutatni (25. táblázat). DKC4717 hibrid szemnedvesség tartalma betakarítás során 17,6% volt, ami szignifikánsan nagyobb, mint a P9486 (16,8%) és DA Sonka (16,9%) hibrid szemnedvesség tartalma. 2015-ben és 2017-ben is magasabb értékeket mértünk a DKC4717-es hibridnél a másik vizsgált két hibridhez viszonyítva, azonban a különbségek nem érték el a statisztikailag igazolható szintet.

25. táblázat: Betakarításkori szemnedvesség tartalom (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

	2015	2016	2017	Átlag
P9486	13,3	16,8	14,9	15,0
DA Sonka	13	16,9	14,7	14,8
DKC4717	13,3	17,6	15,1	15,3
<i>SzD5%</i>	<i>ns</i>	<i>0,54</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

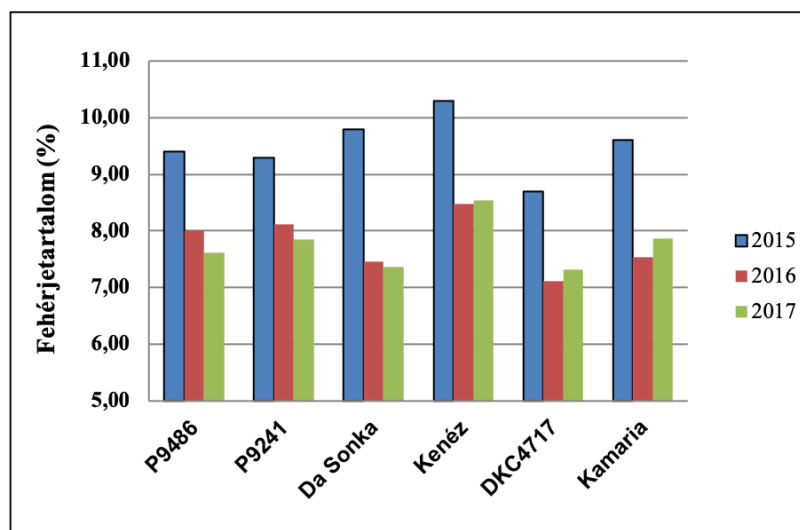
Eredményeinkből megállapíthatjuk, hogy a töszámsűritésnek a hatása a szemnedvességtartalomra minimális volt kísérletünkben. A betakarításkori szemnedvesség tartalomra a tápanyagellátásnak és a hibridhatásnak volt nagyobb hatása.

4.4. A kukorica hibridek minőségi paramétereinek vizsgálata

Kísérletünk vizsgálatait a kukorica beltartalmi paramétereire is kiterjedtek. Megállapítottuk a nyersfehérje tartalom, a keményítő tartalom, illetve a nyersolaj tartalom változását a kezelések hatására, valamint az egyes hibridek közötti különbségeket. A minőségi vizsgálatokat mind a hat vizsgált hibridnél és az összes kezelésnél elvégeztük, így összesen 162 parcella adatait elemeztük és értékeltük azokat egytényezős varianciaanalízis segítségével. A szemtermés fehérje, keményítő és olaj tartalmát az NPK tápanyag kezelések és a hektáronkénti tőszámok átlagában elemeztük.

4.4.1. Nyersfehérjetartalom

2015-ben a hibridek fehérjetartalma a többi évhez viszonyítva különösen magas volt, 8,7-10,3% között változott (13. ábra). Az évjárat hatása a fehérjetartalom változására kísérletünkben meghatározónak bizonyult, 2015-ös extrém száraz évben a hibridek fehérjetartalma 1,2-2,5% -kal magasabb volt a 2016-2017 évekhez képest. A legkisebb fehérjetartalma 2015-2017 vizsgálati évben a DCK4717 hibridnek volt, valamint a Kenéz hibrid fehérjetartalma szignifikánsan nagyobb volt minden évben a többi hibridétől (1. melléklet).



13. ábra: A hibridek nyersfehérje-tartalmának alakulása (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

A tőszámsűrítésnek 2015-ben és 2017-ben nem volt megbízható hatása a nyersfehérjetartalomra. Viszont 2016-ban a tőszám növelésével a nyersfehérjetartalom bizonyíthatóan csökkent (26. táblázat).

26. táblázat: A tőszámsűrítés hatása a nyersfehérje tartalomra a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

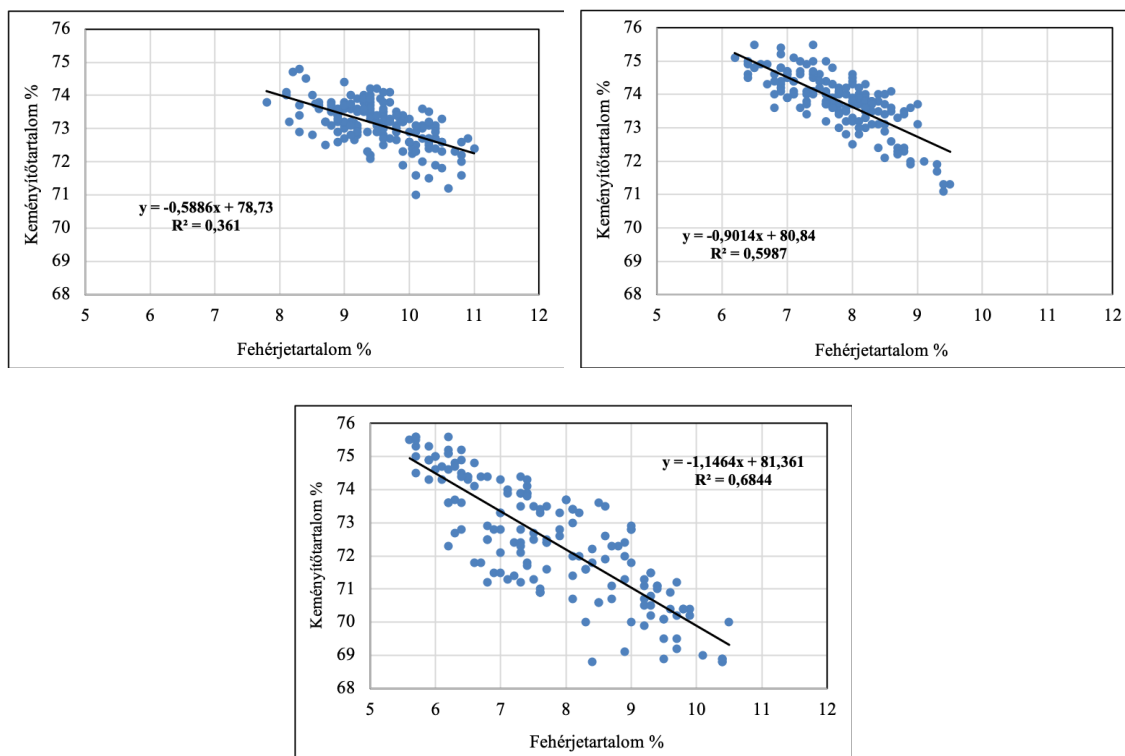
Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%} (%)	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%} (%)	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%} (%)
60.000	9,51	ns	8,05	0,26	7,92	ns
70.000	9,48		7,81		7,71	
80.000	9,58		7,49		7,64	

A tápanyagkezelés pozitív hatással volt a hibridek nyersfehérjetartalmára, a műtrágya adag növelése (az extrém száraz évet kivéve) bizonyíthatóan fehérjetartalom növekedéssel járt (27. táblázat). Megállapítható, hogy a tápanyagellátás (főleg a N kezelés) jelentős hatással van a kukorica nyersfehérje tartalmára, azonban az, hogy a tápanyagellátás pozitív szerepe érvényre jusson, ahhoz megfelelő környezeti tényezőkre (csapadék) van szükség. Ha a környezeti tényezők nem megfelelőek, akkor nemcsak a terméseredmények, de a minőségi változások sem jutnak érvényre, ugyanis a növényi tápanyagfelvétel akadályozott.

27. táblázat: A tápanyagellátás hatása a nyersfehérje tartalomra a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%} (%)	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%} (%)	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%} (%)
Kontroll	9,60	ns	7,19	0,22	6,46	0,24
N80+PK	9,43		7,89		7,61	
N160+PK	9,53		8,27		9,2	

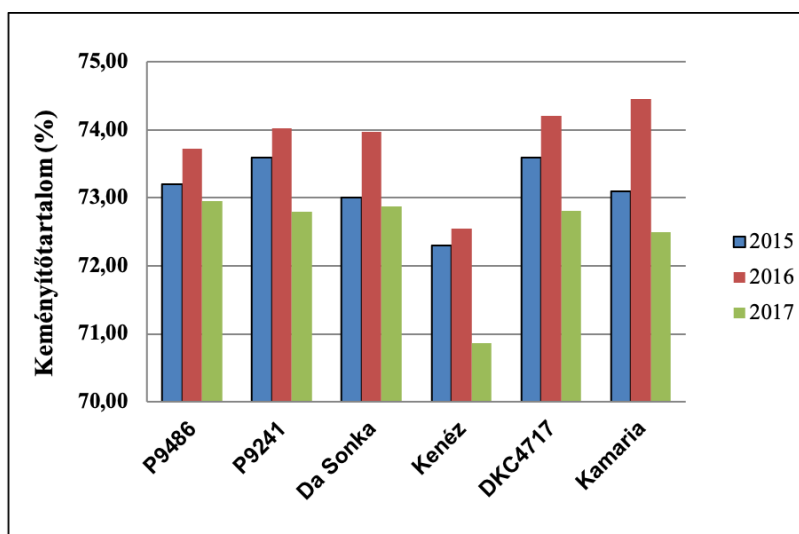
A vizsgált kukorica hibridek relatív fehérjetartalma és relatív keményítő tartalma között szignifikáns, negatív korreláció mutatkozott (14. ábra). A negatív korreláció tényén nem változtatott sem a hibridek genetikai tulajdonsága, sem az alkalmazott különféle agrotechnikai műveletek hatása. Mindhárom évben szoros, fordítottan arányos összefüggést találtunk a fehérje és a keményítőtartalom között ($r = -0,60$; $-0,77$; $-0,83$ a vizsgált évek sorrendjében). A nitrogén műtrágyaadag növelésével a hibridek fehérjetartalma növelhető. A keményítőtartalom alakulása pedig fordítottan arányos a kiadott műtrágya mennyiségével. Legfőbb szerepe a fehérjetartalom növelésében a nitrogénnek van.



14. ábra: A fehérjettartalom és a keményítőtartalom közötti összefüggés (Hajdúszoboszló 2015-2017)

4.4.2. Keményítőtartalom

A keményítőtartalom alakulása különösen bioetanol és az izocukor előállítása esetén fontos. Összességében a műtrágya kezelések és tőszámok átlagában a hibridek keményítő tartalma 70,86 és 74,21% között változott, ami igen kedvezőnek mondható (15. ábra). A Kenéz hibrid keményítőtartalma minden vizsgálati évben szignifikánsan elmaradt a többi vizsgált hibridétől (2. melléklet).



15. ábra: A hibridek keményítőtartalmának alakulása (Hajdúszoboszló 2015-2017)

A tőszámok növelésével a keményítő tartalom megbízhatóan nőtt (28. táblázat). A 60.000 és 80.000 tő ha⁻¹ állománysűrűség között szignifikáns volt az eltérés 2015-ben és 2016-ban is. Irodalmi adatok alapján a növény-sűrűség növelésével a szem keményítőtartalma nő, az olaj, illetve fehérjetartalma, azaz a szintézisükhöz nagyobb energiát igénylő vegyületek mennyisége, a szem szárazanyag százalékában kifejezett értékben csökken. A tápanyagellátás növelésével a keményítőtartalom bizonyíthatóan csökkent 2016-ban és 2017-ben is (29. táblázat).

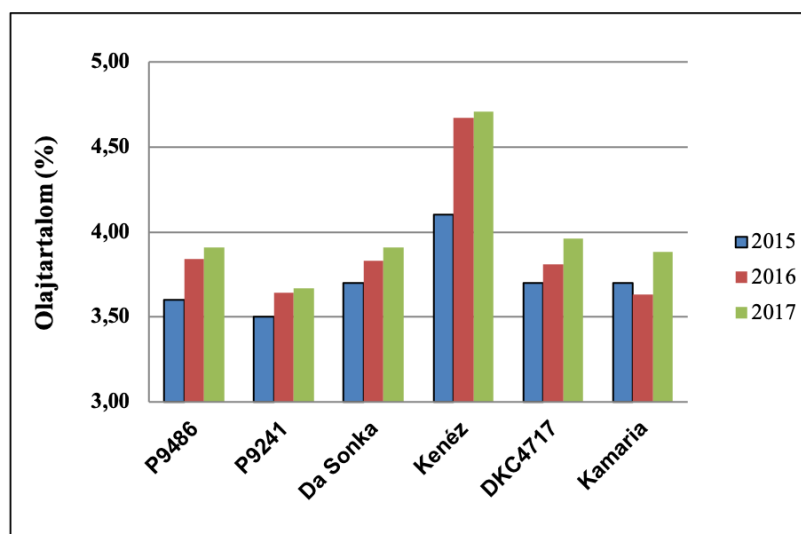
28. táblázat: A tőzámsűrítés hatása a keményítőtartalomra a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	Keményítőtartalom (%)	SzD _{5%} (%)	Keményítőtartalom (%)	SzD _{5%} (%)	Keményítőtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
60.000	73,00	0,25	73,56	0,31	72,32	ns
70.000	73,07		73,77		72,47	
80.000	73,32		74,14		72,61	

29. táblázat: A tápanyagkezelés hatása a keményítőtartalomra a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	Keményítőtart. (%)	SzD _{5%} (%)	Keményítőtart. (%)	SzD _{5%} (%)	Keményítőtart. (%)	SzD _{5%} (%)
Kontroll	73,08	ns	74,21	0,3	73,7	0,54
N80+PK	73,12		73,73		72,66	
N160+PK	73,18		73,53		71,04	

4.4.3. Olajtartalom



16. ábra: A hibridek olajtartalmának alakulása (Hajdúszoboszló 2015-2017)

A hibridek olajtartalma a kísérlet során 3,5 és 4,7 % között változott (16. ábra). A hibridek között kiemelkedő a Kenéz hibrid olajtartalma, ami minden vizsgált évben szignifikánsan nagyobb volt a többi vizsgált hibridétől (3. melléklet). A hibrid esetén megfigyelhető, hogy termése és keményítőtartalma is alacsony volt az évek folyamán, ellentétben az olajtartalmával.

Az olajtartalomra vonatkozóan a tőszámsűrítésnek és a tápanyagellátásnak nem volt megbízható hatása (30-31. táblázat).

30. táblázat: A tőszámsűrítés hatása az olajtartalomra a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló 2015-2017)

Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	Olajtartalom (%)	SzD _{5%} (%)	Olajtartalom (%)	SzD _{5%} (%)	Olajtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
60.000	3,76	0,09	3,93	ns	4,01	ns
70.000	3,73		3,91		4,02	
80.000	3,69		3,87		4,00	

31. táblázat: A tápanyagellátás hatása az olajtartalomra a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	Olajtartalom (%)	SzD _{5%} (%)	Olajtartalom (%)	SzD _{5%} (%)	Olajtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
Kontroll	3,71	ns	3,89	ns	3,95	ns
N80	3,73		3,93		4	
N160	3,72		3,89		4,08	

Ha a hibridek és a kezelések átlagában vizsgáltuk meg a kukorica beltartalmának változását a következő megállapításokat tehetjük. Az évjárat jelentős hatással van a kukorica minőségére, mindhárom vizsgált beltartalmi értéknél szignifikáns különbségeket tudtunk kimutatni az évek között. Ez alapján megállapítható, hogy a fehérjetartalom extrém száraz évben magasabb, mint átlagos vagy csapadékos években. Ez a termés mennyiség és minőség közötti negatív összefüggést is bizonyítja (32. táblázat). Ezt a hibridek esetében is meg lehetett állapítani pl.: Kenéz.

32. táblázat: Az évjárat hatása a kukorica minőségére (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Év	Fehérjetartalom (%)	SzD _{5%} (%)	Keményítőtartalom (%)	SzD _{5%} (%)	Olajtartalom (%)	SzD _{5%} (%)
2015	9,52	0,21	73,13	0,26	3,72	0,07
2016	7,79		73,82		3,9	
2017	7,76		72,47		4,01	

4.5. A tápanyagellátás és a tőszám hatása a kukorica hibridek termésképző elemeinek változására

A kukorica termésének nagyságát elsősorban a termésképző elemek (ezerszemtömeg, hektolitertömeg, sorok száma, egy sorban lévő szemek száma, csőhossz, csővenkénti szemszám, morzsolási arány) határozzák meg. A kísérlet során nyomon követtük, hogy a tápanyagellátás, valamint a tőszámsűrítés milyen hatással van az egyes termésképző elemekre. A termésképző elemek vizsgálatát a P9486, a DA Sonka és a DKC4717 hibrideknél végeztük el 60 és 80 ezres tőszámon, kontroll (műtrágyázás nélküli), N 80 P₂O₅ 60 K₂O 70 kg ha⁻¹ és N 160 P₂O₅ 120 K₂O 140 kg ha⁻¹ tápanyagkezeléseknél, két ismétlésben három éven keresztül.

4.5.1. Ezerszemtömeg

A tápanyagellátásnak igen jelentős a kukorica ezerszemtömegére gyakorolt hatása. Az ezerszemtömeg növekedését figyeltük meg a kontroll kezeléshez képest a trágyázott kezelések esetében, mely a kísérletben 2015-ben és 2017-ben is meghaladta a szignifikáns határt. Az eredményekből megállapítható, hogy az ezerszemtömeget 66,6 grammal is képes növelni a megfelelő tápanyagellátás, 2017-ben kontroll kezelésnél 248,7 gramm, míg N160+PK kezelésnél 315,3 gramm ezerszemtömeget állapítottunk meg (33. táblázat).

Eredményeinket korábbi szakirodalmak is alátámasztják. A csővenkénti szemszám és az ezerszemtömeg növekedéséhez az optimális tápanyagellátás jelentősen hozzájárul (Bocz és Nagy 1981).

33. táblázat: A tápanyagellátás hatása az ezerszemtömegre (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	(g)	SzD _{5%} (g)	(g)	SzD _{5%} (g)	(g)	SzD _{5%} (g)
Kontroll	252,1	42,71	360,5	ns	248,7	42,36
N80+PK	290,8		373,0		299,7	
N160+PK	315,4		382,2		315,3	

A tőszámsűrités hatása az ezerszemtömögre kisebb, mint a tápanyagellátásé, magasabb tőszámon minden évben csökkentek az értékek, azonban a szignifikáns határt nem érték el (34. táblázat).

34. táblázat: A tőszámsűrités hatása az ezerszemtömögre (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	(g)	SzD _{5%} (g)	(g)	SzD _{5%} (g)	(g)	SzD _{5%} (g)
60.000	297,8	ns	376,1	ns	299,9	ns
80.000	274,4		367,7		275,9	

Ha az évek közötti különbségeket vizsgáljuk, a következő megállapításokat tehetjük. Csapadékos (2016) évjáratban az ezerszemtömög értékei kimagasló eltérést mutatnak száraz és átlagos évekhez képest. 2016-ban 85,8 grammal volt magasabb a hibridek átlagos ezerszemtömöge mint 2015-ben, ez a szignifikáns értéket jelentősen meghaladja, SzD_{5%}: 25,3 (35. táblázat).

35. táblázat: Az évjárat hatása az ezerszemtömögre (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Év	Ezerszemtömög (g)	SzD _{5%} (g)
2015	286,1	25,3
2016	371,9	
2017	287,9	

4.5.2. Hektolitertömög alakulása a kezelések hatására 2016, 2017 években

A tápanyagszintek növelése a hektolitersúly értékét is növelte, a szignifikáns értéket azonban csak 2017-ben érte el. Kontroll kezeléshez képest a műtrágyázás megbízhatóan növelte a hektolitertömöget, azonban a két műtrágyakezelés között bizonyítható különbséget már nem tudtunk kimutatni (36. táblázat).

36. táblázat: Az tápanyagellátás hatása a hektolitersúlyra

Tápanyagk.	2016		2017	
	Hektolitertömög (g)	SzD _{5%} (g)	Hektolitertömög (g)	SzD _{5%} (g)
Kontroll	75,5	ns	74,2	1,69
N80+PK	76,3		76,0	
N160+PK	76,1		76,8	

A tőszám növelése a hibridek hektolitertömegét csökkentette, azonban a hektolitertömeg egyes tőszámokon mért átlagai között nincs szignifikáns különbség (37. táblázat). Hasonló eredményekről számolt be *Könczöl (2018)* is kísérletében.

37. táblázat: A tőszám hatása a hektolitertömegre (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha-1	2016		2017	
	Hektolitertömeg (g)	SzD _{5%} (g)	Hektolitertömeg (g)	SzD _{5%} (g)
60.000	76,0	ns	75,8	ns
80.000	75,9		75,6	

4.5.3. A szemsorok számának alakulása a kezelések hatására

A termésképző elemek vizsgálatakor figyelemmel kísértük a kukoricacsövön lévő szemsorok számának változását is. A szemsorok száma minden esetben az ismétlések átlagában vannak feltüntetve. A vizsgálataink eredményeként megállapítható, hogy a tápanyagellátás hatására növekedés volt megfigyelhető a sorok számában, azonban ez a szignifikáns értéket csak 2015-ben érte el. N80+PK tápanyagszint 0,7 sorral növelte az egy csövön lévő sorok számát kontroll kezeléshez képest (38. táblázat). Ezt a termésképző elemet döntően a genetikai tulajdonságok határozzák meg. Hasonló eredményekről számolt be Futó (2007b) is, miszerint a tápanyagadagok növelésének hatására szignifikáns növekedés volt megfigyelhető a szemsorok számában is.

38. táblázat: A tápanyagellátás hatása a szemsorok számára (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)
Kontroll	16,8	0,61	16,2	ns	16,3	ns
N80+PK	17,5		16,6		16,7	
N160+PK	16,8		16,6		16,8	

A tőszámsűrítés hatását nem tudtuk kimutatni a szemsorok számára nézve (39. táblázat). Ezt a megállapításunkat szakirodalmak is alátámasztják. A tőszámsűrítésnek a legkisebb hatása a terméselemek közül a csövenkénti szemsorok változására van (Nagy 2007e). *Pásztor (1964)* szintén a szemsorok kisebb korrelációját állapította meg.

39. táblázat: A tőszám hatása a szemsorok számára (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)
60.000	17,2	ns	16,4	ns	16,7	ns
80.000	16,8		16,5		16,5	

Az évjáráthatás és a szemsorok száma között megbízható különbséget tudtunk kimutatni. 2015-ös száraz évben a sorok száma 0,55-tel több volt, mint a 2016-is csapadékos évben. Csapadékos (2016) és átlagos (2017) évjárat között azonban nem mutatkozott szignifikáns különbség (40. táblázat).

40. táblázat: Az évjárat hatása a szemsorok számára (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Év	Sorok száma (db)	SzD _{5%} (db)
2015	17,01	0,35
2016	16,46	
2017	16,60	

4.5.4. Egy sorban lévő szemek száma

Az egy sorban lévő szemek száma tápanyagkezelés hatására megbízhatóan nőtt 2015-ben és 2017-ben is. 2017-ben műtrágyázatlan kezelésnél 26,9 szem volt átlagosan egy sorban, N80+PK műtrágya adag hatására ez az érték 6,6 szemmel növekedett, majd a műtrágya adag további növelésével az egy sorban lévő szemek száma is tovább nőtt (34,5 db-ra) (41. táblázat).

41. táblázat: A tápanyagellátás hatása az egy sorban lévő szemek számára (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)
Kontroll	34,3	1,28	37,4	ns	26,9	1,5
N80+PK	36,9		38,6		33,5	
N160+PK	37,5		37,9		34,5	

A növényállomány sűrítése negatív hatással volt az egy sorban lévő szemek számára. Szignifikáns eltérés volt megfigyelhető minden évben. Legnagyobb különbség 2017-ben volt amikor az állományt 20 ezer tő ha⁻¹-ral növeltük, az egy sorban lévő szemek száma 4,3 szemmel csökkent (SzD_{5%}: 1,44) (42. táblázat). Kutatási eredményeink megfelelnek

a hasonló szakirodalmi kísérletek következtetéseinek. *Sárvári et. al.* (2001) szerint a tőszám növelése csökkenti az egyedi produkciót, ami a csövek szemenként való berakottságának csökkenésében, a csőhossz, a csőtömeg, a szemszám, a szemtömeg, az ezerszemtömeg, soronkénti szemek száma és a szemsorok számának redukálódásában nyilvánul meg. Továbbá *Duncan (1975)* is negatív korrelációs kapcsolatot talált a sorok száma és a soronkénti szemszám között, tőszámnövelés hatására.

42 táblázat: A tőszámsűrítés hatása az egy sorban lévő szemek számára az ismétlések átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)
60.000	37,3	1,08	38,4	0,8	33,8	1,44
80.000	35,2		37,5		29,5	

Az évjáráthatás is bizonyíthatóan hatással volt az egy sorban lévő szemek számára, 2015-ben 36,22, 2016-ban 37,94 míg 2017-ben 31,63 db szem volt egy sorban (43. táblázat). *Gyenesné et al.* (2002) vizsgálatai során megállapították, hogy a csőhosszra és a soronkénti szemek számára legnagyobb hatással az évjárat van, de a tőszám is befolyásolja azokat.

43. táblázat: Az évjárat hatása a szemsorok számára az ismétlések átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

ÉV	(db)	SzD _{5%} (db)
2015	36,22	0,86
2016	37,94	
2017	31,63	

4.5.5. Csőhosszúság változásának vizsgálata a kezelések hatására

A csőhosszra a tápanyagellátás hatása megbízhatóan pozitív volt. Bár csapadékos (2016) évjáratban fejtette ki a legkisebb hatást, de még ekkor is szignifikánsan növelte a tápanyagellátás a csőhosszúságot a kontroll kezeléshez képest. 2015-ben N160+PK kezelés a kontrollhoz viszonyítva 1,6 cm-rel, 2017-ben 2,9 cm-rel növelte a csövek hosszát (44. táblázat). Ahogy mi, úgy *Pásztor (1964)* is a tőszámsűrítés hatására erős kapcsolatot talált a csővenkénti szemtömeg, az ezerszemtömeg és a csőhosszúság között.

44. táblázat: A tápanyagellátás hatása a csőhosszra (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)
Kontroll	17,7	0,57	20,1	0,55	15,2	0,68
N80+PK	18,7		20,7		17,7	
N160+PK	19,3		20,8		18,1	

A tőszámnövelés ugyanilyen megbízhatósággal, azonban csökkentette a csőhosszúságot. 2017-ben 60.000 tő ha⁻¹ állománysűrűségen 17,9 cm volt az átlagos csőhossz, míg 80.000 tő ha⁻¹ -on mindössze 16,1 cm (45. táblázat).

45. táblázat: A tőszámsűrítés hatása a csőhosszra (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha-1	2015		2016		2017	
	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)
60.000	19,0	0,48	20,8	0,45	17,9	0,61
80.000	18,1		20,3		16,1	

4.5.6. Csővenkénti szemszám alakulása a kezelések hatására

Egy csövön lévő szemek száma maximum ezer db lehetne, ha minden magkezdemény (bibeszál) megtermékenyülne, de ezt a hőmérséklet, a tápanyag- és vízellátottság is befolyásolja. A gyakorlatban általában évjáratától, hibridtől és tápanyag-ellátottságtól függően 500-800 szem van egy csövön, célunk ennek a maximumhoz való közelítése.

Kísérletünkben a tápanyagellátás szignifikánsan növelte az egy csövön lévő szemek számát 2015-ben és 2017-ben is. 2016-ban is növekedést figyelhetünk meg, azonban a csapadékos évjáratnak köszönhetően a növekedés csak kisebb mértékű volt (46. táblázat).

Nagy (2007f) debreceni tartamkísérletekben a műtrágyázás nagyobb mértékben növelte az egy csövön található szemek számát, mint az öntözés, a tápanyagellátás növelésével szignifikánsan nőtt a szemek száma is.

Tőszámsűrítés hatására a csővenkénti szemszám csökkent, azonban ezt statisztikailag igazolni nem tudtuk (47. táblázat).

46. táblázat: A tápanyagellátás hatása a csövenkénti szemszámmra
(Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)
Kontroll	576,9	67,55	606,8	ns	439,3	78,57
N80+PK	648,8		640,3		559,3	
N160+PK	630,0		627,7		581,5	

47. táblázat: A tőszámsűrítés hatása a csövenkénti szemszámmra
(Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)	(db)	SzD _{5%} (db)
60.000	642,3	ns	631,2	ns	563,8	ns
80.000	594,8		618,6		489,6	

4.5.7. Morzsolási arány vizsgálata a kezelések hatására

A szemtermés és a csutka tömegének aránya, a morzsolási arány fontos értékmérő tulajdonság, ami a mai hibrideknél átlagosan 80-85% között változik. A morzsolási arány kedvezően alakult kísérletünkben (85,1-87,9%), ugyanakkor a különböző kezelések hatására a morzsolási arányban nem tudtunk különbségeket kimutatni (48-49. táblázat).

48. táblázat: A tápanyagellátás hatása a morzsolási arányra a hibridek átlagában
(Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)
Kontroll	87,8	ns	87,1	ns	85,1	1,97
N80+PK	87,9		87,0		87,1	
N160+PK	87,8		87,2		87,5	

49. táblázat: A tőszámsűrítés hatása a morzsolási arányra a hibridek átlagában
(Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)
60.000	87,7	ns	86,8	ns	86,6	ns
80.000	87,9		87,4		86,5	

4.6. Növénymagasság vizsgálata

A kukorica növénymagassága elsősorban genetikailag determinált, azonban számos egyéb tényező is meghatározza, hogy mekkora szárhosszt fejleszt a növény. A tápanyagellátás és az évjárat hatás nagyban módosítja a kukorica ezen fenológiai tulajdonságait, amit kísérleti eredményeink rendkívül jól alátámasztanak.

A varianciaanalízis eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a tápanyagszint növelésével a hibridek magassága mindhárom vizsgálati évben bizonyíthatóan növekedett kísérletünkben (50. táblázat). Kontroll (műtrágyázatlan) kezelésnél voltak a legalacsonyabbak a hibridek, majd a tápanyagellátás javulásával a növénymagasságok szignifikánsan nőttek. 2015-ben 6 cm, 2016-ban 12 cm, míg a 2017-es évben 29 cm volt a különbség a kontroll és az N80+PK kezelés között. A műtrágya adag további növelése a növénymagasságra csak mérsékelten hatott, 2015-ben nem érte el a szignifikáns különbséget, 2016-ban 4, 2017-ben 10 cm-rel növelte a magasságot az N80+PK kezeléshez képest. Hasonló eredményekről számolt be Nagy (1978) is, miszerint a kukorica magasságára a műtrágyázás pozitívan hat és az eltérések követik a műtrágyamennyiség nagyságát. A műtrágyázás hatása a kontrollhoz viszonyítva minden esetben szignifikáns.

50. táblázat: A tápanyagellátás hatása a növénymagasságra a hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagszint	2015		2016		2017	
	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)
Kontroll	247	2,07	275	2,10	245	2,09
N80+PK	253		287		274	
N160+PK	252		291		284	

A tőzsámsűrítés hatása a növénymagasságra kisebb mértékű volt, mint a tápanyag kezelés (51. táblázat). 2015-ben és 2017-ben a növényállomány sűrítésével a hibridek magassága bizonyíthatóan csökkent, azonban a 2016-os évre ez nem igaz. 2016-ban csapadékos volt az évjárat, ezért a sűrű állomány is elegendő vízhez jutott, ami miatt a növénymagasságban nem volt változás. 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. Ez lehet a magyarázat kísérletünkben is a tőszámnövelés következtében a növénymagasságok csökkenésére.

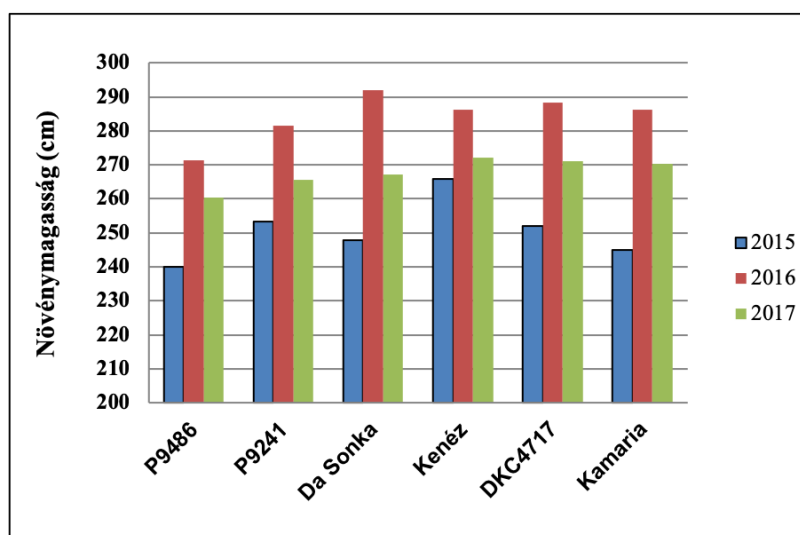
Más szerzők szerint, a túl nagy tőszám esetén az önárnyékolás következtében a kukorica növények felnyurgulása tapasztalható.

51. táblázat: A tőszámsűrítés hatása a növénymagasságra (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)
60.000	254	2,07	283	ns	270	3,74
70.000	251		284		269	
80.000	248		285		265	

A hibridek magassága között jelentős különbségek voltak (17. ábra). Minden évben a P9486-os hibrid szignifikánsan alacsonyabb volt a többi vizsgált hibridtől (SzD_{5%}: 2015: 2,06 cm, 2016: 3,0 cm 2017: 5,23 cm).

Az évjárat hatása is megfigyelhető, 2015-ös extrém száraz évben a hibridek magassága 240-266 cm között alakult, míg a 2016-os csapadékos gazdag évben ez az érték 271-292 cm között változott (4. melléklet).



17. ábra: A hibridek magasságának alakulása (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

4.7. Meddő tövek arányának vizsgálata

Vizsgálataink kiterjedtek a termő-meddő tövek arányának meghatározására is. Megállapítható, hogy műtrágyázás hatására csökkent a meddő tövek aránya, 2016-ban 0,56%, míg 2017-ben 0,81%-kal (52. táblázat). Mindkét esetben megbízható különbséget állapíthatunk meg.

52. táblázat: A tápanyagellátás hatása a meddő tövek arányára (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagk.	2015		2016		2017	
	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)
Kontroll	1,24	ns	2,72	0,51	2,20	0,44
N80+PK	1,19		2,16		1,39	
N160+PK	1,31		2,34		1,93	

Sárvári (1982) kísérletei szerint az optimálisnál nagyobb tőszám hatására a kukorica a szárazságot jobban megsínyli, csökken a termésmennyiség, nő a meddő tövek aránya.

Hasonló eredményeket tudunk mi is megállapítani. 2015-ben extrém száraz évben 60.000 tő ha⁻¹ állománysűrűségen 0,93% a meddő tövek aránya, míg 80.000 tő ha⁻¹-on már 1,59%. A különbség 0,66%, szignifikáns (SzD_{5%}: 0,32). Átlagos (2017) és csapadékos (2016) évben pont fordított volt a helyzet, a kontroll (műtrágyázatlan) kezeléseknél volt magasabb a meddő tövek száma (53. táblázat).

A hibridek és az évjárat között jelentős különbséget nem tudtunk kimutatni, 1,05-3,13 % között alakult a meddő tövek aránya a kísérlet során (5. melléklet).

53. táblázat: A tőszámsűrítés hatása a meddő tövek arányára (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tő ha ⁻¹	2015		2016		2017	
	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)
60.000	0,93	0,32	2,73	0,51	2,18	0,43
70.000	1,23		2,20		1,31	
80.000	1,59		2,29		2,02	

4.8. A talaj tápanyagtartalmának változása a tápanyagkezelések hatására

A kísérlet utolsó évében (2017) megvizsgáltuk, hogy hogyan változott a talaj tápelemtartalma a tápanyagkezelések hatására. A bővített talajvizsgálat eredményei alapján a következő megállapításokat tehetjük. A tápanyagellátás hatására egyértelműen nőtt a talaj humusztartalma, műtrágyázatlan parcellákban ennek értéke 2,42%, míg N160+PK kezeléseknél 2,64%. Ezzel párhuzamosan nőtt a talaj nitrát és nitrit tartalma is 2,37 mg kg⁻¹-ről 7,46 mg kg⁻¹-ra. Valamint kisebb növekedést tapasztaltunk a kálium, kalcium és magnézium tartalomban is (54. táblázat). A táblázat adataiból látható, hogy a KCl-ban mért pH érték alacsony, a talaj savanyodás mértéke jelentős még a kontroll parcellákban is. Továbbá a Zn (mg kg⁻¹) mikroelem tartalom a kontroll parcellákon 10,47 míg a műtrágyázott kezeléseknél jóval alacsonyabb. Ez azért lehetséges mert jóval nagyobb terméseket takarítottunk be a műtrágyázott parcellákon, így a Zn tartalom jelentősen csökkent.

54. táblázat: A műtrágyázás hatása a talaj tápanyagtartalmának változására (Hajdúszoboszló, 2017)

	Kontroll	N80+PK	N160+PK
pH (KCl)	5,77	5,48	5,48
Humusz (%)	2,42	2,56	2,64
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	98,70	86,20	99,53
K ₂ O (mg kg ⁻¹)	228,33	234,00	268,67
Nitrit és nitrát (mg kg ⁻¹)	2,37	3,19	7,46
Na (mg kg ⁻¹)	72,97	60,90	58,87
Mg (mg kg ⁻¹)	495,00	617,33	472,33
SO ₄ (mg kg ⁻¹)	12,17	13,60	13,17
Mn (mg kg ⁻¹)	538,33	544,33	562,33
Zn (mg kg ⁻¹)	10,47	3,65	4,21
Cu (mg kg ⁻¹)	11,90	8,89	9,22

4.9. A kukoricaszár tápelemtartalmának változása a tápanyagkezelések hatására

2016 és 2017 években vizsgáltuk a tápanyagellátás hatását a kukoricaszár tápelemtartalmára. A két év átlagának eredményeit a 55. táblázat tartalmazza.

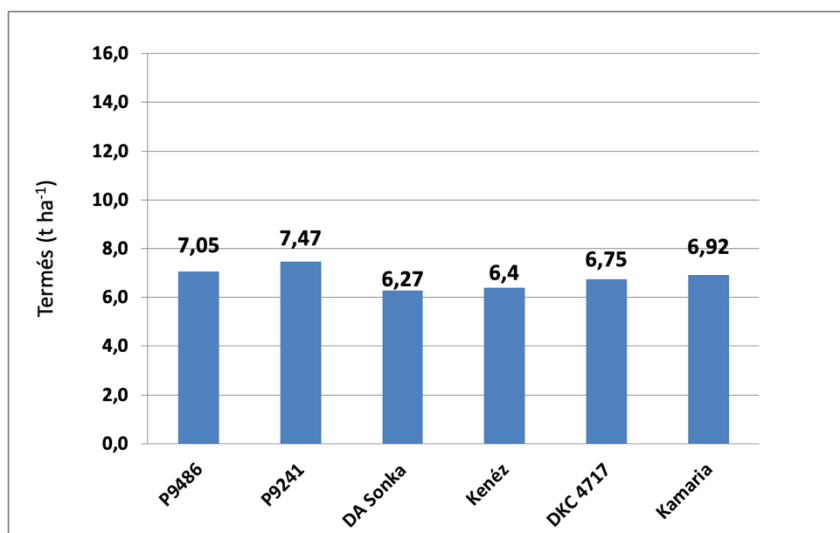
Egyértelműen megállapítható a nitrogén tartalmának növekedése a kukoricaszárban műtrágya adagok növelésének hatására. Az N160+PK kezelés szignifikáns különbségeket eredményezett a kontroll és az az N80+PK kezeléshez viszonyítva is. A kontroll kezeléshez viszonyítva a nitrogén szint mintegy 40%-al növekedett a legnagyobb tápanyagkezelés hatására. Az N80 és N160+PK kezelések között bizonyítható különbséget nem tudtunk kimutatni. A tápanyagkezelések és a szár foszfor és kálium tartalma között összefüggést nem találtunk.

55. táblázat: A kukoricaszára makro tápelemtartalmának változása
(Hajdúszoboszló 2016-2017)

Tápanyagellátás	Nitrogén		Foszfor		Kálium	
	(m m ⁻¹)%	SzD5% (m m ⁻¹)%	(mg kg ⁻¹)	SzD5% (mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	SzD5% (mg kg ⁻¹)
<i>Kontroll</i>	3,36	0,67	573,00	ns	7460	ns
<i>N80</i>	3,96		691,44		6444	
<i>N160</i>	4,80		660,22		7366	

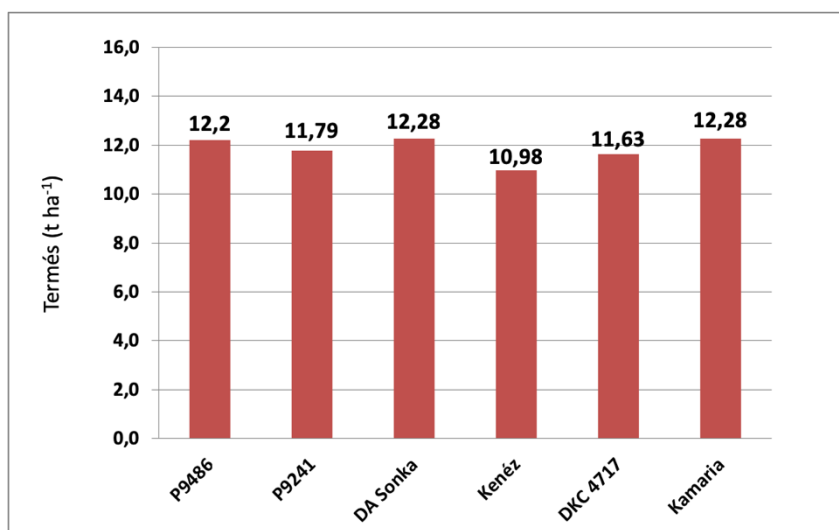
4.10. Biológiai alapok jelentősége

A 2015-ös évben tapasztalt kedvezőtlen időjárás látványosan megmutatkozott a termésátlagokon. A kezelések átlagában a legnagyobb termése a P9241-es hibridnek volt ($7,47 \text{ t ha}^{-1}$), amely szignifikánsan eltért a többi vizsgált hibrid átlagtermésétől ($\text{SzD}_{5\%}$: $0,31 \text{ t ha}^{-1}$). Továbbá kimutatható, hogy a DA Sonka és a Kenéz hibrideknek bizonyíthatóan kisebb volt a termésük a DKC4717, Kamaria, P9241 és P9486 hibridekétől (18. ábra).



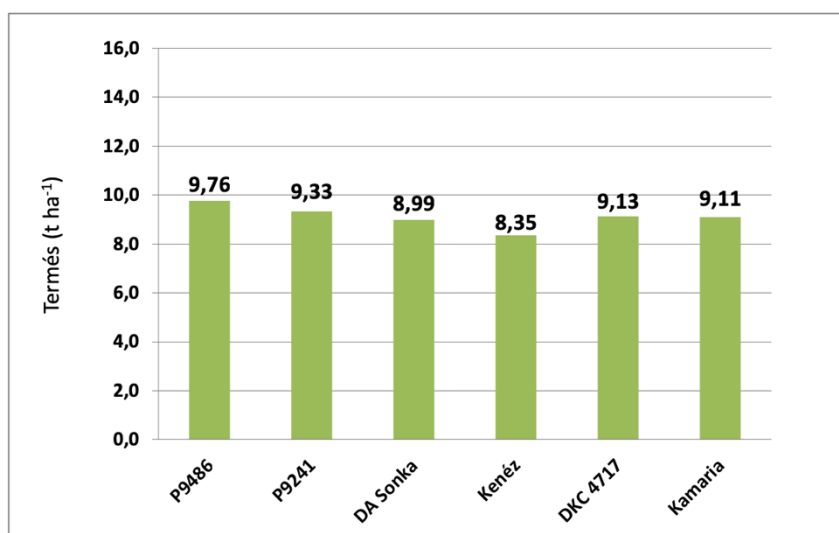
18. ábra: A hibridek termése a kezelések átlagában (Hajdúszoboszló, 2015)

2016-ban a legkisebb termése a Kenéz hibridnek volt, $10,98 \text{ t ha}^{-1}$, ami szignifikánsan kisebb volt a többi vizsgált hibrid termésétől (19. ábra). A legjobban teljesítő három hibrid között (P9486, DA Sonka, Kamaria) bizonyítható különbséget nem tudtunk kimutatni ($\text{SzD}_{5\%}$: $0,24 \text{ t ha}^{-1}$).



19. ábra: A hibridek termése a kezelések átlagában (Hajdúszoboszló, 2016)

2017-ben a legnagyobb termése a P9486-os hibridnek volt, 9,76 t ha⁻¹. Ebben az évben is bizonyíthatóan nagyobb termést ért el, mint a többi vizsgált hibrid. Legkisebb termése a Kenéz hibridnek volt, termése szignifikánsan elmaradt a többi hibridétől (20. ábra).



20. ábra: A hibridek termése a kezelések átlagában (Hajdúszoboszló, 2017)

Ha a három évet összehasonlítjuk és a hibrideket a terméseredményük szerint rangsoroljuk, több megállapítást is tehetünk (21. ábra). A legkisebb terméseket a Kenéz hibrid produkálta, a kísérlet mindhárom évében az utolsók között szerepelt és a többi hibridtől bizonyíthatóan elmaradt. Termesztése nem javasolt, mivel sokkal korszerűbb hibridek vannak a köztermesztésben.

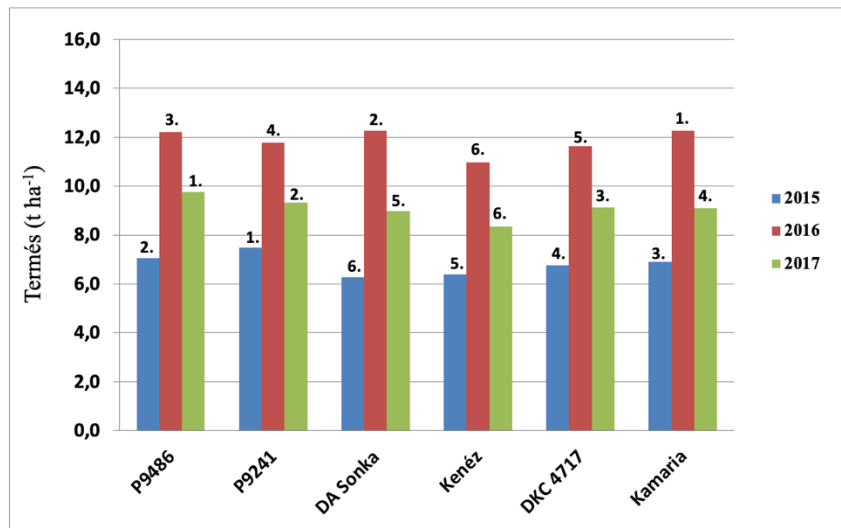
A DA Sonka hibrid csapadékos években kimagasló termésre lehet képes, azonban átlagos vagy száraz évjárat esetén termése gyengének mondható. Időjárásra nagyon érzékeny, aszályos évhez képest kedvező adottságok mellett 6 t ha^{-1} terméstöbbletet képes produkálni, (2015-ben $6,27 \text{ t ha}^{-1}$, 2016-ban $12,28 \text{ t ha}^{-1}$). Stressztűrő képessége gyengének mondható. Termésbiztonsága nem kielégítő.

A DKC4717 hibridet a kísérletünkben egy közepes teljesítménnyel lehet illetni. Minden évben a középmezőnyben végzett.

A Kamaria hibrid teljesítménye figyelemreméltó, külön tekintettel arra, hogy egy magyar nemesítésű hibridről van szó. Csapadékos évjárat esetén a vizsgált hibridek között a legjobb termést érte el, és aszályos körülmények között is megállta a helyét.

A P9241-es hibrid termése csapadékos évjáratban maradt csak el kicsit a legjobb hibridekétől, jó termésbiztonságú, jó stressztűrőképességű hibrid.

Kísérletünkben a legbiztosabb és legnagyobb termése a P9486-os hibridnek volt. A kísérlet mindhárom évében a 3 legjobb termést adó hibrid között volt, ezzel bizonyítva, hogy mind kedvező mind kedvezőtlen körülmények között is kiemelkedő termésre képes. Termesztése különösen javasolt.



21. ábra: A hibridek termése a kezelések átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2016-2017)

A hibridek termése között szignifikáns különbséget nem tudtunk kimutatni a három év átlagában (56. táblázat), a legkisebb termést a Kenéz hibrid adta $8,58 \text{ t ha}^{-1}$ -t, a legnagyobbat pedig a P9486-os hibrid $9,67 \text{ t ha}^{-1}$ -t, a különbség $1,09 \text{ t ha}^{-1}$, azaz több mint 11%. A kísérletünk átlagtermése $9,26 \text{ t ha}^{-1}$ volt.

56. táblázat: A hibridek termése a kezelések (tápanyagellátás, tőszám) átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Hibrid	Termés t ha ⁻¹					
	2015	2016	2017	Átlag	Eltérés	
P9486	7,05	12,2	9,76	9,67	-	-
P9241	7,47	11,79	9,33	9,53	-0,14	-1,5%
Kamaria	6,92	12,28	9,11	9,44	-0,23	-2,4%
DA Sonka	6,27	12,28	8,99	9,18	-0,49	-5,1%
DKC4717	6,75	11,63	9,13	9,17	-0,5	-5,2%
Kenéz	6,4	10,98	8,35	8,58	-1,09	-11,3%
A kísérlet átlagtermése				9,26		

4.11. Évjárat hatása a termésre

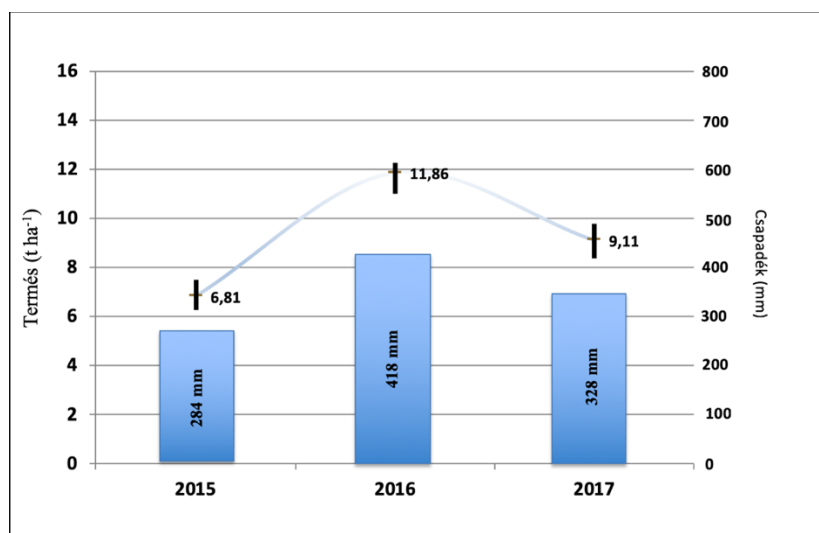
Az agrotechnikai tényezőkön kívül kimondottan nagy jelentősége van a kukorica termesztésben az évjáráthatásnak. Ennek vizsgálatára a három év terméseredményeit hasonlítottuk össze a hibridek és kezelések átlagában (57. táblázat).

57. táblázat: Hibridek átlagtermése, minimuma, maximuma
(Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Termés t ha ⁻¹	2015	2016	2017
Minimum	6,27	10,98	8,35
Maximum	7,47	12,28	9,76
Átlag	6,81	11,86	9,11

SzD_{5%}: 0,38 t ha⁻¹

A hibridek átlagtermése 2015-ben 6,81 t ha⁻¹ volt. A leggyengébben teljesítő hibrid átlagtermése 6,27 t ha⁻¹, míg a legjobban teljesítő 7,47 t ha⁻¹ volt (56. és 57. táblázat). 2016-ban az átlagtermés 11,86 t ha⁻¹, 2017-ben pedig 9,11 t ha⁻¹ volt. Az évjárat szignifikánsan befolyásolta a termést, SzD_{5%}: 0,38 t ha⁻¹. A legkisebb és a legnagyobb termésátlagot elért év között a különbség 5,05 t, tehát az évjáráthatást 5,05 t ha⁻¹-ban lehet megállapítani a kísérletünkben, ami 42,58%-ot jelent. Kijelenthetjük, hogy az évjáratnak rendkívül nagy a termést meghatározó szerepe.



22. ábra: A hibridek átlagtermése és a tenyészidőszakban lehullott csapadékösszeg
(Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Ha a kapott terméseredményeket összehasonlítjuk a csapadékadatokkal, egyértelműen látható, hogy a tenyészidőszakban (április–szeptember) lehullott csapadék egyenes arányban állt a kukorica átlagtermésével (Pearson féle korrelációs együttható értéke $r = 0,97$) (22. ábra). Ha az átlagtermést elosztjuk a tenyészidőszakban hullott csapadékösszeggel, akkor megkapjuk az egy mm-re jutó termés mennyiségét. Ez 2015-ben 24 kg mm^{-1} , 2016-ban és 2017-ben pedig 28 kg mm^{-1} volt. Megállapítható, hogy a tenyészidőszakban hullott csapadék és a kukorica termése szorosan összefügg.

4.12. Az állománysűrűség hatása a kukorica terméseredményére

2015-2017 években állítottuk be tőszám kísérletünket, amiben különböző genotípusok sűrítettségét, valamint tőszám reakcióját vizsgáltuk 60.000, 70.000 és 80.000 növény ha^{-1} állománysűrűségen.

4.12.1. 2015. tenyészév

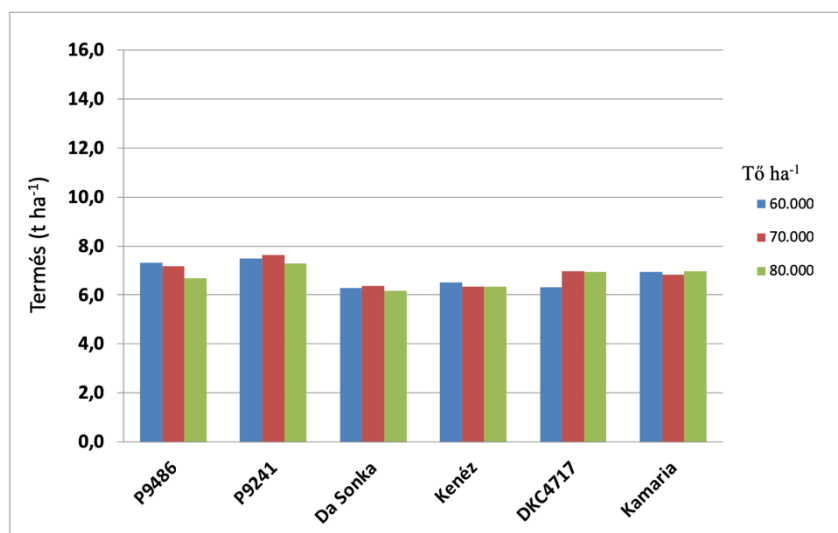
A tőszám a termést - kedvező évjáratban, korszerű egyéb agrotechnikai tényezők mellett - nagymértékben befolyásoló tényező. A 2015-ös év kedvezőtlen volt időjárás szempontjából, a vizsgált hat hibrid tőszáma és termése közötti összefüggés a különböző tápanyagkezeléseknél csak mérsékelt volt a vízhiány következtében.

Statisztikai szempontból a tőszámok a termésnagyságra kifejtett hatását, kéttényezős varianciaanalízissel elemeztük, amely során a műtrágyakezelések átlagában vizsgáltuk a hibridek termését. Az eredmények alapján szignifikáns különbség nem volt kimutatható a hibrid x tőszám kölcsönhatás esetében, illetve a hibridek átlagában is csak kismértékű eltérést okoztak a tőszámkezelések (58. táblázat). A legkisebb tőszámhoz viszonyítva mindössze 0,07 t ha^{-1} -os termésnövekedést eredményezett a 70.000 tő ha^{-1} növényállomány alkalmazása. A tőszám további növelésével pedig termésdepresszió lépett fel, ami főleg a hő- és szárazságstressz következménye. Ebben az esetben a termés 0,14 t ha^{-1} -ral csökkent a 70.000 tő ha^{-1} állománysűrűséghez képest. *Huzsvai és Nagy* (1994) hasonló megállapításokat írt le: Kísérletük során egyes években, főleg aszályos évjáratban a tőszám intervallumon (60-90 ezer tő ha^{-1}) szakmailag értelmezhetetlen eredményeket kaptak, véleményük szerint az intervallum tartomány túl kicsi volt a tőszám-termés kapcsolat kimutatására.

58. táblázat: A tőszámsűrítés hatása a termésre hibridek átlagában
(Hajdúszoboszló, 2015)

Tő ha^{-1}	Termésátlag (t ha^{-1})	Terméstöbblet (t ha^{-1})	SzDs% (t ha^{-1})
60.000	6,81		ns
70.000	6,88	+ 0,07	
80.000	6,74	– 0,14	

A 23. ábrán a terméseredményeket hibridenként tüntettük fel, amely alapján megállapítható, hogy a 70 ezer tő ha^{-1} -nál nagyobb állománysűrűség a hibridek többségénél termésdepressziót okozott. Egyes hibridek, kedvezőtlen évjáratban és extrém klimatikus viszonyok mellett a tőszámnövelésre kevésbé reagálnak, pl. a P9241-es hibrid, a Kenéz vagy a Kamaria hibrid. Míg más hibrideknél termésbeni változást okozott a tőszámsűrítés; a P9486-os hibrid a tőszámsűrítés hatására bizonyíthatóan termésnövekedéssel reagált (SzD_{5%}: 0,58 t ha^{-1}) (59. táblázat). A fentiek alapján megállapítható, hogy a 2015-ös extrém száraz évben a tőszám nem befolyásolta jelentősen a termést a vizsgált tőszám tartományban.



23. ábra: Az állománysűrítés hatása a termésre a műtrágyakezelések átlagában
(Hajdúszoboszló, 2015)

Amennyiben a műtrágyakezeléseket is figyelembe vesszük (kontroll, N80+PK, N160+PK), megállapítható, hogy többnyire a legkisebb tőszám eredményezte a legnagyobb termést, majd a tőszám növelésével a termések csökkentek. A P9486-os hibrid termése műtrágyázatlan kezelésnél 60.000 tő ha^{-1} állománysűrűségen 7,13 t ha^{-1} , a tőszámok növelésével ez az érték 6,4 t ha^{-1} -ra csökkent. Hasonló eredményeket produkált a Kenéz hibrid is N80+PK műtrágya kezelésnél a tőszámnövelés 7,02 t ha^{-1} -ról 6,63 t ha^{-1} -ra csökkentette a termést (59. táblázat).

Megállapítható, hogy a DKC4717-es hibrid a többi hibridtől eltérően viselkedett 2015-ben, ennek a hibridnek a magasabb tőszám kedvezett. Minden műtrágyakezelésnél 60 ezres tőszámon érte el a legkisebb termést, 70 ezerre növelve a tőszámot

termésnövekedést kaptunk. A termésnövekedés mértéke azonban a szignifikáns szintet nem érte el. Magasabb tőszámot kedvelő hibridek közé sorolhatjuk.

Mint tudjuk, a tőszámnövelést a víz és a tápanyagellátás befolyásolja a legnagyobb mértékben. A magasabb állománysűrűségnek a vízigénye jóval nagyobb. Ez a vízmennyiség a 2015-ös évben nem volt biztosítva.

59. táblázat: Az állománysűrítés hatása a termésre különböző tápanyagszinteken (Hajdúszoboszló, 2015)

<i>Hibrid</i>	<i>Tő ha⁻¹</i>	<i>Termés (t ha⁻¹)</i>				<i>SzD_{5%}</i> (t ha ⁻¹)
		<i>Kontroll</i>	<i>N80+PK</i>	<i>N160+PK</i>	<i>Átlag</i>	
<i>P9486</i>	<i>60.000</i>	7,13	7,45	7,36	7,31	0,58
	<i>70.000</i>	6,70	7,45	7,32	7,16	
	<i>80.000</i>	6,40	7,14	6,54	6,69	
<i>P9241</i>	<i>60.000</i>	7,07	8,01	7,40	7,49	ns
	<i>70.000</i>	7,00	8,03	7,87	7,63	
	<i>80.000</i>	6,70	7,83	7,34	7,29	
<i>DA Sonka</i>	<i>60.000</i>	5,58	6,69	6,58	6,28	ns
	<i>70.000</i>	5,28	6,71	7,12	6,37	
	<i>80.000</i>	5,98	6,13	6,38	6,16	
<i>Kenéz</i>	<i>60.000</i>	5,77	7,02	6,75	6,51	ns
	<i>70.000</i>	5,88	6,60	6,55	6,34	
	<i>80.000</i>	5,67	6,63	6,76	6,35	
<i>DKC4717</i>	<i>60.000</i>	5,99	6,36	6,60	6,32	ns
	<i>70.000</i>	6,58	7,13	7,24	6,98	
	<i>80.000</i>	6,73	7,36	6,76	6,95	
<i>Kamaria</i>	<i>60.000</i>	6,70	7,39	6,77	6,95	ns
	<i>70.000</i>	6,09	7,38	6,97	6,81	
	<i>80.000</i>	6,60	7,29	7,04	6,98	

4.12.2. 2016. tenyészév

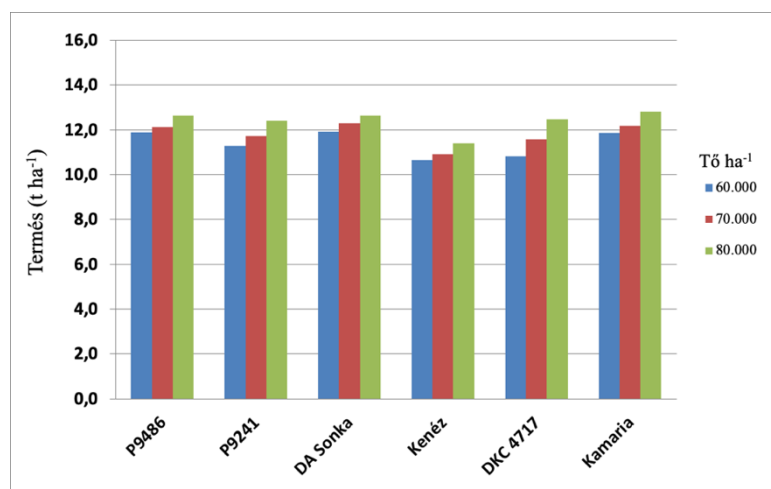
A 2016-os évben jelentős eltéréseket tapasztaltunk az előző évhez képest. A varianciaanalízis eredményeként – habár a hibrid x tőszám interakció esetében továbbra sem jelentkezett szignifikáns különbség – kimutatható volt, hogy a tőszámkezelés statisztikailag is bizonyítható módon befolyásolta a termésátlagot $P=1\%$ -os szinten is (60. táblázat). A szignifikáns különbség $0,15 \text{ t ha}^{-1}$ volt, 5% hibahatárnál.

60. táblázat: A tőszámsűrítés hatása a termésre hibridek átlagában
(Hajdúszoboszló, 2016)

Tő ha ⁻¹	Termésátlag (t ha ⁻¹)	Terméstöbblet (t ha ⁻¹)	SzD _{5%} (t ha ⁻¹)
60.000	11,40		0,15
70.000	11,79	+ 0,39	
80.000	12,38	+ 0,59	

A tőszámsűrítés hatását a hibridek és a műtrágyakezelések átlagában vizsgálva, a következő eredményeket kaptuk: 60 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűsége 11,4 t ha⁻¹, tíz ezerrel növelve a hektáronkénti tőszámot 11,79 t ha⁻¹, a legnagyobb 80 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűsége pedig 12,38 t ha⁻¹ volt a termés. A tőszámot 60-ról 70 ezerre növelve 0,39 t ha⁻¹, a további tőszámsűrítés pedig 0,59 t ha⁻¹ terméstöbbletet eredményezett. Mindkét esetben szignifikáns különbségek voltak a terméseredmények között. Ez elsősorban a kedvező időjárási tényezőknek volt köszönhető. 1,0 t ha⁻¹ terméstöbbletet realizálhattunk ha 60 ezer tő ha⁻¹ helyett 80 ezer tő ha⁻¹ állományűrűséget alkalmaztunk. Az előző aszályos évvel ellentétben, 2016-ban amikor kellő mennyiségű csapadék állt rendelkezésre, a tőszámsűrítés termésmenvelő hatása jelentős és bizonyítható volt.

A tőszámkezelések egymáshoz viszonyított hatásait hibridenként is vizsgáltuk (24. ábra). Minden hibridnél termésmenvekedést tapasztaltunk a tőszámmenvelés hatására. Az egytényezős varianciaanalízis két esetben mutatott ki megbízható különbséget. A P9241 hibrid, valamint a DKC4717 hibrid esetében a 80.000 tő ha⁻¹ állománysűrűség megbízhatóan növelte a termést 60.000 tő ha⁻¹ növényszámhoz viszonyítva. A termésmenvekedés mértéke 1,13 t ha⁻¹ (SzD_{5%}: 0,93 t ha⁻¹) illetve 1,63 t ha⁻¹ (SzD_{5%}: 1,01 t ha⁻¹) volt.



24. ábra: Az állománysűrítés hatása a termésre a műtrágyakezelések átlagában
(Hajdúszoboszló, 2016)

A 61. táblázat a különböző tápanyagszinteken elért terméseredményeket tartalmazza. Ez alapján megállapítható, hogy megfelelő tápanyagellátásnál a legjobb tőszámreakciója a P9241 és a DKC4717 hibrideknek volt. Ezeknek a hibrideknek az egyedi produkciójuk is kedvezően alakult. A DKC4717-es hibrid N80+PK műtrágyakezelésnél a legkisebb tőszámon 10,98 t ha⁻¹ termést ért el, míg a tőszám növelésére (80.000 tő ha⁻¹-on) 2,26 t ha⁻¹ termés többlettel reagált. A P9241-es hibrid tőszámreakciója is kedvező volt 2016-ban, a legmagasabb tápanyagszinten pusztán a tőszám helyes megválasztása 1,84 t ha⁻¹-os különbséget eredményezett.

61. táblázat: Az állománysűrítés hatása a termésre különböző tápanyagszinteken (Hajdúszoboszló, 2016)

<i>Hibrid</i>	<i>Tő ha⁻¹</i>	<i>Termés (t ha⁻¹)</i>				<i>SzD_{5%}</i> (t ha ⁻¹)
		<i>Kontroll</i>	<i>N80+PK</i>	<i>N160+PK</i>	<i>Átlag</i>	
<i>P9486</i>	<i>60.000</i>	10,85	12,24	12,55	11,88	ns
	<i>70.000</i>	11,03	12,26	13,03	12,11	
	<i>80.000</i>	11,60	12,72	13,55	12,62	
<i>P9241</i>	<i>60.000</i>	10,42	11,61	11,76	11,27	0,93
	<i>70.000</i>	10,72	12,15	12,25	11,70	
	<i>80.000</i>	10,79	12,82	13,60	12,40	
<i>DA Sonka</i>	<i>60.000</i>	10,56	12,32	12,87	11,92	ns
	<i>70.000</i>	10,93	12,70	13,21	12,28	
	<i>80.000</i>	11,18	13,23	13,48	12,63	
<i>Kenéz</i>	<i>60.000</i>	9,63	11,03	11,28	10,65	ns
	<i>70.000</i>	9,78	11,19	11,74	10,90	
	<i>80.000</i>	9,99	11,79	12,36	11,38	
<i>DKC4717</i>	<i>60.000</i>	9,95	10,98	11,56	10,83	1,01
	<i>70.000</i>	10,59	11,81	12,35	11,58	
	<i>80.000</i>	10,84	13,24	13,30	12,46	
<i>Kamaria</i>	<i>60.000</i>	10,64	12,39	12,51	11,84	ns
	<i>70.000</i>	10,89	12,53	13,13	12,18	
	<i>80.000</i>	11,31	13,31	13,81	12,81	

Összességében a terméseredmények alapján megállapítható, hogy minden hibrid a legnagyobb termést az N160+PK kezelésen és 80.000 tő ha⁻¹ állománysűrűségen érte el. Ez arra utal, hogy az agrotechnikai tényezők között igen szorosak az interakciók. Amennyiben megfelelő a vízellátottság, úgy a hibrid, a tápanyagellátás és a tőszám közötti kapcsolat nagyon szoros, pozitív összefüggést mutat. A környezeti tényezők javulása jelentős termésnövekedést eredményezett.

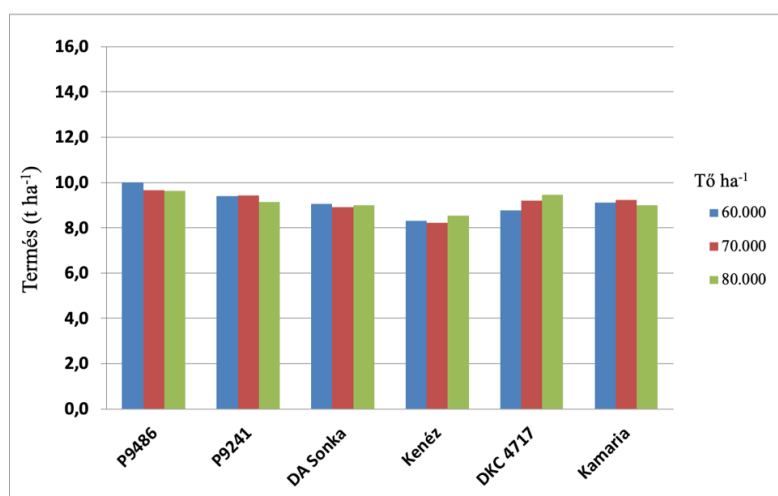
4.12.3. 2017-es tenyésztés

A 2017-es évben a tőszám termésmenvelő hatása – a 2015-ös évhez hasonlóan – kisebb mértékű volt. A kéttényezős varianciaanalízis eredménye alapján az egyes tőszámkezelések között nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség (62. táblázat). A hibridek és a műtrágyakezelések átlagában 60 ezer tő ha⁻¹-on 9,10 t ha⁻¹, 70 ezer tő ha⁻¹-on 9,11 t ha⁻¹, 80 ezer tő ha⁻¹-on 9,12 t ha⁻¹ volt a termés. A különbség minimális, a tőszámnak nem volt hatása a termés alakulására. Ebből arra lehet következtetni, hogy a mai korszerű hibridek kiválóan alkalmazkodnak a tőszám alul vagy túlsűrítéshez. Ha túl alacsony az állománysűrűség, akkor a növény egyedi produkciója nő, de mindenekelőtt a vízellátás mértéke a meghatározó.

62. táblázat: A tőszámsűrítés hatása a termésre hibridek átlagában (Hajdúszoboszló, 2017)

Tő ha ⁻¹	Termésátlag (t ha ⁻¹)	Terméstöbblet (t ha ⁻¹)	SzD _{5%} (t ha ⁻¹)
60.000	9,10	-	ns
70.000	9,11	+ 0,01	
80.000	9,12	+ 0,01	

A tőszámok között szignifikáns különbség hibridenként vizsgálva sem mutatkozott P=5%-os szinten. Azt azonban megállapíthatjuk, hogy a hibridek többségénél terméscsökkenést eredményezett az állománysűrítés, kivéve a DKC 4717-es hibridet, amelynél 2017-ben is azt figyelhattuk meg, hogy a magasabb tőszám pozitív hatással volt a hibrid termésére (25. ábra). A nagyobb állománysűrűség növeli a vízigényt, ez jelenthette a 2017-es évben is a korlátozó tényezőt.



25. ábra: Az állománysűrűség hatása a termésre a műtrágyakezelések átlagában (Hajdúszoboszló, 2017)

A vizsgált hibridek műtrágyázás nélkül 4,98 – 6,28 t ha⁻¹-os termést értek el és ezen az intervallumon belül a kisebb, 60 ezer tő ha⁻¹-nál volt a legmagasabb a termésük. Tápanyag-utánpótlás nélkül a nagyobb, 80 ezer tő ha⁻¹ -os állománysűrűség terméscsökkenést okozott. A legnagyobb műtrágya adagnál a tőszámsűrűség növelése kevésbé csökkentette a terméseredményeket, sőt egyes esetekben még növelte is azokat. A P9241-es hibridnél, míg műtrágyázás nélkül a 80.000 tő ha⁻¹ állománysűrűség a 60.000 tő ha⁻¹-hoz viszonyítva közel 1 t ha⁻¹-os terméscsökkenést produkált, addig N160+PK kezelésnél 0,46 t ha⁻¹-os növekedést eredményezett. A Kenéz hibrid az N160+PK kezelésnél a magasabb tőszám 1,16 t ha⁻¹-os termésnövekedést eredményezett, míg a kisebb műtrágya adagnál vagy azt elhagyva termésnövekedés nem volt megfigyelhető (63. táblázat). Ez bizonyítja azt, hogy kedvező tápanyagellátás nélkül a tőszámsűrítés pozitív hatása nem tud érvényre jutni, illetve a megfelelő tápanyagellátás képes az alul vagy túlsűrítéséből adódó termésveszteségeket valamelyest pótolni.

63. táblázat: Az állománysűrítés hatása a termésre különböző tápanyagszinteken (Hajdúszoboszló, 2017)

<i>Hibrid</i>	<i>Tő ha⁻¹</i>	<i>Termés (t ha⁻¹)</i>				<i>SzD_{5%}</i> (t ha ⁻¹)
		<i>Kontroll</i>	<i>N80+PK</i>	<i>N160+PK</i>	<i>Átlag</i>	
<i>P9486</i>	<i>60.000</i>	6,28	11,27	12,45	10,00	ns
	<i>70.000</i>	5,65	11,03	12,30	9,66	
	<i>80.000</i>	5,43	11,23	12,19	9,62	
<i>P9241</i>	<i>60.000</i>	6,15	10,40	11,62	9,39	ns
	<i>70.000</i>	5,59	10,59	12,13	9,43	
	<i>80.000</i>	5,16	10,21	12,08	9,15	
<i>DA Sonka</i>	<i>60.000</i>	5,84	10,17	11,18	9,07	ns
	<i>70.000</i>	5,04	10,00	11,71	8,92	
	<i>80.000</i>	5,56	9,68	11,73	8,99	
<i>Kenéz</i>	<i>60.000</i>	5,72	9,08	10,07	8,29	ns
	<i>70.000</i>	4,98	8,91	10,79	8,23	
	<i>80.000</i>	5,17	9,19	11,23	8,53	
<i>DKC4717</i>	<i>60.000</i>	5,67	9,62	10,97	8,75	ns
	<i>70.000</i>	5,53	10,16	11,87	9,19	
	<i>80.000</i>	5,82	10,51	12,00	9,44	
<i>Kamaria</i>	<i>60.000</i>	5,68	10,30	11,31	9,10	ns
	<i>70.000</i>	5,98	10,00	11,72	9,23	
	<i>80.000</i>	5,65	9,78	11,54	8,99	

4.12.4. Állománysűrítés hatása a hibridek és tápanyagellátás átlagában (2015-2017)

Kísérletünkben – a vizsgált évek átlagában – a legnagyobb termésátlag ($9,41 \text{ t ha}^{-1}$) a legmagasabb tőszámon mutatkozott, ami a három tőszámkezelés együttes átlagához ($9,26 \text{ t ha}^{-1}$) képest 1,62%-kal volt magasabb; míg a legalacsonyabb termésátlagot ($9,10 \text{ t ha}^{-1}$) a 60.000-es tőszámon kaptuk, amely az átlaghoz képest 1,76%-os terméseszkökenést jelentett. Az átlaghoz legközelebbi termést 70.000 tő ha^{-1} állománysűrűségeen mértünk.

A hibridek, tápanyagkezelések és évek átlagában a tőszámnövelésnek $0,31 \text{ t ha}^{-1}$ volt a hatása, ami a legkisebb és a legnagyobb növényszám közötti terméskülönbséget mutatja. A magasabb tőszám terméshnövelő hatása egyértelműen a 2016-os csapadékos éveknek volt köszönhető. Száraz és átlagos csapadékelátottságú években a tőszámsűrítés terméshnövelő hatása minimális volt, az általunk alkalmazott tőszámok esetében.

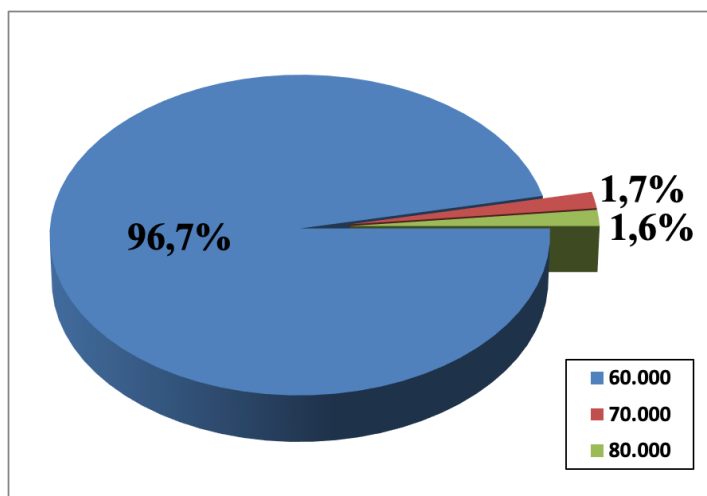
A három év adatsorát együttesen figyelembe véve a tőszámkezelések nem okoztak statisztikailag igazolható különbséget a termésben (64. táblázat). Mindhárom alkalmazott állománysűrűségeen a területegysége vetített termés 9 t ha^{-1} felett alakult. Az általunk alkalmazott legkisebb állománysűrűségeen $9,10 \text{ t ha}^{-1}$, 70.000 tő ha^{-1} beállításával $9,26 \text{ t ha}^{-1}$, míg a legmagasabb tőszámon $9,41 \text{ t ha}^{-1}$ termésátlagot tudtunk elérni a vizsgált hibridek, műtrágyakezelések és évek átlagában. A legkisebb és a legnagyobb állománysűrűségeen elért termésátlagok között $0,31 \text{ t ha}^{-1}$ volt a különbség.

64. táblázat: A tőszám hatása a hibridek, a tápanyagkezelések és vizsgált évek átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tőszám (tő ha^{-1})	Termés (t ha^{-1})	Terméstöbblet (t ha^{-1})	Százalékos megoszlás	SzD _{5%} (t ha^{-1})
60.000	9,10	-	96,7%	ns
70.000	9,26	+ 0,16	+ 1,7%	
80.000	9,41	+ 0,15	+ 1,6%	

A megfelelő állománysűrűség beállításnak a szakirodalom szerint *Berzsenyi et al. (2011)* 20,8%, *Pepó – Csajbók (2014)* 8%, *Nagy (1996a)* szerint 6% a termést meghatározó szerepe. Kísérletünkben mi is megvizsgáltuk az évek átlagában, hogy mekkora ez a hatás. Ha a 80.000-es tőszámnál kapott $9,41 \text{ t ha}^{-1}$ terméseredményt vesszük 100%-nak, hiszen itt értük el a legnagyobb termést, akkor könnyen kiszámolható, hogy 60.000 tő ha^{-1} állománysűrűségeen (ahol a legalacsonyabb volt a termésátlagunk) a termés

közel 97%-át sikerült produkálni. Tehát a tőszámsűrítés a kísérletünkben mindössze 3%-ban befolyásolta a terméseredményt a fent említett számítás alapján (26. ábra).

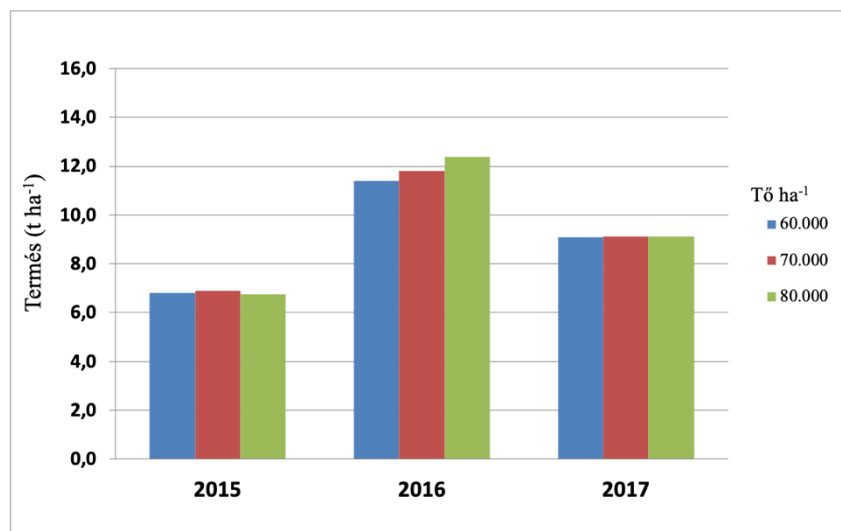


26. ábra: A tőszámsűrítés hatása a hibridek a tápanyagkezelések és vizsgált évek átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

A tőszámkezelés kis mértékű hatása valószínűsíthetően abból adódott, hogy az általunk választott tőszámok (60-70-80 ezer tő ha⁻¹) relatíve alacsony differenciáltságot mutatnak, azonban a gyakorlatban ezeket a tőszámokat alkalmazzák a leggyakrabban, így ezek vizsgálatát tartottuk mi is indokoltnak.

Természetesen volt olyan év, amikor a nagyobb tőszám hatása jobban érvényesült; ilyen volt a 2016-os csapadékos év, amikor 8%-os termésnövekedést eredményezett a magasabb tőszám (27. ábra). 60.000 tő ha⁻¹-on 11,4 t ha⁻¹ volt az átlagtermés, míg 80.000 tő ha⁻¹-on 12,38 t ha⁻¹.

Száraz évjáratban 65-70.000 tő ha⁻¹, átlagos évben 70-75.000 tő ha⁻¹ bizonyult ideálisnak (Sárvári, 2006). Ehhez hasonló megállapításokat tudtunk mi is megállapítani, száraz évjáratban (2015) az alkalmazott tőszámok közül a hibridek többségénél a legkisebb növényszám volt a kedvezőbb, míg csapadékos évben (2016) a nagyobb tőszámok bizonyultak ideálisnak. Átlagos csapadékelátottságú évjáratban az általunk alkalmazott tőszámokon elért terméseredményekben nem mutatkoztak jelentős eltérések.



27. ábra: A tőszám hatása a termés alakulására hibridek és tápanyagkezelések átlagában (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

A hibridek között is megállapíthatunk jelentős különbségeket. A DKC4717-es hibrid tőszámsűrítésre érzékenyen reagált; 2016-ban N80+PK tápanyagkezelésnél 60 ezerről 80 ezerre növelve a tőszámot a termés 2,26 t ha⁻¹-ral emelkedett (61. táblázat), ami 17%-os termésnövekedést jelentett. Hasonlóképp a 2015-ös és a 2017-es évben is eltérően reagált a többi hibridtől, a magasabb tőszám ezekben az években is kedvező hatását fejtette ki (59. táblázat és 63. táblázat). Így megállapítható, hogy a DKC4717-es hibridnél ajánlatos a magasabb, 80.000 tő ha⁻¹ állománysűrűség alkalmazása.

Pepó et. al. (2005) kutatásaik szerint az állománysűrűségben történt változás nem okoz 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. Habár a szakirodalom többsége megállapítja a tőszámnövelés pozitív hatását a termésre, azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni a környezeti feltételeket, a termőhelyi adottságokat vagy a hibridek igényét, de legfőképp a tápanyagellátás mértékét. Ezért fontosak a termőhelyre, technológiára történő fajta és tőszám javaslat alapjait képező agrotechnikai kutatások végzése. Az említett két szakirodalomhoz hasonló eredményeket állapíthattunk meg mi is kutatásunk során.

4.13. Tápanyagellátás hatása a termésre

A kukorica hibridek a tápanyagellátás hatására látványosan növelik a terméseredményeiket. A legnagyobb termésmenvelő hatása a kezdeti kis műtrágyaadagoknak van, majd a növekvő adagok termésmenbblete egyre kisebb lesz és egy bizonyos ponton túl a műtrágyázás már nem okoz termésmenvekedést, illetve aszályos években a nagy adagú műtrágyázás terméscsökkenést is okozhat. A kísérlet során célunk az volt, hogy megállapítsuk a hibridek agroökológiai műtrágya optimumát, vagyis azt a műtrágyaadagot, ami a termésmenagság mellett egyéb szempontokat is figyelembe vesz, pl.: környezetvédelem, anyagi ráfordítás mértéke stb.

4.13.1. 2015-ös tenyészév

A műtrágyakezelések termésmenagságra gyakorolt hatását kéttényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk, a tőszámok átlagában. Az eredmények alapján megállapítható, hogy habár a hibrid x műtrágya kölcsönhatás nem mutatott szignifikáns különbséget, ugyanakkor a műtrágyázás a hibridek átlagában már bizonyíthatóan befolyásolta a termést $P=1\%$ -os szinten. A szignifikáns különbség $0,22 \text{ t ha}^{-1}$ volt (65. táblázat). A viszonylag laza összefüggés oka az aszályos évjárat volt.

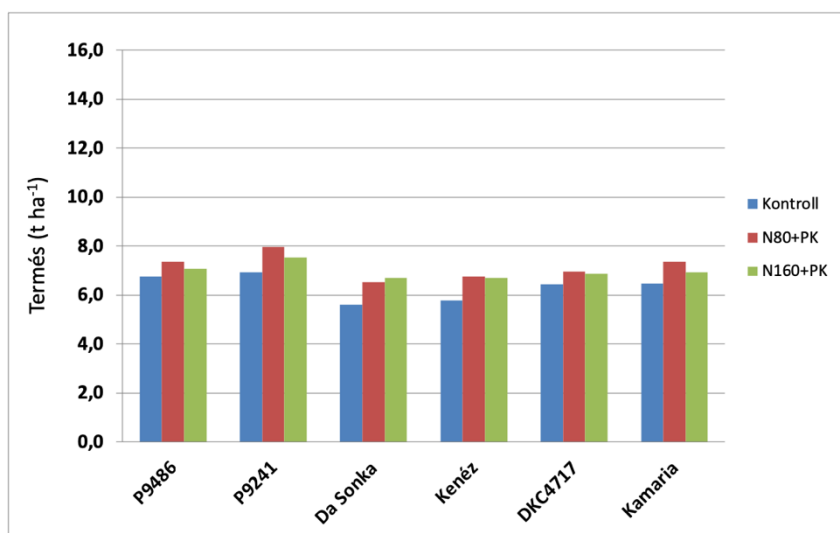
65. táblázat: Az NPK tápanyagellátás hatása a hibridek termésére
(Hajdúszoboszló, 2015)

Műtrágyakezelés	Termésátlag (t ha^{-1})	Termésmenbblet (t ha^{-1})	SzD _{5%} (t ha^{-1})
Kontroll	6,33	-	0,22
N80+PK	7,14	+ 0,81	
N160+PK	6,96	- 0,18	

A kedvezőtlen évjáráttal is összefüggésbe hozható, hogy a vizsgált hibridek termésé műtrágyázás nélkül $6,33 \text{ t ha}^{-1}$ volt, ehhez képest az N80+PK kezelésnél $7,14 \text{ t ha}^{-1}$. A műtrágyakezelés bizonyíthatóan növelte a termést $0,81 \text{ t ha}^{-1}$ -ral. Azonban a műtrágyaadagot tovább növelve a termés nem nőtt, hanem $0,18 \text{ t ha}^{-1}$ -ral csökkent, ami a virágzás, megtermékenyülés és a szemetelődéskori vízhiánnyal magyarázható. A

kifejezetten aszályos időjárás miatt ebben az évben a műtrágya termésmenvelő hatása mérsékelt volt.

A kétféle variációs varianciaanalízis során kölcsönhatás nem mutatkozott, így a műtrágyázások közötti különbség vizsgálatára hibridenként egytényezős varianciaanalízist is készítettünk. Szignifikáns különbséget állapíthattunk meg a műtrágyakezelések között a P9486, P9241, DA Sonka, Kenéz és Kamaria hibrideknél (28. ábra és 66. táblázat). Előbbi hibridek mindegyikénél megállapítható, hogy a műtrágyakezelések szignifikánsan növelték a termést a kontrollhoz képest. Közülük a legnagyobb termést a P9241-es hibrid érte el, $7,96 \text{ t ha}^{-1}$ -t N80+PK tápanyagszinten. Itt tapasztaltuk a tápanyagellátás okozta legnagyobb terméstöbbletet is, $+1,04 \text{ t ha}^{-1}$ -t a kontrollhoz képest. Az N160+PK műtrágyaadag és a N80+PK műtrágyaadag között megbízható különbséget egy esetben sem állapítottunk meg, így annak bizonyítható hatása nem volt.



28. ábra: A tápanyagellátás hatása a hibridek termésére a tőszámok átlagában
(Hajdúszoboszló, 2015)

A 2015-ös év kedvezőtlen időjárási hatásait a kísérleti eredményeink is visszatükrözték. A hibridek termése műtrágyázás nélkül $5,28 - 7,13 \text{ t ha}^{-1}$ között változott (66. táblázat). A kontroll kezelésnél a legnagyobb termést a P9486-os hibrid érte el, $7,13 \text{ t ha}^{-1}$ -t, ezt követte a P9241-es hibrid termése, amely $7,07 \text{ t ha}^{-1}$ volt. Mindkét hibrid a kisebb 60 ezres tő ha^{-1} tőszámsűrűségnél produkálta a legkedvezőbb terméseredményt, műtrágyázatlan területen. Ezeknek a hibrideknek rendkívül jó a talaj természetes tápanyag tartalmát feltáró és hasznosító képessége, ami összefüggésbe hozható az

erőteljesebb gyökérzettel, a gyökérszőrök nagyobb abszorpciós kapacitásával. Az ilyen típusú hibridek egyaránt alkalmasak az intenzív termesztésre, de a mérsékelt ráfordítású „Low Input” technológia alkalmazására is. Műtrágyázás nélkül a legkisebb termést a DA Sonka és a Kenéz hibridek adták (5,28 illetve 5,67 t ha⁻¹), ami azt jelenti, hogy az ilyen típusú hibridek csak kedvezőbb környezeti feltételek mellett képesek a megfelelő produkcióra.

66. táblázat: A tápanyagellátás hatása a hibridek termésére különböző tőszámsűrűségeen (Hajdúszoboszló, 2015)

<i>Hibrid</i>	<i>Műtr.kezelés</i>	<i>Termés (t ha⁻¹)</i>				<i>SzD_{5%}</i> <i>(t ha⁻¹)</i>
		<i>60.000</i>	<i>70.000</i>	<i>80.000</i>	<i>Átlag</i>	
<i>P9486</i>	<i>Kontroll</i>	7,13	6,70	6,40	6,74	0,59
	<i>N80+PK</i>	7,45	7,45	7,14	7,35	
	<i>N160+PK</i>	7,36	7,32	6,54	7,07	
<i>P9241</i>	<i>Kontroll</i>	7,07	7,00	6,70	6,92	0,55
	<i>N80+PK</i>	8,01	8,03	7,83	7,96	
	<i>N160+PK</i>	7,40	7,87	7,34	7,54	
<i>DA Sonka</i>	<i>Kontroll</i>	5,58	5,28	5,98	5,61	0,82
	<i>N80+PK</i>	6,69	6,71	6,13	6,51	
	<i>N160+PK</i>	6,58	7,12	6,38	6,69	
<i>Kenéz</i>	<i>Kontroll</i>	5,77	5,88	5,67	5,77	0,70
	<i>N80+PK</i>	7,02	6,60	6,63	6,75	
	<i>N160+PK</i>	6,75	6,55	6,76	6,69	
<i>DKC4717</i>	<i>Kontroll</i>	5,99	6,58	6,73	6,43	ns
	<i>N80+PK</i>	6,36	7,13	7,36	6,95	
	<i>N160+PK</i>	6,60	7,24	6,76	6,86	
<i>Kamaria</i>	<i>Kontroll</i>	6,70	6,09	6,60	6,47	0,82
	<i>N80+PK</i>	7,39	7,38	7,29	7,35	
	<i>N160+PK</i>	6,77	6,97	7,04	6,93	

4.13.2. 2016-os tenyészév

A műtrágyahatások kiválóan érvényesültek a 2016-os évben. A kéttényezős varianciaanalízis eredménye alapján szignifikáns eltérést tudtunk kimutatni a műtrágyakezelések között P=1%-os szinten, ugyanakkor a hibrid x műtrágya interakció itt sem eredményezett statisztikailag igazolható különbséget a termésátlagokban. A hibridek átlagában vett műtrágyakezelések szignifikáns különbsége 0,17 t ha⁻¹ volt (67. táblázat).

67 táblázat: A tápanyagellátás hatása a termés alakulására (Hajdúszoboszló, 2016)

Műtrágyakezelés	Termésátlag (t ha ⁻¹)	Terméstöbblet (t ha ⁻¹)	SzD _{5%} (t ha ⁻¹)
Kontroll	10,65	-	0,17
N80+PK	12,24	+ 1,59	
N160+PK	12,69	+ 0,45	

A táblázat értékei alapján megállapítható, hogy a kontrollhoz viszonyítva (10,65 t ha⁻¹) az N80+PK kezelés (12,24 t ha⁻¹) 1,59 t ha⁻¹-ral, míg az N160+PK kezelés (12,69 t ha⁻¹) további 0,45 t ha⁻¹-ral növelte a termést a hibridek és a tőszámok átlagában. Bizonyítható különbség volt a kontroll és a két műtrágyakezelés között, valamint a legnagyobb műtrágyaadag alkalmazása is szignifikáns termésnövekedést eredményezett az N80+PK tápanyagkezeléshez képest. A műtrágyázás hatása a 2016-os évben jelentős volt.



29. ábra: A tápanyagellátás hatása a hibridek termésére a tőszámok átlagában (Hajdúszoboszló, 2016)

Hibridenként külön-külön is megvizsgáltuk a műtrágyakezelés hatását egytényezős varianciaanalízissel. A tápanyagellátás minden hibridnél szignifikáns terméseredmény növekedést mutatott (29. ábra és 68. táblázat). A P9486 hibridnél a legkisebb szignifikáns különbség 0,45 t ha⁻¹ volt, amely mindegyik tápanyagkezelésnél kimutatható, tehát az N80+PK műtrágyakezelés és a N160+PK műtrágyakezelés is bizonyíthatóan növelte a termést a kontrollhoz képest, sőt az N80+PK és N160+PK műtrágyakezelések okozta terméseredmények között is jelentkezik a szignifikáns különbség. A többi hibridnél a

legnagyobb műtrágyaadag az N80+PK műtrágyaadaghoz viszonyítva nem okozott megbízható különbséget, csak a kontrollhoz képest voltak szignifikánsak az eltérések.

Műtrágyázás nélkül 9,6-11,6 t ha⁻¹ közötti terméseredményeket értek el a hibridek. Kiemelkedő volt a Kamaria, P9486 és a DA Sonka hibridek, amelyek 11 t ha⁻¹ feletti termést produkáltak a kontroll kezelésnél, 80 ezres tőszámon. Az előbbi két hibrid, kiegészülve a DA Sonka hibriddel az N160+PK kezelésnél már 13 t ha⁻¹ feletti terméseket értek el 70 ezres tőszámon. A 2016-os év termésmaximumát a Kamaria hibrid adta (13,81 t ha⁻¹), N160+PK kezelésnél, 80 ezer tő ha⁻¹ tőszámsűrítésen (68. táblázat).

68. táblázat: A tápanyagellátás hatása a hibridek termésére különböző tőszámsűrűségeen (Hajdúszoboszló, 2016)

<i>Hibrid</i>	<i>Műtr.kezelés</i>	<i>Tőszám (tő ha⁻¹)</i>				<i>SzD_{5%}</i> <i>(t ha⁻¹)</i>
		<i>60.000</i>	<i>70.000</i>	<i>80.000</i>	<i>Átlag</i>	
<i>P9486</i>	<i>Kontroll</i>	10,85	11,03	11,60	11,16	0,45
	<i>N80+PK</i>	12,24	12,26	12,72	12,41	
	<i>N160+PK</i>	12,55	13,03	13,55	13,04	
<i>P9241</i>	<i>Kontroll</i>	10,42	10,72	10,79	10,64	0,61
	<i>N80+PK</i>	11,61	12,15	12,82	12,20	
	<i>N160+PK</i>	11,76	12,25	13,60	12,54	
<i>DA Sonka</i>	<i>Kontroll</i>	10,56	10,93	11,18	10,89	0,54
	<i>N80+PK</i>	12,32	12,70	13,23	12,75	
	<i>N160+PK</i>	12,87	13,21	13,48	13,19	
<i>Kenéz</i>	<i>Kontroll</i>	9,63	9,78	9,99	9,80	0,54
	<i>N80+PK</i>	11,03	11,19	11,79	11,34	
	<i>N160+PK</i>	11,28	11,74	12,36	11,80	
<i>DKC4717</i>	<i>Kontroll</i>	9,95	10,59	10,84	10,46	0,87
	<i>N80+PK</i>	10,98	11,81	13,24	12,01	
	<i>N160+PK</i>	11,56	12,35	13,30	12,40	
<i>Kamaria</i>	<i>Kontroll</i>	10,64	10,89	11,31	10,94	0,59
	<i>N80+PK</i>	12,39	12,53	13,31	12,74	
	<i>N160+PK</i>	12,51	13,13	13,81	13,15	

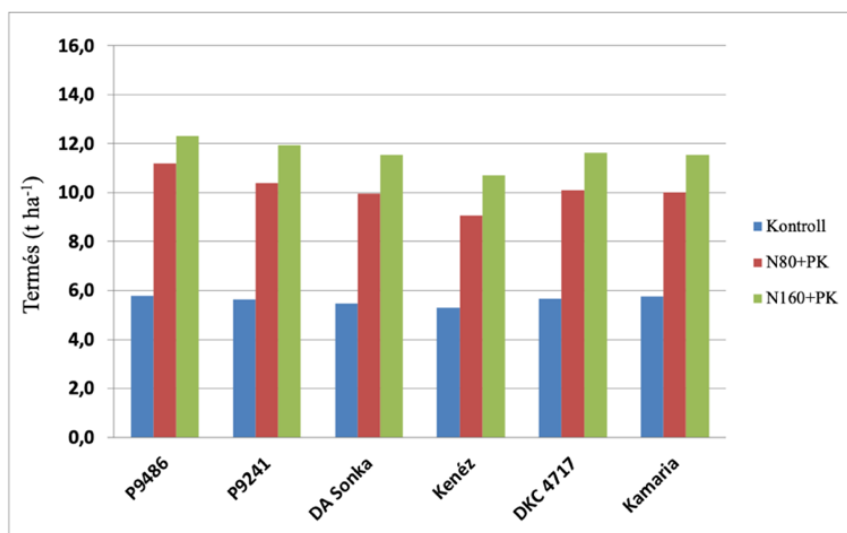
4.13.3. 2017-es tenyésztés

Mivel a 2017-es év kísérletünk harmadik éve volt, a kontroll parcellák tápanyagszintje jelentősen lecsökkent, így a műtrágyázás hatása kiemelkedő volt. A hibridek és tőszámok átlagában kontroll kezelésben $5,61 \text{ t ha}^{-1}$ volt a termésátlag, N80+PK kezelés esetén $10,12 \text{ t ha}^{-1}$, míg N160+PK kezelésnél $11,61 \text{ t ha}^{-1}$ (69. táblázat). Így kiszámolható, hogy műtrágyázatlan kezeléshez képest az N80+PK kezelés $4,51 \text{ t ha}^{-1}$ -ral, míg az N80+PK kezeléshez képest az N160+PK kezelés $1,49 \text{ t ha}^{-1}$ -ral növelte a termést. A hibridek átlagában vizsgálva a műtrágyakezelés hatása $Sz_{5\%}$: $0,22 \text{ t ha}^{-1}$ volt. Tehát a kontrollhoz képest mindkét műtrágyaadag bizonyíthatóan növelte a termést, valamint a két tápanyagkezelés között is bizonyítható volt a különbség. A legnagyobb adag műtrágya hatása is szignifikáns volt. Műtrágyázatlan kezeléshez képest az N160+PK kezeléssel a hibridek és a tőszámok átlagában $6,00 \text{ t ha}^{-1}$ -ral tudtuk növelni a termést, ami 51,7%-os termésnövekedést jelent.

69. táblázat: A tápanyagellátás hatása a hibridek termésére (Hajdúszoboszló, 2017)

Műtrágyakezelés	Termésátlag (t ha^{-1})	Terméstöbblet (t ha^{-1})	$Sz_{5\%}$ (t ha^{-1})
Kontroll	5,61	-	0,22
N80+PK	10,12	+ 4,51	
N160+PK	11,61	+ 1,49	

A műtrágyázás termésre kifejtett hatását a tőszámok átlagában vizsgálva szignifikáns különbséget állapítottunk meg a hibrid x műtrágya kölcsönhatás esetében is ($P=5\%$ -os szinten). Ez azt jelenti, hogy a tápanyagkezelési szintek termésátlaga között nemcsak a hibridek (és a tőszámok) átlagában mutatható ki jelentős eltérés, hanem az egyes hibridek között is igazolható a termésbeni különbség, azaz a hibridek eltérően reagáltak a különböző műtrágyaadagokra. A legkisebb bizonyítható különbség a kölcsönhatás esetében $0,53 \text{ t ha}^{-1}$ volt, amely érték egyszerre veszi figyelembe a műtrágyázás és a hibrid hatását is. Ez alapján megállapítható, hogy a Kenéz hibrid termése szignifikánsan kisebb volt a többi vizsgált hibrid termésétől N80+PK és N160+PK tápanyagkezeléseken is (30. ábra, 70. táblázat). A P9486-os hibrid bizonyíthatóan magasabb termést ért el N80+PK tápanyagszinten minden más vizsgált hibridtől. Műtrágyázatlan kezelésnél a hibridek között szignifikáns különbséget nem lehetett kimutatni, a hibridek $5,3$ és $5,8 \text{ t ha}^{-1}$ közötti terméseredményeket értek el.



30. ábra: A tápanyagellátás hatása a termésre a tőszámok átlagában
(Hajdúszoboszló, 2017)

70. táblázat: A tápanyagellátás hatása a hibridek termésére eltérő tőszámoknál
(Hajdúszoboszló, 2017)

<i>Hibrid</i>	<i>Műtr.kezelés</i>	<i>Termés (t ha⁻¹)</i>				<i>SzD_{5%}</i> (t ha ⁻¹)
		<i>60.000</i>	<i>70.000</i>	<i>80.000</i>	<i>Átlag</i>	
<i>P9486</i>	<i>Kontroll</i>	6,28	5,65	5,43	5,79	0,57
	<i>N80+PK</i>	11,27	11,03	11,23	11,18	
	<i>N160+PK</i>	12,45	12,30	12,19	12,31	
<i>P9241</i>	<i>Kontroll</i>	6,15	5,59	5,16	5,63	0,59
	<i>N80+PK</i>	10,40	10,59	10,21	10,40	
	<i>N160+PK</i>	11,62	12,13	12,08	11,94	
<i>DA Sonka</i>	<i>Kontroll</i>	5,84	5,04	5,56	5,48	0,68
	<i>N80+PK</i>	10,17	10,00	9,68	9,95	
	<i>N160+PK</i>	11,18	11,71	11,73	11,54	
<i>Kenéz</i>	<i>Kontroll</i>	5,72	4,98	5,17	5,29	0,58
	<i>N80+PK</i>	9,08	8,91	9,19	9,06	
	<i>N160+PK</i>	10,07	10,79	11,23	10,70	
<i>DKC4717</i>	<i>Kontroll</i>	5,67	5,53	5,82	5,67	0,48
	<i>N80+PK</i>	9,62	10,16	10,51	10,10	
	<i>N160+PK</i>	10,97	11,87	12,00	11,61	
<i>Kamaria</i>	<i>Kontroll</i>	5,68	5,98	5,65	5,77	0,37
	<i>N80+PK</i>	10,30	10,00	9,78	10,03	
	<i>N160+PK</i>	11,31	11,72	11,54	11,52	

Hibridenként is meghatároztuk a szignifikáns differencia értékét. Erre a számításra azért volt szükség, hogy az egyes hibrideken belül is meg tudjuk vizsgálni a műtrágyázás hatékonyságát. Az eredmény alapján megállapíthatjuk, hogy a műtrágyázás megbízhatóan növelte a termést minden hibridnél, valamint a legnagyobb műtrágyaadag is szignifikánsan termésnövekedést eredményezett N80+PK kezeléshez képest (70. táblázat).

Amennyiben részletesebben is megvizsgáltuk az eredményeket és a tőszámsűrítést is figyelembe vettük, a következő megállapításokat tehetjük. 60 ezres tőszámon a kontroll (műtrágyázás nélküli) kezeléshez viszonyítva az N80+PK kezelés 3,36 – 4,99 t ha⁻¹-ral növelte a termést (3,36 t ha⁻¹-ral a Kenéz hibridnél, míg majdnem 4,99 t ha⁻¹-ral a P9486-os hibridnél). Az N80+PK tápanyagszinthez viszonyítva az N160+PK kezelés további 0,99 – 1,35 t ha⁻¹-os termésnövekedést eredményezett (30. ábra és 70. táblázat). Itt a műtrágya termésnövelő hatása már kisebb volt, mint az alacsonyabb műtrágyaadagnál.

70 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűségen kontroll kezelésnél a hibridek 4,98 – 5,98 t ha⁻¹ között teljesítettek, N80+PK műtrágyakezelés hatására a termések 8,91 és 11,03 t ha⁻¹ közötti értékekre nőttek. Legnagyobb műtrágyaadagon ez az érték már 10,79 és 12,30 t ha⁻¹ között alakult. A termésnövekedés kontroll és N160+PK műtrágyaadag között 5,81-6,32 t ha⁻¹ volt. Nagyobb volt a műtrágya termésnövelő hatása a kontrollhoz képest, mint az alacsonyabb tőszámon, ami annak tulajdonítható, hogy műtrágyázatlan kezelésnél a tőszám növeléssel a termés csökkent, így a műtrágyahatás jobban érvényesült. 80 ezres állománysűrűségen a kontrollhoz viszonyítva az N80+PK kezelés 3,77 – 5,39 t ha⁻¹-ral növelte a termést, az N80+PK-hoz viszonyítva az N160+PK kezelés termésnövelő hatása 1,14-1,59 t ha⁻¹ volt.

4.13.4. Tápanyagellátás hatása a szemtermésre a tőszámok és a hibridek átlagában (2015-2017)

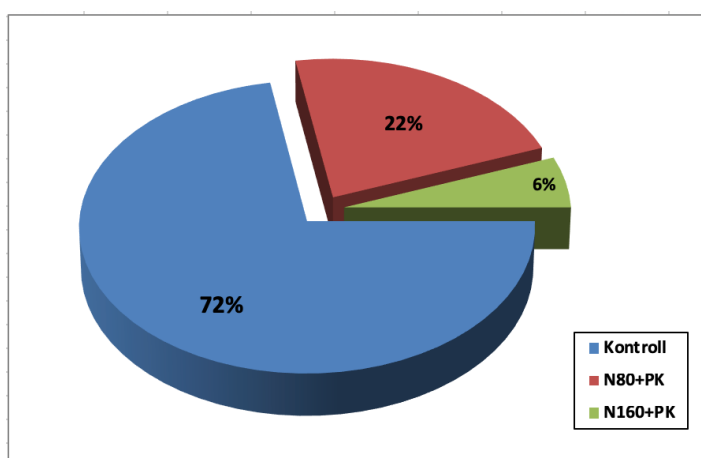
Ha a három évet együtt nézzük a tőszámok átlagában, műtrágyázatlan kezelésben a hibridek termése átlagosan 7,53 t ha⁻¹ volt. N80+PK kezelésnél ez az érték 9,83 t ha⁻¹, a műtrágya adag duplázásával pedig 10,42 t ha⁻¹ volt. Az egytényezős varianciaanalízis eredménye alapján a SzD_{5%}: 0,53 t ha⁻¹, így megállapítható, hogy minden műtrágyaadag bizonyíthatóan növelte a termést.

A kontrollhoz képest az egyes műtrágya adag 2,3 t ha⁻¹-os termésnövekedést eredményezett, a műtrágya adag növelése pedig további 0,59 t ha⁻¹-os többletet jelentett (71. táblázat). A terméstöbblet %-os formában kifejezett értékeit a 31. ábra szemlélteti, ahol az N160+PK kezelés termésátlagát vettük 100%-nak.

Vizsgálataink alapján a kísérletünkben a vizsgált három év során a műtrágyázásnak 28%-os hatása volt a termésre. Ez nagyságrendileg megegyezik Győrffy (1976) 26%, Berzsenyi et. al. (2011) 30,6%, Nagy (1996b) 48%, Pepó és Csajbók (2014) 39,3% véleményével.

71. táblázat: A tápanyagellátás hatása a termésre, a hibridek, a tőszámok és a vizsgált évek átlagában (Hajdúszoboszló 2015-2017)

Tápanyagellátás	Termés (t ha ⁻¹)	Terméstöbblet (t ha ⁻¹)	Százalékos megoszlás	SzD _{5%} (t ha ⁻¹)
Kontroll	7,53	-	72%	0,53
N80+PK	9,83	+ 2,3	+ 22%	
N160+PK	10,42	+ 0,59	+ 6%	



31. ábra: Az NPK műtrágyázás hatása a termésre, a hibridek és a tőszámok átlagában (Hajdúszoboszló, 2015- 2017)

4.13.5. A tápanyagellátás jövedelmezőségi vizsgálata

Ha jövedelmezőség szempontjából is megvizsgáljuk a műtrágyázás hatását, a következő megállapításokat tehetjük. Egy tonna kukorica felvásárlási ára a vizsgált három év átlagában kb. 45.000 Ft volt. Az N80+PK műtrágyaadag, a műtrágyázatlan kezeléshez képest a hibridek és tőszámok átlagában 2,3 t ha⁻¹ termésnövekedést eredményezett kísérletünkben. 2,3 t kukorica értéke körülbelül 103.500 Ft. A nagyobb adag műtrágya további 0,59 t ha⁻¹-os termésnövekedést jelentett, ennek a plusz jövedelme 26.550 Ft ha⁻¹, így összesen 130.050 Ft. Költség oldaláról a 80 kg N, 60 kg P és 70 K hatóanyagú műtrágya ára kb. 40.000 Ft hektáronként, ebből könnyen kiszámíthatjuk, hogy az N80+PK műtrágyaadag esetében 40.000 Ft ráfordítással 103.500 Ft plusz bevételt értünk el, míg az N160+PK műtrágya adag alkalmazása újabb 40.000 Ft költségbe került, ami viszont csak 26.550 Ft plusz bevételt hozott nekünk. Az N160+PK műtrágyaadag nem hozta vissza a plusz anyagi ráfordítást, így alkalmazása nem volt gazdaságos (72. táblázat).

72. táblázat: A tápanyagellátás jövedelmezősége a kukoricatermesztésben (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Tápanyagellátás	Termés (t ha ⁻¹)	TÉ (Ft)	Többlet TÉ (Ft)	Többlet TK (Ft)	Többlet TÉ- Többlet TK (Ft)
Kontroll	7,53	338.850	-	-	-
N80+PK	9,83	442.350	103.500	40.000	63.500
N160+PK	10,42	468.900	130.050	80.000	50.050

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Hazánk éghajlata és a klímaváltozás kiszámíthatatlanná teszik a jövő növénytermesztését, közte a kukoricatermesztést is. A hibrid, az évjárat, a tápanyagellátás és a tőszám egymással szoros kapcsolatban határozzák meg a termesztési eredményeinket. Fontos hangsúlyozni a termésbiztonság növelése céljából, hogy termőhely és hibridspecifikus termesztést kell alkalmaznunk. Figyelembe kell venni az agroökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezőket és a közöttük lévő interakciókat is.

A kísérletünk három éve során a levélterület-index tekintetében hibridek között egy alkalommal se tudtunk megbízható különbséget kimutatni, a DKC4717 hibridnek valamivel kisebb volt a levélterület index értéke a másik két vizsgált hibridétől, a szignifikáns értéket azonban nem érte el. A tápanyagellátás a 2015-ös extrém száraz évet kivéve szignifikánsan növelte a levélterület-index értékét. A kontroll kezeléshez képest a műtrágyázás szignifikánsan növelte a LAI értékeket ($2,91$ és $3,40 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$), viszont az N160+PK műtrágyakezelés az N80+PK műtrágya adaghoz képest bizonyítható különbséget nem produkált ($3,40$ és $3,44 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). Kísérletünk eredményei alapján a tőszámsűrítés hatása is bizonyítható a levélterület-index értékeire. 2016 és 2017-es évben, valamint a három év átlagában is szignifikáns különbséget tudtunk kimutatni a 60.000 és 80.000 tő ha^{-1} állomány-sűrűségű kezelés között. A kialakult levélterület index kedvező vagy átlagos évjáratban jelentős hatást gyakorol a termés nagyságra. A nagyobb egységnyi levélterület jobban hasznosítja a sugárzást, valamint szervesanyag termelése is javul. Extrém száraz években ez a hatás nem bizonyítható. Amikor rendelkezésre állt elegendő csapadék az állományunknak, a regresszió analízis során megállapítható volt, hogy a levélterület index (LAI) hatása meghatározó az elért termések nagyságára. Az összefüggés szoros, pozitív (R^2 értéke: 0,8209 illetve 0,6968).

A kukorica hibridek fotoszintézisének aktivitása a növények öregedésével fokozatosan csökken. A tápanyagellátás hatása is megfigyelhető, hiszen a növényi szövetek öregedésével a legjelentősebben a kontroll parcellákon csökkent a fotoszintézisben megkötött CO_2 mennyisége. A kontroll parcellákon (műtrágyázás nélkül) kisebb volt a levélterület LAI index, ami a fotoszintézis mértékét is csökkentette.

A hibridek átlagában nem tudtunk szignifikáns különbségeket kimutatni sem a tápanyagkezelés, sem a tőszámsűrítés következtében.

Eredményeinkből megállapíthatjuk, hogy a tőszámsűrítésnek a hatása a szemnedvességtartalomra minimális volt kísérletünkben, statisztikailag igazolható szintet nem érte el. A betakarításkori szemnedvesség tartalomra a tápanyagellátásnak és a hibridhatásnak van nagyobb szerepe. A tápanyagellátás növelés hatására kísérletünkben 1-2%-kal magasabbak voltak a hibridek betakarításkori szemnedvességtartalma. Hibridek között is megállapítható volt a különbség, a DKC4717-es hibrid esetében minden vizsgált évben magasabb értékeket mértünk, mint a P9486 vagy DA Sonka hibrid esetében.

Az évjárat hatása a fehérjetartalom változására meghatározónak bizonyult, 2015-ös extrém száraz évben a hibridek fehérjetartalma 1,2-2,5% -kal magasabb volt a 2016-2017 évekhez képest. A tőszámsűrítésnek 2015-ben és 2017-ben nem volt bizonyítható hatása a nyersfehérjetartalomra. Viszont 2016-ban a tőszám növelésével a nyersfehérjetartalom bizonyíthatóan csökkent. Kísérletünkben a Kenéz hibrid fehérjetartalma szignifikánsan nagyobb volt minden évben a többi hibridétől. A legkisebb fehérjetartalma 2015-2017 vizsgálati évben a DCK4717 hibridnek volt. Megállapítható, hogy a tápanyagellátás jelentős hatással van a kukorica nyersfehérje tartalmára, azonban az, hogy a tápanyagellátás pozitív szerepe érvényre jusson, ahhoz megfelelő környezeti tényezőkre (csapadék) van szükség. A vizsgált kukorica hibridek relatív fehérjetartalma és relatív keményítő tartalma között szignifikáns, negatív korreláció mutatkozott. Mindhárom évben szoros, fordítottan arányos összefüggést találtunk a fehérje és a keményítőtartalom között ($r = -0,60$; $-0,77$; $-0,83$ a vizsgált évek sorrendjében). A keményítőtartalom alakulása különösen bioetanol és az izocukor előállítása esetén fontos. A Kenéz hibrid keményítőtartalma minden vizsgálati évben szignifikánsan elmaradt a többi vizsgált hibridétől. A tőszámok növelésével a keményítő tartalom megbízhatóan nőtt. A tápanyagellátás növelésével a keményítőtartalom bizonyíthatóan csökkent 2016-ban és 2017-ben is. Az olajtartalomra vonatkozóan a tőszámsűrítésnek és a tápanyagellátásnak nem volt bizonyítható hatása. A hibridek között azonban volt bizonyítható különbség, a Kenéz hibrid olajtartalma minden vizsgált évben szignifikánsan nagyobb volt a többi vizsgált hibridétől.

A tápanyagellátásnak igen jelentős a kukorica ezerszemtömegére gyakorolt hatása. Az eredményekből megállapítható, hogy az ezerszemtömeget 66,6 grammal is képes növelni a megfelelő tápanyagellátás. A tőszámsűrítés következtében az ezerszemtömeg minden évben csökkent, azonban a szignifikáns határt nem érték el. A tápanyagszintek növelése a hektolitertömeg értékét növelte, a szignifikáns szintet azonban csak 2017-ben érte el. A vizsgálataink eredményeként megállapítható, hogy a tápanyagellátás hatására növekedés volt megfigyelhető a szemsorok számában, azonban ez a szignifikáns értéket csak 2015-ben érte el. A tőszámsűrítés hatását nem tudtuk kimutatni a szemsorok száma esetén. Az egy sorban lévő szemek száma tápanyagkezelés hatására megbízhatóan nőtt. A növényállomány sűrítése negatív hatással volt az egy sorban lévő szemek számára. Szignifikáns eltérés volt megfigyelhető minden évben. A csőhosszra a tápanyagellátás hatása megbízhatóan pozitív volt. A tőszámnövelés ugyanilyen megbízhatósággal, azonban csökkentette a csőhosszúságot. Kísérletünkben a tápanyagellátás szignifikánsan növelte az egy csövön lévő szemek számát. Tőszámsűrítés hatására a csövenkénti szemszám csökkent, azonban ezt statisztikailag igazolni nem tudtuk.

A varianciaanalízis eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a tápanyagszint növelésével a hibridek magassága mindhárom vizsgálati évben bizonyíthatóan növekedett. A tőszámsűrítés a 2016-os csapadékos évet kivéve bizonyíthatóan csökkentette a növénymagasságokat azonban a hatása kisebb mértékű volt, mint a tápanyagkezeléseknek. A hibridek magassága között jelentős különbségek voltak. Minden évben a P9486-os hibrid szignifikánsan alacsonyabb volt a többi vizsgált hibridtől.

Vizsgálataink kiterjedtek a termő-meddő tövek arányának meghatározására is. Megállapítható, hogy műtrágyázás hatására bizonyíthatóan csökken a meddő tövek aránya.

A tápanyagellátás hatására egyértelműen nőtt a talaj humusztartalma, műtrágyázatlan parcellákban ennek értéke 2,42%, míg N160+PK kezeléseknél 2,64%. Ezzel párhuzamosan nőtt a talaj nitrát és nitrit tartalma is 2,37 mg kg⁻¹-ről 7,46 mg kg⁻¹-ra. Valamint kisebb növekedést tapasztaltunk a kálium, kalcium és magnézium tartalomban is.

Kukoricaszár tápelemtartalmának vizsgálata során egyértelműen megállapítható a nitrogén tartalmának növekedése a kukoricaszárban műtrágya adagok növelésének hatására. A szár foszfor és kálium tartalmának változásában nem tudtunk megbízható különbségeket kimutatni.

Biológiai alapok tekintetében jelentős eltéréseket tapasztaltunk a vizsgált hibridek termése között. A Kenéz hibrid termése kísérletünk mindhárom évében elmaradt a többi hibridétől. A DA Sonka hibrid csapadékos években kimagasló termésre lehet képes, azonban átlagos vagy száraz évjárat esetén termése gyengének mondható. Stressztűrő képessége, termésbiztonsága nem kielégítő. Kísérletünkben a legbiztosabb és legnagyobb termése a P9486-os hibridnek volt. A kísérlet mindhárom évében a 3 legjobb termést adó hibrid között volt, ezzel bizonyítva, hogy mind kedvező mind kedvezőtlen körülmények között is kiemelkedő termésre képes. Termesztése különösen javasolt vizsgált termesztési környezetben. A hibridek átlagtermése a három év folyamán $9,26 \text{ t ha}^{-1}$ volt. A leggyengébb és a legjobb termőképességű hibrid termése között a különbség $1,09 \text{ t ha}^{-1}$. A hibridhatást 11%-ban állapítottuk meg, tehát jól érzékelhető a biológiai alapok fontossága.

Kimondottan nagy jelentősége van a kukorica termesztésben, az évjáráthatásnak. Az évjárat az alkalmazandó tápanyagellátást és tőszámot is meghatározza. Kísérletünkben az évjáráthatásnak volt a legnagyobb termést meghatározó szerepe. 2015-ös és 2016-os évjárat között $5,05 \text{ t ha}^{-1}$ különbséget mértünk, ami a 42%-ot is meghaladta. Amikor az adott terméseredményeket összehasonlítottuk a tenyészidőszakban lehullott csapadékkal, bizonyításra került, hogy a tenyészidőszakban lehullott csapadék összege szorosan összefügg a termés nagysággal. Április-szeptember időszakban lehullott csapadék és a kapott termések alapján, az egy mm-re jutó termés 24-28 kg volt.

Vizsgálati eredményeink alapján a tőszámsűrítésre vonatkozóan az alábbi következtetéseket vonhatjuk le. Az évjárat jelentős hatással van a tőszámsűrítés okozta terméseredmények változására. Száraz és átlagos csapadékelátottságú években a tőszámsűrítésnek szignifikáns hatása nem volt a terméseredményekre. A hektáronkénti növényszám növelésével csak csapadékos évjáratban tudtunk megbízható terméseredmény növekedést elérni. A három év adatsorát együttesen figyelembe véve a tőszámkezelések nem okoztak statisztikailag igazolható különbséget a termésben.

Kedvező tápanyagellátottság mellett a tőszámsűrítés hatása jobban érvényesült, csapadékos évjáratban nagyobb volt a termésnövekedés, míg aszályos évben kisebb volt a termés csökkenés mint kedvezőtlen tápanyagellátottság esetén. A három év eredményei alapján kísérletünkben a tőszámsűrítés hatása a termésre kicsi volt, mindössze 3%. A tőszámkezelés kis mértékű hatása valószínűsíthetően abból adódott, hogy az általunk választott tőszámsűrítések (60-70-80 ezer) relatíve alacsony differenciáltságot mutatnak, azonban a gyakorlatban ezeket a tőszámokat alkalmazzák a leggyakrabban, így ezek vizsgálatát tartottuk mi is indokoltnak.

A tápanyagellátás termést meghatározó szerepe vitathatatlan. Kontroll parcellákhoz viszonyítva a műtrágyázás minden évben szignifikánsan növelte a termést. Legnagyobb termésnövelő hatása ($2,3 \text{ t ha}^{-1}$) a kezdeti kisebb műtrágyaadagnak volt (N80+PK), a műtrágyaadag további növekedésével kisebb terméstöbbletet tudtunk csak elérni ($0,59 \text{ t ha}^{-1}$). Az N160+PK tápanyagellátás száraz évjáratban termés csökkenést idézett elő, átlagos és csapadékos évjáratban szignifikánsan növelte a terméseket N80+PK kezeléshez képest. Amikor megvizsgáltuk a ráfordítási költséget, megállapítottuk, hogy az N160+PK tápanyagszint alkalmazása nem javasolt a gyakorlatban hajdúsági csernozjom talajon, nem téríti meg a plusz ráfordítás költségét, valamint száraz évjáratban termésdepressziót is okozhat. Továbbá környezetvédelmi szempontból sem javasolható. Kísérletünkben az N80+PK tápanyagszint bizonyult ideálisnak. Számításunk alapján a kísérletünkben a vizsgált három év során a műtrágyázásnak 28%-os hatása volt a termésre.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A kialakult levélterület index kedvező vagy átlagos évjáratban jelentős hatást gyakorolt a termés nagyságra. Extrém száraz éveken ez a hatás nem bizonyítható. Amikor rendelkezésre állt elegendő csapadék az állományunknak, a regresszió analízis során megállapítható volt, hogy a levélterület index (LAI) hatása nagyon jelentős az elért termések nagyságára. Az összefüggés szoros, pozitív (R^2 értéke: 0,8209 illetve 0,6968).
2. A szemnedvességtartalomra a tőszámsűrítés hatása minimális, a tápanyagellátásnak és a hibridhatásnak van inkább jelentősége.
3. A kukoricahibridek fehérjetartalma között bizonyítható különbség van. A vizsgált hibridek közül a Kenéz hibridnek volt a legmagasabb, míg a DKC4717 hibridnek a legalacsonyabb a fehérjetartalma. Az évjárat hatása a fehérjetartalom változására meghatározó, extrém száraz évben a hibridek fehérjetartalma 1,2-2,5% -kal magasabb volt, mint csapadékos vagy átlagos évjáratban. Megállapítható, hogy a tápanyagellátás jelentős hatással van a kukorica nyersfehérje tartalmára, azonban ahhoz, hogy a tápanyagellátás pozitív szerepe érvényre jusson, megfelelő környezeti tényezőkre (csapadék) van szükség. A kukorica hibridek relatív fehérjetartalma és relatív keményítő tartalma között szignifikáns, negatív korreláció volt. Mindhárom vizsgált évben szoros, fordítottan arányos összefüggést találtunk a fehérje és a keményítőtartalom között ($r = -0,60$; $-0,77$; $-0,83$ a vizsgált évek sorrendjében).
4. A termésképző elemek közül a tápanyagellátás az ezerszemtömegre és az egy csővön lévő szemek számára volt egyértelmű hatással. Műtrágyaadag növelésével nőtt, a növényállomány sűrítésével viszont csökkent az egy sorban lévő szemek száma és a csőhosszúság.
5. A tápanyagszint növelésével a hibridek magassága bizonyíthatóan növekszik. A tőszámsűrítés (csapadékos éveket kivéve) csökkentette a növénymagasságot azonban a hatása kisebb mértékű, mint a tápanyagkezelésnek. Az általunk vizsgált hibridek magassága között jelentős különbségek voltak. A P9486-os hibrid szignifikánsan alacsonyabb volt a többi vizsgált hibridtől.

6. A kukoricatermesztésben az évjárat hatásának van a legnagyobb termést meghatározó szerepe (kb. 40%). Száraz és csapadékos évjárat között 5 t ha⁻¹ termésbeni különbség is előfordulhat, azonos agrotechnika alkalmazása mellett. Megállapítható, hogy a tenyészidőszakban lehullott csapadék összege szorosan összefügg a termésnagysággal. A műtrágyázásnak közel 30%, míg a töszámsűrítésnek mindössze 3% hatása van a termésre a vizsgált hibridek esetében.
7. A töszámsűrítés csapadékos évjáratban éreztette leginkább pozitív hatását, 60 ezer tő ha⁻¹ helyett 80 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűség alkalmazásával kb. 10%-os termésnövekedés volt realizálható. Száraz vagy átlagos évjáratban 60-80 ezer tő ha⁻¹ intervallum között sűrített kukorica állomány termésében bizonyítható különbséget nem tudtunk kimutatni az általunk vizsgált körülmények között. Megállapítható, hogy kedvező tápanyagellátottság mellett a töszámsűrítés hatása jobban érvényesült.
8. Száraz évjáratban N 160 P₂O₅ 120 K₂O 140 kg ha⁻¹ műtrágyaadag termésnövekedést idézett elő hajdúsági csernozjom talajon, azonban átlagos és csapadékos évjáratban termésnövelő hatása bizonyított N 80 P₂O₅ 60 K₂O 70 kg ha⁻¹ kezeléshez képest.

7. GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK

1. Eredményeinkből megállapíthatjuk, hogy a szemnedvességtartalomra a tápanyagellátás mértékének és a hibridhatásnak van meghatározó szerepe. Műtrágyázott kezelések hatására 1-2%-kal magasabb a hibridek betakarításkori szemnedvességtartalma mint a műtrágyázatlan parcellákban. DKC4717-es hibrid esetében minden vizsgált évben magasabb értékeket mértünk, mint a P9486 vagy DA Sonka hibrideknél.
2. A minőség egyre fontosabb szempont a kukoricatermesztésben. Takarmányozás szempontjából a kukorica fehérjetartalma, míg a keményítőtartalom alakulása különösen bioetanol és az izocukor előállítása esetén fontos. Kísérletünkben a Kenéz hibrid fehérjetartalma szignifikánsan nagyobb volt minden vizsgált évben a többi hibridétől. A legkisebb fehérjetartalma a DCK4717 hibridnek volt. Az évjárat hatása a fehérjetartalom változására meghatározónak bizonyul, extrém száraz évben a hibridek fehérjetartalma 1,2-2,5% -kal magasabb, mint átlagos vagy csapadékos évben. A Kenéz hibrid keményítőtartalma minden vizsgálati évben szignifikánsan elmaradt a többi vizsgált hibridétől, olajtartalma viszont kimagasló volt.
3. A hibridek terméspotenciálja eltérő, ezért a megfelelő hibrid megválasztása nagy odafigyelést igényel. Vizsgálataink során hajdúsági csernozjom talajon a legkisebb terméseket a Kenéz hibrid produkálta, termesztése nem javasolt a vizsgált tájörzetben. A DA Sonka hibrid csapadékos években kimagasló termésre képes, azonban átlagos vagy száraz évjárat esetén termése gyengének mondható. Stressztűrő képessége, termésbiztonsága nem kielégítő. A legbiztosabb és legnagyobb termése a P9486-os hibridnek volt. A kísérlet mindhárom évében a 3 legjobb termést adó hibrid között szerepelt, ezzel bizonyítva, hogy mind kedvező mind kedvezőtlen körülmények között is kiemelkedő termésre képes.
4. A gyakorlat számára az átlagosnál (70-72 ezer tó ha⁻¹) alacsonyabb állománysűrűség alkalmazása, közepes-jó tápanyagellátottságú csernozjom talajon nem javasolt, ugyanis még extrém száraz évjáratban sem tudtunk magasabb terméseket elérni alacsonyabb (60 ezer tó ha⁻¹) tőszámon. Átlagostól magasabb tőszám (80 ezer tó ha⁻¹) alkalmazása csak abban az esetben javasolható, ha megfelelő a tápanyagellátottság mértéke, valamint ideálisak az ökológiai és

klimatikus adottságok (csapadék) a kukorica számára. Kedvező tápanyagellátottság mellett a töszámsűrítés hatása jobban érvényesül, csapadékos évjáratban nagyobb a termésnövekedés, míg aszály esetén kisebb a termésesökkenés, amit a magas töszámsűrűség (vízhiány) eredményez. A hibridek töszámreakciója is eltérést mutat, egyes hibridek jobban reagálnak a töszámsűrítésre akár pozitívan vagy negatívan (pl.: DKC 4717), míg más hibridek széles töszámoptimum intervallummal rendelkeznek, így az állománysűrítést képesek rugalmasan lereagálni (pl.: P9486).

5. A kísérlet több éves eredményei alapján az N 160 P₂O₅ 120 K₂O 140 kg ha⁻¹ vagy ennél magasabb műtrágyaadag alkalmazása nem javasolt hajdúsági csernozjom talajon. Az N 80 P₂O₅ 60 K₂O 70 kg ha⁻¹ kezeléshez képest nem okoz akkora terméstöbbletet, hogy a plusz ráfordítás költségét megtérítse, valamint száraz évjáratban termésdepressziót is okozhat a nagymértékű tápanyagellátás. Környezetvédelmi szempontból sem javasolható ilyen adagú tápanyag kijuttatása. Eredményeink alapján a gyakorlat számára 80 kg nitrogén és hozzá tartozó foszfor és kálium adagok alkalmazását javasoljuk. Ezt az adagot igény szerint 120 kg-ig lehet növelni, de figyelembe kell venni a talaj AL oldható, felvehető tápanyag tartalmát is.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A kukorica az emberiség egyik legfontosabb növénye, mind a világ mind Magyarország növénytermesztésében meghatározó szerepet játszik. Utóbbi években vetésterülete hazánkban valamelyest csökkent, aminek elsődleges oka a termésstabilitás csökkenése ezáltal a jövedelmezőség kiszámíthatatlansága. A globális klímaváltozás okozta rapszodikus időjárás, a csökkenő csapadékmennyiség és a magas 30-35 °C feletti hőmérséklet nem kedvez a kukorica zavartalan fejlődésének. Az elmúlt évszázadban az évi középhőmérséklet 1 °C-kal nőtt, a csapadék sokévi átlaga viszont jelentősen csökkent.

Magyarországon a kukorica országos termésátlaga átlagos vagy kimondottan csapadékos években eléri a 7-8 t ha⁻¹-t ami jónak mondható. Az aszályos években azonban a termésátlag mindössze 4-5 t ha⁻¹ körül alakul ami 50-60%-os eltérést mutat a kedvező évekhez képest. Ezt a nagymértékű termésátlag ingadozást lenne szükséges mérsékelni, amit szakszerű agrotechnikai tényezőkkel, valamint korszerű biológiai alapok alkalmazásával tudunk leghatékonyabban. Az agrotechnikai elemek közül a tápanyagellátás és a tözszámsűrítetőség az a két tényező, ami a termésmennyiségeken túl a termésbiztonságra is nagymértékben hat. A kukorica termesztés technológiájának fenntartható fejlesztésével összefüggő kutatásom célkitűzései az alábbiak voltak: A kukorica termésének és termésbiztonságának a növelését szolgáló agrotechnikai tényezők hatásainak számszerűsítése. Az eltérő genetikai alapú és különböző tenyészidejű kukorica hibridek harmonikus tápanyag ellátásnak kidolgozása és az optimális töszám mellett a töszámoptimum intervallum meghatározása. Hibridspecifikus termesztéstechnológiák továbbfejlesztése, ami elősegítheti a fenntartható, fejlődő kukoricatermesztést, különös tekintettel a termésbiztonság növelését.

A kukorica tápanyagellátásról és töszámbeállításáról szóló kísérletet Prof. Dr. Sárvári Mihály egyetemi tanár témavezetésével, támogatásával és szakmai irányításával állítottuk be Hajdúszoboszlón 2015-2017 években saját területen. A kivitelezésére egy 8 hektáros tábla állt rendelkezésünkre így nagyparcellás, félüzemi körülmények között végezhattük kísérletünket, amihez a géppark is adott volt. Egy parcella mérete 34 x 6,08 méter, nettó területe 206,7 m² volt. Hat eltérő genetikai tulajdonságú és tenyészidejű hibridet vizsgálunk, három műtrágya adag és három féle töszám beállításával, mindezt három ismétlésben. Így a parcellák száma 162 db volt. A kísérlet három évében az időjárásnak meghatározó szerepe volt mind a termésmennyiség, mind a szemnedvesség-tartalmak alakulása szempontjából. A klímaváltozás okozta időjárási szélsőségek rendkívül jól

megmutatkoztak a kutatás során, ugyanis első évben aszályról, második évben bőséges csapadékról, harmadik évben a 30 éves átlagoknak megfelelő időjárási adatokról számolhatunk be. A három nagymértékben eltérő évjárat alkalmas volt a különböző genetikai hátterű hibridek alkalmazkodóképességének meghatározására is.

A kukoricahibridek levélterülete igen eltérő volt a három vizsgált évben. A tápanyagellátás (a 2015-ös extrém száraz évet kivéve) szignifikánsan növelte a levélterület-index értékét. Amikor a három év adataiból átlagot vettünk, akkor is kimutatható volt, hogy a kontroll kezeléshez képest a műtrágyázás szignifikánsan növelte a LAI értékeket ($2,91$ és $3,40 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$), viszont az N160+PK műtrágyakezelés az N80+PK műtrágya adaghoz képest bizonyítható különbséget nem produkált ($3,40$ és $3,44 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). Kísérletünk eredményei alapján a tőszámsűrítés hatása is bizonyítható a levélterület-index értékeire. 2016 és 2017-es évben, valamint a három év átlagában is szignifikáns különbséget tudtunk kimutatni a 60.000 és $80.000 \text{ tő ha}^{-1}$ állománysűrűségű kezelés között. Vizsgálataink során figyelemmel kísértük, hogy milyen összefüggések állapíthatók meg a kukoricahibridek levélterület indexe (LAI) és az elért szemtermés között. A 2016-os és 2017-es években, amikor rendelkezésre állt elegendő csapadék az állományunknak, a regresszió analízis során megállapítható volt, hogy a levélterület index (LAI) hatása nagyon erőteljes az elért termések nagyságára. Az összefüggés szoros, pozitív (R^2 értéke: $0,8209$ illetve $0,6968$).

A fotoszintetikus aktivitás vizsgálatához szántóföldi fotoszintézis méréseket végeztünk, mely az adott pillanatban jól jellemezte az egyes parcellákon található növények fotoszintetikus aktivitását. A 2016-os kísérleti évről elmondható, hogy a tápanyagellátás a fotoszintézist az első mérés alkalmával növelte ($4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ -mal), a hibridek átlagában, viszont a tenyészidőszak előrehaladtával a tápanyagellátás már nem, vagy csak minimálisan fokozta a fotoszintetikus aktivitás mértékét. A tápanyagellátás hatása 2017-es évben kevésbé mutatkozott a fotoszintetikus aktivitás tekintetében. Megállapítható, hogy a fotoszintetikus aktivitást több tényező és a tényezők közötti lévő interakciók is befolyásolják, pl.: a hibridek genetikai háttere, tenyészideje, a klimatikus tényezők, valamint az agrotechnikai tényezők.

A kukoricatermesztés jövedelmezősége szempontjából nem elhanyagolható tényező betakarításkori szemnedvesség tartalom, hiszen a szárítási költségek negatívan befolyásolják a termelés gazdasági hatékonyságát. Eredményeinkből megállapíthatjuk, hogy a tőszámsűrítésnek a hatása a szemnedvességtartalomra minimális volt

kísérletünkben. A betakarításkori szemnedvesség tartalomra a tápanyagellátásnak és a hibridhatásnak van inkább szerepe.

Kísérletünk vizsgálatai a kukorica beltartalmi paramétereire is kiterjedtek. Kísérletünkben a Kenéz hibrid fehérjetartalma szignifikánsan nagyobb volt minden évben a többi hibridétől. Az évjárat hatása a fehérjetartalom változására meghatározónak bizonyult, 2015-ös extrém száraz évben a hibridek fehérjetartalma 1,2-2,5%-kal magasabb volt a 2016-2017 évekhez képest. Megállapítható, hogy a tápanyagellátás jelentős hatással van a kukorica nyersfehérje tartalmára, azonban az, hogy a tápanyagellátás pozitív szerepe érvényre jusson, ahhoz megfelelő környezeti tényezőkre (csapadék) van szükség. Ha a környezeti tényezők nem megfelelőek, akkor nemcsak a terméseredmények, de a minőségi változások sem jutnak érvényre, ugyanis a növényi tápanyagfelvétel akadályozott. A vizsgált kukorica hibridek relatív fehérjetartalma és relatív keményítő tartalma között szignifikáns, negatív korreláció mutatkozott. A keményítőtartalom alakulása különösen bioetanol és az izocukor előállítás esetén fontos. A Kenéz hibrid keményítőtartalma minden vizsgálati évben szignifikánsan elmaradt a többi vizsgált hibridétől. A tőszámok növelésével a keményítő tartalom megbízhatóan nőtt. A hibridek között kiemelkedő a Kenéz hibrid olajtartalma. Az olajtartalomra vonatkozóan a tőszámsűrítésnek és a tápanyagellátásnak nem volt bizonyítható hatása. Az évjárat jelentős hatással van a kukorica minőségére, mindhárom vizsgált beltartalmi értéknél szignifikáns különbségeket tudtunk kimutatni az évek között.

A kukorica termésének nagyságát elsősorban a termésképző elemek (ezerszemtömeg, hektolitersúly, sorok száma, egy sorban lévő szemek száma, csőhossz, csővenkénti szemszám, morzsolási arány) határozzák meg. Az ezerszemtömeg növekedését figyeltük meg a kontroll kezeléshez képest a trágyázott kezelések esetében, mely a kísérletben 2015-ben és 2017-ben is meghaladta a szignifikáns határt. Az eredményekből megállapítható, hogy az ezerszemtömeget 66,6 grammal is képes növelni a megfelelő tápanyagellátás. A tápanyagszintek növelése a hektolitersúly értékét is növelte, a szignifikáns szintet azonban csak 2017-ben érte el. Az egy sorban lévő szemek száma tápanyagkezelés hatására megbízhatóan nőtt 2015-ben és 2017-ben is. A növényállomány sűrítése azonban negatív hatással volt az egy sorban lévő szemek számára. A csőhosszra a tápanyagellátás hatása megbízhatóan pozitív volt. A tőszámnövelés ugyanilyen megbízhatósággal, azonban csökkentette a csőhosszúságot. 2017-ben 60.000 tő ha⁻¹ állománysűrűségen 17,9 cm volt az átlagos csőhossz, míg 80.000 tő ha⁻¹ -on mindössze 16,1 cm. Kísérletünkben a tápanyagellátás szignifikánsan növelte az egy csővön lévő

szemek számát. Tőszámsűrítés hatására a csövenkénti szemszám csökkent, azonban ezt statisztikailag igazolni nem tudtuk.

A varianciaanalízis eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a tápanyagszint növelésével a hibridek magassága mindhárom vizsgálati évben bizonyíthatóan növekedett kísérletünkben. 2015-ben és 2017-ben a növényállomány sűrítésével a hibridek magassága bizonyíthatóan csökkent, azonban a 2016-os évre ez nem igaz. 2016-ban csapadékos volt az évjárat, ezért a sűrű állomány is elegendő vízhez jutott, ami miatt a növénymagasságban nem volt változás. A hibridek magassága között jelentős különbségek voltak. Minden évben a P9486-os hibrid szignifikánsan alacsonyabb volt a többi vizsgált hibridtől. Vizsgálataink kiterjedtek a termő-meddő tövek arányának meghatározására is. Megállapítható, hogy műtrágyázás hatására csökkent a meddő tövek aránya, 2016-ban 0,56%, míg 2017-ben 0,81%-kal. Mindkét esetben megbízható különbséget állapíthatunk meg. A kísérlet utolsó évében (2017) megvizsgáltuk, hogy hogyan változott a talaj tápelemtartalma a tápanyagkezelések hatására. A bővített talajvizsgálat eredményei alapján a következő megállapításokat tehetjük. A tápanyagellátás hatására egyértelműen nőtt a talaj humusztartalma, műtrágyázatlan parcellákban ennek értéke 2,42%, míg N160+PK kezeléseknél 2,64%. Ezzel párhuzamosan nőtt a talaj nitrát és nitrit tartalma is 2,37 mg kg⁻¹-ről 7,46 mg kg⁻¹-ra. Valamint kisebb növekedést tapasztaltunk a kálium, kalcium és magnézium tartalomban is. 2016 és 2017 években vizsgáltuk a tápanyagellátás hatását a kukoricaszár tápelemtartalmára. Egyértelműen megállapítható a nitrogén tartalmának növekedése a kukoricaszárban műtrágya adagok növelésének hatására. A szár foszfor és kálium tartalmának változásában nem tudtunk megbízható különbségeket kimutatni.

A biológiai alapok jelentősége is meghatározó a kukoricatermesztés szempontjából. A legkisebb terméseket a Kenéz hibrid produkálta, a kísérlet mindhárom évében az utolsók között szerepelt és a többi hibridtől bizonyíthatóan elmaradt. A DA Sonka hibrid csapadékos években kimagasló termésre lehet képes, azonban stressztűrő képessége gyengének mondható. Termésbiztonsága nem kielégítő. Kísérletünkben a legbiztosabb és legnagyobb termése a P9486-os hibridnek volt. A kísérlet mindhárom évében a 3 legjobb termést adó hibrid között volt, ezzel bizonyítva, hogy mind kedvező mind kedvezőtlen körülmények között is kiemelkedő termésre képes.

Kísérletünkben az agrotechnikai tényezők közül az évjáráthatásnak volt a legnagyobb termést meghatározó szerepe. Az évjáráthatást kísérletünkben 5,05 t ha⁻¹-ban állapítottuk meg, ez 42,58%-ot jelent. Az is megállapítható, hogy a tenyészidőszakban lehullott

csapadék összege szorosan összefügg a termés nagysággal. Ha az átlagtermést elosztjuk a tenyészidőszakban hullott csapadékösszeggel, akkor megkapjuk az egy mm-re jutó termés mennyiségét. Ez 2015-ben 24 kg mm^{-1} , 2016-ban és 2017-ben pedig 28 kg mm^{-1} volt.

A tőszám a termést - kedvező évjáratban, korszerű egyéb agrotechnikai tényezők mellett - nagymértékben befolyásoló tényező. A 2015-ös év kedvezőtlen volt időjárás szempontjából, a vizsgált hat hibrid tőszáma és termése közötti összefüggés a különböző tápanyagkezeléseknél csak mérsékelt volt. Statisztikai szempontból elemezve a tőszámkezelések termés nagyságra kifejtett hatását kéttényezős varianciaanalízist készítettünk, amely során a műtrágyakezelések átlagában vizsgáltuk a hibridek termését. Az eredmények alapján szignifikáns különbség nem volt kimutatható a hibrid x tőszám kölcsönhatás esetében, illetve a hibridek átlagában sem okoztak jelentős eltérést a tőszámkezelések. A legkisebb tőszámhoz viszonyítva mindössze $0,07 \text{ t ha}^{-1}$ -os termésnövekedést eredményezett a $70.000 \text{ tő ha}^{-1}$ növényállomány alkalmazása. A tőszám további növelésével pedig termésdepresszió lépett fel, ami főleg a hő- és szárazságstressz következménye. Ebben az esetben a termés $0,14 \text{ t ha}^{-1}$ -ral csökkent a $70.000 \text{ tő ha}^{-1}$ állománysűrűséghez képest. A 2016-os évben jelentős eltéréseket tapasztaltunk az előző évhez képest. A varianciaanalízis eredményeként – habár a hibrid x tőszám interakció esetében továbbra sem jelentkezett szignifikáns különbség – kimutatható volt, hogy a tőszámkezelés statisztikailag is bizonyítható módon befolyásolta a termésátlagot $P=1\%$ -os szinten is. A szignifikáns különbség $0,15 \text{ t ha}^{-1}$ volt. A tőszámot 60-ról 70 ezerre növelve $0,4 \text{ t ha}^{-1}$, a további tőszámsűrítés pedig $0,6 \text{ t ha}^{-1}$ terméstöbbletet eredményezett. Mindkét esetben szignifikáns különbségek voltak a terméseredmények között. $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ terméstöbbletet realizálhattunk ha 60 ezer tő ha^{-1} helyett 80 ezer tő ha^{-1} állományűrűséget alkalmaztunk. Megfelelő tápanyagellátásnál a legjobb tőszámreakciója a P9241, a DKC4717 és a Kamaria hibrideknek volt. A 2017-es évben a tőszám hatása – a 2015-ös évhez hasonlóan – kisebb mértékű volt. Az egyes tőszámkezelések között nem jelentkezett statisztikailag igazoló különbség. Ebből arra lehet következtetni, hogy a mai korszerű hibridek kiválóan alkalmazkodnak a tőszám alul vagy túlsűrítéshez. Ha túl alacsony az állománysűrűség, akkor a növény egyedi produkciója nő. A tőszámsűrítés hatása csapadékos évjáratban mutatkozik meg legjobban, ilyenkor kb. 10% termésnövekedést lehet elérni, ha az állománysűrűséget 60 ezer tő ha^{-1} helyett 80 ezer tő ha^{-1} -ban határozzuk meg. A három év átlagában a tőszámsűrítés a kísérletünkben mindössze 3%-ban befolyásolta a terméseredményt. A tőszámkezelés kis mértékű hatása

valószínűsíthetően abból adódott, hogy az általunk választott tőszámsűrítések (60-70-80 ezer) relatíve alacsony differenciáltságot mutatnak, azonban a gyakorlatban ezeket a tőszámokat alkalmazzák a leggyakrabban, így ezek vizsgálatát tartottuk mi is indokoltnak.

A tápanyagellátás minden évben szignifikáns változásokat eredményezett a termésben. Kísérletünk első évében, a vizsgált hibridek termése műtrágyázás nélkül 6,33 t ha⁻¹ volt, ehhez képest az N80+PK kezelésnél 7,14 t ha⁻¹. A műtrágyakezelés bizonyíthatóan növelte a termést 0,81 t ha⁻¹-ral. Azonban a műtrágyaadagot tovább növelve a termés nem nőtt, hanem 0,18 t ha⁻¹-ral csökkent, ami a virágzás, megtermékenyülés és a szemtelítődéskori vízhiánnyal magyarázható. A műtrágyázás hatása a 2016-os évben jelentős volt. A kontrollhoz viszonyítva (10,65 t ha⁻¹) az N80+PK kezelés (12,24 t ha⁻¹) 1,59 t ha⁻¹-ral, míg az N160+PK kezelés (12,69 t ha⁻¹) további 0,45 t ha⁻¹-ral növelte a termést a hibridek és a tőszámok átlagában. 2017-ben is a kontrollhoz képest mindkét műtrágyaadag megbízhatóan növelte a termést, valamint a két tápanyagkezelés között is szignifikáns volt a különbség. Műtrágyázatlan kezeléshez képest az N160+PK kezeléssel a hibridek és a tőszámok átlagában 6,00 t ha⁻¹-ral tudtuk növelni a termést, ami 51,7%-os termésnövekedést jelent. Ha a három évet együtt nézzük a tőszámok átlagában, műtrágyázatlan kezelésben a hibridek termése átlagosan 7,53 t ha⁻¹ volt. N80+PK kezelésnél ez az érték 9,83 t ha⁻¹, a műtrágya adag duplázásával pedig 10,42 t ha⁻¹ volt. Az egytényezős varianciaanalízis eredménye alapján (a SzD_{5%}: 0,53 t ha⁻¹) minden műtrágyaadag bizonyíthatóan növelte a termést. A kontrollhoz képest az egyes műtrágya adag 2,3 t ha⁻¹-os termésnövekedést eredményezett, a műtrágya adag növelése pedig további 0,59 t ha⁻¹-os többletet jelentett. A három év eredményei alapján megállapítható, hogy a legnagyobb termésnövelő hatása (22%) a kezdeti kisebb műtrágyaadagnak van, a műtrágyaadag további növelése a termést nem növeli akkora mértékben (6%). N160+PK tápanyagellátás száraz évjáratban terméseszkökenést idézett elő, átlagos és csapadékos évjáratban szignifikánsan növelte a terméseket N80+PK kezeléshez képest. A műtrágyázás hatása a termésre kísérletünkben 28% volt. Amikor jövedelmezőség szempontjából is megvizsgáltuk a műtrágyázás hatását azt állapítottuk meg, hogy az N160+PK műtrágyaadag nem hozta vissza a plusz anyagi ráfordítást, így alkalmazása nem volt gazdaságos. Eredményeink alapján a gyakorlat számára a N160+PK műtrágyaadag alkalmazása nem javasolt. Kísérletünkben az N80+PK műtrágyaadag bizonyult ideálisnak.

9. SUMMARY

Maize is one of the most important plants for humankind, and plays a predominant role in the plant production of both the world and Hungary. In recent years, its acreage has slightly decreased in Hungary, which was caused primarily by the decrease in yield stability and, consequently, the unpredictability of profitability. The rhapsodic weather generated by global climate change, the decreasing amount of rainfall and high temperatures over 30-35 °C are not favourable for the smooth development of maize. In the past century, the annual average temperature has increased by 1 °C, but the average precipitation of many years has significantly decreased.

In Hungary, the annual fluctuation of the average yield is fairly high: it can reach even 50-60%. The domestic average yield of 7-8 t ha⁻¹ is achieved only in favourable, average years, while it is only around 4 t ha⁻¹ in the years of drought. Among agrotechnical factors, the nutrient supply and the planting density are the ones that have an effect not only on the yields, but on yield stability as well. The objectives of my research relating to the sustainable development of the production technology of maize were the following: to quantify the effects of the agrotechnical factors that support the increase of the yield and yield stability of maize; to develop a balanced nutrient supply for maize hybrids with different genetic base and growing seasons, and to determine both the optimum planting density and the interval of optimum planting densities; the improvement of hybrid-specific production technologies, which can facilitate the sustainable, progressive maize production, and, in particular, the increase of yield stability.

The experiment on the nutrient supply and the setting of planting density of maize took place in Hajdúszoboszló in years 2015-2017, with Prof. Dr. Mihály Sárvári's supervision, support and professional management. For its realization we have had an 8 ha field, thus our experiment could be carried out in large-plot, half-industrial conditions, where the necessary machinery was also available. The size of one plot was 34 x 6.08 m, its net area was 206 m². We tested six hybrids with different genetic characteristics and growing seasons, with the setting of three fertilizer dosages and planting densities, in 3 replicates. Thus, there were 162 plots. In the three years of the experiment, the weather had a determining role in terms of both the yield and the grain moisture content. The weather extremes caused by the climate change could be clearly observed during the research. We can report drought in the first year, high levels of precipitation in the second year, and weather data that correspond to the 30-year average values in the third year. With the

three significantly different crop years, the adaptability of the hybrids of different genetic backgrounds could also be determined.

The planting density, in a favourable crop year and with other, modern agricultural factors, has a high impact on the yield. 2015 was an adverse year in terms of the weather: the correlation between the planting density and the yield of the six tested hybrids was only moderate with the different nutrient treatments. During the analysis of the effect of the different planting densities on the yield from statistical point of view, we used two-factor variance analysis, where we examined the yields of the hybrids in the average of the fertilizer treatments. The results showed that no significant difference could be detected for the hybrid x planting density interaction, and the different planting densities did not generate any considerable difference in the average of the hybrids either. Compared to the lowest planting density, applying the planting density of 70,000 plants ha^{-1} resulted in an increase of only 0.07 t ha^{-1} in the yield. Increasing the planting density, yield depression was observed, which was an effect mainly of the heat and drought stress. In that case the yield decreased by 0.14 t ha^{-1} , compared to the planting density of 70,000 plants ha^{-1} . In 2016, we observed significant differences compared to the previous year. Although the hybrid x planting density interaction did not generate any considerable difference, the results of the variance analysis showed that the application of different planting densities has an impact on the average yield also on level $P=1\%$, that can be demonstrated statistically as well. The significant difference was 0.15 t ha^{-1} . With increasing the planting density from 60,000 to 70,000 plants, an increase of 0.4 t ha^{-1} , and with further increase of the planting density, an increase of 0.6 t ha^{-1} was produced. In both cases there were significant differences between the yield results. We gained 1.0 t ha^{-1} yield increase with applying a planting density of 80,000 plants ha^{-1} instead of 60,000 plants ha^{-1} . With an appropriate nutrient supply hybrids P9241, DKC4717 and Kamaria had the best response to the change of the planting density. The effect of the planting density was lower in 2017, similarly to 2015. No difference could be observed between the results of the different planting densities that could be statistically demonstrated. This suggests that the modern hybrids of today excellently adapt to the too low or too high planting densities. If the planting density is too low, the individual production of the plant increases. The effect of an increase in the planting density is reflected most clearly in a rainy crop year, when approx. 10% yield increase can be produced if a planting density of 80,000 plants ha^{-1} is applied instead of 60,000 plants ha^{-1} . In the average of the three years, the increase of the planting density affected the yield result in only 3%. This low

impact of the planting density resulted probably from the fact that the planting densities we had chosen (60,000; 70,000; 80,000) showed relatively low differentiation. On the other hand, in practice, these are the most commonly applied planting densities, and that is why we considered their examination reasonable.

The nutrient supply brought significant changes in the yield every year. In the first year of our experiment, the yield of the tested hybrids was 6.33 t ha^{-1} without fertilization, while with the N80+PK treatment it was 7.14 t ha^{-1} . The fertilizer treatment demonstrably increased the yield by 0.81 t ha^{-1} . However, with the increase of the fertilizer dosage, the yield did not increase, but decreased by 0.18 t ha^{-1} , which is explained by the lack of water during flowering, fertilization and grain filling. Fertilization had a considerable impact in 2016. Compared to the control treatment (10.65 t ha^{-1}), the yield increased in the average of the hybrids and the planting densities by 1.59 t ha^{-1} with the N80+PK treatment (12.24 t ha^{-1}), while by 0.45 t ha^{-1} in addition to that with the N160+PK treatment (12.69 t ha^{-1}). Also in 2017, compared to the control treatment, both fertilizer dosages reliably increased the yield, and the difference between the results of the two fertilizer treatments was also significant. Compared to a treatment without fertilizer, with the N160+PK treatment, we could increase the yield by 6.00 t ha^{-1} in the average of the hybrids and the planting densities, which was a 51.7% increase in the yield. If the three years are analysed together in the average of the planting densities, with the treatment without fertilizer the yield of the hybrids was 7.53 t ha^{-1} on average. With the N80+PK treatment that value was 9.83 t ha^{-1} , and it was 10.42 t ha^{-1} by doubling the fertilizer dosage. On the basis of the result of the one-way analysis of variance ($SzD_{5\%}$: 0.53 t ha^{-1}), every dosage of fertilizer demonstrably increased the yield. Compared to the control treatment, each fertilizer dosage produced a 2.3 t ha^{-1} yield increase, and the increase of the fertilizer dosage resulted in an additional 0.59 t ha^{-1} yield increase. Based on the results of the three years, it is observed that the initial smaller fertilizer dosage produces the biggest yield increase (22%), and further increase of the fertilizer dosage does not increase the yield to such extent (6%). Compared to the N80+PK treatment, the N160+PK nutrient supply led to a decrease in the yields in a droughty crop year, while in an average or a rainy crop year it significantly increased the yields. In our experiment, fertilization affected the yield in 28%. When we had analysed the effect of fertilization from a profitability point of view, we found that the application of the N160+PK fertilizer dosage had not returned the additional financial input, therefore its application was not

economically viable. Based on our results, in practice, the application of the N160+PK fertilizer dosage is not recommended. In our experiment the N80+PK fertilizer dosage proved ideal.

For maize production, biological bases are also of particular importance. The lowest yields were produced by hybrid Kenéz, that had some of the weakest results in each of the three years, and its performance was demonstrably lagging behind. Its production is not recommended. Hybrid DA Sonka can produce an outstanding yield in rainy years, but its stress tolerance is low. Its yield stability is unsatisfactory. In our experiment, hybrid P9486 produced the most stable and the highest yield. In all the three years of the experiment it was among the hybrids that produced the 3 highest yields, proving that it can produce outstanding yields in both favourable and adverse conditions. Its production is particularly recommended.

Among the agricultural factors, the crop year had the most decisive effect on the yield. In our experiment, we could determine 5.05 t ha^{-1} as the result of the effect of the crop year, which is 42.58%. We also found that there is a strong correlation between the amount of rain fallen during the growing season and the yield. By dividing the average yield by the amount of rain fallen during the growing season, we get the yield per mm. This value was 24 kg mm^{-1} in 2015, and 28 kg mm^{-1} in 2016 and 2017.

The leaf area of the maize hybrids was very different in the three tested years. The nutrient supply (except in 2015, which was an extremely dry year) had significantly increased the value of the leaf area index. When we took averages of the data of the three years, it could also be detected that, compared to the control treatment, fertilization had significantly increased the LAI values (2.91 and $3.40 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$), but the N160+PK fertilizer treatment had not produced a demonstrable difference compared to the N80+PK treatment (3.40 and $3.44 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). The results of our experiment show that the effect of increasing the planting density on the values of the leaf area index can also be detected. In 2016 and 2017, and in the average of the three years as well, we can demonstrate a significant difference between treatments with planting densities of 60.000 and $80.000 \text{ plants ha}^{-1}$. During our examinations, we monitored what kind of correlations could be observed between the leaf area index (LAI) of the maize hybrids and the grain yield they produced. In 2016 and 2017 when there was enough precipitation available for our plant material, with regression analysis, we found that the leaf area index (LAI) had a very strong effect on the yields produced. The correlation was close, positive (values of R^2 : 0.8209 and 0.6968).

To test the photosynthetic activity, we performed field measurements of photosynthesis, which well described the photosynthetic activity of the plants on the given plots, in the given moment. We found that in 2016 the nutrient supply increased the photosynthesis at the time of the first measurement (by $4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), in the average of the hybrids. but later during the growing season it did not increase or only generated a minimum increase in the photosynthetic activity. In 2017, the effect of the nutrient supply on the photosynthetic activity was not that considerable. We found that the photosynthetic activity is affected by more factors and also the interactions between them, e.g. the genetic background and the growing season of the hybrids, the climatic and the agricultural factors as well.

For the profitability of maize production, the grain moisture content at harvest is also an important factor, as the costs of drying reduce the economic efficiency of the production. Our results show that in our experiment the increase of the planting density had a minimum effect on the grain moisture content. The grain moisture content at harvest is affected rather by the nutrient supply and the type of the hybrid.

In our experiment we also examined the nutritional parameters of maize. Hybrid Kenéz had a significantly higher protein content than the other hybrids, in each year. The effect of the crop year on the protein content proved determining: in 2015, which was an extremely droughty year, the protein content of the hybrids was 1.2-2.5% higher than in 2016 and 2017. It is concluded that the nutrient supply has a considerable effect on the protein content of maize, however, to realize its positive impact, appropriate environmental factors (precipitation) are needed. If the environmental factors are not favourable, not only the yield results, but also qualitative changes cannot be produced, since the nutrient uptake of the plants are obstructed. A significant, negative correlation between the protein content and the relative starch content of the tested maize hybrids was detected. Change in the starch content is important especially in case of the production of bioethanol and isoglucose. The starch content of hybrid Kenéz was significantly lower than that of the other hybrids, in each test year. With increasing the planting density, the starch content reliably increased. Compared to the other hybrids, the oil content of hybrid Kenéz is outstanding. The increase of the planting density and the nutrient supply did not have a demonstrable effect on the oil content. The crop year has a considerable impact on the quality of maize: we could detect significant differences between the nutritional values measured in the different years.

The yield of maize is determined mainly by the yield forming elements (the thousand grain weight, the kilogram per hectolitre weight, the number of grain rows, the number of grains per row, the cob length, the number of grains per cob, the shelling rate). We observed that, compared to the control treatment, the thousand grain weight increased in case of treatments with fertilization, and it was more than significant in 2015 and 2017 as well. The results confirmed that the sufficient nutrient supply can increase the thousand grain weight even by 66.6 gram. The increase of the nutrient levels generated an increase in the kilogram hectolitre⁻¹ weight which, however, reached the significant level only in 2017. As an effect of the nutrient treatment, the number of grains per row had reliably increased in 2015 and 2017. On the other hand, the increase of the planting density had a negative effect on the number of grains per row. The nutrient content had a reliable positive effect on the cob length. The increase of the planting density, on the contrary, but with the same reliability, reduced the cob length. In 2017, with 60,000 plants ha⁻¹ planting density the average cob length was 17.9 cm, while with 80,000 plants ha⁻¹ it was only 16.1 cm. We observed that the nutrient supply had significantly increased the number of grains per cob. By increasing the planting density, the number of grains per cob decreased, but we could not verify this observation statistically.

Based on the results of the variance analysis, it can be concluded that by increasing the nutrient level, the height of the hybrids had demonstrably grown in all the three test years. In 2015 and 2017, by increasing the planting density, the height of the hybrids had demonstrably declined, but not in 2016. In 2016 the crop year was rainy, therefore, there was enough water available also for the dense crop, which did not generate any change in the height of the plants. There were considerable differences between the height of the hybrids. Every year, hybrid P9486-os was significantly shorter than the other tested hybrids. We also determined the ratio of productive and sterile plants. We found that as an effect of fertilization, the proportion of sterile plants had decreased by 0.56% in 2016, and by 0.81% in 2017. In both cases reliable differences can be detected. In the last year of the experiment (2017), we examined how the nutritional elements of the soil changed with the nutrient treatments. Based on the results of the extended soil analysis, the following can be concluded. As an effect of the nutrient supply, the humus content of the soil had definitely increased: by 2.42% in plots without fertilization and by 2.64% with N160+PK treatments. At the same time, the nitrate and nitrite content of the soil has also increased from 2.37 mg kg⁻¹ to 7.46 mg kg⁻¹. Also, a slight increase could be observed in the potassium, calcium and magnesium content. In 2016 and 2017, we examined the

effect of the nutrient supply on the amount of nutritional elements in the maize stalk. It could be clearly observed that as an effect of increasing the fertilizer dosages, the nitrogen content of maize stalks increased. We could not detect reliable differences in the change of the phosphorus and potassium content of the stalk.

IRODALOMJEGYZÉK

1. *Antal J.*: 2005. Növénytermesztéstan 1. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 315-316.
2. *Árendás T. - Berzsenyi Z. - Bónis P. - Micskey Gy. - Marton L. Cs.*: 2013. A kukoricatermesztés agrotechnikai elemei: lehetőségek a fejlődési stresszek csökkentésére és növelésére, *Agrofórum Extra* 52: 50-55.
3. *Árendás T. - Bónis P. - Micskey Gy. - Marton L. Cs. - Berzsenyi Z.*: 2014. Technológiai tartalékok a kukoricatermesztésben, *Agrofórum Extra* 57. 54-58.
4. *Árendás T. – Bónis P. – Sugár E. – Fodor N. – Spitkó T. – Marton L. Cs.*: 2018. Művészetek zöldje, Kukorica N-műtrágyázsi kísérletek eredményei Martonvásárról, *Agrofórum extra* 77. 32-34.
5. *Ashok K. – Gupta B. R. – Pathak R. K.*: 2007. Effect of site specific nutrient management on the yield and quality composition of maize (*Zea mays L.*). *Indian Journal of Agricultural Biochemistry* 19. 2. 63-66.
6. *Bálint A.*: 1997. A fehérjeképződés genetikája. In.: *Gazdasági Növényeink produkciógenetikája*. Szerk. Bálint A. Akadémia Kiadó, Budapest. 107-122.
7. *Balogh Á.*: 2009. A fajtaspecifikus tápanyagellátás hatása az őszi búza termésmennyiségére és minőségére. Doktori értekezés. Debrecen.
8. *Bencze G.-Izsáki Z.-Sárvári M.-Futó Z.*: 2016. A relatív klorofilltartalom vizsgálata kukorica (*Zea mays L.*) tápanyagellátási tartamkísérletben.(In: Futó Z. szerk. kihívások a mai modern mezőgazdaságában, Magyar Tudományos Akadémia konferencia kiadványa.) Szent István Egyetemi Kiadó. Szarvas. 74-80.
9. *Bergmann W. – Neubert P.*: 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
10. *Berlin J.-Conant E.-Seve K.-Stone D.*: 2015. Hogyan alkalmazkodjunk? Túlélőkalauz klímaváltozáshoz 2. rész. *National Geographic*. 13. 11: 84-91.
11. *Berzsenyi Z. - Györfly B.*: 1997. Az istállótrágya és műtrágya hatása a kukorica (*Zea mays L.*) termésére és termésstabilitására tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 46. 5. 509-527.
12. *Berzsenyi Z. -Árendás T. - Bónis P. - Micskey G. - Sugár E.*: 2011. Long-term effect of crop production factors on the yield and yield stability of maize in different years. *Acta Agronomica Hungarica*. 59. 3: 191-200.

13. *Berzsenyi Z. – Dang Q.L. – Micskei Gy. – Takács N.*: 2006. Effect of sowing date and N fertilisation on grain yield and photosynthetic rates in maize (*Zea mays* L.) Cereal Research Communications. 34. 1: 409-412.
14. *Berzsenyi Z. – Lap, D. Q.*: 2003. A vetésidő és a N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésére és termésstabilitására. In: Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása. Szerk.: Nagy János. Debrecen. 39-62. p.
15. *Berzsenyi Z. – Varga K. – Berényi Gy.*: 1994. A növényszám és az évjárat hatása a kukorica szemtermésének és terméskomponenseinek alakulására az 1981-1992. években. Növénytermelés. 1. 61-75. p.
16. *Berzsenyi Z.-Janosits L.*: 1953. Tenyésztőterület-kísérlet kukoricával. Növénytermelés. 2: 110-115.
17. *Berzsenyi Z.*: 1989. A növényszám hatása a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára. Növénytermelés. 38. 5. 395-407.
18. *Berzsenyi Z.*: 1993. A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica hibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletben az 1970-1991 években. Növénytermelés. 42. 1. 49-62.
19. *Berzsenyi Z.*: 1996. A növényszám hatásának vizsgálata a kukorica növekedésére Hunt-Person modellel. Növénytermelés. 45. 5-6. 521-542.
20. *Berzsenyi Z.*: 2000. Növekedésanalízis a növénytermesztésben. Növénytermelés. 49. 4. 389-404.
21. *Berzsenyi Z.*: 2009. A nitrogén műtrágyázás hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek növekedésére Richards-függvénnyel. Növénytermelés. 58. 2. 5-21.
22. *Block D.-Gouet J. P.*: 1974. Influence des sommes de temperature sur la date de floraison et evolution de umidiete du grain chez le mais. AGPM-ITCF
23. *Bocz E.-Nagy J.*: 1981. A kukorica víz és tápanyagellátásának optimalizálása és hatása a termés tömegére. Növénytermelés. 30. 6: 539-549.
24. *Bocz E.*: 1974. A szántóföldi növények hazai trágyázásának irányelvei. Debrecen. 65-77.
25. *Bocz E.*: 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. p. 257.
26. *Bocz E.*: 1981. A növénytermesztés ösztönző támogatása. Magyar Mezőgazdaság. 36. 27: 9.
27. *Cakir R.*: 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89: 1-16.

28. *Csajbók J.-Kutasy E.*: 2002. A kukorica fotoszintetikus aktivitása. Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés. Nemzetközi Konferencia, Debrecen, I. kötet. 302-308.
29. *Csajbók J.-Kutasy E.*: 2014. A kukorica vízfelhasználása és asszimilációja közötti összefüggések elemzése. (In: Pepó P. (szerk.) A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei: Prof. Dr. Sárvári Mihály 70 éves. Debrecen. 37-44.
30. *Csaláné K. I.*: 1992. A hektáronkénti tőszámjavaslatunkat a hibridek specifikus tőszámreakciója alapján adjuk meg. *Kutatás és Marketing*. 6. 3: 3.
31. *Dambroth M.* – N. El Bassam.: 1990. Genotypic varoant in plant productivity and consequences for breeding of „low-input cultivars”. In: N. El Bassam et al. (eds.), *Genetic aspects of plant mineral nutrition*, Kluwer Acad. Piblus, 1-7.
32. *Dang Q. L.*: 1992. A növényszám és a műtrágyázás a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésére. Kandidátusi értekezés tézisei, Martonvásár.
33. *Dang T. M. C.*: 1993. Az elmúlt 20 év reprezentatív kukorica hibridjeinek levélállás, levélfelületi index változásai és összefüggése a terméssel. *Növénytermelés*. 42. 1: 1-10.
34. *Debreczeni K.* – *Berecz K.*: 2000. Effect of nutrient supply and site characteristics on NPK yield of different maize hybrids. *Acta Agronomica Hungarica*. 48. 1. 51-63.
35. *Dobos A.*: 2003. Eltérő genotípusú kukorica hibridek szemtermésének szárazanyag-beépülés és vízleadás dinamikája. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen.
36. *Dóka L. F.*: 2018. A vízgazdálkodás speciális kérdései a kukorica termesztésben. *Agrofórum Extra* 77. 49-54.
37. *Duncan W. G.* 1975.: *Maize*. Cambridge University Press. Cambridge, 23-50.
38. *Duvick D. N.* 1997. What is yeald? (In: Edmeades, G. O., Banzinger B., Michelson H. R., Pena-Valdivia C. B: (eds.). *Proceeding of a symposium for developing drought and low N-tolerant maize*). 1996. March. 25-29.
39. *El Hallof N.* – *Sárvári M.*: 2006. Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genetikai adottságú kukoricahibridek termésére, a fotoszintézis és a levélterület alakulására. *Agrártudományi Közlemények*. 2006/23. különszám. Szerk.: Jávör A. 27-34. p.
40. *El Hallof N.* – *Sárvári M.*: 2007.: Relationship between yield quality and quantity of maize hybrids and fertilizer. *Cereal Research Communications*. 35. 2. 369-372.
41. *Ertiro, B. T., Zeleke, H., Friesen, D., Blummel, M., Twumasi-Afriyie, S.*: 2013. Relationship between the performance of parental inbred lines and hybrids for food-feed traits in maize (*Zea mays* L.) in Ethiopia. *Field Crops Research*. 153. 86-93.

42. *Fabijanac D. – Varga B. – Svecnjak Z. – Grbesa D.*: 2006. Grain yield and quality of semiflint maize hybrids at two sowing dates. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 71. 2. 45-50.
43. *Fageria N. K. – Baligar V. C. – Jones Ch. A.*: 1991. Corn uptake and soil accumulation of nitrogen: management and hybrid effects. *Soil Science Society of America Journal*. 55. 875-880.
44. *Freeman K. W. – Kefyalew Girma – Teal R. K. – Arnall D. B. – Tubana B. – Holtz S. – Mosali J. – Raun W. R.*: 2007. Long-term effects of nitrogen management practices on grain yield, nitrogen-uptake and efficiency in irrigated corn. *Journal of Plant Nutrition*. 30. 2021-2036.
45. *Futó Z. – Sárvári M.*: 2015. A kukoricatermesztés technológiájának fejlesztési lehetőségei. Szent István Egyetem Kiadó, Gödöllő, 22-27. p.
46. *Futó Z.*: 2003a. A kukorica vetésidejének hatása a termést befolyásoló tényezők alakulására 2001-2002 évben. *Agrártudományi közlemények (különszám). Acta Agraria Debreceniensis*. 10: 112-117.
47. *Futó Z.*: 2003b. A levélterület hatása a kukorica terméseredményére trágyázási kísérletben. *Növénytermelés*. 52. 3-4. 317-328.
48. *Futó Z.*: 2007. A vetésidő és a tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. Doktori (Ph.D.) értekezés. Debrecen 86-88.
49. *Futó Z.*: 2007b. A vetésidő és a tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. Doktori (Ph.D.) értekezés. Debrecen 82-82.
50. *Gertner C.F.-Eheart J. F.-Linkous W.N.*: 1956. Effects of location, hybrid, fertilizer, and rate of planting on the oil and protein contents of corn grain. *Agronomy Journal*. 48. 63-67.
51. *Gönczi K.*: 2016. Tartsunk lépést a klímaváltozással. Sikernövények okos gazdáknak. Haszon Lapkiadó Kft. Budapest. 7-11.
52. *Gyenesné H. Zs. - Marton L. Cs. - Árendás T.*: 2002. A termőhely hatása a kukorica fehérje- és olajtartalmára. Martonvásár: az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének közleményei. 14. 2. 17-19.
53. *Gyenesné H. Zs. – Kizmus L. – Zámberszky S. – Marton L. Cs.*: 2001. A kukorica fehérje és olajtartalmának, valamint ezerszemtömegének alakulása eltérő ökológiai körülmények között. *Növénytermelés*. Budapest. 50. 4: 385-394.

54. Gyenesné H. Zs., Pók I., Kizmus L., Zsubori Z., Nagy E., Marton L. Cs.: 2002. Plant height and height of the main ear in maize (*Zea mays* L.) at different locations and different plant densities. *Acta Agronomica Hungaria*. 50. 1. 75-84.
55. Györffy B.: 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények*. 35: 239-266 p.
56. Györffy B.: 1979. Fajta, növényszám és műtrágyahatás a kukoricatermesztésben. *Agrártudományi Közlemények*. 38: 309-331.
57. Hegyi Zs., Pók I., Illés O., Szőke Cs., Kizmus L., Marton L. Cs.: 2002. A termőhely, a tőszám és az évjárat hatása a kukorica hibridek termésére. *Növénytermelés*. 51. 4. 425-435.
58. Heszky L.: 2015. A növénytermesztés és a növénynevelés kihívásai a XXI. század elején. *Agrofórum*. 20. 3. 7-12.
59. Hoffmann R. - Karika A. - Varga Cs.: 2018. A kukoricatrágyázás margójára – érdekességek néhány kísérleti eredmény tükrében. *Agrofórum Extra* 77. 36-37.
60. Huzsvai és Nagy.: 1994.: Kukorica (*Zea mays* L.) tőszám és termés összefüggés elemzése különböző biológiai érvényességgel rendelkező modellekkel. *Növénytermelés*. 43. 6. 533-544.
61. Huzsvai L. – Nagy J.: 2003. A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéssel termesztésben. *Növénytermelés*. 52. 5. 533-541.
62. I'só I.: 1958. Országos tenyésztési kísérletek eredményei. (In: I'só I. (szerk.) *Kukoricatermesztési kísérletek 1953-1957.*) Akadémia Kiadó, Budapest, 205-222.
63. I'só I.: 1966. Tenyésztési kísérlet 20 hibriddel szélsőségesen kis tenyésztési területen. (In: I'só I. (szerk.) *Kukoricatermesztési kísérletek 1961-1964.*) Akadémiai Kiadó, Budapest.
64. I'só I.: 1996. Vetésidő-kísérletek kukoricával. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1961-1964.* Szerk. I'só I. Akadémia Kiadó, Budapest. 224-232.
65. Izsáki Z.: 1999. A nitrogén és foszfor ellátottság hatása néhány szántóföldi kultúra fehérjetartalmára és aminosav összetételére. [In: Ruzsányi L. és Pepó P. (szerk.) *Növénytermesztés és környezetvédelem*] MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest. 30-36.
66. Izsáki Z.: 2006a. A kukorica minőségorientált tápanyag-ellátása. 10. 1: 7-12.
67. Izsáki Z.: 2006b. A N- és P-ellátottság hatása a kukoricaszem (*Zea mays* L.) fehérjetartalmára és aminosav-összetételére. *Növénytermelés*. 55. 3-4: 213-230.

68. *Jakab P.*: 2002. A különböző genotípusú kukoricahibridek termőképességének és trágyareakciójának vizsgálata csernozjom talajon. MTA MTB II. Növénytermesztési Tudományos Nap „Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben”. 2001. november 26. Szerk.: Pepó P. – Jolánkai M. Budapest. 152. p.
69. *Jakab P.*: 2003. A tápanyagellátás és a tőszám szerepe a hibridspecifikus kukoricatermesztésben. Doktori (Ph.D.) értekezés. Debrecen. 106-109.
70. *Jellum M. D.- Marion J. E.*: 1966. Factors affecting oil content and oil composition of corn (*Zea mays* L.) grain. *Crop Science* 6. 41-42.
71. *Jordan H. V. – Laird K. D. – Ferguson D. D.*: 1950. Growth and nutrient uptake by corn in a fertilizer-spacing experiment. *Agronomy Journal*. 42. 231-268.
72. *Kádár I. – Márton L.*: 2007. Búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1969-2005 között. *Növénytermelés*. 56. 147-159.
73. *Kaiser H. M. – Riha S. J. – Wilks D. S. – Rossiter D. G. – Sampath R.*: 1993. A farm level analysis of economic and agronomic impacts of gradual climate warming. *American Journal of Agricultural Economics*. 75. 387-398.
74. *Kalocsai R.-Giczi Zs.-Vona V.-Tóth E.A.*: 2018. Az „elfeledet világ” – azaz a mezo és mikroelemek szerepe a kukorica tápanyagellátásában. *Agrofórum Extra* 77. 42-45.
75. *Kiss E.*: 2012. A kukorica fejlődési fázisai - környezeti, agrotechnikai igények, és a beavatkozások lehetőségei. *Agronapló*. 16. 2: 29-32.
76. *Könczöl P.*: 2018. Az állománysűrűség hatása a kukoricahibridek terméseredményeire, illetve a terméskomponensekre. Doktori (Ph.D.) értekezés. Debrecen. 115-118.
77. *Krivián Á. – Sárvári M.*: 2012. Az NPK műtrágyázás hatása a különböző kukorica genotípusok termésmennyiségére és minőségére. *Agrártudományi közlemények, Acta Agraria Debreceniensis*. Debrecen. 48. 101-104. p.
78. *Láng I.*: 2006. A klímaváltozásra való felkészülés hazai feladatai. „Agro-21” Füzetek. 48. 7-9.
79. *Lásztity B. – Biczók Gy. – Elek E. – Ruda M.*: 1985. A műtrágyázás hatása a kukorica fejlődésére és tápanyagforgalmára. II. Tápelemfelvétel. *Agrokémia és Talajtan*. 34. 3-4. 405-420.
80. *Lásztity B.*: 1974. Az NK-műtrágyázás hatásának vizsgálata kukorica jelző-növényen, meszes homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 23. 3-4. 407-415.

81. *Le Bail M. – Jeuffroy M. – Bouchard C. – Barbottin A.*: 2005. Is it possible to forecast the grain quality and yield of different varieties of winterwheat from Minolta SPAD meter measurements? *European Journal of Agronomy*. 23. 4. 379-391.
82. *Lente Á., Pepó P.*: 2009. Az évjárat és néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica termésére csernozjom talajon. *Növénytermelés* 58. 39-51.
83. *Loch J. – Kiss Sz.*: 2014. *Agrokémia*. Debreceni Egyetem Kiadó. Debrecen. 8., 72-89.
84. *Loch J.*: 1992. Foszfortrágyázás. In: *Loch J. – Nosticzius Á. (szerk.): Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 182-184.
85. *Loch J.*: 2004. *Agrokémia* In: *Agrokémiai és növényvédelmi kémia*. Szerk.: *Loch J. – Nosticzius Á.* Mezőgazda Kiadó, Budapest. 15-207.
86. *Lőke Zs.*: 2004. Measurement and modelling average photosynthesis of maize. Kukorica átlagos fotoszintézisének mérése és modellezése. *Journal of Central European Agriculture*. 5. 4: 281-288.
87. *Lönhardné B. É. – Németh I.*: 1989. A N-trágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) levélfelületének alakulására. *Növénytermelés*. 38. 6. 541-549.
88. *MA, D. L., XIE, R.Z., NIU, X.K., LI, S.K., LONG, H.L., LIU, Y.E.*: 2014 Changes in the morphological traits of maize genotypes in China between the 1950s and 2000s. *European Journal of Agronomy*. 58. 1-10.
89. *Marton L. Cs. – Szundy T. – Hadi G. – Pintér J. – Berzsenyi Z. – Árendás T. – Bónis P.*: 2005. A termelői igényekhez igazodó kukoricanemesítés szempontjai Martonvásáron. *Gyakorlati Agrofórum Extra* 9. 2005. február. 11-13.
90. *Marton L. Cs.*: 2014. A kukorica termésátlagok alakulása a világban és itthon. Martonvásár, Az MTA agrártudományi kutatóközpont közleménye. XXVI. évfolyam 2. szám. 2014. február, 4-5.
91. *Máthéné Gáspár G. – Dobos A. – Fodor N.*: 1999. A termőhely és az agrotechnika hatása a kukoricahibridek szemtermésének víztartalom-dinamikájára. *Növénytermelés*. 48. No. 4. 413-419. p.
92. *Megyes A. – Nagy J.*: 1999. A növényszám hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 48. 5: 535-542.
93. *Mengel K.*: 1968. *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.

94. *Menyhért Z.-Ángyán J.-Radics J.*: 1980. A levélfelület-index (LAI), a fényviszonyok és a termés kapcsolata eltérő vetésidőjű és tenyészterületű kukorica állományokban. *Növénytermelés*. 29. 4: 357-369.
95. *Menyhért Z.*: 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági kiadó. Budapest. 559.
96. *Menyhért Z.*: 1995. A felértékelődött kukoricatermesztés. *Agrofórum*. 5.1-3.
97. *Micskei GY., Jócsák I., Berzsenyi Z.*: 2009. Az istállótrágya és műtrágya hatása a kukorica növekedésére és növekedési mutatóinak dinamikájára, eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 58. 4: 45-56.
98. *Micskei Gy.*: 2011. Szerves és műtrágya hatásának összehasonlító vizsgálata a kukorica produkciójára tartamkísérletben. Doktori (PhD) értekezés. Martonvásár.
99. *Mika J.*: 2016. Földünk éghajlata 2015-ben. *Agrofórum*. 27. 2: 14-18.
100. *Misra S. – Mukund B.*: 2001. Evaluation of quality characteristics of maize (*Zea mays L.*) genotypes/varieties. *Progressive Agriculture*. 1. 1. 24-28.
101. *Molnár Zs.*: 2009. A kukorica termésbiztonságát meghatározó néhány agrotechnikai tényező vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen.
102. *Móroczné Salamon K.*: 2004. Nemesítés speciális beltartalmi értékekre. (In: Sági F. (szerk.) A nyolcadik évtizedben). Gabonatermesztési Kutató Kht., Szeged, 180-181.
103. *Murányi E. – Pepó P.*: 2013. The effects of plant density and row spacing on the height of maize hybrids of different vegetation time and genotype. *Word Academy of Sience Engineering and Technology. International Journal of Agricultural Biosystems Science and Engieneering*. 7. 11: 60-63.
104. *Nagy J. - Huzsvai L.*: 2005. Hibridválasztás a kukoricatermesztés középpontjában. *Gyakorlati Agrofórum*. 16. 9. 30-32.
105. *Nagy J. - Zeke É.*: 1982. A kukoricaszemek vízleadásának vizsgálata, II. Különböző kukoricahibridek szemnedvessége és az öntözés hatása. *Növénytermelés*. Tom. 31. No. 2. 119-124. p.
106. *Nagy J. – Megyes A.*: 2009. A kukoricatermesztés kritikus agrotechnikai elemei. *Agrofórum Extra*. 32. 36-40.
107. *Nagy J. – Sárvári M.*: 2005. Kukorica. In: A növénytermesztés alapjai első kötet. Gabonafélék. Szerk.: Antal J. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 301-327.

108. Nagy J.: 1978. Az optimális víz és tápanyagellátás hatása a borsó és a kukorica növények növekedésére, fejlődésére és termésmennyiségére. Doktori értekezés, DATE, Debrecen.
109. Nagy J.: 1984. Műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére mészlepedékes csernozjom talajon. Növénytermelés. 3. 253-264.
110. Nagy J.: 1986. Összefüggés a kukoricahibridek öntözése, tápanyagellátása és a terméseredménye között. DATE Tudományos Közleményei. Debrecen. 26. 187-201.
111. Nagy J.: 1995a. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. Növénytermelés 44. 493-506.
112. Nagy J.: 1995b. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. Növénytermelés. 44. 3. 251-260.
113. Nagy J.: 1996a. A műtrágyázás hatása a Volga SC kukoricahibrid (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéssel termesztésben. Növénytermelés. 45. 5-6. 477-486.
114. Nagy J.: 1996b. Effect of tillage, fertilization plant density and irrigation on maize yields. Acta Agronomica Hungarica. 44. 4: 347-354.
115. Nagy J.: 2005. 30 év a kukoricakutatás és fejlesztés szolgálatában. (In: Nagy J. (szerk.) Kukoricahibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága: A kukoricakutatás és fejlesztés 30 éve.) Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 8-53.
116. Nagy J.: 2006. Az évjárat hatásának értékelése a kukorica termésére. Növénytermelés. 55. 5-6. 299-308.
117. Nagy J.: 2007a. Kukoricatermesztés, Akadémia Kiadó, Budapest. 19-23.
118. Nagy J.: 2007b Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest, 23-25., 222-240.
119. Nagy J.: 2007c. Kukoricatermesztés. Akadémia Kiadó, Budapest. 206.
120. Nagy J.: 2007d. Evaluating the effect of year and fertilisation on the yield of mid ripening (FAO 400–499) maize hybrids. Cereal Research Communications. 35. 3. 1497-1507.
121. Nagy J.: 2007e. Kukoricatermesztés. Akadémia Kiadó, Budapest. 212.
122. Nagy J.: 2007f. Kukoricatermesztés. Akadémia Kiadó, Budapest. 241.
123. Nagy J.: 2008. Az intenzív kukoricatermesztés meghatározó tényezői. Agrofórum 19. 4: 26-29.

124. Nagy J.: 2012. Versenyképes kukoricatermesztés a szántóföldi gyakorlatban. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 258-259.
125. Nagy J.: 2017. Klímaváltozás és műtrágyázás hatása a kukorica termésére debreceni tartamkísérletben. Növénytermelés. 66. 3:11-32.
126. Nagy Z.: 2015. A múlt év kukoricás tapasztalatai. Mezőhír, XIX. évfolyam, 2015. február, 24-28.
127. Nel P. C. – Barnard R. O. – Steynberg R. E. – de Beer J. M. – Groneveld H. T.: 1996. Trends in maize grain yields in a long-term fertilizer trial. Field Crops Research. 47. 1. 53-64.
128. Németh J. – Pintér L.: 1975. Effect of plant density and spacing on the grain yield of hybrids. Maize genetics cooperation, News letter 49. 21-23.
129. Nótás E. – Debreczeni K. – Berecz K. – Heltai Gy.: 2007. Effect of N fertilizers and soil moisture levels on the N gaseous losses and the plant N uptake in a maize pot experiment. Cereal Research Communications. 35. 2. 853-856.
130. Pagola M. – Ortiz R. – Irigoyen I. – Bustince H. – Barrenechea E. – Aparicio P. – Lamsfus C. – Lasa B.: 2009. New method to assess barley nitrogen nutrition status based on image colour analysis: Comparison with SPAD-502. Computers and Electronics in Agriculture. 65. 2. 213-218.
131. Pásztor K. – Györi Z.: 1991. Nagy lizintartalmú kukorica-hibridek aminosav összetételének változása. Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei. 30. 117-128.
132. Pásztor K.: 1964. A tenyésztőterület hatásának vizsgálata a kukorica termésére. (In: Kukorica-termesztési kísérletek 1961-1964) Akadémia Kiadó. Budapest. 294-307.
133. Pchelarova H.–Borissova M.–Toncheva R.–Dimitrova F.: 2010. Drought as a factor for decreasing of maize and wheat yields. Pochvoznanie, Agrokimiya i Ekologiya. 44. 4. 38-42.
134. Pepó P. - Csajbók J.: 2014. Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (*Zea mays* L.) termesztésében. Növénytermelés. 63. kötet. 2. szám. 45-68.
135. Pepó P. – Ruzsányi L.: 2000. A kukorica hibridspecifikus trágyázása. Gyakorlati Agrofórum. Extra 11. évf. 3. sz. 51-52.
136. Pepó P. – Sárvári M. – Tótin Á. – Vad A.: 2016. Kukoricatermesztés korszerűen. Magyar Mezőgazdaság. 71. 13: 24-26.
137. Pepó P. – Szabó P. – Szieberh D.: 2002. Az állománysűrűség szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztésben. Agrofórum 13. 3: 34-36.

138. *Pepó P. – Vad A. – Berényi S.*: 2005. Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére monokultúrás termesztésben. *Növénytermelés*. 54. 317-326.
139. *Pepó P. – Vad A. – Berényi S.*: 2006. Effect of some agrotechnical elements on the yield of maize on chernozem soil. *Cereal Res. Commun.* 34. 1. 621-624.
140. *Pepó P.*: 2001. A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyag-ellátásában csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 50. 2-3. 189-202.
141. *Pepó P.*: 2006. Fejlesztési alternatívák a magyar kukoricatermesztésben. *Gyakorlati Agroforum*. 17. 13. 7-11.
142. *Pepó P.*: 2007. “Új” energianövényünk, a kukorica. *Agroforum Extra*. 17. 10-12.
143. *Pepó P.*: 2009. A kukorica (*Zea mays L.*) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 58. kötet, 3. szám, 53-66.
144. *Pepó P.*: 2017. Tartamkísérletek mint a klímaváltozás idikátorai. *Növénytermelés* 66. 3: 33-45.
145. *Pepó*: 2016. Tartamkísérletek – eredmények és lehetőségek (2.) *Agroforum*. 27. 7: 92-95.
146. *Pethe F.*: 1805. Mezei gazdaság. Sopron.
147. *Plavsic H.-Josipovic M.-Andric L.-Jambrovic A.-Sostaric J.*: 2007. Influence of irrigation and fertilization on maize (*Zea mays L.*) properties. *Cereal Research Communications*. 35. 2. 933-936.
148. *Pók I.-Szundy T.*: 2003. Kukorica genotípusok vízleadását és szemtelítődését befolyásoló tényezők kapcsolata. (In: Marton L.Cs., Árendás T. (szerk.) 50 éves a magyar hibrid kukorica). MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet. Martonvásár, 275-281.
149. *Pongrácz E.*: 2017. A vetésidő hatása néhány kukorica genotípus fenometriai tulajdonságaira. (In: 15 éves tehetséggondozás az agráriumban, A Tormay Béla Szakkollégium hallgatóinak tudományos eredményei. Debrecen. 107-111.
150. *Rácz Cs., Nagy J.*: 2011. A víz- és tápanyagellátottság, illetve -hasznosulás megítélésének kérdései kukorica terméseredmények vonatkozásában. *Növénytermelés*. 60. 1. 97-114.
151. *Raymond F. D. – Alley M. M. – Parrish D. J. – Thomason W. E.*: 2009. Plant density and hybrid impacts on corn grain and forage yield and nutrient uptake. *Journal of Plant Nutrition*. 32. 395-409.

152. *Rimski-Korsakov H. – Rubio G. – Lavado R. S.*: 2009. Effect of water stress in maize crop production and nitrogen fertilizer fate. *Journal of Plant Nutrition*. 32. 565-578.
153. *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. 3. 373-380.
154. *Russel W. A.*: 1991. Genetic improvement of maize yields. *Adv. Agron.* 46: 245-298.
155. *Ruzsányi L. – Pepó P. – Sárvári M.*: 1994. Evaluation of major agrotechnical factors in sustainable crop production. *Agrokémia és Talajtan*. 43. 3-4. 335-343.
156. *Ruzsányi L.*: 1990. A növények elővetemény-hatásának értékelése vízháztartási szempontból. *Növénytermelés*. 40. kötet. 1. szám: 71-77.
157. *Sági F.*: 1987. A morfológiai bélyegek és az élettani tulajdonságok javítása. (In: a búzatermesztés kézikönyve. Barabás Z.) *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 89-111.
158. *Sárdi K.*: 1999. A kálium szerepe a növények életében. In: *Fülek Gy. (szerk.) (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 50-57.
159. *Sárvári M. - Bene E.*: 2015. Az NPK tápanyag-gazdálkodás helyzete és fejlesztési lehetőségei termésdepresszió ellen. *Agrárunió*. XVI. évfolyam, 2. szám, 2015. február 38-40.
160. *Sárvári M. - Boros B.*: 2010. A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. *Növénytermelés*. 59. 3: 37-52.
161. *Sárvári M. - Kovács P.*: 2014. A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. *Értékálló Aranykorona*. XIV. évfolyam 10. szám, 2014. december - január, 13-15.
162. *Sárvári M. - Kovács P.*: 2015. A kukorica hibridspecifikus trágyázása, optimális tőszáma. *Értékálló Aranykorona*. XV. évfolyam 2. szám, 2015. március 15-19.
163. *Sárvári M. – Ábrahám É. B. – Pálovics B.*: 2006. A biológiai alapok jelentősége a kukoricatermesztésben. *Gyakorlati Agrofórum*. 17. 3: 45-47.
164. *Sárvári M. – El Hallof N. – Molnár Zs.*: 2005. Összefüggés a tőszám, a vetésidő és a kukorica termésbiztonsága között. *Agro Napló IX. évf.* 2005. 4.
165. *Sárvári M. – El Hallof N. – Molnár Zs.*: 2007. A tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. *Agrofórum Extra*. Budapest 18. 17: 7-9.
166. *Sárvári M. – El Hallof N. – Molnár Zs.*: 2008. A klimatikus tényezők és változásuk hatása a kukoricatermesztés biztonságára. *Agrofórum extra* 22. 8-12.

167. Sárvári M. – Futó Z. – Jakab P.: 2001. A korszerű kukoricatermesztés hatékonyságát befolyásoló tényezők III. rész. Agrárius. 2001/4. 15-16. p.
168. Sárvári M. – Futó Z. – Zsoldos M.: 2002. A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. Növénytermelés. 51. 3: 291-307.
169. Sárvári M. – Futó Z.: 2001. Összefüggés a kukoricahibridek vetésideje, produkciója és a betakarításkori nedvességtartalma között csernozjom talajon. Agrártudományi Közlemények. 2001/1. Szerk.: Jávor A. 32-41. p.
170. Sárvári M. – Futó Z.: 2019. Szántóföldi növénytermesztésünk értékelése. Mezőhír. 23. 1: 30-32.
171. Sárvári M. – Kovács P.: 2017/a. A fenntartható növénytermesztés agrotechnikájának fejlesztési lehetőségei. Agrárágazat. 18. 2: 8-12.
172. Sárvári M. – Kovács P.: 2017/b. A klímaváltozás hatásai. Agrárágazat, 18. 5: 44-48.
173. Sárvári M. – Zsoldos M.: 1994. A kukorica termőképessége. Magyar Mezőgazdaság. 17. szám
174. Sárvári M.: 1982. A tőszám növelésének hatása eltérő tenyészidejű kukorica hibridek termésére és állóképességére réti talajon. Növénytermelés. 31. 3. 225-236.
175. Sárvári M.: 1994. Energia-műtrágya-környezetvédelem. Magyar mezőgazdaság, 49. 18: 10.
176. Sárvári M.: 1995. A tőszám szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiában. Növénytermelés. 3. 359-374. p.
177. Sárvári M.: 2000. Fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése. Gyakorlati Agrofórum. 11. évf. 3. szám. 53-55. p.
178. Sárvári M.: 2003a. A tőszám hatása a kukorica termésére és minőségére. Gyakorlati Agrofórum. Extra 2. 25-28.
179. Sárvári M.: 2003b. Tőszám és termésminőség. Magyar Mezőgazdaság. 2003. február. 12. 10-11.
180. Sárvári M.: 2003c. A tőszám hatása a kukoricahibridek termésére és minőségére. In: 135 éves a debreceni agrár-felsőoktatás. Szerk.: Szász G. – Székelyné Sipos K. – Jávor A. Debrecen. 306-310.
181. Sárvári M.: 2003d. Tőszám és termésminőség. Magyar Mezőgazdaság. 2003. február. 12. 10-11. p.

182. *Sárvári M.*: 2003e. A tőszám hatása a kukoricahibridek termésére és minőségére. [In: Szász G. – Székelyné Sipos K. – Jávor A. (szerk.) 135 éves a debreceni agrár-felsőoktatás.] Debrecen. 306-310.
183. *Sárvári M.*: 2006. A vetésváltás és a tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. In: Rationalization of Cropping System and Their Effect on The Effective Utilisation of Yield Potential and Quality of Field Crop Production under Sustainable Development. Slovak-Hungarian Project. Szerk. Pepó P. – Vladimír P. 25-45. (CD-kiadvány)
184. *Sárvári M.*: 2014a. A hatékony trágyázás tényezői a kukoricatermesztésben. Agroforum Extra. 57: 60-63.
185. *Sárvári M.*: 2014b. A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei. (In: A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei (szerk. Pepó P.) Prof. Dr. Sárvári Mihály 70 éves. Debrecen. 4-16.
186. *Scultze R. – Koch E.*: 1991. Mais hybriden mehrjährig erprobt und bewart. Saat- und Pflanzgut, Quedlinburg, 31. k. 12. sz. 174-175.
187. *Sipos M.*: 2009. A hibrid, a tápanyag-ellátás és az öntözés hatása a kukorica (*Zea mays* L.) betakarításkori szemnedvesség-tartalmára, illetve keményítő-tartalmára. Agrártudományi Közlemények = Acta Agraria Debreceniensis 35. 89-94.
188. *Stevens W. B. – Hoeft R. G. – Mulvaney R. L.*: 2005. Fate of nitrogen-15 in a long-term nitrogen rate study: II. Nitrogen uptake efficiency. Agronomy Journal. 97. 1046-1053.
189. *Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 557.
190. *Szász G. – Tőkei L.*: 1997. Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
191. *Szász G.*: 1963. Különböző termesztett növényeink állományainak evapotranszpirációs vízvesztése. Debreceni Agrártudományi Főiskola Tud. Közl. 157-174.
192. *Szász G.*: 2006. Kölcsönhatások a talaj, klíma, növény agroökológiai rendszerben (agroökológiai táj-tanulmány). [In: Nagy J. – Dobos A. (szerk.) Környezetkímélő növénytermesztés – minőségi termelés.] Debrecen. 15-171.
193. *Széll E. – Makhajda J.*: 2001. Néhány fontos gondolat a szedei kukoricahibridek nitrogén műtrágyázásáról. Gyakorlati Agroforum. 12. évf. 5:41-45.

194. *Szél S. – Kálmán L. – Nagy Z.*: 2018. A kukoricatermesztés és a hozzá való hibridek, Agrofórum extra 77.14-16.
195. *Széles A. – Nagy J.*: 2013. A hazai kukorica minősége. Debreceni Szemle. Tudomány és Kultúra Debrecen és a régió tudományos műhelyeinek folyóirata 12. 4: 204-210.
196. *Széles A. V.*: 2008. The effect of crop year and fertilization ont the interaction between the spad value and yield of maize (*Zea mays* L.) within non-irrigated conditions. Cereal Research Communications. 36. 5. 1367-1370.
197. *Széll E. – Szél S. – Kálmán L.*: 2005. Új szegedi hibridek és azok specifikus termesztési ajánlása. In: Kukoricahibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága. Szerk.: Nagy J. Debrecen. 229-240. p.
198. *Szépszó G.*: 2016. A 21. században várható éghajlatváltozás magyarországi jellemzői. Agrofórum. 27. 2: 24-26.
199. *Szieberth D. - Széll E.*: 1998. Amit a kukoricatermesztésről a gyakorlatban tudni kell. Mezőmag Kft. Székesfehérvár. 158.
200. *Szűcs P.*: 2017. Termésvesztés nélküli vízhiányos időszak? Növelje a kukorica aszálytűrő képességét! Agrárágazat. Kukorica és napraforgó különszám. 18. 2: 20.
201. *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.
202. *Tollenar M. – Wu J.*: 1999. Yield improvement in temperature maize is attributable to greates stess tolerance. Crop Science. 39: 1597-1604.
203. *Tollenar M.* 1992. Is low plant density a stress in maize? Maydica, 37: 305-311.
204. *Vad A. – Pepó P.*: 2014. Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (*Zea Mays* L.) termesztésben. A fenntartható növénytermesztés lehetőségei, Prof. Dr. Sárvári Mihály 70 éves. 211-216.
205. *Varga – Haszonits Z.*: 1987. Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. Mezőgazda Kiadó. Budapest
206. *Veress I.*: 1971. Az időjárás hatása a kukorica növekedésére. Növénytermelés 60. 4. 117-128.
207. *Vígh E. Z.*: 2017. Az éghajlatváltozás társadalmi hatásai a mezőgazdasági szektorban. [In: Szabó Péter (szerk.) Kutatás Fejlesztés Innováció Az agrárium szolgálatában.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 233-240.

208. Williams W.A. – Loomis R.S. – Duncan W. G. – Dovrat A. – Nunez A. F.: 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Science*. 8. 3: 303-308.
209. Zhang B. R. – Dong S. T. – Hu C. H. – Wang K. J.: 2007. Effect of high air temperature during different growth stage on starch synthesis in grain and yield in maize (*Zea mays* L.). *Acta Agronomical Sinica*. 33. 1. 38-42.
210. Zsoldos M.: 2002. A termesztési tényezők hatása a kukorica hibridek produktivitására. Doktori (Ph.D.) értekezés. Debrecen. 141. p.
211. Zsubori Zs., Gyenesné H. Zs., Illés O., Pók I., Rácz F., Szőke Cs.: 2002. Inheritance of plant and ear height in maize (*Zea mays* L.). *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények. Acta Debreceniensis*. 8. 34-38.



Nyilvántartási szám: DEENK/388/2019.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Kovács Péter
Neptun kód: U6LN74
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10052564

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (3)

1. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: Az agrotechnikai tényezők hatása különböző genetikájú kukorica hibridek termésére.
In: Kutatás : Fejlesztés : Innováció az agrárium szolgálatában. Szerk.: Szabó Péter, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 283-287, 2017. ISBN: 9789632867267
2. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: Az NPK műtrágyázás és a tőszám szerepe a kukorica termesztéstechnológiájának fejlesztésében.
In: 15 éves tehetséggondozás az agráriumban: A Tormay Béla Szakkollégium hallgatóinak tudományos eredményei. Szerk.: Bodnár Karina, Debreceni Egyetem Tormay Béla Szakkollégium, Debrecen, 78-83, 2017. ISBN: 9789634739579
3. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: Összefüggés a termesztési tényezők és a kukorica produkciója között hajdúsági csernozjom talajon.
In: Tormay Béla Szakkollégium hallgatóinak kutatási eredményei. Szerk.: Bodnár Karina Bianka, Erdős Zsuzsa, Debreceni Egyetem Tormay Béla Szakkollégium, Debrecen, 124-127, 2016. ISBN: 9789634739340

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (7)

4. **Kovács, P.**: A fenntartható kukoricatermesztés technológiai fejlesztése.
Agrártud. Közl. 72, 83-88, 2017. ISSN: 1587-1282.
5. Sárvári, M., **Kovács, P.**: A fenntartható növénytermesztés agrotechnikájának fejlesztési lehetőségei.
Agrárágazat. 18 (Kukorica), 8-12, 2017. ISSN: 1586-3832.
6. Sárvári, M., **Kovács, P.**: A klímaváltozás hatásai.
Agrárágazat. 18 (5), 44-48, 2017. ISSN: 1586-3832.
7. Sárvári, M., Bene, E., **Kovács, P.**: A korszerű tápanyag-gazdálkodás alapjai, fejlesztési lehetőségek.
Agrárágazat. 18 (Talajélet), 40-43, 2017. ISSN: 1586-3832.





8. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: Az NPK műtrágyázás és a tőszám hatása az eltérő genetikai alapú kukorica hibridek termésére félüzemi kísérletben.
Agrártud. Közl. 69, 103-108, 2016. ISSN: 1587-1282.
9. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: Az őszi búza tápanyagellátása.
Agrárágazat. 17 (Kalászos), 42-44, 2016. ISSN: 1586-3832.
10. Sárvári, M., **Kovács, P.**: Cél a termésbiztonság növelése.
Magyar Mezőgazd. 71 (1), 15-17, 2016. ISSN: 0025-018X.

Idegén nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

11. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: Correlation between the weather in 2017 and the productivity of maize.
Agrártud. Közl. 74, 89-93, 2018. ISSN: 1587-1282.
12. **Kovács, P.**: The effect of and interaction between the biological bases and the agrotechnical factors on maize yield.
Agrártud. Közl. 74, 83-87, 2018. ISSN: 1587-1282.

Idegén nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

13. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: The effect of the crop year and the agrotechnical factors on the yield stability of maize.
Annals of Academy of Romanian Scientists Series on Agriculture, Silviculture and Veterinary Medicine Sciences. 6 (1), 60-67, 2017. ISSN: 2069-1149.

Magyar nyelvű konferencia közlemények (5)

14. **Kovács, P.**, Sárvári, M., Soltész, A.: A korszerű kukoricatermesztés hatékonyságát befolyásoló tényezők.
In: LIX. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia 2017. szeptember 28-29., PE Georgikon Kar, Keszthely. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 299-306, 2017. ISBN: 9789639639898
15. **Kovács, P.**: A termésbiztonság növelésének lehetőségei a kukoricatermesztésben.
In: Tavaszi Szél = Spring Wind 2017 : I. Kötet. Agrártudomány Állam-és jogtudomány Biológiai tudomány Föld- és fizikatudomány Had-és rendészettudomány Hittudomány. Szerk.: Keresztes Gábor, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 57-72, 2017. ISBN: 9786155586187
16. **Kovács, P.**: A kukorica termesztéstechnológiájának fejlesztési lehetőségei, a termésbiztonság növelése.
In: Tavaszi Szél 2016. Tanulmánykötet : Agrártudomány. Szerk.: Keresztes Gábor, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 86-93, 2016. ISBN: 9786155586095





17. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: A tápanyagellátás és a tőszám hatása a kukorica hibridek termésére és minőségére.

In: Felmelegedés Ökolábnym Élelmiszerbiztonság : LVIII. Georgikon Napok. 2016. szeptember 29-30, Keszthely. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 199-207, 2016. ISBN: 9789639639850

18. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: Néhány agrotechnikai tényező hatása az eltérő genetikai alapú kukorica hibridek termésére.

In: Innovációs kihívások és lehetőségek 2014-2020 között. Szerk.: Takácsné György Katalin, Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös, 939-946, 2016. ISBN: 9789639941922

Ideggen nyelvű konferencia közlemények (1)

19. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: The effect of same agrotechnical factors on the yield of maize hybrids with different genetic base.

Növénytermelés. 65 (Suppl.), 103-106, 2016. ISSN: 0546-8191.

DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl>

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

20. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: A tápanyagellátás és a tőszám hatása a kukorica hibridek termésére és minőségére.

In: Felmelegedés Ökolábnym Élelmiszerbiztonság : [elektronikus dokumentum] : LVIII.

Georgikon Napok. 2016. szeptember 29-30, Keszthely. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 93, 2016. ISBN: 9789639639850

Ideggen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

21. **Kovács, P.**: The effect of production factors on the yield and crop quality of maize hybrids.

In: Innovative researches for the future of agriculture and rural areas development : VIth International Scientific Symposium for PhD Students and Students of Agricultural Colleges, 15-17 September 2016 Bydgoszcz-Ciechocinek, Poland. Ed.: Wojciech Kapelańsk, University of Science and Technology Press, Bydgoszcz, 83, 2016.

További közlemények

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (14)

22. Sárvári, M., **Kovács, P.**: Kevés a csapadék, hogyan tovább? A hazai növénytermesztés rövid értékelése (2014-2017).

Agrárunió. 19 (1), 26-28, 2018. ISSN: 1589-6846.

23. **Kovács, P.**, Sárvári, M.: Precíziós technológiák alkalmazása a szántóföldi növénytermesztésben.

Értékálló Aranykorona. 18 (3), 12, 2018. ISSN: 1586-9652.





24. Sárvári, M., **Kovács, P.**: Az évjárat és néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica termésére.
Értékálló Aranykorona. 17, 4-6, 2017. ISSN: 1586-9652.
25. Sárvári, M., **Kovács, P.**: Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére.
Értékálló Aranykorona. 17 (3), 11-13, 2017. ISSN: 1586-9652.
26. Sárvári, M., **Kovács, P.**: A minőségmegóvás legfontosabb tényezői a kukoricatárolásában, szárításában.
Értékálló Aranykorona. 16 (9), 15-17, 2016. ISSN: 1586-9652.
27. Sárvári, M., **Kovács, P.**: Az NPK tápanyagellátás, a vetésidő és a tőszám hatása a kukoricahibridek termésére és minőségére.
Értékálló Aranykorona. 16, 8-11, 2016. ISSN: 1586-9652.
28. Sárvári, M., **Kovács, P.**: A kukorica hibridspecifikus trágyázása, optimális tőszáma.
Értékálló Aranykorona. 15 (2), 13-19, 2015. ISSN: 1586-9652.
29. Sárvári, M., Bene, E., **Kovács, P.**: A növényminőség és az agrotechnika összefüggései a kukoricatermesztésben.
Értékálló Aranykorona. 15 (1), 4-7, 2015. ISSN: 1586-9652.
30. **Kovács, P.**: Az elmélet és a gyakorlat összhangjának megteremtése az őszi búza termesztésében.
Értékálló Aranykorona. 15 (1), 30-31, 2015. ISSN: 1586-9652.
31. **Kovács, P.**: Hogy teli legyen a véka: Az eredményes búzatermesztés technológiai feltételei.
Agrárunió. 16 (8-9), 48-50, 2015. ISSN: 1589-6846.
32. **Kovács, P.**: Kukoricatermesztés a gyakorlatban.
Értékálló Aranykorona. 15 (5-6), 4-5, 2015. ISSN: 1586-9652.
33. Sárvári, M., **Kovács, P.**: Szemenszedett időjárás.
Agrárunió. 16 (12-01), 48-50, 2015. ISSN: 1589-6846.
34. Sárvári, M., **Kovács, P.**: Termőhely specifikus trágyázás a precíziós kukoricatermesztésben.
Értékálló Aranykorona. 15 (10), 8-11, 2015. ISSN: 1586-9652.
35. Sárvári, M., **Kovács, P.**: A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére.
Értékálló Aranykorona. 14 (10), 13-15, 2014. ISSN: 1586-9652.

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



NYILATKOZAT

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

Debrecen, 20.....

.....

a jelölt aláírása

Tanúsítom, hogy Kovács Péter doktorjelölt 2015 – 2018 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, 20....

.....

a témavezető aláírása

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Sárvári Mihály Professzor Úrnak az évek alatt nyújtott támogatásáért, barátságos hozzáállásáért, a PhD doktori értekezésem elkészítése során nyújtott értékes szakmai segítségéért.

Köszönetet mondanék a Növénytudományi Intézet vezetőjének Dr. Pepó Péter Professzor Úrnak.

Köszönöm Kovács Gyöngyinek az évek alatt tanúsított segítőkész, kedves hozzáállását.

Köszönetemet fejezem ki opponenseimnek Dr. Csajbók József és Dr. Futó Zoltán egyetemi docenseknek.

Köszönetet mondok Szüleimnek, hogy doktori munkámban végig támogattak és a kísérlet feltételeit biztosították, valamint Feleségemnek minden segítségért és biztatásért.

MELLÉKLETEK

1. melléklet

A hibridek nyersfehérje-tartalmának alakulása (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Hibrid	2015		2016		2017	
	Nyersfehérje (%)	SzD5% (%)	Nyersfehérje (%)	SzD5% (%)	Nyersfehérje (%)	SzD5% (%)
P9486	9,40	0,25	8,01	0,31	7,61	0,67
P9241	9,30		8,11		7,85	
DA Sonka	9,80		7,46		7,36	
Kenéz	10,30		8,47		8,54	
DKC4717	8,70		7,11		7,31	
Kamaria	9,60		7,54		7,87	

2. melléklet

A hibridek keményítő tartalmának alakulása (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Hibrid	2015		2016		2017	
	Keményítő (%)	SzD5% (%)	Keményítő (%)	SzD5% (%)	Keményítő (%)	SzD5% (%)
P9486	73,20	0,27	73,72	0,31	72,96	0,89
P9241	73,60		74,02		72,80	
DA Sonka	73,00		73,97		72,87	
Kenéz	72,30		72,55		70,86	
DKC4717	73,60		74,21		72,81	
Kamaria	73,10		74,46		72,50	

3. melléklet

A hibridek olajtartalmának alakulása (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Hibrid	2015		2016		2017	
	Olaj (%)	SzD5% (%)	Olaj (%)	SzD5% (%)	Olaj (%)	SzD5% (%)
P9486	3,60	0,08	3,84	0,06	3,91	0,09
P9241	3,50		3,64		3,67	
DA Sonka	3,70		3,83		3,91	
Kenéz	4,10		4,67		4,71	
DKC4717	3,70		3,81		3,96	
Kamaria	3,70		3,63		3,88	

4. melléklet

Hibridek magasságának alakulása (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Hibrid	2015		2016		2017	
	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)	(cm)	SzD _{5%} (cm)
P9486	240	2,06	271	3,0	260	5,23
P9241	253		281		266	
DA Sonka	248		292		267	
SZE Kenéz	266		286		272	
DKC 4717	252		288		271	
MV Kamaria	245		286		270	

5. melléklet

Meddő tövek arányának változása (Hajdúszoboszló, 2015-2017)

Hibrid	2015		2016		2017	
	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)	(%)	SzD _{5%} (%)
P9486	1,36	ns	3,13	0,66	1,53	ns
P9241	1,23		1,77		1,65	
DA Sonka	1,44		2,17		1,64	
Kenéz	1,31		1,68		2,19	
DKC4717	1,05		3,07		2,18	
Kamaria	1,10		2,62		1,85	