



DEBRECENI EGYETEM
AGRÁR- ÉS MŰSZAKI TUDOMÁNYOK CENTRUMA
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI INTÉZET

HANKÓCZY JENŐ NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI ÉS
ÉLELMISZERTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Dr. Győri Zoltán
MTA doktora

Témavezető:

Dr. habil Sárvári Mihály
egyetemi docens
a mezőgazdasági tudományok kandidátusa

„DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI”

Az NPK műtrágyázás és a különböző genetikai adottságú kukoricahibridek
termésmennyisége, valamint minősége közötti összefüggés vizsgálata

Készítette:

El Hallof Nóra

Debrecen
2008

1) Bevezetés, kutatás előzményei

A világ növénytermesztésének középpontjában a gabonanövények termesztése áll, az összes szántóterületnek közel felét gabonanövények foglalják el. Hasonló tendencia jellemző hazánkra is, a kukorica és a búza a legjelentősebb szántóföldi növényünk, és vetésterületük a szántóterületnek közel 50%-át foglalja el, melyből a kukorica termőterülete évtizedek óta 1,1-1,2 millió hektár körül alakul.

A magyarországi termésátlagokat vizsgálva három szakaszt különíthetünk el a kukoricatermesztés történetében. 1921-80 között a kukorica termésátlaga lineárisan emelkedett, az 1980-as évektől egészen a rendszerváltásig a termésszínvonal évről évre megközelítette, illetve meghaladta a 6 t/ha-os termésátlagot. Napjainkban a kedvezőtlen klimatikus viszonyoknak és a hiányos agrotechnikának köszönhetően a termésingadozás mértéke akár a 30-50%-ot is elérheti. 2003 száraz, aszályos évjáratban az országos termésátlag 3,99 t/ha volt, 2004-2006 között viszont kiemelkedő, 7,0-7,7 t/ha-os terméseredményeket értünk el a kedvező klimatikus viszonyoknak köszönhetően.

A kukoricaágazatban igen jelentős változások következtek be az elmúlt években, a kukorica takarmányként való hasznosítása háttérbe szorult és ipari felhasználása került előtérbe, ezen belül is a bioetanol gyártás alapanyagaként került a figyelem középpontjába. Emellett az intervenció lehetősége jelentett biztos piacot a termelők számára, de a kukorica intervenciók felvásárlását az unió megszüntette, a bioetanol gyártás pedig nem hozta be a hozzá fűzött reményeket. A kukorica hasznosításában bekövetkező változások a minőségi, beltartalmi paraméterekkel szemben támasztott követelményeket is módosítják.

A jövőben a kukorica piaci pozícióját javítani kell, és az ágazat versenyképességének fenntartása érdekében elsődleges feladat a kukoricatermesztés stabilitásának megteremtése, a termésátlagok évenkénti ingadozásainak mérséklése és a termésbiztonság növelése. Ennek érdekében elsősorban a hibridspecifikus termesztéstechnológia elemeit kell szem előtt tartani, így a folyamatosan bővülő hibrid szortiment indokoltá teszi a hibrid-agrotechnika-környezet interakciók folyamatos vizsgálatát a növénytermesztési térben.

E három tényező közül jelenleg csak a biológiai alapok felelnek meg a legkorszerűbb követelményeknek, a rendelkezésre álló hibridek kiváló genetikai háttérrel rendelkeznek, és folyamatosan javul a termő-, a vízleadó-, a víz- és tápanyaghasznosító képességük, rezisztencia tulajdonságaik és a stressztényezőkkel szembeni toleranciájuk.

Az agrotechnikai tényezők sok esetben nem elégítik ki a kukorica igényét, többek között a műtrágyázás színvonala sem mennyiségi, sem minőségi vonatkozásban nem megfelelő, a kijuttatott 90-100 kg/ha műtrágyának 70%-a nitrogén, a foszfor-, kálium ellátás háttérbe szorult. A különböző genetikai háttérből adódóan más és más a hibridek természetes tápanyaghasznosító és feltáró képessége, valamint a trágyareakciója. A kukorica kedvező ökológiai adottságok mellett jól hasznosítja a talaj felvehető tápanyagkészletét, de a nagy termések realizálásához szükség van a tápanyagok visszapótlására.

Az ökológiai tényezőkön belül a klimatikus feltételek igen kedvezőtlenül alakulnak az utóbbi években nőtt a száraz, aszályos évjáratok gyakorisága. A szélsőséges időjárási viszonyok negatív hatásait csak mérsékelni tudjuk termőhelyhez igazodó hibridválasztással és a kukoricahibridek igényeihez igazodó – hibridspecifikus - termesztéstechnológia alkalmazásával.

Ugyanakkor a fenntartható növénytermesztés érdekében előtérbe kell helyezni a környezettudatos szemléletet, figyelembe kell venni minden egyes agrotechnikai beavatkozás hatását a termésre (minőségére és mennyiségére) és a környezet állapotára.

2) A kutatás célkitűzései

Kutatásaimat Debrecenben, a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Növénytudományi Intézet Bemutatókertjében, 2004, 2005, 2006 években beállított kukorica műtrágyázási kísérletben végeztem. A kísérletben a kontroll parcellák mellett 5 trágyaszinten vizsgáltam 10 különböző genetikai adottságú és tenyészidejű kukorica hibrid termőképességét, természetes tápanyagfeltáró és -hasznosító képességét, vízleadás dinamikáját és betakarításkori szemnedvesség tartalmát. A három év alatt értékeltem az NPK műtrágyázás hatását a fotoszintetikus aktivitásra, levélterületi-indexre, valamint a keményítő-, nyersfehérje- és nyersolajtartalomra. A kísérlet a kontroll (műtrágyázás nélküli) kezelés mellett három ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben került beállításra.

3) A kutatás módszerei

3.1. A kísérletben szereplő kukoricahibridek

A kísérletben 10 eltérő genetikai adottságú és tenyészidejű kukorica hibridet vizsgáltam. A hazai, illetve a külföldi nemesítésű hibrideket az igen korai, korai, közép

és középkezei éréscsoportból választottuk ki: PR39D81 (FAO 280), DK 440 (FAO 320), PR37M34 (FAO 360), DK 4626 (FAO 370), PR38A24 (FAO 380), Mv Maraton (FAO 450), Sze SC 463 R (FAO 450), DKC 5211 (FAO 460), PR36R10 (FAO 490), Mv Vilma (FAO 510).

3.2. A kísérleti évek időjárása

3.2.1. 2004-es év időjárása

Az éves adatokat elemezve megállapítható, hogy a 3 kísérleti év közül a 2004-es volt a legcsapadékosabb. 143,3 mm-rel hullott több csapadék a sokéves (1961-1990) átlaghoz – 565,3 mm – képest. 2004. évben, a kukorica tenyészidőszakában (IV.01.–IX.30.) összesen 422 mm csapadék hullott, ami 76,9 mm-rel haladta meg a 30 éves átlagot (345,1 mm), de az eloszlása kedvezőtlen volt. Ezt mutatja, hogy júliusban a havi 154,8 mm csapadékból 105,9 mm 4 nap alatt hullott, az augusztusi 74,8 mm-ből 72,5 mm a hónap második felében szintén 4 nap alatt esett. A havi középhőmérsékletek alakulása mind éves szinten, mind a kukorica tenyészidőszakában megközelítette a 30 éves átlagot (*1. táblázat*).

3.2.2. 2005-ös év időjárása

A 2005 év, hasonlóan az előző kísérleti évhez esős évjárat volt, és az év csapadékosabb hónapjai nagyrészt a kukorica tenyészidőszakára estek. A kukorica tenyészidejében 497,3 mm csapadék hullott, ami 152,2 mm-rel több mint a 30 éves átlag (345,1 mm), az éves mennyiség, pedig 80,5 mm-rel volt több. Az áprilisi és az augusztusi hónap az átlagtól csapadékosabb volt, ez a vetés kitolódását és az érési időszak elhúzódását eredményezte. A csapadék egyenetlen megoszlása erre az évre is jellemző volt, a júniusi 52 mm csapadékból 50,5 mm 2 nap alatt, az augusztusi 135,1 mm-ből 99 mm 4 nap alatt hullott. A középhőmérséklet – a február és a március hónapok kivételével – közel a 30 éves átlagot követte, februárban 3,9°C-kal, márciusban 2,8°C-kal volt kisebb a sokéves átlaghoz viszonyítva, de ez nem volt hatással a kukorica kelési folyamataira.

3.2.3. 2006-os év időjárása

A kísérlet harmadik évének, a 2006-os évnek az időjárása több szempontból is kedvezőtlen hatással volt a kukorica fejlődésére és növekedésére. A kukorica tenyészidejében csak 2,3 mm-rel hullott több csapadék (347,4 mm) a 30 éves átlaghoz képest. Júliusban, a kukorica kritikus időszakában csapadék mennyisége 30,8 mm-rel

elmaradt a 30 éves átlagtól. A havi középhőmérsékletek átlaga a kukorica tenyészidejében 17,56°C volt, 0,74°C-kal magasabb 16,82°C-nál, az átlagnál. A júliusi átlag feletti hőmérséklet (23,2°C) párosulva a vízhiánnyal hátrányosan érintette a kukorica virágzási és termékenyülési folyamatait.

1. táblázat: A ténylegesen lehullott csapadék mennyisége és a hőmérséklet alakulása (Debrecen, 2004-2006)

Hónap	Csapadék mennyisége (mm)				Átlaghőmérséklet (°C)			
	2004	2005	2006	30 éves átlag	2004	2005	2006	30 éves átlag
Január	46,7	5,0	26,5	37,0	-3,3	-0,9	-3,4	-2,6
Február	49,6	40,5	67,7	30,2	-0,7	-3,7	-1,4	0,2
Március	58,3	12,0	65	33,5	4,8	2,2	3,2	5,0
Április	41,6	96,0	92,5	42,4	11,4	10,8	12,1	10,7
Május	20,3	59,2	66,7	58,8	14,8	16,2	15,4	15,8
Június	93,4	52,0	71,6	79,5	19,3	18,4	18,6	18,7
Július	154,8	89,5	34,9	65,7	21,1	21,1	23,2	20,3
Augusztus	74,8	135,1	75,7	60,7	20,4	19,7	19,0	19,6
Szeptember	37,1	65,5	6,0	38,0	15,3	16,5	17,0	15,8
Október	36,0	12,0	26,3	30,8	11,1	10,8	11,3	10,3
November	70,0	16,0	9,0	45,2	4,9	3,5	6,2	4,5
December	26,0	63,0	11,7	43,5	0,9	0,2	2,2	-0,2
Összesen/ Átlag	708,6	645,8	553,6	565,3	10,0	9,57	10,28	9,84
Eltérés a 30 éves átlagtól	143,3	80,5	-11,7	-	0,16	-0,27	0,44	-
Tenyészidő (IV.-IX.)	422	497,3	347,7	345,1	17,06	17,1	17,56	16,82
Eltérés a 30 éves átlagtól (IV.-IX.)	76,9	152,2	2,6	-	0,24	0,28	0,74	-

Mindezek mellett július 22-én, az egyre gyakrabban jelentkező szélsőséges meteorológiai jelenségek hatásaként, jégeső és szélvihar okozott károkat a növényállományban. Az érési időszakban a kukorica vízleadási folyamatait segítette a kitolódó száraz, meleg szeptemberi időjárás.

Az időjárási adatok alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a 2004, 2005 kísérleti évek a csapadék ellátása és eloszlása, valamint a hőmérséklet tekintetében nagyon hasonló volt, összességében a kukoricatermesztés számára kedvezően alakult. A harmadik év már nem kedvezett a kukoricatermesztésnek.

3.3. A kísérleti terület talaja

A kísérleti terület talaja mészlepedékes csernozjom talaj. A talaj felső rétege mészhiányos, ennek következtében száraz időjárás esetén cserepesedésre erősen hajlamos. A talaj tápanyagtartalma közepes, tápanyag dinamizmusa jó, a talaj könnyen

művelhető morzsalékos szerkezetének köszönhetően. Az „A” szint humuszvastagsága 50-70 cm, a talaj szervesanyag tartalma 2,57%. Arany-féle kötöttsége 45, a pH-értéke 7,0 (H₂O). A talaj N-tartalma 0,12%, Al-oldható P₂O₅ 100 mg/kg, K₂O tartalma 165 mg/kg.

3.4. A kísérletben alkalmazott agrotechnika

Mindhárom kísérleti évében (2004, 2005, 2006) a kontroll (műtrágyázás nélküli) kezelés mellett 5 különböző műtrágyadózist alkalmaztunk. A legkisebb műtrágyaadag hektáronként N 40, P₂O₅ 25 és K₂O 30 kg hatóanyag volt. A legnagyobb adag, pedig ennek ötszöröse, N 200, P₂O₅ 125, K₂O 150 kg/ha hatóanyag (2. táblázat). A nitrogén műtrágya megosztva került kijuttatásra, ősszel és tavasszal, a foszfort és káliumot, pedig egy adagban ősszel juttattuk ki.

2. táblázat: A kísérletben alkalmazott műtrágyaadagok (2004-2006)

Kezelések	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Összes hatóanyag (kg/ha)
Kontroll	-	-	-	-
1. trágyaszint	40	25	30	95
2. trágyaszint	80	50	60	190
3. trágyaszint	120	75	90	285
4. trágyaszint	160	100	120	380
5. trágyaszint	200	125	150	475

Az elővetemény minden évben kukorica volt. Az alpművelés mindhárom évben őszi szántás volt, tavasszal pedig a szántáselmunkálást és magágykészítést végeztünk. A vetés mindhárom évben április végén történt kézi vetőpuskával.

3. táblázat: Agrotechnikai adatok (2004–2006)

	2004	2005	2006
Talajelőkészítés - őszi mélyszántás - magágyelőkészítés	2003. november 7. április 15.	2004. november 17. április 15.	2005. november 20. április 18.
Vetés	április 19-20.	április 30.–május 1.	április 24.
Tőszám	Igen korai és korai érésű hibridek 71 ezer tő/ha Közép és középkései érésű hibridek 65 ezer tő/ha		
Kelés	május 1-2.	május 10-12.	május 2-3.
Gyomirtás	április 30. (pree.) június 3. július 5-9.	május 31. július 18-21.	május 29.
Betakarítás	október 16-17.	október 12.	október 12.

A növényvédelmi munkálatok gyomirtásból és talajfertőtlenítésből álltak. A gyomok elleni védekezésben a kísérlet mindhárom évében egyaránt végeztünk vegyszeres és mechanikai gyomirtást is. A betakarítás minden évben október közepén történt (3. táblázat).

3.5. Egyéb vizsgálatok

A fotoszintetikus aktivitás mérését Licor 6400-as hordozható fotoszintézis mérőműszerrel, a levélterületet Licor 2000-es levélterület mérővel mértük. A méréseket azonos időpontban évente 4 alkalommal végeztük el.

A fehérje-, keményítő- és olajtartalomra vonatkozó minőségi vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézetében Dr. Győri Zoltán munkatársai segítségével végeztük el. A keményítőtartalom meghatározása az MSZ 6830/18-1988 szabvány szerint történt, a fehérjetartalom meghatározása roncsolásos módszerrel, az olajtartalmat *Soxtec* félautomata készülékkel mértük.

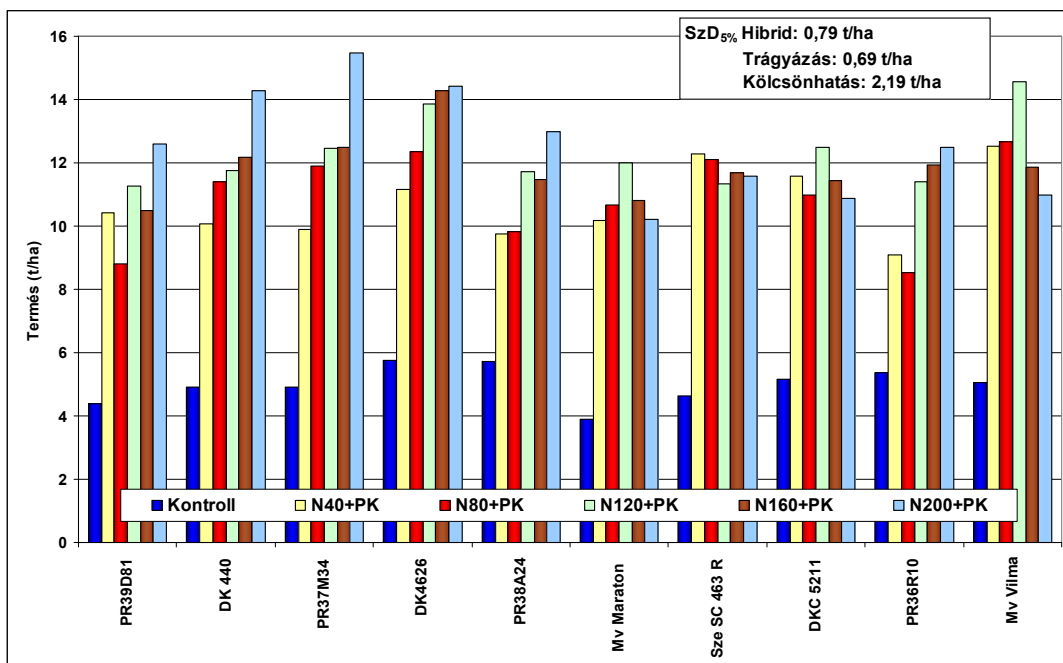
4) Eredmények, az értekezés főbb megállapításai

4.1. A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek termésére

2004-ben a hibridek termése műtrágyázás nélkül 3,88–5,76 t/ha között alakult. A tápanyagellátás tekintetében az első kezelésnek, N40, P25, K 30 kg/ha (továbbiakban N40+PK) volt a legnagyobb termésmenvelő hatása, 5,71 t/ha, a továbbiakban, pedig csak az N120, P75, K90 kg/ha (továbbiakban N120+PK), 1,37 t/ha-ral és az N200, P125, K150 kg/ha (továbbiakban N200+PK) 0,73 t/ha-ral eredményezett szignifikáns termésmenvekedést. A hibridek maximális termése 12,0-15,48 t/ha között alakult, amelyet a hibridek N40+PK, N120+PK és N200+PK trágyaszinten értek el (1. ábra), viszont a maximális terméshez tartozó műtrágyaadag hibridtől függően akár 20-44 kg/ha N+PK-mal is csökkenthető anélkül, hogy a termés szignifikánsan csökkenne.

A hibridek termése a trágyakezelések átlagában 9,62-11,97 t/ha között változott, a legkisebb 9,62 t/ha volt a termésátlaga az *Mv Maraton* hibridnek, a legnagyobb termésátlagot, pedig a *DK 4626* hibrid produkálta, 11,97 t/ha-t. Átlagon (10,55 t/ha) felüli volt a termése a *DK 440* (10,77 t/ha), a *PR37M34* (11,19 t/ha), a *DK 4626* (11,97 t/ha), a *Sze SC 463 R* (10,6 t/ha) és az *Mv Vilma* (11,27 t/ha) kukorica hibrideknek.

1. ábra: A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen, 2004)



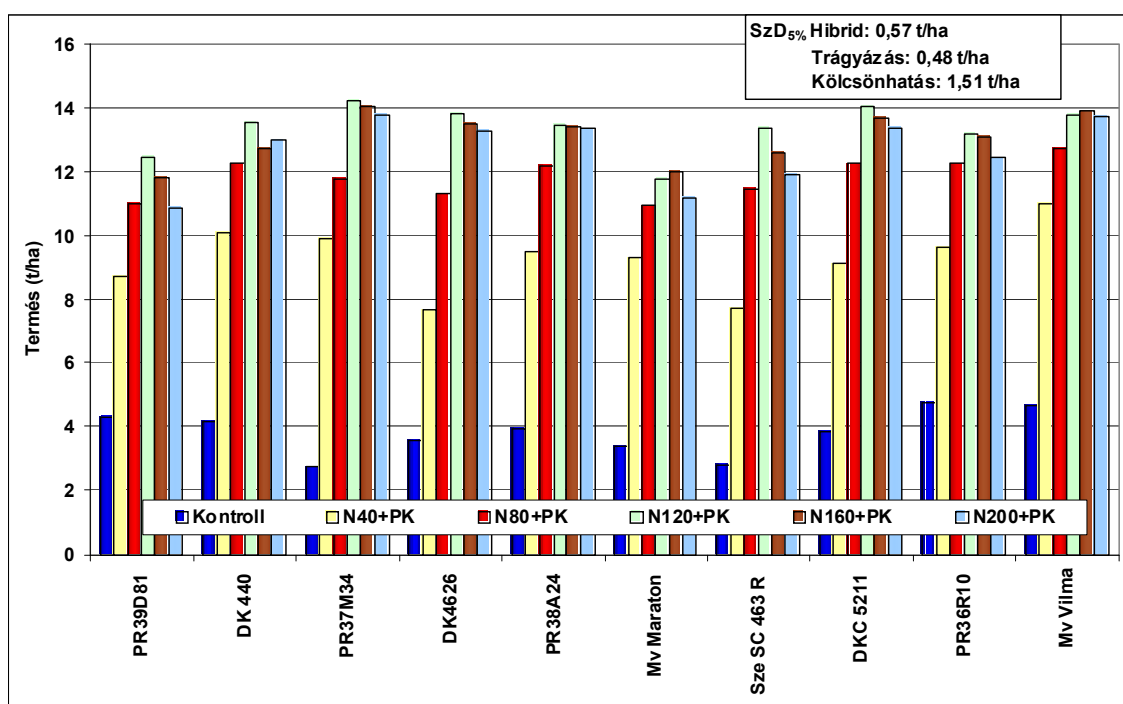
A műtrágyázásra a FAO 200-300 hibridek közül a *DK 4626*, a FAO 400-500 hibridek közül az *Mv Vilma* reagált a legintenzívebb termésnövekedéssel, Ezzel szemben pl. a *PR39D81*, a *PR38A24* és a *PR36R10*-es hibridek termése a műtrágyaadag növelésével kisebb mértékben növekedett.

2005-ben a hibridek műtrágyázás nélkül az előző évihez képest kisebb, 2,75-4,77 t/ha közötti átlagtermést produkáltak. A hibridek átlagában a trágyázás az N120+PK trágyaszintig csökkenő tendenciával, de szignifikáns mértékben növelte a termést, a legkisebb trágyaadag a kontrollhoz képest 5,44 t/ha-ral, az N80, P50, K60 kg/ha (továbbiakban N80+PK) az előző trágyaszinthez képest 2,55 t/ha-ral és az N120+PK még 1,55 t/ha-os termésnövekedést eredményezett. A tápanyagszint további növelése viszont minden hibrid esetében termésdepresszióhoz vezetett, mely a 2. ábrán látható.

A vizsgált kukorica hibridek termése – a martonvásári hibridek kivételével – az N120+PK adag mellett érte el a maximumot, 12,45-14,21 t/ha, az *Mv Maraton* és *Mv Vilma* hibridek termése az N160, P100, K120 kg/ha (továbbiakban N160+PK) kezelésig növekvő tendenciát mutatott. A hibridek közül a legnagyobb terméseredményt a *PR37M34* produkálta, 14,21 t/ha-t, de a *DKC 5211*, hosszabb tenésztípusú hibrid is elérte a 14,03 t/ha-t. A műtrágyakezelések átlagában a hibridek termése 9,77-11,63 t/ha között változtak, ebben az évben is kiemelkedő terméseredményt értek el a *PR37M34* (11,07 t/ha), a *DK 5211* (11,05 t/ha), és az *Mv Vilma* (11,63 t/ha) kukorica hibridek.

Erre a kísérleti évre megállapítható az optimális tápanyagszintet vizsgálva, hogy a maximális terméshez tartozó műtrágyaadag akár 20-24 kg/ha N+PK-mal is csökkenthető anélkül, hogy a termés az SzD_{5%} érték felénél nagyobb mértékben csökkenne. A FAO 200-300-as hibridek közül a *PR37M34* hibrid igen intenzív terméshozzávalóval reagált az emelkedő tápanyagszintekre, a kontroll parcellában elért terméseredménye (2,75 t/ha) alapján elmondható, hogy gyenge a természetes tápanyaghasznosító képessége, de trágyareakciója kiváló. A hosszabb tenyészidejű hibridek közül a *Sze SC 463 R* reagált intenzív terméshozzávalóval a tápanyagellátásra, termése 10,54 t/ha-ral növekedett a műtrágyázás nélküli kezeléshez képest.

2. ábra: A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen, 2005)



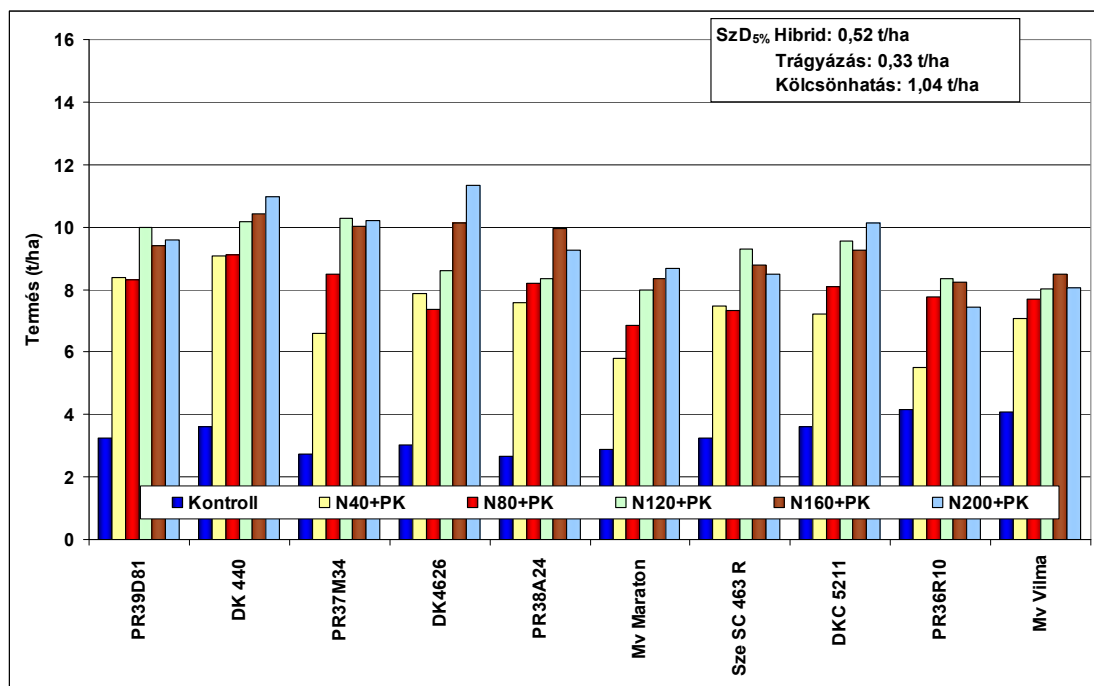
A hibridek termése a 2004-2005. kísérleti évek terméseredményeitől jelentősen elmaradtak, ez az évjárat hatásának köszönhető. 2006-ban a kukorica kritikus időszakában jelentkező nyári szárazság magas hőmérséklettel párosult, ami a kukorica virágzási-, termékenyülési- és szentelítődési folyamatait károsította, ez leginkább a hosszabb tenyészidejű hibrideket sújtotta. Mindemelllett a jégeső által okozott károk is hozzájárultak a kisebb termésátlagok kialakuláshoz. A kontroll kezelésben mért termésátlagok 2,67-4,14 t/ha között alakultak, az előző két évhez hasonlóan a *PR36R10* és az *Mv Vilma* hibridek érték el kimagasló termést, 4,14 és 4,07 t/ha-t műtrágyázás nélkül. A hibridek maximális termései 8,35-11,35 t/ha között változtak, a kezelések

hatására a hibridek átlagában a termésnövekedés csökkenő tendenciát mutatott, az egyes trágyaszintek hatására a termésnövekedés 3,92; 0,67; 1,13; 0,25 és 0,11 t/ha volt, de az N160+PK és N200+PK már szignifikánsan nem, csak tendenciájában növelte a hibridek átlagtermését.

A műtrágyakezelések átlagában a hibridek közül a FAO 200-300-as hibridek érték el nagyobb termésátlagokat, a *PR39D81*, a *DK 440*, a *PR37M34* és a *DK 4626*, termésük 8,06-8,89 t/ha volt, mivel ezeket a hibrideket virágzási és termékenyülési folyamataira kevésbé volt hatással a nyári hő- és szárazságstressz. A hosszabb tenyészidejű hibridcsoportból csak a *DKC 5211* hibrid termése volt nagyobb, 7,98 t/ha, a többi hibrid csupán 6,76-7,43 t/ha-os termésátlagot produkált (3. ábra).

2006-ban a kukorica hibridek optimális tápanyag szintjének alsó határa N116+PK és N192+PK között alakult, mely hibridtől függően 8-28 kg/ha-ral is kisebb volt, mint a maximális terméséhez tartozó műtrágyamennyiség. Ebben az évben a kukorica hibrideknek nemcsak a termésük maradt el a 2004-2005 évek eredményektől, de a hibridek trágyareakciója is gyengébb volt. A nagyobb adagú trágyázásnak termés-csökkentő hatása volt, a hibridek közül legintenzívebb trágyareakciót a *PR37M34* és a *Sze Sc 463 R* hibridek mutatták.

3. ábra: A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen, 2006)

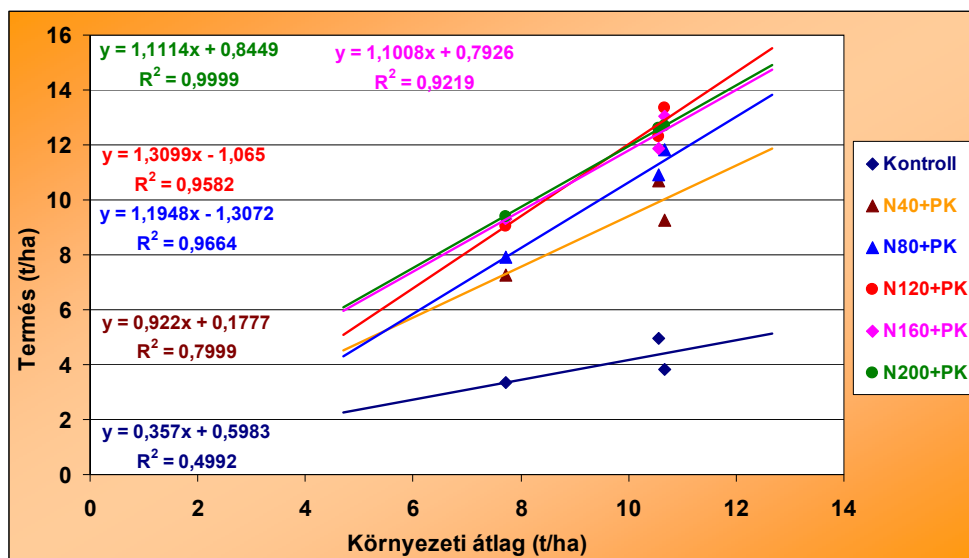


4.2. A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésstabilitására

2004-2006 kísérleti években a 3 év átlagában vizsgáltam, hogy az egyes műtrágyakezeléseknek milyen hatása volt a kukorica termésstabilitására a hibridek átlagában.

Legstabilabb, de legkisebb (3,3-5 t/ha) volt a termése a műtrágyázás nélküli kezelésnek. A csapadékos évjáratnak köszönhetően a legkisebb trágyaadagnak is jelentős volt a termésmenvelő hatása, javuló környezeti feltételek mellett legnagyobb mértékben az N80+PK és az N120+PK kezelések termése változott, de az N120+PK adaghoz tartozó termés minden környezeti átlag mellett meghaladta az N80+PK termését (4. ábra). 10 t/ha feletti környezeti átlagnál az N120+PK-os kezelés 7,3-9,5 t/ha-ral haladta meg a kontroll kezelésben elért terméseredményeket, 3,3-3,8 t/ha-t. Az N160+PK és N200+PK kezelésben a termés a kisebb, 7,7 t/ha-os környezeti feltételek mellett 9,3-9,4 t/ha volt, meghaladta a többi kezelés termését, viszont 10,5 t/ha környezeti átlag felett termésük (12,7-13,1 t/ha) elmaradt az optimális N120+PK adag termésétől (13,4 t/ha).

4. ábra: A műtrágyázás hatása (a hibridek átlagában) a kukorica termésstabilitására (Debrecen, 2004-2006)

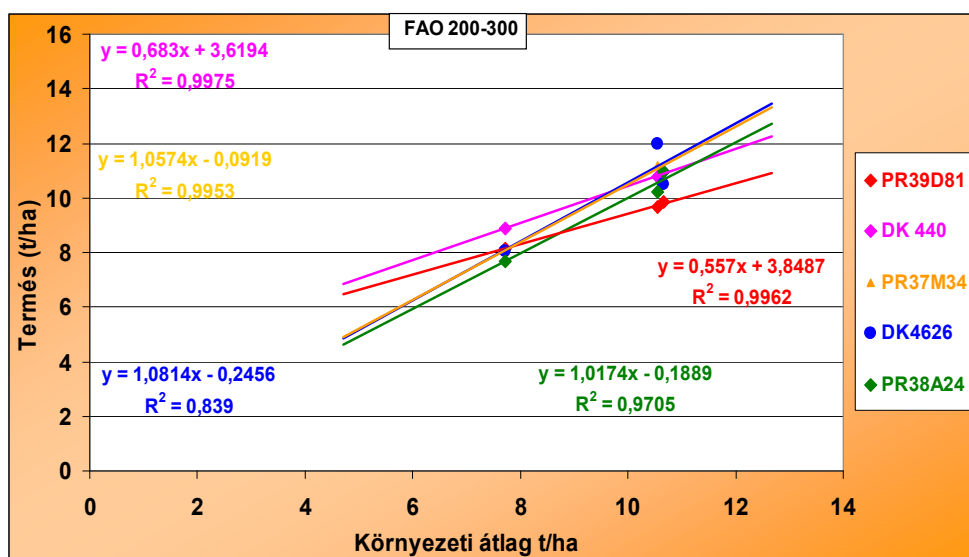


A hibridek termésstabilitását megvizsgáltam a műtrágyakezelések átlagában is. A FAO 200-300 éréscsoportú hibridek közül a gyengébb, 7,7 t/ha-os környezeti feltételek mellett a DK 440 és a PR39D81 hibridek termése (8,2-8,9 t/ha) meghaladta a többi hibrid termését, 7,7-8,1 t/ha-t. A környezeti feltételek további javulásával a PR37M34 és a DK 4626 kukorica hibridek termése szinte azonos ütemben és a legnagyobb mértékben növekedett, 10,5 t/ha-os környezeti átlag mellett 11,2-12,0 t/ha-os maximális

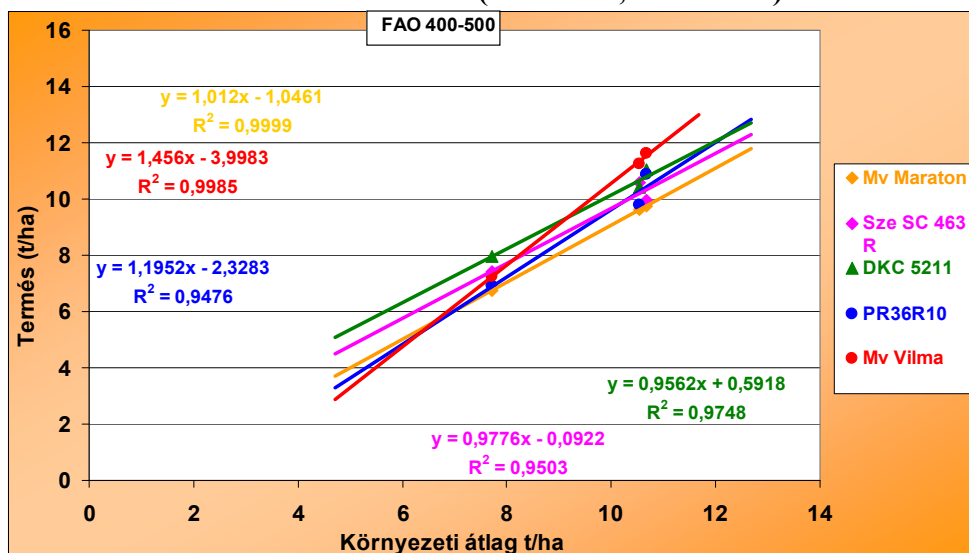
termést produkáltak, felülmúlva a másik három hibrid termését. Legstabilabbnak a *DK 440* és a *PR39D81* hibrid termése mutatkozott ebből az éréscsoportból (5. ábra).

A FAO 400-500-as hibridek közül a *DKC 5211* és az *Sze SC 463 R* hibrideknek a termése közel azonos ütemben növekedett a környezeti átlag növekedésével, és 7,7 t/ha-os környezeti feltételek mellett termésük meghaladta az *Mv Maraton*, a *PR36R10* és az *Mv Vilma* hibridek termését 0,6-1,2 t/ha-ral (6. ábra).

5. ábra: A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek (FAO 200-300) termésstabilitására (Debrecen, 2004-2006)



6. ábra: A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek (FAO 400-500) termésstabilitására (Debrecen, 2004-2006)



A leghosszabb tenyészidejű *Mv Vilma* hibrid reagált a legintenzívebben a környezeti feltételek javulására, 7 t/ha környezeti átlag alatt a legkisebb volt a termése, de 10,5 t/ha felett termése meghaladta az összes többi hibrid termését az éréscsoportjában, termése

4,1 t/ha-ral nőtt. A hosszabb tenésziidejű hibridek közül a *DKC 5211* hibrid termése mutatkozott a legstabilabbnak a három év átlagában.

A három év eredményei alapján megállapítható, hogy az évjáratnak és azon belül is a csapadékellátottságnak meghatározó szerepe van a tápanyagfelvételben és ezáltal a termésképzésben is. A kukorica hibridek csapadékos évjáratok hatására nagyon jól hasznosították egyrészt a talaj természetes tápanyagtartalmát, másrészt a kijutatott műtrágyát. A kedvező évjáratokban kifejezettebb volt az eltérő genetikai adottsággal rendelkező hibrideknek a specifikus trágyareakciója és a trágyaigénye, míg a kedvezőtlen adottságú évben a hibridek alkalmazkodó képessége került előtérbe.

4.3. A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek vízleadás dinamikájára és betakarításkori szemnedvesség tartalmára

A kísérletben szereplő hibridek közül hat eltérő genetikai adottságú és tenésziidejű hibrid vízleadását mértük az N120+PK és az N200+PK trágyaszinten a fekete réteg kialakulása, és a betakarítás közötti időszakban hetente. A vizsgálatba bevont hibridek a *PR39D81*, *DK 440*, *PR38A24*, *Sze Sc 463 R*, *DKC 5211* és az *Mv Vilma* hibridek voltak.

2004-ben a *PR39D81* korai érésű hibrid szemnedvesség tartalma volt legalacsonyabb, 18,23%, az *Mv Vilma* hibridé, pedig a legnagyobb 24,03% a kezelések átlagában. Kedvező volt a *DKC 5211* szemnedvesség tartalma, csupán 21,64% volt átlagban, a közel azonos tenésziidejű *Sze SC 463 R* hibridéhez képest 1,34%-kal volt kisebb. A kezelések átlagában szignifikáns volt a különbség az egyes hibridek betakarításkori szemnedvesség tartalma között. A hibridek átlagában a kezeléshatást vizsgálva megállapítható, hogy a trágyázás nélküli és a N200+PK trágyaadaggal kezelt parcellákhoz tartozó termések szemnedvesség tartalma meghaladta az N120+PK kezeléshez tartozó szemnedvesség tartalmát, de szignifikáns különbség csak az N120+PK és az N200+PK kezelések szemnedvesség értékei között volt. A műtrágyázatlan kontrollban 21,37%, a legnagyobb trágyaszinten 21,66%, az N120+PK kezelés termésénél 20,59% volt a betakarításkori szemnedvesség tartalom.

2005-ben a kezelések átlagában szintén a *PR39D81* hibrid szemnedvesség tartalma volt a legalacsonyabb, 15,56%, mely lényegesen kisebb volt a többi hibridétől, a leghosszabb tenésziidejű *Mv Vilma* hibrid betakarításkor mért szemnedvessége 10%-kal haladta meg ezt az értéket, 25,53% volt. A hosszabb tenésziidejű hibridek szemnedvessége betakarításkor nagyobb volt, de a *DK 440* és a *PR38A24*, illetve a *Sze Sc 463 R* és a *DKC 5211* hibridek terméseinek szemnedvesség tartalma közötti

különbségek nem voltak szignifikánsak. A hibridek átlagában vizsgálva a kezeléseknek nem volt szignifikáns hatása a betakarításkori szemnedvesség tartalomra. Az N120+PK szinten 20,19%, az N200+PK kezelés esetén 21,03%-ot, a kontroll parcellában, pedig 20,98%-ot mértünk.

A kezelések átlagában a hibridek szemnedvesség tartalma 2006-ban volt a legalacsonyabb betakarításkor. A kísérleti eredmények alapján a rövidebb tenészszejű hibrideknek kisebb volt betakarításkor a szemnedvességük, a különbség akár 5-10%-os volt. A *PR39D81* hibridnek a legalacsonyabb, 10,4%, a *PR38A24*-nek a legnagyobb, 16,29% volt a betakarításkori szemnedvesség tartalma. A hibridek szemnedvessége közötti különbség elérte a megbízhatósági szintet, csupán a *Sze SC 463 R* és az *Mv Vilma* hibridek között nem volt szignifikáns a különbség. Ebben az évben az előző évekhez képest kedvező, 15,38% volt az *Mv Vilma* hibrid betakarításkori szemnedvessége tartalma (4. táblázat). A hibridek átlagában szignifikáns különbséget mértünk a kontroll kezelés termésének szemnedvessége (14,4%) és az N120+PK tápanyagdózishoz tartozó szemnedvesség (13,3%) között, viszont az N200+PK kezelés terméséhez tartozó szemnedvesség (13,81%) nem mutatott szignifikáns eltérést (5. táblázat).

4. táblázat: A hibridek betakarításkori szemnedvesség tartalma (%) a kezelések átlagában (Debrecen 2004-2006)

	2004	2005	2006
PR39D81 (FAO 280)	18,23	15,56	10,40
DK 440 (FAO 320)	19,67	19,58	11,60
PR38A24 (FAO 380)	20,67	20,16	16,29
SzeSC463R (FAO 450)	22,98	21,83	15,16
DKC 5211 (FAO 460)	21,64	21,76	14,20
Mv Vilma (FAO 510)	24,03	25,53	15,38
<i>SzD_{5%}</i>	0,87	0,8	0,57

5. táblázat: A különböző kezelésekhez tartozó betakarításkori szemnedvesség tartalmak (%) a hibridek átlagában (Debrecen 2004-2006)

	2004	2005	2006
Ø	21,37	20,98	14,40
N120 + PK	20,59	20,19	13,30
N200 + PK	21,66	21,03	13,81
<i>SzD_{5%}</i>	1,03	0,95	0,68

Összefoglalva megállapítható, hogy a kukorica hibridek betakarításkori szemnedvesség tartalmát a hibridek vízleadó képességén kívül a hibridek tenyészideje, a tápanyagellátás mértéke és az évjárat is jelentősen befolyásolta. A vízleadás dinamikája eltérő az érés időszakába. A gyors vízleadó képességű és rövidebb tenyészidejű hibrideknél a fiziológiai érés is korábban következik be, és már augusztus végére - szeptember elejére 35-40 % alá csökken a szemnedvesség tartalmuk (pl. *PR39D81*, *DK 440*). A fiziológiai éréstől a betakarításig a napi vízleadásuk 0,54-0,66 % körül alakult, és ennek eredményeként évjáratától függően a betakarításkori szemnedvesség tartalmuk 10-20 % között alakult. Vannak hibridek, amelyeknek az érés második felében gyorsul fel a vízleadás üteme (dinamikája), pl. *PR38A24*, *Sze SC 463R* és az *Mv Vilma*.

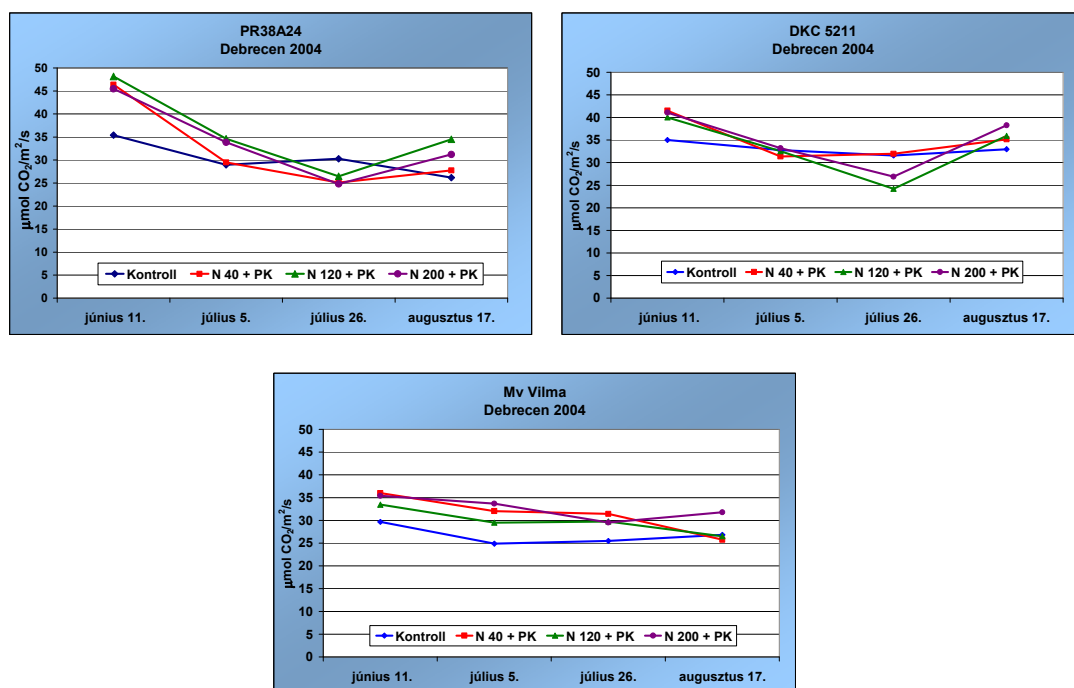
Az érés időszakában a vízleadás dinamikája az N 120, P₂O₅ 75, K₂O 90 kg/ha harmonikus tápanyagellátásnál volt kedvezőbb az N 200, P₂O₅ 125, K₂O 150 kg/ha-os kezelések terméseinél mért vízleadáshoz viszonyítva.

4.4. A tápanyagellátás és a kukorica hibridek fotoszintetikus aktivitása közötti összefüggés

A kísérletben 5 különböző genetikai adottságú kukorica hibrid fotoszintetikus aktivitását mértük eltérő tápanyagszinteken (kontroll, N40+PK, N120+PK, N200+PK) évente négy alkalommal.

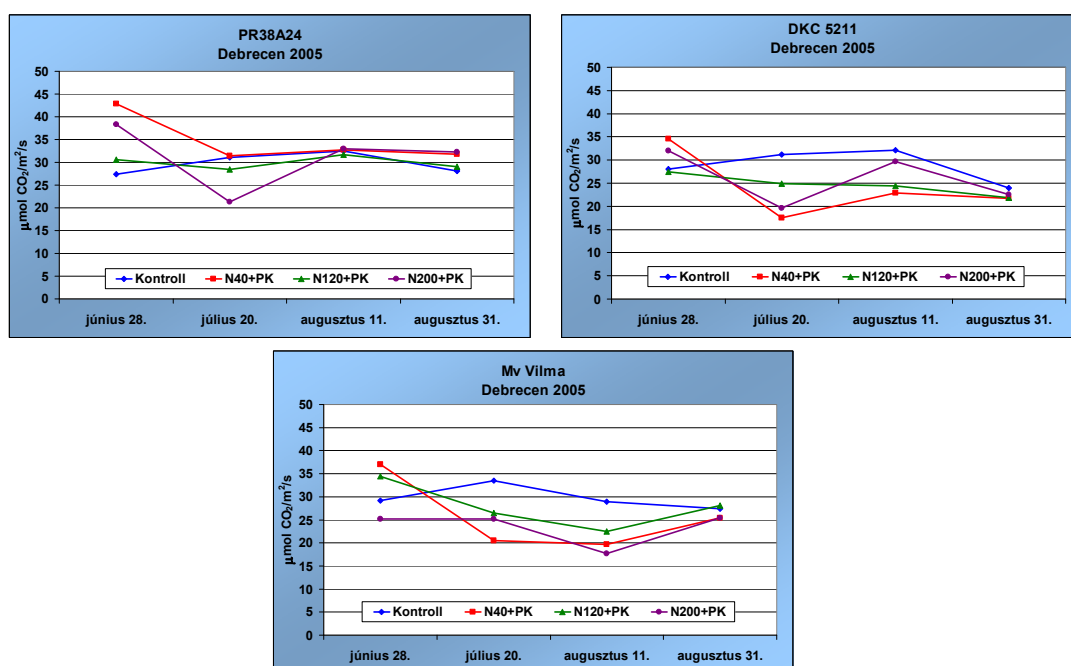
2004-ben a hibridek átlagában, az első, a második és az utolsó mérési időpontokban, a kontroll parcellákban voltak a legkisebbek a mért fotoszintézis értékek, 29,4-34,3 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$. A javuló műtrágyaellátás fokozta a fotoszintézis intenzitását és szignifikáns különbséget mértünk a kontroll és az N120+PK kezelés eredményei között júniusban. Ezzel ellentétben július 26-án a kontroll parcella fotoszintézise volt a legnagyobb, 30,7 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$, a trágyázás hatására a nettó fotoszintézis intenzitása csökkent 28-28,9 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ -ra. Az eltérés abból adódhatott, hogy a tápanyagellátás hatására nőtt a kukorica vízigénye, és vízhiányos állapot lépett fel, melyre a növény a sztómák záródásával reagált. Ezt bizonyítják a transzspirációnak és sztóma átjárhatóságnak alacsony értékei is. A hibridek közül a *PR38A24* hibridnek volt a legnagyobb a fotoszintézise, a tápanyag kezelés hatására 45,5-48,2 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ között alakult (7. ábra).

7. ábra: A tápanyagellátás ellátás hatása a kukorica hibridek fotoszintézisére (Debrecen, 2004)



2005-ös kísérleti évről elmondható, hogy a tápanyagellátás a fotoszintézist az első mérés alkalmával szignifikáns mértékben növelte ($7 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ -mal), a hibridek átlagában. A tenyészidőszak előrehaladtával a tápanyagellátás nem fokozta a fotoszintetikus aktivitás mértékét, viszont a csökkenés nem volt szignifikáns (8. ábra).

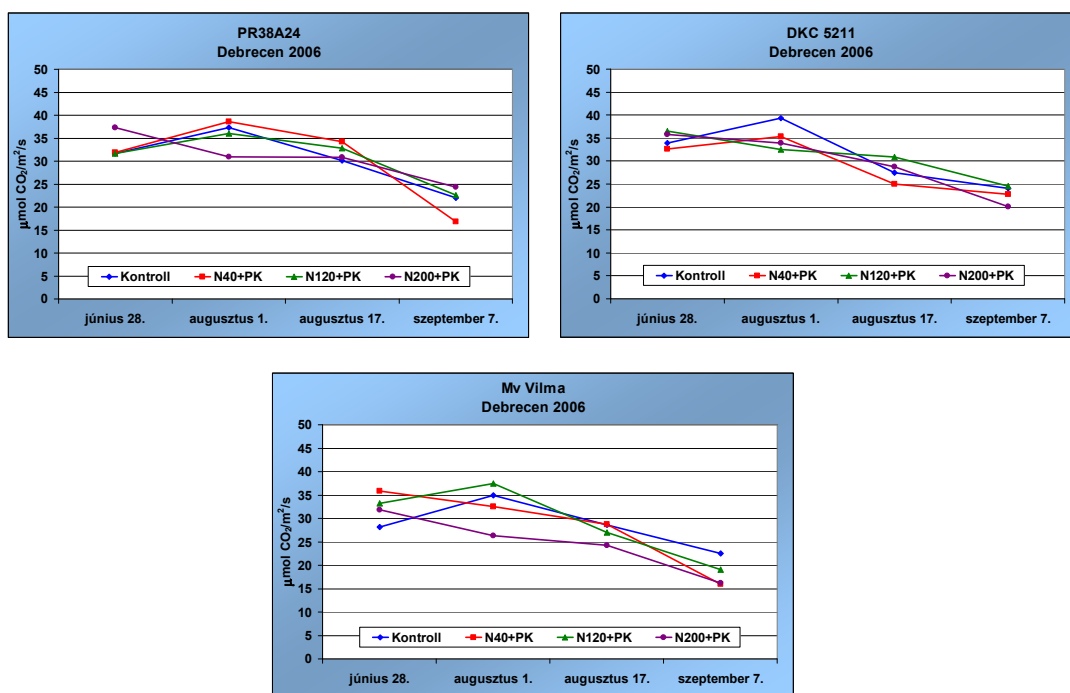
8. ábra: A tápanyagellátás ellátás hatása a kukorica hibridek fotoszintézisére (Debrecen, 2005)



Augusztus 11-én közel azonos volt, 27,8-28,8 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ az egyes kezelések fotoszintetikus aktivitása. A tenyészidőszak vége fele a trágyázott parcellákban tendenciájában nagyobb volt a fotoszintézis, 26,5-28,4 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$, mint a kontroll kezelésben (24,4 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$), de a különbség nem érte el a megbízhatósági szintet. Az augusztusi csapadékos időjárás a tenyészidőszak kitolódásához vezetett, ennek köszönhetően a fotoszintetikus aktivitás az optimális tápanyagszinten minimális, nem szignifikáns mértékben csökkent. A hibridek közül a *DK4626*-nak és a *PR38A24*-nek volt kiemelkedő a fotoszintetikus aktivitása, meghaladta a 40 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ -ot.

2006-ban a fotoszintézis a tenyészidő előrehaladtával trágyaszintektől függően eltérő mértékben csökkent. A kontroll, az N40+PK és az N120+PK kezelés hatására augusztus elején kis mértékben, de nőtt a fotoszintetikus aktivitás, majd ezt követően csökkent, viszont a legnagyobb, N200+PK kezelés esetében már június 28-tól folyamatos volt a csökkenés.

9. ábra: A tápanyagellátás ellátás hatása a kukoricahibridek fotoszintézisre (Debrecen, 2006)



A hibridek átlagában minimális volt az eltérés a kezelések között, a fotoszintetikus aktivitás a második mérési időpontban volt a legintenzívebb, N40+PK és az N120+PK trágyaszinteken, 37-37,3 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$. A hibridek közül egyedül a *PR39D81* hibridnek volt átlag feletti a fotoszintetikus aktivitása, 42,4 és 45,0 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$. A

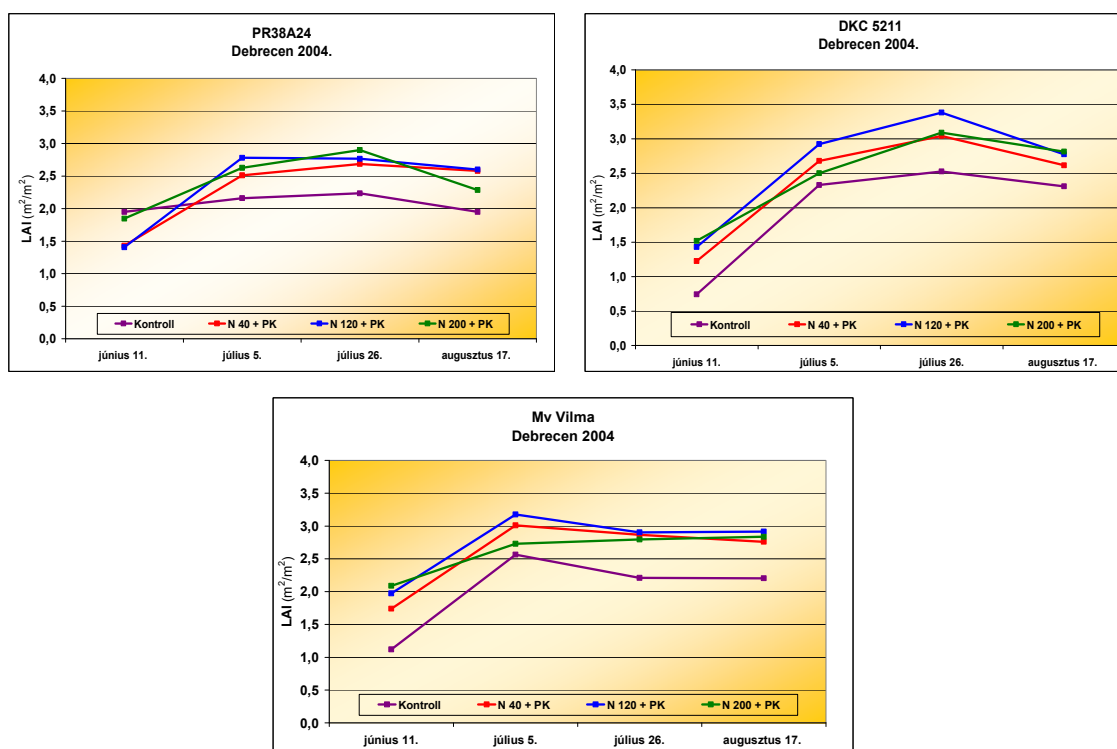
legkisebb trágyaadaghoz képest az N120 és N200+PK csak tendenciájában tudta növelni a fotoszintézist (9. ábra).

4.5. A tápanyagellátás és a kukorica hibridek levélterülete közötti összefüggés

A tápanyagellátás és a levélterület közötti összefüggés vizsgálatába a *PR39D81*, a *DK4626*, a *PR38A24*, *DKC 5211* és az *Mv Vilma* hibrideket vontuk be. A méréseket a kontroll, az N40+PK, N120+PK és N200+PK műtrágyaadagokkal kezelt parcellákban végeztük négy eltérő időpontban.

2004-es év eredményei alapján megállapítható, hogy a hibridek átlagában a műtrágyázás szignifikánsan növelte a kukorica levélterületét a kontroll kezeléshez képest, de az egyes trágyaszintek közötti különbség nem érte el a szignifikancia határát, csupán az első méréskor volt az N200+PK kezelés levélterülete szignifikánsan nagyobb az N40+PK kezelés levélterületéhez képest. A terméseredmények alapján már bebizonyosodott, hogy a *DK4626*, a *PR38A24*, a *DKC 5211* és az *Mv Vilma* hibridek természetes tápanyaghasznosító képessége kiemelkedő a többi, kísérletben vizsgált, hibridéhez képest és ez a kedvező tulajdonságuk a levélterület tekintetében is megmutatkozott.

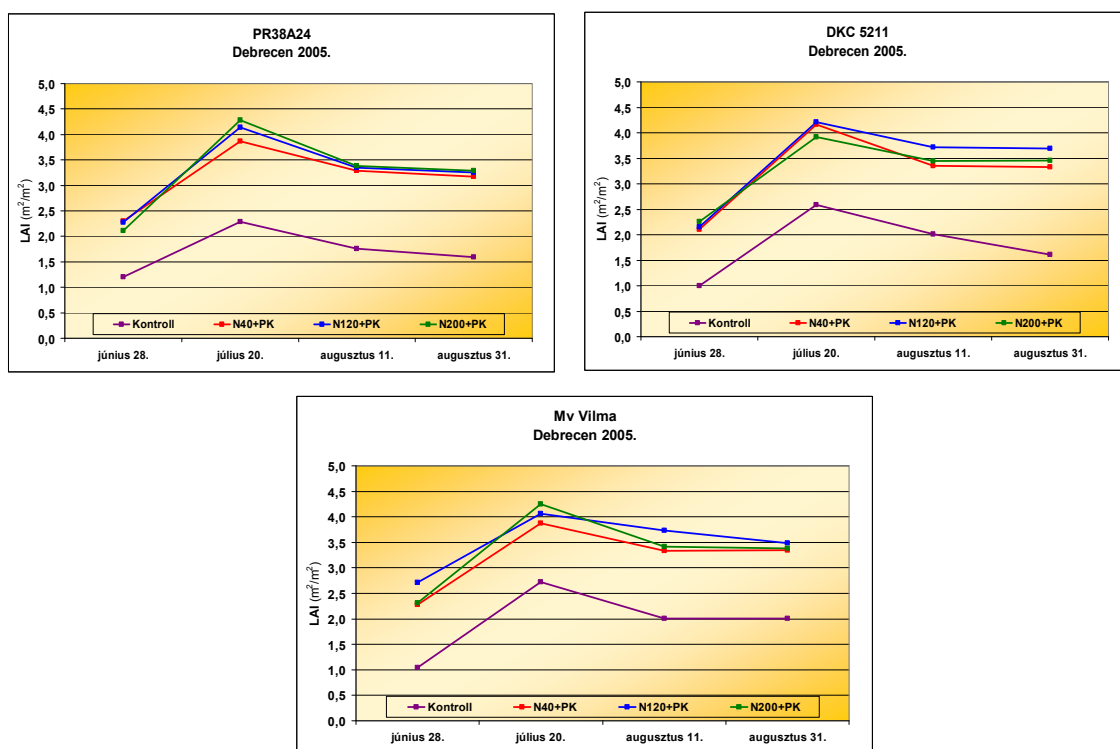
10. ábra: A kukorica hibridek LAI értékének alakulása különböző trágyakezelések hatására (Debrecen, 2004)



Ez a négy hibridnél a kontroll parcellához képest a legkisebb, N40+PK trágyaadag 0,31-0,66 m²/m²-rel növelte a levélterület-indexet, tehát a hibridek levélterületei a jobb tápanyaghasznosító képességnek köszönhetően már a kontroll parcellában is kedvezőek voltak (0,74-2,65 m²/m²). Természetesen a kontroll kezelésekben elért kedvező eredményekre a csapadékos évjáratnak is jelentős hatása volt (10. ábra).

2005-ben a hibridek levélterülete jelentősen meghaladta az előző kísérleti év levélterületi eredményeit, ami az évjáráthatással magyarázható. Ebben az évben a csapadékosabb hónapok a kukorica tenyészidőszakára estek, illetve az augusztusi csapadékos időjárás a tenyészidőszak kitolódását eredményezte, és ez okozhatta, hogy a zöldfelület nagysága nem változott augusztus 11. és 31. között.

11. ábra: A kukoricahibridek LAI értékének alakulása különböző trágyakezelések hatására (Debrecen, 2005)

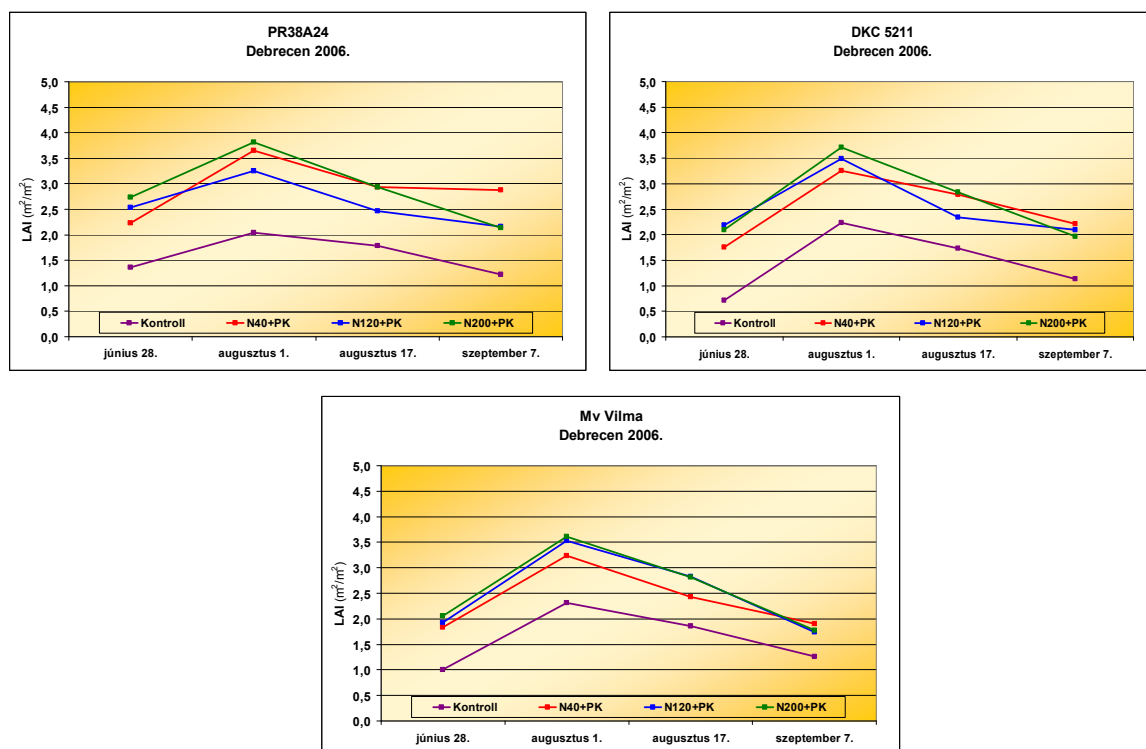


Továbbá megállapítható, hogy a hibridek átlagában a legnagyobb levélterületet az N120+PK kezelésben kaptuk, de ez csak tendenciájában volt nagyobb az N40 és az N200+PK kezeléshez viszonyítva. A kontroll kezelésben mért levélterület viszont jelentősen elmaradt a tápanyaggal ellátott parcellák levélterületéhez képest (11. ábra).

2006-ban kisebbek voltak a hibridek levélterületei, mint az előző évben, ami egyrészt magyarázható azzal, hogy a kísérleti évek közül, 2006-ban hullott a legkevesebb

csapadék a kukorica tenyészidejében, másrészt a július szélvihar és jégeső károkat okozott a növényállomány levélzetében. A kontroll kezeléshez képest már a legkisebb műtrágyaadag is jelentős levélterület növekedést eredményezett, ami elérte a megbízhatósági szintet. Az N120+PK trágyaszint viszont szignifikánsan nem, csak tendenciájában növelte a LAI-t - a hibridek átlagában - viszont a levelek leszáradása hamarabb bekövetkezett az N120 és N200+PK trágyaszinteken. Az első két mérés alkalmával az N40 és az N200+PK kezelés közötti különbség ($0,38$ és $0,40 \text{ m}^2/\text{m}^2$) elérte a megbízhatóság határát. A hibridek közül a *PR39D81*, a *DK 4626* és a *PR38A24* hibrid levélterület-indexe volt a legnagyobb, közel azonos volt a maximális levélterületük, $3,81$ - $3,91 \text{ m}^2/\text{m}^2$, a másik két hibridé valamivel kisebb, $3,62$ és $3,72 \text{ m}^2/\text{m}^2$ volt (12. ábra). A kukorica hibridek levélterület-indexe (LAI) évjáráttól és az NPK műtrágyakezeléstől függően jelenős mértékben változott, ami a hibridek produkciójával is összefügg.

12. ábra: A kukorica hibridek LAI értékének alakulása különböző trágyakezelések hatására (Debrecen, 2006)



4.5.1. A kukorica hibridek levélterület-indexe és termése közötti összefüggés vizsgálata

Mindhárom kísérleti évben a *PR39D81*, a *PR38A24*, a *DKC 5211* és az *Mv Vilma* hibridek termése és levélterület-indexe közötti korrelációs együttható értéke $0,797$ és

0,966 között változott. A DK 4626 hibrid termése és levélterülete között 2004-ben 0,645 volt a korrelációs együttható, azaz szoros a kapcsolat, míg 2005 és 2006-ban igen szoros, az összefüggés mértéke 0,906 és 0,936 (6. táblázat). A termésátlagokat a levélterülettel összevetve megállapítható, hogy 2004-ben és 2005-ben is az N120+PK kezelésben kaptuk a legnagyobb termésátlagokat a hibridek átlagában, 12,58 és 13,51 t/ha-t, és az 1 m²-re eső levélterület is ezen a trágyaszinten volt a legnagyobb, 2,6 és 3,39 m²/m². 2005-ben a nagyobb levélterület-index kialakulását nagy valószínűséggel az okozta, hogy az előző csapadékos évjárat következtében a talaj kellően fel volt töltődve vízzel, mely elősegítette a nagyobb zöld levélterület kialakulását, ezáltal a növények nagyobb felületen tudták hasznosítani a napfényt, mely a szárazanyag akkumulációban is megmutatkozott.

6. táblázat: A kukoricahibridek termése és levélterület-indexe közötti kapcsolat szorossága (Debrecen, 2004-2006)

	2004	2005	2006
<i>PR39D81</i>	0,915**	0,818*	0,966**
<i>DK 4626</i>	0,645	0,906**	0,931**
<i>PR38A24</i>	0,829*	0,913**	0,880*
<i>DKC 5211</i>	0,891**	0,825*	0,860**
<i>Mv Vilma</i>	0,889**	0,949**	0,886**
<i>A hibridek átlaga</i>	0,797**	0,863**	0,848**

**A korreláció szignifikáns 1%-os szinten

* A korreláció szignifikáns 5%-os szinten

2004-2005-ben a műtrágyázás nélküli kezelésben a LAI értéke a 2 m²/m²-t sem érte el és a termés is kisebb volt, 5,2 és 4,06 t/ha. 2006-ban a kontroll kezelésben 3,33 t/ha-os termésátlag mellett csupán 1,52 m²/m² volt a hibridek átlag levélterület-indexe, az ötödik trágyaszinten a 9,67 t/ha-os átlagtermés 2,67 m²/m² levélterülettel párosult.

A korreláció vizsgálat alapján megállapítható, hogy 2004-2006 között a vizsgált hibridek termése és levélterület-indexe között pozitív, igen szoros összefüggés volt.

4.6. A tápanyagellátás hatása a kukoricahibridek minőségére

A kukorica minőségét elsősorban a genetikai tényezők determinálják, és ennek érvényre jutását meghatározzák, illetve módosítják az ökológiai és az agrotechnikai viszonyok, ezen belül is elsődleges szerepe van a tápanyagellátásnak.

A hibridek közül az *PR37M34*, a *DKC 5211* és az *Mv Vilma* hibridek fehérje-, keményítő- és olajtartalmát vizsgáltuk a kontroll, az N40+PK, az N120+PK és az N200+PK trágyaszinteken a 2005. és 2006. kísérleti években.

2005-ben a vizsgált hibridek fehérje tartalma 5,93-8,78% között változott. A nagyobb műtrágya adagok hatására bekövetkezett fehérjetartalom növekedés hibridenként eltérően alakult. A *PR37M34* hibrid fehérjetartalma 6,64-7,25% között változott trágyaszinttől függően, az N120+PK trágyaszinten volt a legnagyobb, 7,25%. A *DKC 5211* hibrid fehérjetartalma trágyázás nélkül 6,49% volt, az N200+PK műtrágyakezelés esetén 7,82%-ot mértünk, a különbség szignifikáns volt. 2005-ben az *Mv Vilma* hibrid érte el a legnagyobb fehérjetartalmat, 8,78%-ot az N200+PK trágyaszintnél.

A vizsgált hibridek keményítőtartalma 64,48-68,00% között változott. A műtrágyázás hatására mindhárom hibrid keményítőtartalma csökkent, a kontroll és az N40+PK kezelés között nem mértünk szignifikáns különbséget a keményítőtartalomban, de az N120+PK és N200+PK kezelés hatására a keményítőtartalom csökkenés elérte a megbízhatósági szintet. A *PR37M34* hibrid keményítőtartalma folyamatosan csökkent a trágyázás hatására, a kontroll kezelésben 67,7%-ot, a maximális tápanyagszinten 65,3%-ot mértünk. A *DKC 5211* hibridnek 68% volt a keményítőtartalma a kontroll parcellában, az N120+PK trágyával kezelt parcellában ez 66,69%-ra csökkent, de a maximális tápanyagszint már csak tendenciájában csökkentette a keményítő tartalmát 66,46%-ra. Az *Mv Vilma* keményítőtartalma csökkent a legnagyobb mértékben (3,12%) a kontroll és az N200+PK kezelés termésének keményítőtartalmát összehasonlítva. Az olajtartalom tekintetében minimális eltérések voltak a hibridek és a trágyaszintek között, a legkisebb (3,29%) és a legnagyobb (3,76%) érték közötti különbség 0,47% volt. A *DKC 5211* hibrid olajtartalma mind a 4 trágyakezelésben nagyobb volt a pioneer és a martonvásári hibridek olajtartalmánál. Olajtartalma 3,65-3,76% között változott, viszont az egyes kezelésekhez tartozó olajszázalékok között nem volt szignifikáns különbség.

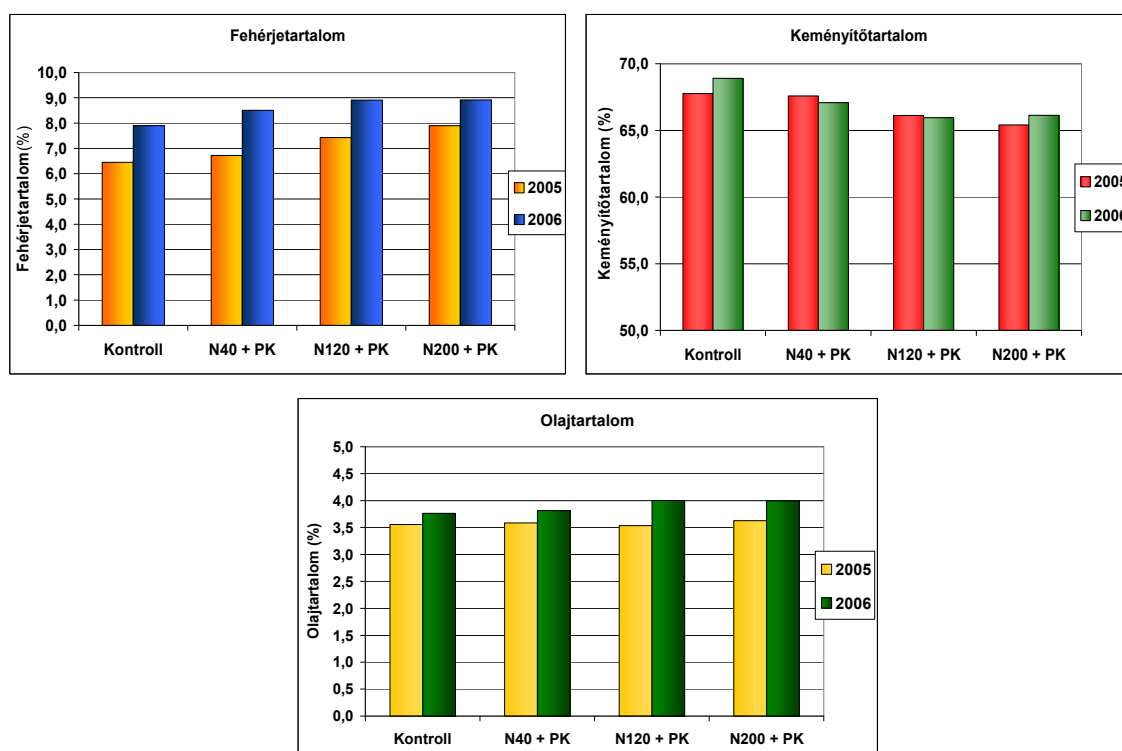
2006-ban a hibridek fehérjetartalma 7,89-9,75% között változott. A *PR34M37* hibrid fehérjetartalmát a trágyázás növelte, szignifikáns eltérést a kontroll (8,22%) kezeléshez képest az N40+PK és a legnagyobb műtrágyakezelés okozott, 0,76 és 1,04%-kal növelték a hibrid fehérjetartalmát. A három vizsgált hibrid közül a *DKC 5211* érte el a legnagyobb fehérjetartalmat, 9,75%-ot a negyedik trágyaszinten. A kontroll kezelés terméséhez igen magas, 9,04% volt a fehérjetartalma, ezt megbízhatóan az N120+PK

trágyaadag növelte, 0,71%-kal, viszont a tápanyagellátás további növelése nem eredményezett fehérjetartalom növekedést

Az *Mv Vilma* hibrid fehérjetartalma a kontroll parcellában volt a legkevesebb, 6,42%, az N40+PK műtrágyaadag 1,26%-os szignifikáns növekedést eredményezett, a következő trágyaszint tendenciájában növelte a hibrid fehérjeszázalékát, de ez nem érte el a szignifikancia határát. A nagyobb trágyaszinteken a fehérjetartalom meghaladta a 8%-ot, de a kezelések átlagában 7,57%-ot mértünk.

2006-ban a keményítőtartalom változása a műtrágyázás hatására hasonló tendenciát mutatott, mint az előző kísérleti évben, a trágyázás hatására a termés nőtt a hibrdek keményítőtartalma viszont csökkent. A *PR37M34* hibrid esetében 2,9%-os különbséget mértünk a kezeletlen (69,84%) és az N200+PK (66,94%) trágyaadaggal ellátott parcella keményítőtartalma között. A hibrid keményítőtartalma minden trágyaszinten meghaladta a hibrdek átlagában mért értékeket.

14. ábra: A fehérje-, keményítő- és olajtartalom (%) alakulása a hibrdek átlagában eltérő tápanyagszinteken 2005 és 2006 évben



A *DKC 5211* hibrid keményítőtartalma műtrágyázás nélkül 66,58% volt, a tápanyagellátás hatására csak tendenciájában, de nem szignifikánsan változott. A hibrdeknek a keményítőtartalma a másik két hibridhez képest kisebb, 66,1% volt a kezelések átlagában. Ezzel szemben az *Mv Vilma* hibrid keményítőtartalma jelentősen csökkent a trágyázás hatására, a kontroll kezelésben 70,31% volt, az N40+PK

trágyaszinten 3,66%-kal szignifikánsan kisebb értéket mértünk. Ehhez képest a tápanyagellátás további fokozása csökkentette, de nem szignifikánsan a keményítőtartalmat, a legnagyobb trágyaadag mellett 64,9%-ot mértünk.

A 2005-ös év eredményeit is megerősítve, erre az évre is jellemző volt, hogy a *DKC 5211* hibrid olajtartalma kimagasló volt, mind a négy vizsgált trágyaszinten meghaladta a 4%-ot, 4,03-4,17% között változott, ami a hibridek átlagát is felülmúlta. A martonvásári hibrid olajtartalma a kontroll parcella termésében 3,75% volt, ehhez képest szignifikánsan egyik trágyaszint sem változtatta azt. A hibridek olajtartalmát a trágyázás szignifikánsan csak a *PR37M34* hibridnél módosította, a kontroll és az N40+PK kezeléshez képest a negyedik trágyaszint 0,46-0,47%-kal növelte, ami meghaladta az $SzD_{5\%}$ értékét (14. ábra).

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a N-trágyázás növelte a kukorica hibridek fehérjetartamát, míg az NPK műtrágyaadagok növelése hibridtől függően különböző mértékben csökkentette a keményítőtartalmat. A trágyázás termésmennyiségre és termésminőségre gyakorolt hatását a termesztés céljának meghatározásánál figyelembe kell venni (pl. takarmánytermesztés, vagy bioetanol előállítás, stb.), a termesztési célnak megfelelő termőhelyspecifikus és hibridspecifikus termesztéstechnológiát kell alkalmazni. A kukorica beltartalmát a termés mennyiségével összefüggésben kell értékelni, azaz a területegységre vetített keményítő, fehérje és olaj kihozatait kell növelni.

A három éves kísérlet vizsgálati eredményei az adott ökológiai viszonyokra érvényesek, hasonló körülményekre adaptálhatóak.

5. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A környezeti tényezők javulásával nő a hibridek termése és termésstabilitása, amely magával vonja a műtrágyaigény és műtrágya hasznosulás növekedését. A kísérleti eredmények alapján legstabilabb volt a kontroll (műtrágyázás nélküli) kezelés termése, de egy igen alacsony termésszinten. Javuló feltételek mellett elegendő N_{120} P_{75} K_{90} kg/ha műtrágyaadag a nagyobb termések realizálásához.
2. A kukorica hibridek természetes tápanyagfeltáró és hasznosító képessége, továbbá a műtrágyareakciójuk nagymértékben eltérő, amit a tápanyag utánpótlásnál, a trágyázási technológiáknál figyelembe kell venni. A vizsgált években a *PR36R10* és az *Mv Vilma* természetes tápanyaghasznosító képessége, a rövidebb tenyészidejű *PR37M34*, és a kései érésidejű *Mv Vilma* termőképessége bizonyult kiválónak és kiemelkedő volt a *DK 4626*, a *PR37M34*, a *Sze SC 463 R* és az *Mv Vilma* trágyareakciója.
3. A vizsgált kukoricahibridek agroökológiai műtrágyaoptimuma N_{120} P_{75} , K_{90} kg/ha hatóanyag, melyet módosíthat a hibrid tenyészideje, az évjárat hatása és az egyéb agrotechnikai feltételek (tőszám, növényvédelem, stb.).
4. A műtrágyázás növelésével, hibridtől függően eltérő mértékben, nő a növény asszimilációs felülete és élettartama, így több sugárzási energia felfogására képes a növény, ami termésnövekedésben realizálódik. A hibridek levélterület-indexe és termése között pozitív, igen szoros összefüggést találtunk.
5. A hibridek vízleadás dinamikája az érés időszakában hibridtől, évjáratától és az agrotechnikai tényezőkön belül a tápanyagellátástól függően változik. Vannak hibridek, pl. *PR39D81*, *DK 440*, melyek az érés időszakának első felében és vannak, amelyek az érés időszakának második felében adják le gyorsabban a víztartalmukat, *PR38A24*, *Sze SC 463R* és az *Mv Vilma*. Az érés időszak vízleadás dinamikája szoros összefüggésben van a betakarításkori szemnedvesség tartalommal.
6. A vizsgált hibridek vízleadás dinamikája optimális, N_{120} , P_{75} , K_{90} kg/ha tápanyagellátásnál alakult kedvezően. Alul és túltrágyázás esetén az alsó levelek leszáradása gyors, ami a szemnedvesség biológiai úton (leveleken keresztül) történő leadását lassítja. A szemnedvesség fizikai úton történő leadása a környezeti tényezőktől nagymértékben függ és lassú folyamat.

7. A beltartalmi paraméterek nagymértékben függenek a hibridtől, a környezeti feltételektől, az évjárat hatásától, a tápanyagellátástól. A fehérjetartalma a *DKC 5211* és az *Mv Vilma* hibrideknek volt kedvező, míg a keményítőtartalma a *PR37M34* hibridnek. Az NPK műtrágyaadag növelésével a termés mennyiség és a fehérjetartalom nő, a keményítőtartalom csökkenhet, ezért a keményítőtartalom nem a műtrágyaadag növelésével, hanem az N-P-K táparány változtatásával (a N mérséklésével és a K növelésével) fokozható. Az NPK trágyázás az olajtartalomban nem okoz szignifikáns változást, azt elsősorban a genetikai tulajdonságok határozzák meg.

6. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. A kukorica hibridek trágyareakciójának ismerete lehetőséget nyújt az adott ökológiai és agrotechnikai feltételekhez legjobban illeszkedő hibrid megválasztásához.
2. A kukorica termésbiztonságát a talaj tápanyagellátásához és a kukorica igényéhez igazodó optimális NPK tápanyagellátás növeli, az elégtelen tápanyagellátás a termésstabilitást csökkenti.
3. Az eredmények alapján olyan műtrágyázási technológia alkalmazható, amely a hatékonyság mellett biztosítja a termesztési célnak megfelelő minőséget, a talajtermékenység hosszú távú fenntartását és a környezetvédelem követelményeit.
4. A kukorica hibridek vízleadás dinamikájának ismerete lehetővé teszi, hogy gyorsabb vízleadású hibrid választásával a szárítási költséget csökkentsük.
5. A hibridek vízleadás dinamikáját, a betakarításkori szemnedvesség tartalmát nem csak a hibrid tulajdonsága befolyásolja jelentősen, hanem az agrotechnikai tényezők közül a tápanyagellátás, és az évjárat hatása is, amit a gyakorlati termesztés során figyelembe kell venni.
6. A vizsgálati eredmények lehetővé teszik, hogy az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők közötti kapcsolatok harmonizálásával, a hibridspecifikus termesztési technológiával a kukorica termésbiztonságát növeljük.
7. A hibridspecifikus termesztéstechnológiai alkalmazását elősegíti, a terméseredményeket fokozza, ha olyan agrotechnikai feltételrendszert biztosítunk, amely növeli a levélterületet, a fotoszintetikus aktivitást és ezzel összhangban a nagyobb szárazanyag beépülést.

Az értekezés témakörében megjelent főbb publikációk

IF-os közlemények:

N. EL HALLOF–M. SÁRVÁRI (2005): Relationship between fertilization, leaf area index, photosynthetic activity and yield of hybrid. Cereal Research Communications. Vol. 33 No. 1. 181-184. p. 0,320

M. SÁRVÁRI–N. EL HALLOF (2005): The effect of artificial fertilizers on the photosynthetic activity of maize hybrids. Cereal Research Communications. Vol. 33 No. 1. 309-312. p. 0,320

N. EL HALLOF–M. SÁRVÁRI (2006): Effect of different fertilizer doses on yield, LAI and photosynthetic activity of maize hybrids. Cereal Research Communications Vol. 34 No. 1. 441-444. p. 1,037

M. SÁRVÁRI–N. EL HALLOF (2006): Effect of crop rotation and nutrient supply on the yield of maize. Cereal Research Communications Vol. 34 No. 1. 645-648. p. 1,037

M. SÁRVÁRI–N. EL HALLOF–ZS. MOLNÁR. (2007): Effect of determining factors on maize yield with special regards to plant density. Cereal Research Communications. Vol. 35. No. 2. Part 2. 1037-1040. p. 1,037

N. EL HALLOF–M. SÁRVÁRI (2007): Relationship between yield quality and quantity of maize hybrids and fertilizer. Cereal Research Communications. Vol. 35. No. 2. Part 1. 369-372. p. 1,037

Nem IF-os, de lektorált közlemények:

EL HALLOF N.–SÁRVÁRI M. (2004): A vetésidő és a tápanyagellátás hatása a kukorica terméshozzájárására. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Közlemények 13. Acta Agraria Debreceniensis, (Szerk.: Jávora A.) Különszám 2004. 75-80. p.

EL HALLOF N.–SÁRVÁRI M. (2005): A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója. Agrártudományi Közlemények (Szerk.: Jávora A.) 2005/16 Különszám, 78-83. p.

EL HALLOF N.–SÁRVÁRI M. (2006): Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genetikai adottságú kukoricahibridek termésére, a fotoszintézis és a levélterület alakulására. Agrártudományi Közlemények (Szerk.: Jávora A.) 2006/23. Különszám, 27-34. p.

Egyéb közlemények:

N. EL HALLOF–M. SÁRVÁRI (2004): Effect of sowing time on the yield and the seed moisture content at harvest of maize. Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop, Dubrovnik, (Ed.: Sz. Hidvégi-Cs. Gyuricza) 1-6 March 2004. 427-431. p.

EL HALLOF N.–SÁRVÁRI M. (2005): Az NPK műtrágyázás és a kukoricahibridek termése közötti összefüggés. Keszthely, XI. Ifjúsági Tudományos Fórum. 2005. március 24. CD kiadvány.

MOLNÁR ZS.–EL HALLOF N. (2006): A termesztéstechnológia kritikus elemeinek hatása a kukorica termés mennyiségére és termés minőségére. V. Alföldi tudományos tájgazdálkodási napok, Mezőtúr, 2006. október 26-27. CD Kiadvány

- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2006): A kukorica termesztéstechnológiájának meghatározó eleme. V. Alföldi tudományos tájgazdálkodási napok, Mezőtúr, 2006. október 26-27. CD Kiadvány
- N. EL HALLOF–M. SÁRVÁRI (2004): Effect of sowing date on the productivity of maize. Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban, konferencia összefoglalók, Debrecen, 2004. 113. p.
- N. EL HALLOF–M. SÁRVÁRI (2004): Connection among sowing time, yield and seed moisture content at harvest of maize. Natural Resources and sustainable development summaries, Oradea-Debrecen, 2004. 21. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N. (2004): Magyarország kukoricatermesztésének 2004 évi tapasztalatai. Agro Napló 2004/11-12. 15-17. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N. (2005): A biológiai alapok hatása a kukorica termésbiztonságára. Agro Napló 2005/2. 30-32. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N. (2005): A vetésváltás jelentősége a kukoricatermesztésben. Agro Napló, IX. évfolyam, 2005/3. 12-14. p.
- SÁRVÁRI M. - EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2005): Összefüggés a tőszám, a vetéside és a kukorica termésbiztonsága között. Agro Napló, IX. évfolyam. 2005/4. 30-32. p.
- SÁRVÁRI M. – EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2005): Kukorica vetőmagtermesztés technológiája Magyarországon. Értékálló aranykorona, V. évfolyam, 10. szám. 4-6. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS.–PÁLOVICS B. (2005): Magyarország 2005. évi kukoricatermesztési tapasztalatai, a jövő fejlesztési feladatai. Agro Napló, IX. évfolyam. 2005/11-12. 27-31. p.
- EL HALLOF N. (2006): A kukorica termésbiztonságát befolyásoló tényezők elemzése. Értékálló aranykorona, VI. évfolyam I. szám. 4-6. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–ZSOMBIK L. (2006): Végtermékcentrikus hibridválasztás általános és különleges szempontjai a kukoricatermesztésben. Agro Napló, X. évfolyam. 2006/02. 9-11. p.
- EL HALLOF N. – MOLNÁR ZS. (2006): A kukorica tápanyagellátása gyengébb, vagy jobb adottságú területeken eltérő évjáratokban. Agrárágazat, Mezőgazdasági havilap, VII. évf. 3. szám. 56-60. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2006): A kukorica termesztése. Őstermelő, 2006/2. április-május, 60-62. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2006): Az amerikai kukoricabogár 2006. évi kártétele és az ellene való védekezés. Őstermelő, 2006/4. augusztus-szeptember, 32. p.
- EL HALLOF N.–SÁRVÁRI M. (2006): Az NPK műtrágyázás és a kukoricahibridek termése közötti összefüggés. A racionális vetésforgók meghatározása a fenntartható növénytermesztésben. Szlovák-magyar projekt kiadvány. (Szerk.: Pepó Pé.-Vladimir P.) 2006. Október. CD-kiadvány. 134-144. p.
- M. SÁRVÁRI–ZS. MOLNÁR–N. EL HALLOF (2006): Effect of sowing time and nutrient supply on the productivity of maize hybrids. The 4th international symposium, "Natural resources and sustainable development". Oradea, 10-11. October 2006. 355-362. p.

- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2006): Hibridspecifikus kukoricatermesztés. Magyar mezőgazdaság. 61. évfolyam, 2006. november 2. 12-14. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2006): A kukoricahibridek tápanyagigénye, trágyázása. Östermelő. 2006/6. december-január, 24-27.p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2007): A tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. Agrofórum Extra 17. 2007. január 7-9. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2007): A kukoricahibridek jelentősége a hibridspecifikus technológiákban. Értékálló aranykorona VII. évf. 1. sz. 2007. február. 7-9. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2007): Magyarország 2006. évi kukoricatermesztési eredményei. Agro Napló XI. évf. 2007/2. sz. 25-27. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2007): A kukorica alternatív hasznosítása. Östermelő. 2007/1. február-március, 32-33. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2007): A napraforgó hozamát befolyásoló agrotechnikai tényezők. Értékálló aranykorona. VII. évf. 2. 17-19. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2007): Kukoricatermesztés helyzete, 2007. évi kilátások Magyarországon. Agrárunió VIII. évf. 5. sz. 32-33. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2007): Az őszi kalászosok vetőmag csávázása, fajtaválasztása. Értékálló Aranykorona. VII. évf. 6-7. sz. 4-6.p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2007): A hibridválasztás szerepe a kukoricatermesztésben, a klimatikus tényezők alakulása, a kukoricahibridek értékmérő tulajdonságai. Agro Napló. 2007/12. 16-20. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2007-2008): A hibridválasztás szerepe a kukoricatermesztésben, a klimatikus tényezők alakulása, a kukoricahibridek értékmérő tulajdonságai. Agrárunió VIII. évf. 12-1. szám. 17-20. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2008): A klimatikus tényezők és változásának hatása a kukoricatermesztés biztonságára. Agrofórum. Extra 22. 8-12. p.
- SÁRVÁRI M.–EL HALLOF N.–MOLNÁR ZS. (2008): Felértékelődő biológiai alapok. Magyar mezőgazdaság. 63. évf. 6. sz. 18-20. p.