

DEBRECENI EGYETEM

**HANKÓCZY JENŐ NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI ÉS
ÉLELMISZERTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

Témavezetők:

Dr. Pepó Péter

egyetemi tanár

Dr. Bársony Péter

adjunktus

**ELTÉRŐ GENOTÍPUSÚ KUKORICA HIBRIDEK TÁPANYAG
REAKCIÓJÁNAK ÉS MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA
CSERNOZJOM TALAJON**

Készítette:

Karancsi Lajos Gábor

doktorjelölt

Debrecen

2015

ELTÉRŐ GENOTÍPUSÚ KUKORICA HIBRIDEK TÁPANYAG REAKCIÓJÁNAK ÉS MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA CSERNOZJOM TALAJON

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében a Növénytermesztési,
Kertészeti és Élelmiszertudományok tudományágban

Írta: Karancsi Lajos Gábor okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és
Élelmiszertudományok doktori iskolája
(Fenntartható növénytermesztés programja) keretében

Témavezetők: Dr. Pepó Péter, MTA doktor

Dr. Bársony Péter, adjunktus

A doktori szigorlati bizottság:

Elnök: Dr. Sárvári Mihály CSc

Dr. Jakab Péter PhD

Dr. Csajbók József PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2014. december 12.

Az értekezés bírálói:

név	fokozat	aláírás
.....		
.....		

A bírálóbizottság:

	név	fokozat	aláírás
elnök:			
tagok:			
			
			
titkár:			

Az értekezés védésének időpontja: 2015.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
2. CÉLKITŰZÉSEK	7
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
3.1. A kukorica néhány növényfiziológiai értéke és az azokat befolyásoló tényezők	9
3.1.1. A klorofill tartalmat befolyásoló tényezők	9
3.1.2. A levélterületet befolyásoló tényezők.....	10
3.2. A növénymagasságot befolyásoló tényezők	12
3.3. A termésképző elemek és azok hatása a kukorica termésére	12
3.4. Az évjárat, a genotípus, a tápanyag-és vízellátottság hatása a kukorica termésére	14
3.4.1. Az évjárat hatása a kukorica termésére.....	14
3.4.2. A genotípus hatása a kukorica termésére	16
3.4.3. A tápanyag- és vízellátás kölcsönhatása a kukorica termésére	17
3.5. A trágyázás és a kukorica termésének a kapcsolata	18
3.5.1. A nitrogén speciális hatása a kukorica termésére.....	20
3.5.2. A foszfor-, káliumellátás és a mikroelemek hatása a kukorica termésmennyiségére	22
3.6. A kukorica termésminőségének és az azt befolyásoló tényezők értékelése ...	24
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	29
4.1. A kísérleti terület értékelése, talajtani adottságai	29
4.2. A kísérlet beállítása, elrendezése	30
4.3. A vizsgált tenyészévek időjárásának jellemzése	33
4.3.1. A 2011-2012. év időjárásának jellemzése.....	34
4.3.2. A 2012-2013. év időjárásának jellemzése.....	35
4.3.3. A 2013-2014. év időjárásának jellemzése.....	36
4.4. A kukorica agronómiai, fiziológiai és minőségi paramétereinek meghatározása	38
4.4.1 Az agronómiai paraméterek meghatározása	38
4.4.2. A fiziológiai paraméterek meghatározása.....	39
4.4.3. A minőségi paraméterek meghatározása.....	41
4.4.4. A termésképző elemek meghatározása	42

4.5. Az eredmények értékelésének módszere	42
5. EREDMÉNYEK.....	44
5.1. Az ökológiai tényezők és a tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fiziológiai tulajdonságaira	44
5.1.1. A kukorica hibridek SPAD értékeinek alakulása.....	44
5.1.2 A kukorica hibridek levélterület index értékeinek alakulása	50
5.1.3. A kukorica levélterület tartóssága.....	53
5.1.4. A kukorica hibridek növénymagasságának alakulása.....	55
5.2.Termésképző elemek.....	59
5.3. A tápanyagellátás hatása a kukorica termésére.....	65
5.3.1. Az ökológiai tényezők és a tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek termésére	65
5.3.2. Tápanyagfelvétel.....	82
5.3.3. A tápanyagellátás, a termés és a fiziológiai tulajdonságok összefüggés- vizsgálata.....	84
5.4. A műtrágyázás, a genotípus és az évjárat a kukorica termésére gyakorolt hatásának komplex elemzése.....	89
5.5. Az évjárat, a genotípus és a tápanyagellátás hatása a kukorica termésminőségére.....	92
5.5.1. A fehérje-, keményítő- és olajtartalom alakulása.....	92
5.5.2. A makro-, mezo- és mikroelem tartalom alakulása	97
6. KÖVETKEZTETÉSEK	101
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	109
8. SUMMARY	117
9. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	125
10. A GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK.....	127
IRODALOMJEGYZÉK	129
ÁBRÁK JEGYZÉKE	146
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	148
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	151
PUBLIKÁCIÓS LISTA	152
NYILATKOZAT	156

1. BEVEZETÉS

A gabonafélék a legnagyobb területen termesztett szántóföldi növények a világon és hazánkban is. Termesztésük alapvető jelentőséggel bír, ugyanis nagyon fontos szerepük van a táplálkozásban és széleskörű az egyéb felhasználásuk (takarmányozás, ipari feldolgozás stb) is.

A Föld lakossága fokozatosan gyarapszik, az elmúlt években meghaladta a 7 milliárd főt és évente 80 millióval nő. A növekvő népesség igényeinek kielégítése miatt a növénytermesztésre egyre nagyobb nyomás nehezedik. A világ mezőgazdaságilag művelhető területeinek növelésére a jövőben csak nagyon kis lehetőség van. A növekvő népesség és a javuló életszínvonal által előidézett élelmiszerigény mennyiségi növekedését a mezőgazdaságnak egyre kisebb területen kell előállítania és fokozott figyelmet kell fordítania a környezet terhelésének csökkentésére is. Míg az 1960-as években 0,44 ha termőterület jutott egy főre, addig az előrejelzések szerint 2050-re ez a szám 0,15 ha-ra fog csökkenni.

Napjaink legsúlyosabb problémája a globális felmelegedés, melynek következménye a klímaváltozás. A klímaváltozás legfontosabb eredménye, amely a növénytermesztést is érinti az az, hogy az abiotikus stressztényezők drasztikusan megváltoztak. Ez magában foglalja a szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedését (aszály, kevés téli csapadék, növekvő CO₂ tartalom). Ezen kívül hatása van a biotikus stressztényezők alakulására is (kórokozók, kártevők, gyomok mennyiségi és minőségi változása).

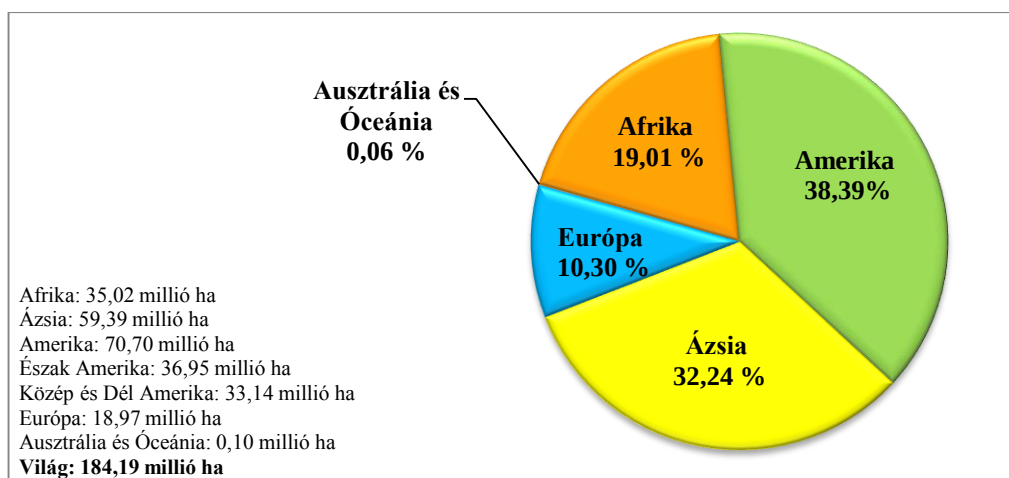
A gabonanövények széleskörű elterjedésében nagy szerepe volt a faj és fajtagazdagságnak, melynek köszönhetően különböző éghajlati- és talajtani adottságok, illetve agrotechnikai feltételek mellett hatékonyan termesztethetjük őket. A világ lakosságának élelmezésében is nagyon fontos szerepük van a gabonaféléknek. A világon több, mint 720 millió hektárt foglal el a vetésterületük. A legnagyobb területtel rendelkező gabonatermesztő országok közé tartozik Kína, USA, Oroszország, az Európai Unió, India, Ausztrália. Ezekben az országokban a gabonafélék részaránya változó, mivel különbözőek az agroökológiai feltételek, a termelési hagyományok, a ráfordítások és a piaci igények. Magyarországon a vetésszerkezet túlzottan gabonacentrikus, ami azt jelenti, hogy a 4,3 millió hektár szántóterület 2/3-án gabonaféléket termelünk. A legnagyobb arányban a kukorica (1,1-1,2 millió hektár) és búza (1,0-1,1 millió hektár) foglalja el a vetésterületet. A gabonanövények termésátlag

hazánkban 4,0-8,0 t ha⁻¹ között változhat növényfajtól, fajtától, ökológiai- és agrotechnikai adottságoktól függően.

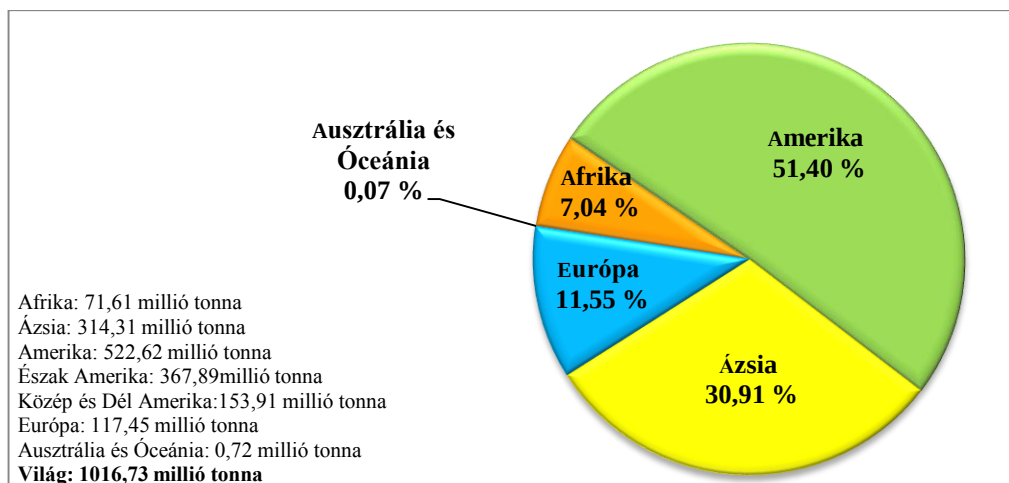
A kukorica az egyik legfontosabb gabonanövény a világon. Fontos az élelmiszeriparban, vegyiparban, gyógyszeriparban és más iparágakban. Nélkülözhetetlen szerepe van azonban az emberi fogyasztásban, valamint az állati takarmányozásban, mivel az energiaszükséglet nagy részét a kukorica biztosítja (Markovic et al. 2012, El Hallof és Sárvári 2004). A kukorica nagyon jól alkalmazkodó növény, ezért a legkülönbözőbb ökológiai adottságú területeken termesztik a világon. Az elért terméseredményekben azonban nagy különbségeket tapasztalunk az egyes országok között, mivel különbözőek az ökológiai adottságok és a termelési ráfordítások. A kukorica intenzív technológiát igényel, a pótlólagos ráfordításokat nagyobb termésnövekedéssel hálálja meg.

A vetésterülete napjainkra 184 millió ha-ra növekedett, amelyből Amerika (38,39 %) és Ázsia (32,24 %) részesedik a legnagyobb mértékben (1.,2.ábrák). A világ kukoricatermelésében rendkívül nagy szerepe van az amerikai kontinensnek (51,40 %), ugyanis a megtermelt kukorica több, mint 50 %-a itt került előállításra.

Az USA nemcsak az óriási termőterületével és az előállított nagy mennyiségű termékkel tűnik ki, hanem a termésátlagával is. 2013-ban az egy hektáron megtermelt kukorica átlaga a 10 tonnához közelített. A fejlett országok közül Kanada (9,59 t ha⁻¹), Németország (8,83 t ha⁻¹), Franciaország (8,14 t ha⁻¹) és Olaszország (8,10 t ha⁻¹) is nagy termésátlagokkal voltak jellemezhetők, azonban a fejletlenebb országokban (India: 2,45 t ha⁻¹, Kenya: 1,61 t ha⁻¹, Dél Afrikai Köztársaság: 3,80 t ha⁻¹) a termésátlagok jóval elmaradtak a fejlett országok átlagterméseitől (1. táblázat).



1. ábra. A kontinensek részesedése a kukorica termőterületből
(Forrás: FAO adatok, 2013)

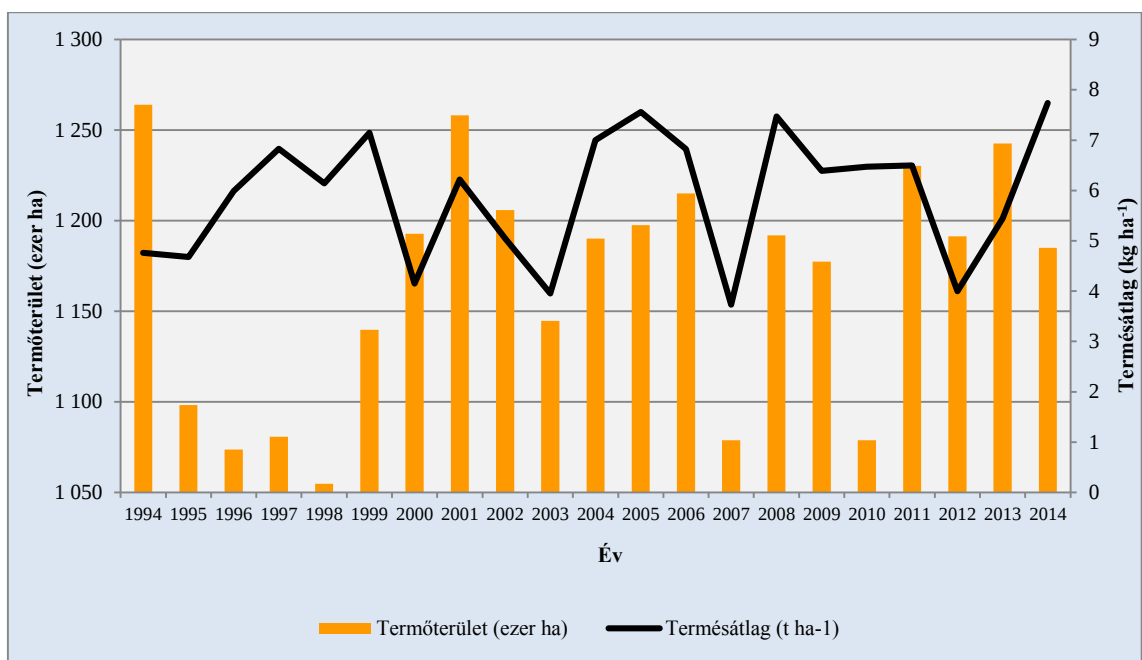


2. ábra. A kontinensek részesedése a kukorica termésmennyiségéből
(Forrás: FAO adatok, 2013)

1. táblázat. A világ főbb kukoricatermesztő országai és termelési mutatói
(Forrás: FAO adatok, 2013)

Ország	Termőterület (millió ha)	Termésmennyiség (millió tonna)	Termésátlag (t ha ⁻¹)
Argentína	4,86	32,12	6,60
Brazília	15,32	80,54	5,26
Kanada	1,48	14,19	9,59
Kína	35,26	217,73	6,17
Franciaország	1,85	15,05	8,14
Németország	0,50	4,39	8,83
Magyarország	1,25	6,72	5,36
India	9,50	23,29	2,45
Olaszország	0,80	6,50	8,10
Kenya	2,10	3,39	1,61
Mexikó	7,10	22,66	3,19
Románia	2,52	11,35	4,50
Oroszország	2,32	11,63	5,01
Szerbia	1,19	5,86	4,94
Dél-afrikai Köztársaság	3,25	12,37	3,80
Ukrajna	4,83	30,95	6,41
USA	35,48	353,70	9,97
Világ	184,20	1016,70	5,50

Magyarországon a kukorica termőterülete az elmúlt 20 évben kismértékben változott (3. ábra). A legkisebb termőterülettel az 1998-as év (1054,8 ezer ha), a legnagyobb termőterülettel pedig az 1994-es év (1264,1 ezer ha) volt jellemezhető. Hazánkban a kukorica termőterülete stabilan 1,1-1,2 millió ha között változik. A termésátlagok között az elmúlt két évtizedben már nagyobb eltéréseket tapasztaltunk. A klímaváltozás következtében nőtt az időjárási szélsőségek gyakorisága, amelyek nagyban befolyásolták a kukorica termésátlagát. A legrosszabb termésátlag 2007-ben (3,7 t ha⁻¹), a legjobb termésátlag 2014-ben (7,7 t ha⁻¹) volt.



3. ábra. A kukorica vetésterülete és termésátlaga Magyarországon

(Forrás: KSH adatok, 1994-2014)

2. CÉLKITŰZÉSEK

A klímaváltozás a fő gazdasági ágazatok közül leginkább a mezőgazdaságot érinti, ugyanakkor az egyre növekvő népesség biztonságos élelmiszer-ellátása létfontosságú kérdés. Az elmúlt években tapasztalt szélsőséges időjárás kiszámíthatatlanná tette hazánkban is a mezőgazdaság húzóágazatának tekintett kukoricatermesztést. Hazánkban a klímaváltozás eredményeként az átlaghőmérséklet emelkedése mellett várható, hogy az éves csapadék átlagos mennyisége csökken, a csapadékeloszlás átrendeződik, ami magában foglalja a kevesebb nyári csapadékot és a több téli csapadékot, illetve a szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedését. Szárazabb, forróbb nyarakra és nedvesebb, enyhébb telekre, nagyobb hőingadozásra számíthatunk a közeljövőben, sőt ezeknek a változásoknak már napjainkban is észlelhető jelei vannak. Az aszályos években jelentős mértékű terméseszköken várható, így nagyon nehéz évről évre stabil termésmennyiséget előállítani.

Mivel a kukorica az egyik legfontosabb termesztett szántóföldi növényünk, így termesztés-technológiájában számos agrotechnikai tényező meghatározó jelentőséggel bír a termés mennyiségére és termésbiztonságára. A termésbiztonság a biológiai alapok és az agrotechnikai eszközök optimalizálásával növelhető, amelynek kulcsfontosságú eleme a tápanyagellátás. Az elmúlt két évtizedben a kukorica termesztés biológiai alapjai jelentős mértékben kibővültek, napjainkban az államilag minősített kukorica hibridek száma négyszáz körüli. Ezek a kukorica hibridek jelentős mértékben eltérnek egymástól a különböző agrotechnikai tényezőkre adott reakciójukban. Különösen igaz ez a hibridek tápanyagellátására. Elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt fontos tehát az eltérő genotípusú kukorica hibridek természetes tápanyag hasznosító képességének és műtrágya reakciójának egzakt meghatározása. Fontos ez azért, hogy egyrészt javítsuk az igen költséges műtrágyák agronómiai használatának hatékonyságát, másrészt csökkentsük a környezetünk terhelését.

A korábbiakban említett klímaváltozás következtében az egyre gyakoribb éghajlati anomáliák eredményeként jóval több extrém időjárási- és éghajlati eseménnyel találkozhatunk, mint az azt megelőző időszakban. Ennek következtében a kukoricatermesztésben is felértékelődött a hibridválasztás és az agrotechnika szerepe. Továbbá nagyon fontos gazdasági és környezetvédelmi kérdéssé vált a műtrágya felhasználás is. Kutatási témám fontosságát az jelenti, hogy adott talajviszonyok mellett

meghatározzuk a köztermesztésben lévő néhány kukorica hibrid optimális műtrágya igényét, ezáltal csökkentjük a környezet terhelését az optimális műtrágyaadag meghatározásával, ugyanakkor a kukorica hibridek genetikai potenciáljának jobb kihasználásával nagyobb terméseket érjünk el.

A Ph.D. doktori értekezésemhez a kutatómunkát Prof. Dr. Pepó Péter egyetemi tanár, intézetvezető és Dr. Bársony Péter adjunktus témavezetésével, támogatásával és szakmai irányításával a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ, Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Kísérleti Telepén beállított, kisparcellás kísérletben végeztük a 2012-2014 közötti időszakban.

Kutatómunkám az alábbi vizsgálatokra terjedt ki:

- a tápanyagellátás hatása a kísérletben alkalmazott kukorica hibridek termésmennyiségére és minőségére
- az eltérő genotípusú kukorica hibridek tápanyagreakciójának vizsgálata
- a tápanyagellátás és az évjárat hatása egyes növényfiziológiai paraméterekre (relatív klorofill tartalom, levélterület index, levélterület tartósság)
- a tápanyagellátás, a termés és a fiziológiai tulajdonságok közötti összefüggések vizsgálata
- a növénytermesztési tér tápanyagmérlegének meghatározása kukorica termesztés esetén

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A kukorica néhány növényfiziológiai értéke és az azokat befolyásoló tényezők

3.1.1. A klorofill tartalmat befolyásoló tényezők

A levelek klorofill tartalma bizonyos információkat ad számunkra a növények fiziológiai állapotáról (Carter, 1994). A SPAD 502 klorofillmérő műszer segítségével a növény klorofill tartalmát tudjuk mérni, így információt kaphatunk a kukorica levelek aktuális N tartalmáról, ami segíthet meghatározni a N műtrágya szükségletet (Tóth *et al.* 2014, Martínez és Guiamet, 2004). A SPAD-502 hatékony eszköz a lombzat klorofill-koncentrációjának és tartalmának roncsolásmentes becslésére a növény különböző fenofázisaiban (Hawkins *et al.* 2009). A SPAD klorofillmérő műszer 6 mm² levélfelületen képes mérni a levél relatív klorofill tartalmát, így a pontos eredményekhez nagyszámú mérést kell végezni (Scharf és Lory, 2002). Berzsényi és Lap (2001) szerint a klorofill koncentráció a kukoricában pozitív összefüggésben van a levél nitrogén-koncentrációjával és nitrogén-ellátottságával. Lemaire *et al.* (2008) szoros kapcsolatot állapított meg a levelek klorofill-, nitrogéntartalma és a SPAD értékek között. A virágzás szakaszában a levél N-koncentrációja szorosan korrelál a kukorica szemtermésével. A kukoricában a klorofill koncentráció pozitív összefüggésben van a levél N- koncentrációjával és N- ellátottságával. Ennek következtében a levél klorofill-koncentrációja visszatükrözi a növény N- ellátottságát és a termésszintet (Berzsényi és Lap 2001). Yu *et al.* (2010) a SPAD értékeknek, a föld feletti száraz biomasszának és a kukorica terméseredményeinek növekedését állapították meg az emelkedő N-dózisok hatására. Széles (2008) a kukorica levelek SPAD értékei és a termés mennyisége közötti kapcsolatot vizsgálva arra a következtetésre jutott, hogy a két tényező között közepesen szoros pozitív kapcsolat volt. Széles *et al.* (2011) szignifikánsan nagyobb klorofill tartalmat mért átlagos nitrogén műtrágya adagok mellett aszályos évben, mint kedvező vízellátottságú évben. Ding *et al.* (2007) eredményei alapján az új kukorica hibrideknél a virágzás után a fotoszintetikus aktivitás és a klorofill tartalom sokkal lassabban csökkent, mint a régi típusú hibrideknél. Ványiné *et al.* (2012) a kukorica levelek klorofill tartalmát vizsgálta a kukorica három fejlődési szakaszában (6 levél, 12 levél és virágzás). Megállapították, hogy a különböző nitrogén dózisok nem növelték szignifikánsan a levelek klorofill tartalmát a kukorica 6 leveles állapotában. Ványiné (2010) három évben vizsgálta a kukorica SPAD értékeit. A legnagyobb SPAD értékeket az állomány 6 leveles állapotában az N₆₀+PK

tápanyagszinten mérte, míg a 12 leveles állapotban és az 50%-os nővirágzás állapotában az $N_{120}+PK$ tápanyagszinten tapasztalta a legnagyobb klorofill tartalmat. A tápanyaghiány és a kedvezőtlen környezeti stresszhatások a fotoszintetikus aktivitás csökkent működését eredményezhetik. Ennek következtében gyengébb hajtásnövekedés és kisebb zöld tömeg alakul ki, amely korlátozza a termést és rontja a minőséget (Ványiné és Nagy 2012). A nettó fotoszintézis a 40 kg N + PK tápanyagkezelésben volt a legnagyobb a vegetációs időszak korai szakaszában, a vegetációs időszak kései szakaszában pedig az $N_{60} + PK$ trágyakezelés adta a legnagyobb eredményt (Csajbók et al. 2005).

Széles (2007) az öntözés hatását vizsgálta kukoricánál a levelek klorofill tartalmára. A SPAD értékek nem mutattak szignifikáns változásokat az öntözött és az öntözetlen parcellákon sem.

A növekedésanalízis alkalmas módszer a növények növekedésének és a növekedést befolyásoló ökológiai és agronómiai faktorok összehasonlító vizsgálatára (Berzsenyi és Lap 2000).

Összességében megállapítható, hogy a kukorica klorofill koncentrációja pozitív összefüggésben van a levél nitrogén koncentrációjával és nitrogén ellátottságával (Berzsenyi és Lap, 2001). Széles (2008) szoros pozitív kapcsolatot bizonyított a termés és a SPAD értékek között. A legnagyobb SPAD értékeket Ványiné (2010) a kukorica 12 leveles állapotban az $N_{120}+PK$ tápanyagkezelésben tapasztalta.

3.1.2. A levélterületet befolyásoló tényezők

Megfelelő fejlettségű levélterület szükséges a nagy termések kialakításához (Focke 1973). A nagyobb levélterület jobban hasznosítja a Nap energiáját, de egy bizonyos határ fölött az önárnyékolás olyan mértékű lesz, hogy az akadályozni fogja az alsóbb levelek fotoszintézisét (Futó, 2003). Hegyi et al. (2005a, 2005b) szerint az évjárat jelentősen módosítja az asszimiláló terület nagyságát. A cső feletti levélterület és a növényi produkció között szoros összefüggést állapítottak meg. Az a hibrid rendelkezett a legnagyobb csőtömeggel, amelynek a cső feletti levélterülete a legnagyobb volt. A kukorica asszimilációs paramétereit jelentősen befolyásolja a műtrágyázás, jó vízellátottsági viszonyok mellett (Kutasy et al. 2009). A nitrogén nagyon fontos szerepet játszik a növények fiziológiai folyamataiban. A tápanyag ellátottság befolyásolja a levélterület nagyságát és ezen keresztül a termés mennyiségét

is (Novoa és Loomis, 1981). A nitrogén dózisok növelésével nő a levélterület index, a fotoszintetikus aktivitás és a levélterület tartóssága is (Tóth et al. 2002, Ma et al. 2005). Micskei et al. (2009) eredményeik alapján megállapították, hogy a műtrágyázás befolyásolta a kukorica állomány levélterületének növekedését és a növények szárazanyag felhalmozódásának dinamikáját. Az emelkedő nitrogén adagok jelentősen növelték a levélterületet, illetve ideális mikroklímát teremtettek a kórokozók számára (Lönhardné et al. 1992). Oikeh et al. (1998) eredményei bizonyították, hogy a nagyobb adagú nitrogén műtrágyázás hatására nőtt a levélterület index. Hasonló megállapításra jutott Lönhardné és Kismányoky (1993) is, akik szerint a N trágyázás hatására szignifikánsan növekedett a kukorica egyedi levélterülete, levélborítottsága és integrált levélterülete. Ruzsányi (1974) szerint is igen szoros összefüggés volt az alkalmazott nitrogén dózisok és a levélterület nagysága között. A növekvő nitrogén dózisok hatására nőtt a levélterület és a levélterület tartóssága is. A nitrogén műtrágyázásnak és a hibrideknek is szignifikáns hatása volt a növényenkénti levélterületre és a növénymagasságra is (Berzsenyi 2008).

Szoros összefüggést tapasztalt a termés és a levélterület nagysága között Menyhért et al. (1980), valamint Lönhardné és Kismányoky (1992). Több kutató tapasztalt szoros kapcsolatot a levélterület index és a termés között a kukorica virágzási periódusában is (Lönhardné és Németh 1989, Bavec és Bavec 2002, El Hallof és Sárvári 2006a, Karancsi és Máriás 2013, Murányi és Pepó, 2014).

Molnár és Sárvári (2007) csapadékosabb évben vizsgálta különböző genotípusú és FAO számú kukorica hibridek termését és levélterület indexét. Megállapították, hogy az N₁₂₀P₇₅K₉₀ műtrágyakezelésnél adták a hibridek a legnagyobb termést és itt mérték a legnagyobb levélterület indexet is. El Hallof és Sárvári (2006a, 2006b) a fotoszintetikus aktivitás, a levélterület és a termés esetében is a N₁₂₀ kg ha⁻¹+PK hatóanyagú kezelésnél kapták a legnagyobb eredményt, míg Jakab (2003) a kontroll kezeléshez képest az N₁₂₀+PK tápanyagkezelésben tapasztalt jelentős levélterület index növekedést.

A kutatók többsége szerint a növekvő nitrogén műtrágyaadagok növelték a kukorica levélterület indexét, fotoszintetikus aktivitását és levélterület tartósságát is (Tóth et al. 2002, Ma et al. 2005, Oikeh et al. 1998). A statisztikai vizsgálatok eredményeként többen szoros kapcsolatot állapítottak meg a kukorica virágzási periódusában a termés és a levélterület index között (Lönhardné és Németh 1989, Bavec és Bavec 2002, El Hallof és Sárvári 2006a, Karancsi és Máriás 2013, Murányi és Pepó, 2014).

3.2. A növénymagasságot befolyásoló tényezők

A növények magassága a genetikai és a környezeti tényezők együttes hatásának függvénye (Rizvan *et al.* 2003). A növénymagasság fontos fiziológiai karakter, amely közvetlen kapcsolatban van a növény potenciális termőképességével (Jasemi *et al.* 2013). A különböző fajták magassága genetikailag kódolt, azonban a N elsődleges termés alkotó, a N dózisok növelése magasabb növényeket eredményez (Abbas *et al.* 2003). A nitrogén dózisok emelkedésével jelentősen nő a növénymagasság (Khan *et al.* 2014.) Vári (2012) eredményei azt igazolták, hogy a műtrágyadózisok emelkedésével az N₁₈₀+PK tápanyagszintig szignifikánsan nőtt a növénymagasság is. Karancsi (2013) kísérletében a legnagyobb növénymagasságot az N₁₂₀+PK és N₁₅₀+PK tápanyagszinten tapasztalta. Liu és Wiatrak (2011) növekvő nitrogéndózisok (0, 45, 90, 135, 180 kg N ha⁻¹) hatását vizsgálta a kukorica termésére, növénymagasságára és klorofill tartalmára. Eredményeik azt bizonyították, hogy műtrágyázás hatására nőtték a vizsgált paraméterek értékei. Nemati és Sharifi (2012) megállapították, hogy a nitrogén szintek emelkedésére (0, 75, 150, 225 kg N ha⁻¹) szignifikánsan nőtt a kukorica növénymagassága is, illetve fontosnak tartották a megfelelő időben történő N műtrágya kijuttatását. A műtrágyát vetéskor, 8-10 leveles állapotban és címerhányáskor megosztva 1/3-1/3-1/3 arányban juttatták ki. A növénymagasságot jelentősen befolyásolja az állománysűrűség is (Abuzar *et al.* 2011, Murányi és Pepó, 2013).

A növények magasságát a genetikai és a környezeti tényezők együttes hatása befolyásolja (Rizvan *et al.* 2003). A kutatók szerint a növénymagasság genetikailag kódolt, a nitrogén dózisok emelkedésével (N₁₂₀+PK, N₁₅₀+PK, N₁₈₀+PK) nő a növénymagasság (Abbas *et al.* 2003, Khan *et al.* 2014, Vári 2012, Karancsi 2013). A növénymagasságot ezen kívül az állománysűrűség is befolyásolja (Abuzar *et al.* 2011, Murányi és Pepó, 2013).

3.3. A termésképző elemek és azok hatása a kukorica termésére

Az évjáratnak jelentős hatása van a termésképző elemekre, főleg a szemek tömegére (Gyenesné *et al.* 2001, Gyenesné *et al.* 2002). A címerhányás ideje alatti szárazság akár 40-50%-os termés kiesést is okozhat. A címerhányás és virágzás alatti vízhiány csökkenti az egy csövön lévő sorok számát, a beporzás utáni stressz pedig csökkenti az ezerszemtömeget, ami jelentős terméseszkökenést eredményezhet (Lauer 2003). Pintér *et al.* (1977) szerint a kukorica csőhossza az évjáratok változásával

eltérhet egymástól. Száraz években a rövidebb csőhossz okozza a terméseszkökenést, míg csapadékos években a csőhossz és az ezerszemtömeg eszkökenése idézheti elő a terméseszkökenést. A termés és az ezerszemtömeg között igen erős kapcsolatot lehetett megállapítani (Nastasic et al. 2010).

A nitrogén ellátottságnak jelentős hatása van a kukorica terméseszköpző elemeire és a termésre is (Grantham 1997). A növekvő nitrogén dózisok növelték a kukorica terméseszköpző elemeinek mennyiségét és ezáltal a termését (Tolbert et al. 2001 Hejazi és Soleymani 2014). Zahid (2007) vizsgálati eredményei azt bizonyították, hogy a különböző trágyakezelések jelentősen befolyásolták a cső hosszát. A szemek száma a csutkán, valamint a cső tömege a tőtávolság növekedésével nőtt.

El Sheikh (1998) eredményei azt igazolták, hogy a 160 kg ha⁻¹ N dózis jelentősen növelte a kukorica ezerszemtömegét. Arif et al. (2010) 120 kg ha⁻¹ N és 75000 növény/ha tőszámsűrűségnél kapta a legnagyobb ezerszemtömeget és a legnagyobb termést. Ezt az eredményt kapta Onasanya et al. (2009) is, akik legnagyobb ezerszemtömeget és csősúlyt az N₁₂₀+P₆₀ kg ha⁻¹ tápanyagszinten érték el.

A vetésidő is jelentős hatással bír a termés mennyiségére és a terméseszköpző elemekre (ezerszemtömeg, egy soron lévő szemek száma) (Beiragi et al. 2011).

Yousafzai et al. (2004) eredményeiben a vetésidő változása jelentősen befolyásolta a kukoricahibridek magasságát, az ezerszemtömeget, a szemtermést, a szem-csutka arányt és a növényenkénti csövek számát.

Az eredmények azt bizonyították, hogy az évjáratnak jelentős hatása van a terméseszköpző elemekre (Gyenesné et al. 2001, Gyenesné et al. 2002), ugyanis a kukorica kritikus fenofázisaiban bekövetkezett vízhiány csökkenti az egy csövön lévő sorok számát és az ezerszemtömeget, így ez jelentős terméseszkökenést eredményezhet (Lauer 2003). A tápanyagellátásnak szintén fontos szerepe van a terméseszköpző elemek alakulására (Grantham 1997), ugyanis több kutató bizonyította, hogy az emelkedő nitrogén dózisok növelték a kukorica terméseszköpző elemeinek mennyiségét és ezáltal a termését (Tolbert et al. 2001 Hejazi és Soleymani 2014).

3.4. Az évjárat, a genotípus, a tápanyag- és a vízellátottság hatása a kukorica termésére

3.4.1. Az évjárat hatása a kukorica termésére

Hazánk kukoricatermesztésében, klimatikus szempontból, meghatározó szerepe van a csapadéknak, illetve annak bizonytalanságának. A víztöbblet ugyanúgy károsító hatású, mint a csapadékhiány (*Rácz és Nagy* 2011). *Széll* (2007) eredményeiből megállapította, hogy a vízellátottság alapvetően meghatározta a kukoricatermesztés eredményességét. A kukorica termését a napsugárzás, a hőmérséklet, a genotípus, valamint a tápanyag- és vízellátás határozza meg (*Huzsvai és Nagy* 2005). *Marton et al.* (2005) eredményei azt bizonyították, hogy száraz viszonyok között nem a hőmérséklet, hanem a vízhiány akadályozta a genetikai termőképesség realizálását. Ennek következtében aszályos években a későbbi tenyészidejű hibridek termés csökkenése a legjelentősebb. A korábbiak az aszályos periódus beállta előtt elvirágoznak, így a legkritikusabb periódusuk nem a száraz időszakra esik. Ilyen vonatkozásban sokkal inkább a virágzási időnek van szerepe és nem a betakarításkori szemnedvesség által meghatározott tenyészidőnek. A foszfor hatások mértékét jelentősen meghaladta az évjárat hatása, ennek eredőjeként a jó tápanyagellátottság fokozhatja az aszálykárt. A tápelemmel gyengén ellátott talajokban az aszály júniusban és július elején léphet fel, míg a tápelemmel jobban ellátott területeken július második felében és augusztusban okozhat súlyos károkat a kukorica állományokban. Az aszály hatására termés csökkenés következik be, amely a meddő tövek számának emelkedésében, a csövenkénti szemszám és az ezerszemtömeg csökkenésében mutatkozik meg (*Csathó et al.* 1991). *Csajbók* (2000) a monokultúrában termesztett kukoricánál igen szoros összefüggést állapított meg a tenyészidőben lehullott csapadék és a termés között, illetve a téli félév csapadéka és a termés között azokban az években, amikor a nyári csapadék mennyisége kisebb volt. Ezt igazolták *Debreczeni et al.* (2006) eredményei is, amellyel bizonyították, hogy a tenyészidőszak alatt lehullott csapadéknak jelentős hatása volt a terméseredmények alakulására és az befolyásolta az alkalmazott műtrágyák hatékonyságát is. A kukorica 150-240 cm mélységből képes felvenni a vizet. A címerhányást közvetlenül megelőző és az azt követő hím- és nővirágzás periódusa a növény számára a legkritikusabb a víz- és a tápanyagellátás szempontjából. Ekkor veszi fel a növény a vízigényének 50-60 %-át. Az aszály közvetett hatása eredményeként a

levelek leszáradnak, így a termésveszteség akár 20-50 % is lehet. Terméskiesést okozhat a túl nedves talaj is a vegetációs időszak elején (*Palkovits és Koltai* 2004). *Berzsenyi et al.* (2007) tartamkísérlet keretében több évtizedes adatokat csoportosított száraz és csapadékos évjáratokra, melyekkel rámutatott az évjárat termésre gyakorolt nagyon jelentős hatására. A vizsgált kezelések átlagában a kukorica szemtermése száraz években 4,061 t/ha, csapadékos években 6,025 t/ha volt. *El Hallof és Molnár* (2006) kutatásai alapján a kukoricatermesztés eredményességét alapvetően befolyásolták az időjárási és a talajtani tényezők. Megállapították, hogy a termesztés során maximálisan figyelembe kell venni a termőhely adottságait, mivel ezek közvetlen hatással vannak a termés alakulására. Azokon a területeken számíthatunk a legjobb termésre, ahol a csapadék éves mennyisége eléri az 500-700 mm-t és ebből 120-150 mm a címerhányást megelőző és az azt követő periódusban hullik. Hazánk legnagyobb részén a nyári időszakban a kukorica vízszükséglete több, mint amennyi a csapadékkal leesik. Ezért nagyon fontos, hogy a növény nagy vízfogyasztását szem előtt tartva a csapadék által lehullott vízmennyiségből minél többet tudjunk tárolni a talajban. A felvehető víz mennyiségét a talajműveléssel tudjuk befolyásolni (*Husti* 1994). A szárazság terméscsökkenést okozó hatását a vetésidő helyes megválasztásával és a megfelelő mennyiségű nitrogén műtrágya dózis alkalmazásával csökkenteni lehet (*Szundy et al.* 2003). *Gyuricza* (2005) megállapította, hogy a kedvezőtlen időjárási hatásokat a megfelelő mennyiségű tápanyag-visszapótlással csökkenteni lehet. A műtrágya jobban érvényesült csapadékos évjáratban. Az N₁₂₀+PK trágyakezelésnél nagyobb műtrágya dózist nem tartanak célszerűnek kijuttatni, mert termésnövekedést nem tapasztaltak (*El Hallof és Sárvári* 2005). *Sárvári és Boros* (2009) szerint nagyon szoros az évjáráthatás, a műtrágyázás és a kukorica hibridek termése közötti összefüggés. Szélsőségesen száraz, aszályos években a műtrágyázásnak nem volt termésnövelő hatása, míg kedvező években a műtrágyázás 40-50%-kal is növelte a termést. Öntözetlen körülmények között a műtrágyázás hatására termésdepresszió következett be aszályos évjáratokban (*Vad és Dóka* 2009).

A vízhiány növelte a címerhányás és a nővirágzás közötti időszakot (*Spitkó et al.* 2014). A címerhányás időszaka alatti aszály következtében a terméscsökkenés elérheti a 40-50%-ot is (*Claassen és Shaw* 1970.)

3.4.2. A genotípus hatása a kukorica termésére

A jó természetes tápanyagfeltáró és tápanyag hasznosító képességgel rendelkező hibridek eredményesen termesztethetők alacsony ráfordítási színvonalon. A jó trágyareakcióval és nagy termőképességgel bíró hibridek meghálálják az intenzív termesztési viszonyokat (Jakab 2002). A kukoricatermesztés egyik alapvető feltétele, hogy a biológiai alapokat helyesen válasszuk meg (Pepó és Pepó 1993). Ángyán et al. (1982) fontosnak tartották, hogy a hibrid kiválasztásnál tartsuk szem előtt a termőhelyi adottságokat és a klímajellemzőket is. Szintén a helyes fajtamegválasztást tartotta lényegesnek Kiss I-né (2002), aki szerint ez a technológiai elem akár 10%-os eredménynövekedést is hozhat. Az aszályos évjáratok gyakorisága miatt egyre jobban felértékelődött a biológiai alapok jelentősége és az okszerű agrotechnikai tényezők alkalmazása (Sárvári 1999). Sárvári et al. (2002) szerint a kukoricatermesztés eredményességét nagymértékben meghatározza, az hogy a hibridek igényét maximálisan kielégítsük, továbbá fontos a hibridek termőképességének érvényre jutásához ismerni a hibridek specifikus igényeit. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők közül Győrfy (1976) eredményei alapján a trágyázás 27%-kal, a fajta 26%-kal, az ápolás 24%-kal, a növényszám 20%-kal, a mélyművelés 3%-kal részesedett a termésnövekedésből. Szieberth és Széll (1998) szerint a hibridkiválasztásnál az egyik legfontosabb szempont a termőképesség. Kedvező feltételek között a kukoricahibridek genetikai termőképessége a 15-18 t ha⁻¹-t is elérheti. Sárvári és Boros (2010) megállapította, hogy egyre korszerűbb kukoricahibridek kerülnek a termesztésbe, amelyeknek a műtrágya-hasznosító képességük egyre jobb. Amíg az 1970-80-as években 180 kg ha⁻¹ N jelentette az agroökológiai optimumot, addig napjainkban ez 120 kg ha⁻¹ N hatóanyag. Kiss E. (2013) szerint az aszálytűrő hibridek kifejlesztésében 3 fő elvet kell szem előtt tartani. Az első a gyökérzet erősítése, második az együttvirágzás és a harmadik a fotoszintézis fenntartása a lehető legtöbb ideig.

Debreczeni (1979) szerint az új fajták és hibridek nagyobb termőképessége attól függ, hogy milyen mértékben tudják hasznosítani a talaj tápanyag- és vízkészletét. Az új hibridek pozitív kölcsönhatást mutatnak a fokozott tápanyagellátással szemben, így az intenzív hibrideknek jobb a tápanyaghasznosító-képessége. Azok a hibridek, melyek jobb tápanyagfeltáró- és tápanyag hasznosító képességgel rendelkeznek, a gyökérszőreik felületének adszorpciós kapacitása is nagyobb (Debreczeniné 1985). A

fajtaspecifikus trágyázás a tápanyag-gazdálkodás egyik fontos tényezője. Az eltérő genotípusú fajtáknak különbözőek az agronómiai és a növényfiziológiai tulajdonságaik és ezek a különbségek eredményezik azt, hogy más-más a trágyareakciójuk is (Pepó 2001a). Azok a hibridek az értékesebbek, amelyek kisebb tápanyagellátottság mellett nagy termések elérésére képesek (Sárvári 1982, Sárvári 1984). A biztonságos termesztés érdekében jó alkalmazkodó-képességű, kedvező vízleadási-tulajdonságokkal rendelkező, jó termőképességű hibrideket kell választani, a termőhely adottságait és a termesztés körülményeit figyelembe véve (Molnár és Sárvári 2007).

3.4.3. A tápanyag- és a vízellátás kölcsönhatása a kukorica termésére

Rácz és Nagy (2011) megállapították, hogy a trágyázás és a vízellátottság között pozitív kölcsönhatás van, ezért a gazdaságos termesztéshez e két agrotechnikai tényező egymással arányos beállítása szükséges. A víz- és a tápanyagellátás a szemtermés mennyiségét külön - külön kevésbé, együtt viszont lényegesen növelheti (Szalókiné és Szalóki, 2002). A vízellátottság alapvetően meghatározza a kukoricatermesztés eredményességét. A tápanyaghiány is jelentősen növeli a vízfogyasztást (Széll, 2007). A csapadéknak a műtrágya hatás és hasznosulás szempontjából nagyon fontos szerepe van (Pummer et al. 1995). Pepó (2009) megállapította, hogy alapvetően a vízellátás mértéke határozza meg a trágyázás termésnövelő hatását. A rendkívül meleg, száraz, aszályos években a vízellátásnak meghatározó szerepe van a kukorica termésére (Pepó et al. 2008). A kukorica szemtermésének a legkritikusabb tényezői a víz- és nitrogén ellátás (Moser et al. 2006). Gyulai és Sebestyén (2011) a kultúrnövény fejlődése szempontjából a vízellátottság tekintetében nem annyira a csapadék mennyiségét, mint inkább annak tenyészidőszak alatti eloszlását tartotta meghatározónak. Bizonyították, hogy a víztakarékos talajművelés és a kukorica különböző fejlődési szakaszaihoz igazodó tápanyagellátás azok az agrotechnikai tényezők, amelyek használatával előnyösen befolyásolhatjuk a kukoricatermesztés eredményességét. Lente és Pepó (2009) szerint a vegetációs periódus vízellátása nagymértékben meghatározza a talaj természetes tápanyagainak és a műtrágyák hatóanyagainak érvényesülését. Széll (2007) eredményeiből megállapította, hogy a vízellátottság alapvetően befolyásolta a kukoricatermesztés eredményességét. Ezt a megállapítást igazolta Vad és Pepó (2009) is, akik szerint a kukorica termésmennyiségét és termésbiztonságát a trágyázás, a vetésváltás és az évjárat, illetve annak vízellátottsága egyaránt meghatározza. Dobos és

Nagy (1998) megállapításai alapján a szárazanyag beépülés sebessége növekedett a műtrágyázás hatására a műtrágyázás nélküli kezelésekhez képest. A vegetatív növekedés elsősorban a virágzásig lehullott csapadék mennyiségétől függ, valamint a műtrágya-hasznosulást a vízellátottság határozza meg. Árendás *et al.* (2008) bizonyította, hogy a víz oldó hatása elengedhetetlen a földben található tápanyagok növénybe jutásához, így a szükséges mennyiségben jelen lévő tápelemek is elősegítik a jobb vízhasznosulást. A tenyésztés vízellátása nagymértékben meghatározta a trágyázás hatékonyságát. Eredményei alapján megállapította, hogy a kukorica termésszintje csernozjom talajon 11-12 t ha⁻¹, viszont ehhez szükséges a szakszerű öntözés és tápanyagellátás is (Pepó, 2005).

A műtrágyadózisok emelésének következtében a növény minden részében fokozódott a nitrogén tartalom. A kálium tartalmat csak a szárban és a levélben, a foszfor tartalmat sem a szemben, sem a melléktermékben nem befolyásolta (Koltai *et al.* 2002).

Nagy (2006) szerint az éghajlat nagyfokú változékonysága a termelés egyik legnagyobb kockázati tényezője. Szárazságra hajló viszonyok között, de különösen több egymást követő száraz évben a kisebb, legfeljebb hektáronkénti 60 kg N/ha műtrágyaadag használata javasolható. Kedvező vízellátottság esetén a 120 kg N/ha műtrágyaadag használata indokolt.

3.5. A trágyázás és a kukorica termésének a kapcsolata

A fenntartható kukoricatermesztésben nélkülözhetetlen, hogy ismerjük az agroökológiai körülményeket (vízellátás, talaj), kiválasszuk a legmegfelelőbb hibridet és harmonizáljuk az agrotechnikai elemek szintjét a gazdasági és biológiai környezettel. A hatékony termesztéshez nélkülözhetetlen a termőtalaj ismerete. Pepó *et al.* (2002) szerint a hazai talajok fizikai (szerkezetesség, tömörödés), kémiai (savanyodás, tápanyagszolgáltató-képesség) és biológiai (biológiai aktivitás) tulajdonságai nagymértékben romlottak az elmúlt évtizedekben, amely a kukoricatermesztést is kedvezőtlenül érinti. A tápanyagellátás, a vetésváltás, a növényesítés, az öntözés és a gyomszabályozás a fenntartható kukoricatermesztés kulcselemei. Csernozjom talajon 11-12 t ha⁻¹ szinten tartható a termés az agrotechnikai elemek megfelelő használatával (Vad *et al.* 2007). A tápanyagellátás csak akkor valósítható meg hatékony, gazdaságos és környezetkímélő módon, ha biztosítjuk valamennyi termesztéstechnikai elem

szakszerűségét és harmóniáját (Nagy, 2005). A trágyázás egy olyan fontos tényező, melynek segítségével mérsékelhetők a változó évjáratok és a különböző termőhelyek okozta mennyiségi és minőségi anomáliák (Árendás, 2006). A műtrágyázás hatását leginkább meghatározó tényezők között az időjárást, a talajtulajdonságokat, a talaj tápanyagkötő képességét, az előveteményt, a vízellátást, a növényállomány kiegyenlítettségét, a talajművelés módját, a termesztett növény, illetve fajta tápanyagreakcióját kell megemlíteni (Nagy 2007, Körschens 2006, D'Haene 2007). Pekáry (1969) megállapította, hogy a műtrágyák hatékonyságát nagymértékben meghatározza a talajok tápanyagszolgáltató-képessége, illetve ezen kívül a termőhely éghajlata és az adott év időjárása. Ezt a megállapítást igazolta Loch (1999), aki szerint az optimális műtrágyaadag meghatározásához figyelembe kell venni a növény igényeit és a környezeti adottságokat. El Hallof és Molnár (2006) is bizonyította, hogy a megfelelő mennyiségű műtrágyadózis kijuttatásához figyelembe kell venni a növény tápanyagigényét, a talaj tápanyagtartalmát és tápanyag szolgáltató képességét. Pepó (2001b) eredményei azt bizonyították, hogy a vetésváltásnak jelentős szerepe volt az optimális N adag alakulására. Kutatási eredményeiben optimálisnak bizonyult monokultúrában a $N_{187}+PK$, bikultúrában a $N_{147}+PK$, trikultúrában pedig a $N_{113}+PK$ tápanyagdózis. A harmónikus trágyázás és a megfelelő talajnedveség- gazdálkodás nagyon fontos a kukoricatermesztés szempontjából (Hoffmann és Berecz 2009).

A szakszerű műtrágyázással a termésingadozást jelentősen csökkenteni tudjuk (Széll et al. 2010). A klímaváltozás terméscsökkentő hatásaira csak a termőhelyhez igazodó hibridspecifikus agrotechnika alkalmazása jelenthet védelmet (Pepó 2006). Az alacsony termésátlagok a műtrágyafelhasználás visszaesésének tulajdoníthatóak, ezért növelni kell a műtrágya felhasználást a magasabb és egyenletesebb termésmennyiségek eléréséhez (Popp 2000).

Vári és Pepó (2011) a tápanyagellátás hatására igen jelentős termésnövekedést állapított meg. Monokultúras termesztés esetén a legmagasabb termést $N_{240} + PK$ tápanyagszintnél (8726 kg/ha), bikultúrában a $N_{180}+PK$ tápanyagszintnél (9371 kg/ha), míg a vetésváltás kedvező hatása következményeként trikultúrában a $N_{120} + PK$ tápanyagszintnél (9424 kg/ha) érték el. Prokszáné et al. (1995) kutatási eredményei szerint mind a vizsgált hibridek átlagában, mind éréscsoportonként a legnagyobb termés a 200 kg ha^{-1} N-műtrágyaszintnél volt. 38%-os termésnövekedést tapasztaltak a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva az összes hibrid átlagában. A FAO 500-as éréscsoportban a legnagyobb, a FAO 400-as éréscsoportban pedig a legkisebb volt a

termésnövekedés. A talaj termékenységi állapotát és az alkalmazott agrotechnikát figyelembe véve *Akmal et al.* (2010) eredményei alapján a 150 kg ha⁻¹ N hatóanyag alkalmazása eredményezte a maximális termést. *Sárvári és Szabó* (1996) szerint száraz, aszályos évjáratokban a legnagyobb terméseket a kukorica hibridek a mérsékelt NPK műtrágyaadagú kezeléseknel érték el, azonban a nagyobb műtrágyadózisok termésdepressziót eredményeztek. Nagy műtrágyaadagokkal kedvezőtlen termőhelyen is jelentősen növelhető a termés mennyisége, azonban ez a hozam a kedvezőbb termőhelyeken lényegesen kisebb adagokkal is elérhető. A 450 kg ha⁻¹ vegyes hatóanyagnál nagyobb tápanyagdózis már termésdepressziót okoz (*Koltai et al.* 2002). A nagyadagú nitrogén műtrágyázás terméscsökkentő hatását bizonyították *Árendás et al.* (2012) száraz telet követő aszályos nyarak után. Kutatási eredményeik szerint 130 kg ha⁻¹ N hatóanyagú műtrágya alkalmazásával öt év átlagában a legnagyobb 5,22 t ha⁻¹ termést érték el. *Puy et al.* (2002) szerint a kukoricaszemek N- tartalmát leginkább a közepes adagú (N₁₂₀P₉₀K₉₀) trágyázás növelte.

A műtrágyák hasznosulása általában negatív korrelációt mutat a talaj tápanyag szolgáltatásával. Ez azt jelenti, hogy minél nagyobb a talaj tápanyag tartalma, annál kisebb a műtrágya relatív érvényesülése. Ez fordítva is igaz. Minél kevesebb tápanyagot tartalmaz a talaj, annál több tápanyag jut a növénybe a műtrágyából és annál nagyobb lesz az adott műtrágya százalékos érvényesülése. Ezt az öntözés befolyásolhatja, ugyanis az öntözés növeli a tápanyagok feltáródását és növeli a műtrágyák hasznosulási százalékát is. *Debreczeni* (1979) szerint 100 kg műtrágya hatóanyagból 15-80 kg hasznosul (40-80 kg N, 15-35 kg P₂O₅, 40-70 kg K₂O), tehát ennyit vesz fel a növény.

3.5.1. A nitrogén speciális hatása a kukorica termésére

Az agrotechnikai tényezők közül a nitrogén műtrágyázás a kukorica termésnövelésének egyik legfontosabb tényezője. Általánosságban ismert, hogy a különböző kukorica genotípusok N- hatékonysága eltérő (*Berzsenyi et al.* 2009). A nitrogén műtrágyázás a kukorica szempontjából fontos gazdasági és környezetvédelmi kérdéssé vált (*Berenguer et al.* 2009). A nitrogén létfontosságú tápanyag a növények részére és jelentős a kukoricatermesztésben, mint termést meghatározó tényező (*Shanti et al.* 1997). *Czinege* (2009) szerint a genetikai potenciál jobb kihasználásának feltétele az okszerű műtrágyázás. A pontos nitrogén adag megállapítása alapfeltétele a környezetkímélő trágyázásnak (*Berényi et al.* 2009). A kukorica nitrogén igényes

növény. A kukorica nitrogén felvételét a vegetációs periódus során az öntözés és az évjárat jelentősen módosítja (Nagy és Ványiné 2009). A nitrogén trágyázás növeli a termést és a hektoliter tömeget, valamint befolyásolja a szem minőségét is (Tomov *et al.* 2008, Markovic *et al.* 2010, Ványiné *et al.* 2012). Berzsenyi és Varga (1986) is igazolta ezt a megállapítást. Szerintük a kukorica a nitrogén műtrágyázásra elsősorban a termésnövekedéssel reagál, másodsorban pedig a szem fehérjetartalma is nő. A nitrogén műtrágyázás egyrészt növeli a kukorica termését, illetve annak nitrogéntartalmát, másrészt kedvezően befolyásolja a növény foszforfelvételét is (Szalka 1996).

Antal (1999) szerint a rövidebb tenyészidejű kukoricahibridek 5-15%-kal több nitrogént vesznek igénybe, mint a FAO 400 vagy az annál hosszabb tenyészidejű fajták. A nitrogénadagot módosító tényezők közé tartozik a hibrid biomasszatömege, a tenyészidő, valamint az elővetemény. Plavsic *et al.* (2009) öt különböző hibrid vizsgálatával megállapították, hogy a nitrogén nagymértékben meghatározta a szemtermés mennyiségét. Györfly (1979) kísérleti adataiból kiderült, hogy az 1960-as évek közepéig a termesztésben lévő hibridek termésgörbéje 80-120 kg/ha N kijuttatását követően már ellaposodott. Az 1970-es évek hibridjeinek N optimuma 100-160 kg/ha-ra növekedett. Erre a megállapításra jutott Adriaanse és Emberi (1992), akik szerint a 120 kg/ha N szintig emelve a műtrágyaadagot a szemtermés és a levél nitrogén koncentrációja is jelentősen növekedett. Berzsenyi és Lap (2003) kutatásaiból igazolódott, hogy a kukorica szemtermése fokozatosan emelkedett a N-műtrágya dózisének növelésekor egészen N₁₆₀ szintig, e fölött szignifikánsan nem változott, valamint a N-műtrágyázás agronómiai hatékonysága csapadékos években nagyobb volt, mint száraz években, másrészt az N₈₀ kezelésnél érte el a legnagyobb értéket, annál nagyobb N-dózisnál csökkent. Azeez (2009) szerint már a 90 kg ha⁻¹ N is jelentősen növelte a kukorica levélterületét és a szemtermést.

A nitrogén műtrágya hatása nagymértékben függ az évjáratától. Hatása az évek többségében kedvező, de egyes években a kedvezőtlen hatása is érvényre juthat. Széll és Kovácsné (1993) tartamkísérletben 5 év átlagában a nitrogén műtrágyázás termésnövelő hatására 100 kg ha⁻¹ N kijuttatásával 34%-os termésnövekedést, 200 kg ha⁻¹ N kijuttatásával pedig 50%-os termésnövekedést tapasztalt. Csapadékos időjárás esetén azonban a 300 kg ha⁻¹ N műtrágya adag közel akkora termésnövekedést eredményezett, mint a 200 kg ha⁻¹ N műtrágya dózis. A műtrágyák mellékhatása akkor jelentkezik, ha azokat rendellenes formában, mennyiségben és arányban juttatjuk a talajba. A savanyító hatása meszezéssel vagy a lúgosan ható formák kiválasztásával, a kilúgzás és a

veszteségek mérséklése a növény igényeihez, illetve a talaj tulajdonságaihoz való alkalmazkodással, az eutrofizáció pedig az erózió csökkentésével mérsékelhető (Kádár, 2011). A kiegyensúlyozatlan szervesetlen trágyázás (N) nemcsak, hogy nem növelte a kukorica termését, de hosszú távon komoly talajsavanyodást is okozott. A trágya alkalmazása önmagában vagy NPK-val kombinálva jelentősen nagyobb kukorica termést eredményezett (Huang et al. 2010). A műtrágyázás kedvezőtlen hatásai mérsékelhetőek, illetve az agrotechnikai elemek helyes megválasztásával akár meg is szüntethetőek (Győri és Kisfalusi 1983). A nitrogén veszteség eredményeire Oikeh et al. (2003) kutatásából következtethetünk. Kísérletükben igazolták, hogy a betakarítás után a vizsgálat első évében $56-72 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, míg a második évben $73-83 \text{ kg ha}^{-1}$ nitrogén maradt vissza a talaj felső 90 cm-es rétegében. A nitrogén veszteség a 0-90 cm-es rétegben $35-122 \text{ kg ha}^{-1}$ volt mindkét évben.

3.5.2 A foszfor-, káliumellátás és a mikorelemek hatása a kukorica termésmennyiségére

A növény fejlődésének főbb folyamataiban és a termésképzésben is nélkülözhetetlen a fő makro-, mezo- és mikroelemeknek a jelenléte a megfelelő arányban (Mahmood et al. 1999, Colomb et al. 2000). A nitrogén és a foszfor a legfontosabb tápelem a növények számára, főleg a termés mennyisége és minősége szempontjából (Khan et al. 2014.) Izsáki (2005) bizonyította, hogy a kukorica levelében a legnagyobb koncentrációban lévő tápelem a N (3-5%) volt, ezt követte a foszfor és a kálium.

Műtrágyázás következtében kismértékű oldható foszfor és kálium növekedésről számolt be a szántott réteg alatt 35-40 cm-ig (Szűcs és Szűcs Mné. 2003). Izsáki (2012b) a címerhányás kezdetén végzett levélanalízist. Eredményeiből megállapította, hogy a jobb foszfor ellátottság a kukoricalevélben nagyobb foszfor koncentrációt eredményezett. Izsáki (2011b) a címerhányás kezdetén végzett levélanalízis eredményéből arra a következtetésre jutott, hogy a P-Zn antagonizmus a $160 \text{ mg AL-P}_2\text{O}_5 \text{ kg ha}^{-1}$ ellátottsági szint fölött érvényesült. A P/Zn arány eltolódása és a gyökér, valamint a levél eltérő P és Zn tartalmának az az oka, hogy a Zn hiány egy rendellenességet vált ki, emiatt a gyökérből a levelek irányába folyó Zn szállítás lecsökken, a foszfor szállítás pedig megnő (Tamás 2003). Emping és Zuno (1984)

három különböző kukorica hibridet vizsgált és megállapította, hogy a 40 kg P/ha a leggazdaságosabb mindhárom hibrid esetében.

A kálium trágyázás elsődlegesen a kukorica vegetatív szerveinek K, Ca, Mg tartalmát befolyásolja. A növekvő kálium adagokkal nő a vegetatív növényi részek kálium tartalma is. Ezzel párhuzamosan csökkent a Ca és Mg beépülése (*Kádár és Csathó* 2012). *Izsáki* (2012a) 5-6 leveles fejlettségi állapotban és a címerhányás kezdetén végzett levélanalízist. Megállapította azt, hogy a jobb kálium ellátottságot a kukorica levelének nagyobb kálium koncentrációja kísérte. A legnagyobb K koncentráció az 5-6 leveles állapotban 2,3-4,3% között, míg a címerhányás kezdetén 1,5-2,6 % között volt.

Árendás et al. (1998) szerint igazolódott, hogy a tartós egyoldalú N műtrágyázás termésmenvelő hatása - a relatív P- és K-hiány kialakulása miatt - egyre kevésbé érvényesül, a műtrágyázás hatékonysága az idő előre haladtával folyamatosan romlik.

Kádár (2000) megállapította, hogy megfelelő foszfor és kálium ellátás esetén csökkenthető a vízhiány okozta stressz. Ezek a tápelemek ugyanis a későbbi fejlődési fenofázisokban javítják a talaj vízkészletének hasznosítását. A túlzott tápanyagellátás azonban kedvezőtlen, mert terméseszköket és minőségromlást okoz az arra érzékeny fajtáknál. *Nyárai et al.* (2000) szerint a foszfor- és káliumtartalmú műtrágyák az őszi szántással kerüljenek a talajba. *Nagy és Sárvári* (2005a) megállapította, hogy a kukoricának jelentős a káliumigénye, mérsékelt a foszforigénye. Nem elhanyagolható a Ca- és Mg- igény sem. Mikroelemek közül a Zn-, valamint a Cu- hiányra érzékeny. A mikroelemek közül a növény cink koncentrációját befolyásolta leginkább a foszfor adagolás. A tenyésztési során tapasztalták a foszfor kedvezőtlen hatását a Zn felvételre (*Kincses Sné. et al.* 2002). *Győri et al.* (1993) szerint a műtrágyázásnak hatása volt a kukorica cink, réz, mangán, vas és nikkel tartalmára, míg az öntözés a réz, cink és alumínium tartalmát befolyásolta. A mangán tartalom a fiatal növényen volt a legalacsonyabb monokultúrában és a legnagyobb trikultúrában. A betakarítás szakaszában a cink tartalom a legalacsonyabb volt a trikultúrában. *Izsáki* (2011a) megállapította, hogy a nitrogén trágyázás csökkentette a levél cink koncentrációját extrém száraz évben. A levél Mn- koncentrációja a vizsgált években pozitív kölcsönhatást mutatott a növekvő nitrogén dózisok hatására.

Győri és Sipos (2005) megállapította, hogy az öntözés hatására a kukorica minden fejlődési stádiumában nőtt a cinktartalom. Tapasztalták a modern hibridek esetében is a foszfor-cink antagonizmust.

Összességében megállapítható, hogy a kukorica termésmennyiségére a legnagyobb hatással az évjárat, a genotípus és a tápanyagellátás van. A vízellátottság alapvetően képes meghatározni a kukoricatermesztés eredményességét (Széll 2007). Kedvező években a műtrágyázás 40-50%-kal is növelte a termést, azonban szélsőségesen száraz, aszályos években a műtrágyázásnak nem volt termésnövelő hatása (Sárvári és Boros 2009). A címerhányás időszaka alatti aszály következtében a termés csökkenés elérheti a 40-50%-ot is (Claassen és Shaw 1970.)

A biológiai alapok helyes megválasztására is nagy figyelmet kell fordítani (Pepó és Pepó 1993). Ez a technológiai elem akár 10%-os eredménynövekedést is hozhat (Kiss I-né 2002). Az aszályos évjáratok gyakorisága miatt felértékelődött a biológiai alapok jelentősége (Sárvári 1999). Kedvező feltételek között a kukoricahibridek genetikai termőképessége a 15-18 t ha⁻¹-t is elérheti.

Az agrotechnikai tényezők közül a nitrogén műtrágyázás a kukorica termésnövelésének egyik legfontosabb tényezője. A nitrogén műtrágya hatása nagymértékben függ az évjáratától. Hatása az évek többségében kedvező, de egyes években a kedvezőtlen hatása is érvényre juthat (Széll és Kovácsné 1993). Általánosságban ismert, hogy a különböző kukorica genotípusok N- hatékonysága eltérő (Berzsenyi et al. 2009) ezért a pontos nitrogén adag megállapítása alapfeltétele a környezetkímélő trágyázásnak (Berényi et al. 2009).

3.6. A kukorica termésminőségének és az azt befolyásoló tényezők értékelése

A termés mennyiségét nagymértékben a csapadék befolyásolja, azonban a sok csapadék és extrém száraz időjárás termésdepressziót is okozhat. Az évjárat hatás befolyásolja a kukorica termésének minőségét is, ugyanis csapadékosabb években kisebb a fehérje tartalom, míg nagyobb a keményítő tartalom a magban (Farkas et al. 2012). A minőség és a kukorica termésének minősége nagymértékben függ a vetőmag minőségétől (Palenkić et al. 2010). Nagy (2007) szerint a kukorica minőségét és biológiai értékét főleg a szem olaj- és fehérjetartalma, valamint az aminosav és zsírsav összetétele határozza meg. A kukoricafehérje takarmányozás-biológiai értéke alacsony, mivel a fehérjefrakciók közül a legnagyobb részarányt a triptofánban, metioninban és lizinben szegény zein és glutein foglalja el. A szem keményítőtartalma 65%, nyersfehérje-tartalma alacsony 7-9 %. Aminosav összetétele sem kedvező, valamint fehérjetartalma főleg zeinből áll. A termésmennyiség és a termésminőség negatív

korrelációban áll egymással. A csíra olajtartalma 3-5 %-ot tesz ki. A zeintartalom a fehérje %-ban 45-50 % közötti (Nagy és Sárvári 2005b). A kukorica nagy energiatartalma a 4-5 %-os zsírsav tartalmából is származik. A kukorica energiatartalma a legnagyobb a gabonamagvak között, a fehérje frakciója viszont a legkisebbek közé tartozik. A nyersrost tartalma alacsony, csupán 2-2,5%. (Benyovszki és Hausenblasz 2005). Fageer és Tinay (2003) kutatásaiban 12 kukorica genotípust hasonlítottak össze. Kimutatták, hogy a vizsgált genotípusoknak 1,0-2,0 % között volt a hamu, 1,3-2,2 % a nyersrost, 4,9-6,2 % a zsír, 11,3-16,9 % a nyersfehérje tartalma.

A kukorica felhasználása nagyon sokrétű, mivel nem csak állati takarmánként fontos. A minőségi követelmények is változatosak. Takarmánként fontos a fehérjetartalom és az aminosav összetétel. A humán táplálkozás szempontjából szintén meghatározóak a fehérjevegyületek, de ezen kívül lényeges a keményítő összetétele is, vagyis az, hogy milyen arányban tartalmaz amilózt és amilopektint. A kukoricának alacsonyabb a tápértéke, mint a búzának. A takarmányozás és az emberi táplálkozás szempontjából fontos tényező, hogy növekedjék a kukorica fehérjetartalma (Győri 1999).

Az emberi és az állati aminosav szükséglet kielégítése szempontjából nagyon fontos az élelmiszer és takarmányfehérjék szerepe. A fehérjék minősége, illetve biológiai értéke különböző. Ez attól függ, hogy a szervezet esszenciális aminosav igényét milyen mértékben tudják kielégíteni (Csapó és Csapóné 2006). A kukorica szem fehérjetartalmának alakulásában az évjáratnak és a hibrideknek is nagy szerepe van (Széles és Nagy 2013). A nitrogén és a foszfor ellátottság az egyes aminosavak fehérjén belüli arányát az évek többségében nem befolyásolta. Ezzel szemben az évjáratnak a fehérje aminosav összetételt módosító hatása igen jelentős. A szem fehérjetartalmát legfőképpen a nitrogén tápelem növeli (Kovács 1994, Izsáki 2007). Krivián és Sárvári (2012) szoros összefüggést állapított meg a N műtrágyázás és a kukorica szem fehérje tartalma között. Az NPK műtrágyázás a keményítőtartalmat csökkentette. A N-műtrágyák a fehérjetartalmat növelik (Boros és Sárvári, 2011), míg a K-műtrágyák viszont a szénhidrát képződést, a keményítőtartalom növekedését segítik elő (Boros és Sárvári, 2010).

Árendás et al. (2003) megállapították, hogy az egyoldalú nitrogén és foszfor, illetve a foszfor és kálium kezelések nem módosították a termés fehérje tartalmát a nem trágyázott parcellákhoz viszonyítva, azonban a nitrogén műtrágyák hatására nőtt a nyersfehérje koncentráció.

Shukla és Cheryan (2001) a tenyésztőterület hatását vizsgálta a fehérjetartalom alakulására. A kísérlet alatt a 45 ezer tő/ha állománysűrűségnél mérték a legnagyobb fehérjetartalmat. Az első évben 11,04%, míg a második évben 10,84% volt a fehérjetartalom. Megállapították azt is, hogy a tőszám növekedésével csökkent a fehérjetartalom, valamint azt, hogy az évjárat hatása a beltartalmi értékek alakulását is befolyásolta. *Izsáki* (2009) megállapította, hogy az évjárat a kukorica fehérje tartalmát jelentősebben befolyásolta, mint a nitrogén ellátottság. Míg a nitrogén trágyázás a fehérje tartalmat maximum 1,3-2,0% ponttal növelte, addig az évjárat hatása ennek 2-3 szorosa volt. Nem befolyásolta a nitrogén ellátottság az izoleucin, a treonin, az alanin, a cisztein, a glutaminsav és a prolin fehérjén belüli részesedését.

Nagy (2009) szerint a kukoricaszem fehérjetartalma a késői vetésidőben volt a legnagyobb. Az igen korai csoportba tartozó hibridek fehérjetartalma minden vetésidőben és mindkét vizsgált évben szignifikánsan nagyobb volt, mint a korai, középérésű és késői hibrideké. A fehérjetartalomban a legnagyobb különbség az aszályos évjáratban és a korai és késői vetésidő között volt.

A terméshozam és a fehérjetartalom között negatív összefüggés gyakran előforduló jelenség. A kísérletek is azt igazolták, hogy a nagy terméshozamú években a N-kezelések átlagában a fehérjetartalom kisebb, 8,3-10%, mint a gyengébb termésű években, amikor a fehérje tartalom 11,2-12,3% között változott (*Árendás et al.* 2009). A N-műtrágya adagok növelése 0 kg és 160 kg kg/ha között a nyersfehérje tartalom jelentős növekedését eredményezték. Az egyes hibridek között alacsonyabb nitrogén szinteken mérhető különbségek a trágyázás növekvő intenzitásával fokozatosan csökkentek, a 160 kg/ha N-adag hatására szinte teljesen eltűntek. A N-tápláltság további javítása is növelte ugyan a termések nyersfehérje-tartalmát, de a növekedés üteme jelentősen kisebb volt és jelentős eltérés mutatkozott az egyes hibridek között (*Dér* 2009). *Miao et al.* (2006) három kukorica hibridet, öt N-szinten és hat különböző területen éves összehasonlításban vizsgált. Megállapította, hogy a N műtrágyázás jelentősen növelte a kukorica termését, valamint a fehérje tartalmat, de csökkentette az olaj és keményítőtartalmat. A nyersfehérje és nyersrost tartalomra a különböző nitrogén formák is hatással voltak. Karbamid hatására tapasztalták a legalacsonyabb nyersfehérje tartalmat, a legalacsonyabb nyersrost tartalmat az ammónium- nitrát trágyakezelésekben kapták (*El Murtada és Amin* 2011). *Ványiné et al.* (2010) az évjárat, a vetésidő és a genotípus hatását vizsgálták a kukorica termésére és minőségi paramétereire. Azt állapították meg, hogy a vizsgált tényezőkre a legnagyobb hatása az évjáratnak volt. A

szemtermés fehérje- és olajtartalma száraz, aszályos években nagyobb volt, mint a kedvező időjárású években.

A nagy mennyiségű terméshez alacsonyabb értékű minőségi mutatók tartoznak, mint amelyeket a kevés termés esetén tapasztaltak. A keményítőtartalmat a tápanyagellátás határozza meg. Az NPK műtrágyázás nem nagy értékkel, de következetesen rontotta a szem keményítőtartalmát. Ezzel szemben a növekvő N-hatóanyag dózisok jelentősen növelték a szemtermés nyers fehérje százalékát (*Széll et al.* 2010, *Sipos* 2009). Ezt a megállapítást igazolta *Gyenesné et al.* (2001). Eredményeik szerint mind a fehérje-, mind az olajtartalom a környezettől függő tulajdonság. *Bene et al.* (2014) eredményei azt bizonyították, hogy a nagyobb termőképesség nagyobb keményítőtartalmat eredményezett a vizsgált hibridek esetén.

A környezetnek a fehérjetartalomra gyakorolt hatása erősebb, mint az olajtartaloméra. A tenyészterület nagysága és a vizsgált beltartalmi paraméterek között szoros kapcsolat volt kimutatható. Kisebb tőszámnál (45000 tő/ha) nagyobb volt a szemek fehérje és olajtartalma, mint a nagyobb tőszám esetén. A fehérjetartalmat az évjárat kisebb mértékben befolyásolta, az olajtartalom alakulásában pedig nem volt statisztikailag kimutatható hatása.

Raman et al. (1983) szoros összefüggést találtak a kukorica fehérje- és olajtartalma között. *Pásztor et al.* (1998) kutatásaik alapján megállapították, hogy a nyersfehérje tartalom az időjárás és a termés nagyság alakulásával bizonyos mértékben összefügg. A nagyobb termés esetén a fehérjetartalom csökken, hibridtől függően. A nyerszsír tartalom az évjáratától és a termés nagyságától függően hibridenként és szülőtörzsenként változott, de nagy eltérések nem fordultak elő. A keményítőtartalom az évjárat hatására nem mutatott lényeges eltérést. Az ezerszemtömeg gyarapodásával a keményítő- és a zsírsavtartalom is növekedett.

Prokszáné et al. (1995) igazolta, hogy a keményítő- zsír és rosttartalmat a műtrágyázás nem befolyásolja. *El Hallof és Sárvári* (2007) negatív korrelációt állapított meg a növekvő tápanyagdózisok hatására a keményítő és a fehérjetartalom között. A magas tőszám a kémiai minőség szempontjából hátrányosan befolyásolta a nitrogén, foszfor és mangán koncentrációt (*Vyn és Tollenaar* 1998). *Shukla és Cheryan* (2001) szerint a tőszám növekedésével csökkent az olajtartalom. Az évjáratnak nem volt befolyásoló hatása az olajtartalom alakulására. A szem olajtartalma és zsírsav összetétel igen stabil, a tápanyag ellátottság és az évjárat csak csekély mértékben képes azt befolyásolni (*Izsáki* 2009).

A termésminőség vizsgálata során a kutatók megállapították, hogy a kukorica termésének minőségét nagyban befolyásolja az évjáráthatás (*Farkas et al.* 2012). *Gyenesné et al.* (2001) eredményei szerint a fehérje- és az olajtartalom a környezettől függő tulajdonság. Az évjáraton kívül fontos tényező a genotípus is (*Széles és Nagy* 2013). A szem fehérjetartalmát legfőképpen a nitrogén tápelem növeli (*Kovács* 1994, *Izsáki* 2007). K-műtrágyák a szénhidrát képződést, a keményítőtartalom növekedését segítik elő (*Boros és Sárvári*, 2010).

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

A doktori értekezés keretében kisparcellás tartamkísérletben vizsgáltuk a köztermesztésben használt, eltérő genotípusú kukorica hibridek agronómiai, fiziológiai paramétereit azok termésmennyiségét és minőségét, különféle tápanyagkezelésekben, három különböző időjárási adottságokkal jellemezhető tenyészévben.

4.1. A kísérleti terület elhelyezkedése, talajtani adottságai

Kísérleteinket a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ, Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Kísérleti Telepén végeztük. A kísérleti telep Debrecentől 15 km-re nyugatra a 33-as főút mellett helyezkedik el, a Hajdúsági löszhát területén.

A kísérleti terület talaja löszön képződött, mély termőréteggel és jó kultúrállapottal jellemezhető, középkötött, alföldi mészlepedékes csernozjom. A talaj fizikai félesége szerint a vályog kategóriába sorolható, kémhatása közel semleges. Foszforellátottsága közepesnek, káliumellátottsága közepes-jónak mondható. Humusztartalma közepes, a humuszos réteg vastagsága 80 cm körüli (2. táblázat). A talaj vízgazdálkodási tulajdonságait jellemző mutatókat a 3. táblázat mutatja.

2. táblázat. A kísérleti terület talajvizsgálati adatai (Debrecen)

Talaj- réteg (cm)	pH (KCl)	K _A	CaCO ₃ %	Humusz %	Össz. N %	NO ₃ +NO ₂ (mg/kg)	P ₂ O ₅	K ₂ O
							AL oldható	
							(mg/kg)	(mg/kg)
0-25	6,46	43,00	0,00	2,76	0,15	6,20	133,40	239,80
25-50	6,36	44,60	0,00	2,16	0,12	1,74	48,00	173,60
50-75	6,58	47,60	0,00	1,52	0,09	0,60	40,40	123,00
75-100	7,27	46,60	10,25	0,90	0,08	1,92	39,80	93,60
100-130	7,36	45,40	12,75	0,59	0,08	1,78	31,60	78,00

Forrás: Pepó P. adatai alapján, 2013.

3. táblázat. A kísérleti terület talajának vízgazdálkodását jellemző mutatók
(Debrecen)

Talajréteg cm	Térfogat- tömeg Tt	Pórus térfogat P %	Gravitációs pórustér + levegőzárvány Pg+l %	Minimális vízkapacitás VK _{min} %	Holtvíztartalom HV %	hy
5-25	1,43	45,93	11,53	33,65	15,55	2,72
27-33	1,41	46,73	7,05	37,75	15,70	2,78
47-53	1,28	51,90	12,50	36,87	14,75	2,76
97-103	1,29	51,55	8,73	40,93	11,13	2,17
122-128	1,27	52,20	7,23	43,10	9,38	1,85
147-153	1,27	52,13	6,68	43,95	9,03	1,78
197-203	1,23	53,70	6,30	46,00	8,50	1,69

Forrás: *Pepó P.* adatai alapján, 2013.

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságait jellemző adatokat a 3. táblázat tartalmazza. A kísérleti terület talaja a táblázat értékei és a Várallyay által közölt adatok alapján a IV. vízgazdálkodási csoportba sorolható, ami közepes vízbefogadó képességet jelent. A diszponibilis víz a VK-nak mintegy 50 %-át teszi ki. A talajvíz mélysége 3-5 m, még csapadékos években sem emelkedik 2 m fölé.

4.2. A kísérlet beállítása, elrendezése

A szántóföldi kísérletet 2012 márciusától 2014 októberéig végeztük. A kísérlet parcellái négy ismétlésben lettek beállítva, split-plot elrendezésben. A parcellaméret 1,5 m x 5 m (7,5 m²) volt. A kísérletben két tényezőt vizsgáltunk (genotípus és tápanyagellátás).

A nitrogén műtrágya 50 %-át, a foszfor és kálium műtrágya 100 %-át ősszel juttattuk ki Kemira Optima (10:15:18) komplex műtrágya formájában, az őszi szántást megelőzően. A nitrogén műtrágya fennmaradó 50%-át tavasszal, a magágykészítést megelőzően ammónium-nitrát (N 34%) formájában adtuk ki. A kísérletben a trágyázatlan kezelésen kívül öt tápanyagdózist alkalmaztunk, amelyet a 4. táblázat mutat.

4. táblázat. A kísérletben alkalmazott műtrágyakezelések (Debrecen)

Kezelés	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Műtrágya hatóanyag (kg ha ⁻¹)		
Kontroll	0,0	0,0	0,0
1	30,0	22,5	26,5
2	60,0	45,0	53,0
3	90,0	67,5	79,5
4	120,0	90,0	106,0
5	150,0	112,5	132,5

A kísérlet első évében (2012) négy kukorica hibridet, a PR37M81 (FAO 360), a PR37N01 (FAO 380), a P9494 (FAO 390), az SY Afinity (FAO 470) hibrideket, a második (2013) és harmadik (2014) évében tíz-tíz kukorica hibridet vizsgáltunk, amelyek az alábbiak voltak: P9578 (FAO 320), DKC 4014 (FAO 320), NK Lucius (FAO 330), P9175 (FAO 330), DKC 4025 (FAO 340), PR37M81 (FAO 360), DKC 4490 (FAO 370), PR37N01 (FAO 380), P9494 (FAO 390), SY Afinity (FAO 470).

- **P9578 (FAO 320):** Az egyik leggazdaságosabban termesztendő hibrid. Nagy termőképességgel rendelkezik. Gyors vízleadásának köszönhetően még őszi kalászosok is nagy biztonsággal tervezhetőek utána. Száraz és csapadékosabb években is stabil termést képes adni. Alacsonyabb tőszámon és tápanyagban gazdagabb talajokon duplacsővűségre is hajlamos.
- **DKC 4014 (FAO 320):** Kiváló termőképesség, alkalmazkodó képesség és vízleadás jellemzi. Közepes tőszámmal is képes kiemelkedő termést hozni. Közepes tápanyagigény jellemzi.
- **P9175 (FAO 330):** Aquamax hibrid, amely normál és stresszes körülmények között is átlag feletti teljesítményre képes. Korai virágzásának és erőteljes gyökérzetének köszönhetően az aszályos nyári időjárást nagy biztonsággal vészeli át. Stressztűrő képessége kimagasló
- **NK Lucius (FAO 330):** Korai vethetőség és nagy termőképesség jellemzi. Kezdeti fejlődése kiváló, stressztűrő képessége jó. Korán betakarítható. Gyors vízleadásának köszönhetően még őszi kalászosok is nagy biztonsággal vethetők utána.

- **DKC 4025 (FAO 340):** Alacsonyabb termet, vastag szár és erőteljes gyökérzet jellemzi. Kiváló szárstabilitású hibrid. Jó a tőszámkompenzáló képessége. Nagyon jó stressztoleranciával rendelkezik.
- **PR37M81 (FAO 360):** A közepes és gyengébb termőhelyek megbízható hibridje. Alacsonyabb tőszámon kétszövűsége hajlamos, magasabb tőszámon többlet termést produkál. Kiváló alkalmazkodó képességű és aszálytűrő hibrid, valamint gyors vízleadásra képes.
- **DKC 4490 (FAO 370):** Korán virágzik. A hím- és a nővirágzás szinkronja miatt a termékenyülése a száraz évjáratokban is jó. Kifejezetten erős szár jellemzi. Korai fejlődési erélye jó, ennek következtében jól tolerálja a korai vetéseket. Kiváló stressztoleranciával rendelkezik.
- **PR37N01 (FAO 380):** 2011. 2012. és a 2013. és a 2014. években Magyarország legnépszerűbb hibridje volt. Csapadékos és aszályos években is nagyon jól teljesítő hibrid. Kiemelkedő termőképességgel és kifejezetten jó hőstressztűrő-képességgel bír. Erős gyökérzettel rendelkező, zöld száron érő típus. Minden évjáratban jó a vízleadó képessége.
- **P9494 (FAO 390):** Kedvező növényfelépítéssel rendelkezik, gyökere, szára erős. Stressztűrő képessége és vízleadó képessége nagyon jó. Nagy, mélyen ülő szemei vannak, szemmérete kifejezetten nagy.
- **SY Afinity (FAO 470):** Kimagasló terméspotenciálú hibrid. Kiegyenlített és kiváló alkalmazkodó képesség jellemzi különböző éghajlati és termőhelyi viszonyok mellett. Magas növényeket nevel. Átlagos szárszilárdsággal és gyökérzettel rendelkezik. Az intenzívebb termesztési technológiára kiválóan reagál nagyon jó tápanyaghasznosító képessége révén. Vízleadási sebessége átlagos. Kiváló stressztűrő képesség jellemzi.

A kísérletben alkalmazott agrotechnikai műveleteket, a talajelőkészítést, műtrágyakijuttatás idejét, módját, a növényvédelmi kezeléseket és a betakarítás idejét a 5. táblázat foglalja össze.

5. táblázat. A kísérletben alkalmazott agrotechnikai műveletek összefoglalása
(Debrecen, 2012-2014)

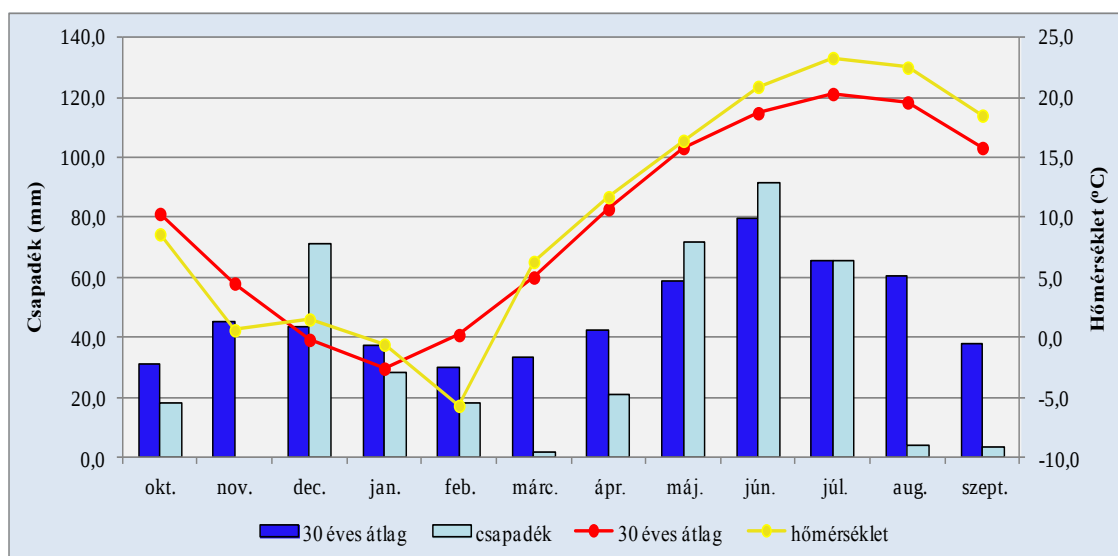
Agrotechnikai művelet	2011/2012		2012/2013		2013/2014	
Tarlóhántás	július 22.	tárcsa + gyűrűshenger	július 20.	tárcsa + gyűrűshenger	július 23.	tárcsa + gyűrűshenger
Őszi műtrágyaszórás	augusztus 18.	N _{50%} , P ₂ O ₅ K ₂ O 100-100% Kemira Optima 10:15:18	augusztus 12.	N _{50%} , P ₂ O ₅ K ₂ O 100-100% Kemira Optima 10:15:18	augusztus 9.	N _{50%} , P ₂ O ₅ K ₂ O 100-100% Kemira Optima 10:15:18
Műtrágya bedolgozás	augusztus 18.	tárcsa + gyűrűshenger	augusztus 17.	tárcsa + gyűrűshenger	augusztus 9.	Vaderstad Carrier
Tarlóápolás	szeptember 26.	tárcsa + gyűrűshenger	október 1.	Vaderstad Carrier	október 11.	Vaderstad Carrier
Őszi szántás	október 28.	32-35 cm	október 22.	32-35 cm	október 23.	32-35 cm
Szántás elmunkálás	március 21.	kombinátor	április 15.	kombinátor	március 20.	kombinátor
Tavaszi műtrágyaszórás	április 10.	N _{50%} 34%-os NH ₄ NO ₃ formájában	április 15.	N _{50%} 34%-os NH ₄ NO ₃ formájában	április 4.	N _{50%} 34%-os NH ₄ NO ₃ formájában
Műtrágya bedolgozás	április 10.	germinátor	április 18.	germinátor	április 7.	germinátor
Magággykészítés	április 18.	germinátor	április 18.	germinátor	április 7.	germinátor
Vetés	április 18.	vetés 72000 ha csíraszámával	április 19.	vetés 72000 ha csíraszámával	április 8.	vetés 72000 ha csíraszámával
Gyomirtás	május 9.	posztemergens gyomirtás Laudis 2,2 l/ha + Banvel 480 0,25 l/ha	május 17.	posztemergens gyomirtás Laudis 2,2 l/ha + Banvel 480 0,25 l/ha	május 19.	posztemergens gyomirtás Laudis 2,2 l/ha
Mechanikai gyomirtás	május 23.	kultivátor	—		—	
	május 29.	kultivátor	május 29.	kultivátor	május 30.	kultivátor
Betakarítás	szeptember 14.	Sampo parcella-kombájn	szeptember 25.	Sampo parcella-kombájn	október 8.	Sampo parcella-kombájn

4.3. A vizsgált tényezők időjárásának jellemzése

A időjárás a szántóföldi növénytermesztés eredményességét nagymértékben meghatározza és hatással van a termesztéstechnológia minden egyes elemére. A növénytermesztés sikerességéhez nemcsak a vegetációs periódus időjárása járul hozzá, hanem az azt megelőző őszi-téli hónapok időjárása is, így fontos ezen hónapok időjárásának elemzése is.

4.3.1. A 2011-2012. év időjárásának jellemzése

A 2011. év októberében (18,1 mm) és novemberében (0,0 mm) nagyon kevés csapadék hullott, ami jelentősen elmaradt a sokévi átlagtól (30,8 mm és 45,2 mm) és nem segítette elő a kísérleti terület talajának vízzel való feltöltését. Ezen a hiányosságon enyhített a decemberi csapadékösszeg, ami 27,6 mm-rel volt több, mint a 30 éves átlag. Az októberi (8,6 °C) és novemberi (0,6 °C) hőmérséklet elmaradt, míg a decemberi (1,5 °C) hőmérséklet pedig felülmúlta a sokévi átlag ezen hónapjaiban mért hőmérsékleteket (október: 10,3 °C, november: 4,5 °C és december -0,2 °C). A száraz időjárás folytatódott a januári (28 mm), februári (17,8 mm), márciusi (1,4 mm) és áprilisi (20,7 mm) hónapokban is. Február (-5,7 °C) jóval hidegebb volt a sokévi átlagnál (0,2 °C), ezt követően azonban gyorsan melegedett az időjárás. A kis mennyiségű tavaszi csapadék a talaj vízkészletét csak kismértékben növelte, azonban a tavaszi munkák megfelelő minőségben való elvégzését könnyítette. A vetést követően májusban 71,9 mm, júniusban 91,7 mm, csapadék hullott, amelyhez a sokévi átlagnál (május: 15,8 °C, június: 18,7 °C) magasabb hőmérséklet is párosult (május: 16,4 °C, június: 20,9 °C), így az optimális időjárási feltételek elősegítették a gyors, egyöntetű kelést és kezdeti fejlődést. A júliusi csapadék (65,3 mm) hasonlóan alakult, mint a sokévi átlag (65,7 mm), azonban a hőmérséklet (23,3 °C) jóval meghaladta a 30 éves átlagot (20,3 °C). Ennek a magasabb átlaghőmérsékletnek köszönhetően a kukorica állományok gyorsan elpárologtatták a lehullott csapadékot, így a kialakult hőstressz a virágzás és termékenyülés szakaszát károsan érintette. Az augusztusi aszályos időjárás (4,1 mm csapadék, 22,5 °C hőmérséklet) szeptemberben is folytatódott (csapadék: 3,5 mm, hőmérséklet: 18,5 °C). A száraz, aszályos időjárás az asszimilációs felület gyors leszáradást eredményezte, a levélfelület gyors elvesztése pedig szemtelítődési folyamatokra hatott károsan (4. ábra).

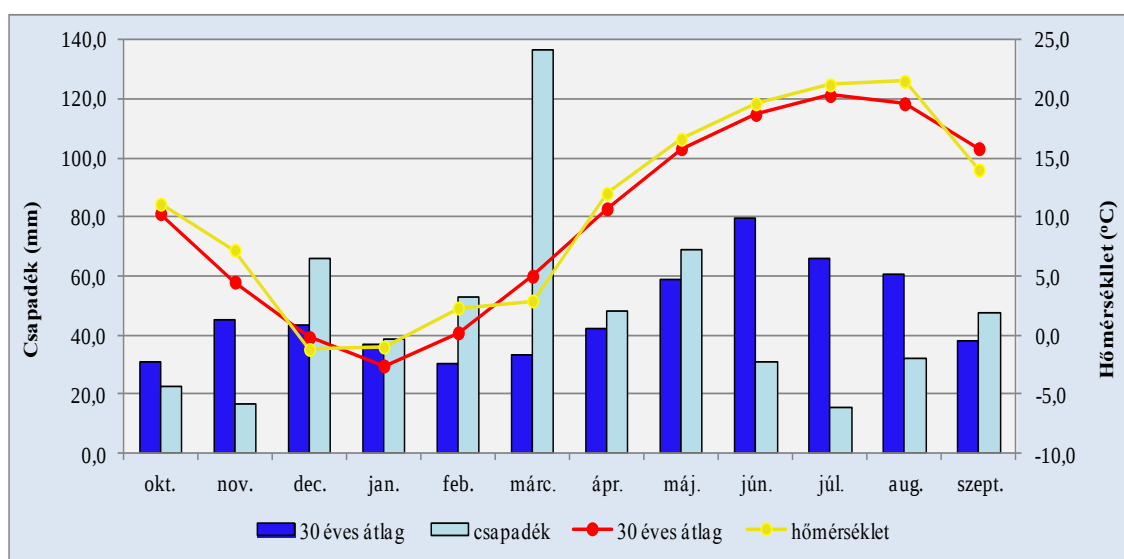


4. ábra. A hőmérséklet és a csapadék alakulása a kukorica tenyészideje előtt és alatt (Debrecen, 2011-2012)

4.3.2. A 2012-2013. év időjárásának jellemzése

2012. októberében (22,4 mm) és novemberében (16,6 mm) a lehullott csapadék elmaradt a sokévi átlag ezen időszakának csapadékától (30,8 mm és 45,2 mm), a hőmérséklet ugyanakkor felülmúlta a 30 éves átlagot (október: 10,3 °C, november: 4,5 °C) mindkét hónapban (október: 11,1 °C, november: 7,2 °C). A decemberi (65,8 mm, sokévi átlag: 43,5 mm), a januári (38,7 mm, sokévi átlag: 37,0 mm) és a februári (52,9 mm, sokévi átlag: 30,2 mm) csapadékmennyiségnek köszönhetően nőtt a kísérleti terület talajának víztartalma. A februári átlaghőmérséklet (2,3 °C) lényegesen nagyobb volt, mint a 30 éves átlag (0,2 °C). A márciusi extrém nagymennyiségű csapadék (136,3 mm), ami több, mint négyszerese volt a sokévi átlagnak (33,5 mm) egyrészt jelentősen feltöltötte a csernozjom talaj vízkészletét, másrészt akadályozta a tavaszi munkák időben való elvégzését. Ehhez a nagy mennyiségű csapadékhoz, a sokévi átlaghoz képest (5,0 °C), alacsonyabb átlaghőmérséklet társult (2,9 °C). Az áprilisi (48,0 mm) és májusi (68,7 mm) csapadékmennyiség is meghaladta a sokévi átlagot (április: 42,4 mm, május: 58,8 mm), illetve áprilisban 1,3 °C-kal, míg májusban 0,8 °C-kal magasabb hőmérsékletet mértünk a sokévi átlaghoz képest, ami kedvezőnek bizonyult a kukorica állományok vegetatív fejlődéséhez. A júniusi felmelegedés és a talajban tárolt diszponibilis vízkészlet miatt a kukorica állományok vegetatív növekedése felgyorsult, ennek következtében megfelelő fejlettségű állományok alakultak ki a generatív szakaszok bekövetkeztének idejére. Júniusban (30,8 mm), júliusban (15,6 mm) és

augusztusban (32,2 mm) bekövetkezett szárazabb, aszályosabb periódus kedvezőtlenül érintette a virágzás, termékenyülés és szemtelítődés időszakát. (június: 19,6 °C, 30 éves átlag: 18,7 °C, július: 21,2 °C, 30 éves átlag: 20,3 °C és augusztus: 21,5 °C, 30 éves átlag: 19,6 °C). Az augusztusi szárazság hatására a kukorica állományok elvesztették a levélfelületük nagy részét, ennek következtében a szemtelítődési folyamatok zavart szenvedtek. A szeptemberben lehullott 47,6 mm csapadékot a leszáradt kukorica állományok elhanyagolható mértékben tudták hasznosítani. A sokévi átlagnál 9,6 mm több csapadék hátráltatta az állományok vízleadását és betakarítását szeptemberben (5. ábra).

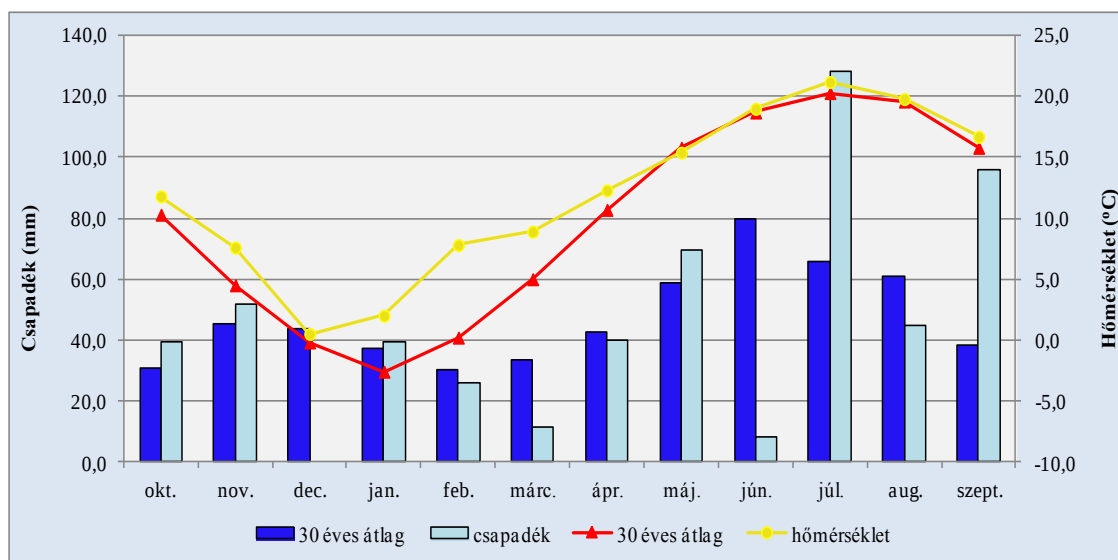


5. ábra. A hőmérséklet és a csapadék alakulása a kukorica tenyészideje előtt és alatt (Debrecen, 2012-2013)

4.3.3. A 2013-2014. év időjárásának jellemzése

A 2013. év októberét (39,1 mm) és novemberét (51,5 mm) a sokévi átlagot kissé meghaladó (október: 30,8 mm, november: 45,2 mm), míg a decembert (0,0 mm) a sokévi átlagot (43,5 mm) nagymértékben alulmúló csapadékmennyiség jellemezte. A hőmérséklet októberben 1,5 °C-kal, novemberben 3,1 °C-kal, míg decemberben 0,7 °C-kal volt melegebb, mint a sokévi átlag. Januárban (39,2 mm) több, míg februárban (26,0 mm) kevesebb csapadék hullott a 30 éves átlaghoz képest (január: 37,0 mm, február: 30,2 mm), a hőmérséklet azonban mindkét hónapban (január: 2,0 °C, február: 7,8 °C) meghaladta a sokévi átlaghőmérséklete (január: -2,6 °C, február: 0,2 °C). Az őszi-téli hónapok nem túl nagy mennyiségű csapadéka kismértékben töltötte fel a csernozjom talaj vízkészletét. Márciusban (11,3 mm) és áprilisban (39,6 mm) a lehullott csapadék

elmaradt a sokévi átlagtól (március: 33,5 mm, április: 42,4 mm). Ez a csapadék kiegészülve az őszi-téli hónapokban raktározott csapadékkal, valamint kedvező tavaszi hőmérsékletekkel (március: 8,9 °C, április: 12,3 °C) biztosította a kukorica állományok gyors kelését és kezdeti fejlődését. Májusban 69,4 mm csapadék hullott, illetve a sokévi átlag körüli hőmérséklet uralkodott (15,4 °C), ami szintén a kukorica állományok növekedését szolgálta. Júniusban igen kedvezőtlenre vált az időjárás, ugyanis minimális, 7,9 mm csapadék hullott, ami 71,6 mm- rel volt kevesebb, mint a sokévi átlag. Ez a kevés vízmennyiség károsan érintette az épp virágzás előtt álló kukorica állományokat. Kedvező hatású volt a júliusi extrém nagy mennyiségű csapadék (128,0 mm), amely majdnem kétszerese volt a sokévi átlagnak (65,7 mm). Ez a csapadék és a 30 éves átlagnál magasabb középhőmérséklet (21,1 °C), valamint a nagyobb páratartalom kedvezően hatott a kukorica állományok generatív szakaszaira, a virágzásra, termékenyülésre és szentelítődésre. Az augusztusi csapadékmennyiség ugyan kevesebb volt (44,8 mm) a sokévi átlagnál (60,7 mm), azonban az előző hónap talajban raktározott csapadékaival együtt biztosította a kukorica állományok vegetatív tömegének a fenntartását. Szeptemberben a sokévi átlag 2,5-szerese hullott, ami már egyrészt a kukorica állományok vízledését, másrészt a betakarítást is nehezítette (6. ábra).



6. ábra. A hőmérséklet és a csapadék alakulása a kukorica tenyészideje előtt és alatt (Debrecen, 2013-2014)

4.4. A kukorica agronómiai, fiziológiai és minőségi paramétereinek meghatározása

4.4.1. Az agronómiai paraméterek meghatározása

A tenyésztések alatt elvégeztük a kukorica hibridek növénymagasság értékeinek vizsgálatát. A magasság mérések során parcellánként öt átlagos fejlettségű növényt választottunk, amelyeket mérőléc segítségével mértünk meg. A méréseket május közepétől kezdtük és egészen virágzás utánig, a végső magasság eléréséig folytattuk. A méréseket átlagosan 10 napos időközökkel végeztük. A későbbiekben a kukorica hibridek maximális növénymagasság értékei kerültek kiértékelésre. A növénymagassági értékek mérési időpontját a 6. táblázat szemlélteti.

A növénymagassági méréseket az alábbi hibrideknél és tápanyagszinteken végeztük el:

- Hibridek:
 - 2012. tenyészév: PR37N01, PR38M81, P9494, SY Afinity
 - 2013. és 2014. tenyészévek: P9578, DKC 4014, NK Lucius, P9175, DKC 4025, PR37M81, DKC 4490, PR37N01, P9494, SY Afinity
- Tápanyagszintek:
 - 2012. tenyészév: trágyázatlan (kontroll) kezelés, N₆₀+PK, N₁₂₀+PK, N₁₅₀+PK
 - 2013. és 2014. tenyészévek: trágyázatlan (kontroll) kezelés, N₃₀+PK, N₆₀+PK, N₉₀+PK, N₁₂₀+PK, N₁₅₀+PK

6. táblázat. A kísérletben végzett magasságmérések időpontjai

(Debrecen, 2012-2014)

Tenyészév	Mérési időpontok						
2012	május 18.	május 30.	június 12.	június 26.	július 4.	július 13.	július 25.
2013	május 14.	május 29.	június 7.	június 17.	június 27.	július 8.	július 18.
2014	május 21.	június 3.	július 12.	június 25.	július 4.	július 15.	július 25.

4.4.2. A fiziológiai paraméterek meghatározása

A vizsgált évjáratokban mértük a kukorica hibridek relatív klorofill koncentrációját és levélterület index értékeit. A méréseket a kukorica különböző fenofázisaiban végeztük. A mérések időpontját a 7. táblázat tartalmazza.

A kukorica levelének relatív klorofill koncentrációjának meghatározására a SPAD-502 Plus műszert használtuk. A műszer a növény levelén áthaladó fényt elektromos jelekké alakítja át, mivel a növény levelében lévő klorofill a különböző hullámhosszúságú fényt eltérő mértékben nyeli el. A klorofill fényelnyelésének mértéke szorosan összefügg a levél klorofill tartalmával. A mérőműszerrel ismétlésenként 15 mérést végeztünk a kukorica különböző fenofázisaiban. A későbbiekben feltüntetett SPAD értékek a négy ismétlés átlagának az átlagát mutatja (60 mérés).

Az 1 m²-re eső levélterületet a SunScan Canopy Analysis System (SS1) hordozható levélterület mérőműszer segítségével állapítottuk meg. A műszerrel szintén a kukorica főbb fenofázisaiban ismétlésenként négy mérést végeztünk el. A különböző fenofázisokat a 7. táblázat tartalmazza. A későbbiekben használt LAI értékek (Leaf Area Index) a négy ismétlés átlagának az átlagát jelölik (16 mérés).

A fiziológiai méréseket az alábbi hibrideknél és tápanyagszinteken végeztük:

- Hibridek:
 - 2012. tenyészcím: PR37N01, PR38M81, P9494, SY Afinity
 - 2013., 2014. tenyészcímek: P9578, DKC 4025, PR37N01, PR37M81, P9494 és SY Afinity
- Tápanyagkezelések:
 - 2012. tenyészcím: trágyázatlan (kontroll) kezelés, N₆₀+PK, N₁₂₀+PK, N₁₅₀+PK
 - 2013., 2014 tenyészcímek: trágyázatlan (kontroll) kezelés, N₃₀+PK, N₆₀+PK, N₉₀+PK, N₁₂₀+PK, N₁₅₀+PK

7. táblázat. A kísérletben elvégzett fiziológiai mérések időpontjai
(Debrecen, 2012-2014)

Fenofázis	Mérési időpontok		
	2012	2013	2014
6-8 leveles állapot	május 21.	május 16.	május 22.
12 leveles állapot	június 14.	június 18.	június 18.
hímvirágzás	július 4.	július 3.	július 7.
nővirágzás	július 25.	július 23.	július 21.
szemtelítődés	augusztus 22.	augusztus 22.	augusztus 19.

A levélterület tartósság (LAD) a levélterületi index (LAI) idő szerinti görbéje alatti terület. A LAD egyrészt kifejezi, hogy mekkora levélterület fejlődik ki, másrészt pedig azt, hogy mennyi ideig marad fenn a levélterület a növény növekedésének periódusában (Sugár, 2014).

A levélterület tartósság (LAD) az alábbi képlet szerint számítható ki:

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

A képletben szereplő rövidítések:

LAD = levélterület tartósság

LAI = 1 m²-re eső levélterület

t = időpont

A LAD értékeket az alábbi hibrideknél és tápanyagszinteken számoltuk ki:

- Hibridek:
 - 2012. tenyészév: PR37N01, PR38M81, P9494, SY Afinity
 - 2013., 2014. tenyészévek: P9578, DKC 4025, PR37N01, PR37M81, P9494 és SY Afinity
- Tápanyagkezelések:
 - 2012. tenyészév: trágyázatlan (kontroll) kezelés, N₆₀+PK, N₁₂₀+PK, N₁₅₀+PK
 - 2013., 2014. tenyészévek: trágyázatlan (kontroll) kezelés, N₃₀+PK, N₆₀+PK, N₉₀+PK, N₁₂₀+PK, N₁₅₀+PK

4.4.3. A minőségi paraméterek meghatározása

A kukoricaszem fehérje-, olaj- és keményítőtartalmát a betakarításkor vett szemmintákból laboratóriumi körülmények között állapítottuk meg a DE MÉK Agrár-műszerközpontjában.

A fehérje-, olaj- és keményítőtartalmat a következő hibrideknél és tápanyagszinteken vizsgáltuk:

- Hibridek:
 - 2012. tenyészcím: PR37N01, PR38M81, P9494, SY Afinity
 - 2013. és 2014. tenyészecímek: P9578, DKC 4014, NK Lucius, P9175, DKC 4025, PR37M81, DKC 4490, PR37N01, P9494, SY Afinity
- Tápanyagszintek:
 - Mindhárom vizsgált tenyészecím: trágyázatlan (kontroll) kezelés és N₁₅₀+PK trágyakezelés

A nyersfehérje tartalom meghatározása az MSZ EN ISO 5983-1:2005 szabvány szerint Kjeldahl módszerrel, az olaj tartalom (nyers zsír) meghatározása az MSZ 6830/19-79 szabvány szerint extrahálással, míg a keményítőtartalom meghatározása MSZ 6830/18-1988 szabvány szerint polarimetriával történt a DE MÉK Agrár-műszerközpontjában

A 2013. és 2014. tenyészecímekben sor került a különböző genotípusú kukorica hibridek elemtartalmának a vizsgálatára is. Az elemtartalom meghatározásához a betakarítás előtt növény és csőmintákat vettünk. A feldarabolt vegetatív és generatív (cím) részeket, illetve a csőmintákat szárítószekrényben 80 °C-on tömegállandóságig szárítottuk. Ezt követően a minták elemtartalmának meghatározása a DE MÉK Agrár-műszerközpontjában történt az alábbi szabványok szerint.

A kukoricaszem elemtartalmának meghatározása:

- A nitrogén tartalom meghatározása az MSZ EN ISO 5983-1:2005 szabvány szerint, Kjeldahl módszerrel
- Foszfor tartalom meghatározása az MSZ ISO 6491:2001 szabvány szerint fotometriával

- Magnézium, kalcium, nátrium, kálium, réz, cink, vas, mangán tartalom meghatározása az MSZ EN ISO 6869:2001 szabvány szerint atomabszorpcióval.

A kukoricaszár elemtartalmának meghatározása:

- A nitrogén tartalom a Kjeldahl módszerrel az MSZ-08-1783-6:1983 szabvány szerint
- A kálium tartalom lángfotometriával, az MSZ-08-1783-5:1983 szabvány szerint
- A kalcium tartalom az MSZ-08-1783-26:1985 szabvány, a magnézium tartalom az MSZ-08-1783-27:1985 szabvány, a foszfor tartalom az MSZ-08-1783-23:1985 szabvány, a vas tartalom az MSZ-08-1783-31:1985 szabvány, a mangán tartalom az MSZ-08-1783-32:1985 szabvány, a cink tartalom az MSZ-08-1783-33:1985 szabvány, a réz tartalom az MSZ-08-1783-34:1985 szabvány, míg a kén tartalom az MSZ-08-1783-38:1985 szabvány szerint lett megállapítva.

Az elemtartalom meghatározását az alábbi hibrideknél és tápanyagszinteken végeztük el a 2013. és 2014. években.

- Hibridek: P9494 és SY Affinity
- Tápanyagszintek: kontroll (trágyázatlan), N₉₀+PK és N₁₅₀+PK tápanyagszintek

4.4.4. A termésképző elemek meghatározása

A betakarítás során minden hibridnél 2-2 átlagos méretű csövet választottunk ki, a trágyázatlan (kontroll), az N₉₀+PK és az N₁₅₀+PK tápanyagkezelésekből. A kiválasztott csöveknél a következő paramétereket vizsgáltuk:

- csőhossz
- csőátmérő
- ezerszemtömeg
- morzsolási %

4.5. Az eredmények értékelésének módszere

Az adatok statisztikai értékelését *Microsoft Excel 2013*, illetve *SPSS for Windows 13.0* programok segítségével végeztük. Az eredmények értékeléséhez kéttényezős

variacionaalízist használtunk. Pearson-féle korrelációanalízissel és Kang-féle stabilitásanalízissel végeztük a vizsgált tényezők közötti kapcsolatok megállapítását, ezen kívül regresszióanalízis számítást is alkalmaztunk. A műtrágyázás termésre gyakorolt hatásának számszerűsítése a variancia komponensek felosztásával történt.

5. EREDMÉNYEK

5.1. Az ökológiai tényezők és a tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fiziológiai tulajdonságaira

5.1.1. A kukorica hibridek SPAD értékeinek alakulása

A kukorica hibridek nitrogénellátottságát SPAD 502 típusú relatív klorofillmérő készülék segítségével állapítottuk meg, mellyel a kukorica különböző fenofázisaiban mértük a relatív klorofill tartalmat. A kísérlet folyamán arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a különböző genotípusú kukorica hibridek klorofill tartalma a tenyészidőszak során hogyan változik, illetve, hogy az eltérő műtrágyadózisok hatására hogyan változik a levelek relatív klorofill tartalma.

2012. tenyészév

A 2012. tenyészévben tápanyagkezeléstől és hibridtől függően a kukorica állományok relatív klorofill tartalma 8,0-63,8 között alakult. Műtrágyakezeléstől függően a kukorica hibridek relatív klorofilltartalma 6-8 leveles állapotban 31,2-44,2 között változott (8. táblázat). A következő mérésakor jelentősen növekedtek a SPAD értékek (52,3-56,1). A hímvirágzás időszakában 54,5-61,5 között, míg nővirágzás idején 50,0-63,8 között alakult az állományok relatív klorofill értéke. Az utolsó mérés alkalmával - szemtelítődés szakaszában - csökkent a vizsgált hibridek SPAD értéke. A mért relatív klorofill értékek az augusztus végi mérési időpontban műtrágyakezeléstől függően 8,0-53,1 között változtak.

A tápanyagkezelés hatással volt a kukorica hibridek relatív klorofill értékeinek dinamikájára, a maximális SPAD értékekre és azok elérésének időpontjára. A különböző tápanyag-kezelésekben a vizsgált kukorica hibridek eltérő fenofázisban érték el a maximális SPAD értékeket. A tápanyagkezelések átlagában az első mérés alkalmával a PR37N01 (33,1) hibridnél tapasztaltuk a legkisebb SPAD értéket. 12 leveles állapotban az SY Affinity (52,7), a virágzás időszakában a PR37M81 (hímvirágzás: 57,5, nővirágzás: 56,2), szemtelítődés időszakában pedig a P9494 hibrideknél mértük a legkisebb relatív klorofill tartalmat. A kezelések átlagában a maximális klorofill tartalmat az első három mérési időpontban a P9494 (6-8 leveles állapot: 37,2, 12 leveles állapot: 54,4, hímvirágzás: 59,4) hibridnél tapasztaltuk, míg a nővirágzás (60,9) és szemtelítődés (36,2) szakaszában a PR37N01 hibrid relatív

klorofill tartalma volt a legnagyobb. A hibridek relatív klorofill tartamában csak néhány esetben mutatkozott szignifikáns különbség. A PR37M81 hibrid SPAD értéke a tápanyag kezelések átlagában 6-8 pár leveles állapotban szignifikánsan kisebb volt (34,0), mint a P9494 hibrid SPAD értéke (37,2), hímvirágzás idején pedig a P9494 (59,4) és az SY Afinity (59,3) hibrid relatív klorofill tartalmától is elmaradt (57,5).

A különböző mérési időpontokban kapott SPAD értékek átlagában hibridtől függően a trágyázatlan kezelésben kaptuk a legkisebb relatív klorofill tartalmat (40,4-42,6). A növekvő tápanyagszintek hatására ugyan nőtt a relatív klorofill tartalom, de ez nem minden esetben volt szignifikáns mértékű. A különböző fenofázisokban mért SPAD értékek átlagában az N₆₀+PK tápanyagszinten a PR37N01 (52,3), az N₁₂₀+PK trágyakezelésben a PR37M81 (49,7) és az SY Afinity (51,1), míg az N₁₅₀+PK tápanyagkezelésben a P9494 (50,4) hibridnek volt a legnagyobb a relatív klorofill tartalma.

8. táblázat. A tápanyagkezelés hatása a kukorica hibridek SPAD értékeire

(Debrecen, 2012)

Hibrid	Tápanyagkezelés	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés	Átlag
PR37M81	Kontroll	34,7	54,5	54,4	50,1	8,0	40,4
	N ₆₀ +PK	32,5	53,3	58,7	57,3	31,1	46,6
	N ₁₂₀ +PK	35,2	52,6	59,2	59,3	42,1	49,7
	N ₁₅₀ +PK	33,4	53,3	57,7	58,2	42,4	49,0
Átlag		34,0	53,4	57,5	56,2	30,9	46,4
PR37N01	Kontroll	35,4	53,5	55,8	56,6	11,7	42,6
	N ₆₀ +PK	33,9	56,1	58,3	60,1	53,1	52,3
	N ₁₂₀ +PK	31,9	52,5	59,3	63,0	43,2	50,0
	N ₁₅₀ +PK	31,2	52,7	60,4	63,8	36,8	49,0
Átlag		33,1	53,7	58,5	60,9	36,2	48,5
P9494	Kontroll	38,4	53,4	56,1	54,8	7,1	42,0
	N ₆₀ +PK	36,5	55,4	61,5	60,3	35,4	49,8
	N ₁₂₀ +PK	38,0	54,4	58,7	60,0	39,9	50,2
	N ₁₅₀ +PK	35,8	54,5	61,1	61,7	38,9	50,4
Átlag		37,2	54,4	59,4	59,2	30,3	48,1
SY AFINITY	Kontroll	33,3	52,3	54,7	50,0	17,5	41,6
	N ₆₀ +PK	34,7	53,6	57,6	58,1	40,8	48,9
	N ₁₂₀ +PK	37,3	52,5	59,1	56,8	49,9	51,1
	N ₁₅₀ +PK	34,1	52,6	60,0	61,0	33,9	48,3
Átlag		34,9	52,7	57,8	56,5	35,5	47,3
SzD _{5%} Hibrid		2,9	2,5	1,5	3,2	13,6	—
SzD _{5%} Tápanyagszint		2,9	1,6	1,5	3,1	8,4	—
SzD _{5%} Kölcsönhatás		5,9	3,2	3,0	6,1	16,7	—

2013. tenyésztés

A 2013. tenyésztésben a különböző genotípusú kukorica hibridek relatív klorofill tartalma tápanyagkezelésektől és a mérési időpontoktól függően 27,4-58,3 értékek között alakult (9. táblázat). 6-8 leveles állapotban műtrágyakezeléstől függően 29,8-38,2 közötti értékeket mértünk. A 12 leveles állapotban a relatív klorofill tartalom növekedett az előző fenofázishoz képest (34,3-57,4). A SPAD értékek a tápanyagkezelésektől és a hibridtől függően hímvirágzáskor (34,4-58,3) és nővirágzáskor (36,6-57,2) érték el a maximumukat. A szemtelítődés időszakában csökkent a vizsgált kukorica hibridek relatív klorofill tartalma. A SPAD értékek a kukorica ezen fenofázisában tápanyagkezeléstől függően 27,4-52,0 között alakultak. A kísérletben szereplő kukorica hibridek esetében a tápanyagkezelések átlagában a legkisebb relatív klorofill értékeket 6-8 leveles állapotban a P9578 hibridnél (32,8), 12 leveles állapotban a DKC4025 hibridnél (49,8), hím- és nővirágzás idején az SY Afinity hibridnél (50,5 és 51,6), míg szemtelítődés idején a P9494 hibridnél (42,3) mértük. A legnagyobb SPAD értékek az első mérés alkalmával a P9494 hibridnél (36,2), 12 leveles állapotban az SY Afinity hibridnél (52,3), hímvirágzáskor a DKC4025 hibridnél (53,7), nővirágzáskor és a szemtelítődés időszakában a PR37N01 hibridnél voltak (53,0 és 46,0). Az említett fenofázisban a kukorica hibridek SPAD értékei között nem minden esetben találtunk statisztikailag is igazolható különbséget.

Az egyes fenofázisokban tapasztalt SPAD értékek átlagában megállapítottuk, hogy a legnagyobb relatív klorofill tartalom az $N_{120}+PK$ tápanyagkezelésben volt a P9578 hibridnél (50,7) és a P9494 hibridnél (50,4). Az $N_{150}+PK$ tápanyagszinten pedig a DKC4025 (50,1), a PR37M81 (50,6), PR37N01 (50,5) és az SY Afinity (50,8) hibridek esetében kaptuk a maximális SPAD értéket. A műtrágyázás a kontroll kezeléshez képest szignifikánsan növelte a SPAD értékeket.

9. táblázat. A tápanyagkezelés hatása a kukorica hibridek SPAD értékeire
(Debrecen, 2013)

Hibrid	Tápanyagkezelés	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés	Átlag
P9578	Kontroll	30,7	36,3	35,1	36,6	30,5	33,8
	N ₃₀ +PK	32,9	51,6	50,7	54,5	42,4	46,4
	N ₆₀ +PK	31,0	54,8	54,3	53,5	49,1	48,5
	N ₉₀ +PK	35,1	55,3	54,9	57,2	48,3	50,2
	N ₁₂₀ +PK	33,4	57,1	56,9	56,0	50,3	50,7
	N ₁₅₀ +PK	33,5	57,0	58,3	57,2	47,0	50,6
	Átlag	32,8	52,0	51,7	52,5	44,6	46,2
DKC4025	Kontroll	30,9	36,5	36,6	37,5	32,2	34,7
	N ₃₀ +PK	35,4	52,1	56,2	54,6	42,0	48,1
	N ₆₀ +PK	34,2	52,5	56,7	53,4	49,1	49,2
	N ₉₀ +PK	36,9	52,6	56,8	55,6	48,0	50,0
	N ₁₂₀ +PK	35,2	52,6	57,7	56,3	47,7	49,9
	N ₁₅₀ +PK	34,4	52,7	58,1	56,4	49,1	50,1
	Átlag	34,5	49,8	53,7	52,3	44,7	47,0
PR37M81	Kontroll	32,0	35,6	34,9	38,1	27,4	33,6
	N ₃₀ +PK	36,3	51,0	50,7	53,6	39,2	46,2
	N ₆₀ +PK	34,5	54,4	52,0	53,5	49,9	48,9
	N ₉₀ +PK	35,0	53,8	55,9	54,5	46,7	49,2
	N ₁₂₀ +PK	31,6	55,8	56,5	55,3	48,3	49,5
	N ₁₅₀ +PK	33,5	56,9	57,8	56,5	48,3	50,6
	Átlag	33,8	51,2	51,3	51,9	43,3	46,3
PR37N01	Kontroll	29,8	34,3	35,6	38,9	35,8	34,9
	N ₃₀ +PK	33,7	50,2	50,9	53,9	40,5	45,8
	N ₆₀ +PK	32,9	53,3	55,6	55,9	48,7	49,3
	N ₉₀ +PK	34,7	51,6	56,1	56,1	48,6	49,4
	N ₁₂₀ +PK	36,1	55,4	56,1	57,0	52,0	51,3
	N ₁₅₀ +PK	34,7	54,4	57,5	56,1	50,2	50,5
	Átlag	33,6	49,9	52,0	53,0	46,0	46,9
P9494	Kontroll	34,4	35,6	34,8	38,7	28,3	34,4
	N ₃₀ +PK	36,8	51,7	51,3	53,8	41,4	47,0
	N ₆₀ +PK	37,9	53,2	51,6	53,9	44,3	48,2
	N ₉₀ +PK	38,2	54,9	55,3	55,0	43,9	49,5
	N ₁₂₀ +PK	34,7	56,2	56,1	56,2	48,5	50,4
	N ₁₅₀ +PK	35,2	56,3	57,1	55,5	47,3	50,3
	Átlag	36,2	51,3	51,0	52,2	42,3	46,6
SY AFINITY	Kontroll	30,7	36,9	34,4	38,8	30,2	34,2
	N ₃₀ +PK	34,0	52,9	49,7	51,8	42,5	46,2
	N ₆₀ +PK	36,4	54,6	51,4	54,6	49,9	49,4
	N ₉₀ +PK	35,1	55,5	55,9	53,9	50,7	50,2
	N ₁₂₀ +PK	34,3	57,4	54,5	55,1	48,7	50,0
	N ₁₅₀ +PK	35,4	56,5	56,9	55,3	49,8	50,8
	Átlag	34,3	52,3	50,5	51,6	45,3	46,8
SzD _{5%} Hibrid		2,6	1,5	1,8	1,4	5,2	—
SzD _{5%} Tápanyagszint		1,8	1,2	1,8	1,3	2,9	—
SzD _{5%} Kölesönhatás		4,4	3,0	4,5	3,3	7,2	—

2014. tenyésztés

A 2014. tenyésztésben a SPAD értékek hibridtől és tápanyagkezeléstől függően 35,0-70,4 között változtak (10. táblázat). A vizsgált tényezőktől függően 6-8 leveles állapotban alacsony SPAD értékeket kaptunk (35,0-37,2), amelyek a kukorica különböző fenofázisaiban fokozatosan nőttek (12 leveles állapot: 39,3-49,3) és a maximumukat a hím- és nővirágzás időpontjában érték el (hímvirágzás: 55,9-70,4, nővirágzás: 64,4-69,5). A virágzási periódus után csökkenést tapasztaltunk a kukorica állományok relatív klorofill tartalmában (szemtelítődés: 41,8-61,1). A hibridek tekintetében a tápanyagkezelések átlagában az első három mérési időpontban a PR37N01 hibridnél (6-8 leveles állapot: 36,3, 12 leveles állapot: 42,8, hímvirágzás: 58,8), nővirágzás időpontjában a P9494 hibridnél (60,2) míg a szemtelítődés időpontjában a DKC4025 hibridnél (53,4) kaptuk a legkisebb SPAD értékeket. Ezzel szemben a legnagyobb SPAD értékek a 6-8 leveles (39,7) és 12 leveles (46,6) állapotban a P9578 hibridnél, hímvirágzáskor a PR37M81 hibridnél (61,6), nővirágzáskor DKC4025 hibridnél (61,8), szemtelítődés időszakában pedig a P9494 hibridnél (55,9) voltak.

A tápanyagellátás hatására a hibridek SPAD értékeinek változásában nem minden esetben tudtunk megállapítani szignifikáns eltérést.

A tápanyagellátás növelte a kísérletben vizsgált hibridek relatív klorofill tartalmát. A kukorica állományok különböző fenofázisaiban tapasztalt SPAD értékek átlagában a legkisebb relatív klorofill tartalmat a trágyázatlan kezelésben mértük (PR37N01: 46,8), míg a legnagyobb SPAD értékek az $N_{60}+PK$ (SY Afinity: 54,0), az $N_{120}+PK$ (DKC4025: 53,6, P9578: 54,5) és az $N_{150}+PK$ (PR37M81: 55,1, PR37N01: 53,0, P9494: 54,0) tápanyagkezelésekben voltak. A trágyázatlan kezelésben tapasztalt SPAD értékek szignifikánsan kisebbek voltak, mint a többi trágyakezelésben mért SPAD értékek.

10. táblázat. A tápanyagkezelés hatása a kukorica hibridek SPAD értékeire
(Debrecen, 2014)

Hibrid	Tápanyagszint	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés	Átlag
P9578	Kontroll	39,1	44,0	55,9	56,0	41,8	47,4
	N ₃₀ +PK	38,8	44,7	60,4	60,9	53,2	51,6
	N ₆₀ +PK	38,2	48,3	58,9	62,0	58,1	53,1
	N ₉₀ +PK	40,4	46,4	58,6	64,3	59,4	53,8
	N ₁₂₀ +PK	41,6	47,0	60,6	64,4	58,7	54,5
	N ₁₅₀ +PK	40,3	49,3	59,2	62,1	59,4	54,1
Átlag		39,7	46,6	58,9	61,6	55,1	52,4
DKC4025	Kontroll	39,2	48,3	56,2	55,3	43,7	48,5
	N ₃₀ +PK	40,6	45,1	58,6	60,8	50,6	51,2
	N ₆₀ +PK	40,1	46,7	59,6	61,8	57,9	53,2
	N ₉₀ +PK	38,8	45,0	59,7	61,8	56,8	52,4
	N ₁₂₀ +PK	37,0	45,8	59,9	69,5	55,8	53,6
	N ₁₅₀ +PK	42,3	46,8	59,5	61,8	55,9	53,3
Átlag		39,7	46,3	58,9	61,8	53,4	52,0
PR37M81	Kontroll	37,5	41,3	56,2	63,9	46,4	49,0
	N ₃₀ +PK	36,6	43,7	56,8	60,2	55,0	50,5
	N ₆₀ +PK	37,9	44,2	70,4	58,7	54,2	53,1
	N ₉₀ +PK	40,0	44,7	57,9	62,1	57,4	52,4
	N ₁₂₀ +PK	37,8	44,2	59,8	60,4	59,0	52,2
	N ₁₅₀ +PK	38,8	46,1	68,7	63,0	59,0	55,1
Átlag		38,1	44,0	61,6	61,4	55,2	52,1
PR37N01	Kontroll	36,3	39,3	57,6	56,4	44,5	46,8
	N ₃₀ +PK	37,3	40,7	58,5	60,2	51,7	49,7
	N ₆₀ +PK	35,0	43,3	60,0	60,7	56,1	51,0
	N ₉₀ +PK	36,7	43,1	58,8	62,8	57,3	51,8
	N ₁₂₀ +PK	36,4	43,3	59,3	62,1	59,1	52,0
	N ₁₅₀ +PK	36,0	47,4	58,7	61,6	61,1	53,0
Átlag		36,3	42,8	58,8	60,7	55,0	50,7
P9494	Kontroll	37,3	41,8	58,1	56,1	47,1	48,1
	N ₃₀ +PK	38,6	44,1	59,1	60,2	56,8	51,8
	N ₆₀ +PK	40,1	46,6	59,5	59,6	56,4	52,4
	N ₉₀ +PK	36,9	47,4	57,8	60,3	57,5	52,0
	N ₁₂₀ +PK	37,7	45,3	59,8	61,1	57,0	52,2
	N ₁₅₀ +PK	36,4	47,8	61,1	64,0	60,6	54,0
Átlag		37,8	45,5	59,2	60,2	55,9	51,7
SY AFINITY	Kontroll	39,2	41,5	58,2	55,1	46,6	48,1
	N ₃₀ +PK	37,2	44,4	58,3	59,7	55,1	51,0
	N ₆₀ +PK	44,9	45,0	60,1	62,6	57,5	54,0
	N ₉₀ +PK	38,5	43,9	60,7	62,0	57,3	52,5
	N ₁₂₀ +PK	39,1	43,9	61,7	61,1	59,0	52,9
	N ₁₅₀ +PK	38,9	46,1	59,8	62,8	59,4	53,4
Átlag		39,6	44,1	59,8	60,5	55,8	52,0
SzD _{5%} Hibrid		2,3	2,5	2,3	1,9	3,9	—
SzD _{5%} Tápanyagszint		2,3	2,0	1,3	1,9	2,5	—
SzD _{5%} Kölcsönhatás		5,7	4,8	3,3	4,3	6,2	—

5.1.2. A kukorica hibridek levélterület index értékeinek alakulása

A levélterület a lombozat méretének, struktúrájának általános mutatója, ugyanis meghatározza a fotoszintézis hatékonyságát és ezen keresztül befolyásolni képes a termés nagyságát. A kutatás keretein belül a tenyésztő folyamán a kukorica állományok különböző fenofázisaiban mértük az 1 m²-re eső levélterületet. A mérések során a SunScan Canopy Analysis System (SS1) mérőműszert használtuk. A készülék indirekt mérési módszert használ. Az indirekt módszerek többsége a lombozat fény-árnyék viszonyaiból méri és számolja ki a levélterület index értékeit. Azt szeretnénk volna megtudni, hogy a műtrágyázás a különböző genotípusú kukorica hibrideknél hogyan befolyásolja a levélterület index értékeinek alakulását.

2012. tenyészév

A levélterület index értékek hasonló tendenciát mutattak, mint a relatív klorofill értékek, azaz az első mérésben tapasztalt értékek egészen a virágzás fázisig nőttek (11. táblázat). A LAI értékek hibridektől és tápanyag-kezelésektől függően 0,6-3,8 m²m⁻² között alakultak. A legkisebb levélterület index értékeket 6-8 leveles állapotban tapasztaltunk (0,6-0,9 m²m⁻²). A következő mérés alkalmával, amikor a kukorica állományok már elérték a 12 leveles fejlettségi állapotot a LAI értékekben növekedést tapasztaltunk (2,3-3,0 m²m⁻²). Maximumukat a nővirágzás idején érték el (3,2-3,8 m²m⁻²). Az utolsó mérés alkalmával pedig már csökkenést tapasztaltunk a kukorica állományok levélterület indexében. A nővirágzásban és a szemtelítődés szakaszában tapasztalt levélterület index értékek alapján statisztikailag igazolható különbséget tudtunk megállapítani a PR37N01 hibrid (nővirágzás: 3,6 m²m⁻²; szemtelítődés: 1,9 m²m⁻²) LAI értékei és a másik három vizsgált kukorica hibrid LAI értékei között (nővirágzás: PR37M81: 3,3 m²m⁻², P9494: 3,4 m²m⁻², SY Afinity: 3,3 m²m⁻², szemtelítődés: PR37M81: 1,6 m²m⁻², P9494: 1,7 m²m⁻², SY Afinity: 1,6 m²m⁻²).

A trágyázatlan kezelésben mértük a legkisebb levélterület értékeket (2,2-2,4 m²m⁻²), míg a legnagyobb levélterületet az N₁₅₀+PK tápanyagszinten (2,3-2,6 m²m⁻²) tapasztaltuk a különböző fenofázisokban mért LAI értékek átlagában. A tápanyagellátás hatására a levélterület növekvő tendenciát mutatott, azonban ezt statisztikailag nem tudtuk igazolni.

11. táblázat. A genotípus és a tápanyagellátás hatása a kukorica levélterület indexének (m^2m^{-2}) alakulására (Debrecen, 2012)

Hibrid	Tápanyagszint	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés	Átlag
PR37M81	Kontroll	0,7	2,3	3,2	3,2	1,6	2,2
	N ₆₀ +PK	0,9	2,6	3,2	3,4	1,3	2,3
	N ₁₂₀ +PK	0,8	2,8	3,2	3,3	1,6	2,4
	N ₁₅₀ +PK	0,8	2,6	3,3	3,4	1,8	2,4
Átlag		0,8	2,6	3,2	3,3	1,6	2,3
PR37N01	Kontroll	0,7	2,7	3,3	3,5	1,9	2,4
	N ₆₀ +PK	0,8	2,6	3,5	3,8	1,7	2,5
	N ₁₂₀ +PK	0,8	2,5	3,6	3,5	1,9	2,5
	N ₁₅₀ +PK	0,9	3,0	3,5	3,7	2,1	2,6
Átlag		0,8	2,7	3,5	3,6	1,9	2,5
P9494	Kontroll	0,8	2,5	3,2	3,2	1,7	2,3
	N ₆₀ +PK	0,7	2,6	3,2	3,5	1,5	2,3
	N ₁₂₀ +PK	0,8	2,9	3,2	3,2	1,7	2,4
	N ₁₅₀ +PK	0,8	2,8	3,6	3,5	1,8	2,5
Átlag		0,7	2,7	3,3	3,4	1,7	2,4
SY AFINITY	Kontroll	0,6	2,5	3,1	3,3	1,9	2,3
	N ₆₀ +PK	0,7	2,3	3,1	3,6	1,4	2,2
	N ₁₂₀ +PK	0,7	2,7	3,3	3,2	1,5	2,3
	N ₁₅₀ +PK	0,8	2,5	3,2	3,4	1,8	2,3
Átlag		0,7	2,5	3,2	3,4	1,7	2,3
SzD _{5%} Hibrid		0,1	0,4	0,4	0,6	0,4	—
SzD _{5%} Tápanyagszint		0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	—
SzD _{5%} Kölcsönhatás		0,2	0,7	0,7	0,4	0,4	—

2013. tenyésztés

A 2013. tenyésztésben a kukorica állományok kezdeti fejlődése lassabb volt, mint a 2012. tenyésztésben, ugyanis 6-8 leveles állapotban lényegesen kisebb LAI értékeket mértünk tápanyagkezeléstől és hibridtől függően ($0,2-0,4 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$), mint a 2012. év ugyanezen fenofázisában (12. táblázat). A kukorica állományok 12 leveles állapotában a levélterület index $0,9-2,8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ között változott. A 2012. évvel ellentétben a maximális levélborítottságot a hímvirágzás idején érték el a vizsgált kukorica hibridek ($2,1-3,8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). A nővirágzás ($1,9-3,5 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) és szemtelítődés ($1,6-3,0 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) időszakában csökkenést tapasztaltunk a kukorica állományok LAI értékében. A DKC4025 és a PR37N01 hibrid LAI értéke között - a 12 leveles állapotban tapasztalt LAI értékek kivételével – statisztikailag igazolható különbséget állapítottunk meg.

A trágyázatlan kezelésben a levélterület index értékek $1,4-1,9 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ között alakultak, míg a legnagyobb LAI értékeket az N₁₅₀+PK tápanyagszinten ($2,0-2,6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) kaptuk a vizsgált fenológiai fázisokban mért értékek átlagában. Az N₁₅₀+PK

tápanyagszinten a kontrollhoz viszonyítva valamennyi fenofázisban szignifikánsan nagyobb levélterületi index értékeket mértünk.

12. táblázat. A genotípus és a tápanyagellátás hatása a kukorica levélterület indexének (m^2m^{-2}) alakulására (Debrecen, 2013)

Hibrid	Tápanyagszint	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés	Átlag
P9578	Kontroll	0,3	0,9	2,5	2,1	1,8	1,5
	N ₃₀ +PK	0,3	0,9	2,8	2,1	1,9	1,6
	N ₆₀ +PK	0,3	1,1	2,8	2,3	2,1	1,7
	N ₉₀ +PK	0,3	1,7	3,0	2,3	2,1	1,9
	N ₁₂₀ +PK	0,4	1,9	2,7	2,8	2,2	2,0
	N ₁₅₀ +PK	0,4	1,4	3,0	3,1	2,0	2,0
Átlag		0,3	1,3	2,8	2,4	2,0	1,8
DKC4025	Kontroll	0,2	1,2	2,4	2,1	1,6	1,5
	N ₃₀ +PK	0,3	1,5	2,7	2,0	1,8	1,7
	N ₆₀ +PK	0,2	1,3	2,9	2,2	2,0	1,7
	N ₉₀ +PK	0,2	1,9	2,1	2,2	2,0	1,7
	N ₁₂₀ +PK	0,3	2,2	2,9	2,7	2,1	2,0
	N ₁₅₀ +PK	0,3	2,0	3,1	3,1	2,2	2,1
Átlag		0,2	1,7	2,7	2,4	1,9	1,8
PR37M81	Kontroll	0,2	1,2	2,4	2,0	1,4	1,4
	N ₃₀ +PK	0,4	1,4	2,7	2,1	2,0	1,7
	N ₆₀ +PK	0,3	1,6	2,8	2,1	2,2	1,8
	N ₉₀ +PK	0,3	1,9	2,8	1,9	2,2	1,8
	N ₁₂₀ +PK	0,3	2,6	2,7	2,8	2,4	2,2
	N ₁₅₀ +PK	0,4	2,8	3,3	3,1	2,4	2,4
Átlag		0,3	1,9	2,8	2,3	2,1	1,9
PR37N01	Kontroll	0,2	1,2	3,0	2,7	2,4	1,9
	N ₃₀ +PK	0,4	1,3	3,0	2,3	2,4	1,9
	N ₆₀ +PK	0,3	1,9	3,4	2,6	2,6	2,2
	N ₉₀ +PK	0,3	2,1	3,4	2,6	2,8	2,2
	N ₁₂₀ +PK	0,4	2,6	3,1	3,0	3,0	2,4
	N ₁₅₀ +PK	0,3	2,4	3,8	3,5	3,0	2,6
Átlag		0,3	1,9	3,3	2,8	2,7	2,2
P9494	Kontroll	0,2	0,9	2,8	2,3	1,8	1,6
	N ₃₀ +PK	0,3	1,7	3,0	2,3	2,2	1,9
	N ₆₀ +PK	0,3	1,9	3,1	2,6	2,4	2,0
	N ₉₀ +PK	0,3	2,5	3,3	2,5	2,3	2,2
	N ₁₂₀ +PK	0,3	2,2	3,1	2,8	2,6	2,2
	N ₁₅₀ +PK	0,3	2,1	3,5	3,0	2,1	2,2
Átlag		0,3	1,9	3,1	2,6	2,2	2,0
SY AFINITY	Kontroll	0,2	1,2	2,6	2,1	2,0	1,6
	N ₃₀ +PK	0,3	0,9	2,9	2,4	2,4	1,8
	N ₆₀ +PK	0,3	1,1	2,9	2,3	2,3	1,8
	N ₉₀ +PK	0,3	1,4	2,9	2,1	2,7	1,9
	N ₁₂₀ +PK	0,3	2,2	2,6	2,8	2,7	2,1
	N ₁₅₀ +PK	0,4	2,6	3,1	2,9	2,4	2,3
Átlag		0,3	1,6	2,8	2,4	2,4	1,9
SzD _{5%} Hibrid		0,1	1,5	0,3	0,7	0,4	—
SzD _{5%} Tápanyagszint		0,0	1,2	0,2	0,3	0,2	—
SzD _{5%} Kölcsönhatás		0,1	3,0	0,5	0,7	0,4	—

2014. tenyészcím

A 2014. tenyészcímében a levélterület index értékek tápanyagkezeléstől és hibridtől függően $0,6-3,7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ között alakultak (13. táblázat). A tápanyagkezelések átlagában az előző két évhez hasonlóan a legkisebb LAI értékeket a kukorica állományok 6-8 leveles állapotában ($0,6-1,1 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$), míg a legnagyobb LAI értékeket a virágzás időpontjában mértük (hímvirágzás: $2,5-3,7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, nővirágzás: $2,7-3,7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). A szemtelítődés állapotában mért levélterület index értékekben csökkenést állapítottunk meg ($1,9-2,8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). A vizsgált hibridek levélterületi index értékei eltérést mutattak a különböző fenofázisokban, azonban a hibridek LAI értékei közötti különbség nem minden esetben volt szignifikáns.

A nővirágzás ($2,9 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) és a szemtelítődés ($2,1 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) szakaszában a trágyázatlan kezelésben mért LAI értékek és az $N_{120}+PK$ (nővirágzás: $3,3 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, szemtelítődés: $2,6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$), az $N_{150}+PK$ (nővirágzás: $3,3 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, szemtelítődés: $2,6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) tápanyagszinten mért értékek között szignifikáns különbséget állapítottunk meg.

5.1.3. A levélterület tartósság

A növekvő NPK műtrágyadózisok hatására növekedtek a levélterület tartósság (LAD) értékei mindhárom vizsgált tenyészcímében (14. táblázat). 2012-ben hibridtől és tápanyagkezeléstől függően 204-268 nap, 2013-ban 152-263 nap és 2014-ben 193-246 nap volt a levelek élettartama. A kezelések átlagában 2012-ben az vizsgált négy hibrid közül a PR37M81 (238 nap) hibrid veszítette el leghamarabb a fotoszintetizáló területét, míg 2013-ban és 2014-ben a DKC4025 (2013: 178 nap, 2014: 210 nap) hibrid levelei száradtak le a legkorábban. A 2012. és 2013. tenyészcímekben a PR37N01 (2012: 256 nap, 2013: 222 nap) hibrid, a 2014. tenyészcímében az SY Afinity (232 nap) hibrid tartotta fent a leghosszabb ideig a fotoszintetizáló területét. Mindhárom vizsgált évben szignifikáns eltérést tapasztaltunk a legkisebb és a legnagyobb levélterület tartóssággal jellemezhető hibrideknél.

A hibridek átlagában azt állapítottuk meg, hogy a kontroll kezelésekben a vizsgált kukorica hibridek hamarabb elveszítették az aktív fotoszintetizáló területüket, mint a trágyázott kezelésekben (2012: kontroll: 228 nap, 2013: kontroll: 166 nap, 2014: kontroll: 208 nap). A legnagyobb fotoszintetizáló területet mindhárom évben az $N_{150}+PK$ tápanyagkezelésben tapasztaltuk (2012: 252 nap, 2013: 231 nap, 2014: 232 nap). A nagyobb dózisú műtrágyázásnak ($N_{120}+PK$, $N_{150}+PK$) 2012-ben nem, viszont

2013-ban és 2014-ben statisztikailag is igazolható, pozitív hatása volt a kontroll kezelésben tapasztalt LAD értékek alakulására.

13. táblázat. A genotípus és a tápanyagellátás hatása a kukorica levélterület indexének (m^2m^{-2}) alakulására (Debrecen, 2014)

Hibrid	Tápanyagszint	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés	Átlag
P9578	Kontroll	0,8	1,9	2,7	2,7	2,0	2,0
	N ₃₀ +PK	0,9	2,1	3,2	3,0	2,6	2,3
	N ₆₀ +PK	0,8	1,9	2,8	2,9	2,6	2,2
	N ₉₀ +PK	0,8	1,9	2,9	2,9	2,4	2,2
	N ₁₂₀ +PK	1,0	2,0	2,9	3,2	2,5	2,3
	N ₁₅₀ +PK	0,7	1,9	2,5	3,3	2,5	2,2
Átlag		0,8	1,9	2,8	3,0	2,4	2,2
DKC4025	Kontroll	0,7	2,3	3,2	2,9	2,0	2,2
	N ₃₀ +PK	0,7	2,1	3,1	2,9	2,5	2,3
	N ₆₀ +PK	0,6	1,9	2,7	2,7	2,2	2,0
	N ₉₀ +PK	0,6	1,9	3,3	3,0	2,3	2,2
	N ₁₂₀ +PK	0,7	1,6	3,1	2,8	2,1	2,1
	N ₁₅₀ +PK	0,7	3,0	3,0	2,8	2,1	2,3
Átlag		0,7	2,1	3,1	2,9	2,2	2,2
PR37M81	Kontroll	0,8	2,1	3,2	2,9	2,1	2,2
	N ₃₀ +PK	0,8	1,8	3,0	3,0	2,6	2,2
	N ₆₀ +PK	0,6	2,2	3,2	3,2	2,5	2,3
	N ₉₀ +PK	0,6	2,1	3,0	3,2	2,6	2,3
	N ₁₂₀ +PK	0,7	1,9	3,2	3,0	2,6	2,3
	N ₁₅₀ +PK	0,7	1,7	3,0	2,9	1,9	2,0
Átlag		0,7	2,0	3,1	3,0	2,4	2,2
PR37N01	Kontroll	0,7	2,0	3,1	2,8	2,2	2,2
	N ₃₀ +PK	0,6	2,3	3,3	3,1	2,7	2,4
	N ₆₀ +PK	0,7	2,1	3,3	3,4	2,6	2,4
	N ₉₀ +PK	0,6	1,8	3,3	2,9	2,7	2,3
	N ₁₂₀ +PK	0,6	1,4	3,2	3,3	2,8	2,3
	N ₁₅₀ +PK	0,7	2,1	3,4	3,2	2,6	2,4
Átlag		0,6	1,9	3,2	3,1	2,6	2,3
P9494	Kontroll	0,7	2,0	3,2	3,2	2,2	2,2
	N ₃₀ +PK	0,7	1,9	3,1	3,1	2,7	2,3
	N ₆₀ +PK	0,6	1,8	3,0	3,4	2,5	2,2
	N ₉₀ +PK	0,7	2,2	3,7	3,2	2,6	2,5
	N ₁₂₀ +PK	0,6	2,1	3,6	3,5	2,4	2,5
	N ₁₅₀ +PK	0,9	2,7	3,5	3,6	2,5	2,6
Átlag		0,7	2,1	3,4	3,3	2,5	2,4
SY AFINITY	Kontroll	0,8	2,1	3,0	2,8	2,2	2,2
	N ₃₀ +PK	0,7	2,1	3,0	2,9	2,6	2,3
	N ₆₀ +PK	0,7	2,5	3,5	3,4	2,7	2,6
	N ₉₀ +PK	0,8	2,2	3,4	3,1	2,7	2,4
	N ₁₂₀ +PK	0,7	2,3	3,2	3,7	2,9	2,6
	N ₁₅₀ +PK	1,1	2,3	3,6	3,5	2,7	2,6
Átlag		0,8	2,3	3,3	3,2	2,6	2,4
SzD _{5%} Hibrid		0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	—
SzD _{5%} Tápanyagszint		0,1	0,3	0,3	0,3	0,1	—
SzD _{5%} Kölcsönhatás		0,3	0,7	0,7	0,8	0,3	—

14. táblázat. A levélterület tartósság (LAD) alakulása a különböző genotípusú kukorica hibrideknél, eltérő tápanyagkezelésekben (nap)
(Debrecen, 2012-2014)

Tenyészév	Tápanyagszint	P9578	DKC4025	PR37M81	PR37N01	P9494	SY Afinity	Átlag
2012	Kontroll	—	—	229	247	232	204	228
	N ₆₀ +PK			237	257	236	230	240
	N ₁₂₀ +PK			240	251	242	234	242
	N ₁₅₀ +PK			245	268	256	237	252
	Átlag			238	256	242	226	240
SzD _{5%} Mútrágyázás		25						
SzD _{5%} Hibrid		13						
SzD _{5%} Kölcsönhatás		26						
2013	Kontroll	164	152	150	194	172	164	166
	N ₃₀ +PK	172	165	176	197	193	191	182
	N ₆₀ +PK	180	173	172	218	209	191	190
	N ₉₀ +PK	191	170	181	221	215	193	195
	N ₁₂₀ +PK	213	201	214	238	220	211	216
	N ₁₅₀ +PK	214	210	232	263	238	233	231
	Átlag	189	178	188	222	208	197	197
SzD _{5%} Mútrágyázás		31						
SzD _{5%} Hibrid		11						
SzD _{5%} Kölcsönhatás		26						
2014	Kontroll	193	214	213	205	216	209	208
	N ₃₀ +PK	222	215	211	230	219	217	219
	N ₆₀ +PK	210	194	225	231	215	246	220
	N ₉₀ +PK	208	211	221	213	236	231	220
	N ₁₂₀ +PK	222	197	217	214	236	246	222
	N ₁₅₀ +PK	224	228	234	234	226	244	232
	Átlag	213	210	220	221	225	232	220
SzD _{5%} Mútrágyázás		13						
SzD _{5%} Hibrid		13						
SzD _{5%} Kölcsönhatás		33						

5.1.4. A kukorica hibridek növénymagasságának alakulása

A növénymagasság jelentős mértékben genetikailag kódolt tulajdonság. Egy bizonyos kukorica hibrid különböző évjáratokban (aszályos vagy csapadékos) különböző magasságot érhet el. Ezt az agrotechnikai tényezők nagyban képesek befolyásolni. A növénymagasság változását idézheti elő többek között az eltérő

műtrágyadózisok alkalmazása, az állománysűrűség és a vetésidő megválasztása. A kísérlet során arra kerestük a választ, hogy a műtrágyázás milyen mértékben befolyásolja a növénymagasságot a különböző kukorica hibrideknél.

2012. tenyésztés

A 2012. tenyésztésben az időjárási körülmények kedvezően alakultak a kukorica hibridek kezdeti fejlődése szempontjából, így a vizsgált kukorica állományok gyors kezdeti növekedést mutattak. A kedvező időjárási körülmények hatására a hibridek nagy vegetatív tömeget alakítottak ki, amelyet a 15. táblázatban szereplő adatok is bizonyítanak. A vizsgált hibridek átlagos növénymagassága a tápanyagkezeléstől függően 281,9-313,7 cm között alakult.

A vizsgált kukorica hibridek növénymagasság értékei jelentős eltérést mutattak. A legkisebb növénymagasság értékeket a PR37M81 (kontroll: 281,9 cm, N₁₂₀+PK: 287,8 cm) és a P9494 hibridnél (kontroll: 287,5 cm, N₆₀+PK: 292,6 cm) mértük. Az SY Afinity hibrid szármagassága valamennyi tápanyagkezelésben kimagasló értéket ért el (304,1-313,7 cm). Szármagassága a tápanyagkezelések átlagában szignifikánsan (308,8 cm) nagyobb volt, mint a PR37M81 (290,1 cm), a PR37N01 (296,9 cm) és a P9494 (292,5 cm) hibridé. Emellett szignifikáns eltérést állapítottunk meg a PR37N01 hibrid növénymagassági értéke (296,9 cm) és a PR37M81 hibrid növénymagassági értéke között (290,0 cm).

A különböző tápanyagkezelési modellekben közel azonos növénymagasságot értek el a vizsgált kukorica hibridek. Az állományban a legkisebb növénymagasságot a trágyázatlan kezelésben mértük (281,9-308,4 cm), míg a legnagyobb növénymagasságot az N₁₅₀+PK tápanyagszinten tapasztaltuk (295,1-313,7 cm), azonban a trágyakezelések közötti különbségek nem voltak statisztikailag igazolhatóak.

15. táblázat. A tápanyagellátás hatása a különböző genotípusú kukorica hibridek növénymagasságára (cm) (Debrecen, 2012)

Hibrid	Tápanyagszint				Átlag
	Kontroll	N ₆₀ +PK	N ₁₂₀ +PK	N ₁₅₀ +PK	
PR37M81	281,9	294,3	287,8	296,2	290,0
PR37N01	295,0	297,5	296,7	298,4	296,9
P9494	287,5	292,6	294,7	295,1	292,5
SY AFINITY	308,4	304,1	309,2	313,7	308,8
Átlag	293,2	297,1	297,1	300,8	297,0
SzD _{5%} Tápanyagszint	8,7				
SzD _{5%} Hibrid	5,4				
SzD _{5%} Kölcsönhatás	10,9				

2013. tenyésztés

A 2013. tenyésztés időjárása szintén kedvezett a kukorica állományok fejlődésének. A 16. táblázat tartalmazza a 2013. tenyésztésben vizsgált kukorica hibridek növénymagasság értékeit. A hibridek átlagos növénymagassága a tápanyagkezelésektől függően 238,6-297,8 cm között alakult.

A vizsgált genotípusok eltérő növénymagasság értékekkel voltak jellemezhetőek, azonban a hibridek szármagassága közötti különbség nem minden esetben volt szignifikáns. A legnagyobb növénymagasságot minden vizsgált tápanyagszinten az SY Afinity hibridnél tapasztaltuk (kontroll: 265,9 cm, N₃₀+PK: 284,0 cm, N₆₀+PK: 290,9 cm, N₉₀+PK: 291,7 cm, N₁₂₀+PK: 297,8 cm, N₁₅₀+PK: 292,8 cm). A tápanyagkezelések átlagában az előbb említett kukorica hibrid (287,2 cm) növénymagassága és a többi, kísérletben vizsgált hibrid szármagassága között szignifikáns eltérést állapítottunk meg (P9578: 259,8 cm, DKC4014: 262,8 cm, NK Lucius: 268,0 cm, P9175: 263,9 cm, DKC4025: 250,6 cm, PR37M81: 262,4 cm, DKC4490: 257,3 cm, PR37N01: 273,2 cm, P9494: 260,9 cm). A tápanyagkezelések átlagában a legkisebb szármagassággal a DKC4025 hibrid volt jellemezhető (250,6 cm).

16. táblázat. A tápanyagellátás hatása a különböző genotípusú kukorica hibridek növénymagasságára (cm) (Debrecen, 2013)

Hibrid	Tápanyagszint						Átlag
	Kontroll	N ₃₀ +PK	N ₆₀ +PK	N ₉₀ +PK	N ₁₂₀ +PK	N ₁₅₀ +PK	
P9578	243,1	250,2	264,9	261,3	269,1	270,5	259,8
DKC4014	249,6	261,4	264,0	266,7	268,4	266,8	262,8
NK LUCIUS	252,7	265,9	268,7	269,5	277,3	274,1	268,0
P9175	245,9	257,8	264,3	274,4	271,3	269,8	263,9
DKC4025	238,0	253,4	252,3	249,8	251,5	258,9	250,6
PR37M81	247,3	254,0	266,0	262,1	273,1	272,2	262,4
DKC4490	242,0	252,4	262,2	258,0	263,8	265,4	257,3
PR37N01	248,7	268,2	277,2	278,6	282,0	284,7	273,2
P9494	238,6	260,9	266,7	265,4	267,3	266,7	260,9
SY AFINITY	265,9	284,0	290,9	291,7	297,8	292,8	287,2
Átlag	247,2	260,8	267,7	267,7	272,1	272,2	264,6
SzD _{5%} Tápanyagszint	6,5						
SzD _{5%} Hibrid	4,0						
SzD _{5%} Kölcsönhatás	9,8						

A hibridek átlagában a trágyázatlan kezelésben mért növénymagassághoz (247,2 cm) viszonyítva a kísérletben beállított tápanyagkezelésekben kapott növénymagasság

értékek szignifikánsan nagyobbak voltak ($N_{30}+PK$: 260,8 cm, $N_{60}+PK$: 267,7 cm, $N_{90}+PK$: 267,7 cm, $N_{120}+PK$: 272,1 cm, $N_{150}+PK$: 272,2 cm). Emellett az $N_{30}+PK$ tápanyagkezelés növénymagasságához (206,8 cm) viszonyítva a nagyobb tápanyagadagok növelték a hibridek magasságát ($N_{60}+PK$: 267,7 cm, $N_{90}+PK$: 267,7 cm, $N_{120}+PK$: 272,1 cm, $N_{150}+PK$: 272,2 cm). A maximális növénymagasságot az $N_{120}+PK$ (DKC4014: 268,4 cm, NK Lucius: 277,3 cm, P9175: 271,3 cm, PR37M81: 273,1 cm, P9494: 267,3 cm, SY Afinity: 297,8 cm) és az $N_{150}+PK$ (P9578: 270,5 cm, DKC4025: 258,9 cm, DKC4490: 265,4 cm, PR37N01: 284,7 cm) tápanyagszinten mértük.

2014. tenyésztés

A 2014. tenyésztésben a kísérletben részt vevő kukorica genotípuok kisebb növénymagassági értékeket értek el, mint a 2013. tenyésztésben (17. táblázat). A hibridek átlagos növénymagassága a tápanyagkezelésektől függően 229,2-272,7 cm között változott. A vizsgált kukorica hibridek különböző növénymagasság értékekkel voltak jellemezhetőek, azonban a hibridek szármagasság értékei közötti különbség nem minden esetben volt szignifikáns. A legnagyobb növénymagasságot a 2012. és 2013. tenyésztésekhez hasonlóan az SY Afinity hibridnél állapítottuk meg (kontroll: 265,8 cm, $N_{30}+PK$: 259,8 cm, $N_{60}+PK$: 269,7 cm, $N_{90}+PK$: 272,7 cm, $N_{120}+PK$: 271,2 cm, $N_{150}+PK$: 269,6 cm). A műtrágyakezelések átlagában az SY Afinity hibrid (268,1 cm) növénymagassága és a kísérletben vizsgált hibridek növénymagassági értékei között - a 2013. tenyésztéshez hasonlóan - szignifikáns eltérést tudtunk megállapítani (P9578: 239,3 cm, DKC4014: 245,2 cm, NK Lucius: 248,8 cm, P9175: 244,5 cm, DKC4025: 232,8 cm, PR37M81: 242,3 cm, DKC4490: 248,1 cm, PR37N01: 256,7 cm, P9494: 236,3 cm). A tápanyagkezelések átlagában a legkisebb szármagasság a DKC4025 hibridet jellemezte (232,8 cm).

A hibridek átlagában a trágyázatlan kezelésben (244,1 cm) mért növénymagassági értékekhez viszonyítva az $N_{90}+PK$ tápanyagkezelésben szignifikánsan nagyobb növénymagasságot tapasztaltunk (248,3 cm).

A maximális szármagasságot a tíz vizsgált hibrid különböző tápanyagszinten érte el. Az $N_{30}+PK$ tápanyagszinten az NK Lucius (253,1 cm), a P9175 (249,4 cm) és a DKC4025 (237,3 cm) hibrideknél, az $N_{60}+PK$ trágyakezelésben a DKC4014 (247,7 cm) és PR37M81 (247,8 cm) hibrideknél, az $N_{90}+PK$ tápanyagkezelésben a P9578 (245,0

cm), a DKC4490 (251,6 cm), a P9494 (240,5 cm) és az SY Afinity (272,7) hibrideknél tapasztaltuk a legnagyobb szármagasságot. Az N₁₂₀+PK tápanyagszinten a PR37N01 (261,1 cm) hibrid esetén mértük a legnagyobb növénymagasságot.

17. táblázat. A tápanyagellátás hatása a különböző genotípusú kukorica hibridek növénymagasságára (cm) (Debrecen, 2014)

Hibrid	Tápanyagszint						Átlag
	Kontroll	N ₃₀ +PK	N ₆₀ +PK	N ₉₀ +PK	N ₁₂₀ +PK	N ₁₅₀ +PK	
P9578	229,2	239,8	235,9	245,0	244,3	241,8	239,3
DKC 4014	242,9	246,6	247,7	246,8	244,2	243,4	245,2
NK LUCIUS	252,2	253,1	244,7	247,5	246,7	248,9	248,8
P9175	239,2	249,4	246,3	246,0	244,9	241,5	244,5
DKC4025	232,5	237,3	231,3	232,2	232,1	231,7	232,8
PR37M81	245,2	244,0	247,8	245,4	236,0	235,7	242,3
DKC4490	248,0	247,0	243,5	251,6	251,3	247,3	248,1
PR37N01	256,3	257,0	259,7	255,1	261,1	251,1	256,7
P9494	230,2	236,8	235,0	240,5	237,7	237,6	236,3
SY AFINITY	265,8	259,8	269,7	272,7	271,2	269,6	268,1
Átlag	244,1	247,1	246,2	248,3	246,9	244,8	246,2
SzD _{5%} Tápanyagszint	3,6						
SzD _{5%} Hibrid	4,1						
SzD _{5%} Kölcsönhatás	10,1						

A három év adatait összességében vizsgálva megállapítottuk, hogy a tápanyagellátottság és a genotípus jelentős hatást gyakorolt a vizsgált fiziológiai paraméterek nagyságára. A legnagyobb LAI, SPAD és növénymagasság értékeket a virágzás periódusában tapasztaltuk. A műtrágyázás befolyásolta a vizsgált paraméterek értékét, ugyanis a legnagyobb eredményeket a trágyázott parcellákban kaptuk.

5.2. Termésképző elemek

A termés mennyisége szempontjából fontos szerepe van a különböző termésképző elemeknek. Ezek a paraméterek (csőhossz, csőátmérő, ezerszemtömeg, morzsolási %) szoros összefüggésben vannak az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezőkkel. Arra kerestük a választ, hogy az évjárat, a genotípus és tápanyagellátottság hogyan befolyásolja a termésképző elemek alakulását.

2012. tenyésztés

Tápanyagkezeléstől és hibridtől függően a 2012. tenyésztésben a csőhossz 17,3-23,1 cm, a csőátmérő 4,5-5,1 cm, az ezerszemtömeg 326,1-369,5 g, míg a morzsolási % 84,2-87,0 % között alakult (18. táblázat).

18. táblázat. A genotípus és a műtrágyázás hatása a kukorica hibridek néhány terméskepző elemének alakulására (Debrecen, 2012)

Hibrid	Tápanyagszint	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Ezerszem-tömeg (g)	Morzsolási %
PR37M81	Kontroll	17,3	4,5	326,1	85,2
	N ₉₀ +PK	19,1	4,8	364,9	86,0
	N ₁₅₀ +PK	19,8	4,8	369,5	85,8
Átlag		18,7	4,7	353,5	85,7
PR37N01	Kontroll	19,2	4,5	327,2	85,3
	N ₉₀ +PK	20,6	4,7	359,7	87,1
	N ₁₅₀ +PK	21,4	4,9	358,6	87,1
Átlag		20,4	4,7	348,5	86,5
P9494	Kontroll	17,9	4,7	329,0	84,2
	N ₉₀ +PK	20,2	5,1	359,8	85,3
	N ₁₅₀ +PK	20,1	5,1	368,4	85,1
Átlag		19,4	5,0	352,4	84,9
SY AFINITY	Kontroll	19,4	4,6	342,0	85,2
	N ₉₀ +PK	22,0	5,0	369,5	86,1
	N ₁₅₀ +PK	23,1	5,1	376,3	85,7
Átlag		21,5	4,9	362,6	85,7
SzD _{5%} Tápanyagszint		0,7	1,3	18,1	0,8
SzD _{5%} Hibrid		0,6	0,8	11,3	0,6
SzD _{5%} Kölcsönhatás		1,1	1,3	19,7	1,1

A tápanyagkezelések átlagában a legkisebb csőhosszat a PR37M81 (18,7 cm) hibridnél, a legnagyobb csőhosszat pedig az SY Afinity hibridnél (21,5 cm) mértük. A PR37M81 (18,7 cm) hibrid csőhossza szignifikánsan kisebb volt a többi hibrid csőhosszához (PR37N01: 20,4 cm, P9494: 19,4 cm, SY Afinity: 21,5 cm).

Az alkalmazott hibridek közül átlagosan a legkisebb csőátmérőt a PR37M81 (4,7 cm) és a PR37N01 (4,7 cm) hibrideknél, a legnagyobb csőátmérőt a P9494 (5,0 cm) hibridnél tapasztaltuk.

A legkisebb ezerszemtömeg a PR37N01 (348,5 g) hibridnél volt. Ehhez képest jelentősen nagyobb értéket kaptunk az SY Afinity (362,6 g) hibrid esetében, amelyet statisztikailag is tudtunk igazolni.

A legkisebb morzsolási százalékot a P9494 (84,9 %) hibridnél állapítottuk meg. Ez (P9494: 84,9%) statisztikailag bizonyíthatóan kisebb volt, mint a többi vizsgált hibrid morzsolási százaléka (PR37M81: 85,65 %, PR37N01: 86,47 %, SY Afinity: 85,65 %).

A vizsgált termésképző elemeknél a legkisebb értékeket a trágyázatlan kezelésben, míg a legnagyobb értékeket az N₉₀+PK és N₁₅₀+PK tápanyagszinteken kaptuk. A műtrágyázás kedvező hatása következtében az N₉₀+PK és N₁₅₀+PK tápanyagszinteken szignifikánsan nagyobb értékeket tapasztaltunk a kontroll kezelésben mért értékekhez képest minden vizsgált termésképző elem esetében.

2013. tenyésztés

A 2013. tenyésztésben a kukorica hibridek csőhossza 16,1-21,5 cm, csőátmérője 4,4-5,4 cm, ezerszemtömege 228,3-369,8 g és a morzsolási százaléka 85,7-89,6 % között változott kezeléstől és hibridtől függően (19. táblázat).

A tápanyagkezelések átlagában a legrövidebb csövek a P9578 (16,6 cm) hibridnél, a leghosszabb csövek pedig a DKC4490 (20,7 cm) hibridnél voltak. Statisztikailag igazolható különbséget állapítottunk meg a PR37M81 (18,7 cm) csőhossza és a P9175 (21,2 cm) és SY Afinity (20,3 cm) hibridek csőhossza között.

A csőátmérő a PR37M81 (4,5 cm) hibridnél volt a legkisebb, az NK Lucius (5,2 cm) hibridnél pedig a legnagyobb, amely statisztikailag is bizonyítható volt. Ezen kívül szignifikáns eltérést tapasztaltunk a PR37M81 (4,7 cm) hibrid csőátmérője és a P9494 (5,1 cm) és SY Afinity (5,1 cm) hibridek csőátmérője között.

Az ezerszemtömeget szintén a PR37M81 (237,9 g) hibridnél találtuk a legkisebbnek, azonban az SY Afinity (369,8 g) hibridnél jelentős növekedést tapasztaltunk, amelyet statisztikailag is tudtunk igazolni. Ezen kívül szignifikáns eltérést találtunk a PR37M81 (273,3 g) hibrid ezerszemtömege és a P9494 (330,1 g) hibrid ezerszemtömege között.

19. táblázat. A genotípus és a műtrágyázás hatása a kukorica hibridek néhány terméskepző elemének alakulására (Debrecen, 2013)

Hibrid	Tápanyagszint	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Ezerszem-tömeg (g)	Morzsolási %
P9578	Kontroll	16,1	4,7	236,0	88,6
	N ₉₀ +PK	16,8	4,7	274,1	88,4
	N ₁₅₀ +PK	16,8	4,9	307,4	88,8
Átlag		16,6	4,7	272,5	88,6
DKC4014	Kontroll	21,8	4,6	252,6	88,6
	N ₉₀ +PK	20,8	4,6	289,1	88,4
	N ₁₅₀ +PK	20,0	4,4	260,6	88,9
Átlag		20,9	4,5	267,5	88,6
NK LUCIUS	Kontroll	18,3	4,9	321,5	85,7
	N ₉₀ +PK	19,3	5,2	315,3	86,9
	N ₁₅₀ +PK	18,8	5,4	334,8	87,3
Átlag		18,8	5,2	323,8	86,6
P9175	Kontroll	19,3	4,9	309,1	87,4
	N ₉₀ +PK	19,8	4,7	345,8	87,0
	N ₁₅₀ +PK	20,6	5,1	305,5	86,6
Átlag		19,9	4,9	320,1	87,0
DKC4025	Kontroll	19,9	4,9	282,8	89,8
	N ₉₀ +PK	21,5	4,9	317,1	88,6
	N ₁₅₀ +PK	19,8	4,9	249,9	89,6
Átlag		20,4	4,9	283,3	89,3
PR37M81	Kontroll	17,7	4,5	254,8	88,6
	N ₉₀ +PK	17,3	4,5	228,3	88,5
	N ₁₅₀ +PK	17,4	4,5	230,8	88,1
Átlag		17,4	4,5	237,9	88,4
DKC4490	Kontroll	20,0	4,9	293,3	88,4
	N ₉₀ +PK	21,3	5,2	343,9	88,8
	N ₁₅₀ +PK	20,8	5,1	287,9	88,3
Átlag		20,7	5,1	308,3	88,5
PR37N01	Kontroll	21,1	4,8	311,3	88,2
	N ₉₀ +PK	20,1	5,1	336,1	88,3
	N ₁₅₀ +PK	20,4	4,9	299,5	87,5
Átlag		20,5	4,9	315,6	88,0
P9494	Kontroll	17,9	5,0	309,1	88,4
	N ₉₀ +PK	18,4	5,1	304,6	87,8
	N ₁₅₀ +PK	18,2	5,1	297,8	87,7
Átlag		18,2	5,0	303,8	88,0
SY AFINITY	Kontroll	19,8	4,7	333,1	88,7
	N ₉₀ +PK	18,7	5,1	362,3	88,5
	N ₁₅₀ +PK	20,4	5,1	369,8	88,8
Átlag		19,6	5,0	355,0	88,7
SzD _{5%} Tápanyagszint		1,4	0,4	43,7	0,9
SzD _{5%} Hibrid		1,4	0,2	37,9	0,9
SzD _{5%} Kölcsönhatás		2,4	0,4	65,7	1,6

A legkisebb morzsolási százalékkal az NK Lucius (86,6 %) hibrid, a legnagyobb morzsolási százalékkal pedig a DKC4025 (89,3 %) hibrid bírt, azonban ez statisztikailag nem volt igazolható.

A műtrágyázás hatására a kontroll kezeléshez képest nőtt a termésképző elemek értéke, de ezt statisztikailag nem tudtuk bizonyítani (19. táblázat).

2014. tenyésztés

A 2014. tenyésztésben hibridtől és tápanyagkezeléstől függően 17,0-21,6 cm közötti csőhosszúságot, 4,1-5,3 cm közötti csőátmérőt, 279,6-340,0 g közötti ezerszemtömeget és 85,0-90,7 % közötti morzsolási százalékat állapítottunk meg (20. táblázat).

A tápanyagkezelések átlagában a legrövidebb csőhosszal a P9578 (17,5 cm) hibrid, a legnagyobb csőhosszal pedig a DKC4014 (21,2 cm) hibrid rendelkezett, amit statisztikailag is bizonyítani tudtunk, továbbá a DKC4014 (21,2 cm) hibrid csőhossza szignifikánsan nagyobb volt a többi vizsgált hibrid csőhossz értékénél.

A legkisebb csőátmérőt a DKC4014 (4,2 cm) hibridnél tapasztaltuk, míg a legnagyobb csőátmérőt az NK Lucius (4,9 cm) hibridnél kaptuk. A két csőátmérő közötti eltérés statisztikailag is bizonyítani tudtuk.

Az ezerszemtömeg a DKC4025 (297,8 g) hibrid esetében bizonyult a legkisebbnek, míg az SY Afinity (329,7 g) hibrid esetében a legnagyobb. A két hibrid ezerszemtömegében tapasztalt különbség szignifikáns eltérést mutatott.

A morzsolási százalék az NK Lucius (86,5 %) hibridnél volt a legkisebb, míg a DKC4025 (90,1 %) és P9578 (90,1 %) hibrideknél a legnagyobb, amit statisztikailag is igazolni tudtunk, továbbá szignifikáns különbséget állapítottunk meg az NK Lucius (86,5 %) és a DKC4014 (89,6 %), a DKC4490 (89,5 %) és a PR37M81 (88,8 %) hibridek morzsolási százaléka között.

A tápanyagellátás hatására ugyan nőtt a vizsgált termésképző elemek értéke, de ez nem minden esetben volt szignifikáns. Statisztikailag igazolható különbséget találtunk a csőhossz tekintetében a kontroll (18,7 cm) és az N₉₀+PK (19,8 cm), valamint a kontroll (18,7 cm) és az N₁₅₀+PK (20,4 cm) tápanyagszinteken kapott értékek között. Ezen kívül a trágyázatlan kezelésben (4,3 cm) mért csőátmérő szignifikánsan kisebb volt az N₁₅₀+PK (4,8 cm) tápanyagszinten kapott csőátmérő értékénél.

20. táblázat. A genotípus és a műtrágyázás hatása a kukorica hibridek néhány terméskepző elemének alakulására (Debrecen, 2014)

Hibrid	Tápanyagszint	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Ezerszem-tömeg (g)	Morzsolási %
P9578	Kontroll	17,0	4,2	299,4	89,6
	N ₉₀ +PK	17,3	4,6	314,3	90,7
	N ₁₅₀ +PK	18,3	4,5	310,5	89,9
Átlag		17,5	4,4	308,0	90,1
DKC4014	Kontroll	20,6	4,1	297,9	89,1
	N ₉₀ +PK	21,3	4,3	316,1	89,8
	N ₁₅₀ +PK	21,6	4,3	311,6	89,8
Átlag		21,2	4,2	308,5	89,6
NK LUCIUS	Kontroll	18,5	4,5	302,2	86,1
	N ₉₀ +PK	19,4	5,0	315,1	87,2
	N ₁₅₀ +PK	20,9	5,2	307,0	86,3
Átlag		19,6	4,9	308,1	86,5
P9175	Kontroll	19,6	4,5	279,6	87,0
	N ₉₀ +PK	20,0	5,0	322,8	88,5
	N ₁₅₀ +PK	20,4	4,6	303,3	87,9
Átlag		20,0	4,7	301,9	87,8
DKC4025	Kontroll	19,4	4,3	287,5	89,6
	N ₉₀ +PK	20,0	4,6	307,6	90,5
	N ₁₅₀ +PK	21,0	4,7	298,4	90,1
Átlag		20,1	4,5	297,8	90,1
PR37M81	Kontroll	17,6	4,1	303,0	88,7
	N ₉₀ +PK	19,3	4,4	310,1	88,7
	N ₁₅₀ +PK	20,0	4,5	322,6	89,0
Átlag		18,9	4,3	311,9	88,8
DKC4490	Kontroll	17,6	4,3	292,1	88,9
	N ₉₀ +PK	20,0	4,6	321,9	89,7
	N ₁₅₀ +PK	20,9	4,7	319,4	89,8
Átlag		19,5	4,5	311,2	89,5
PR37N01	Kontroll	19,2	4,4	301,5	87,6
	N ₉₀ +PK	20,5	4,7	324,3	87,8
	N ₁₅₀ +PK	20,6	5,1	308,9	87,6
Átlag		20,1	4,7	311,5	87,6
P9494	Kontroll	18,6	4,6	297,4	87,4
	N ₉₀ +PK	19,3	4,8	304,8	87,9
	N ₁₅₀ +PK	20,6	5,0	309,2	88,4
Átlag		19,5	4,8	303,8	87,9
SY AFINITY	Kontroll	18,6	4,5	312,0	88,3
	N ₉₀ +PK	20,8	5,3	340,0	87,0
	N ₁₅₀ +PK	20,1	5,1	337,1	85,0
Átlag		19,8	4,9	329,7	86,8
SzD _{5%} Tápanyagszint		1,0	0,4	5,5	1,7
SzD _{5%} Hibrid		0,9	0,2	5,1	1,7
SzD _{5%} Kölcsönhatás		1,6	0,3	8,8	2,9

5.3. A tápanyagellátás hatása a kukorica termésére

5.3.1. Az ökológiai tényezők és a tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek termésére

A kukorica termését az ökológiai (éghajlat, talaj), a biológiai (hibrid) és az agrotechnikai (tápanyagellátás, vetésidő, tőszám, vetésváltás, növényvédelem) tényezők hatása nagymértékben meghatározza. Ennek a három tényezőnek az együttes, pozitív jelenléte nélkülözhetetlen a hatékony kukorica-termesztéshez. Az eredményes termesztés egyik létfontosságú eleme a tápanyagellátás, amely csak akkor valósítható meg hatékony, gazdaságos és környezetkímélő módon, ha biztosítjuk valamennyi termesztéstechnikai elem szakszerűségét és harmóniáját (Nagy, 2005).

Vizsgálatunk során arra kerestük a választ, hogy a különböző évjáratokban az eltérő genotípusú kukorica hibridek hogyan reagálnak a különböző műtrágyaadagokra.

2012. tenyészév

A 2012. tenyészévben a vizsgált kukorica hibridek termése 10012-14972 kg ha⁻¹ között alakult (21. táblázat). A vizsgált hibridek közül a PR37M81 hibrid terméseredménye valamennyi tápanyagkezelésben elmaradt a többi vizsgált hibridétől (kontroll: 10012 kg ha⁻¹, N₃₀+PK: 11471 kg ha⁻¹, N₆₀+PK: 12517 kg ha⁻¹, N₉₀+PK: 13402 kg ha⁻¹, N₁₂₀+PK: 12760 kg ha⁻¹, N₁₅₀+PK: 12535 kg ha⁻¹). A kontroll kezeléshez képest a legnagyobb termésnövekedést az SY Afinity (39 %) hibrid mutatta, a PR37M81 34 %-os, a P9494 26 %-os, a PR37N01 22 %-os termésnövekedést ért el az N₉₀+PK tápanyagszinten. A legkisebb termésnövekmény a P9494 (10 %) hibridet jellemezte az N₃₀+PK trágyakezelésben. A PR37M81 hibrid átlagos terméseredményéhez (12116 kg ha⁻¹) viszonyítva szignifikánsan nagyobb termést mértünk a PR37N01 (13269 kg ha⁻¹), a P9494 (13276 kg ha⁻¹) és az SY Afinity (13281 kg ha⁻¹) hibrideknél.

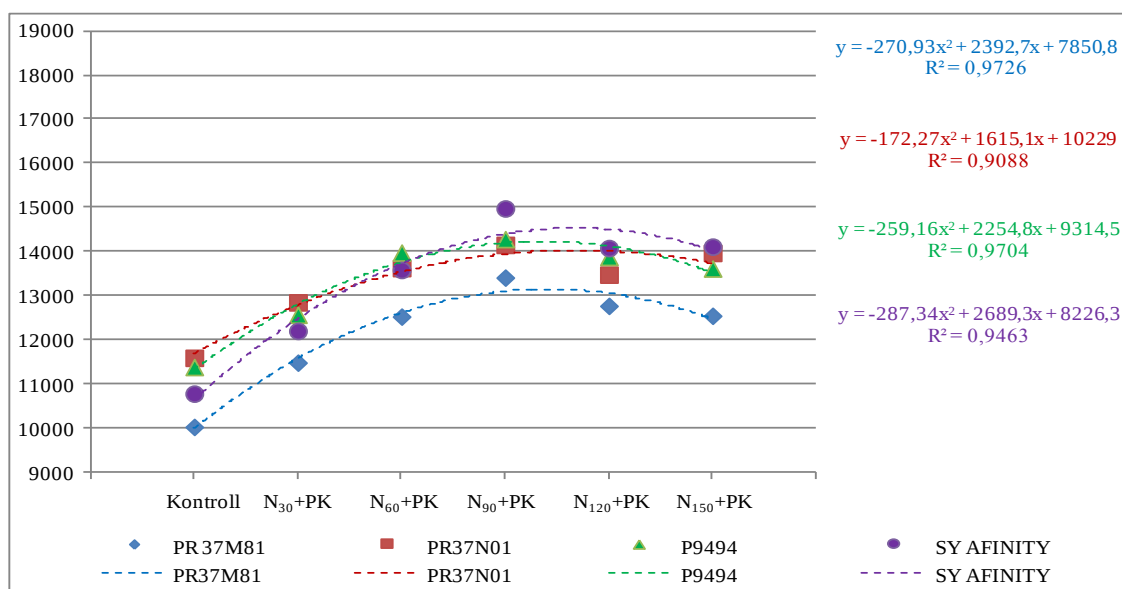
21. táblázat. A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (kg ha⁻¹)

(Debrecen, 2012)

Hibrid	PR37M81			PR37N01			P9494			SY AFINITY			
Tápanyagszint	Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Átlag kg ha ⁻¹
		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%	
Kontroll	10012	0	100	11581	0	100	11372	0	100	10768	0	100	3678
N ₃₀ +PK	11471	1459	115	12840	1259	111	12558	1186	110	12191	1423	113	5330
N ₆₀ +PK	12517	2505	125	13618	2037	118	13970	2598	123	13576	2808	126	6119
N ₉₀ +PK	13402	3390	134	14145	2564	122	14276	2904	126	14972	4204	139	6603
N ₁₂₀ +PK	12760	2748	127	13470	1889	116	13871	2499	122	14073	3305	131	6168
N ₁₅₀ +PK	12535	2523	125	13962	2381	121	13608	2236	120	14105	3337	131	6172
Átlag	12116	—	—	13269	—	—	13276	—	—	13281	—	—	—
Minimum	10012	—	—	11581	—	—	11372	—	—	10768	—	—	—
Maximum	13402	—	—	14045	—	—	14276	—	—	14972	—	—	—
SzD _{5%} Tápanyagszint	706												
SzD _{5%} Hibrid	632												
SzD _{5%} Kölcsönhatás	1548												

A legkisebb terméseredmények valamennyi hibrid esetében a trágyázatlan kezelést jellemezték (PR37M81: 10012 kg ha⁻¹, PR37N01: 11581 kg ha⁻¹, P9494: 11372 kg ha⁻¹, SY Afinity: 10768 kg ha⁻¹). Az eredményekből megállapítottuk, hogy a műtrágyázás szignifikánsan befolyásolta a terméseredményeket. A kontroll (10933 kg ha⁻¹), továbbá az N₃₀+PK (12265 kg ha⁻¹) trágyakezelésekben kapott terméseredmények szignifikánsan kisebbek voltak, mint a nagyobb dózisú tápanyagkezelésekben elért terméseredmények (N₆₀+PK: 13420 kg ha⁻¹, N₉₀+PK: 14199 kg ha⁻¹, N₁₂₀+PK: 13544 kg ha⁻¹, N₁₅₀+PK: 13553 kg ha⁻¹). A 2012. tenyésztésben a termés mennyiség szempontjából az N₉₀+PK trágyakezelés bizonyult optimálisnak, ugyanis a kísérletben részt vevő hibridek ezen a tápanyagszinten érték el a legnagyobb terméseredményt (PR37M81: 13402 kg ha⁻¹, PR37N01: 14145 kg ha⁻¹, P9494: 14276 kg ha⁻¹, SY Afinity: 14972 kg ha⁻¹) (21. táblázat).

Meghatároztuk a vizsgált kukorica hibridek műtrágya optimum intervallumát. A felső határértékét a trendfüggvény termésmaximumához tartozó műtrágyaadag jelentette, míg az alsó határértékét a pontosabb műtrágyadózis meghatározása érdekében úgy számítottuk ki, hogy a termésmaximum értékét az SZD_{5%}-os érték egy negyedével csökkentettük. A 2012. tenyésztésben a négy vizsgált kukorica hibrid közül a legjobb tápanyagreakciót az SY Afinity hibrid mutatta a trendfüggvény lefutása alapján (7. ábra).



7. ábra. A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel (Debrecen, 2012)

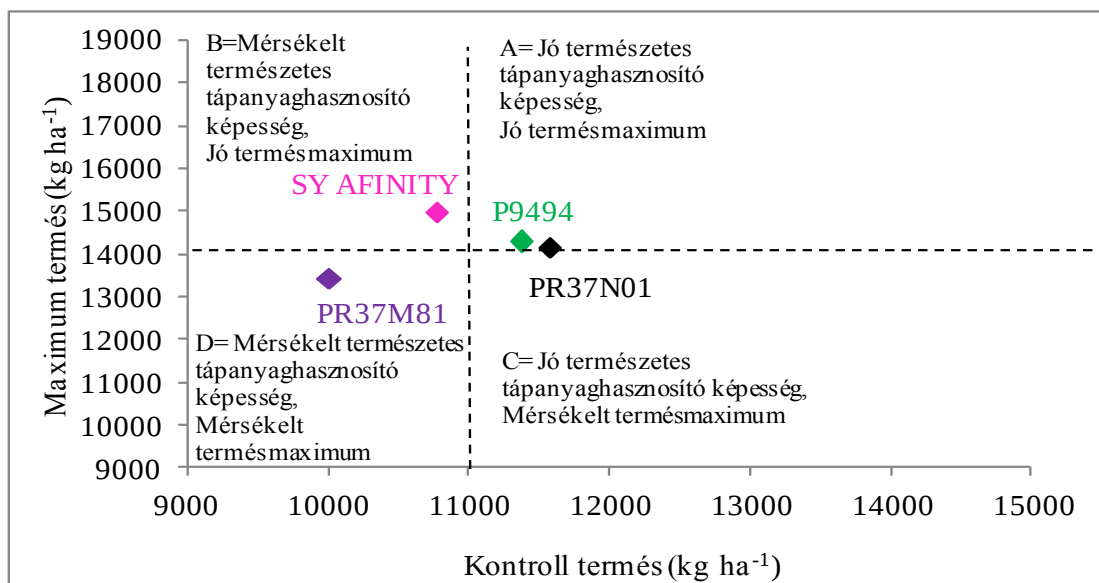
Az SY Afinity hibridnél a tápanyagoptimum az adott évben N: 87,0-111,0 kg, P₂O₅: 65,0-83,0 kg, K₂O: 77,0-98,0 kg között mozgott, amelyhez nagy termésmaximum társult (22. táblázat). Jó tápanyagreakcióval volt jellemezhető a PR37N01 hibrid, valamint a P9494 hibrid is, amelyeknek tápanyag optimum értéke hasonlóan alakult (PR37N01: N: 81,0-111,0 kg, P₂O₅: 61,0-83,0 kg, K₂O: 72,0-98,0 kg, P9494: N: 75,0-102,0 kg, P₂O₅: 56,0-77,0 kg, K₂O: 66,0-90,0 kg). A trendfüggvény illeszkedése alapján a kísérletben vizsgált mind a négy hibridnél (PR37M81: R²= 0,9726, PR37N01: R²= 0,9088, P9494: R²= 0,9704, SY Afinity: R²= 0,9463) szoros összefüggést tudtunk megállapítani a termés és a kijuttatott műtrágyaadagok között (7. ábra).

22. táblázat. A különböző genotípusú kukorica hibridek műtrágya optimum értékei (kg ha⁻¹) (Debrecen, 2012)

Hibrid	Tápelem (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
PR37M81	78,0-102,0	59,0-76,0	69,0-90,0
PR37N01	81,0-111,0	61,0-83,0	72,0-98,0
P9494	75,0-102,0	56,0-77,0	66,0-90,0
SY AFINITY	87,0-111,0	65,0-83,0	77,0-98,0

A vizsgált kukorica hibridek tápanyag reakciójának komplex értékelésére olyan grafikus módszert alkalmaztunk (8. ábra), amely lehetőséget nyújtott a kukorica hibridek természetes tápanyag hasznosító képességének (kontroll kezelésben kapott termés) és a műtrágyázás hatására kapott termésmaximumának (az N_{opt} +PK kezelésben kapott termés) az együttes értékelésére.

A kukorica hibridek közül a terméseredmények tekintetében jó természetes tápanyaghasznosító képességgel és jó trágyareakcióval rendelkezett a P9494 hibrid („A” csoport). Az SY Afinity hibrid ugyan az optimális trágyakezelésben a legnagyobb termést adta, azonban a trágyázatlan kezelésben viszonylag kisebb termést mértünk a hibridnél, így ez a kukorica hibrid mérsékelt tápanyaghasznosító képességgel és jó termésmaximummal bírt („B” csoport). A PR37N01 hibridet a jó természetes tápanyaghasznosító képesség és a mérsékelt termésmaximum jellemezte a 2012. tenyészévben („C” csoport). A legkisebb termést mind a kontroll kezelésben, mind az optimális tápanyagszinten a PR37M81 hibridnél tapasztaltuk, így ezt a hibridet mérsékelt természetes tápanyaghasznosító képességgel és mérsékelt termésmaximummal tudtuk jellemezni („D” csoport).



8. ábra. A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának komplex értékelése
(Debrecen, 2012)

Vizsgáltuk az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó terméstöbblet nagyságát, amelyet a 23. táblázat szemléltet. Azt állapítottuk meg, hogy a tápanyagkezelésektől függően a terméshozam a trágyázatlan kezeléshez képest 6,0-18,5 kg kg⁻¹ között változott. A PR37M81 (18,5 kg kg⁻¹) hibrid az N₃₀+PK trágyakezelésben, az SY Afinity hibrid pedig az összes többi műtrágyázási kezelésben érte el a legnagyobb terméshozamot (N₆₀+PK: 17,8 kg kg⁻¹, N₉₀+PK: 17,7 kg ha⁻¹, N₁₂₀+PK: 10,5 kg kg⁻¹, N₁₅₀+PK: 8,4 kg kg⁻¹). A tápanyagszintek esetében az egységnyi műtrágyamennyiségre jutó legnagyobb terméstöbbletet a P9494 hibrid kivételével (N₆₀+PK: 16,4 kg kg⁻¹) az N₃₀+PK tápanyagkezelésben tapasztaltuk (PR37N01: 18,5 kg kg⁻¹, PR37N01: 15,9 kg kg⁻¹, SY Afinity: 18,0 kg kg⁻¹).

23. táblázat. Az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó terméshozam a kontroll terméshez képest (kg ha⁻¹) (Debrecen, 2012)

Tápanyagszint	Hibrid			
	PR 37M81	PR37N01	P9494	SY AFINITY
N ₃₀ +PK	18,5	15,9	15,0	18,0
N ₆₀ +PK	15,9	12,9	16,4	17,8
N ₉₀ +PK	14,3	10,8	12,3	17,7
N ₁₂₀ +PK	8,7	6,0	7,9	10,5
N ₁₅₀ +PK	6,4	6,0	5,7	8,4

Alapjában véve a vízellátás nagymértékben meghatározza a trágyázás terméshozamot (Pepó, 2009), ezért kiszámítottuk a hibridek vízhasznosító

képességét, azaz megállapítottuk az 1 mm tenyészidőbeli csapadékra jutó termés nagyságát (24. táblázat). Ez az érték a kontroll és az optimális tápanyagkezeléstől függően 38,9-58,2 kg mm⁻¹ között alakult. Az 1 mm csapadékra jutó legrosszabb vízhasznosítást a PR37M81 hibridnél figyeltük meg (kontroll: 38,9 kg mm⁻¹, N_{opt}+PK: 52,1 kg mm⁻¹). Az egységnyi csapadékmennyiségre jutó termés tekintetében a PR37N01 (45,0 kg mm⁻¹) hibrid a trágyázatlan kezelésben, míg az SY Afinity (58,1 kg mm⁻¹) hibrid az optimális tápanyagszinten bizonyult a legjobbnak.

24. táblázat. A kukorica hibridek vízhasznosítása a kontroll és az optimális tápanyagszinten (kg mm⁻¹) (Debrecen, 2012)

Tápanyagszint	Hibrid			
	PR 37M81	PR37N01	P9494	SY AFINITY
Kontroll	38,9	45,0	44,2	41,9
NPK optimum	52,1	55,0	55,5	58,2
Különbség	13,2	10,0	11,3	16,3

2013. tenyészév

A 2013. tenyészévben a hibridektől és a tápanyagkezelésektől függően nagyobb terméseredményeket értünk el, mint a 2012. tenyészévben (9530-18619 kg ha⁻¹) (25. táblázat). Jelentős termésnövekedést tapasztaltunk a tápanyagellátás hatására, azonban a hibridek terméseredményei közötti különbség nem minden esetben volt statisztikailag igazolható. A kísérletben vizsgált kukorica hibridek közül a DKC4025 hibridnél mértük a vizsgált tápanyagszintek többségénél a legkisebb terméseredményt (kontroll: 9530 kg ha⁻¹, N₃₀+PK: 11011 kg ha⁻¹, N₉₀+PK: 12299 kg ha⁻¹, N₁₂₀+PK: 13514 kg ha⁻¹, N₁₅₀+PK: 12943 kg ha⁻¹).

A trágyázatlan kezeléshez képest a kisadagú műtrágyadózis hatására (N₃₀+PK) a vizsgált kukorica hibridek közül a legnagyobb termésnövekedést a P9578 (37 %) hibrid adta, de jelentős terméstöbbletet mértünk a PR37M81 (33 %) és az NK Lucius (28 %) hibrideknél is. Az alacsony tápanyag-ellátottságra kevésbé jól reagáltak a PR37N01 (10 %), az SY Afinity (14 %) és a DKC4410 (14 %) hibridek. A legnagyobb terméstöbbletet a PR37M81 (58 %) hibridnél kaptuk, de nagy termésnövekedést mutattak a P9494 (52 %), valamint a P9578 (47 %) és NK Lucius (47 %) hibridek is.

A legnagyobb termést minden tápanyagszint esetében az SY Afinity hibridnél kaptuk (kontroll: 14550 kg ha⁻¹, N₃₀+PK: 16570 kg ha⁻¹, N₆₀+PK: 16643 kg ha⁻¹, N₉₀+PK: 16736 kg ha⁻¹, N₁₂₀+PK: 18619 kg ha⁻¹, N₁₅₀+PK: 17718 kg ha⁻¹). A

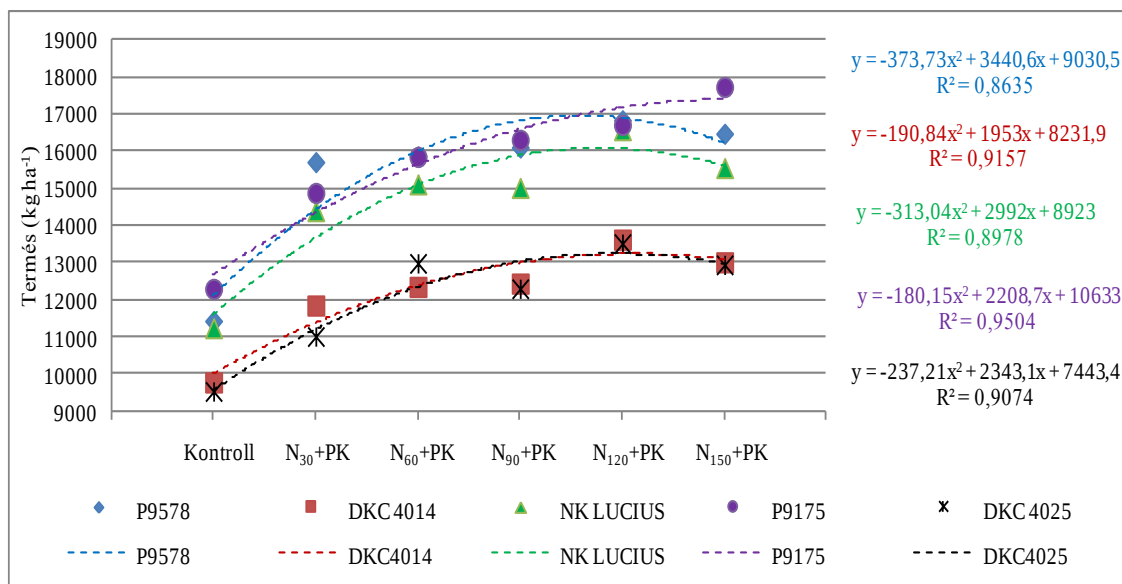
terméseredmények átlagában szignifikánsan nagyobb különbséget tudtunk megállapítani az SY Afinity hibrid termése (16806 kg ha^{-1}) és a vizsgált hibridek terméseredménye között (P9578: 15404 kg ha^{-1} , DKC4014: 12173 kg ha^{-1} , NK Lucius: 14647 kg ha^{-1} , P9175: 15631 kg ha^{-1} , DKC 4025: 12047 kg ha^{-1} , PR37M81: 14286 kg ha^{-1} , DKC4490: 13541 kg ha^{-1} , PR37N01: 16163 kg ha^{-1} , P9494: 14896 kg ha^{-1}).

A különböző tápanyag-kezelésekben a legkisebb terméseredményt a kontroll parcellákon mértük ($9530\text{-}14550 \text{ kg ha}^{-1}$), a növekvő műtrágyázás a trágyázatlan kezeléshez képest minden esetben statisztikailag igazolható módon befolyásolta a kukorica hibridek termését (kontroll: 11613 kg ha^{-1} , $N_{30}+PK$: 14130 kg ha^{-1} , $N_{60}+PK$: 14826 kg ha^{-1} , $N_{90}+PK$: 15081 kg ha^{-1} , $N_{120}+PK$: 16011 kg ha^{-1} , $N_{150}+PK$: 15694 kg ha^{-1}). Az alkalmazott tápanyagdózisok hatására elért terméseredmények között azonban már nem minden alkalommal találtunk statisztikailag igazolható különbséget. A maximális termést a hibridek többségénél az $N_{120}+PK$ tápanyagszinten tapasztaltuk (P9578: 16838 kg ha^{-1} , DKC4014: 13622 kg ha^{-1} , NK Lucius: 16572 kg ha^{-1} , DKC4025: 13514 kg ha^{-1} , DKC4490: 14789 kg ha^{-1} , PR37N01: 17476 kg ha^{-1} , P9494: 17172 kg ha^{-1} , SY Afinity: 18619 kg ha^{-1}), azonban a PR37M81 (16754 kg ha^{-1}) és P9175 (17736 kg ha^{-1}) hibrideknél a termésmaximumot az $N_{150}+PK$ trágyakezelésben állapítottuk meg.

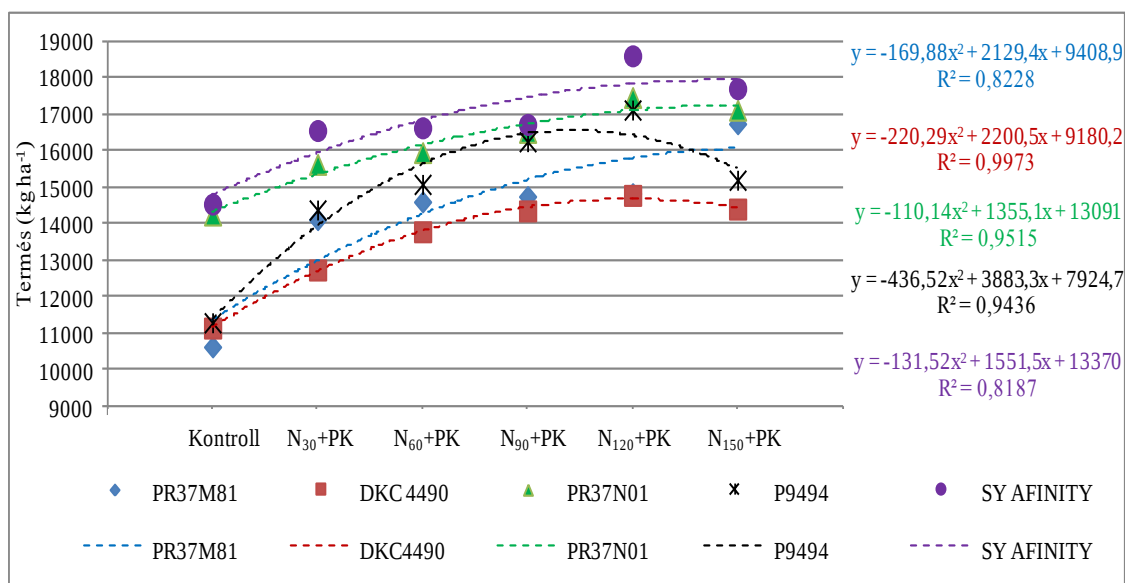
25. táblázat. A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (kg ha⁻¹)
(Debrecen, 2013)

Hibrid	P9578			DKC 4014			NK LUCIUS			P9175			DKC 4025		
Tápanyagszint	Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés	
		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%
Kontroll	11428	0	100	9774	0	100	11237	0	100	12295	0	100	9530	0	100
N ₃₀ +PK	15710	4282	137	11846	2072	121	14392	3155	128	14880	2586	121	11011	1481	116
N ₆₀ +PK	15869	4441	139	12349	2575	126	15112	3875	134	15851	3557	129	12982	3452	136
N ₉₀ +PK	16105	4677	141	12437	2663	127	15017	3780	134	16311	4017	133	12299	2769	129
N ₁₂₀ +PK	16838	5410	147	13622	3848	139	16572	5335	147	16713	4419	136	13514	3984	142
N ₁₅₀ +PK	16475	5047	144	13011	3237	133	15553	4316	138	17736	5442	144	12943	3413	136
Átlag	15404	—	—	12173	—	—	14647	—	—	15631	—	—	12047	—	—
Minimum	11428	—	—	9774	—	—	11237	—	—	12295	—	—	9530	—	—
Maximum	16838	—	—	13622	—	—	16572	—	—	17736	—	—	13514	—	—
Hibrid	PR37M81			DKC 4490			PR37N01			P9494			SY AFINITY		
Tápanyagszint	Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés	
		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%
Kontroll	10630	0	100	11148	0	100	14250	0	100	11293	0	100	14550	0	100
N ₃₀ +PK	14123	3493	133	12741	1593	114	15641	1391	110	14388	3095	127	16570	2020	114
N ₆₀ +PK	14611	3981	137	13790	2642	124	15965	1715	112	15092	3799	134	16643	2093	114
N ₉₀ +PK	14757	4127	139	14364	3216	129	16519	2269	116	16263	4970	144	16736	2186	115
N ₁₂₀ +PK	14838	4208	140	14789	3641	133	17476	3226	123	17132	5839	152	18619	4069	128
N ₁₅₀ +PK	16754	6124	158	14414	3266	129	17127	2877	120	15206	3913	135	17718	3168	122
Átlag	14286	—	—	13541	—	—	16163	—	—	14896	—	—	16806	—	—
Minimum	10630	—	—	11148	—	—	14250	—	—	11293	—	—	14550	—	—
Maximum	16754	—	—	14789	—	—	17476	—	—	17132	—	—	18619	—	—
SzD _{5%} Tápanyagszint	896														
SzD _{5%} Hibrid	557														
SzD _{5%} Kölcsönhatás	1363														

A 2013. tenyészévben a regresszióanalízis alapján (9., 10. ábrák) a hibridek tápanyag reakcióját tudtuk meghatározni. A vizsgált kukorica hibridek közül a legjobb tápanyagreakcióval az SY Afinity hibrid rendelkezett. Tápanyagoptimum értéke az adott tenyészévben N: 81,0-102,0 kg, P₂O₅: 61,0-77,0 kg, K₂O: 72-90,0 kg volt (26. táblázat).



9. ábra. A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel I. (Debrecen, 2013)



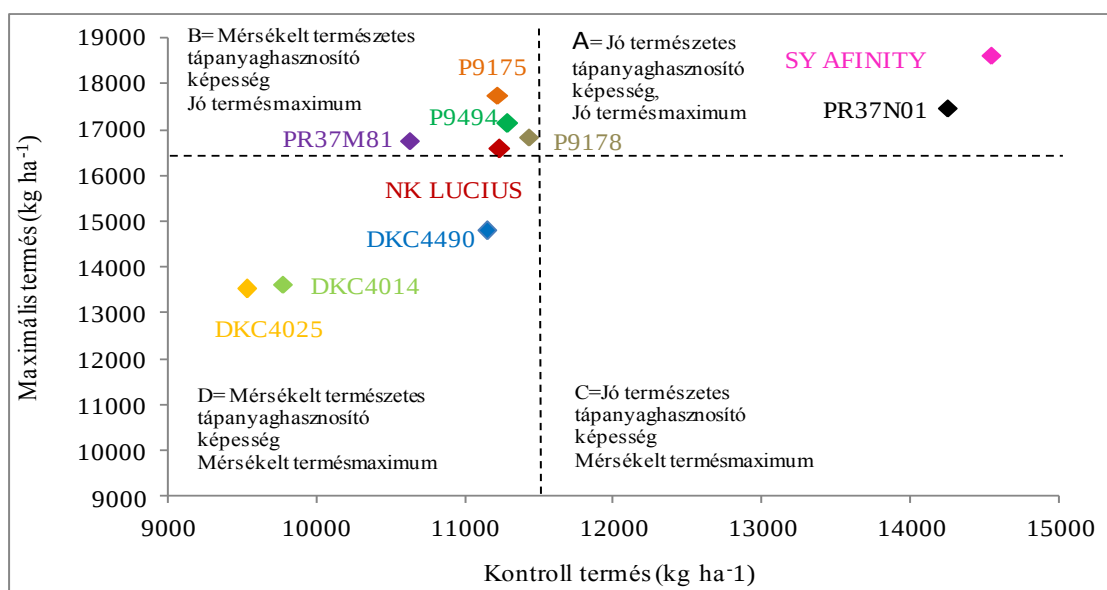
10. ábra. A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel II. (Debrecen, 2013)

A trendfüggvény lefutása alapján jó tápanyagreakcióval és nagyobb tápanyagoptimummal volt jellemezhető a P9578 (tápanyagoptimum: N: 84,0-108,0 kg, P₂O₅: 63,0-81,0 kg, K₂O: 74,0-95,0 kg) a P9175 (tápanyagoptimum: N: 120,0-150,0 kg, P₂O₅: 90,0-112,5 kg, K₂O: 106,0-132,5 kg) és a PR37N01 (tápanyagoptimum: N: 111,0-150,0 kg, P₂O₅: 83,0-112,5 kg, K₂O: 98,0-132,5 kg) hibrid is. Ezek a hibridek már a trágyázatlan kezelésben is jelentős terméskülönbséget mutattak a gyengébb tápanyagreakcióval, hasonló tápanyagoptimummal rendelkező hibridekhez képest (DKC4014, DKC4025, DKC4490). A trendfüggvény illeszkedése szerint szoros összefüggést állapítottunk meg minden vizsgált kukorica hibridnél, a termés nagysága és a kijuttatott műtrágyadózisok között ($R^2=0,8187-0,9973$) (9-10. ábrák, 26. táblázat).

26. táblázat. A különböző genotípusú kukorica hibridek műtrágya optimum értékei (kg ha⁻¹) (Debrecen, 2013)

Hibrid	Tápelem (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
P9578	84,0-108,0	63,0-81,0	74,0-95,0
DKC4014	90,0-123,0	68,0-92,0	80,0-109,0
NK LUCIUS	87,0-114,0	65,0-86,0	77,0-101,0
P9175	120,0-150,0	90,0-112,5	106,0-132,5
DKC4025	96,0-117,0	68,0-88,0	80,0-103,0
PR37M81	123,0-150,0	92,0-112,5	109,0-132,5
DKC4490	90,0-120,0	68,0-90,0	80,0-106,0
PR37N01	111,0-150,0	83,0-112,5	98,0-132,5
P9494	108,0-147,0	81,0-110,0	95,0-132,5
SY AFINITY	81,0-102,0	61,0-77,0	72,0-90,0

A tápanyagreakció komplex értékelése során a trágyázatlan kezelésben mért termés és a maximális termés függvényében négy típus szerint csoportosítottuk a kukorica hibrideket (11. ábra). A 2013. évben jó természetes tápanyaghasznosító képességgel és jó termésmaximummal rendelkezett a PR37N01 és az SY Afinity hibrid („A” csoport). A vizsgált kukorica hibridek többsége a „B” csoportba tartozott, azaz mérsékelt természetes tápanyaghasznosító képességgel és jó termésmaximummal bírt (NK Lucius, PR37M81, P9578, P9494, P9175). A „C” csoportba a terméseredmények függvényében egyik kukorica hibridet sem tudtuk besorolni. A DKC4025, a DKC4014 és a DKC4490 hibrideknél mérsékelt természetes tápanyaghasznosító képességgel és mérsékelt termésmaximummal voltak jellemezhetőek („D” csoport).



11. ábra. A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának komplex értékelése
(Debrecen, 2013)

Az eltérő genotípusú fajtáknak különbözőek az agronómiai és a növényfiziológiai tulajdonságaik és ezeknek a különbségeknek az eredményeként más-más lesz a trágyareakciójuk is (Pepó 2001a). A 2013. tenyésztésben az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés tápanyagkezeléstől függően 7,3-54,2 kg kg⁻¹ között alakult. A P9578 hibridnél tapasztaltuk a legnagyobb termésnövekedést (54,2 kg kg⁻¹). Az egységnyi műtrágya hatóanyagra jutó legkisebb termést a PR37N01 hibrid esetében mértük a tápanyagkezelések többségében (kivéve: N₉₀+PK: 9,6 kg kg⁻¹). A kukorica hibridek a DKC4490 hibrid (N₆₀+PK: 21,8 kg kg⁻¹) kivételével az N₃₀+PK tápanyagkezelésben adták az egységnyi műtrágya hatóanyagra jutó legnagyobb termésnövekedést (P9578: 54,2 kg kg⁻¹, DKC4014: 26,2 kg kg⁻¹, NK Lucius: 39,9 kg kg⁻¹, P9175: 32,7 kg kg⁻¹, PR37M81: 44,2 kg kg⁻¹, DKC4490: 20,2 kg kg⁻¹, PR37N01: 17,6 kg kg⁻¹, P9494: 39,2 kg kg⁻¹, SY Afinity: 25,6 kg kg⁻¹). Az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés – néhány kivételtől eltekintve – a növekvő tápanyagdózisok esetén csökkenő tendenciát mutatott (27. táblázat).

A 2013. évben a PR37M81 (44,2 kg kg⁻¹), a P9494 (39,2 kg kg⁻¹) és az SY Afinity hibrid (25,6 kg kg⁻¹) az N₃₀+PK tápanyagszinten a kontrollhoz viszonyítva jelentősen nagyobb terméstöbbletet ért el, mint a 2012. évben.

27. táblázat. Az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagára jutó termésnövekedés a kontroll terméshez képest (kg kg⁻¹) (Debrecen, 2013)

Tápanyagszint	Hibrid									
	P9578	DKC 4014	NK LUCIUS	P9175	DKC 4025	PR37M81	DKC 4490	PR37N01	P9494	SY AFINITY
N ₃₀ +PK	54,2	26,2	39,9	32,7	18,7	44,2	20,2	17,6	39,2	25,6
N ₆₀ +PK	28,1	16,3	24,5	22,5	21,8	25,2	16,7	10,9	24,0	13,2
N ₉₀ +PK	19,7	11,2	15,9	16,9	11,7	17,4	13,6	9,6	21,0	9,2
N ₁₂₀ +PK	17,1	12,2	16,9	14,0	12,6	13,3	11,5	10,2	18,5	12,9
N ₁₅₀ +PK	12,8	8,2	10,9	13,8	8,6	15,5	8,3	7,3	9,9	8,0

Az 1 mm csapadékra jutó termés a két kiválasztott tápanyagszint (kontroll és Nopt+PK) tekintetében 39,2-76,7 kg mm⁻¹ között alakult (28. táblázat). A legjobb vízhasznosítást az SY Afinity (kontroll: 59,9 kg mm⁻¹, NPK optimum: 76,7 kg mm⁻¹) hibridnél, a legrosszabb vízhasznosítást pedig a DKC4025 (kontroll: 39,2 kg mm⁻¹, NPK optimum: 55,6 kg mm⁻¹) hibridnél figyeltük meg. A vizsgált kukorica hibridek a 2013. tenyészévben az egységnyi csapadékra jutó termés tekintetében meghaladták a 2012. évben mért értékeket mind a kontroll, mind az optimális tápanyagkezelésben (PR37M81: kontroll: 43,8 kg mm⁻¹, NPK optimum: 69,1 kg mm⁻¹, PR37N01: kontroll: 58,7 kg mm⁻¹, NPK optimum: 71,9 kg mm⁻¹, P9494: kontroll: 46,5 kg mm⁻¹, NPK optimum: 70,5 kg mm⁻¹, SY Afinity: kontroll: 59,9 kg mm⁻¹, NPK optimum: 76,7 kg mm⁻¹).

28. táblázat. A kukorica hibridek vízhasznosítása a kontroll és az optimális tápanyagszinten (kg mm⁻¹) (Debrecen, 2013)

Hibrid	P9578	DKC 4014	NK LUCIUS	P9175	DKC 4025	PR37M81	DKC 4490	PR37N01	P9494	SY AFINITY
Kontroll	47,0	40,2	46,3	50,6	39,2	43,8	45,9	58,7	46,5	59,9
NPK Optimum	69,3	56,1	68,2	73,0	55,6	69,0	60,9	71,9	70,5	76,7
Különbség	22,3	15,8	22,0	22,4	16,4	25,2	15,0	13,3	24,0	16,8

2014. tenyészév

A 2014. tenyészévben a kukorica hibridek termése tápanyagkezeléstől függően 9746-15189 kg ha⁻¹ között alakult (29. táblázat). A tápanyagellátás hatására jelentős termésnövekedést tudtunk megfigyelni.

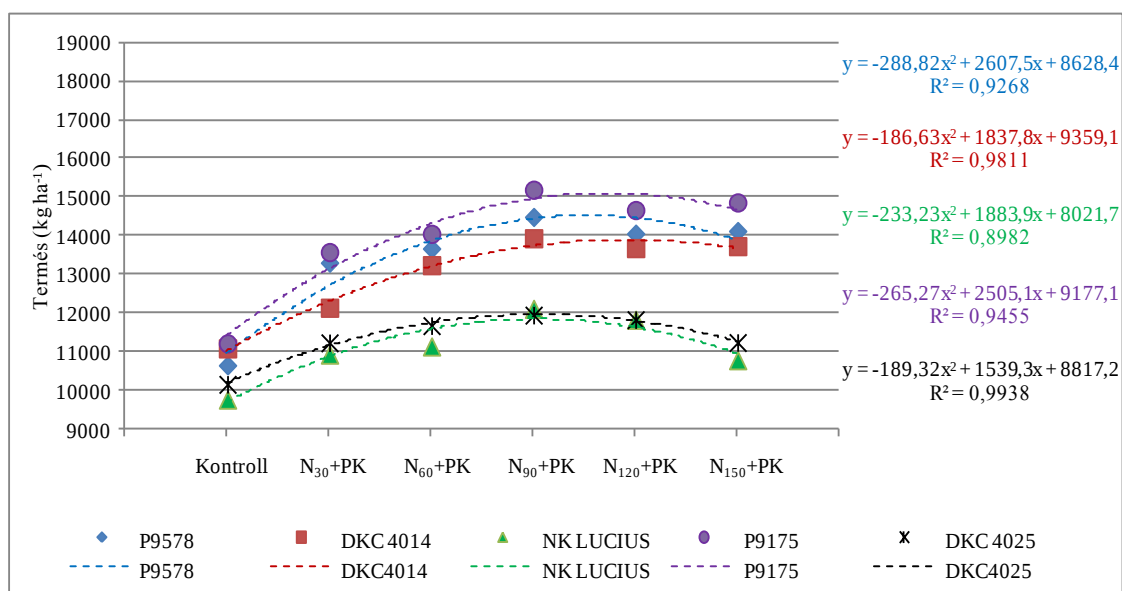
A kontroll kezeléshez képest a legkisebb tápanyagdózis hatására a kukorica genotípusok közül jól reagáltak a P9578 (25 %), a P9494 (24 %) és a P9175 (21 %) hibridek, ugyanis ezeknél a genotípusoknál kaptuk a legnagyobb termésnövekményt az említett kezelésben. A mérsékelt műtrágyázásra kevésbé jól reagáltak a DKC4490 (8 %), a DKC4014 (10 %) és a DKC4025 (11 %) hibridek, ugyanis a legkisebb terméstöbbletet ezek a hibridek adták az $N_{30}+PK$ tápanyagszinten. A legnagyobb termésnövekményt a P9578 (36 %), a P9175 (36 %) és a P9494 (36 %) hibrideknél mértük az $N_{90-120}+PK$ tápanyagkezelésekben. A vizsgált kukorica hibridek közül az NK Lucius (kontroll: 9746 kg ha^{-1} , $N_{30}+PK$: 10913 kg ha^{-1} , $N_{60}+PK$: 11124 kg ha^{-1} , $N_{120}+PK$: 11817 kg ha^{-1} , $N_{150}+PK$: 10767 kg ha^{-1}) és a DKC4025 ($N_{90}+PK$: 11936 kg ha^{-1}) hibrideknél mértük a legkisebb terméseredményt. A P9175 hibridnél négy tápanyagszinten tudtuk megfigyelni a legnagyobb termést a többi hibrid terméséhez képest ($N_{30}+PK$: 13572 kg ha^{-1} , $N_{60}+PK$: 14045 kg ha^{-1} , $N_{90}+PK$: 15189 kg ha^{-1} , $N_{150}+PK$: 14859 kg ha^{-1}). A legkisebb termést (10141 kg ha^{-1}) a DKC4025 hibridnél a trágyázatlan kezelésben, míg a maximális termést (15189 kg ha^{-1}) a P9175 hibridnél az $N_{90}+PK$ trágyakezelésben érték el. A hibridek terméseredményei között nem minden esetben volt statisztikailag igazolható különbség.

A trágyázatlan kezelésben mértük a legkisebb terméseredményeket (P9578: 10634 kg ha^{-1} , DKC4014: 11074 kg ha^{-1} , NK Lucius: 9746 kg ha^{-1} , P9175: 11204 kg ha^{-1} , DKC4025: 10141 kg ha^{-1} , PR37M81: 10434 kg ha^{-1} , DKC4490: 11584 kg ha^{-1} , PR37N01: 11289 kg ha^{-1} , P9494: 10218 kg ha^{-1} , SY Afinity: 11355 kg ha^{-1}). A műtrágyázás hatására a kukorica hibridek jelentős termésnövekedéssel reagáltak. Az optimális tápanyagszint tekintetében a hibrideket két csoportba tudtuk sorolni. A P9578 (14483 kg ha^{-1}), a DKC4014 (13930 kg ha^{-1}), az NK Lucius (12100 kg ha^{-1}), a P9175 (15189 kg ha^{-1}) és a DKC4025 (11936 kg ha^{-1}) hibridek az $N_{90}+PK$ tápanyagkezelésben, míg a PR37M81 (13247 kg ha^{-1}), a DKC4490 (13842 kg ha^{-1}), a PR37N01 (14596 kg ha^{-1}), a P9494 (13858 kg ha^{-1}) és az SY Afinity (14736 kg ha^{-1}) hibridek az $N_{120}+PK$ trágyakezelésben érték el a maximális termést. Az optimális tápanyagkezelésekben ($N_{90}+PK$: 13521 kg ha^{-1} , $N_{120}+PK$: 13630 kg ha^{-1}) kapott terméseredmények szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a többi tápanyagszinten mért termés (kontroll: 10768 kg ha^{-1} , $N_{30}+PK$: 12493 kg ha^{-1} , $N_{60}+PK$: 12841 kg ha^{-1} , $N_{150}+PK$: 12959 kg ha^{-1}).

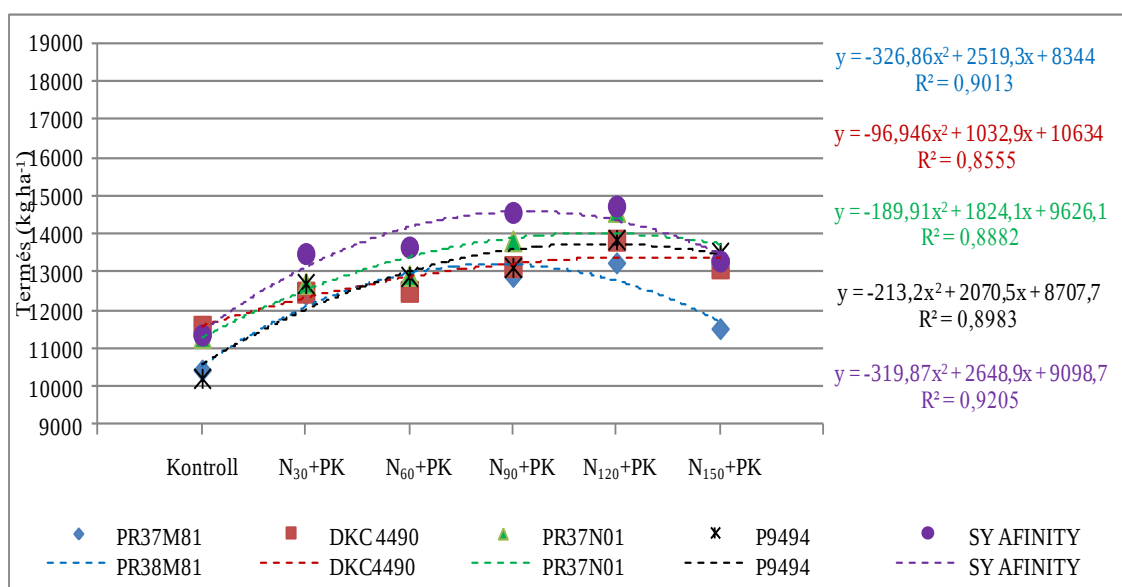
29. táblázat. A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (kg ha⁻¹)
(Debrecen, 2014)

Hibrid	P9578			DKC4014			NK LUCIUS			P9175			DKC4025		
Tápanyagszint	Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés	
		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%
Kontroll	10634	0	100	11074	0	100	9746	0	100	11204	0	100	10141	0	100
N ₃₀ +PK	13296	2662	125	12128	1054	110	10913	1167	112	13572	2368	121	11218	1077	111
N ₆₀ +PK	13664	3030	128	13232	2158	119	11124	1378	114	14045	2841	125	11663	1522	115
N ₉₀ +PK	14483	3849	136	13930	2856	126	12100	2354	124	15189	3985	136	11936	1795	118
N ₁₂₀ +PK	14050	3416	132	13675	2601	123	11817	2071	121	14662	3458	131	11818	1677	117
N ₁₅₀ +PK	14118	3484	133	13726	2652	124	10767	1021	110	14859	3655	133	11225	1084	111
Átlag	13374	—	—	12961	—	—	11078	—	—	13922	—	—	11334	—	—
Minimum	10634	—	—	11074	—	—	9746	—	—	11204	—	—	10141	—	—
Maximum	14483	—	—	13930	—	—	12100	—	—	15189	—	—	11936	—	—
Hibrid	PR37M81			DKC4490			PR37N01			P9494			SY AFINITY		
Tápanyagszint	Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés		Termés kg ha ⁻¹	Kontrollhoz viszonyított termés	
		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%
Kontroll	10434	0	100	11584	0	100	11289	0	100	10218	0	100	11355	0	100
N ₃₀ +PK	12420	1986	119	12479	895	108	12712	1423	113	12703	2485	124	13491	2136	119
N ₆₀ +PK	12712	2278	122	12501	917	108	12918	1629	114	12892	2674	126	13663	2308	120
N ₉₀ +PK	12891	2457	124	13151	1567	114	13825	2536	122	13130	2912	128	14571	3216	128
N ₁₂₀ +PK	13247	2813	127	13842	2258	119	14596	3307	129	13858	3640	136	14736	3381	130
N ₁₅₀ +PK	11521	1087	110	13116	1532	113	13440	2151	119	13524	3306	132	13295	1940	117
Átlag	12204	—	—	12779	—	—	13130	—	—	12721	—	—	13519	—	—
Minimum	10434	—	—	11584	—	—	11289	—	—	10218	—	—	11355	—	—
Maximum	13247	—	—	13842	—	—	14596	—	—	13858	—	—	14736	—	—
SzD _{5%} Tápanyagszint	536														
SzD _{5%} Hibrid	601														
SzD _{5%} Kölcsönhatás	1472														

A kukorica hibridek tápanyag reakcióját regresszió-analízissel vizsgálva a 2014. évben megállapítottuk (12-13. ábrák), hogy a legjobb tápanyag reakcióval bíró fajta a P9175 volt, amelynek a tápanyagoptimuma a 2014. évben N: 123,0-150,0 kg ha⁻¹ P₂O₅: 92,0-112,5 kg ha⁻¹, K₂O: 108,0-132,5 kg ha⁻¹ között változott (30. táblázat).



12. ábra. A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel I. (Debrecen, 2014)



13. ábra. A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel II. (Debrecen, 2014)

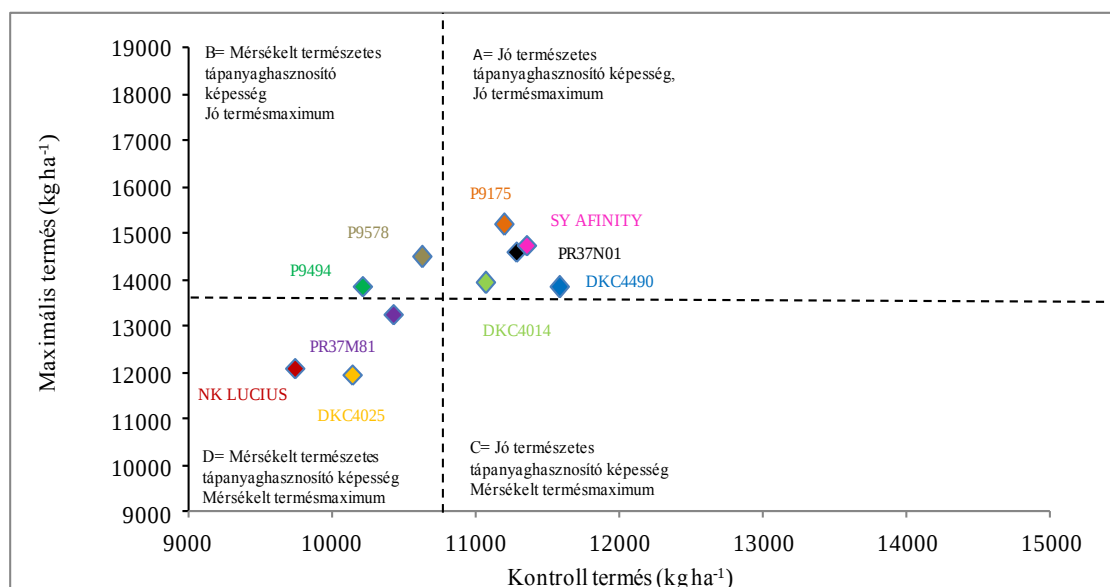
Jó tápanyag reakcióval és kisebb tápanyagoptimummal rendelkezett a P9578 (N: 84,0-105,0 kg ha⁻¹, P₂O₅: 63,0-79,0 kg ha⁻¹, K₂O: 74,0-93,0 kg ha⁻¹) és az SY Afinity

(N:96,0-123,0 kg ha⁻¹, P₂O₅: 72,0-92,0 kg ha⁻¹, K₂O: 85,0-109,0 kg ha⁻¹) hibrid. Ezekhez a hibridekhez képest gyengébb tápanyagreakció jellemezte az NK Lucius, a DKC4025 és a PR37M81 hibrideket. A 2012. és 2013. évekhez hasonlóan szoros kapcsolatot találtunk a kijuttatott műtrágya mennyisége és a termés mennyiségek között ($R^2=0,8555-0,9938$) (12-13. ábrák, 30. táblázat).

30. táblázat. A különböző genotípusú kukorica hibridek műtrágya optimum értékei (kg ha⁻¹) (Debrecen, 2014)

Hibrid	Tápelem (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
P9578	84,0-105,0	63,0-79,0	74,0-93,0
DKC 4014	129,0-150,0	97,0-112,5	114,0-132,5
NK LUCIUS	87,0-117,0	65,0-88,0	77,0-103,0
P9175	123,0-150,0	92,0-112,5	108,0-132,5
DKC 4025	87,0-120,0	65,0-90,0	77,0-106,0
PR37M81	84,0-108,0	63,0-81,0	74,0-95,0
DKC 4490	129,0-150,0	97,0-112,5	114,0-132,5
PR37N01	126,0-150,0	95,0-112,5	111,0-132,5
P9494	123,0-150,0	92,0-112,5	109,0-132,5
SY AFINITY	96,0-123,0	72,0-92,0	85,0-109,0

A tápanyagreakció komplex értékelése során a trágyázatlan kezelésben mért termés és a maximális termés függvényében négy típust állapítottunk meg, amelyből háromba tudtuk besorolni a kísérletben alkalmazott kukorica hibrideket (14. ábra).



14. ábra. A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának komplex értékelése (Debrecen, 2014)

A hibridek többsége a 2014. év terméseredményei alapján az „A” csoportba tartozott, azaz jó természetes tápanyaghasznosító képességgel és jó termésmaximummal volt leírható (DKC4014, DKC4490, PR30N01, SY Afinity, P9175). A „B” csoportba a P9494 és a P9578 hibridek tartoztak. Ezeknek a hibrideknek mérsékelt volt a természetes tápanyaghasznosító képessége, azonban az optimális tápanyagszinten jó termésmaximumot értek el. Mérsékelt természetes tápanyaghasznosító képesség és mérsékelt termésmaximum jellemezte a „D” csoport hibridjeit. Ide tartoztak a DKC4025, az NK Lucius és a PR37M81 hibridek (14. ábra).

2014-ben a kontroll kezeléshez viszonyított egységnyi műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés 2,6-33,7 kg kg⁻¹ között változott a tápanyagkezelésektől függően (31. táblázat). A legnagyobb termésnövekményt a P9578 (33,7 kg kg⁻¹) hibrid esetében, a legkisebb termésnövekményt pedig az NK Lucius (2,6 kg kg⁻¹) hibridnél tapasztaltuk. A vizsgált kukorica állományok az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó legnagyobb terméstöbbletet a DKC4014 (N₆₀+PK: 13,7 kg kg⁻¹) hibrid kivételével az N₃₀+PK tápanyagszinten adták (P9578: 33,7 kg kg⁻¹, NK Lucius: 14,8 kg kg⁻¹, P9175: 30,0 kg kg⁻¹, DKC4025: 13,6 kg kg⁻¹, PR37M81: 13,6 kg kg⁻¹, DKC4490: 11,3 kg kg⁻¹, PR37N01: 18,0 kg kg⁻¹, P9494: 31,5 kg kg⁻¹, SY Afinity: 27,0 kg kg⁻¹).

31. táblázat. Az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés a kontroll terméshez képest (kg kg⁻¹) (Debrecen, 2014)

Hibrid	P9578	DKC 4014	NK LUCIUS	P9175	DKC 4025	PR37M81	DKC 4490	PR37N01	P9494	SY AFINITY
N ₃₀ +PK	33,7	13,3	14,8	30,0	13,6	25,1	11,3	18,0	31,5	27,0
N ₆₀ +PK	19,2	13,7	8,7	18,0	9,6	14,4	5,8	10,3	16,9	14,6
N ₉₀ +PK	16,2	12,1	9,9	16,8	7,6	10,4	6,6	10,7	12,3	13,6
N ₁₂₀ +PK	10,8	8,2	6,6	10,9	5,3	8,9	7,1	10,5	11,5	10,7
N ₁₅₀ +PK	8,8	6,7	2,6	9,3	2,7	2,8	3,9	5,4	8,4	4,9

Az egységnyi csapadékmennyiségre jutó termés 28,2-44,0 kg mm⁻¹ között alakult a két vizsgált tápanyagszinttől (kontroll, N_{opt}+PK) függően (32. táblázat). A kontroll kezelésben az 1 mm csapadékra jutó termés 28,2-33,6 kg mm⁻¹ között alakult. Ezzel szemben az optimális tápanyagszinten kedvezőbb volt (35,1-44,0 kg mm⁻¹) a hibridek vízhasznosítása. A trágyázatlan kezelésben a DKC4490 hibrid (33,6 kg mm⁻¹), míg az optimális tápanyagszinten a P9175 hibrid (44,0 kg mm⁻¹) vízhasznosítása bizonyult a leghatékonyabbnak. A legrosszabb vízhasznosítást az NK Lucius hibridnél tapasztaltuk

mindkét tápanyagszinten (kontroll: 28,2 kg mm⁻¹, NPK optimum: 35,1 kg mm⁻¹). A kontroll kezeléshez viszonyítva az optimális tápanyagszinten elért 1 mm csapadékra vonatkoztatott termés a P9175 hibridnél (11,5 kg mm⁻¹) mutatta a legnagyobb eltérést.

32. táblázat. A kukorica hibridek vízhasznosítása a kontroll és az optimális tápanyagszinten (kg mm⁻¹) (Debrecen, 2014)

Hibrid	P9578	DKC 4014	NK LUCIUS	P9175	DKC 4025	PR37M81	DKC 4490	PR37N01	P9494	SY AFINITY
Kontroll	30,8	32,1	28,2	32,5	29,4	30,2	33,6	32,7	29,6	32,9
NPK Optimum	42,0	40,4	35,1	44,0	34,6	38,4	40,1	42,3	40,2	42,7
Különbség	11,2	8,3	6,8	11,5	5,2	8,2	6,5	9,6	10,5	9,8

5.3.2. Tápanyagfelvétel

A 2013. és 2014. tenyészévekben a P9494 és SY Afinity hibrideknél növénymintát vettünk. A szemminták és a növényminták NPK tartalmát az akkreditált Agrár Műszerközpontban állapították meg. Az NPK tartalom, a terméseredmények és a növényminták szárított tömegének ismeretében meghatározásra került a növény által a talajból kivont tápelemek mennyisége, illetve a tápelemek hasznosulása. A hasznosulási együttható nem a műtrágyázás hatását jellemzi, hanem azt mutatja meg, hogy a terméssel kivont tápanyagból mennyi származik a felhasznált műtrágya hatóanyagából. Eredményeink részben igazolták *Debreczeni* (1979) eredményeit, aki szerint 100 kg műtrágya hatóanyagból 15-80 kg hasznosul (40-80 kg N, 15-35 kg P₂O₅, 40-70 kg K₂O), tehát ennyit vesz fel a növény. Az SY Afinity hibrid mindkét évben több tápelemet vont ki a talajból, mint a P9494 kukorica hibrid. 2013-ban a tápanyagkezelések átlagában ez 33,7 kg-mal több nitrogént, 15,4 kg-mal több foszfort, és 20,4 kg-mal több káliumot jelentett. A 2014. tenyészévben 22,0 kg-mal több nitrogén, 5,1 kg-mal több foszfor és 4,9 kg-mal több kálium felvételt tapasztaltunk az SY Afinity hibrid esetében.

Az SY Afinity hibrid a vizsgálati periódusban nitrogénből (többlet: 2013: 33,0 kg ha⁻¹, 2014: 28,4 kg ha⁻¹), foszforból (többlet: 2013: 11,0 kg ha⁻¹, 2014: 8,4 kg ha⁻¹) és káliumból (többlet: 2013: 20,6 kg ha⁻¹, 2014: 11,1 kg ha⁻¹) is többet hasznosított műtrágyázatlan körülmények között, mint a P9494 hibrid. Ezek az eredmények azt bizonyították, hogy az SY Afinity hibrid a talaj tápanyagkészletét jobban hasznosította, mint a P9494 hibrid. A 2013. tenyészévben mindkét kukorica hibrid több tápelemet hasznosított a rendelkezésre álló tápanyagkészletből (N: 122,7-155,7 kg ha⁻¹, P₂O₅: 32,9-

43,9 kg ha⁻¹, K₂O: 77,2-97,8 kg ha⁻¹), mint 2014-ben (N: 107,4-135,8 kg ha⁻¹, P₂O₅: 28,2-36,6 kg ha⁻¹, K₂O: 40,7-51,8 kg ha⁻¹).

Vizsgálatunk során a két kukorica hibridnél a műtrágyázás hasznosulási értékét az évjárat befolyásolta. Ebből adódóan az SY Afinity hibridnél a hasznosulási érték a 2013. évben minden esetben kedvezőbb volt (N: 71,4-84,6 %, P₂O₅: 26,7-34,3 %, K₂O: 42,3-47,4 %), mint a 2014. tenyészévben (N: 52,1-62,2 %, P₂O₅: 7,4-12,9 %, K₂O: 18,7-24,1 %).

Megállapítottuk, hogy a NPK tápelemek az N₉₀+PK tápanyagkezelésben jobban hasznosultak mindkét vizsgált évben, mint az N₁₅₀+PK tápanyagszinten, tehát a műtrágyadózis növelésével csökkent a hasznosulási érték, illetve ennek következményeként csökkent a műtrágyázás hatékonysága is (33. táblázat).

33. táblázat. A P9494 és az SY Afinity hibridek tápanyagfelvétele
(Debrecen, 2013-2014)

Év	Hibrid	Tápanyagszint	Kivont tápelem (kg ha ⁻¹)			Hatékonyság %		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2013	P9494	Kontroll	122,7	32,9	77,2	—	—	—
		N ₉₀ +PK	188,5	56,4	120,9	73,1	26,2	48,5
		N ₁₅₀ +PK	195,0	51,3	115,1	48,1	12,3	25,3
		Átlag	168,7	46,9	104,4	—	—	—
	SY Afinity	Kontroll	155,7	43,9	97,8	—	—	—
		N ₉₀ +PK	231,8	74,8	140,5	84,6	34,3	47,4
		N ₁₅₀ +PK	219,9	68,0	135,9	71,4	26,7	42,3
		Átlag	202,5	62,2	124,7	—	—	—
2014	P9494	Kontroll	107,4	28,2	40,7	—	—	—
		N ₉₀ +PK	179,5	40,9	70,4	80,1	14,1	33,0
		N ₁₅₀ +PK	200,7	47,6	76,9	62,2	12,9	24,1
		Átlag	162,5	38,9	62,7	—	—	—
	SY Afinity	Kontroll	135,8	36,6	51,8	—	—	—
		N ₉₀ +PK	203,6	48,0	71,1	75,2	12,6	21,4
		N ₁₅₀ +PK	214,1	47,6	79,9	52,1	7,4	18,7
		Átlag	184,5	44,1	67,6	—	—	—

A három év terméseredményeiből megállapíthatjuk, hogy a trágyázás és a genotípus jelentős mértékben képes determinálni a termést. Ezen kívül nagyon fontos még megemlíteni az évjárat hatását is, amely a csapadék mennyiségét és eloszlást befolyásolja, ezáltal nagymértékben képes növelni vagy csökkenteni a kukorica hibridek termését. Árendás (2006) szerint a trágyázás nagyon fontos tényező, mert segítségével mérsékelhetők a változó évjáratok és a különböző termőhelyek okozta mennyiségi és minőségi anomáliák.

5.3.3. A tápanyagellátás, a termés és a fiziológiai tulajdonságok összefüggés-vizsgálata

A tápanyagellátás, a termés, a növénymagasság és az egyes fiziológiai tulajdonságok közötti kapcsolat vizsgálatára a Pearson-féle korrelációanalízist használtuk. A kapcsolat erősségét a Pearson-féle korrelációs koefficiens alapján értékeltük, amely -1 és +1 közötti érték. Ha a korrelációs együttható értéke -1 vagy +1 közeli érték, akkor az összefüggés szorosnak mondható. A 0 körüli érték gyenge korrelációra utal. Vizsgálatainkban a 0,5 alatti értékkel jellemezhető korrelációt gyengének, a 0,5-0,7 közötti kapcsolatot közepesnek, míg a 0,7 feletti korrelációt erősnek tekintettük.

Vizsgálatunk során a tápanyagellátás a 2013. tenyészévben volt a legszámottevőbb hatással a levélterületi index alakulására (34. táblázat). 2013-ban a tápanyagellátás valamennyi fenofázisban a LAI értékek növekedését okozta. A két tényező között 6-8 leveles állapotban ($r=0,359^{**}$), hímvirágzáskor ($r=0,389^{**}$) és szemtelítődéskor ($r=0,464^{**}$) gyenge pozitív, míg 12 leveles állapotban ($r=0,574^{**}$) és nővirágzáskor ($r=0,536^{**}$) közepes pozitív kapcsolatot állapítottunk meg. Ezzel szemben 2012-ben a tápanyagellátás csak a tenyészidőszak korai szakaszaiban (6-8 leveles és 12 leveles állapot) volt hatással a LAI értékekre, amit a két tényező között tapasztalt gyenge pozitív kapcsolat ($r=0,266^{*}$, $r=0,330^{**}$) bizonyít. Ez azt jelenti, hogy ugyan kis mértékben, de a tápanyagellátás javította a kukorica hibridek kezdeti fejlődését. A 2014. tenyészévben a tápanyagellátásnak a kukorica állományok későbbi szakaszában volt hatása a LAI értékekre. A nővirágzás és a szemtelítődés időszakában tudtunk megállapítani gyenge pozitív kapcsolatot ($r=0,402^{**}$, $r=0,337^{**}$), ami azt jelenti, hogy a tápanyagellátás hatására a kukorica állományok tovább fent tudták tartani az aktív fotoszintetizáló területüket.

34. táblázat. A tápanyagellátás és a LAI értékek közötti összefüggés-vizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)

Vizsgált tényező	Tenyészév	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés
Tápanyagellátás	2012	0,266(*)	0,330(**)	0,195 ^(NS)	0,148 ^(NS)	0,163 ^(NS)
	2013	0,359(**)	0,574(**)	0,389(**)	0,536(**)	0,464(**)
	2014	0,024 ^(NS)	-0,01 ^(NS)	0,102 ^(NS)	0,402(**)	0,337(**)

(*) A korreláció szignifikáns SzD_{5%}-os szinten

(**) A korreláció szignifikáns SzD_{1%}-os szinten

^(NS) Nem szignifikáns

A tápanyagellátás és a SPAD értékek közötti összefüggés-vizsgálat eredményeiből azt állapítottuk meg, hogy a műtrágyázás a legnagyobb mértékben a 2013. évben volt hatással a SPAD értékekre (35. táblázat). A két vizsgált tényező között a 2013. tenyészévben 6-8 leveles állapotban és a szemtelítődés szakaszában gyenge pozitív kapcsolatot kaptunk ($r=0,231^{**}$, $r=0,468^{**}$). Nővirágzáskor közepes ($r=0,654^{**}$), míg 12 leveles állapotban ($r=0,753^{**}$) és hímvirágzáskor ($r=0,783^{**}$) erős pozitív kapcsolatot tapasztaltunk. Ezzel szemben 2012-ben csak a hímvirágzás ($r=0,534^{**}$), a nővirágzás ($r=0,569^{**}$) és a szemtelítődés ($r=0,594^{**}$) szakaszában találtunk közepes erősségű, pozitív korrelációt. A 2014. tenyészévben gyenge pozitív kapcsolatot tapasztaltunk 12 leveles állapotban ($r=0,378^{**}$) és hímvirágzáskor ($r=0,363^{**}$), míg közepes pozitív kapcsolatot állapítottunk meg a nővirágzás ($r=0,608^{**}$) és a szemtelítődés ($r=0,693^{**}$) periódusában.

Mivel a levél nitrogén tartalmának egy része a klorofill molekulákban tárolódik, így a levél nitrogén és klorofill tartalma között szoros a kapcsolat. Ez azt jelenti, hogy a klorofill tartalom tükrözi a kukorica nitrogén ellátottságát.

35. táblázat. A tápanyagellátás és a SPAD értékek közötti összefüggés-vizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)

Vizsgált tényezők	Tenyészév	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés
Tápanyagellátás	2012	-0,217 ^(NS)	-0,213 ^(NS)	0,534 ^(**)	0,569 ^(**)	0,594 ^(**)
	2013	0,231 ^(**)	0,753 ^(**)	0,783 ^(**)	0,654 ^(**)	0,468 ^(**)
	2014	0,044 ^(NS)	0,378 ^(**)	0,363 ^(**)	0,608 ^(**)	0,693 ^(**)

(**) A korreláció szignifikáns SzD_{1%}-os szinten

(^{NS}) Nem szignifikáns

Vizsgáltuk a tápanyagellátás és a növénymagasság közötti kapcsolatot is (36. táblázat). Közepes erősségű, pozitív korrelációs kapcsolatot tudtunk megállapítani 2013-ban a két vizsgált tényező között ($r=0,539^{**}$). Ezzel szemben sem a 2012. évben ($r=0,227^{NS}$), sem a 2014. tenyészévben ($0,022^{NS}$) nem tapasztaltunk szignifikáns kapcsolatot a tápanyagellátás és a növénymagasság között.

A tápanyagellátás és a levélterület tartósságának kapcsolatát a 37. táblázat mutatja. 2013-ban közepes pozitív ($r=0,660^{**}$), míg 2012-ben ($0,395^{**}$) és 2014-ben ($0,313^{**}$) gyenge pozitív korrelációt tudtunk megállapítani, amely alapján bizonyítottuk, hogy a tápanyagellátás – eltérő mértékben – mindhárom tenyészévben hozzájárult az aktív zöld fotoszintetizáló terület megőrzéséhez.

36. táblázat. A tápanyagellátás és a növénymagasság értékek közötti összefüggés-vizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)

Vizsgált tényezők	Növénymagasság		
	2012	2013	2014
Tápanyagellátás	0,227 ^(NS)	0,539(**)	0,022 ^(NS)

(**) A korreláció szignifikáns SzD_{1%}-os szinten

^(NS) Nem szignifikáns

37. táblázat. A tápanyagellátás és a levélfelület tartósság (LAD) értékek közötti összefüggés-vizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)

Vizsgált tényezők	LAD		
	2012	2013	2014
Tápanyagellátás	0,395(**)	0,660(**)	0,313(**)

(**) A korreláció szignifikáns SzD_{1%}-os szinten

A tápanyagellátás mindhárom tenyészévben pozitív hatással volt a termés alakulására, azonban hatása eltérő mértékű volt. A műtrágyázás és a termés között 2012-ben ($r=0,636^{**}$) és 2013-ban ($r=0,558^{**}$) közepes, míg 2014-ben ($0,461^{**}$) gyenge pozitív kapcsolatot állapítottunk meg (38. táblázat).

38. táblázat. A termés, műtrágyázás, növénymagasság és a SPAD-, LAI- és LAD értékek közötti összefüggésvizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)

Vizsgált tényezők	Termés		
	2012	2013	2014
Tápanyagellátás	0,636(**)	0,558(**)	0,461(**)
Növénymagasság	0,337(**)	0,700(**)	0,222(**)
LAI (6-8 leveles állapot)	0,130 ^(NS)	0,376(**)	0,181(*)
LAI (12 leveles állapot)	0,270(*)	0,470(**)	0,004 ^(NS)
LAI (hímvirágzás)	0,130 ^(NS)	0,453(**)	0,191(*)
LAI (nővirágzás)	0,194 ^(NS)	0,351(**)	0,243(**)
LAI (szemtelítődés)	0,001 ^(NS)	0,633(**)	0,474(**)
SPAD (6-8 leveles állapot)	-0,089 ^(NS)	0,172(*)	0,029 ^(NS)
SPAD 12 leveles állapot)	0,045 ^(NS)	0,601(**)	0,148 ^(NS)
SPAD (hímvirágzás)	0,736(**)	0,355(**)	0,294(**)
SPAD (nővirágzás)	0,651(**)	0,435(**)	0,462(**)
SPAD (szemtelítődés)	0,685(**)	0,407(**)	0,526(**)
LAD	0,310(*)	0,585(**)	0,313(**)

(*) A korreláció szignifikáns SzD_{5%}-os szinten

(**) A korreláció szignifikáns SzD_{1%}-os szinten

^(NS) Nem szignifikáns

A növénymagasság is összefüggésben állt a termés mennyiségével, ugyanis 2012-ben ($r=0,337^{**}$) és 2014-ben ($0,222^{**}$) gyenge pozitív, 2013-ban ($r=0,700^{**}$) erős pozitív kapcsolatot találtunk közöttük. A levélterület index a 2013. tenyészévben statisztikailag bizonyíthatóan pozitívan befolyásolta a termés mennyiségének alakulását ($r=0,351^{**}$ - $0,633^{**}$), míg a másik két vizsgált évben csak néhány esetben találtunk kapcsolatot a LAI és a termés között. A három vizsgált évben a relatív klorofill tartalom és a termés között is pozitív irányú kapcsolatot tapasztaltunk, melynek erőssége változó volt (2012: $r=0,651^{**}$ - $0,736^{**}$, 2013: $r=0,172^{*}$ - $0,601^{**}$, 2014: $r=0,294^{**}$ - $0,526^{**}$). A levélterület tartósság (LAD) értékei és a termés között statisztikailag igazolható összefüggést találtunk. Ez a kapcsolat 2012-ben ($r=0,310^{*}$) és 2014-ben ($0,313^{**}$) gyenge pozitív irányú, 2013-ban ($0,585^{**}$) pedig közepes pozitív irányú volt (38. táblázat).

Vizsgáltuk a műtrágyázás, a termés és néhány termésképző elem kapcsolatát (39. táblázat). A tápanyagellátásnak jelentős befolyásoló hatása volt a termésképző elemek alakulására, ugyanis a 2012. tenyészévben a tápanyagellátás és a csőhossz ($r=0,680^{**}$) között közepes pozitív, a tápanyagellátás és a csőátmérő ($0,711^{**}$) és ezerszemtömeg ($0,807^{**}$) között erős pozitív kapcsolat volt. A tápanyagellátás és a morzsolási százalék között pedig gyenge pozitív kapcsolatot tudunk megállapítani ($0,474^{**}$). A termés és a vizsgált termésképző elemek tekintetében közepes-erős pozitív kapcsolatot tapasztaltunk ($0,521^{**}$ - $0,743^{**}$).

39. táblázat. A tápanyagellátás, a termés és néhány termésképző elemek közötti összefüggésvizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)

Tenyészév	Vizsgált tényezők	Csőhossz	Csőátmérő	Ezerszemtömeg	Morzsolási %
2012	Tápanyagellátás	0,680(**)	0,711(**)	0,807(**)	0,474(**)
	Termés	0,743(**)	0,737(**)	0,727(**)	0,521(**)
2013	Tápanyagellátás	0,127 ^(NS)	0,283(*)	0,234 ^(NS)	0,171 ^(NS)
	Termés	0,188 ^(NS)	0,170 ^(NS)	0,191 ^(NS)	0,130 ^(NS)
2014	Tápanyagellátás	0,552(**)	0,503(**)	0,339(**)	0,037 ^(NS)
	Termés	0,152 ^(NS)	0,254 ^(NS)	0,292(*)	0,173 ^(NS)

(*) A korreláció szignifikáns SzD_{5%}-os szinten

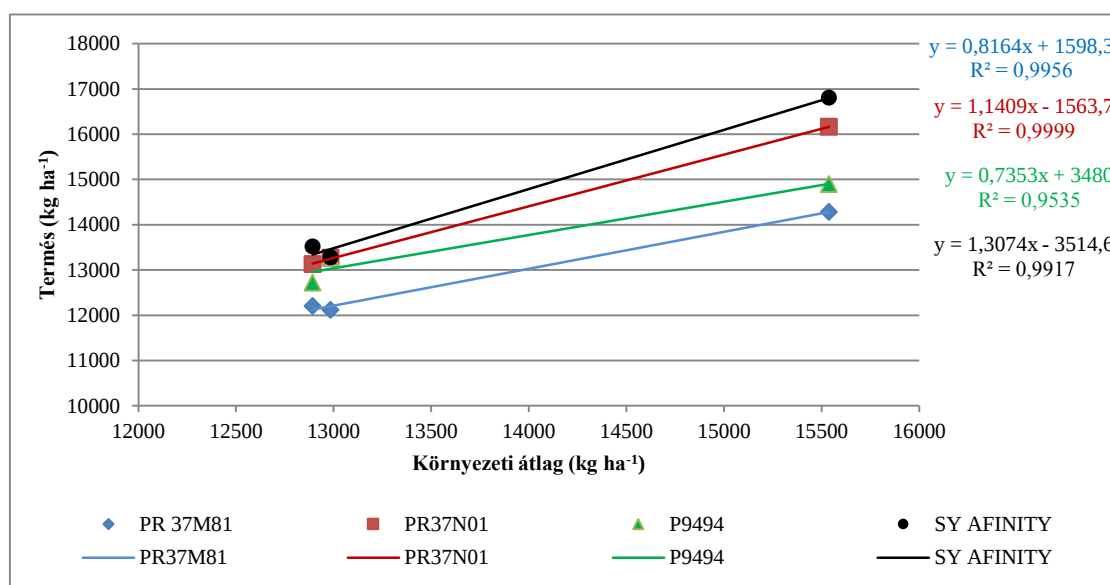
(**) A korreláció szignifikáns SzD_{1%}-os szinten

^(NS) Nem szignifikáns

A 2013. tenyészévben csak a tápanyagellátás és a csőátmérő között találtunk gyenge pozitív kapcsolatot ($r=0,283^{*}$).

A 2014. tenyészcsoportban a műtrágyázás hatással volt a csőhosszra ($r=0,552^{**}$), csőátmérőre ($r=0,503^{**}$) és az ezerszemtömegre ($r=0,339^{**}$), ugyanis a vizsgált tényezők között gyenge és közepes pozitív irányú kapcsolatot tapasztaltunk. A termés és az ezerszemtömeg között gyenge pozitív kapcsolatot kaptunk ($r=0,292^{*}$) (39. táblázat).

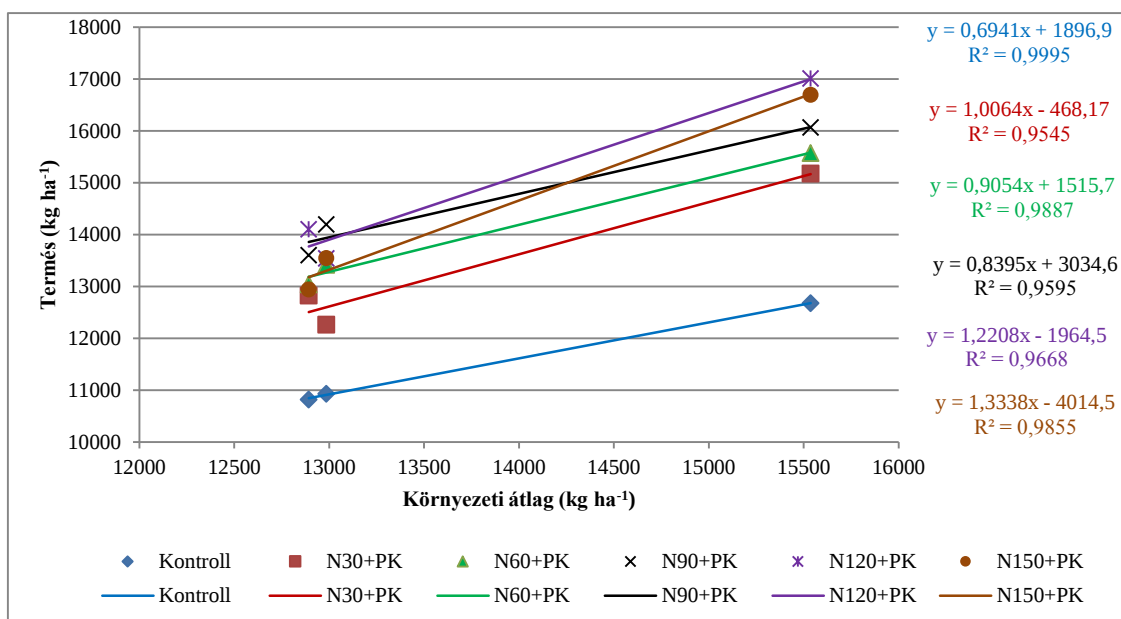
Kang-féle stabilitásanalízissel vizsgáltuk azoknak a kukorica hibrideknek a termésstabilitását, amelyek mindhárom évben szerepeltek a kísérletben (PR37M81, PR37N01, P9494, SY Afinity) (15. ábra). A kísérletben szereplő kukorica hibridek közül a legstabilabbnak a P9494 ($b=0,7353$) hibrid bizonyult, ugyanis a vizsgált három évben az említett hibrid termése ingadozott a legkisebb mértékben. Stabilmak mutatkozott még a PR37M81 ($b=0,8164$) hibrid is, azonban a termése mindhárom évben elmaradt a P9494 hibridétől. Kevésbé bizonyultak stabilnak a PR37N01 (regressziós koefficiens értéke: 1,1409) és az SY Afinity (regressziós koefficiens értéke: 1,3074) hibridek. Ez azt jelenti, hogy ez a két kukorica hibrid kedvezőtlenebb körülmények között kevesebb termést adott, azonban az ökológiai feltételek javulása esetén a terméseredményük is jelentősen nőtt.



15. ábra. A kukorica hibridek termésének stabilitása a vizsgált tenyészcsoportokban
(Debrecen, 2012-2014)

Stabilitásanalízis vizsgálatot végeztünk a tápanyagkezelések esetében is (16. ábra). Megállapítottuk, hogy a beállított tápanyagszintek közül a legkisebb termésingadozást a trágyázatlan kezelésben tapasztaltuk, ahol a regressziós koefficiens értéke 0,6941 volt. Kedvezőbb termésstabilitást találtunk az $N_{90}+PK$ tápanyagszinten is

($b = 0,8395$). Az $N_{30-60}+PK$ tápanyagkezelésekben a termésingadozás növekedett, ennek következtében a tápanyagszintek stabilitása is romlott ($N_{30}+PK$: $b=1,0064$, $N_{60}+PK$: $b=0,9054$). Kevésbé bizonyultak stabilnak az $N_{120}+PK$ és $N_{150}+PK$ tápanyagdózisok, ugyanis mindkét tápanyagszinten nagy terméseredményeket mértünk, azonban a környezeti feltételek nagyban befolyásolták a termés ingadozását ($N_{120}+PK$: regressziós koefficiens értéke: 1,2208, $N_{150}+PK$: regressziós koefficiens értéke: 1,3338).

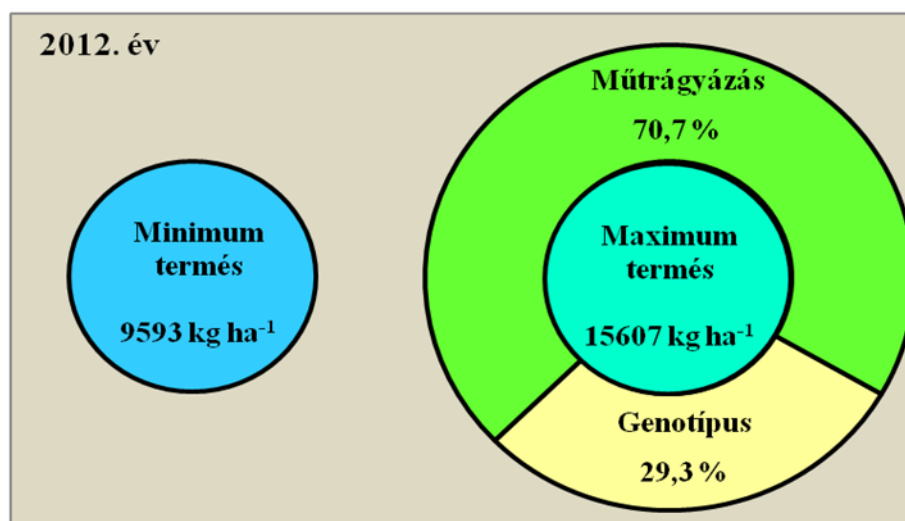


16. ábra. A kukorica hibridek termés-stabilitásának alakulása a tápanyagkezelések esetében (Debrecen, 2012-2014)

5.4. A műtrágyázás, a genotípus és az évjárat a kukorica termésére gyakorolt hatásának komplex elemzése

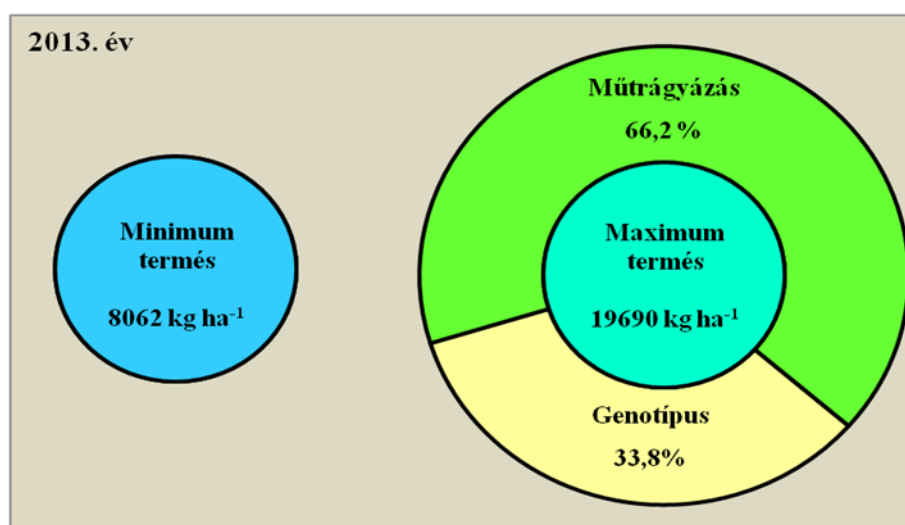
A varianciakomponensek felosztásával arra kerestük a választ, hogy a műtrágyázás és a genotípus milyen mértékben befolyásolta a kukorica termését a vizsgált években. A vizsgálat alapjául a minimum termést vettük és a vizsgált tényezőkkel együttesen elért termésnövekményt osztottuk fel a vizsgált tényezők között. A műtrágyázás és a genotípus hatásának százalékos értékeit a 17. ábra tartalmazza.

A 2012. tenyészévben a minimum termés 9593 kg ha^{-1} , a maximum termés pedig 15607 kg ha^{-1} volt. A terméstöbblet 6014 kg ha^{-1} , amelyet 70,7%-ban a műtrágyázás eredményezett. Ez 4252 kg ha^{-1} termésnek felelt meg. A terméstöbblet 29,3 %-át a genotípus eredményezte, ami 1762 kg ha^{-1} termést jelentett az említett tenyészévben.



17. ábra. A műtrágyázás és a genotípus szerepe a kukorica termésének alakulásában
(Debrecen, 2012)

A 2013. tenyésztésben a minimum termés kisebb volt (8062 kg ha⁻¹), mint az előző évben, azonban a maximum termés (19690 kg ha⁻¹) jelentősen meghaladta a 2012. évi maximum termést (18. ábra). A terméstöbblet 11628 kg ha⁻¹ volt, amit 66,2 %-ban a műtrágyázás (7698 kg ha⁻¹), 33,8 %-ban pedig a genotípus eredményezett (3930 kg ha⁻¹).

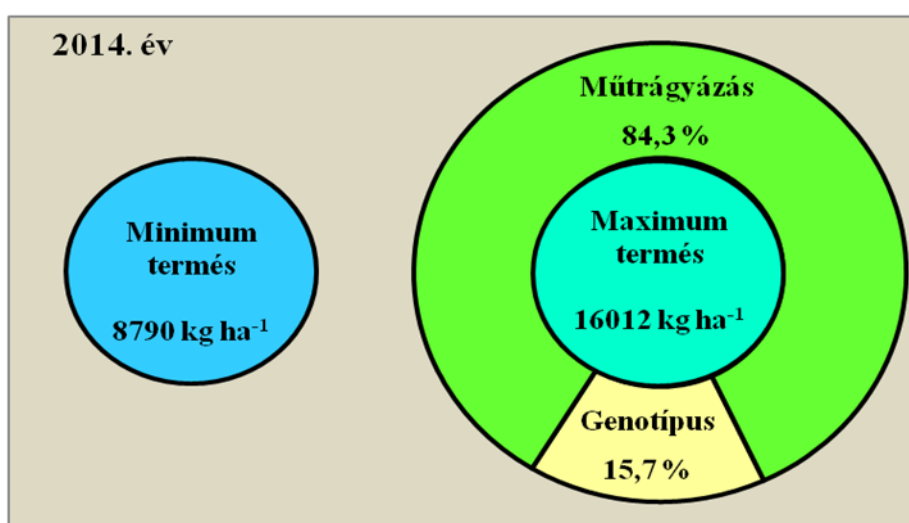


18. ábra. A műtrágyázás és a genotípus szerepe a kukorica termésének alakulásában
(Debrecen, 2013)

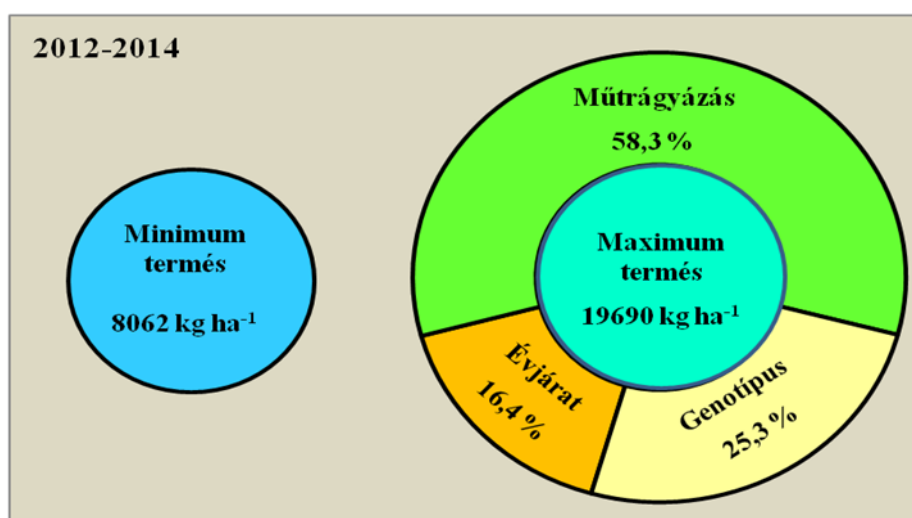
A 2014. évben a termésminimum 8790 kg ha⁻¹, a termésmaximum pedig 16012 kg ha⁻¹ volt. A terméstöbblet kialakításában a tápanyagellátásnak igen jelentős szerep jutott, ugyanis a műtrágyázás 84,3 %-ban járult hozzá a termésnövekedéshez, ami 13498 kg ha⁻¹ termést jelentett. A genotípus hatása a 2014. tenyésztésben volt a

legkisebb a három vizsgált év közül, 15,7 %-ban befolyásolta a terméstöbbslet alakulását. Ez 2514 kg ha⁻¹ termésnek felelt meg (19. ábra).

A három év együttes vizsgálata során az évjárat termésre gyakorolt hatását is megtudtuk határozni (20. ábra). A termésminimum és a termésmaximum közötti különbség 11628 kg ha⁻¹ volt. Ezt a különbséget legnagyobb mértékben a vizsgált tényezők közül a műtrágyázás eredményezte, amely 58,3 %-ban befolyásolta a terméstöbbsletet. Ez 6779 kg ha⁻¹ termést jelentett. A genotípusnak is fontos szerepe volt a terméskülönbség kialakításában (2942 kg ha⁻¹), azaz 25,3 %-ban befolyásolta a termést. Az évjárat 16,4 %-kal járult hozzá a terméstöbbslet kialakításához, ami 1907 kg ha⁻¹ termést jelentett.



19. ábra. A műtrágyázás és a genotípus szerepe a kukorica termésének alakulásában (Debrecen, 2014)



20. ábra. A műtrágyázás és a genotípus és az évjárat szerepe a kukorica termésének alakulásában (Debrecen, 2012-2014)

5.5. Az évjárat, a genotípus és a tápanyagellátás hatása a kukorica termésminőségére

A kukorica felhasználásától függően más-más tulajdonsága válik fontossá. Felhasználása nagyon sokrétű, mivel nem csak állati takarmányként fontos. A minőségi követelmények is változatosak. Takarmányként főleg a fehérjetartalom és az aminosav összetétel a meghatározó. A humán táplálkozás szempontjából kulcsfontosságúak a fehérjevegyületek, de ezen kívül lényeges a keményítő összetétele is, vagyis az, hogy milyen arányban tartalmaz amilózt és amilopektint. A kukoricának alacsonyabb a tápértéke, mint a búzának (Győri, 1999). A kukorica minősége nem jellemezhető egyetlen mérőszámmal, hanem több, különböző paraméter együttes vizsgálata szükséges, ahhoz, hogy a kukorica szem minőségét jellemezni tudjuk.

A kukorica hibridek termésminőségének vizsgálata során arra kerestük a választ, hogy a műtrágyázás és az évjárat hatása hogyan befolyásolja a szem fehérje-, keményítő- és olajtartalmát, illetve, a szemtermésben és vegetatív részekben lévő makro-, mezo- és mikroelemek mennyiségét.

5.5.1. A fehérje-, keményítő- és olajtartalom alakulása

Vizsgáltuk a hibridek fehérje-, keményítő- és olajtartalmának alakulását a 2012. tenyészévben a trágyázatlan kezelésben és az $N_{150}+PK$ tápanyagszinten (40. táblázat). Műtrágyakezeléstől függően a fehérjetartalom 5,82-8,57 %, a keményítőtartalom 65,69-69,04 %, valamint az olajtartalom 3,84-4,23 % között változott. A tápanyagkezelések átlagában a PR37M81 (6,22 %) és a P9494 (6,66 %) hibridek fehérjetartalma szignifikánsan kisebb volt, mint a PR37N01 (8,27 %) és SY Afinité (7,65 %) hibridek fehérjetartalma. A műtrágyázás hatására a különböző kukorica hibridek fehérjetartalma nőtt (kontroll: 6,44 %, $N_{150}+PK$: 7,96 % a hibridek átlagában) azonban statisztikailag ezt nem tudtuk igazolni.

A kísérletben szereplő hibridek termésének keményítő-tartalmában a műtrágyázás hatására csökkenés következett be minden hibrid esetében. A kezelések átlagában szignifikáns különbséget állapítottunk meg a PR37N01 (66,11 %) és az SY Afinité (66,43 %) hibridek keményítőtartalma, valamint a PR37M81 (68,45 %) és P9494 (68,28 %) hibridek keményítőtartalma között. A hibridek átlagában a trágyázatlan kezelésben 68,37 % volt a keményítőtartalom. Ehhez képest az $N_{150}+PK$ (66,27 %) tápanyagszinten csökkenést tapasztaltunk a keményítőtartalom értékében.

A vizsgált hibridek termésének olajtartalma a tápanyagellátás hatására kismértékben nőtt, azonban ezt statisztikailag nem tudtuk alátámasztani. Az olajtartalom a kontroll kezelésben 3,92 % volt, míg az N₁₅₀+PK trágyakezelésben 4,15 %-os értéket kaptunk. A kezelések átlagában a legkisebb olajtartalmat P9494 hibrid (3,87 %) esetében, a legnagyobb olajtartalmat pedig a PR37N01 hibridnél (4,17 %) állapítottuk meg.

40. táblázat. A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fehérje-, keményítő- és olajtartalmára (Debrecen, 2012)

Hibrid	PR37M81	PR37N01	P9494	SY AFINITY	Átlag
Tápanyagszint	Fehérje % (m/m)				
Kontroll	6,62	6,87	5,82	6,46	6,44
N ₁₅₀ +PK	8,57	7,67	7,96	7,65	7,96
Átlag	6,22	8,27	6,66	7,65	7,20
SzD _{5%} Tápanyagszint	1,45				
SzD _{5%} Hibrid	0,51				
SzD _{5%} Kölcsönhatás	0,73				
	Keményítő % (m/m)				
Kontroll	67,86	67,75	69,04	68,81	68,37
N ₁₅₀ +PK	65,69	66,50	66,52	66,35	66,27
Átlag	68,45	66,11	68,28	66,43	67,32
SzD _{5%} Tápanyagszint	1,82				
SzD _{5%} Hibrid	0,65				
SzD _{5%} Kölcsönhatás	0,91				
	Olaj % (m/m)				
Kontroll	3,90	3,91	4,01	3,84	3,92
N ₁₅₀ +PK	4,23	4,16	4,10	4,09	4,15
Átlag	3,96	4,17	3,87	4,12	4,03
SzD _{5%} Tápanyagszint	1,11				
SzD _{5%} Hibrid	0,39				
SzD _{5%} Kölcsönhatás	0,55				

A 2013. tenyésztésben a kísérletben részt vevő kukorica hibrideknél a fehérje-, keményítő-, és olajtartalom alakulása hasonló tendenciát mutatott, mint a 2012. évben, azaz a fehérje-és olajtartalomban növekedést, míg a keményítő-tartalomban csökkenést állapítottunk meg a műtrágyázás hatására (41. táblázat). A 2013. évben a hibridek termésének fehérjetartalma 4,78-6,90 % között, keményítő tartalma 69,83-73,77 % között, míg olajtartalma 3,45-4,07 % között változott tápanyagkezeléstől függően.

A kezelések átlagában a legnagyobb fehérje tartalmat az SY Afinity (6,12 %) hibridnél mértük, míg a legkisebb fehérje tartalommal a P9175 (5,15 %) rendelkezett. A

termékek fehérjetartalma között nem minden esetben tudtunk megállapítani szignifikáns eltérést, viszont a műtrágyázás hatására, a hibridek átlagában, az N₁₅₀+PK tápanyagszinten mért fehérjetartalom szignifikánsan nagyobb volt (6,16 %), mint a trágyázatlan kezelésben tapasztalt fehérjetartalom (5,12 %).

A kezelések átlagában a legkisebb keményítőtartalmat az SY Afinity (71,10 %) hibridnél, míg a legnagyobb keményítőtartalmat a P9175 (72,99 %) hibridnél tapasztaltuk. E két hibrid keményítőtartalmában tapasztalt eltérés szignifikánsnak bizonyult. Ezen kívül statisztikailag igazolható különbséget tudtunk megállapítani az SY Afinity (71,10 %) és a DKC4490 (71,24 %) hibridek keményítőtartalma és a többi, kísérletben alkalmazott kukorica hibrid keményítőtartalma között (P9578: 71,94 %, DKC4014: 72,32 %, NK Lucius: 72,51 %, DKC4025: 72,19 %, PR37M81: 72,77 %, PR37N01: 72,09 %, P9494: 72,86%). A vizsgált hibridek átlagában a keményítő tartalom az N₁₅₀+PK tápanyagkezelésben kisebb volt (71,40 %), mint a trágyázatlan kezelésben (73,00%), ezt a különbséget statisztikailag is bizonyítani tudtuk.

41. táblázat. A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fehérje-, keményítő- és olajtartalmára (Debrecen, 2013)

Hibrid	P9578	DKC 4014	NK LUCIUS	P9175	DKC 4025	PR37M81	DKC 4490	PR37N01	P9494	SY AFINITY	Átlag
Tápanyagszint	Fehérje % (m/m)										
Kontroll	5,14	5,43	4,86	4,51	5,43	5,08	5,28	5,40	4,78	5,34	5,12
N ₁₅₀ +PK	6,03	6,54	5,71	5,78	6,07	5,88	6,25	6,61	5,88	6,90	6,16
Átlag	5,58	5,99	5,28	5,15	5,75	5,48	5,76	6,00	5,33	6,12	5,64
SzD _{5%} Tápanyagszint	0,27										
SzD _{5%} Hibrid	0,11										
SzD _{5%} Kölcsönhatás	0,15										
	Keményítő % (m/m)										
Kontroll	72,23	73,07	73,76	73,58	73,19	73,52	71,78	72,73	73,77	72,38	73,00
N ₁₅₀ +PK	71,65	71,58	71,27	72,41	71,20	72,03	70,69	71,46	71,95	69,83	71,40
Átlag	71,94	72,32	72,51	72,99	72,19	72,77	71,24	72,09	72,86	71,10	72,20
SzD _{5%} Tápanyagszint	1,02										
SzD _{5%} Hibrid	0,28										
SzD _{5%} Kölcsönhatás	0,40										
	Olaj % (m/m)										
Kontroll	3,64	3,57	3,53	3,63	3,59	3,45	3,50	3,68	3,55	3,65	3,58
N ₁₅₀ +PK	4,03	4,00	3,90	4,00	4,05	3,91	4,05	4,01	3,86	4,07	3,99
Átlag	3,83	3,78	3,71	3,81	3,82	3,68	3,78	3,84	3,70	3,86	3,78
SzD _{5%} Tápanyagszint	0,26										
SzD _{5%} Hibrid	0,10										
SzD _{5%} Kölcsönhatás	0,15										

A kezelések átlagában a legkisebb olajtartalom a PR37M81 (3,68 %) hibridnél, míg a legnagyobb olajtartalom az SY Afinity (3,86 %) hibridnél volt. A két kukorica

hibrid esetében az olajtartalomban szignifikáns különbséget állapítottunk meg. A hibridek átlagában az N₁₅₀+PK tápanyagszinten növekedést figyeltünk meg az olajtartalom változásában, amely szignifikánsnak bizonyult (kontroll: 3,58 %, N₁₅₀+PK: 3,99 %) (41. táblázat).

A 2014. tenyészévben tápanyagkezeléstől függően a kukorica hibridek fehérjetartalma 5,60-8,60 %, keményítőtartalma 68,58-75,49 %, olajtartalma pedig 2,57-3,99 % között alakult (42. táblázat). Az említett tenyészévben is megállapítottuk, hasonlóan a 2012 és 2013. tenyészévekhez, hogy a műtrágyázás növelte a kukorica hibridek fehérje- és olajtartalmát, valamint csökkentette a keményítőtartalmát. A legnagyobb fehérjetartalmat a kezelések átlagában a PR37M81 (7,41 %) hibrid esetében tapasztaltuk. A 2014. tenyészévben a legkisebb fehérjetartalommal a DKC4490 (6,43 %) hibrid rendelkezett. A műtrágyázás szignifikánsan befolyásolta a fehérjetartalmat, ugyanis a hibridek átlagában a trágyázatlan kezelésben 5,88 % fehérjetartalmat mértünk, míg az N₁₅₀+PK trágyakezelésben ez az érték 7,84 % volt.

42. táblázat. A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fehérje-, keményítő- és olajtartalmára (Debrecen, 2014)

Hibrid	P9578	DKC 4014	NK LUCIUS	P9175	DKC 4025	PR37M81	DKC 4490	PR37N01	P9494	SY AFINITY	Átlag
Tápanyagszint	Fehérje % (m/m)										
Kontroll	6,00	5,70	5,83	5,60	5,69	6,21	5,66	6,36	6,00	5,76	5,88
N ₁₅₀ +PK	7,77	7,23	8,47	7,37	8,12	8,60	7,19	8,38	7,12	8,18	7,84
Átlag	6,88	6,47	7,15	6,48	6,90	7,41	6,43	7,37	6,56	6,97	6,86
SzD _{5%} Tápanyagszint	0,76										
SzD _{5%} Hibrid	0,23										
SzD _{5%} Kölcsönhatás	0,33										
	Keményítő % (m/m)										
Kontroll	73,22	75,49	73,22	72,82	72,52	71,70	74,19	73,92	73,11	72,30	73,25
N ₁₅₀ +PK	72,71	72,25	68,58	69,71	69,72	68,71	71,62	69,63	70,44	69,46	70,28
Átlag	72,96	73,87	70,90	71,26	71,12	70,21	72,90	71,77	71,77	70,88	71,76
SzD _{5%} Tápanyagszint	0,34										
SzD _{5%} Hibrid	0,14										
SzD _{5%} Kölcsönhatás	0,19										
	Olaj % (m/m)										
Kontroll	2,86	2,57	3,20	3,20	2,88	2,93	2,69	3,18	2,97	2,78	2,93
N ₁₅₀ +PK	3,50	2,70	3,64	3,87	3,40	3,89	3,40	3,99	3,56	3,80	3,57
Átlag	3,18	2,63	3,42	3,53	3,14	3,41	3,04	3,59	3,27	3,29	3,25
SzD _{5%} Tápanyagszint	0,20										
SzD _{5%} Hibrid	0,03										
SzD _{5%} Kölcsönhatás	0,05										

Statisztikailag is igazolható eltérést tapasztaltuk a tápanyagellátás hatására a keményítőtartalom változásában, ugyanis a kezelések átlagában a kontroll (73,25 %) kezelésben és az N₁₅₀+PK (70,28 %) tápanyagszinten kapott keményítő értékek között szignifikáns különbség volt. A keményítőtartalom a műtrágyakezelések átlagában a DKC4014 (73,87 %) hibridnél volt a legnagyobb, a PR37M81 (70,21 %) hibridnél pedig a legkisebb. A PR37M81 hibridnél mért keményítőtartalom és a többi vizsgált kukorica hibrid keményítőtartalma között statisztikailag igazolható különbséget állapítottunk meg.

Az olajtartalom a tápanyagkezelések átlagában a DKC4014 (2,63 %) hibridnél volt a legkisebb, míg a PR37N01 (3,59 %) hibridnél a legnagyobb. A DKC4014 hibrid esetében tapasztalt olajtartalom szignifikánsan kisebb volt, mint az összes többi kukorica hibrid olajtartalma. A kukorica hibridek átlagában megállapítottuk, hogy a tápanyagellátás hatására nőtt az olajtartalom (kontroll: 2,93 %, N₁₅₀+PK: 3,57 %). Ezt statisztikailag is tudtuk bizonyítani (42. táblázat).

Pearson-féle korrelációanalízissel vizsgáltuk a műtrágyázás, termés és a fehérje-, keményítő- és olaj % közötti kapcsolatot (43. táblázat). Megállapítottuk, hogy a műtrágyázás szoros kapcsolatban volt a termés fehérje-, keményítő- és olajtartalmával. A műtrágyázás és a fehérje % között minden vizsgált évben erős pozitív kapcsolatot találtunk (2012: $r = 0,842^{**}$, 2013: $r = 0,834^{**}$, 2014: $r = 0,913^{**}$). Hasonló megállapítást lehetett tenni a műtrágyázás és az olajtartalom közötti összefüggés esetében is (2013: $r = 0,929^{**}$, 2014: $r = 0,745^{**}$) a 2012. év kivételével. Az említett évben a két vizsgált tényező között gyenge pozitív kapcsolatot bizonyítottunk (2012: $r = 0,481^{**}$). A keményítőtartalom és a műtrágyázás között szintén erős, de negatív előjelű kapcsolatot tudtunk megállapítani (2012: $r = -0,877^{**}$, 2013: $r = -0,757^{**}$, 2014: $r = -0,776^{**}$).

A termés és a fehérjetartalom között évről-évre gyenge és közepes pozitív kapcsolatot (2012: $r = 0,624^{**}$, 2013: $r = 0,570^{**}$, 2014: $r = 0,377^{**}$), míg az olajtartalom és a termés között 2012-ben ($r = 0,446^{*}$) és 2014-ben gyenge pozitív ($r = 0,378^{*}$), 2013-ban erős pozitív kapcsolatot tapasztaltunk ($r = 0,715^{**}$).

A fehérje- és a keményítőtartalom között mindhárom évben erős negatív összefüggést kaptunk (2012: $r = -0,905^{**}$, 2013: $r = -0,859^{**}$, 2014: $r = -0,844^{**}$). Hasonlóan alakult az olajtartalom és a keményítőtartalom közötti összefüggés a 2013. és 2014. években (2013: $r = -0,784^{**}$, 2014: $r = -0,824^{**}$), azonban 2012-ben a két említett tényező között közepes negatív kapcsolat volt ($r = -0,552^{**}$).

43. táblázat. A fehérje-, keményítő- és olajtartalom, valamint a termés és műtrágyázás közötti összefüggésvizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)

Tenyészév	Vizsgált tényezők	Fehérje %	Keményítő %	Olaj %
2012	Műtrágyázás	0,842(**)	-0,877(**)	0,481(**)
	Termés	0,624(**)	-0,706(**)	0,446(*)
	Fehérje %	—	-0,905(**)	0,406(*)
	Keményítő %	—	—	-0,522(**)
2013	Műtrágyázás	0,834(**)	-0,757(**)	0,929(**)
	Termés	0,570(**)	-0,599(**)	0,715(**)
	Fehérje %	—	-0,859(**)	0,839(**)
	Keményítő %	—	—	-0,784(**)
2014	Műtrágyázás	0,913(**)	-0,776(**)	0,745(**)
	Termés	0,377(*)	-0,238 ^{NS}	0,378(*)
	Fehérje %	—	-0,844(**)	0,812(**)
	Keményítő %	—	—	-0,824(**)

5.5.2. A makro-, mezo- és mikroelem tartalom alakulása

Megvizsgáltuk a fontosabb makro-, mezo- és mikroelemek mennyiségét a szemtermésben és a vegetatív részekben (44. táblázat), két eltérő genotípusú kukorica hibrid (P9494, SY Afinity) esetében, három különböző trágyakezelésben (kontroll, N₉₀+PK, N₁₅₀+PK). Megállapítottuk, hogy a 2013. évben a P9494 és SY Afinity hibrideknél a szemtermésben, valamint a vegetatív részekben vizsgált beltartalmi paraméterek mennyisége az N₉₀+PK tápanyagszinten érte el a legnagyobb értékeket. Az optimális tápanyagszinten az SY Afinity hibridnél (N: 1,19 %, P: 4321 mg kg⁻¹, K: 5975,50 mg kg⁻¹, Ca: 143,50 mg kg⁻¹, Mg: 1508,00 mg kg⁻¹, S: 1572,50 mg kg⁻¹, Zn: 15,10 mg kg⁻¹, Fe: 40,95 mg kg⁻¹, Cu: 2,91 mg kg⁻¹, Mn: 7,80 mg kg⁻¹) a szemtermésben minden vizsgált makro-, mezo- és mikroelem tekintetében nagyobb értékeket mértünk, mint a P9494 hibrid esetén (N: 1,14 %, P: 3523,00 mg kg⁻¹, K: 5766,00 mg kg⁻¹, Ca: 139,50 mg kg⁻¹, Mg: 1344,00 mg kg⁻¹, S: 1467,50 mg kg⁻¹, Zn: 13,35 mg kg⁻¹, Fe: 33,30 mg kg⁻¹, Cu: 2,59 mg kg⁻¹, Mn: 5,26 mg kg⁻¹). A P9494 hibridnél tapasztaltuk a legnagyobb Fe (80,85 mg kg⁻¹) és a Mn (81,10 mg kg⁻¹) mennyiséget, azonban a többi vizsgált tápelem mennyisége az SY Afinity hibridnél volt a legnagyobb az N₉₀+PK tápanyagkezelésben (Ca: 4399,00 mg kg⁻¹, Cu: 3,91 mg kg⁻¹, K: 7376,00 mg kg⁻¹, P: 427,50 mg kg⁻¹, S: 526,00 mg kg⁻¹, Zn: 11,00 mg kg⁻¹). A kezelések átlagában a hibridek között szignifikáns eltérést tudtunk megállapítani a szem foszfor tartalma (P9494: 3222,67 mg kg⁻¹, SY Afinity: 3647,17 mg kg⁻¹), illetve a vegetatív részek foszfor (P9494: 258,00 mg kg⁻¹, SY Afinity: 306,50 mg kg⁻¹) és cink (P9494: 4,71 mg kg⁻¹, SY Afinity: 5,83 mg kg⁻¹) tartalma között.

A szem elemtartalma az N₉₀+PK tápanyagszintig nőtt, amit minden vizsgált elem esetében statisztikailag is bizonyítani tudtunk. Az N₁₅₀+PK tápanyagszinten csökkenés következett be az N₉₀+PK tápanyagszinten tapasztalt elemtartalomhoz képest, de ez nem minden esetben volt szignifikáns. Ez a megállapítás a vegetatív részek elemtartalmára is igaz, kivéve a vasat, ugyanis itt nem tudtunk megállapítani statisztikailag igazolható különbséget.

44. táblázat. A fontosabb makro-, mezo- és mikorelemek mennyisége a kukorica szemtermésében és a vegetatív részeiben (Debrecen, 2013)

Szem beltartalma											
Hibrid	Tápanyagszint	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Cu	Mn
		(m/m %)	(mg kg ⁻¹)								
P9494	Kontroll	0,97	2863,50	4999,50	30,95	1083,50	1257,00	7,54	14,35	1,92	4,30
	N ₉₀ +PK	1,03	3523,00	5766,00	139,50	1344,00	1467,50	13,35	33,30	2,59	5,26
	N ₁₅₀ +PK	1,14	3281,50	5453,00	72,00	1238,50	1347,00	10,65	24,20	2,28	4,92
Átlag		1,05	3222,67	5406,17	80,82	1222,00	1357,17	10,51	23,95	2,26	4,83
SY AFINITY	Kontroll	0,93	2909,00	4621,00	23,75	1074,00	1356,50	8,48	16,30	1,85	4,02
	N ₉₀ +PK	1,19	4321,00	5975,50	143,50	1508,00	1572,50	15,10	40,95	2,91	7,80
	N ₁₅₀ +PK	1,09	3711,50	5631,00	78,70	1284,00	1438,50	11,65	23,00	2,29	6,36
Átlag		1,07	3647,17	5409,17	81,98	1288,67	1455,83	11,74	26,75	2,35	6,06
SzD _{5%} Tápanyagszint		0,04	288,54	336,66	17,07	79,35	50,25	2,40	6,75	0,56	1,60
SzD _{5%} Hibrid		0,11	177,80	811,76	41,15	89,50	121,17	2,33	16,28	0,43	3,86
SzD _{5%} Kölcsönhatás		0,19	307,96	1406,00	71,28	155,01	209,88	4,04	28,20	0,74	6,69
Vegetatív részek beltartalma											
P9494	Kontroll	0,35	137,50	5519,00	2771,00	1192,00	287,00	1,13	61,40	2,43	48,80
	N ₉₀ +PK	0,48	370,00	6239,50	4004,50	1700,00	462,00	8,41	80,85	3,38	81,10
	N ₁₅₀ +PK	0,39	266,50	5930,00	3162,00	1352,00	374,00	4,59	65,75	3,23	73,15
Átlag		0,41	258,00	5896,17	3312,50	1414,67	374,33	4,71	69,33	3,01	67,68
SY AFINITY	Kontroll	0,41	307,00	5969,50	1971,50	890,50	262,50	1,89	64,25	2,08	21,35
	N ₉₀ +PK	0,62	427,50	7376,00	4399,00	2088,50	526,00	11,00	75,75	3,91	57,20
	N ₁₅₀ +PK	0,51	379,00	6352,50	3567,00	1779,00	460,50	9,09	67,50	2,77	36,70
Átlag		0,51	306,50	6183,24	3312,50	1488,10	392,33	5,83	69,26	2,97	55,14
SzD _{5%} Tápanyagszint		0,10	21,30	380,36	944,50	172,59	86,73	3,00	16,15	0,53	16,17
SzD _{5%} Hibrid		0,25	30,17	917,13	2277,39	416,14	177,76	1,76	15,92	1,27	38,98
SzD _{5%} Kölcsönhatás		0,43	52,26	1588,51	3944,55	720,77	307,89	3,06	27,58	2,20	67,51

A 2014. tenyésztésben is elvégeztük a szemben és a vegetatív részekben lévő fontosabb makro-, mezo- és mikorelemek mennyiségének a meghatározását a két kiválasztott kukorica hibrid esetében (45. táblázat).

45. táblázat. A fontosabb makro-, mezo- és mikorelemek mennyisége a kukorica szemtermésében és a vegetatív részeiben (Debrecen, 2014)

Szem beltartalma											
Hibrid	Tápanyagszint	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Cu	Mn
		(m/m %)	(mg kg ⁻¹)								
P9494	Kontroll	0,82	2556,50	3040,50	33,90	567,50	917,50	13,15	15,40	1,26	4,52
	N ₉₀ +PK	1,01	2777,50	3351,00	54,45	765,50	1033,00	13,75	17,95	1,48	4,64
	N ₁₅₀ +PK	1,13	3271,00	3549,00	77,05	806,50	1178,00	14,85	25,85	1,61	5,48
Átlag		0,99	2868,33	3313,50	55,13	713,17	1042,83	13,92	19,73	1,45	4,88
SY AFINITY	Kontroll	0,98	3000,50	3095,50	34,85	878,50	1176,50	14,65	16,40	1,55	4,61
	N ₉₀ +PK	1,10	3041,50	3241,00	51,35	921,50	1274,50	15,20	19,20	1,44	4,81
	N ₁₅₀ +PK	1,19	3233,00	3381,50	80,05	931,50	1335,50	16,00	21,70	1,63	5,28
Átlag		1,09	3091,67	3239,33	55,42	910,50	1262,17	15,28	19,10	1,54	4,90
SzD _{5%} Tápanyagszint		0,02	33,65	114,87	5,32	263,86	51,65	0,62	1,43	0,11	0,14
SzD _{5%} Hibrid		0,02	43,19	276,97	6,63	636,23	66,09	1,50	3,45	0,19	0,33
SzD _{5%} Kölcsönhatás		0,03	74,81	479,72	11,49	1101,98	114,47	2,59	5,98	0,33	0,57
Vegetatív részek beltartalma											
P9494	Kontroll	0,66	589,50	2702,50	5047,50	2101,00	948,50	10,10	150,00	5,48	100,35
	N ₉₀ +PK	0,88	833,00	5003,50	6924,00	2654,00	1044,50	11,35	171,00	7,50	124,00
	N ₁₅₀ +PK	1,31	926,50	8067,50	7074,50	2852,50	1461,00	13,78	207,50	8,35	119,50
Átlag		0,95	783,00	5257,83	6348,67	2535,83	1151,33	11,74	176,17	7,11	114,62
SY AFINITY	Kontroll	0,60	639,50	4534,50	6727,50	2136,00	996,50	9,30	121,50	4,63	64,65
	N ₉₀ +PK	0,92	787,00	5178,00	8290,50	2727,50	1228,50	11,45	159,50	5,72	110,00
	N ₁₅₀ +PK	1,23	1045,50	7563,00	9974,00	3110,50	1771,00	16,30	202,50	9,15	97,95
Átlag		0,92	824,00	5758,50	8330,67	2658,00	1332,00	12,35	161,17	6,50	90,87
SzD _{5%} Tápanyagszint		0,08	69,00	792,43	396,46	119,38	86,50	0,48	8,33	0,65	17,20
SzD _{5%} Hibrid		0,07	81,58	1910,71	726,68	229,93	208,57	1,16	20,09	1,56	41,47
SzD _{5%} Kölcsönhatás		0,12	141,30	3309,44	1258,65	398,26	361,25	2,01	34,80	2,70	71,83

A 2013. évben kapott eredményekkel ellentétben 2014-ben a vegetatív részek Mn (N₉₀+PK: P9494: 124 mg kg⁻¹, SY Afinity: 110 mg kg⁻¹) tartalmának kivételével az N₁₅₀+PK tápanyagkezelésben mértük a legnagyobb elemtartalmat. Az optimális tápanyagszinten (N₁₅₀+PK) a szemtermésben a P9494 hibrid esetében tapasztaltuk a nagyobb Fe (25,85 mg kg⁻¹), K (3549,00 mg kg⁻¹), Mn (5,48 mg kg⁻¹) és P (3271,00 mg kg⁻¹) tartalmat. Az SY Afinity hibridnél a Ca (80,05 mg kg⁻¹), a Cu (1,63 mg kg⁻¹), a Mg (931,50 mg kg⁻¹), a S (1335,50 mg kg⁻¹) és Zn (16,00 mg kg⁻¹) tartalom volt a nagyobb. A vegetatív részekben is a legnagyobb Fe (207,50 mg kg⁻¹), K (8067 mg kg⁻¹) és Mn (124,00 mg kg⁻¹) tartalmat a P9494 hibridnél, míg a legnagyobb Ca (9974,00 mg kg⁻¹), Cu (9,15 mg kg⁻¹), Mg (3110,50 mg kg⁻¹), P (1045,50 mg kg⁻¹), S (1771,00 mg kg⁻¹) és Zn (16,30 mg kg⁻¹) tartalmat az SY Afinity hibridnél mértük. A tápanyagkezelések

átlagában az SY Afinity hibrid esetében szignifikánsan nagyobb értékeket tapasztaltunk a szemtermés P ($3091,67 \text{ mg kg}^{-1}$) és S ($1267,17 \text{ mg kg}^{-1}$), illetve a vegetatív részek Ca ($9974,00 \text{ mg kg}^{-1}$) tartalmában, mint a P9494 hibridnél. A műtrágyázás hatására - hasonlóan a 2013. évhez - szignifikánsan nőtt az elemtartalom mind a szemben, mind a vegetatív részekben. Az $N_{90}+PK$ és $N_{150}+PK$ tápanyagszinteken mért makro-, mezo- és mikorelem tartalom nem minden esetben mutatott szignifikáns különbséget (45. táblázat).

6. KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálatunk során a kukorica hibrideknél eltérő nagyságú SPAD értékeket tapasztaltunk a különböző évjáratokban, tápanyakezelésekben és mérési időpontokban. A három vizsgált évben a maximális SPAD értékek között nem találtunk jelentős különbséget. A tápanyagkezelések átlagában 2012-ben 56,2-60,9, 2013-ban 51,3-53,7 és 2014-ben 58,8-61,8 között alakult a legnagyobb relatív klorofill tartalom. A vizsgált tenyészévekben a kukorica hibridek relatív klorofill tartalma a 12 leveles állapot-nővirágzás periódusa közötti időszakban nőtt, majd azt követően a szemtelítődés szakaszában csökkent. A tápanyagellátás mindhárom évjáratban minden kukorica hibrid esetén növelte a relatív klorofill tartalmat, azonban ezt nem minden esetben tudtuk statisztikailag igazolni. A legnagyobb SPAD értékeket évjáratától és hibridtől függően az $N_{60-120-150}+PK$ tápanyag-kezelésekben mértük. Pearson-féle korrelációanalízissel megállapítottuk, hogy a SPAD értékek és a tápanyagellátás között 2012-ben hím- és nővirágzás időszakában ($r=0,534^{**}$, $r=0,569^{**}$), valamint a szemtelítődés ($r=0,594^{**}$) idején közepes pozitív kapcsolat volt. Erős pozitív kapcsolatot bizonyítottunk a kukorica 12 leveles állapotában ($r=0,753^{**}$) és a hímvirágzás ($r=0,783^{**}$) periódusában a relatív klorofill tartalom és a tápanyagellátás között a 2013. tenyészévben. 2014-ben közepes pozitív kapcsolatot találtunk a nővirágzás ($r=0,608^{**}$) és a szemtelítődés ($r=0,693^{**}$) idején mért SPAD értékek és a tápanyagellátás között. Eredményeink összességében nem bizonyították Ványiné (2010) megállapításait, amely szerint a legnagyobb SPAD értékek 12 leveles állapotban az $N_{120}+PK$ tápanyagkezelésben voltak. A relatív klorofill tartalom és a termés között 2012-ben közepes és erős pozitív kapcsolatot ($r=0,651^{**}$ - $0,736^{**}$), míg 2013-ban ($r=0,172^{*}$ - $0,601^{**}$) és 2014-ben ($r=0,294^{**}$ - $0,526^{**}$) gyenge és közepes pozitív kapcsolatot tudtunk megállapítani.

A levélterületi index értéke, a relatív klorofill tartalom értékekhez hasonlóan, a vizsgált kukorica hibrideknél a különböző tápanyag-kezelésekben eltérően alakult. A három vizsgált évben a levélterületi index értékek között nem tapasztaltunk jelentős különbségeket. A tápanyagkezelések átlagában hibridtől függően a legnagyobb levélterületi index értékeket a 2012. tenyészévben kaptuk ($3,3-3,6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). Hasonló LAI értékeket mértünk 2014-ben is ($3,0-3,4 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). Ezekhez az értékekhez képest csökkenést tapasztaltunk a 2013. tenyészévben mért levélterületi index értékeknél ($2,7-3,3 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). A fenológiai fázisok előre haladtával és a tápanyagdózisok emelkedésével a LAI értéke fokozatosan nőtt egészen a virágzásig minden tenyészévben az összes

vizsgált kukorica hibridnél. Ezzel a megállapításunkkal hasonló eredményt kapott *Lönhardné et al.* (1992) és *Oikeh et al.* (1998) is. A legnagyobb LAI értékeket a vizsgált hibridek mindhárom évben az N₁₂₀₋₁₅₀+PK tápanyagkezelésben érték el. Eredményeink nem bizonyították *Menyhért* (1980) megállapítását, aki szoros kapcsolatot írt le a termés és a LAI értékek között. Kísérletünkben ugyanis 2012-ben 12 leveles állapotban ($r=0,270^*$), valamint a 2013. tenyészév szemtelítődési időszaka kivételével (közepes pozitív kapcsolat, $r=0,601^{**}$) a többi mérési időpontban is gyenge pozitív kapcsolatot tapasztaltunk a LAI értékek és a termés között. A 2014. tenyészévben csak a nővirágzás ($r=0,243^{**}$) és a szemtelítődés időszakában ($0,474^{**}$) mért LAI értékek voltak gyenge pozitív kapcsolatban a terméseredményekkel.

A vizsgált kukorica hibridek növénymagassága a kísérleti három év során különbözőképpen alakult. A három év növénymagasság értékei között jelentős különbséget tapasztaltunk. A kukorica hibridek végső magassága a 2014. évben volt a legkisebb, ugyanis a mérési eredmények szerint a kezelések átlagában a legalacsonyabb kukorica hibrid a DKC4025 (232,8 cm), míg a legmagasabb hibrid az SY Afinity (268,1 cm) volt. A 2013. évben nagyobb növényeket mértünk, mint a 2012. tenyészévben. 2013-ban a legalacsonyabb hibridnek szintén a DKC4025 (250,6 cm) hibrid, míg legmagasabbnak az SY Afinity (287,2 cm) hibrid bizonyult. A legmagasabb kukorica állományok a 2012. évben fejlődtek. A tápanyagkezelések átlagában a legkisebb növénymagassága a PR37M81 (290,0 cm) hibridnek, míg a legnagyobb növénymagassága az SY Afinity (308,8 cm) hibridnek volt. Ezek az eredmények bizonyítják *Rizvan et al.* (2003) megállapításait, amely szerint a növény magasságát a genetikai és környezeti tényezők együttesen határozzák meg. A kísérlet három éve alatt a hibridek magassága között csak néhány esetben találtunk statisztikailag igazolható különbséget.

Műtrágyázás hatására nőtt a kukorica hibridek magassága (a hibridek átlagában: 2012: kontroll: 293,2 cm, N₁₅₀+PK: 300,8 cm, 2013: kontroll: 247,2 cm, N₁₅₀+PK: 272,2 cm, 2014: kontroll: 244,1 cm, N₁₅₀+PK: 244,8 cm), amelyet *Khan et al.* (2014) és *Abbas et al.* (2003) is bizonyítottak. A tápanyagkezelések és a növénymagassági értékek között közepes pozitív kapcsolatot tudtunk megállapítani 2013-ban, míg 2012-ben és 2014-ben nem találtunk statisztikailag bizonyítható összefüggést. A növénymagasság és a termés között 2012-ben ($r=0,337^{**}$) és 2014-ben ($r=0,222^{**}$) gyenge pozitív, míg a 2013. tenyészévben ($r=0,700^{**}$) erős pozitív irányú kapcsolatot tapasztaltunk.

A levélterület tartósságot jelentősen befolyásolta az évjárat és a műtrágyázás hatása, ugyanis a kezelések átlagában a LAD értékek 2012-ben 226-256 nap, 2013-ban 178-222 nap és a 2014. tenyészévben 210-232 nap között változtak. A vizsgálati periódus során az aktív fotoszintetizáló területét a PR37N01 (2012: 256 nap és 2013: 222 nap) és az SY Afinity hibrid (2014: 232 nap) őrizte meg a leghosszabb ideig. A hibridek átlagában a legkisebb LAD értékeket minden vizsgált évben a trágyázatlan kezelésben kaptuk (2012: 228 nap, 2013: 166 nap, 2014: 208 nap). Ehhez képest az N₁₅₀+PK tápanyagszinten jelentősen nagyobb LAD értékeket tapasztaltunk (2012: 252 nap, 2013: 231 nap, 2014: 232 nap). Eredményeink statisztikailag is bizonyítják, hogy a műtrágyázás hatására a kukorica hibridek hosszabb ideig képesek fenntartani a zöld fotoszintetizáló területüket. A műtrágyázás és a LAD értékek között mindhárom évben statisztikailag igazolható kapcsolatot állapítottunk meg, de a kölcsönhatás erőssége a különböző tenyészévekben eltérő mértékű volt. A műtrágyázás és a LAD értékek közötti kapcsolat 2012-ben és 2014-ben gyenge pozitív (2012: $r=0,395^{**}$, 2014: $r=0,313^{**}$), míg 2013-ban közepes pozitív ($r=0,660^{**}$) volt. Vizsgálatunk során a nagyobb LAD értékek kedvezőbb termés elérését tették lehetővé. A termés és a levélterület tartósság között a 2012. és 2014. tenyészévekben gyenge pozitív (2012: $r=0,310^{*}$, 2014: $r=0,313^{**}$), míg a 2013. tenyészévben közepes pozitív kapcsolatot ($r=0,585^{**}$) tudtunk megállapítani.

A különböző évjáratokban a termésképző elemek értéke is változott. *Pintér et al.* (1977) szerint a kukorica csőhossza az évjáratoktól függően változik, amit a három vizsgált évben tapasztalt csőhossz értékek is visszatükröznek. A 2012. tenyészévben a csőhossz 18,7-21,5 cm között alakult. Ezzel szemben a 2013. (16,6-20,7 cm) és 2014. (17,5-21,2 cm) években kisebb csőhosszat mértünk. A műtrágyázás növelte a csőhosszúságot, amit a 2012. és 2014. években elért eredmények alapján statisztikailag is tudtunk bizonyítani. 2012-ben és 2014-ben közepes pozitív kapcsolatot tapasztaltunk a két tényező között (2012: $r=0,680^{**}$, 2014: $r=0,552^{**}$). A termés és a csőhossz között azonban csak a 2012. tenyészévben tudtunk szoros kapcsolatot megállapítani ($r=0,743^{**}$).

A kezelések átlagában hibridtől függően a legnagyobb csőátmérőt a 2013. évben tapasztaltuk (4,7-5,2 cm), ezzel szemben 2012-ben és 2014-ben is kisebb csőátmérőt mértünk a vizsgált kukorica hibrideknél (2012: 4,7-5,0 cm, 2014: 4,2-4,9 cm). A műtrágyázásnak a 2012. tenyészévben volt a legnagyobb hatása a csőátmérő alakulására, ugyanis a két tényező között erős pozitív kapcsolatot találtunk ($r=0,711^{**}$).

A másik két vizsgált évben a műtrágyázásnak mérsékeltebb hatása volt a vizsgált hibridek csóátmérőjére (2013: $r=0,283^*$, 2014: $r=0,503^{**}$). A csóátmérő és a termés között csak a 2012. évben találtunk erős pozitív kapcsolatot ($r=0,737^{**}$).

A 2012. tenyészévben mértük a legnagyobb ezerszemtömeget. A tápanyagkezelések átlagában hibridtől függően az említett évben 348,5-362,6 g között alakult az ezerszemtömeg. A 2013. és 2014. években kisebb ezerszemtömeget tapasztaltunk, mint a kísérlet első évében (2013: 237,9-355,0 g, 2014: 297,8-329,7 g). A műtrágyázás - hasonlóan a csóátmérőnél kapott eredményekhez - az ezerszemtömeg alakulására is a 2012. évben volt a legnagyobb hatással, ugyanis erős pozitív kapcsolatot állapítottunk meg a két tényező között ($r=0,807^{**}$). Gyenge pozitív kapcsolat volt a műtrágyázás és az ezerszemtömeg között a 2014. tenyészévben ($r=0,339^{**}$). A termés és az ezerszemtömeg közötti kapcsolat tekintetében a 2012. évben tapasztalt eredményekből tudtunk hasonló következtetést levonni, mint *Nastasic et al.* (2010), amely szerint a két vizsgált tényező között erős pozitív kapcsolat volt ($r=0,727^{**}$). Ennek ellenére a másik két évben nem vagy gyenge pozitív kapcsolat volt a termés és az ezerszemtömeg között (2014: $r=0,292^*$).

A három vizsgált év között a morzsolási % vizsgálata esetében mérsékelt eltérést találtunk. A morzsolási % a kezelések átlagában, hibridtől függően a 2014. évben közel azonosan alakult, mint a 2013. évben (86,5-90,1 %, 2013: 86,6-89,3 %). Ennél kisebb értékeket állapítottunk meg a 2012. tenyészévben (2012: 84,9-86,5 %). Pearson-féle korrelációanalízissel csak a 2012. évben tudtunk megállapítani kapcsolatot a műtrágyázás és a morzsolási % ($r=0,474^{**}$), illetve a termés és a morzsolási % között ($r=0,521^{**}$).

Eredményeink igazolták *Gyenesné et al.* (2001), illetve *Tolbert et al.* (2001) *Hejazi és Soleymani* (2014) megállapításait, amely szerint az évjáratnak és a műtrágyázásnak jelentős hatása volt a termésképző elemek alakulására.

A kísérlet három évének terméseredményeiből megállapítottuk, hogy a tápanyagkezelések átlagában, hibridtől függően a legnagyobb termés a 2013. évben volt (12047-16806 kg ha⁻¹). Ennél kisebb terméseredményeket tapasztaltunk 2012-ben és 2014-ben (2012: 12116-13281 kg ha⁻¹, 2014: 11078-13922 kg ha⁻¹). A 2013-ban elért nagy termésmennyiségben meghatározó szerepe volt a tenyészidőszak előtt lehullott nagy mennyiségű csapadéknak, ami a talaj vízkészletét jelentős mértékben feltöltötte, így az biztosítani tudta a kukorica állományok vegetatív fejlődéséhez szükséges vízmennyiséget és részben ellensúlyozta a nyári időszak kedvezőtlen időjárási hatását.

Csajbók (2000) szoros összefüggést állapított meg a téli félév csapadéka és a termés között azokban az években, amikor a nyári csapadék mennyisége kisebb volt. Optimális tápanyagszintnek bizonyult 2012-ben az $N_{90}+PK$ (14199 kg ha^{-1}), míg 2013-ban és 2014-ben az $N_{120}+PK$ tápanyagszint. Ezekben a tápanyagkezelésekben tapasztaltuk a hibridek átlagában a legnagyobb termést (2013: 16011 kg ha^{-1} , 2014: 13630 kg ha^{-1}). Az említett eredmények alátámasztották *El Hallof és Sárvári* (2005) megállapításait, akik az $N_{120}+PK$ trágyakezelésnél nagyobb műtrágya dózis kijuttatását nem tartották célszerűnek, mert az ennél nagyobb műtrágyaszinteken nem tapasztaltak termésnövekedést. Eredményeink bizonyították *Sárvári és Boros* (2010) megállapításait, amely szerint egyre korszerűbb kukorica hibridek kerülnek a termesztésbe, amelyeknek a műtrágya-hasznosító képességük egyre jobb. Amíg az 1970-80-as években $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ jelentette az agroökológiai optimumot, addig napjainkban ez $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ hatóanyag.

A vizsgált kukorica hibridek közül 2012-ben és 2013-ban az SY Afinity hibrid (2012: $N_{90}+PK$: 14972 kg ha^{-1} , 2013: $N_{120}+PK$: 18619 kg ha^{-1}), míg 2014-ben a P9175 hibrid (2014: $N_{90}+PK$: 15189 kg ha^{-1}) adta a legnagyobb termést. Az $N_{150}+PK$ tápanyagszinten a kukorica hibridek többségénél termésdepresszió következett be (kivéve: 2013: P9175, PR37M01). Ezzel szemben *Akmal et al.* (2010) kísérletében a $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ hatóanyag alkalmazása eredményezte a maximális termést.

A kukorica hibridek tápanyagoptimum-értéke eltérően alakult a különböző évjáratokban. A három év közül a legtagabb műtrágya optimum értékeket a 2013. évben tapasztaltuk. Az említett évben a tenyészidő folyamán lehullott nagyobb mennyiségű csapadék lehetővé tette, hogy a nagyobb műtrágyadóziók tápanyagtartalma is megfelelően hasznosuljon.

Bizonyítottuk, hogy az SY Afinity hibrid mind a 2013., mind a 2014. évben több tápelemet vont ki a talajból, mint a P9494 hibrid. (Kezelések átlagában: 2013 többlet: N : 33,7 kg, P_2O_5 : 25,4 kg, K_2O : 20,4 kg, 2014 többlet: N : 22,0 kg, P_2O_5 : 5,1 kg, K_2O : 4,9 kg). A műtrágyázási hasznosulási értéket az évjárat befolyásolta. A műtrágyázás hasznosulási értéke a 2013. évben kedvezőbb volt az említett kukorica hibrid esetében, mint a 2014. évben (2013: N : 71,4-84,6 %, P_2O_5 : 26,7-34,3 %, K_2O : 42,3-47,4 %, 2014: N : 52,1-62,2 %, P_2O_5 : 7,4-12,9 %, K_2O : 18,7-24,1 %). Eredményeink részben igazolták *Debreczeni* (1979) eredményeit (N : 40-80 kg, P_2O_5 : 15-35 kg, K_2O : 40-70 kg).

Kang-féle stabilitásanalízissel vizsgáltuk azoknak a kukorica hibridek a termésstabilitását, amelyek mindhárom évben szerepeltek a kísérletben (PR37M81,

PR37N01, P9494, SY Afinity). Megállapítottuk, hogy a négy vizsgált hibrid közül a kísérlet három éve alatt a legkedvezőbb termésstabilitással a P9494 ($b=0,7353$) kukorica hibrid rendelkezett, ugyanis ennél a hibridnél volt a legkisebb termésingadozás. Az eredmények alapján szintén stabilnak volt mondható a PR37M81 ($b=0,8164$) hibrid is, de terméseredményei elmaradtak a P9494 hibrid terméseredményeitől. A PR37N01 ($b=1,1409$) és az SY Afinity ($b=1,3074$) hibridek termésstabilitása gyengébb volt, ugyanis a két említett kukorica hibrid terméseredménye kedvező ökológiai körülmények között jelentősen nagyobb volt, mint a P9494 és PR37M81 hibridek terméseredménye, azonban kedvezőtlenebb körülmények alakulása esetén termésük is számottevően csökkent.

A tápanyagkezelések esetében a legkedvezőbb stabilitást a trágyázatlan kezelésben tapasztaltuk ($b=0,6941$). A kontroll kezelésnél nagyobb tápanyagdózisok esetében a legkedvezőbb stabilitással az $N_{90}+PK$ tápanyagszint rendelkezett ($b=0,8395$). Kevésbé bizonyultak stabilnak az $N_{120}+PK$ és $N_{150}+PK$ tápanyagszintek, a nagy termések ellenére a környezeti feltételek nagyban befolyásolták a termés ingadozását ($N_{120}+PK$: regressziós koefficiens értéke: 1,2208, $N_{150}+PK$: regressziós koefficiens értéke: 1,3338).

A varianciakomponensek felosztásával meghatároztuk, hogy a kontroll terméshez viszonyított terméstöbbletet a műtrágyázás és a genotípus milyen mértékben befolyásolta. Megállapítottuk, hogy a legnagyobb hatása a műtrágyázásnak a 2014. évben volt (84,3 %). Ezzel szemben 2012-ben és 2013-ban mérsékeltebb hatást tapasztaltunk (2012: 70,7 %, 2013: 66,2 %). A genotípus a terméstöbblet kialakításában a 2013. évben gyakorolta a legnagyobb hatást (33,8 %). Ehhez képest 2012-ben és 2014-ben is kisebb mértékben járult hozzá a terméstöbblet kialakításához (2012: 29,3 %, 2014: 15,7 %). A három évet együttesen vizsgálva megállapítottuk, hogy a termés mennyisége szempontjából a legnagyobb hatással a műtrágyázás bírt, amely a kontroll terméshez viszonyított terméstöbbletet 58,3 %-ban biztosította. A genotípusnak és az évjáratnak mérsékeltebb hatása volt a terméstöbblet kialakításában (genotípus: 25,3%, évjárat: 16,4 %).

A kísérletben vizsgált kukorica hibridek fehérje tartalma a kezelések átlagában hibridtől függően a 2012. évben volt a legnagyobb (6,22-8,27 %). Ehhez képest a 2013. és 2014. években csökkenést tapasztaltunk a fehérjetartalomban (2013: 5,15-6,12 %, 2014: 6,43-7,41 %). Hasonló tendenciát tudtunk megállapítani az olajtartalom változása esetén is. Ez azt jelenti, hogy a 2012. tenyészévben a kezelések átlagában az

olajtartalom 3,87-4,17 % között alakult. Ezzel szemben mind 2013-ban, mind 2014-ben kisebb olajtartalmat mértünk a kísérletben használt kukorica hibrideknél (2013: 3,68-3,86 %, 2014: 2,63-3,59 %). A kezelések átlagában a keményítő tartalom a 2014. tenyészévben volt a legnagyobb (70,21-73,87 %). Hasonló értékeket kaptunk a 2013. évben is (71,10-72,99 %), míg a 2012. évben mérsékelten csökkent (66,11-68,45 %) a kukorica hibridek keményítő tartalma. Ezek az eredmények igazolják *Farkas et al.* (2012), megállapításait, akik szerint az évjáráthatás befolyásolja a kukorica termésének minőségét, ugyanis csapadékosabb években kisebb a fehérje tartalom, míg nagyobb a keményítő tartalom a magban. *Széles és Nagy* (2013) szerint az évjáraton kívül a hibridnek is nagy szerepe van a kukoricaszem fehérjetartalmának alakulásában. A három vizsgált évben a 2012. év szemtelítődési időszaka rendkívül száraz, aszályos volt, amely kihatott a kukorica állományok beltartalmi paramétereinek alakulására. A 2013. és 2014. évek említett fenofázisa csapadékosabb volt, mint a 2012. év ugyanezen szakasza. A csapadékosabb időjárás kedvezett a kukorica állományok keményítő tartalmának alakulására.

A szem fehérjetartalmát legfőképpen a nitrogén tápelem növeli (*Kovács* 1994, *Izsáki* 2007). Ezen megállapítást a kísérletben vizsgált kukorica hibridek szemtermésében lévő fehérjetartalom meghatározásával igazolni tudtuk. Eredményeink alapján a hibridek átlagában a kontroll kezeléshez képest 2012-ben 80,90 %, 2013-ban 83,12 %-ban, míg 2014-ben 75,00 %-kal nőtt a fehérjetartalom az N₁₅₀+PK tápanyagszinten.

Krivián és Sárvári (2012) szoros összefüggést állapított meg a nitrogén műtrágyázás és a kukoricaszem fehérje tartalma között, amelyet eredményeink is alátámasztottak. A Pearson-féle korrelációanalízis bizonyította, hogy a műtrágyázás és a fehérjetartalom között minden vizsgált évben erős pozitív kapcsolat volt (2012: $r=0,842^{**}$, 2013: $r=0,834^{**}$, 2014: $r=0,913^{**}$). Ez a megállapítás elmondható a műtrágyázás és az olajtartalom közötti összefüggés esetében is (2013: $r=0,929^{**}$, 2014: $r=0,745^{**}$) a 2012. év kivételével. Az említett évben a két vizsgált tényező között gyenge, pozitív kapcsolatot bizonyítottunk (2012: $r=0,481^{**}$). A keményítőtartalom és a műtrágyázás között szintén erős, de negatív előjelű kapcsolatot tudtunk megállapítani (2012: $r=-0,877^{**}$, 2013: $r=-0,757^{**}$, 2014: $r=-0,776^{**}$).

Az évjáratnak, a genotípusnak és a műtrágyázásnak nagy szerepe volt a makro-, mezo- és mikorelemek mennyiségének alakulására. 2013. tenyészévben a vizsgált elemek a két kiválasztott kukorica hibrid szemtermésében és vegetatív részeiben a

legnagyobb mennyiségben az N₉₀+PK tápanyagszinten mért termésben fordultak elő (kivéve: P9494: N: N₁₅₀+PK: 1,14 m/m%). Ezzel szemben a 2014. tenyésztésben az optimális tápanyagszint a makro-, mezo- és mikroelemek tekintetében az N₁₅₀+PK trágyakezelés volt, ugyanis a vizsgált tápelemek ebben a tápanyagkezelésben érték el a maximumukat (kivéve: SY Afinity: Mn tartalom: N₉₀+PK: 110,00 mg kg⁻¹).

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A kukorica az egyik legfontosabb gabonanövény a világon. Számos felhasználási lehetősége van a vegyipartól egészen a gyógyszeriparig. Nélkülözhetetlen szerepe van az emberi fogyasztásban és az állati takarmányozásban. Jó alkalmazkodó képességének köszönhetően a legkülönbözőbb ökológiai adottságú területeken termesztik, azonban az ökológiai adottságok és a termelési ráfordítások változékonysága miatt az egyes országokban jelentősen eltér a kukorica termésmennyisége. Termesztése intenzív technológiát igényel, a pótlólagos ráfordításokat termésnövekedéssel hálálja meg.

Vetésterülete a világon napjainkban meghaladja a 184 millió ha-t. Hazánkban a kukorica termőterülete 1,1-1,2 millió ha között változik.

Sajnos a globális felmelegedés következtében éghajlatunk változékonyabbá vált. Ennek eredményeként nő a Föld átlaghőmérséklete és számos más környezeti probléma mellett szélsőségesebbé válik az éghajlat. A klímaváltozás kedvezőtlen hatásai közé sorolható a csapadékmennyiség térbeli eloszlásának megváltozása, ami a gyakori aszályok és az özvízszerű esőzések előfordulását hordozza magában. A növénytermesztésnek és azon belül a kukoricatermesztésnek napjainkban és a közeljövőben is szembe kell néznie a klímaváltozás, a népességnövekedés és a termőterület csökkenés problémáival. A kukoricatermesztés ezeknek a kihívásoknak csak akkor tud megfelelni, ha a biológiai alapokat folyamatosan fejlesztjük, olyan kukorica hibrideket állítunk elő, amelyek a megváltozott éghajlathoz és növekvő élelmiszer igény kielégítéséhez a lehető legnagyobb mértékben képesek alkalmazkodni, ennek következtében a lehető legnagyobb termést tudják produkálni, a környezet jelentős terhelése nélkül.

A vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ, Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Kísérleti Telepén beállított, kisparcellás kísérletben végeztük 2012. április-2014. október között. A kísérlet keretein belül különböző genotípusú kukorica hibridek tápanyagreakcióját és minőségét vizsgáltuk. A kísérlet folyamán arra kerestük a választ, hogy a különböző évjáratok, genotípusok és eltérő mennyiségű műtrágyaadagok hogyan befolyásolják a termésmennyiséget és minőséget, milyen mértékben változtatják meg a vizsgált fiziológiai paraméterek értékét.

2012-ben a tenyészidőszakot megelőző periódusban jelentősen kevesebb csapadék hullott (2011 október-2012 március: 136,4 mm), mint a 30 éves átlag ezen időszakában (2011 október-2012 március: 220,2 mm). Ez a csapadékmennyiség csak kismértékben

töltötte fel a csernozjom talaj vízkészletét. A kukorica állományok kelését a talajban raktározott, a növény számára felvehető vízkészlet és az áprilisi csapadékmennyiség biztosítani tudta. A kukorica állományok fejlődésének kritikus szakaszaiban a lehullott csapadék elérte, sőt meg is haladta a 30 éves átlagot, illetve az átlaghőmérséklet is kedvezően alakult. Ezek a tényezők elősegítették az állományok gyors fejlődését és a kritikus virágzási-megtermékenyülési fázis sikeres átvészelését. Az augusztusi és szeptemberi hónapokban az időjárási tényezők kedvezőtlené váltak. A csapadékmennyiség a két említett hónapban minimális volt (augusztus: 4,1 mm, szeptember: 3,5 mm). Ehhez a kevés csapadékhoz magas átlaghőmérséklet párosult (augusztus: 22,5 °C, szeptember: 18,5 °C), ami az állományok asszimilációs felületének gyors leszáradását eredményezte és károsan hatott a szemetelítődés folyamataira is.

A 2013. tenyészévben a vegetációs periódust megelőző időszakban (2012 október-2013 március: 332,7 mm) jelentősen több csapadék hullott, mint a 2012. év ezen szakaszában (2011 október-2012 március: 136,4 mm), valamint a 30 éves átlag ezen időszakában (2012 október-2013 március: 220,2 mm). Ez a lehullott csapadékmennyiség feltöltötte a talaj vízkészletét, így a tavaszi, korányári időszakban biztosítani tudta a vegetatív fejlődéshez szükséges vízmennyiséget és részben képes volt ellensúlyozni a szárazabb június-július-augusztusi hónapok kedvezőtlenebb időjárását.

A 2014. tenyészévben a vegetációs periódus előtti időszak csapadékmennyisége hasonlóan alakult (2013 október-2014 március: 167,1 mm), mint a 2012. tenyészév ezen időszaka (2011 október-2012 március: 136,4 mm), azaz kevesebb volt a sokévi átlag ezen időszakának csapadékmennyiségétől (2013 október-2014 március: 220,2 mm). A vegetációs periódus kezdetén a kukorica állományok gyors fejlődést mutattak, azonban a júniusi szárazság (7,9 mm) károsan érintette az épp virágzás előtt álló kukorica állományokat. Kedvező hatású volt a júliusi extrém nagy mennyiségű csapadék (128 mm), amely majdnem kétszerese volt a sokévi átlagnak (65,7 mm). Ez a csapadék és a 30 éves átlagnál magasabb középhőmérséklet (21,1 °C), valamint a nagyobb páratartalom kedvezően befolyásolta a kukorica állományok generatív szakaszát, a virágzást, termékenyülést, valamint a szemetelítődést. A szeptemberi (95,7 mm) csapadék, ami jelentősen meghaladta a sokévi átlagot (38,0 mm), késleltette a kukorica szemek vízvesztését és a betakarítást.

Vizsgálatunk során a kukorica hibrideknél eltérő nagyságú SPAD értékeket mértünk a különböző évjáratokban, tápanyakezelésekben és mérési időpontokban. A három vizsgált évben a maximális SPAD értékek között nem találtunk jelentős

különbséget. A tápanyagkezelések átlagában 2012-ben 56,2-60,9, 2013-ban 51,3-53,7 és 2014-ben 58,8-61,8 között alakult a legnagyobb relatív klorofill tartalom. A kukorica relatív klorofill tartalmát egy harang alakú görbével tudtuk leírni. A kukorica hibridek relatív klorofill tartalma a 12 leveles állapot-nővirágzás periódusa közötti időszakban nőtt, majd azt követően a szemtelítődés szakaszában csökkent. A tápanyagellátás mindhárom évjáratban minden kukorica hibrid esetén növelte a relatív klorofill tartalmat, azonban ezt a megállapítást nem minden esetben tudtuk statisztikailag igazolni.

A legnagyobb SPAD értékeket évjáratától és hibridtől függően az $N_{60-120-150}+PK$ tápanyagkezelésekben mértük. Statisztikailag bizonyítottuk, hogy a tápanyagellátás növelte a relatív klorofill tartalmat, kivételt képeznek ez alól a kukorica állományok kezdeti fejlődési szakaszaiban mért SPAD értékek (2012: 6-8 leveles és 12 leveles állapot, 2014: 6-8 leveles állapot). Ezen értékek és a tápanyagellátás között nem tudunk megállapítani szignifikáns különbséget. A virágzás- és szemtelítődés szakaszában mért relatív klorofill tartalom és a termés között szintén találtunk szignifikáns eltérést.

A levélterületi index értéke a három eltérő évjáratban különbözőképpen alakult a kísérletben részt vevő hibrideknél. Nem tapasztaltunk jelentős különbségeket a vizsgált kukorica hibridek levélterületi index értékeiben a kísérleti időszak három éve alatt. A tápanyagkezelések átlagában hibridtől függően a legnagyobb levélterületi index értékeket a 2012. tenyészévben kaptuk ($3,3-3,6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). Hasonló LAI értékeket mértünk 2014-ben is ($3,0-3,4 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). Ezekhez az értékekhez képest csökkenést tapasztaltunk a szárazabb, 2013. tenyészévben mért LAI értékek esetében ($2,7-3,3 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$).

A levélterület alakulása is egy harang alakú görbét írt le a tenyészidőszak folyamán, vagyis az első méréstől kezdve fokozatosan nőtt egészen a virágzásig mindhárom tenyészévben minden vizsgált hibridnél. A fenológiai fázisok előre haladtával és a tápanyagdózisok emelkedésével a LAI értéke is nőtt, majd a szemtelítődés időszakában csökkent. A legnagyobb LAI értékeket a vizsgált hibridek mindhárom évben az $N_{120-150}+PK$ tápanyagkezelésben érték el.

A tápanyagellátás és a levélterületi index értékek között egyértelműen csak a 2013. tenyészévben tudunk megállapítani minden fenofázisban statisztikailag igazolható eltérést. 2012-ben és 2014-ben már nem minden esetben volt szignifikáns különbség a vizsgált két tényező között. Hasonló tendenciát tapasztaltunk a termés és a LAI értékek között 2013-ban. Ebben az évben a LAI értékek minden mérési időpontban gyenge és közepes kapcsolatban voltak a terméssel, míg 2014-ben a levélterületi index

értékei a fenofázisok többségénél gyenge kapcsolatot mutattak a terméssel. A 2012. tenyészévben az esetek többségénél nem találtunk kapcsolatot a termés és a LAI értékek között.

Az alkalmazott kukorica hibridek növénymagassága a vizsgált három év során eltérően alakult. A három év növénymagasság értékei között jelentős különbséget tapasztaltunk. A kukorica hibridek végső magassága a 2014. évben volt a legkisebb. A 2013. évben magasabb kukorica állományok fejlődtek, mint a 2012. tenyészévben, azonban a legnagyobb szármagasságot a 2012. évben érték el a vizsgált kukorica hibridek. A műtrágyázás hatással volt az alkalmazott kukorica hibridek szármagasságára, azonban ezt statisztikailag csak a 2013. tenyészévben tudtuk bizonyítani ($r=0,539^{**}$). A növénymagasság és a termés között 2012-ben ($r=0,337^{**}$) és 2014-ben ($r=0,222^{**}$) gyenge pozitív, míg a 2013. tenyészévben ($r=0,700^{**}$) erős pozitív irányú kapcsolatot tapasztaltunk.

A kezelések átlagában a LAD értékek 2012-ben 226-256 nap, 2013-ban 178-222 nap és a 2014. tenyészévben 210-232 nap között változtak. A kísérleti időszak alatt az aktív fotoszintetizáló felületét a PR37N01 (2012: 256 nap és 2013: 222 nap) és az SY Afinity hibrid (2014: 232 nap) őrizte meg a leghosszabb ideig. A hibridek átlagában a legkisebb LAD értékeket minden vizsgált évben a trágyázatlan kezelésben kaptuk. Ehhez képest az $N_{150}+PK$ tápanyagszinten jelentősen nagyobb LAD értékeket tapasztaltunk. A műtrágyázás hatására nőtt a kukorica leveleinek élettartama, amely azt eredményezte, hogy a kukorica hibridek hosszabb ideig fent tudták tartani az aktív fotoszintetizáló területüket. Ezt statisztikailag is bizonyítani tudtuk. A műtrágyázás és a LAD értékek közötti kapcsolat 2012-ben és 2014-ben gyenge pozitív (2012: $r=0,395^{**}$, 2014: $r=0,313^{**}$), míg 2013-ban közepes pozitív ($r=0,660^{**}$) volt. Vizsgálatunkban a nagyobb LAD értékek kedvezőbb termés elérését tették lehetővé. A termés és a levélterület tartósság között a 2012. és 2014. tenyészévekben gyenge pozitív (2012: $r=0,310^{*}$, 2014: $r=0,313^{**}$), míg a 2013. tenyészévben közepes pozitív kapcsolatot ($r=0,585^{**}$) tudtunk megállapítani.

A 2012. tenyészévben a csőhossz 18,7-21,5 cm között alakult. Ezzel szemben a 2013. (16,6-20,7 cm) és 2014. (17,5-21,2 cm) években is kisebb csőhosszat mértünk. A műtrágyázás növelte a csőhosszúságot, amit a 2012. és 2014. években elért eredmények alapján statisztikailag is tudtunk igazolni. A csőátmérő alakulásában is eltérést tapasztaltunk a vizsgálati periódus alatt. A hibridektől függően a kezelések átlagában a legnagyobb csőátmérőt a 2013. évben kaptunk (4,7-5,2 cm), ezzel szemben 2012-ben és

2014-ben is kisebb csőátmérőt mértünk (2012: 4,7-5,0 cm, 2014: 4,2-4,9 cm). A műtrágyázásnak a 2012. tenyésztésben volt a legnagyobb hatása a csőátmérő alakulására. A két tényező között erős pozitív kapcsolatot találtunk ($r=0,711^{**}$). A másik két vizsgált évben a műtrágyázásnak mérsékeltebb hatása volt (2013: $r=0,283^*$, 2014: $r=0,503^{**}$). A csőátmérő és a termés között csak a 2012. évben találtunk erős pozitív kapcsolatot ($r=0,737^{**}$).

A legnagyobb ezerszemtömeget a 2012. évben mértük. A tápanyagkezelések átlagában hibridtől függően 348,5-362,6 g között alakult az ezerszemtömeg. A 2013. és 2014. években kisebb ezerszemtömeget tapasztaltunk, mint a kísérlet első évében (2013: 237,9-355,0 g, 2014: 297,8-329,7 g). A műtrágyázás a legnagyobb mértékben a 2012. évben befolyásolta az ezerszemtömeg alakulását, ugyanis erős pozitív kapcsolatot állapítottunk meg a két tényező között ($r=0,807^{**}$). Gyenge pozitív kapcsolat volt a műtrágyázás és az ezerszemtömeg között a 2014. tenyésztésben ($r=0,339^{**}$). A termés és az ezerszemtömeg között erős pozitív kapcsolatot tapasztaltunk a 2012. tenyésztésben ($r=0,727^{**}$), azonban a másik két évben nem vagy gyenge pozitív kapcsolat volt a két említett tényező között (2014: $r=0,292^*$).

A morzsolási % a kezelések átlagában, hibridtől függően a 2014. évben közel azonosan alakult, mint a 2013. évben (2014: 86,5-90,1 %, 2013: 86,6-89,3 %). Ennél kisebb értékeket állapítottunk meg a 2012. tenyésztésben (2012: 84,9-86,5 %). Pearson-féle korrelációanalízissel csak a 2012. évben tudtunk megállapítani kapcsolatot a műtrágyázás és a morzsolási % ($r=0,474^{**}$), illetve a termés és a morzsolási % között ($r=0,521^{**}$).

A kísérlet három évének terméseredményeiből megállapítottuk, hogy a tápanyagkezelések átlagában hibridtől függően a legnagyobb termés a 2013. évben volt (12047-16806 kg ha⁻¹). Ennél kisebb terméseredményeket tapasztaltunk 2012-ben és 2014-ben (2012: 12116-13281 kg ha⁻¹, 2014: 11078-13922 kg ha⁻¹). Optimális tápanyagszintnek bizonyult a hibridek átlagában 2012-ben az N₉₀+PK tápanyagszint (14199 kg ha⁻¹), míg 2013-ban és 2014-ben az N₁₂₀+PK tápanyagszint (2013: 16011 kg ha⁻¹, 2014: 13630 kg ha⁻¹). A vizsgált kukorica hibridek közül 2012-ben és 2013-ban az SY Affinity hibrid adta a legnagyobb termést (2012: N₉₀+PK: 14972 kg ha⁻¹, 2013: N₁₂₀+PK: 18619 kg ha⁻¹), míg 2014-ben a P9175 hibridnél mértük a legnagyobb termést (2014: N₉₀+PK: 15189 kg ha⁻¹). A legjobb tápanyag-reakcióval szintén az SY Affinity hibrid, valamint a P9175 hibrid rendelkezett.

Vizsgáltuk az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó terméstöbblet alakulását. A vizsgált kukorica hibridektől függően a legnagyobb termésnövekményt a trágyázatlan kezeléshez képest az N₃₀+PK tápanyagszinten tapasztaltuk mindhárom évben. A 2013. évben az egységnyi műtrágyaadagra jutó terméstöbblet a P9578 hibrid esetében volt a legnagyobb (54,2 kg kg⁻¹). 2012-ben és 2014-ben csökkenést kaptunk az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó legnagyobb termésnövekedés értékeiben (2012: SY Afinity: 18,5 kg kg⁻¹, 2014: P9578: 33,7 kg kg⁻¹).

Megállapítottuk az 1 mm csapadékra jutó termés nagyságát a trágyázatlan kezelésben és az optimális tápanyagkezelésben. A legjobb vízhasznosítást a trágyázatlan kezelésben a három vizsgált év közül a 2013. évben tapasztaltuk az SY Afinity hibrid esetében (59,9 kg mm⁻¹). Ennél rosszabb vízhasznosítást bizonyítottunk a 2012. és 2014. években. 2012-ben a legjobb vízhasznosítással a PR37N01 hibrid (45,0 kg mm⁻¹), 2014-ben pedig a DKC4490 hibrid (33,6 kg mm⁻¹) bírt a kontroll kezelésben. Az optimális tápanyagszinten szintén 2013-ban volt a legjobb vízhasznosítása a kukorica hibrideknek. Ebben az évben kiemelkedett az SY Afinity hibrid (76,7 kg mm⁻¹). 2012-ben ugyancsak az SY Afinity kukorica hibridnél kaptuk a legjobb vízhasznosítást. Esetében az egységnyi csapadékmennyiségre jutó termés 58,2 kg mm⁻¹ volt. 2014-ben az optimális tápanyagszinten a legjobb vízhasznosítást a P9175 hibridnél tapasztaltuk (44,0 kg mm⁻¹).

A kukorica hibridek tápanyagoptimum-értéke eltérően alakult a különböző évjáratokban. A három év közül a legtagabb műtrágya optimum értékeket a 2013. évben kaptuk. Az említett évben a tenyészidő folyamán lehullott nagyobb mennyiségű csapadék lehetővé tette, hogy a magasabb műtrágyadózások tápanyagtartalma is megfelelően hasznosuljon.

Az SY Afinity hibrid a vizsgálati periódusban nitrogénből (többlet: 2013: 33,0 kg ha⁻¹, 2014: 28,4 kg ha⁻¹), foszforból (többlet: 2013: 11,0 kg ha⁻¹, 2014: 8,4 kg ha⁻¹) és káliumból (többlet: 2013: 20,6 kg ha⁻¹, 2014: 11,1 kg ha⁻¹) is többet hasznosított műtrágyázatlan körülmények között, mint a P9494 hibrid. Ezek az eredmények azt bizonyították, hogy az SY Afinity hibrid a talaj tápanyagkészletét jobban hasznosította, mint a P9494 hibrid. Az NPK tápelemek az N₉₀+PK tápanyagkezelésben jobban hasznosultak mindkét vizsgált évben (2013, 2014), mint az N₁₅₀+PK tápanyagszinten, tehát a műtrágyadózis növelésével csökkent a műtrágyák hasznosulási értéke, illetve ennek következményeként csökkent a műtrágyázás hatékonysága is.

A Kang-féle termésstabilitás analízist azoknál a hibrideknél végeztük el, amelyek mindhárom évben szerepeltek a kísérletben. Megállapítottuk, hogy a négy vizsgált hibrid közül a kísérlet három éve alatt a legkedvezőbb termésstabilitással a P9494 ($b=0,7353$) kukorica hibrid bizonyult, ugyanis ennél a hibridnél volt a legkisebb terméssingadozás. A nagyobb termést adó PR37N01 ($b=1,1409$) és SY Affinity ($b=1,3074$) hibridek termésstabilitása kedvezőtlenebb volt, mivel az ökológiai feltételek alakulása jobban befolyásolta a terméseredményüket.

A tápanyagkezelések esetében a legkedvezőbb stabilitást a trágyázatlan kezelés mutatta ($b= 0,6941$). A kontroll kezelésnél nagyobb tápanyagdózisok esetében a legkedvezőbb stabilitással az $N_{90}+PK$ tápanyagszint rendelkezett ($b=0,8395$). A tápanyagdózisok növelésével csökkent a tápanyagszintek stabilitása. $N_{120}+PK$ és $N_{150}+PK$ tápanyagdózisok esetén nagy terméseredményeket mértünk, azonban a környezeti feltételek nagyban befolyásolták a termés ingadozását ($N_{120}+PK$: $b= 1,2208$, $N_{150}+PK$: $b= 1,3338$).

A varianciakomponensek felosztásával meghatároztuk, hogy a kontroll terméshez viszonyított terméstöbbletet a műtrágyázás és a genotípus milyen mértékben befolyásolta. Megállapítottuk, hogy a legnagyobb hatása a műtrágyázásnak a 2014. évben volt (84,3 %). Ezzel szemben 2012-ben és 2013-ban mérsékeltebb hatással bírt (2012: 70,7 %, 2013: 66,2 %). A hibrid a terméstöbblet kialakításában a 2013. évben gyakorolta a legnagyobb hatást (33,8 %). Ehhez képest 2012-ben és 2014-ben is kisebb mértékben járult hozzá (2012: 29,3 %, 2014: 15,7 %). A három év együttes összehasonlításával meghatároztuk, hogy a termés mennyisége szempontjából a legnagyobb hatással a műtrágyázás bírt, amely 58,3 %-ban befolyásolta a kontroll terméshez viszonyított terméstöbbletet. A genotípusnak és az évjáratnak mérsékeltebb hatása volt a terméstöbblet kialakításában (genotípus: 25,3%, évjárat: 16,4 %).

A kísérletben vizsgált kukorica hibridek fehérje tartalma a kezelések átlagában hibridtől függően a 2012. évben volt a legnagyobb (6,22-8,27 %). Ehhez képest a 2013. és 2014. években csökkenést tapasztaltunk a fehérjetartalomban (2013: 5,15-6,12 %, 2014: 6,43-7,41 %). Hasonló tendenciát tudtunk megállapítani az olajtartalom változása esetén is. Ez azt jelenti, hogy a 2012. tenyészévben a kezelések átlagában az olajtartalom 3,87-4,17 % között alakult. Ezzel szemben mind 2013-ban, mind 2014-ben kisebb olajtartalmat mértünk a kísérletben szereplő kukorica hibrideknél (2013: 3,68-3,86 %, 2014: 2,63-3,59 %). A keményítő tartalma a kezelések átlagában a 2013. tenyészévben volt a legnagyobb (71,10-72,99 %). Hasonló értékeket kaptunk a 2014.

évben is (70,21-73,87 %), míg a 2012. évben mérsékelten csökkent (66,11-68,45 %) a kukorica hibridek keményítő tartalma.

A műtrágyázás növelte a fehérje- és az olajtartalmat, valamint csökkentette a keményítőtartalmat. A vizsgált tényezők közötti szorosságot statisztikailag is alá tudtuk támasztani. A tápanyagellátás hatására a kontroll kezeléshez képest 2012-ben 80,90 %, 2013-ban 83,12 %-ban, míg 2014-ben 75,00 %-ban nőtt a fehérjetartalom az N₁₅₀+PK tápanyagszinten.

Az évjáratnak, a genotípusnak és a műtrágyázásnak nagy szerepe volt a makro-, mezo- és mikroelemek mennyiségének alakulására. 2013. tenyészévben a vizsgált elemek a két kiválasztott kukorica hibrid szemtermésében és vegetatív részeiben a legnagyobb mennyiségben az N₉₀+PK tápanyagszinten mért termésben fordultak elő (kivéve: P9494: N: N₁₅₀+PK: 1,14 m/m%). Ezzel szemben a 2014. tenyészévben az optimális tápanyagszint a makro-, mezo- és mikroelemek tekintetében az N₁₅₀+PK trágyakezelés volt, ugyanis a vizsgált tápelemek ebben a tápanyagkezelésben érték el a maximumukat (kivéve: SY Affinity: Mn tartalom: N₉₀+PK: 110,00 mg kg⁻¹).

8. SUMMARY

Maize is one of the most important cereals worldwide. It has several utilization possibilities like the chemical or even the pharmaceutical industry. It plays an essential role in human and animal nutrition. Due to its good adaptability it can be produced in regions with very different ecological properties; however, yield amounts of maize produced in different countries show significant deviances due to the different ecological properties and production inputs. Its production requires intensive technology and it recompenses any additional input with yield increment.

Nowadays maize is sown on an area over 184 million hectares worldwide. Its production area varied between 1.1 and 1.2 million hectares in Hungary.

Unfortunately weather conditions have become changeable due to global warming. Consequently the average temperature of the Earth has increased and beside several environmental problems climate has become even more extreme. The fact that the spatial distribution of precipitation amount has changed can be considered as a negative effect of climate change, which results in the occurrence of often droughts and torrential rains. Crop production and maize production within that shall deal with the problems of climate change, population growth and decrease of production area today and in the close future. Maize production can only meet these challenges if the biological bases are continuously improved, and maize hybrids, that are able to adapt to the changing climate and the increasing food demand in the highest extent, are produced and consequently that are able to produce the highest possible yield amounts without any significant environment pollution.

The present research work has been carried out between April 2012 and October 2014 within the confines of a small-plot experiment set up at the Látókép Research Site of the University of Debrecen, Centre for Agricultural Sciences, Farm and Regional Research Institute. Nutrient reaction and yield quality of maize hybrids of different genotypes were studied in this experiment. In the present work it was set as an objective to reveal how different crop years, genotypes and different fertilizer dosages affect yield amount and quality, just as in which extent they change the studied physiological parameter values.

Significantly lower amount of precipitation was measured during the period before the vegetation period in 2012 (October 2011 – March 2012: 136.4 mm) than in the respective period of the 30-years average (October 2011 – March 2012: 220.2 mm).

This amount of precipitation filled the water stock of the chernozem soil type only to a limited extent. Plant available water amount that was stored in the soil and the amount of precipitation during the month April ensured the emergence of maize populations. The amount of precipitation that fell in the critical maize development phases reached or even exceeded the 30-years average values and average temperature values were also favourable. These factors promoted the quick development of maize populations and the successful survival of the critical flowering - fertilization phases. In the months August and September weather conditions turned to be unfavourable. The amount of precipitation was minimal during these two months (August: 4.1 mm, September: 3.5 mm). Parallel to this low amount of precipitation high average temperature values were recorded (August: 22.5 °C, September: 18.5 °C), that resulted in the quick desiccation of the assimilation area and the sudden loss of leaf area affected grain filling processes negatively.

In the crop year of 2013 significantly higher amount of precipitation fell during the period before the vegetation period (October 2012 - March 2013: 332.7 mm) than in the same period of the crop year of 2012 (October 2011 - March 2012: 136.4 mm), just as the same period of the 30-years average (October 2012 - March 2013: 220.2 mm). This amount of fallen precipitation filled the water stock of the soil and thus during the spring - early summer period it could ensure the water amount that was essential for the vegetative development of maize populations and that balanced the unfavourable weather conditions of the summer period partly.

The amount of precipitation before the vegetation period was similar in 2014 (October 2013 - March 2014: 167.1 mm) to the same period of the crop year 2012 (October 2011 - March 2012: 136.4 mm), that means that it was less than the amount of precipitation fell during the same period of the 30-years average respectively (October 2013 - March 2014: 220.2 mm). Maize populations developed intensive at the beginning of the vegetation period but the drought in June (7.9 mm) affected the populations right before the flowering very negatively. The extreme high amount of precipitation in July (128 mm) – that was almost 2-times higher than the long-term average value (65.7 mm) – had favourable effect. This amount of precipitation and the average temperature (21.1 °C) higher than the 30-years average, just as the higher humidity affected the generative development phases flowering and fertilization, just as the grain filling of maize populations favourably. The amount of precipitation in

September (95.7 mm) that was significantly higher than the long-term average hindered the drying processes of maize grains and the execution of harvest works as well.

Various SPAD values were measured in the present experiment for different maize hybrids in case of different crop years, nutrient supply levels and measurement times. Regarding the three crop years studied no significant difference was found between the maximal SPAD values. Regarding the average of nutrient supply levels the highest values of relative chlorophyll content varied between 56.2 and 60.9 in 2012; 51.1 and 53.7 in 2013, just as between 58.8 and 61.8 in 2014. Relative chlorophyll content of maize was described by a Gaussian curve. Relative chlorophyll content of maize hybrids in the studied crop years increased between the phenological phases of 12-leaves development and fully emerging stigmata, but afterwards during the grain filling phase it decreased. Relative chlorophyll content was increased by nutrient supply in case of all maize hybrids and in all studied crop years; however this statement could not be statistically proven in each case.

Depending on the given crop year and hybrid, the highest SPAD values were measured in case of the nutrient supply levels of $N_{60-120-150}+PK$. It has been statistically proven that nutrient supply increased relative chlorophyll content except for the SPAD values measured in the early development stages of maize populations (2012: 6-8 leaves and 12 leaves development, 2014: 6-8 leaves development). No significant difference could be confirmed between nutrient supply and these values. No significant difference was found either between the relative chlorophyll content – measured in the phenological phases of flowering and grain filling – and yield.

Leaf area index values of the studied hybrids showed differences in their development during the three studied crop years. No significant difference was found in the measured leaf area indexes of the studied hybrids during the three studied crop years. Regarding the average of nutrient supply levels and depending on the hybrid the highest leaf area index values were measured in the crop year of 2012 ($3.3-3.6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). Similar LAI values were detected in 2014 as well ($3.0-3.4 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). Compared to these values decreased LAI values were measured in the drier crop year of 2013 ($2.7-3.3 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). The development of leaf area can also be described by a Gaussian curve through the vegetation, that means that it increased progressively from the first measurement time until the flowering in all three studied crop years and regarding all studied hybrids. Parallel to plant development and the increase of the nutrient supply levels the measured LAI values increased as well, but afterwards during the phase of

grain filling it showed decreasing tendency. The studied hybrids reached the maximum LAI values in case of the application of the nutrient supply level of $N_{120-150}+PK$.

Statistically verifiable difference in all phenological phases between nutrient supply and leaf area index values could be found only in the crop year of 2013. In the crop years of 2012 and 2014 significant difference between the two factors could not be found in any case. Similar tendency was found between yield amount and LAI values in 2013. In this crop year LAI values showed weak or medium correlation with yield results in case of all measurement times, while leaf area index values showed weak correlation with yield in case of the most of the phenological phases of 2014. In most cases there was no relationship between LAI and yield in the crop year of 2012.

Plant height of the studied hybrids was different in all three studied crop years. Plant height of the studied maize hybrids showed different tendencies during the experimental period. Maximal height of maize hybrids was the lowest in 2014. Larger maize populations developed in the crop year of 2013 than in that of 2012; however the largest stem height was reached by the studied maize hybrids in the crop year of 2012. Mineral fertilization affected the stem height of the studied hybrids, but this fact was statistically verifiable only in the crop year of 2013 ($r=0.539^{**}$). Weak positive correlation was found between plant height and yield in 2012 ($r=0.337^{**}$) and 2014($r=0.222^{**}$), while in 2013 it was strong positive ($r=0.700^{**}$).

Regarding the average of the experimental treatments LAD values varied between 226 and 256 days in 2012, 178 and 222 days in 2013, just as between 210 and 232 days in the crop year of 2014. Regarding the studied cropping periods the hybrid PR37N01 (2012: 256 days and 2013: 222 days), just as SY Afinity (2014: 232 days) sustained its active photosynthesising leaf area for the longest period. Regarding the average of the hybrids the lowest LAD values were measured in all studied crop years in case of the unfertilized treatment. In contrast, in case of the nutrient supply level of $N_{150}+PK$ significantly higher LAD values were measured. As an effect of fertilization durability of plant leaves increased and consequently maize hybrids were able to maintain their active photosynthesizing surface longer. This fact was statistically confirmed too. The correlation between fertilization and LAD values was weak positive in 2012 and 2014 (2012: $r=0.395^{**}$, 2014: $r=0.313^{**}$), while in 2013 it was moderate positive, ($r=0.660^{**}$). Higher LAD values resulted in the production of more favourable yield amounts in the present experiment. In the crop years of 2012 and 2014 weak positive

correlation was found between yield amount and leaf area durability (2012: $r=0.310^*$, 2014: $r=0.313^{**}$), while in 2013 it was medium positive ($r=0.585^{**}$).

In the crop year of 2012 cob length varied between 18.7 and 21.5 cm. In contrast, smaller cob length values were measured in 2013 (16.6-20.7 cm) and 2014 (17.5-21.2 cm). Mineral fertilization increased cob length that was statistically proven by the results of the crop years 2012 and 2014. Differences were found regarding the development of cob diameter during the experimental period. Depending on the hybrids and regarding the average of the experimental treatments the largest cob diameters were measured in the crop year of 2013 (4.7-5.2 cm), in contrast in the crop years of 2012 and 2014 smaller cob diameters were registered (2012: 4.7-5.0 cm, 2014: 4.2-4.9 cm). Mineral fertilization had the greatest impact on the development of cob diameter in the crop year of 2012. Strong positive correlation was found between these two factors ($r=0.711^{**}$). However, mineral fertilization had weaker impact in the two other studied crop years (2013: $r=0.283^*$, 2014: $r=0.503^{**}$). Strong positive correlation between cob diameter and yield amount was found only in the crop year of 2012 ($r=0.737^{**}$).

The highest thousand grain weight was measured in the crop year of 2012. Depending on the hybrids and regarding the average of nutrient supply levels thousand seed weight values ranged between 348.5 and 362.6 g. Smaller thousand seed weights were found in the crop years 2013 and 2014 than in the first experimental year (2013: 237.9-355.0 g, 2014: 297.8-329.7 g). Mineral fertilization affected the development of thousand seed weight in the greatest extent in the crop year of 2012: strong positive correlation was determined between the two factors ($r=0.807^{**}$). Weak positive correlation was found between fertilization and thousand seed weight in the crop year of 2014 ($r=0.339^{**}$). Strong positive correlation was found between yield amount and thousand seed weight in 2012 ($r=0.727^{**}$); however, no or even only weak correlation was detected between these two factors in the two other studied crop years (2014: $r=0.292^*$).

Moderate differences were found regarding the cob : grain yield rates of the three studied crop years. Regarding the average of the treatments cob : grain yield rates of 2014 were similar to those in 2013 (2014: 86.5-90.1%, 2013: 86.6-89.3%). Smaller values were determined in the crop year of 2012 (2012: 84.9-86.5%). Correlation between fertilization and cob : grain yield rate ($r=0.474^{**}$), just as between yield and cob : grain yield rate ($r=0.521^{**}$) could be revealed using Pearsons correlation analysis only in the crop year of 2012.

Regarding the results of the three studied experimental crop years it has been stated that depending on the hybrid and regarding the average of the nutrient supply levels the highest yield amounts were measured in the crop year of 2013 (12,047-16,806 kg ha⁻¹). Lower yield amounts were registered in 2012 and 2014 (2012: 12,116-13,281 kg ha⁻¹, 2014: 11,078-13,922 kg ha⁻¹). Regarding the average of the studied hybrids the nutrient supply level of N₉₀+PK proved to be optimal in 2012 (14,199 kg ha⁻¹), while in 2013 and 2014 it was the fertilizer dosage of N₁₂₀+PK (2013: 16,011 kg ha⁻¹, 2014: 13,630 kg ha⁻¹). The hybrid SY Afinity produced the highest yield among the studied hybrids in both 2012 and 2013 (2012: N₉₀+PK: 14,972 kg ha⁻¹, 2013: N₁₂₀+PK: 18,619 kg ha⁻¹), while in 2014 the highest yield amount was measured in case of the hybrid P9175 (2014: N₉₀+PK: 15,189 kg ha⁻¹). The best nutrient reaction was observed in case of the hybrids SY Afinity and P9175.

Yield surplus resulted by the application of 1 kg NPK mineral fertilizer active substance was studied as well. Depending on the hybrid the highest yield increment compared to the unfertilized treatment was observed at the nutrient supply level of N₃₀+PK in all three studied crop years. Yield surplus resulted by unit mineral fertilizer dosage was the highest in case of the hybrid P9578 (54.2 kg kg⁻¹) in 2013. In contrast in 2012 and 2014 the highest values of yield increment resulted by 1 kg mineral fertilizer active substance showed decreasing tendency (2012: SY Afinity: 18.5 kg kg⁻¹, 2014: P9578: 33.7 kg kg⁻¹).

Yield amount resulted by 1 mm precipitation was determined for the unfertilized and the optimum nutrient supply level treatments. The best water utilization was observed in the unfertilized treatment and in the crop year of 2013 – among the three crop years – in case of the hybrid SY Afinity (59.9 kg mm⁻¹). Weaker water utilization was proved in the crop years 2012 and 2014. In case of the control treatment the best water utilization was determined in 2012 for the hybrid PR37N01 (45.0 kg mm⁻¹), while in 2014 for DKC4490 (33.6 kg mm⁻¹). Regarding the optimal nutrient supply level it can be stated that the best water utilization of maize hybrids was found in 2013 as well. The hybrid SY Afinity (76.7 kg mm⁻¹) proved to be outstanding in this year. The best water utilization in 2012 was found also in case of the maize hybrid SY Afinity. In this case yield amount per unit precipitation amount was 58.2 kg mm⁻¹. Regarding the optimal nutrient supply level treatments in 2014 the best water utilization was detected in case of the hybrid P9175 (44.0 kg mm⁻¹).

Nutrient optimum values of maize hybrids showed different tendencies in the different crop years. The widest fertilizer optimum ranges were detected in the crop year of 2013 – among the three years. In this year the high amount of precipitation that fell during the vegetation period enabled the utilization of higher mineral fertilizer dosages' nutrient content.

Under unfertilized conditions the hybrid SY Afinity utilized more from the nutrients nitrogen (surplus: 2013: 33.0 kg ha⁻¹, 2014: 28.4 kg ha⁻¹), phosphorous (surplus: 2013: 11.0 kg ha⁻¹, 2014: 8.4 kg ha⁻¹) and potassium (surplus: 2013: 20.6 kg ha⁻¹, 2014: 11.1 kg ha⁻¹) than the hybrid P9494 during the studied period. These results confirmed that the hybrid SY Afinity has utilized soil natural nutrient stock more effective than the hybrid P9494. The nutrients NPK were utilized more effective at the nutrient supply level of N₉₀+PK in both studied crop years (2013, 2014) than at the level of N₁₅₀+PK. This means that parallel to the increasing fertilizer dosages the utilization rate of fertilizers decreased, and consequently the efficiency of fertilization decreased as well.

Kang yield stability analysis was run for the hybrids that were produced in all three experimental crop years (PR37M81, PR37N01, P9494, SY Afinity). It has been stated that the most favourable yield stability was characteristic to the hybrid P9494 (b=0.7353) among the studied four hybrids during the three experimental crop years, because the lowest extent of variation in yield amounts was measured in case of this hybrid. Yield stability of hybrids PR37N01 (b=1.1409) and SY Afinity (b=1.3074) – that produced higher yields – was less favourable because changes in the ecological conditions affected their yield amounts more.

Regarding the nutrient supply levels the most favourable yield stability was detected in case of the unfertilized treatment (b= 0.6941). In case of the application of higher nutrient dosages than the control treatment the most favourable stability was observed at the nutrient level of N₉₀+PK (b=0.8395). Parallel to the increasing nutrient dosages the stability of nutrient supply levels decreased. By the application of nutrient supply dosages of N₁₂₀+PK and N₁₅₀+PK high yield results could be produced, but environmental conditions affected yield variation significantly (N₁₂₀+PK: b= 1.2208; N₁₅₀+PK: b= 1.3338).

Partitioning the components of variance the extent of determining effect of mineral fertilization and genotype on yield surplus could be determined compared to the control yield amounts. It has been stated that fertilization had the greatest impact in the

crop year of 2014 (84.3%). In contrast, its yield increasing effect was less pronounced in 2012 and 2013 (2012: 70.7 %; 2013: 66.2 %). Genotype played the most pronounced effect in the production of yield surplus in the crop year of 2013 (33.8 %). However, in the crop years 2012 and 2014 it contributed to the production of the maximal yield amounts in a lower extent (2012: 29.3 %; 2014: 15.7 %). Overall comparing the three studied crop years it has been stated that mineral fertilization had the greatest impact on yield amounts: it affected the production of yield surplus compared to the control treatment by 58.3%. Genotype (25.3%) and crop year (16.4%) had rather moderate contribution to the production of yield surplus.

Protein content of the studied maize hybrids was the highest – regarding the average of the experimental treatments and depending on the hybrid – in the crop year of 2012 (6.22-8.27 %). In contrast, decrease of protein content was measured in 2013 and 2014 (2013: 5.15-6.12 %, 2014: 6.43-7.41 %). Similar tendency was observed for the development of oil content, as well. Accordingly – regarding the average of the treatments – oil content ranged between 3.87 and 4.17 % in the crop year of 2012. However, lower oil content of the studied maize hybrids was measured in both 2013 and 2014 (2013: 3.68-3.86 %, 2014: 2.63-3.59 %). Regarding the average of treatments starch content was the highest in the crop year of 2013 (71.10-72.99 %). Similar values were found in 2014 as well (70.21-73.87 %) while starch content of maize hybrids was slightly lower in 2012 (66.11-68.45 %). The strong correlation between the studied factors has been statistically confirmed as well. Mineral fertilization increased protein and oil content, but it decreased starch content. As an effect of nutrient supply – and in comparison with the control treatment – protein content increased by 80.90 % in 2012, by 83.12 % in 2013 and by 75.00 % in 2014 at the nutrient supply level of N₁₅₀+PK.

Crop year, genotype and mineral fertilization had significant impact on the development of primary, secondary and trace element amounts. In the crop year of 2013 the studied elements could be detected in the highest rate in the grain yield and vegetative biomass of the two selected maize hybrids at the nutrient supply level of N₉₀+PK (except for: P9494: N: N₁₅₀+PK: 1.14 m/m %). In contrast, in the crop year of 2014 the nutrient supply level of N₁₅₀+PK proved to be the optimal regarding the primary, secondary and trace element content, because the studied nutrients showed maximum values at this nutrient supply level (except for: SY Afinity: Mn-content: N₉₀+PK: 110.00 mg kg⁻¹).

9. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Meghatároztuk parabolikus regresszió analízissel eltérő évjáratokban különböző, új genotípusú kukorica hibridek tápanyag optimum intervallumát (N_{90} - N_{150} +PK). A műtrágya optimumot a genotípus mellett az évjárat is befolyásolta. Szárazabb évben a kisebb (N_{90} +PK), míg kedvezőbb vízellátottságú évben a nagyobb ($N_{120(150)}$ +PK) műtrágya adag volt az agroökológiai trágyaoptimum.
2. Az alkalmazott kukorica hibridek kisparcellás kísérletben realizált termőképessége 11-17 t ha⁻¹ között változott csernozjom talajon optimalizált agrotechnikai feltételek mellett.
3. Tartamkísérleteink eredményei azt bizonyították, hogy a makroelem műtrágyák hasznosulása eltérő mértékű volt, azaz évjáratától, műtrágya adagától és genotípustól függött. A kukorica hibridek az optimum feletti műtrágyát kisebb hatékonysággal hasznosították (az N_{90} +PK kezelésben N=73-85 %, P_2O_5 : 13-34 %, K_2O : 21-49 %, az N_{150} +PK kezelésben N= 48-71 %, P_2O_5 : 7-27 %, K_2O : 19-42 % hasznosulás). Az SY Afinity hibrid tápanyaghasznosító képessége kedvezőbb volt, mint a P9494 hibridé.
4. Kang-féle stabilitás analízissel bizonyítottuk, hogy mind a kukorica hibridek, mind a műtrágya kezelések termésstabilitása jelentősen eltért egymástól. Kedvező termésstabilitás jellemezte a P9494 ($b=0,7353$) és a PR37M81 ($b=0,8164$) kukorica hibrideket, míg a PR37N01 ($b=1,1409$) és az SY Afinity ($b=1,3074$) hibridek nagyobb termésingadozást mutattak. A műtrágyakezelések közül – alacsony termésszinten – a kontroll (trágyázatlan) kezelés volt a legstabilabb ($b=0,6941$). A legstabilabb, legkiegyenlítettebb termést az N_{90} +PK kezelésben ($b=0,8395$) kaptuk.
5. Az átlagos évjáratok és a kiváló csernozjom talaj miatt a termés és a növényfiziológiai paraméterek (SPAD, LAI, LAD) között közepes vagy gyengébb összefüggést tudtunk megállapítani a Pearson-féle korreláció analízissel. A termés és a SPAD (virágzás-szemtelítődéskori) értékek közötti összefüggést az évjárat befolyásolta (2012. évben: $r=0,651^{**}$ - $0,736^{**}$, 2013. évben: $r=0,355^{**}$ - $0,435^{**}$, 2014. évben: $r=0,294^{**}$ - $0,526^{**}$). A termés és a LAI értékek között csak a 2013. évben volt közepes pozitív korreláció ($r=0,351^{**}$ - $0,633^{**}$).

6. A varianciakomponensek felosztásával meghatároztuk, hogy a kukorica hibridek termésnövekedéséhez a trágyázás 58,3 %-ban, a genotípus 25,3 %-ban, az évjárat 16,4 %-ban járult hozzá a vizsgálati évek átlagában.
7. A műtrágyázás és a fehérjetartalom között szoros pozitív ($r=0,834^{**}-0,913^{**}$), a műtrágyázás és a keményítőtartalom között szoros negatív kapcsolat volt ($r=-0,757^{**}-0,877^{**}$). A műtrágyázás és az olajtartalom kapcsolatának erősségét az évjárat befolyásolta ($r=0,481^{**}-0,929^{**}$).
8. A fontosabb makro-, mezo- és mikroelemek mennyiségének alakulásában nagy jelentősége volt az évjáratnak. A szárazabb 2013. évben az $N_{90}+PK$ tápanyagszint volt az optimális (kivéve: P9494 szem: N: $N_{150}+PK$: 1,14 m/m%), míg a 2014. évben optimális tápanyagkezelésnek bizonyult az $N_{150}+PK$. A két vizsgált kukorica hibrid közül 2013-ban és 2014-ben a kezelések átlagában mind a szemben és mind a vegetatív részekben az SY Afinity hibrid nagyobb elemtartalommal volt jellemezhető, mint a P9494 hibrid (kivéve: 2013: P9494: szár: Fe: 69,33 mg kg⁻¹, Cu: 3,01 mg kg⁻¹, Mn: 67,68 mg kg⁻¹, és 2014: P9494: szem: K: 3313,50 mg kg⁻¹, Fe: 19,73 mg kg⁻¹, szár: N: 0,95 m/m%, Fe: 176,17 mg kg⁻¹, Cu: 7,11 mg kg⁻¹, Mn: 114,62 mg kg⁻¹).

10. A GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK

1. Az új genotípusú kukorica hibridek gyakorlatban realizálható termőképessége 11-17 t ha⁻¹ között változik a Hajdúságban optimalizált agrotechnikai feltételek mellett.
2. A kukorica hibridek termőképességének realizálásához elengedhetetlenül fontos a hibridspecifikus trágyázási technológia gyakorlati alkalmazása. Az agroökológiai trágyaoptimumot a vegetációs periódus vízellátottsága módosítja. Szárazabb évjáratban az N₉₀₍₁₂₀₎+PK, kedvezőbb vízellátottságú évben az N₁₂₀₍₁₅₀₎+PK műtrágya adaggal érhetünk el termésmaximumokat.
3. A kukorica hibridek megválasztásánál figyelembe kell venni a termőképességük mellett a termésstabilitásukat is. Kiváló termőképességű volt az SY Affinity és a P9175 hibrid, míg kedvező termésstabilitással rendelkezett a P9494 és a PR37M81 hibrid.
4. A műtrágya adagok meghatározásánál a gyakorlatban fontos szempont lehet az, hogy az optimum (N₉₀₋₁₂₀+PK) feletti műtrágya adagok alkalmazásánál romlik a tápanyaghasznosulás, valamint a kukorica genotípusok tápanyaghasznosítása is eltér egymástól.
5. A műtrágyázás hatására nem csak nagyobb termést érhetünk el a kukorica hibridekkel, hanem az optimális tápanyagellátással jelentősen javíthatjuk a hibridek vízhasznosítását (hibridek átlagában: 2012-2014: WUE: 31,2-47,8 kg mm⁻¹ kontroll kezelés, 2012-2014: WUE: 40,0-67,1 kg mm⁻¹ optimális műtrágya kezelés), ezzel a klímaváltozáshoz történő adaptációjukat.
6. A kukorica termőképességének realizálásában – a vizsgált tényezők közül – a legfontosabbnak a trágyázás (58,3 %) és a genotípus (25,3 %) bizonyult.
7. A kiváló tápanyaggazdálkodású csernozjom talajon a növényfiziológiai paraméterek (SPAD, LAI, LAD) csak korlátozottan használhatóak a termés előrejelzéséhez.

- 8.** A műtrágyázás befolyásolta a kukorica hibridek beltartalmi paramétereit. A növekvő műtrágya adagok hatására nőtt a fehérje-és olajtartalom, csökkent a keményítő tartalom.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Abbas M.-Rizwan M. Z.-Maqsood A. M.-Rafiq M.: 2003. Maize response to split application of Nitrogen. *Journal of Agriculture & Biology* 5. 19-21.
2. Abuzar R.M.-Sadozai G.U.-Baloch S.M.-Baloch A.A.-Shah I.H.-Javaid T.-Hussain N.: 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21.4. 692-695.
3. Adriaanse F. G.- Emberi J. J.: 1992. A nitrogen- response comparison between semi-prolic and non-prolic maize hybrids with regard to grain and plant nitrogen concentrations. *Field Crops* 30. 1-2. 53-61.
4. Akmal M., Rehman U. H., Farhatullah, Asim M., Akbar H.: 2010. Response of maize varieties to nitrogen application for leaf area profile, crop growth, yield and yield components. *Pakistan Journal of Botany*. 42. 3. 1941-1947.
5. Antal J.: 1999. *Szántóföldi növények trágyázása*. IN Tápanyag-gazdálkodás szerk.: Fülek Gy. 319.
6. Arif M.-Amin I.-Jan T. M.-Munir I.-Nawab K.-Khan N. U.-Marwat K. B.: 2010. Effect of plant population and nitrogen levels and methods of application on ear characters and yield of maize. *Pakistan Journal of Botany*. 42.3. 1959-1967.
7. Azeez J. O.: 2009. Effect of nitrogen application and weed interference on performance of some tropical maize genotypes in Nigeria. *Pedosphere*. 19. 5. 654-662.
8. Ángyán J.-Menyhért Z.-Radics L.-Seres J.-Jeney Cs.-Tánczos F.-Pécsi M.: 1982. A kukoricatermesztési adatok ökológiai csoportosítása faktor- és cluster-analízis segítségével. *Növénytermelés*. 31.1. 141-153.
9. Árendás T.-Sarkadi J. Molnár D.: 1998. Műtrágyahatások kukorica-őszi búza dikultúrában erdőmaradványos csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 47.1. 45-56.
10. Árendás T.: 2006. Növénytráplálás új szemlélettel. *Gyakorlati Agrofórum*. 17.12M. 8-10.
11. Árendás T.-Bónis P.-Marton L. Cs.-Berzsenyi Z.: 2008. Aszály után köpönyeg? Martonvásár: az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének Közleményei. 20. 1. 10-11.
12. Árendás T.-Bónis P.-Micskei Gy.-Berzsenyi Z.: 2012. Martonvásár: az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének közleményei. 24. 2. 4-7.

13. Árendás T.-Bónis P.-Molnár D.-Berzsenyi Z.: 2009. A csapadék, az elővetemény és a kukorica tápanyag reakciói. *Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja*. 20. Extra 32. 41-43.
14. Árendás T.- Hegyi Zs.- Bónis P.-Marton L. Cs.: 2003. Műtrágyák hatása a kukorica nyersfehérje tartalmára. *Martonvásár: az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének Közleményei*. 15. 1. 13.
15. Bavec F.-Bavec M.: 2002. Effects of plant population on leaf area index, cob characteristics and grain yield of early maturing cultivars (FAO 100-400). *European Journal of Agronomy*. 16. 151-159.
16. Beiragi A. M.-Khorasani K. S.-Shojaei H. S.-Dadresan M.-Mostafavi K.-Golbashy M.: 2011. A Study on Effects of Planting Dates on Growth and Yield of 18 Corn Hybrids (*Zea Mays* L.). *American Journal of Experimental Agriculture*. 1. 3. 110-120.
17. Bene E.-Sárvári M.-Futó Z.: 2014. A vetésidő hatása eltérő tenyésztő kukoricahibrid mennyiségi és egyes minőségi paramétereire. *Növénytermelés*. 63.4.5-23.
18. Benyovszki B.-Hausenblasz J.: 2005. A kukorica kitűnő abraktakarmány. *Kistermelők lapja*. 49. 2. 20-21.
19. Berenguer O.- Santiveri F.-Boixadera J.- Lloveras J.: 2009. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 30. 3. 163-171.
20. Berényi S.-Bertáné Sz. E.-Pepó P.-Loch J.: 2009. A trágyázás és öntözés tartamhatása a 0.01 M kalcium-kloridban oldható N-frakcióra alföldi mészlepedékes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 58.251-264.
21. Berzsenyi Z.: 2000. Növekedésanalízis növénytermesztésben. *Növénytermelés*. 49. 4. 389-404.
22. Berzsenyi, Z.: 2008. N- műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek levélterületének és növénymagasságának növekedési dinamikájára tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 57. 2. 195-210.
23. Berzsenyi Z.-Bónis P.-Sugár E.-Micskei Gy.: 2009. Kukoricahibridek N-műtrágya reakciója vetésforgó és monokultúra tartamkísérletekben. *Az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének Közleményei*. 21. 1. 20-22.

24. Berzsényi Z.-Lap D. Q.: 2001. A kukorica N-ellátottságának monitoringja SPAD-502 típusú klorofill mérővel. *Martonvásár: az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének Közleményei.* 13. 1. 7.
25. Berzsényi Z.-Lap D. Q.: 2003. A N-műtrágyázás hatása a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 52. 3-4. 389-408.
26. Berzsényi Z.-Lap D. Q.-Micskei Gy.-Sugár E.-Takács N.: 2007. Kukoricaszár és N-műtrágyázás hatása a kukorica termésére és termésstabilitására tartamkísérletben. *Martonvásár: az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének közleményei.* 19. 1. 8-9.
27. Berzsényi Z.-Varga K.: 1986. A kukorica hibridek optimális tőszámát és N-műtrágya reakcióját meghatározó tényezők vizsgálata tartamkísérletben. *Georgikon Napok, Keszthely, PATE Kiadvány.*
28. Boros B.-Sárvári M.: 2010. Az NPK műtrágyázás és a tőszám hatása a kukorica produktivitására bioetanol célú termesztésnél. *Agrártudományi közlemények.* 40. 13-18.
29. Boros B.-Sárvári M.: 2011. A kálium műtrágyázás hatása a kukoricahibridek bioetanol produkciójára. *Növénytermelés.* 60.1. 7-25.
30. Carter G.A.: 1994. Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing.* 15.3. 697-703.
31. Claassen M.M.-Shaw R.H.: 1970. Water deficit effects on corn: II. Grain components. *Agronomy Journal.* 62.652-655.
32. Colomb B.-Kiniry J.R.-Debacke P.: 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field grown maize. *Agronomy Journal.* 92. 428-435.
33. Czinege E.: 2009. Kukorica tápanyagellátás. *Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja.* 20. Extra 32. 52-53.
34. Csajbók J.: 2000. A termesztési tényezők és a produkció összefüggései kukoricában. IN: Az agrár termékpiacok és a környezetük. *XLII. Georgikon Napok Veszprémi Egyetem Georgikon MTK.* 231-235.
35. Csajbók J.-Kutasy E.-Borbélyné H. É.-Futó Z.-Jakab P.: 2005. Effects of nutrient supply on the photosynthesis of maize hybrids. *Cereal Research Communications.* 33. 1. 169-172.

36. Csapó J.- Csapóné K. Zs.: 2006. Általános alapfogalmak, a fehérjék minősítésére alkalmas vizsgálatok rövid áttekintése. IN: *Élelmiszer és takarmányfehérjék minősítése*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
37. Csathó P.-Lásztity B.-Sarkadi J.: 1991. Az évjárat hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 40. 4. 339-351.
38. Debreczeni B.: 1979. Kis agrokémiai útmutató. *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest. 136.
39. Debreczeni Bné.: 1985. A kukorica ásványi táplálkozása. In: Menyhért Z. (szerk.) *A kukoricatermesztés kézikönyve*. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 76-92.
40. Debreczeni K.-Hoffmann S.-Berecz K.: 2006. Seasonal effects on grain yield of long-term plant nutrition experiments at Keszthely, Hungary. *Cereal Research Communications*. 34. 1. 151-154.
41. Dér F.: 2009. A nitrogén műtrágyázás és a szemes kukorica beltartalma, táplálóértéke. *Agrofórum* 20. 27. 56-57.
42. D'Haene, K.-Magyar M.-De Neve A.-Pálmai O.-Nagy, J.-Németh, T.-Hofman, G.: 2007. Nitrogen and phosphorus balances of Hungarian farms. *European Journal of Agronomy* 3. 224–234.
43. Ding L.–Wang K. J.–Jiang G. M.–Liu M. Z.–Gao L. M.: 2007. Photosynthetic rate and yield formation in different maize hibrids. *Biologia Plantarum*. 51. 1. 165-168.
44. Dobos A.-Nagy J.: 1998. Az évjárat és a műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szárazanyag-produkciójára. *Növénytermelés* 47.5. 513-524.
45. El Hallof N.-Molnár Zs.: 2006. A kukorica tápanyagellátása gyengébb vagy jobb adottságú területeken, eltérő évjáratokban. *Agrárágazat*. 7. 3. 56-60.
46. El Hallof N.-Sárvári M.: 2004. A vetésidő és a tápanyagellátás hatása a kukorica termésbiztonságára. *Agrártudományi közlemények=Acta Agraria Debreceniensis*. 13. 75-80.
47. El Hallof N.-Sárvári M.: 2005. A kukorica hibridek termőképessége és trágyareakciója. *Agrártudományi közlemények=Acta Agraria Debreceniensis*. 16. 78-83.
48. El Hallof N.-Sárvári M.: 2006a. Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genetikai adottságú kukoricahibridek termésére, a fotoszintézis és a levélterület alakulására. *Agrártudományi Közlemények*. 23. különszám. Szerk.: Jávör A. 27-34.
49. El Hallof N.-Sárvári M.: 2006b. Az NPK műtrágyázás és a kukoricahibridek termése közötti összefüggés. In: *Rationalization of Cropping Systemy and Their*

- Effect on The Effective Utilization of Yield Potential and Quality of Field Crop Production under Sustainable Development. Slovak-Hungarian Project. Szerk.: Pepó Pé.-Vladimir P. 134-144.p. (CD kiadvány).
50. *El Hallof N.-Sárvári M.*: 2007. Relationship between yield quality and quantity of maize hybrids and fertilizer. *Cereal Research Communication*. 35.2 1. 369-372.
 51. *El-Murtada M.-Amin H.*: 2011. Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 10. 1. 17-23.
 52. *El-Sheikh F.T.*: 1998. Effect of soil application of nitrogen and foliar application with manganese on grain yield and quality of maize (*Zea mays*, L) proc. 8th Conf. Agron., SuezCanal Univ., Ismailia, Egypt, 28: 174-181.
 53. *Emping L.T.- Zuno J.C.*: 1984. Grain yields of cornhybrids under various levels of NPK fertilization. *Philippine Journal of Crop Science*. 9. 2. 129-133.
 54. *Fageer A. S. M.-Tinay A. H. E.*: 2003. Effect of genotype, malt pretreatment and cooking on in vitro protein digestibility and protein fractions of corn. *Food Chemistry* 84. 613 – 619.
 55. *Farkas I.-Kassai K.-Nyárai F. H.-Jolánkai M.*: 2012. Impact of water availability on the performance of maize (*Zea mays* L.) *Növénytermelés* 61. Supplement 61-64.
 56. *Focke, R.*: 1973: Einfluss der Architektur der Weizenpflanze auf den Ahrenertag unter besonderer Berücksichtigung der Blattfläche Tag. Ber. Akad. *Landwirtsch.-Wiss DDR*. 122. 327-333.
 57. *Futó Z.*: 2003. A levélterület hatása a kukorica terméseredményére trágyázási kísérletben. *Növénytermelés*. 52.3-4. 317-328.
 58. *Grantham A.E.*: 1997. The relation of cob to other ear characters in corn. *Agronomy Journal*. 9.5. 201-217.
 59. *Gyenesné H. Zs.-Kizmus L.-Záborszky S.-Marton L. Cs.*: 2001. A kukorica fehérje és olajtartalmának, valamint ezerszemtömegének alakulása eltérő ökológiai körülmények között. *Növénytermelés*. 50. 4. 385-394.
 60. *Gyenesné H. Zs.-Pók I.-Illés O.-Szőke Cs.-Kizmus L.-Marton L.Cs.*: 2002. A termőhely, a tőszám és az évjárat hatása a kukoricahibridek termésére. *Növénytermelés*. 51.4. 425-435.
 61. *Győrffy B.*: 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények* 35. 239-266.

62. Győrffy B.: 1979. Fajta, növényszám és műtrágyahatás a kukoricatermesztésben. *Argrártudományi Közlemények* 38. 309-331.
63. Győri D.-Kisfalusi F.: 1983. A talajsavanyúság hatása a műtrágyák érvényesülése rozsdabarna erdőtalajon. (In: „A talajtarmékenység fokozása”. XXV. Georgikon Tudományos Napok Kiadványa. Keszthely. 525-526)
64. Győri Z.: 1999. A tápanyagellátá hatása a növényi termékek minőségére. IN: Tápanyag – gazdálkodás. *A tápanyagellátá hatása a növényi termékek minőségére*. Szerk.: Fülek György. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
65. Győri Z.- Lányi A.- Ruzsányi L.- Kovács B.- Loch J.: 1993. Effect of fertilization, irrigation and crop rotation on the transition and toxic element uptake of corn. *Science of the total Environment*. 134. 1. 367-380.
66. Győri Z.- Sipos P.: 2005. Kukorica hibridek minőségének változása agrotechnikai kísérletekben. IN: Nagy J. (szerk.) *Kukoricakonzorcium – Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága*. Debrecen, 101-114.
67. Gyulai B.- Sebestyén E.: 2011. Adalékok a kukorica trágyázásához. *Agrárágazat*. 12. 4. 40-42.
68. Gyuricza Cs.: 2005. Agrotechnikai válaszok az időjárási szélsőségekre. *Agro Napló*. 9. 5. 15-17.
69. Hawkins T.S.-Gardiner E. S.-Comer G.S.: 2009. Modeling the relationship between extractable chlorophyll and SPAD-502 readings for endangered plant species research. *Journal for Nature Conservation*. 17.2. 123-127
70. Hejazi L.-Soleymani A.: 2014. Effect of Different Amounts of Nitrogen Fertilizer on Grain Yield of Forage Corn Cultivars in Isfahan. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2. 3. 608-614.
71. Hegyi Z.-Spitkó T.-Pintér J.: 2005a. Effect of location and year on some agronomical characters of maize hybrids. *Acta Agronomica Hungarica*. 54.3. 251-259.
72. Hegyi Z.-Spitkó T.-Rácz F.-Berzy T.-Pintér J.-Marton L.Cs.: 2005b. Studies on the adaptability of maize hybrids under various ecological conditions. *Cereal Research Communications*. 33.4. 689-696.
73. Hoffmann S.- Berecz K.: 2009. Az elővetemény, trágyázás és évjárat hatása a búza és kukorica termésére tartamkísérletben. *V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Gazdálkodás- Klímaváltozás- Társadalom*. 2009. november 19. 97-104.

74. Huang S.-Zhang W.-Yu X.-Huang Q.: 2010. Effect of long-term fertilization on corn productivity and its sustainability in an Ultisol of southern China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 138. 44-50.
75. Husti I.: 1994. Szántóföldi növénytermesztés, rét-és legelőgazdálkodás, erdészet. Lexikon Kiadó és Nyomda, Budapest. 66.
76. Huzsvai L.-Nagy J.: 2005. Effect of weather on maize yields and the efficiency of fertilization. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 1. 4. 31-39.
77. Izsáki Z.: 2005. Limit value of nutritional status of maize (*Zea mays* L.) for plants analysis. *Cereal Research Communications*. 33.1.101-104.
78. Izsáki Z.: 2007. Quality of maize (*Zea mays* L.) kernel as affected by the NP supplies of the soil. *Acta Agronomica Hungarica* 55. 99-114.
79. Izsáki Z.: 2009. A tápanyag-ellátottság hatása a kukorica minőségére. *Agrofórum (növényvédők és növénytermesztők havilapja)* 20. Extra 32. 44-49.
80. Izsáki Z.: 2011 a. A N-trágyázás hatása a kukorica levél tápelem-koncentrációjára és a tápelemek közötti kölcsönhatásokra. *Növénytermelés*. 60. 4. 3. 43-68.
81. Izsáki Z.: 2011 b. A kukorica P ellátottsága és a foszfor-cink kölcsönhatása műtrágyázási tartamkísérletben csernozjom réti talajon. *Agrokémia és talajtan*. 60. 1. 11. 147-160.
82. Izsáki Z.: 2012 a. Összefüggés a talaj K-ellátottsága, a kukorica K tápláltsága és terméshozama között műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 61. 4. 55-71.
83. Izsáki Z.: 2012 b. Foszfor – réz kölcsönhatás csernozjom réti talajon kukorica műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 61. 3. 17-35.
84. Jakab P.: 2002. A tápanyagellátás komplex vizsgálata a kukoricahibridek termesztésében. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis, Különszám. 35-37.
85. Jakab P.: 2003. A tápanyagellátás szerepe a hibridspecifikus kukoricatermesztésben. PhD Értekezés. Debrecen.
86. Jasemi M.-Darabi F.-Naseri R.-Naserirad H.-Bazdar S.: 2013. Effect of Planting Date and Nitrogen Fertilizer Application on Grain Yield and Yield Components in Maize (SC 704). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 13.7. 914-919.

87. Khan A.-Munsif F.-Akhtar K., Afridi, M.Z.-Zahoor-Ahmad Z.-Fahad S.-Ullah R.-Khan F.A.-Din M. : 2014. Response of Fodder Maize to Various Levels of Nitrogen and Phosphorus. *American Journal of Plant Science*. 5. 2323-2329.
88. Karancsi L. G.: 2013. Kukorica hibridek néhány fotoszintetikus paraméterének vizsgálata csernozjom talajon. "Újabb kutatási eredmények a növénytudományokban" c. tudományos konferencia 2013. április 5, Debrecen. Konferencia kiadvány. 97-103.
89. Karancsi L. G.-Máriás K.: 2013. Effect of Nutrient Supply on Yield and Photosynthetic Parameters of Maize Hybrids. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 83, International Journal of Agricultural Science and Engineering, 7. 11. 126-129.
90. Kádár I.: 2000. A kukorica tápelem-felvétele és trágyaigénye. *Gyakorlati agrofórum*. 11. 3. 41-43.
91. Kádár I.: 2011. A műtrágyázási szaktanácsadás alapelve és módszere. *Növénytermelés*. 60. 2. 8. 137-155.
92. Kádár I.-Csathó P.: 2012. A kálium és a bór közötti kölcsönhatások vizsgálata kukoricában. *Növénytermelés*. 61. 3. 37-57.
93. Kincses S.-né.-Filep T.-Loch J.: 2002. Az NPK- trágyázás hatása a kukorica tápelemfelvételének dinamikájára, öntözött és nem öntözött viszonyok között. *Acta Agraria Debreceniensis*. 1.23-27.
94. Kiss E.: 2013. Klímakárok hatása a növények termesztésére. *Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja*. 24. 1. 12-26.
95. Kiss I.-né.: 2002. Lehetőségek a kukorica termelési szintjének emeléséhez a 2000. év tapasztalatai tükrében. *Gyakorlati Agrofórum*. 12.5. 27-33.
96. Koltai G.-Mikéné H. F.-Palkovits G.-Schummel P.: 2002. A kukorica terméseredményei a talajvízszint és a tápanyagellátás függvényében a Szigetközben. *Növénytermelés*. 51. 5. 581-593.
97. Kovács K.: 1994. A műtrágyázás és a kémiai növényvédelem hatása az őszi búza és a kukorica szemtermésének minőségére. IN: *Trágyázási kutatások 1960-1990*. Szerk.: Debreczeni B.-Debreczeni B.-né). Akadémiai Kiadó, Budapest.
98. Körschens M.: 2006. The importance of long-term experiments for soil science and environmental research—a review. *Plant Soil Environ*. 52, 1–8 (special issue).

99. Krivián Á.-Sárvári M.: 2012. Az NPK műtrágyázás hatása a különböző kukorica genotípusok termésmennyiségére és minőségére. *Agrártudományi közlemények. Acta Agraria Debreceniensis*. 48. 101-104.
100. Kutasy E.-Csajbók J.-Borbélyné H. É.-Lesznyák Mné.: 2009. A kukorica tápanyagellátása és a fotoszintézise közötti összefüggések eltérő évjáratokban. V. *Növénytermesztési Tudományos Nap. Gazdálkodás- Klímaváltozás- Társadalom*. 2009. november 19. 129-132.
101. Lauer, J.: 2003. What Happens Within the Corn Plant Drought Occurs. University of Wisconsin Extension, Available from <http://www.uwex.edu/ces/ag/issues/drought2003/corneffect.html>.
102. Lemaire G.-Jeuffroy M.H.-Gastal, F.: 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. *European Journal of Agronomy*. 28.4. 614-624.
103. Lente Á.-Pepó P.: 2009. Az évjárat és néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica termésére csernozjom talajon. *Növénytermelés* 58.3. 39-51.
104. Liu K.-Wiatrak P.: 2011. Corn Production and Plant Characteristics Response to N Fertilization Management in Dry-land Conventional Tillage System. *International Journal of Plant Production* 5. 4. 405-416
105. Loch J.: 1999. A trágyázás agrokémiai alapjai. IN: Fülek Gy. (szerk.): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 228-268.
106. Lönhardné B. É.-Németh I.: 1989. A N-trágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) levélfelületének alakulására. *Növénytermelés*. 38.6. 541-549.
107. Lönhardné, B. É.-Kismányoky, T.: 1992. Az istállótrágya és egyéb trágyák hatása a búza termésére, LAI, LAD, NAR értékeinek alakulása vetésforgóban. *Növénytermelés*. 41.5. 433-441.
108. Lönhardné B. É.-Kismányoky T.: 1993. Az istállótrágya és egyéb trágyák hatása a kukorica növekedésére, asszimilációs felületének alakulására és a termésre. *Növénytermelés*. 42. 4. 339-348.
109. Lönhardné, B. É.-Németh I.-Kadlicskó, S.: 1992. A levélterület és a gabonafertőzöttség összefüggése a különböző műtrágyázási szinteken. *Növénytermelés*. 41.3. 245-252.
110. Ma, B.L.-Subedi, K.D.-Costa, C.: 2005. Comparison of crop-based indicators with soil nitrate test for corn nitrogen requirement. *Agron Journal*. 97. 462-471.

111. Mahmood T.-Saeed M.-Ahmad R.-Ghaffar A.: 1999. Water and potassium management for enhanced maize (*Zea mays* L.) Productivity. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 1. 314–317.
112. Marković M.-Jasna Šoštarić J.-Kovačević V.-Josipović M.-Iljkić D.-Palenkić J.B.: 2010. Yield and quality parameter of maize hybrids grown in irrigated and N fertilized conditions. International Team Society. Proceedings of the 2nd International Scientific and Expert Conference Team. 111-116.
113. Markovic M.-Pepó P.-Sárvári M.-Kovacevic V.-Sostaric J.-Josipovic M.: 2012. Irrigation water use efficiency in maize (*Zea mays* L.) produced with different irrigation intervals. *Acta Agronomica Hungarica*. 60. 1. 3. 21-27.
114. Martinez D. E.-Guamet J.J.: 2004. Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomie*. 24.1. 41-46.
115. Marton L. Cs.-Árendás T.-Bónis P.-Nagy J.-Berzsenyi Z.: 2005. A vízellátás hatása különböző tenyésztidejű kukorica hibridek agronómiai tulajdonságaira. „AGRO-21” Füzetek. *Klímaváltozá-hatások-válaszok*. 41. 95-101.
116. Menyhért Z.-Ángyán J.-Radics L.: 1980. A LAI, a fényviszonyok és a termés kapcsolata eltérő vetésidőjű és tenézszerületű kukoricaállományokban. *Növénytermelés*. 29.4. 357-367.
117. Micskei Gy.-Jócsák I.-Berzsenyi Z.: 2009. Az istállótrágya és a műtrágya hatása a kukorica növekedésére és növekedési mutatóinak dinamikájára, eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 4. 3. 45-56.
118. Miao, Y. X.- Mulla D. J.- Robert P. C.-Hernandez J. A.: 2006. Within-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hybrid selection. *Agronomy Journal*. 98. 1. 129-140.
119. Molnár Zs.-Sárvári M.: 2007. Az évjárat és a vetésidő hatása a kukorica vízleadás-dinamikájára és termésére. *Acta Agraria Debreceniensis*. 26. 255-265.
120. Moser S. B.-Feil B.-Jampatong S.-Stamp P.: 2006. Effect of preanthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agricultural Water Management*. 81. 1-2. 41-58.
121. Murányi E.-Pepó P.: 2013. The effect of the plant density and row spacing on the height of maize hybrids of different vegetation time and genotype. *International Journal of Biological, Veterinary, Agricultural and Food Engineering*. 7.11. 681-684.

122. Murányi E.-Pepó P.: 2014. The effect of plant density on the yield and LAI values of two maize (*zea mays* l.) hybrids. *Proceedings of the 13th ESA Congress*. 25-29th august 2014. Debrecen, Hungary. 161-162.
123. Nagy J.: 2005. 30 év a kukoricakutatás és fejlesztés szolgálatában. IN: Nagy J. (szerk.) *Kukoricakonzorcium – Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága*. Debrecen, 8-53.
124. Nagy J.: 2006. A vízellátás hatása a korai (FAO 300-399) éréscsoportba tartozó kukorica hibridek termésére öntözés nélküli termesztésben. *Növénytermelés*. 55. 1-2. 103-112.
125. Nagy J.: 2007. Kukoricatermesztés. A kukorica termesztése. Akadémiai Kiadó. Budapest.
126. Nagy J.: 2009. A vetésidő hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek terméshozamára és minőségére. *Növénytermelés*. 58. 2. 85-105.
127. Nagy J.-Sárvári M.: 2005a. *Növénytermesztéstan*. IN: A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Szerk.: Antal József. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
128. Nagy J.-Sárvári M.: 2005b. *A növénytermesztés alapjai*. IN: Növénytermesztéstan 1. Szerk.: Jolánkai M. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
129. Nagy J.-Ványiné Sz. A.: 2009. Az öntözés és a műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) nitrogén dinamikájára klorofill-mérő segítségével. V. *Növénytermesztési Tudományos Nap. Gazdálkodás- Klimaváltozás- Társadalom*. 2009. november 19. 161-164.
130. Nastasic A.-Jockovic D.-Ivanovic M.- Stojakovic M.- Bocanski J.-Dalovic I.-Srackov Z.: 2010. Genetic relationship between yield and yield components of maize. *Genetika*. 42. 3. 529-534.
131. Nemati A.R -Sharifi R.S.: 2012. Effects of rates and nitrogen application timing on yield, agronomic characteristics and nitrogen use efficiency in corn. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 4. 9. 534-539.
132. Novoa R.-Loomis R. S.: 1981. Nitrogen and plant production. *Plant Soil*. 58. 177-204.
133. Nyárai H. F.-Simits K.-Varga A.: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. IN: Szemes Kukorica. Szerk: Antal J. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
134. Oikeh S. O.- Carsky R.J.- Kling J.G.- Chude V. O.- Horst W. W.: 2003. Differential N uptake by maize cultivars and soil nitrate dynamics under N fertilization in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 100. 191-191.

- 135.Oikeh S.O.-Kling G.-Okorawa A.E.: 1998. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the west African Moist Savanna. *Crop Science*. 38. 1056-1061.
- 136.Onasanya R.O.-Aiyelari O.P.-Onasanya A.-Oikeh S.-Nwilene F.E.-Oyelakin O.O.: 2009. Growth and Yield Response of Maize (*Zea mays* L.) to Different Rates of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers in Southern Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 4. 400-407.
- 137.Palenkić J.B.-Antunović S.-Fajdetic R. N.-Vujčić B.: 2010. The difference in the germination of maize hybrids (*Zea mays* L.). International Team Society. Proceedings of the 2nd International Scientific and Expert Conference Team 2010. 86-91.
- 138.Palkovits G.-Koltai G.: 2004. A talaj vízgazdálkodása és a növényi produkció kapcsolata, különös tekintettel a talajvíz szerepére. *Agro Napló*. 8.5.
- 139.Pásztor K.-Győri Z. -Szilágyi Sz.: 1998. A fehérje-, a keményítő-, a hamu-, a rost-, és a zsírtartalom változása a kukorica szülőtörzsekben és hibridekben. *Növénytermelés*. 47. 3. 271-278.
- 140.Pekáry K.: 1969. N-, P-, K-műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával két északkelet-magyarországi termőhelyen. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1965-68*. Szerk. I'SÓ I. Akadémiai Kiadó, Budapest. 186-201.
- 141.Pepó Pá.-Pepó Pé.: 1993. Biological background of sustainable (*Zea mays* L.) production. *Landscape and urban Planning*. 27. 179-184.
- 142.Pepó P.: 2001 a. A tápanyag-gazdálkodás szerepe a környezetbarát, fenntartható növénytermesztésben. *Gyakorlati Agroforum*. 12.7. 6-9.
- 143.Pepó P.: 2001 b. A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 50.2-3. 189-202.
- 144.Pepó P.: 2005. A globális klímaváltozás hatásai és válaszai a Tiszántúl szántóföldi növénytermelésében. „*Agro-21*” Füzetek. Klímaváltozás-Hatások-Válaszok. 41. 59-65.
- 145.Pepó P.: 2006. Fejlesztési alternatívák a magyar kukoricatermesztésben. *Gyakorlati Agroforum Extra*. 13. 11-17.
- 146.Pepó P.: 2009. A kukorica (*Zea mays* L.) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 58. 3. 4. 53-66.

147. *Pepó P.-Dóka L.-Berényi S.-Vad A.*: 2008. Az öntözés hatása a kukorica (*Zea mays* L.) Termésére száraz évjáratban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 57. 2. 171-179.
148. *Pintér L.-Németh J.-Pintér Z.*: 1977. A levélfelület változásának hatása a kukorica szemtermésére. *Növénytermelés*. 26.1. 21-27.
149. *Plavsic H.-Josipovic M.-Andric L.-Jambrovic A.-Berakovic I.-Urkic H.*: 2009. Nitrogen fertilization impact on maize hybrids. *Zbornik Radova* 44. 17. 619 – 623.
150. *Popp J.*: 2000. A főbb mezőgazdasági ágazatok fejlesztési lehetőségei, különös tekintettel az EU csatlakozásra. *Gazdálkodás*. 64. 4. 1-12.
151. *Prokszáné P. Zs.-Széll E.- Kovácsné K. M.*: 1995. A N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és néhány beltartalmi mutatójára eltérő évjáratokban réti öntéstalajon. *Növénytermelés*. 44. 1. 33-42.
152. *Pummer L.- Krisztián J.-Holló S.-Perényi M.*: 1995. A műtrágya – csapadék – termés – kapcsolata kukorica tartamkísérlet mérési eredményei alapján. *Növénytermelés*. 44. 5-6. 535.
153. *Puy K.-Mars É.-Sipos P.*: 2002. Műtrágyázás hatása a kukorica szemtermésének N- és S-tartalmára, valamint a két elem arányára. Innováció, a tudomány és a gyakorlategysége az ezredforduló agráriumában, *Növénytermesztés*. DE ATC, SZIE, Debrecen, 2002. április 11-12. 224-230.
154. *Raman R.-Sarkar K. R.-Singh D.*: 1983. Correlations and regressions among oil content, grain yield and yield components in maize. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 53. 285-288.
155. *Rácz Cs.-Nagy J.*: 2011. A víz és a tápanyagellátottság, illetve – hasznosulás megítélésének kérdései kukorica terméseredmények vonatkozásában. *Növénytermelés*. 60. 1. 97-114.
156. *Rizwan M.-Maqsood M.-Rafiq M.-Saeed M.-Zahid A.*: 2003. Maize (*Zea mays* L.) Response to Split application of Nitrogen. *International Journal of Agriculture & Biology*. 5. 1. 19-21.
157. *Ruzsányi L.*: 1974. A műtrágyázás hatása egyes szántóföldi növényállományok vízfogyasztására és vízhasznosítására. *Növénytermelés*. 23. 249-258.
158. *Sárvári M.*: 1982. Kukoricahibridek termőképességének tesztelése réti talajon. *Növénytermelés*. 31.1. 21-33.
159. *Sárvári M.*: 1984. Különböző kukorica hibridek tápanyag-reakciója réti talajon. *Növénytermelés*. 33. 6. 549-558.

160. Sárvári M.: 1999. Az ökológiai tényezők hatása az eltérő genetikai adottságú kukoricahibridek termésére és minőségére. [In: Ruzsányi L.-Lesznyák Mné.-Jávor A. (szerk.) Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok.] Licum Art Könyvkiadó és Kereskedelmi Kft. Debrecen, DATE. 97-103.
161. Sárvári M.-Boros B.: 2009. A kukorica hibridspecifikus trágyázása és optimális tőszáma. *Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja*. 20.27. 40-45.
162. Sárvári M.-Boros B.: 2010. A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. *Növénytermelés*. 59.3. 37-52.
163. Sárvári M.-Futó Z.-Zsoldos M.: 2002. A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. *Növénytermelés*. 51. 3. 291-307.
164. Sárvári M.-Szabó P.: 1996. Összefüggés a kukoricahibridek tápanyagreakciója és termőképessége között. *DATE Tudományos Közleményei*. 37. 165-175.
165. Scharf P. C.-Lory J. A.: 2002. Calibrating Corn Color from Aerial Photographs to Predict Sidedress Nitrogen Need. *Agronomy Journal*. 94. 3. 397-404.
166. Shanti K.V.P.-Rao M.R.-Reddy M.S.-Sarma R.S.: 1997. Response of maize (*Zea mays*) hybrid composite to different levels of nitrogen. *Indian Journal of Agricultural Science*. 67. 424-425.
167. Shukla R.-Cheryan M.: 2001. Zein: the industrial protein from corn. *Industrial Crops and Products*. 13. 171-192.
168. Sipos M.: 2009. A kukorica (*Zea mays* L.) termésének, valamint néhány beltartalmi értékének vizsgálata a hibrid és a tápanyagellátás függvényében öntözési és műtrágyázási tartamkísérletben. *Agrokémia és talajtan* 58. 1. 79-90.
169. Spitkó T.-Bányai J.-Micskei Gy.-Marton L. Cs.: 2014. Connection between drought tolerance and proterandry in maize (*Zea Mays* L.). *Proceedings of the 13th ESA Congress*. 25-29th august 2014. Debrecen, Hungary. 417-418.
170. Sugár E.: 2014. Martonvásári búza genotípusok növekedésdinamikájának és termésprodukciónak vizsgálata különböző N-tápelem szinteken. Doktori értekezés. 38.
171. Szalka É.: 1996. Az NP műtrágyázás hatása a kukorica szemtermésére Duna öntéstalajon. *Növénytermelés*. 45. 553-560.
172. Szalókiné Z. I.-Szalóki S.: 2002. A víz és a tápanyagellátás hatása a kukorica termésösszetevőinek mennyiségére és NPK tartalmára. *Növénytermelés*. 51. 5. 543-557.

- 173.Széll E.: 2007. A kukorica vízellátásának javítása a termesztéstechnológia által. *Agrofórum*.18. 3. 33-35.
- 174.Széll E.-Búza Lné.-Győri Z.: 2010. Négy különböző talajtípuson végzett kukorica műtrágyázási kísérletek eredményei. *Növénytermelés*. 59. 4. 41-61.
- 175.Széll E.-Kovácsné Komlós M.: 1993. Hozzászólások a „Tápanyagok nélkül” című riporthoz. *Agrofórum*. 4. 9. 23.
- 176.Széles A.: 2007. The indication of nitrogen deficiency in maize growing using SPAD-502 chlorophyll meter. *Cereal Research Communications*. 2007. 35. 2. 1149-1152.
- 177.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.
- 178.Széles A. V.: 2008. The effect of crop year and fertilization on the interaction between the spad value and yield of maize (*Zea mays* L.) within non-irrigated conditions. *Cereal Research Communications*. 2008. 36: Suppl. 5, 1367-1370. 14 ref. 7th Alps-Adria Scientific Workshop, Stara Lesna, Slovakia
- 179.Széles A. V.-Megyes A.-Nagy J.: 2011. Effect of N fertilisation on the chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Növénytermelés*. 2011. 60. Supplement, 161-164. 6 ref. 10th Alps-adria scientific workshop.
- 180.Szieberth D.-Széll E.: 1998. Amit a kukoricatermesztésről a gyakorlatban tudni kell. *Agroinform Kiadó*. 30-33.
- 181.Szundy T.-Berzsenyi Z.-Marton L. Cs.-Hadi G.: 2003. Az aszály elleni védekezés lehetőségei a kukoricában. *Martonvásár: az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének közleményei*. 15. 1. 9-12.
- 182.Szücs M.-Szücs Mné.: 2003. Művelt talajok oldható P- és K- tartalmának változásai. *Agrokémia és talajtan*. 52. 1-2. 5. 53-66.
- 183.Tamás L. T.: 2003. Foszfor-cink kölcsönhatás-vizsgálatok a trágyázási kutatásokban. *Agrokémia és Talajtan*. 52. 1-2. 15. 185-194.
- 184.Tomov T.-Maolov I.-Tomova M.: 2008. Effect of different fertilizing systems on productivity and N, P & K taken up from maize hybrid Mikado. Scientific Works of the Agrarian University - Plovdiv, 119-124.
- 185.Torbert H.A.-Potter K.N.-Morrison J.E.: 2001. Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yields in the Texas Blackland prairie. *Agronomy Journal*. 93:1119-1124.

186. Tóth V.R.-Mészáros I.-Veres Sz.-Nagy J.: 2002: Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field. *Journal of Plant Physiology*. 159.6. 627–634.
187. Tóth Z.-Sárdi K.- Horváth E. D.: 2014. Evaluation of the relationship between spad chlorophyll values and leaf nitrogen contents of maize. *Proceedings of the 13th ESA Congress*. 25-29th august 2014. Debrecen, Hungary. 167-168.
188. Vad A.-Zsombik L.-Szabó A.-Pepó P.: 2007. Critical crop management factors in sustainable maize (*Zea mays* L.) production. *Cereal Research Communications*. 35. 2. 1253-1256.
189. Vad A.-Dóka L.F.: 2009. Crop year as abiotic stressor regarding yield of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotations. *Cereal Research Communications*. 37.1. 253-256.
190. Vad A. -Pepó P.: 2009. Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére és termésbiztonságára. *V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Gazdálkodás-Klíma-változás- Társadalom*. 2009. november 19. 245- 248.
191. Ványiné Sz. A.: 2010. Evaluation of the level in N supply of maize hybrids in different nutritional levels. *Acta Agronomica Hungarica*. 58. 1. 89-94.
192. Ványiné Sz. A. -Megyes A.-Nagy J.: 2010. A vetésidő és az évjárat hatása a kukoricabibridek terméshozamára és minőségére. *Növénytermelés*. 59. 4. 63-88.
193. Ványiné Sz. A.-Megyes A. -Nagy J.: 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*. 107. 133-144.
194. Ványiné Sz. A.-Nagy J.: 2012. Effects of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. *Australian Journal of Crop Science* 6.3. 381-390.
195. Ványiné Sz. A.-Tóth B.-Nagy J.: 2012. Effect of nitrogen doses on the chlorophyll concentration, yield and protein content of different genotype maize hybrids in Hungary. *African Journal of Agricultura*. 7. 16. 2546-2552.
196. Vári E.: 2012. Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica agronómiai tulajdonságaira és termésére. IN: Sándor Zs., Szabó A. (szerk.) *Újabb kutatási eredmények a növénytudományokban*. Debrecen. 129-135.
197. Vári E.-Pepó P.: 2011. Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica agronómiai tulajdonságaira tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 60. 4. 115-130.

- 198.Vyn T. J.-Tollenaar M.: 1998. Changes in chemical and physical quality parameters of maize grain during three decades of yield improvement. *Field Crops*. 59. 135-140.
- 199.Yousafzai H.K.-Arif M.-Gul R.-Ahmand N.-Khan I.A.: 2004. Effect of sowing dates on maize cultivars. *Sarhad-Journal of Agriculture*. 18.1. 11-15
- 200.Yu H.-Song H.-Zhi W.-Wang J.: 2010. Evaluation of SPAD and Dualex for In-Season Corn Nitrogen Status Estimation. *Acta Agronomica Sinica*. 36.5. 840-847.
- 201.Zahid, T. M.: 2007. Effect of NPK on growth and yield of maize hybrid (Zea mays L.). Publisher Information Faisalabad. UAF. 77.

ÁBRÁK JEGYZÉKE

- 1. ábra.** A kontinensek részesedése a kukorica termőterületből (Forrás: FAO adatok, 2013)
- 2. ábra.** A kontinensek részesedése a kukorica termés mennyiségéből (Forrás: FAO adatok, 2013)
- 3. ábra.** A kukorica vetésterülete és termésátlaga Magyarországon (Forrás: KSH adatok, 1994-2014)
- 4. ábra.** A hőmérséklet és a csapadék alakulása a kukorica tenyészideje előtt és alatt (Debrecen, 2011-2012)
- 5. ábra.** A hőmérséklet és a csapadék alakulása a kukorica tenyészideje előtt és alatt (Debrecen, 2012-2013)
- 6. ábra.** A hőmérséklet és a csapadék alakulása a kukorica tenyészideje előtt és alatt (Debrecen, 2013-2014)
- 7. ábra.** A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel (Debrecen, 2012)
- 8. ábra.** A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának komplex értékelése (Debrecen, 2012)
- 9. ábra.** A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel I. (Debrecen, 2013)
- 10. ábra.** A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel II. (Debrecen, 2013)
- 11. ábra.** A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának komplex értékelése (Debrecen, 2013)
- 12. ábra.** A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel I. (Debrecen, 2014)
- 13. ábra.** A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának vizsgálata regresszió-analízissel II. (Debrecen, 2014)
- 14. ábra.** A kukorica hibridek tápanyag-reakciójának komplex értékelése (Debrecen, 2014)

- 15. ábra.** A kukorica hibridek termésének stabilitása a vizsgált tenyészekben (Debrecen, 2012-2014)
- 16. ábra.** A kukorica hibridek termés-stabilitásának alakulása a tápanyagkezelések esetében (Debrecen, 2012-2014)
- 17. ábra.** A műtrágyázás és a genotípus szerepe a kukorica termésének alakulásában (Debrecen, 2012)
- 18. ábra.** A műtrágyázás és a genotípus szerepe a kukorica termésének alakulásában (Debrecen, 2013)
- 19. ábra.** A műtrágyázás és a genotípus szerepe a kukorica termésének alakulásában (Debrecen, 2014)
- 20. ábra.** A műtrágyázás és a genotípus és az évjárat szerepe a kukorica termésének alakulásában (Debrecen, 2012-2014)

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

- 1. táblázat.** A világ főbb kukoricatermesztő országai és termelési mutatói (Forrás: FAO adatok, 2013)
- 2. táblázat.** A kísérleti terület talajvizsgálati adatai (Debrecen)
- 3. táblázat.** A kísérleti terület talajának vízgazdálkodását jellemző mutatók (Debrecen)
- 4. táblázat.** A kísérletben alkalmazott műtrágyakezelések (Debrecen)
- 5. táblázat.** A kísérletben alkalmazott agrotechnikai műveletek összefoglalása (Debrecen, 2012-2014)
- 6. táblázat.** A kísérletben végzett magasságmérések időpontjai (Debrecen, 2012-2014)
- 7. táblázat.** A kísérletben elvégzett fiziológiai mérések időpontjai (Debrecen, 2012-2014)
- 8. táblázat.** A tápanyagkezelés hatása a kukorica hibridek SPAD értékeire (Debrecen, 2012)
- 9. táblázat.** A tápanyagkezelés hatása a kukorica hibridek SPAD értékeire (Debrecen, 2013)
- 10. táblázat.** A tápanyagkezelés hatása a kukorica hibridek SPAD értékeire (Debrecen, 2014)
- 11. táblázat.** A genotípus és a tápanyagellátás hatása a kukorica levélterület indexének alakulására (m^2m^{-2}) (Debrecen, 2012)
- 12. táblázat.** A genotípus és a tápanyagellátás hatása a kukorica levélterület indexének alakulására (m^2m^{-2}) (Debrecen, 2013)
- 13. táblázat.** A genotípus és a tápanyagellátás hatása a kukorica levélterület indexének alakulására (m^2m^{-2}) (Debrecen, 2014)
- 14. táblázat.** A levélterület tartósság (LAD) alakulása a különböző genotípusú kukorica hibrideknél, eltérő tápanyagkezelésekben (nap) (Debrecen, 2012-2014)
- 15. táblázat.** A tápanyagellátás hatása a különböző genotípusú kukorica hibridek növénymagasságára (cm) (Debrecen, 2012)
- 16. táblázat.** A tápanyagellátás hatása a különböző genotípusú kukorica hibridek növénymagasságára (cm) (Debrecen, 2013)

- 17. táblázat.** A tápanyagellátás hatása a különböző genotípusú kukorica hibridek növénymagasságára (cm) (Debrecen, 2014)
- 18. táblázat.** A genotípus és a műtrágyázás hatása a kukorica hibridek néhány termésképző elemének alakulására (Debrecen, 2012)
- 19. táblázat.** A genotípus és a műtrágyázás hatása a kukorica hibridek néhány termésképző elemének alakulására (Debrecen, 2013)
- 20. táblázat.** A genotípus és a műtrágyázás hatása a kukorica hibridek néhány termésképző elemének alakulására (Debrecen, 2014)
- 21. táblázat.** A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (kg ha^{-1}) (Debrecen, 2012)
- 22. táblázat.** A különböző genotípusú kukorica hibridek műtrágya optimum értékei (kg ha^{-1}) (Debrecen, 2012)
- 23. táblázat.** Az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés a kontroll terméshez képest (kg ha^{-1}) (Debrecen, 2012)
- 24. táblázat.** A kukorica hibridek vízhasznosítása a kontroll és az optimális tápanyagszinten (kg mm^{-1}) (Debrecen, 2012)
- 25. táblázat.** A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (kg ha^{-1}) (Debrecen, 2013)
- 26. táblázat.** A különböző genotípusú kukorica hibridek műtrágya optimum értékei (kg ha^{-1}) (Debrecen, 2013)
- 27. táblázat.** Az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés a kontroll terméshez képest (kg kg^{-1}) (Debrecen, 2013)
- 28. táblázat.** A kukorica hibridek vízhasznosítása a kontroll és az optimális tápanyagszinten (kg mm^{-1}) (Debrecen, 2013)
- 29. táblázat.** A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (kg ha^{-1}) (Debrecen, 2014)
- 30. táblázat.** A különböző genotípusú kukorica hibridek műtrágya optimum értékei (kg ha^{-1}) (Debrecen, 2014)
- 31. táblázat.** Az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés a kontroll terméshez képest (kg kg^{-1}) (Debrecen, 2014)

- 32. táblázat.** A kukorica hibridek vízhasznosítása a kontroll és az optimális tápanyagszinten (kg mm^{-1}) (Debrecen, 2014)
- 33. táblázat.** A P9494 és az SY Afinity hibridek tápanyagmérlege (Debrecen, 2013-2014)
- 34. táblázat.** A tápanyagellátás és a LAI értékek közötti összefüggés-vizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)
- 35. táblázat.** A tápanyagellátás és a SPAD értékek közötti összefüggés-vizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)
- 36. táblázat.** A tápanyagellátás és a növénymagasság értékek közötti összefüggés-vizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)
- 37. táblázat.** A tápanyagellátás és a levélterület tartósság (LAD) értékek közötti összefüggés-vizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)
- 38. táblázat.** A termés, műtrágyázás, növénymagasság és a SPAD-, LAI- és LAD értékek közötti összefüggésvizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)
- 39. táblázat.** A műtrágyázás, a termés és néhány termésképző elemek közötti összefüggésvizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)
- 40. táblázat.** A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fehérje-, keményítő- és olajtartalmára (Debrecen, 2012)
- 41. táblázat.** A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fehérje-, keményítő- és olajtartalmára (Debrecen, 2013)
- 42. táblázat.** A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fehérje-, keményítő- és olajtartalmára (Debrecen, 2014)
- 43. táblázat.** A fehérje-, keményítő- és olajtartalom, valamint a termés és műtrágyázás közötti összefüggésvizsgálat Pearson-féle korrelációval (Debrecen, 2012-2014)
- 44. táblázat.** A fontosabb makro-és mikorelemek mennyisége a kukorica szemtermésében és a vegetatív részeiben (Debrecen, 2013)
- 45. táblázat.** A fontosabb makro-és mikorelemek mennyisége a kukorica szemtermésében és a vegetatív részeiben (Debrecen, 2014)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A disszertációm elkészítésében nyújtott segítségért szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek Dr. Pepó Péter intézetigazgató, egyetemi tanárnak és Dr. Bársony Péter adjunktusnak. Opponenseimnek, Dr. Sárvári Mihály egyetemi tanárnak és Dr. Jakab Péter főiskolai docensnek, a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ, Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet, Látóképi Kísérleti Telep dolgozóinak és a tanszéki kollégáknak.

PUBLIKÁCIÓS LISTA



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR



Nyilvántartási szám: DEENK/207/2015.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Karancsi Lajos Gábor
Neptun kód: KRPBUC
Doktori Iskola: Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10040125

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészlet(ek) (1)

1. **Karancsi L.G.:** Különböző kukorica hibridek termésének és tápanyag reakciójának vizsgálata eltérő műtrágyakezelések esetén.
In: A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei. Szerk.: Pepó Péter, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 248-254, 2014. ISBN: 9789634737414

Idegen nyelvű, hazai könyvrészlet(ek) (1)

2. **Karancsi, L.G.:** The effect of nutrient supply on the yield and chlorophyll content of corn hybrids.
In: The influence of some technological elements over the weath and corn grains quality stored in Bihor and Hajdu Bihar counties. Ed.: Csajbók József, Debreceni Egyetem ATC Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen, 31-36, 2013. ISBN: 9789634736127

Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (4)

3. **Karancsi L.G.:** Eltérő kukorica genotípusok tápanyag- és vízhasznosításának vizsgálata a Hajdúságban.
Agrártud. Közl. 56, 55-59, 2014. ISSN: 1587-1282.
4. **Karancsi L.G.:** A kukorica tápanyag- és vízhasznosításának vizsgálata két eltérő időjárású évben.
Növénytermelés. 62 (4), 53-65, 2013. ISSN: 0546-8191.
5. **Karancsi L.G.:** Hibridspecifikus tápanyag- és vízhasznosítás kukoricánál csernozjom talajon.
Agrártud. Közl. 52, 51-54, 2013. ISSN: 1587-1282.

Cím: 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. □ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 39. □ Tel.: (52) 410-443
E-mail: publikaciok@lib.unideb.hu □ Honlap: www.lib.unideb.hu



6. **Karacsi L.G.**, Dóka L.F., Pepó P.: Hibridspecifikus tápanyagellátás vizsgálata kukoricánál csernozjom talajon.
Agrártud. Közl. 48, 91-95, 2012. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

7. Pepó, P., **Karacsi, L.G.**: New results of nutrient utilization and response of maize (*Zea mays* L.) hybrids.
Columella. 1 (2), 87-93, 2014. ISSN: 2064-7816.

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (2)

8. **Karacsi, L.G.**: Investigation of nutrient supply in different maize hybrids.
Anal. Univ. Oradea Fac. Protect. Med. 22, 7-12, 2014. ISSN: 1224-6255.
9. **Karacsi, L.G.**: Examination yield and growth of maize hybrids in the hajdúság.
Anal. Univ. Oradea Fac. Protect. Med. 21, 87-92, 2013. ISSN: 1224-6255.

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (6)

10. **Karacsi L.G.**: A tápanyagellátás hatása a kukorica termésére, valamint szén-, nitrogén-, és kén tartalmára.
In: "Fiatal kutatók az egészséges élelmiszerért" : tudományos ülés : Debrecen, 2013. február 19. Szerk.: Bacskainé Bódi Éva, Fekete István, Kovács Béla, Debreceni Egyetem, Debrecen, 191-195, 2013. ISBN: 9789634736011
11. **Karacsi L.G.**: A tápanyagellátás hatása a kukorica termésére és beltartalmi paramétereire.
In: A "Debreceni fejlődés és környezet" konferencia írásos anyagainak összefoglalói : Debrecen, 2013. június 25-26. : [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Balla Zoltán, DE Kerpely K. Szakkollégium, Debrecen, 13, 2013. ISBN: 9786155183843
12. **Karacsi L.G.**: Kukorica hibridek néhány fotoszintetikus paraméterének vizsgálata csernozjom talajon.
In: Újabb kutatási eredmények a növénytudományokban. Szerk.: Sándor Zsolt, Szabó András, DE AGTC MÉK Hankóczy J. Doktori Isk., Debrecen, 97-103, 2013. ISBN: 9786155183409



13. **Karancsi L.G.:** Termésképző elemek alakulásának vizsgálata kukoricánál eltérő vízellátottságú évjáratokban.
In: XVIII. Ifjúsági Tudományos Fórum [elektronikus dokumentum]. Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, [6], 2012. ISBN: 9789639639454
14. **Karancsi L.G.:** Eltérő műtrágyakezelések hatása a kukorica hibridek asszimilációs kapacitásának dinamikájára.
In: Talaj - Víz - Növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben. Szerk.: Lehocky Éva, MTA ATK TAKI, Budapest, 185-188, 2012. ISBN: 9789638904164
15. **Karancsi L.G.:** A műtrágyázás és a genotípus hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szén-, nitrogén- és kén tartalmára.
In: Alap és alkalmazott kutatások eredményei a növénytudományokban. Szerk.: Szabó András, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 11-17, 2012. ISBN: 9786155183171

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (8)

16. **Karancsi, L.G.:** Examination of the water and nutrient utilization of maize hybrids on chernozem soil.
World Academy of Science, Engineering and Technology. 8 (4), 687-689, 2014. ISSN: 2010-376X.
17. **Karancsi, L.G.:** Fertilization effect on the nutrient and water utilization of different genotypes hybrids.
Növénytermelés. 63 (Suppl.), 291-294, 2014. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.63.2014.Suppl>
18. **Karancsi, L.G.:** Analysis of the effect of nutrient supply on yield production and chlorophyll content in different genotypes of corn hybrids.
In: XIIIth Congress of the European Society for Agronomy: book of abstracts. Ed.: Pépó Péter, Csajbók József, European Society for Agronomy, Debrecen, 293-294, 2014. ISBN: 9789634737230
19. **Karancsi, L.G.:** Examination of nutrient and water utilization of different maize genotypes on chernozem soil.
International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences. 1 (2), 251-254, 2013. ISSN: 2320-4079.



20. **Karancsi, L.G.**, Máriás, K.: Effect of nutrient supply on yield and photosynthetic parameters of maize hybrids.
World Academy of Science, Engineering and Technology : International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering 7 (11), 126-129, 2013.
ISSN: 2010-376x.
21. **Karancsi, L.G.**: Effect of the agrotechnological factors on the physiological properties and the yield of the maize.
In: 48th Croatian and 8th International Symposium on Agriculture : Book of Abstracts : 17 th - 22nd February 2013, Dubrovnik, Croatia. Ed.: Sonja Marić, Zdenko Lončarić, Faculty of Agriculture University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Dubrovnik, 187, 2013. ISBN: 9789537871079
22. **Karancsi, L.G.**: Effectiveness of nutrient supply in corn on chernozem soil.
Növénytermelés. 62 (Suppl.), 253-256, 2013. ISSN: 0546-8191.
23. **Karancsi, L.G.**, Pépó, P.: Study of the effect of fertilization of maize (*Zea mays* L.) in crop years with different water-supply.
Növénytermelés. 61 (Suppl.), 89-92, 2012. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/Novenyterm.61.2012.Suppl.2>

További Közlemények

Magyar nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

24. Pépó P., Dóka L.F., Szabó A., **Karancsi L.G.**, Vad A.: Néhány agrotechnikai tényező hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) termésére.
Növénytermelés. 64 (1), 77-95, 2015. ISSN: 0546-8191.

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

Debrecen, 2015.10.01.

Cím: 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. □ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 39. □ Tel.: (52) 410-443
E-mail: publikaciok@lib.unideb.hu □ Honlap: www.lib.unideb.hu

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem, Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem (PhD.) doktori fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2015.

.....
jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Karancsi Lajos Gábor doktorjelölt 2011-2014 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal/irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló, alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom/javasoljuk.

Debrecen, 2015.

.....
témavezető aláírása

.....
témavezető aláírása