

**DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI TANSZÉK**

NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori iskola vezető:

Dr. habil Győri Zoltán

MTA doktora

Témavezető:

Dr. habil Sárvári Mihály

mg. tud. kandidátusa

DOKTORI ÉRTEKEZÉS (Ph.D.) TÉZISEI

**A VETÉSIDŐ ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA A
KUKORICA TERMÉSÉRE**

Készítette:

Futó Zoltán

doktorjelölt

DEBRECEN, 2006

I. TÉMAFELVETÉS

A kukoricahibridek elterjedésével, különböző hibridek létrehozásával került a központi kérdések közé a fajták eltérő termésátlaga és mennyisége. A fajták eltérő genetikai potenciálja és az ehhez igazodó optimumok kérdése. A köztermesztésben lévő hibridek eltérő genetikai háttere igen eltérően viselkedhet adott agrotechnikai és ökológiai tényezők hatására. A termesztés célja még mindig a genetikailag elérhető terméspotenciál minél jobb megközelítése, maximális ökonómiai hatékonyság mellett. Az utóbbi időben bekövetkezett árnövekedés az erőforrásokat is jelentősen érintette, és ez maga után vonja azt, hogy a gazdaságos termesztés egyik létfeltétele lehet a korszerű, fajtaspecifikus technológiák alkalmazása.

Ezek közül az egyik legfontosabb tényező a szakszerű és okszerű vetésidő megállapítása, illetve a helyesen megállapított tápanyag visszapótlás kérdése, amelyre már régóta történtek vizsgálatok. Az egyik legfontosabb feltétel az, hogy az adott táj, üzem adottságaihoz adaptáltan helyesen állapítsuk meg egy-egy kukoricahibrid optimális vetésidejét és műtrágyaadagját. Ez lényeges kérdés, hiszen az egyes kukoricahibridek eltérő genotípussal rendelkeznek és ennek megfelelően eltérően reagálnak az agrotechnika kisebb-nagyobb változására. Ezért kiemelkedő jelentőségű a hibridek specifikus reakciójának az ismerete, mellyel különösebb anyagi megterhelés nélkül is biztonságosan növelhető a gazdálkodás biztonsága.

Egyre nagyobb figyelmet kell fordítani a kukoricahibridek műtrágya reakciójára, és a biológiai alapokra, hiszen a kukoricahibridek között eltérő a tápanyag hasznosítás, így más-más tápanyagszinten és tápanyagarány mellett érik el maximális termésüket. Mindez az eltérő termőhelyi viszonyok mellett fajtaspecifikus technológiával használható ki.

A vetésidő egy olyan változtatható agrotechnikai elem, mely nem követel meg pótlólagos ráfordításokat, mégis növelhető vele a termesztés hatékonysága. A termesztés hatékonyságát növelő agrotechnikai beavatkozások egyike a helyesen megválasztott vetésidő alkalmazása, mellyel a terméseredményeken kívül jelentős hatást lehet gyakorolni a betakarításkori szemnedvesség-tartalomra, a betakarítás idejére is. A jó csírázáskori hidegtűrősséggel rendelkező hibrideket ha az optimális vetésidő intervallumon belül korábban vetjük, akkor korábban kezdődik a fiziológiai érés, ami a biológiai vízleadás kezdete. Ekkor még egy közepes vízleadási dinamika mellett is kedvezően alacsony szemnedvességtartalommal takarítható be a kukorica.

Az eltérő vetésidővel összefüggő környezeti változások (napsugárzás, talajhőmérséklet stb.) módosítja a kukoricanövény növekedését, fejlődését. A korai vetés előnye, hogy a nővirágzás időpontja a vízhiány stressz miatti kritikus július közepe előtti időpontra esik. A késői vetés hatására nő a betakarításkori szemnedvesség-tartalom, és változhat a termésátlag, amit természetesen az adott év klimatikus viszonyai jelentősen módosíthatnak.

A hazai tapasztalatok arra engednek következtetni, hogy a kukoricahibridek optimális vetésidő intervallumán belül, a korábbi vetésidő nagyobb szemtermést, kedvezőbb Harvest-indexet és alacsonyabb betakarításkori szemnedvességet eredményez. Ez az alacsony nedvességtartalom jelentős költségmegtakarítást tesz lehetővé, hiszen az energiahordozók hatványozott drágulása figyelhető meg Magyarországon. A késői vetés esetén csökken az ezerszemtömeg, a csövenkénti szemszám, ami jelentősen befolyásolja a területegységre vetített elérhető termést. Ezért nagyon fontos az agrotechnikai tényezőkön belül az optimális vetésidőket is az adott hibridekre adaptálni, hiszen megnő azon hibridek szerepe, amelyek széles vetésidő optimum és jó alkalmazkodóképesség mellett is jó termésre képesek, vagyis igen jó az agrotechnikai feltételekhez való alkalmazkodásuk.

Dolgozatomban vizsgálom a kukoricahibridek különböző vetésidőnél és tápanyagszinten elért termés nagyságát, a kezelések hatását a hím- és nővirágzás idejére, a betakarításkori szemnedvesség-tartalmat, a területegységre jutó termő-meddő tövek arányát, a kukorica tápanyag reakcióját, a termés képző elemek alakulását és a beltartalmi változásokat.

II. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A kutatás előzményei

2001-2003-ban Hajdúböszörményben vetésidő-trágyázási kísérletet állítottunk be, ahol a vetésidő és a tápanyagellátás együttes hatását vizsgáltuk a kukorica termésére és terméskepző elemeinek alakulására. A vetésidő hatását önálló kísérletben is nyomon követtük, ezért 2002-2003-ban, Debrecenben is beállításra került egy kukorica vetésidő-kísérlet, ahol a termés vizsgálatán kívül fotoszintézis aktivitás mérését is elvégeztük. Debrecenben egy harmadik kísérlet beállítására is sor került 2001-2003 között, ahol a tápanyag ellátás önálló hatását vizsgáltuk. Ebben a kísérletben szintén végeztünk fotoszintézis mérést. A három kísérletből a vetésidő és a tápanyagellátás hatása jól nyomon követhető.

A kísérletekben 3 évben (2001, 2002, 2003) vizsgáltuk a különböző kukoricahibridek:

- termőképességét
- természetes tápanyagfeltáró- és hasznosító képességét
- vetésidő reakcióját
- a növények egyedfejlődésében (kelés, virágzás stb.) bekövetkező változásokat
- vízleadóképességét, vízleadás dinamikáját, betakarításkori nedvességtartalmát
- egyedi levélterületét (LA), valamint levélterületi indexét (LAI)
- a fajta, a vetésidő és a műtrágyázás hatását a kukoricahibridek összes levélterületének növekedési dinamikájára
- az NPK-műtrágyázás és a vetésidő hatását a különböző genetikai tulajdonságú hibridek minőségére
- a műtrágyázás, a vetésidő és a klimatikus tényezők hatását a különböző hibridek fotoszintetikus aktivitására.

A kísérleteket a Debreceni Egyetem ATC Növénytermesztési- és Tájökológiai Tanszékének bemutató kertjében, valamint Hajdúböszörményben állítottuk be 2001, 2002, 2003. években.

2.2. A vizsgált évek időjárásának elemzése:

2.2.1. 2001. év időjárása:

2001-ben a kukorica tenyészidejében (IV-IX. hó) összesen 323 mm csapadék hullott, a 30 éves átlag 345,1 mm. Ehhez viszonyítva 22,1 mm-el hullott kevesebb csapadék. A csapadék tenyészidőbeni eloszlása is kedvezőtlen volt. Májusban csak 1 mm, augusztusban csak 30 mm csapadék hullott, ami 57,8, illetve 30,7 mm-el marad el a 30 éves átlagtól. A termésátlag alakulása szempontjából kedvező volt a júniusi 89 mm csapadék.

2001-ben az évi középhőmérséklet 11,71 °C volt, majdnem 2 °C-kal magasabb, mint a 30 éves átlag (9,84 °C). A tenyészidőszakban 17,48 °C volt az átlagos középhőmérséklet - a 30 éves átlag: 16,82 °C. Különösen meleg volt júliusban és augusztusban (21,8 °C és 22,0 °C átlaghőmérséklettel).

2.2.2. 2002. év időjárása:

2002-ben átlagosan 10,7 mm-rel több csapadék hullott január és szeptember között a 30 éves átlaghoz viszonyítva, ugyanakkor rendkívül rossz volt az eloszlása. A tenyészidőszakban (IV-IX. hó) 27,9 mm-rel volt több a csapadék mennyisége, mint a 30 éves átlag. Különösen kedvezőtlen, hogy március (26,0 mm), április (31,0 mm), május (33,0 mm), június (49,0 mm) hónapokban az átlagtól lényegesen kevesebb volt a csapadék, ezáltal a kelés és a kezdeti fejlődés vontatottá vált. Számottevő mennyiség csak júliusban (106,5 mm) és szeptemberben (89,0 mm) hullott.

A hőmérsékletet illetően a 2002. évben májusban (17,5 °C), júniusban (19,0 °C) és júliusban (21,8 °C) magasabb volt az átlaghőmérséklet, mint a 30 éves átlag, azonban az évi középhőmérséklet értéke nem érte el az átlagot (9,77 °C).

2.2.3. 2003. év időjárása:

A 2003-as év a kukorica szempontjából igen változatos volt. A vegetációs időszakot megelőzően igen jelentős tavaszi csapadékhiány alakult ki, ami a kelést, fiatalkori fejlődést jelentősen hátráltatta. Ezt követően egy átlagos, illetve annál kicsit szárazabb május, június hónap következett, mely továbbra sem tette lehetővé a növényzet dinamikus fejlődését, de átsegítette a kritikus tavaszi időszakon az állományt.

Ezután egy igen bő csapadékú július következett, melyet azonnal követett az augusztus havi nagy aszály. Debrecenben augusztus hónapban nem hullott csapadék, amely teljesen megszüntette az előző hó kedvező csapadékának hatását, sőt a növények igen erőteljes vízhiányba kerültek!

Ezekre az adatokra támaszkodva azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a 2001-es évben az időjárás a kukorica szempontjából átlagosan, vagy annál kicsit kedvezőbben alakult, a 2002 és 2003. év időjárása viszont kedvezőtlenebbnek mondható.

1. táblázat

A lehullott csapadék mennyisége (mm), Debrecen 2001-2003.

	2001.	2002.	2003.	30 éves átlag
Január	45,0	16,5	12,0	37,0
Február	15,5	41,0	17,0	30,2
Március	90,5	26,0	13,5	33,5
Április	49,0	31,0	19,0	42,4
Május	1,0	33,0	64,4	58,8
Június	89,0	49,0	40,8	79,5
Július	36,5	106,5	130,8	65,7
Augusztus	30,0	64,5	0,0	60,7
Szeptember	117,5	89,0	45,6	38,0
Október	0,0	52,5	100	30,8
November	21,0	41,5	29	45,2
December	6,0	26	20	43,5
Összesen	501	576,5	492,1	565,3

2.3. A talaj jellemzése:

Hajdúböszörményben a kísérlet talaja réti talaj volt. A terület vízzel ritkán borított, de a nagyobb belvizes években veszélyeztetett. A talajvízszint átlagosan csapadékos években 2,0-2,5 m mélyen található, csapadékosabb években jelentősen megemelkedhet. A művelt réteg nedvesen szétiszapolódásra, kiszáradva repedezésre hajlamos. A szervesanyag-tartalom a felszínen 4-5%, lefelé haladva hirtelen lecsökken és 40-60 cm-s mélységben már csak 1,5%. A magas humusztartalom mellett jó a N feltáródása.

2 .táblázat A talaj jellemző adatai (Hajdúböszörmény):

PH		CaCO ₃	y ₁	hy ₁	AL old.		Humusz	Arany f. k. sz.
H ₂ O	KCl	%			P ₂ O ₅ mg/kg	K ₂ O mg/kg	%	
7,0	6,4	ny.	5,0	4,4	40	130	4,2	52

Debrecenben a kísérleti hely talajtípusa kilúgzott csernozjom, a feltalaj meszet nem tartalmaz. Az altalaj 7-9 m mélységben helyezkedik el. A humuszsztint vastagsága 50-70 cm. A talaj szervesanyag-tartalma 2,57%. A talajvizsgálat eredményeit a 3. sz. táblázat tartalmazza. A talaj felső szintje a mészhányból eredően száraz, aszályos évjáratokban cserepedésre hajlamos.

3. táblázat A talaj jellemző adatai (Debrecen):

pH		CaCO ₃ %	Y ₁	Y ₂	AL-oldható		Humusz %	Arany f. k.sz.
H ₂ O	KCl				P ₂ O ₅ mg/kg	K ₂ O mg/kg		
7,0	6,5	Ny	5,0	8,0	100,0	165,0	2,57	42,0

2.4. Agrotechnikai adatok:

A kísérletekben három vetésidő és a kontroll mellett öt tápanyagszint volt a fő kezelés:

- az első vetésidő minden évben április első dekádjában (2001, 2002. ápr. 05.)
- a második vetésidő minden évben április második dekádjában (2001. ápr. 20. 2002. ápr. 25.)
- a harmadik vetésidő minden évben május első dekádjának a végén, vagy a második dekádjának az elején (2001. máj. 10. 2002. máj. 15.) történt.

Ezzel próbáltuk a hazánkban általánosan használt (április 20. körüli) vetésidőhöz képest egy korábbi és egy megkésett vetés hatását megvizsgálni. A trágyázási kísérlet vetése a vetésidő hatások kiküszöbölése végett éppen ezért minden évben április második dekádjában történt.

4. táblázat. A kezelések műtrágyaadagjai

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Összesen kg/ha
kontroll	-	-	-	-
1	40	25	30	95
2	80	50	60	190
3	120	75	90	285
4	160	100	120	380
5	200	125	150	475

A tápanyagellátás egységes volt a vetésidő-trágyázási kombinált kísérletben, és a trágyázási kísérletben. A vetésidő kísérlet trágyaadagja 120 kg N, 80 kg P₂O₅ és 110 kg K₂O volt. Elővetemény: kukorica monokultúra. Talajelőkészítés: őszi mélyszántás 30-35 cm mélyen, majd tavasszal ásóboronával történő szántáselmunkálás és magágykészítés kombinátorral. Parcellaméret: bruttó: 21 m², nettó: 17,5 m². Bonitálás: Kelési idő, hímvirágzás- nővirágzás ideje, cső- és növénymagasság, termő-meddő tőszám, terméskepző elemek alakulása. Növényvédelem: A növényvédelmi munkálatok minden évben kizárólag gyomirtási munkákból álltak. Az állomány gyommentességét 2001-ben preemergens védekezésként Tropicin, posztemergens védekezésként Titus Plus; 2002-ben korai

posztmergensen Primextra Gold, 60 cm-es növénymagasságnál Banvel 480; 2003-ban pedig Titus Plus biztosította. A kísérlet teljes gyommentességének a biztosításához minden évben alkalmaztunk kisebb kézi gazoló kapálást is. Betakarítás: A kísérletek betakarítása minden évben október első felében történt. Az eltérő vetésidőjű kukorica kísérletek betakarítása is egy időpontban történt a statisztikai összehasonlíthatóság miatt.

2.5. A kísérletben szereplő hibridek

5. táblázat. A vizsgált hibridek 2001-2003

Évek	Trágyázási kísérlet	Vetésidő kísérlet	Vetésidő-trágyázási kísérlet
2001	PR39K38 FAO 280	A kísérlet 2002-ben indult.	Sprinter FAO 260
	DK 391 FAO 320		DK 355 FAO 280
	PR37M81 FAO 380		PR39K38 FAO 290
	Occitan FAO 380		DK 440 FAO 330
	DK 471 FAO 410		PR37M34 FAO 370
	Mv Maraton FAO 410		AW 043 FAO 380
	PR36R10 FAO 440		PR36R10 FAO 440
	Katinka FAO 480		Celest FAO 440
	Florencia FAO 530		DK 537 FAO 470
	DK 557 FAO 590		Florencia FAO 530
2002	PR39K38 FAO 280	PR39D81 FAO 280	Sprinter FAO 260
	DK 391 FAO 320	PR38K06 FAO 320	Goldacco FAO 290
	PR37M81 FAO 380	PR38A24 FAO 380	DK 391 FAO 320
	Occitan FAO 380	PR37M81 FAO 360	DK 440 FAO 330
	DK 471 FAO 410	PR37M34 FAO 360	PR37M81 FAO 360
	Mv Maraton FAO 410	PR36R10 FAO 480	PR37M34 FAO 360
	PR36R10 FAO 440	PR36N70 FAO 480	LG 23.93. FAO 380
	Katinka FAO 480	PR36B08 FAO 490	LG 23.72. FAO 390
	Florencia FAO 530	PR35P12 FAO 510	Celest FAO 440
	DK 557 FAO 590	PR34G13 FAO 530	DK 537 FAO 470
2003	PR39K38 FAO 280	PR38Y09	Goldacco FAO 290
	DK 391 FAO 320	PR38A67	Mv TC 277 FAO 320
	PR37M81 FAO 380	PR37D25	DK 440 FAO 330
	Occitan FAO 380	PR37M34	Sze SC 352 FAO 340
	DK 471 FAO 410	PR36M53	PR37M34 FAO 360
	Mv Maraton FAO 410	PR36N70	PR38A24 FAO 370
	PR36R10 FAO 440	PR34B97	LG33.62 FAO 370
	Katinka FAO 480	-	Hunor FAO 370
	Florencia FAO 530	-	DKC 5211 FAO 460
	DK 557 FAO 590	-	Celest FAO 470

III. EREDMÉNYEK

3.1. A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek levélterületének alakulására, és fotoszintetikus aktivitására

A kukorica termését igen sok tényező (víz-, tápanyaghiány stb.) befolyásolhatja. Ezek a tényezők mind hatással vannak a kukorica levélterületének a nagyságára, mely a növényi fotoszintézis fő helye. Amennyiben lehetőségünk van a fotoszintetikusan aktív levélfelület növelésére, az igen kedvező hatással lehet az elérhető terméseredmények nagyságára. Az egyik lehetőség a fotoszintetikusan aktív levélfelület növelésére, ha a növényt javuló tápanyagellátásban részesítjük. Optimális tápanyagellátás esetén a növény nem szenved a tápanyaghiány okozta stresszhatástól, és kifejlődhet a hibridre jellemző, genetikailag meghatározott levélterület, mely jelentős részt vesz a fotoszintézisen keresztül, a szervesanyag termelésben.

A kukorica tenyészidejében három kísérleti évben (2001, 2002, 2003) 5 illetve 4 alkalommal mértük a vizsgált hibridek egyedi levélterületét. A méréseket a kontroll (műtrágyázás nélküli), valamint az I.-III. ismételtsében végeztük el az 1-es (N 40 kg/ha+P,K), 3-as (N 120 kg/ha) és 5-ös (N 200 kg/ha+P,K) trágyaszinten.

2001-ben kontroll körülmények között a hibridek levélterület indexe (LAI) csak 1,65-2,09 m²/m² volt. A tápanyagellátás javulásával a hibridek levélterülete erőteljesen nőtt. A legnagyobb hatása az 1. trágyaadagnak (40 kg N+P,K) volt a levélterület nagyságára, itt a hibridek már elérték a 2,90 – 3,84 m²/m² LAI értéket. A trágyaadag további növelésével a hibridek levélterülete már nem növekedett ilyen mértékben, de a maximumot a magasabb trágyaszinteknél érték el 3,08-3,92 m²/m² LAI mellett.

A hibridek között is jelentős különbségeket tapasztaltunk. 2001-ben a vizsgálatainkban nem szerepelt igen korai és korai érésű kukorica hibrid, de a középérésű és késői érésű hibridek között is észrevehető különbségeket találtunk. A középérésű hibridek (PR36R10, Katinka) levélterület indexe 0,3-0,4 m²/m² LAI értékkel kevesebb volt, mint a késői érésű hibrideké. A hibridek között a különbség 0,1 %-os szinten szignifikáns, a számított SzD_{5%} értéke: 0,11.

2002-ben a hibridek a levélterületük maximumát már június közepére elérték. Ez 2001-hez képest mintegy 3-4 héttel korábbi időpontot jelentett. Ez a gyors fejlődési ütem megmaradt a tenyészidőszak végéig, melynek oka a magas hőmérséklettel és a jelentős csapadékhiánnyal magyarázható. Ezen időpont után nem következett be a levélterületben növekedés. 2002-ben kontroll körülmények között a hibridek levélterület indexe kedvezőbben alakult 1,74-2,53 m²/m² LAI érték volt. A tápanyagellátás javulásával a hibridek levélterülete

2002-ben is nőtt. A legnagyobb hatása szintén az 1. trágyaadagnak (40 kg N+P,K) volt a levélterületi index nagyságára. Ennél a trágyaszintnél a hibridek elérték a 2,98 – 3,93 m²/m² LAI értéket. A trágyaadag további növelésével a hibridek levélterülete már csak kisebb mértékben nőtt, de a maximumot 2002-ben is a magasabb trágyaszinteknél (3. trágyaszint 120 kg N+P,K) érték el 3,68-4,24 m²/m² LAI mellett.

2002-ben a vizsgálatainkban már szerepeltek igen korai és korai érésű kukoricahibridek, a középérésű és késői érésű hibridek mellett. Az igen korai és korai hibridek (PR39K08, PR37M81) levélterület indexe 0,4-0,5 m²/m² LAI értékkel kevesebb volt, mint a késői érésű hibrideké. A hibridek között a különbség szintén 0,1 %-os szinten szignifikáns, a számított SzD_{5%} értéke: 0,24 (6. táblázat).

6. táblázat. A hibridek LAI értékei 2002-ben

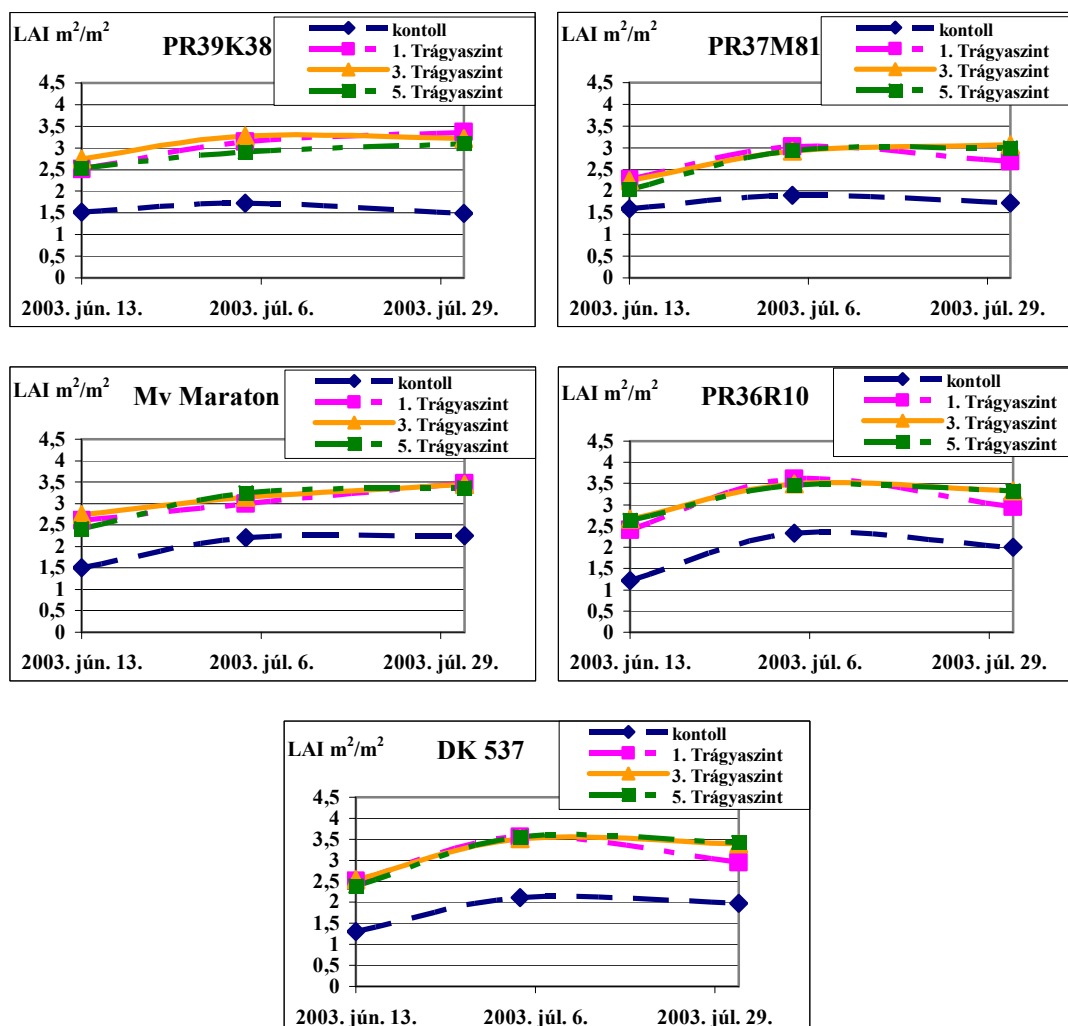
Hibrid	2002	
	LAI m ² /m ²	SzD _{5%}
PR39K38	3,176	0,24
PR37M81	2,919	
Mv Maraton	3,635	
PR36R10	3,504	
DK 557	3,598	

2003-ban a kukoricahibridek a levélterületük maximumát július elején érték el. Ez 2001-hez képest mintegy 2-3 héttel korábbi időpontot jelentett, hasonlóan a 2002-ben mért értékekhez. Ez a nyári erős aszályal magyarázható. Jellemző az aszály nagyságára, hogy a negyedik levélmérés tervezett időpontjában (augusztus 25.-én) már nem találtunk a kukorica állományban értékelhető zöld levelet, az állomány teljes egészében száraz volt. 2003-ban kontroll körülmények között a hibridek levélterülete kedvezőbben alakult 1,73-2,33 m²/m² LAI érték volt.

A tápanyagellátás javulásával a hibridek levélterülete jelentősen nőtt. A legnagyobb hatása ebben az évben is az 1. trágyaadagnak (40 kg N+P,K) volt a levélterület nagyságára. Ennél a trágyaszintnél a hibridek elérték a 2,99 – 3,61 m²/m² LAI értéket (1. ábra). A trágyaadag további növelésével a hibridek levélterülete már nem növekedett szignifikáns mértékben. A maximumot a vizsgált öt hibridből három ennél a tápanyagszintnél érte el, amely a száraz körülmények között valószínűleg a magas trágyaadag depresszív hatásának tulajdonítható. 2003-ban a vizsgálatainkban szintén szerepeltek igen korai és korai érésű kukoricahibridek is, a középérésű és késői érésű hibridek mellett. Az igen korai és korai hibridek (PR39K38, PR37M81) levélterülete 0,4-0,6 m²/m² LAI értékkel kevesebb volt, mint

a késői érésű hibrideké. A hibridek között a különbség szintén 5,0%-os szinten szignifikáns, a számított $SzD_{5\%}$ értéke: 0,37.

1. ábra A vizsgált hibridek levélterületi indexe (LAI) 2003-ban



Megállapítható volt hogy jelentős különbségek alakultak ki mind 2001, 2002, mind pedig 2003 évben a különböző trágyaszinteken mért levélterületek között. A mért levélterületeket variancia-analízissel értékeltük ki. Megállapítható, volt, hogy a műtrágyázás a kontroll viszonyokhoz képest szignifikáns levélterület növekedést eredményezett minden időpontban a vizsgált hibridek átlagában (7. táblázat).

7. táblázat. A kezelések LAI értékei 2001-2003-ban

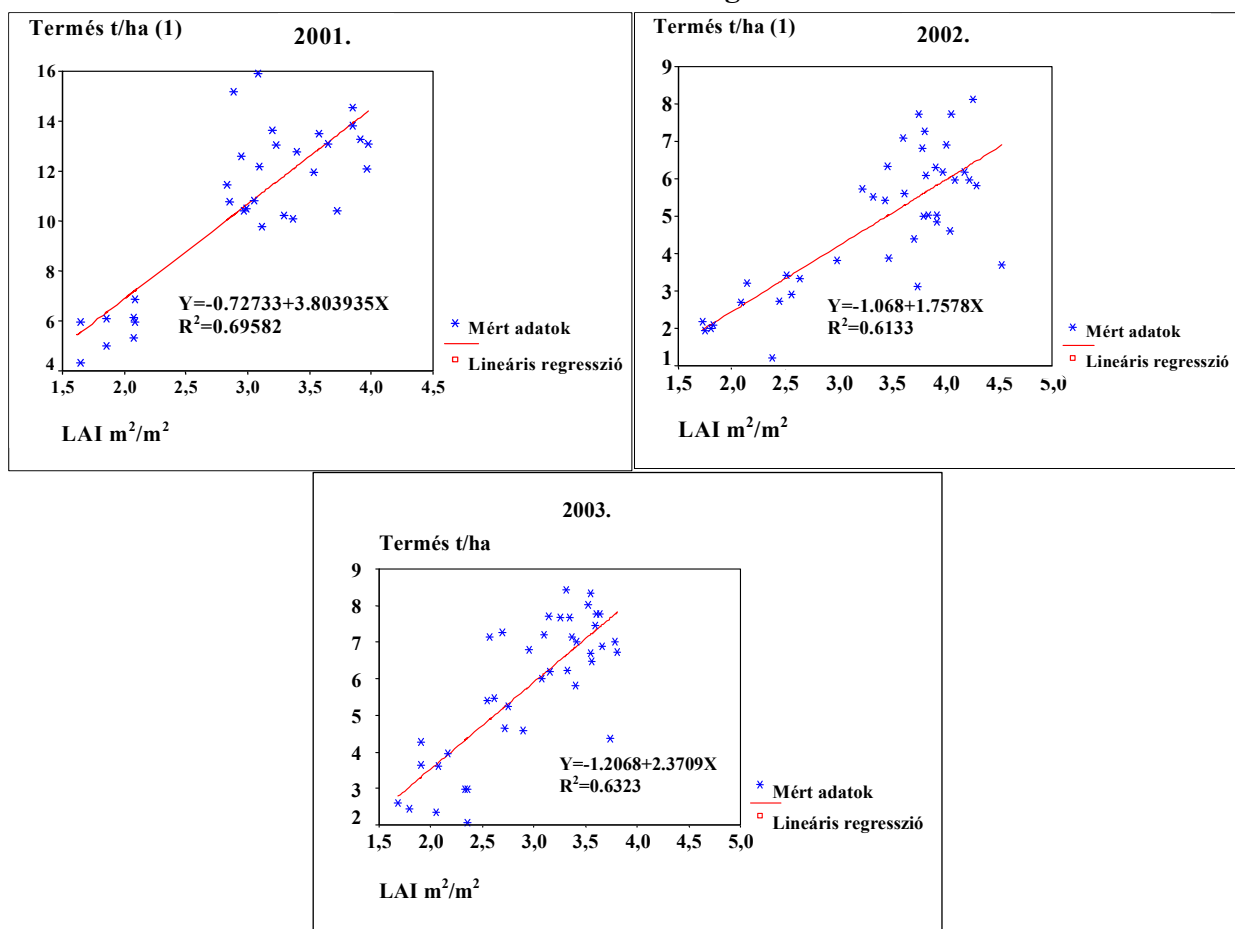
Kezelés	2001		2002		2003	
	LAI m^2/m^2	$SzD_{5\%}$	LAI m^2/m^2	$SzD_{5\%}$	LAI m^2/m^2	$SzD_{5\%}$
Kontroll	1,920	0,10	2,123	0,21	2,059	0,33
40 kg N+P,K	3,293		3,566		3,267	
120 kg N+P,K	3,319		3,977		3,271	
200 kg N+P,K	3,432		3,799		3,225	

Az összefüggés igen szoros, hiszen a számított R^2 értékek igen nagyok: 2001-ben 0,960-0,992, 2002-ben 0,897-0,962, valamint 2003-ban 0,887-0,978 közöttiek.

3.2. A kukorica szemtermésének alakulása a levélterület függvényében

A regressziós analízis során megállapítható volt, hogy a levélterületi index (LAI) hatása igen erőteljes az elért termések nagyságára. Annak ellenére, hogy a 2001-ben 2002-ben és 2003-ban a kialakuló levélterületi index értékek eltérőek voltak, valamint a 2001-2003 években mért terméseredmények is igen különbözőek voltak, különbség az eltérő évjáratok között nem tapasztalható, az összefüggés szoros (R^2 érték: 0,69582, illetve 0,61330 között változott).

2. ábra. A LAI és a termés közötti lineáris regresszió 2001-2003.



A kialakult levélterület (LA), illetve a területegységre vetített levélterületi index (LAI) jelentős hatást gyakorol a termések nagyságára. A nagyobb egységnyi levélterület jobban hasznosítja a globális sugárzást, valamint a szervesanyag termelése is javul. Azonban egy bizonyos levélterület elérése után nem tapasztalható további termésnövekedés. Ennek oka az, hogy a levélzet önárnyékoló hatása, valamint a növény fokozottabb párologtatása miatt már nem következik be további szervesanyag felhalmozódás.

3.3. A kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitása

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

8. táblázat Kukoricahibridek fototszintetikus aktivitása 2001-ben.
(megkötött CO₂ mmol/m²/sec)

2001. június.25.					
	Katinka	PR36R10	Florenca	DK 557	Átlag
Kontroll	40,13	38,03	41,08	35,18	38,60
1. tr.	33,58	37,88	40,96	40,77	38,30
3. tr.	38,53	41,10	39,91	40,50	40,01
5. tr.	48,87	37,86	36,37	44,15	41,81
2001. július 17.					
	Katinka	PR36R10	Florenca	DK 557	Átlag
Kontroll	24,69	25,51	17,79	18,93	21,73
1. tr.	20,12	16,77	14,99	16,51	17,10
3. tr.	27,04	22,44	16,28	15,32	20,27
5. tr.	18,85	15,43	8,73	13,68	14,17
2001. augusztus 13.					
	Katinka	PR36R10	Florenca	DK 557	Átlag
Kontroll	14,78	15,59	13,88	13,71	14,49
1. tr.	23,51	21,78	22,26	19,95	21,88
3. tr.	26,99	21,41	25,65	16,91	22,74
5. tr.	22,11	17,94	22,28	21,72	21,01
2001. augusztus 29.					
	Katinka	PR36R10	Florenca	DK 557	Átlag
Kontroll	9,65	10,59	7,64	4,47	8,09
1. tr.	21,95	15,73	17,89	20,51	19,02
3. tr.	15,95	16,82	21,75	20,09	18,65
5. tr.	16,39	20,41	14,22	18,31	17,33

A kukoricahibridek fotoszintézisének aktivitása a növények öregedésével fokozatosan csökken, az utolsó mérési időpontban a fiatalabb növények fotoszintézisének csak 40-45%-át érik el. A tápanyagellátásnak is igen szembetűnő a hatása, hiszen a növényi szövetek öregedésével együtt a legjelentősebben a kontroll parcellákon csökkent a fotoszintézisben megkötött CO₂ mennyisége. A tápanyaggal jól ellátott parcellák között elsősorban a 3. és az 1. trágyakezelésben mutatták a növények a legnagyobb fotoszintetikus aktivitást, míg a nagy adagú műtrágyával kezelt 5. trágyakezelésben a növények kisebb mennyiségű CO₂ megkötésére voltak képesek. Az utolsó két mérési időpontban a legszembetűnőbb az, hogy a jobb tápanyagellátottságú parcellák fotoszintézise nem csökken olyan mértékben, mint a

tápanyaghiánnyal küszködő növények a kontroll parcellákon. Megállapítható tehát, hogy a tápanyagellátás nemcsak a levélterület nagyságát növelte 2001-ben, hanem a fotoszintézis is hosszabb ideig és nagyobb ütemben zajlott, mint tápanyaggal gyengén ellátott kontroll körülmények közt. 2002-ben és 2003-ban a kapott eredmények hasonlóan alakultak, mint a bemutatott 2001-es évben.

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

2001-2003 között 4 illetve 5 hibridnél mértük augusztus végétől a kukorica hibridek vízleadását a betakarításig, 7 napos időközönként. A kezeléseknél látható volt, hogy kontroll viszonyok között a vizsgált hibridek szemnedvesség-tartalma magasabb volt, mint a többi trágyakezelésben, ami a betakarítás idején is 4-5%-os különbséget jelentett. Az összes hibrid esetében pedig a legkedvezőbb szemnedvességtartalom a 3. trágyaszinten volt (9. táblázat).

9. táblázat. A vízleadás dinamikai vizsgálatok eredménytáblázata 2001.

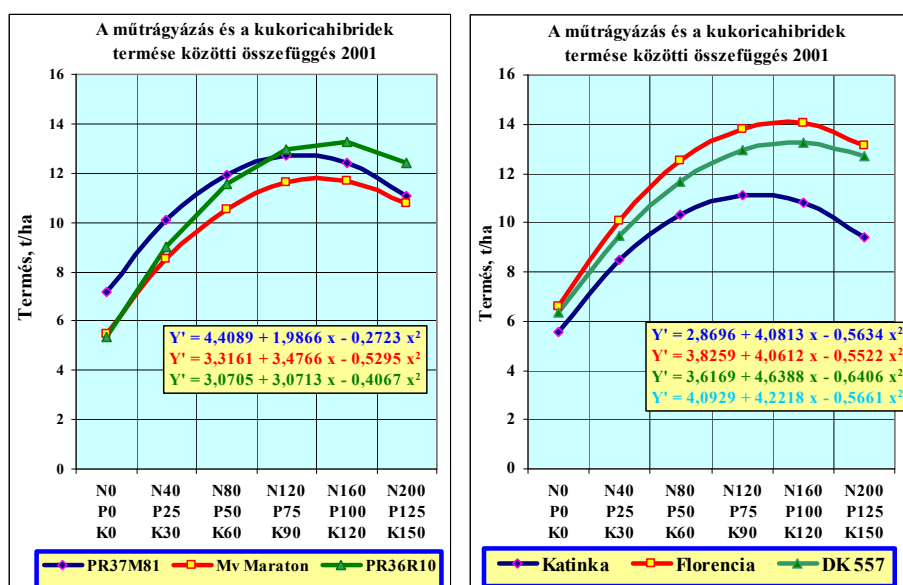
Időpont	Trágyakezelés	Nedvesség-tartalom %	SzD _{5%}
2001. aug. 27.	Kontroll	44,500	1,45 ***
	1. trágyaszint	39,000	
	3. trágyaszint	37,500	
	5. trágyaszint	39,000	
2001. szept. 03.	Kontroll	39,500	n.sz.
	1. trágyaszint	38,750	
	3. trágyaszint	39,000	
	5. trágyaszint	39,000	
2001. szept. 10.	Kontroll	37,250	1,45 ***
	1. trágyaszint	35,250	
	3. trágyaszint	34,250	
	5. trágyaszint	34,750	
2001. szept. 17.	Kontroll	35,750	1,35 ***
	1. trágyaszint	32,000	
	3. trágyaszint	31,250	
	5. trágyaszint	31,750	
2001. szept. 24.	Kontroll	32,000	1,30 ***
	1. trágyaszint	29,750	
	3. trágyaszint	29,000	
	5. trágyaszint	30,000	
2001. okt. 05.	Kontroll	26,750	1,20 ***
	1. trágyaszint	25,000	
	3. trágyaszint	24,250	
	5. trágyaszint	25,125	

A vizsgálatok során 2002-ben és 2003-ban hasonló eredményeket kaptunk a vízleadásdinamikai vizsgálatokban, mint 2001-ben.

3.5. A kukorica hibridek termőképességének, tápanyagfeltáró képességének és trágyareakciójának értékelése

A kukorica hibridek a tápanyagellátás hatására igen látványosan növelik a terméseredményeiket. Természetesen a legnagyobb termésnövelő hatása a kezdeti kis műtrágyaadagoknak van, majd a növekvő adagok terméstöbblete egyre kisebb lesz és egy bizonyos ponton túl a műtrágyázás már nem okoz terméstöbbletet, illetve aszályos években a nagy adagú műtrágyázás terméscsökkenést is okozhat. A kísérletek során a célunk az volt, hogy megállapítsuk a kukorica hibridek agronómiai is kedvező agroökológiai műtrágya adagját.

3. ábra



2001-ben a legjobb trágyareakciója a PR36R10, a DK 557 és a Florencia hibrideknek volt, míg a legrosszabb trágyareakcióval a Katinka és az Mv Maraton hibridek jellemezhetők. Az összefüggések vizsgálata során megállapítottuk, hogy mind a műtrágyázás hatása között, mind a hibridek eltérő termőképessége között statisztikailag igazolható különbség áll fenn. A tápanyagellátás hatása igen jelentős, különösen az első két műtrágyakezelés esetében (10. táblázat). A terméseredmények alakulását ebben a táblázatban az összes hibrid átlagában mutatjuk be, hogy a műtrágyázás hatása jellemezhető legyen.

10. táblázat. A műtrágyázás és a termés kapcsolata a vizsgált hibridek átlagában 2001.

	Termésátlag t/ha	SzD _{5%}
Kontroll	5,355	0,82
1. trágyaszint	10,487	
2. trágyaszint	11,609	
3. trágyaszint	11,999	
4. trágyaszint	11,887	
5. trágyaszint	12,132	

A táblázat adataiból is jól látható, hogy 2001-ben a kukorica termésére csak az első két műtrágyaadagnak volt szignifikáns termésnövelő hatása, az ettől nagyobb műtrágyaadagok hatása már nem igazolható.

Természetesen a hibridek különböző genetikai háttéréből adódóan az egyedi műtrágya-reakciójuk is nagyon különböző. Vizsgáltuk ezért a hibridek termőképességét és műtrágya-reakcióját külön-külön is, hogy a legjobb tulajdonságú hibridek meghatározhatóak legyenek.

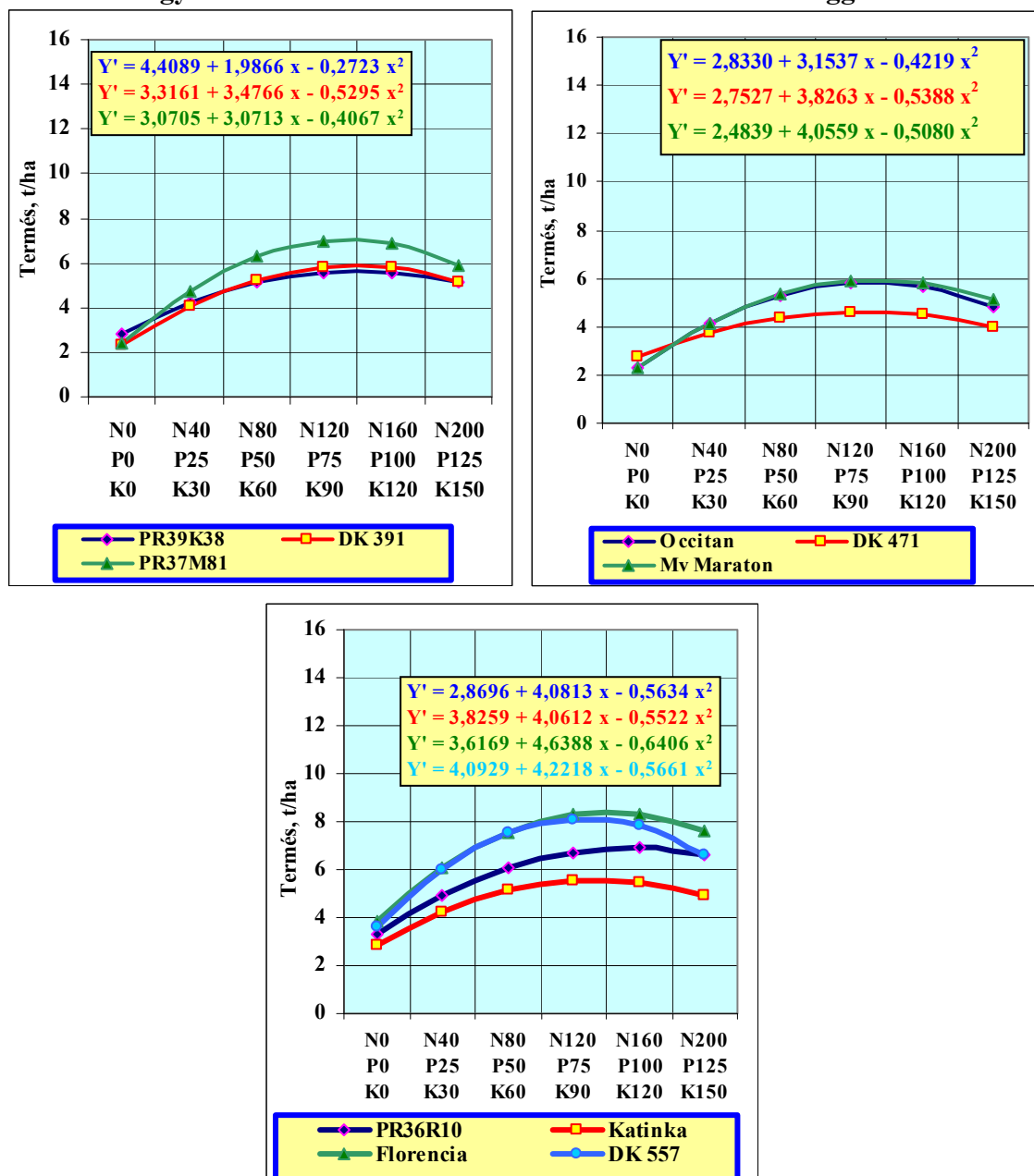
A PR36R10, a Florencia és a DK 557 hibridek rendelkeznek a legjobb trágyareakcióval a vizsgált hibridek közül. Ezek a hibridek a maximális termésüket a 3. 4. trágyaszinten érik el, bár szignifikáns terméskülönbséget csak az első trágyaadag esetében tudtunk igazolni. Ez kiváló tápanyag-hasznosító képességüket mutatja. Ezen hibridek trágyázásánál nagyobb adag (120 kg/ha N+P, K) is javasolható, hiszen az egységnyi műtrágyára jutó termésnövekedés is igen kedvező (12,0-19,72 kg termés/kg műtrágya hatóanyag) a magasabb 3. 4. trágyaszint mellett is.

2002-ben a vizsgált hibridek terméseredményei lényegesen alacsonyabbak voltak, mint 2001-ben, a kedvezőtlen évjárat hatásának köszönhetően. Az eredményekből látható, hogy az aszályos évjárat hatására a tápanyag-reakció görbék sokkal laposabbak, a műtrágyázás hatása sokkal kisebb, mint az előző évben volt. Ennek oka az, hogy a kukorica a talajban lévő tápanyagokat elsősorban vízben oldott formában képes felvenni. Az aszályos évben nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű víz a tápanyagok felvételéhez, ezért sokkal rosszabb azok hasznosulása.

A legjobb trágyareakciója 2002-ben az aszályos évjáratban is a Florencia és DK 557 valamint a PR37M81 hibrideknek volt. A többi hibrid trágyareakciója jóval alacsonyabb, mint átlagos körülmények között. A csapadékhiány ellenére az éréscsoportok közötti különbségek jól megfigyelhetők. Az igen korai éréscsoportba tartozó hibridek termése alacsonyabb volt (3-6 t/ha), mint a késői éréscsoport hibridjeinek termése (4-8 t/ha).

A műtrágyázás hatásának a vizsgálata 2002-ben jól mutatta az évjárat vízellátása és a műtrágyák hasznosulása közötti szoros összefüggést. Ebben az évben a kevés csapadék nem tette lehetővé, hogy a kijuttatott műtrágya jelentős termésnövekedést eredményezzen, mert nem volt elegendő víz a talajban a tápanyagfelvételhez. Ennek megfelelően a terméseket is csak az első műtrágyaszint növelte szignifikáns mértékben, a további tápanyag kijuttatás már nem okozott a termésekben szignifikáns növekedést, sőt a 3. tápanyagszint után már terméseszköken volt megfigyelhető. Ezzel szemben 2001-ben a 2. trágyaszint is okozott szignifikáns termésnövekedést az 1. tápanyagszinthez viszonyítva, mely a harmonikusabb vízellátásra vezethető vissza.

4. ábra A műtrágyázás és a kukorica hibridek termése közötti összefüggés 2002



11. táblázat. A műtrágyázás és a termés kapcsolata a hibridek átlagában 2002.

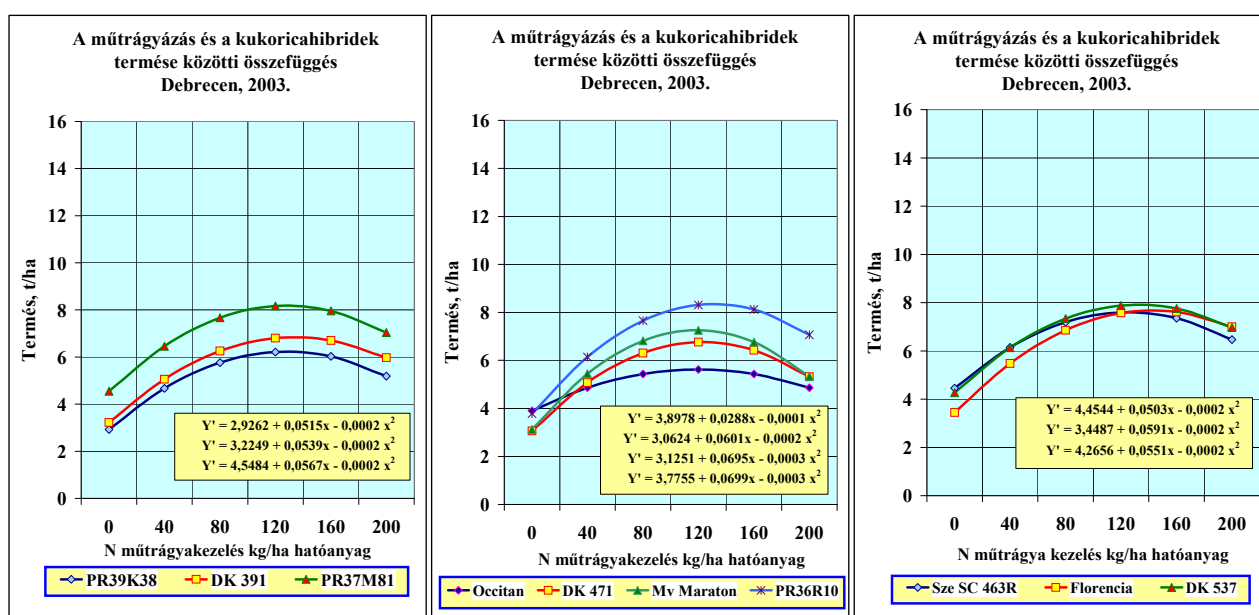
	Termésátlag t/ha	SzD _{5%}
Kontroll	2,346	0,59
1. trágyaszint	5,482	
2. trágyaszint	5,786	
3. trágyaszint	6,170	
4. trágyaszint	5,652	
5. trágyaszint	6,016	

2003-ban a terméseredmények vizsgálatánál megállapítható, hogy a korai érésű kukorica hibridek maximális terméseredményei 6-7 t/ha körül, míg a késői éréscsoportba

tartozó kukoricahibridek maximális termése 7-8 t/ha körül alakult, amely szintén elmarad a 2001. év terméseredményeitől. Ez hasonlóan a 2002 évihez, a kedvezőtlen időjárási körülményekkel, a jelentős, és tartós csapadékhiánnyal magyarázható. Kiemelkedő terméseredményt ért el a vizsgált tíz hibridből a PR37M81, a PR36R10 és a DK 537 hibrid, amely hibridek termésmaximuma ebben a csapadékszegény évjáratban is megközelítette, a PR37M81 hibrid pedig meg is haladta a 8 t/ha értéket.

A legjobb trágyareakciója 2003-ban is a PR37M81 és DK 537 valamint a Florencia hibrideknek volt, de nagyon kedvező volt a 2003-ban első alkalommal vizsgált Sze SC 463R kukoricahibrid trágyareakciója is (5. ábra).

5. ábra A műtrágyázás és a kukoricahibridek termése közötti összefüggés, 2003.



A műtrágyázás hatásának a vizsgálata 2003-ban is jól mutatta a száraz évjárat hatását a kukoricahibridek tápanyagfelvételének, termésképzésének dinamikájára. Ebben az évben a kevés lehullott csapadék nem tette lehetővé, hogy a kijuttatott műtrágyaadagok jelentős termésátlag növekedést eredményezzenek, mert víz hiányában a növények nem tudták a nagyobb termésekhez szükséges tápanyag mennyiséget felvenni. Ennek megfelelően a termésátlagokat is csak az első műtrágyaszint (40 kg/ha N+P,K) növelte szignifikáns mértékben, a további tápanyag kijuttatás már nem okozott a termésekben szignifikáns növekedést, sőt a 2. tápanyagszintnél nagyobb adagok használata már terméseszkökenést okozott a kukoricahibrideknél 2003-ban (12. táblázat).

12. táblázat. A műtrágyázás és a termés kapcsolata a hibridek átlagában 2003.

	Termésátlag t/ha	SzD _{5%}
Kontroll	3,006***	0,35
1. trágyaszint	6,656	
2. trágyaszint	6,881	
3. trágyaszint	6,813	
4. trágyaszint	6,342	
5. trágyaszint	6,643	

3.6. A termésképző elemek változása különböző tápanyagszinteken

A kukorica ezerszemtömegére gyakorolt hatása a tápanyagellátásnak igen jelentős. Az ezerszemtömeg növekedését figyeltük meg a kontroll kezeléshez képest a trágyázott kezelések esetén, mely a kísérletben meghaladta a szignifikáns határt.

13. táblázat. Az NPK műtrágyázás hatása az ezerszemtömeg változására a vizsgált hibridek átlagában, 2001-2003.

	2001.		2002.		2003.	
	Ezerszemtömeg (g)	SzD _{5%}	Ezerszemtömeg (g)	SzD _{5%}	Ezerszemtömeg (g)	SzD _{5%}
Kontroll	248,958	11,02	258,833	9,78	244,833	9,35
1. trágyaszint	288,750		309,333		298,500	
2. trágyaszint	292,500		312,333		316,667	
3. trágyaszint	302,292		323,500		319,833	
4. trágyaszint	297,708		315,500		319,667	
5. trágyaszint	302,083		319,667		319,833	

A termésképző elemek vizsgálatokor figyelemmel kísértük a kukoricacsövön lévő sorok számának alakulását is. A vizsgálataink eredményeként megállapítható volt, hogy mind 2001-ben, mind 2002-ben, szignifikáns növekedés volt megfigyelhető a trágyaadagok hatására a sorok számának alakulásában, ám 2003-ban a trágyázás nem növelte szignifikáns mértékben a sorok számát (14. táblázat).

14. táblázat Összefüggés az NPK műtrágyázás és a kukoricahibridek termésénél vizsgált szemsorok száma között 2001-2003.

	2001.		2002.		2003.	
	Sorok száma (db)	SzD _{5%}	Sorok száma (db)	SzD _{5%}	Sorok száma (db)	SzD _{5%}
Kontroll	13,767	0,49	13,267	0,51	14,140	0,46
1. trágyaszint	14,875		15,287		14,373	
2. trágyaszint	14,875		15,473		14,380	
3. trágyaszint	14,967		15,433		13,940	
4. trágyaszint	14,858		15,513		14,067	
5. trágyaszint	14,908		15,373		14,293	

A terméskepző elemek utolsó vizsgált paramétere az egy sorban lévő szemek számának alakulása volt. Megállapítottuk, hogy a szemek számában is erőteljes változás következik be a tápanyagellátás változásával. Mindkét évben a trágyaadag növelésével a szemszám jelentős növekedését tapasztalhattuk (15. táblázat).

15. táblázat Az NPK műtrágyázás hatása a szemek számára 2001-2003.

	2001.		2002.		2003.	
	Egy sorban lévő szemek száma (db)	SzD _{5%}	Egy sorban lévő szemek száma (db)	SzD _{5%}	Egy sorban lévő szemek száma (db)	SzD _{5%}
Kontroll	21,967	1,82	20,760	1,81	23,080	1,29
1. trágyaszint	29,913		29,913		32,127	
2. trágyaszint	31,308		29,980		31,533	
3. trágyaszint	30,850		30,000		31,773	
4. trágyaszint	31,200		28,673		30,947	
5. trágyaszint	30,458		29,520		30,520	

3.7. A vetésidő hatása a fotoszintézis intenzitására

2001-2003 között elvégeztük a fotoszintézis intenzitására vonatkozó méréseinket. A kapott adatok hasonló megállapítást tettek lehetővé minden évben. A legkésőbbi IV. vetésidőben kaptuk a legintenzívebb CO₂ megkötést, ami a növények fotoszintetikus apparátusának intenzív működését jelzi. A vizsgálat éveiben a csapadékhiány jelentősen befolyásolta a növények fotoszintézisét. Az aszály okozta stressz a szövetek gyorsabb öregedési folyamatait idévelte, ezért sok esetben már a virágzás előtt jelentős különbséget tapasztaltunk a legfiatalabb állomány és az idősebb kukoricák fotoszintézise között (16. táblázat).

A vegetációs idő vége felé a korábban vetett kukoricák hamarabb érik el az érés szakaszát, ahol egyre csökkenő CO₂ fixálást tapasztalunk. A későn vetett állományok III.-IV. vetésidő, még ebben az időszakban is élénkebben kötik a CO₂-t, hiszen e növények érése még később következik be. Ez az oka annak is, hogy a késői vetésű növények érése jelentősen elhúzódhat, és a vízleadásuk is nagyon lelassulhat, hideg késő őszi időjárás esetén.

16. táblázat Különböző vetésidőben megkötött CO₂ mennyisége 2003 (mmol/m²/sec)

2003. június 17.				
	PR38Y09	PR37M34	PR36N70	Átlag
I. vetésidő	30,78	34,46	28,88	31,37
II. vetésidő	28,27	30,68	34,42	31,12
III. vetésidő	30,88	33,37	29,06	31,10
IV. vetésidő	34,31	38,68	35,87	36,29
2003. augusztus 01.				
	PR38Y09	PR37M34	PR36N70	Átlag
I. vetésidő	29,30	35,96	31,20	32,15
II. vetésidő	35,95	38,05	33,85	35,95
III. vetésidő	31,24	31,47	38,96	33,89
IV. vetésidő	37,75	42,95	37,87	39,52
2003. augusztus 27.				
	PR38Y09	PR37M34	PR36N70	Átlag
I. vetésidő	12,36	18,08	14,77	15,07
II. vetésidő	13,36	17,16	16,94	15,82
III. vetésidő	17,66	20,27	24,53	20,82
IV. vetésidő	14,12	18,17	26,40	19,56

3.8. A vetésidő hatása a kukorica hibridek vízleadás dinamikájára és betakarításkori szemnedvesség tartalmára

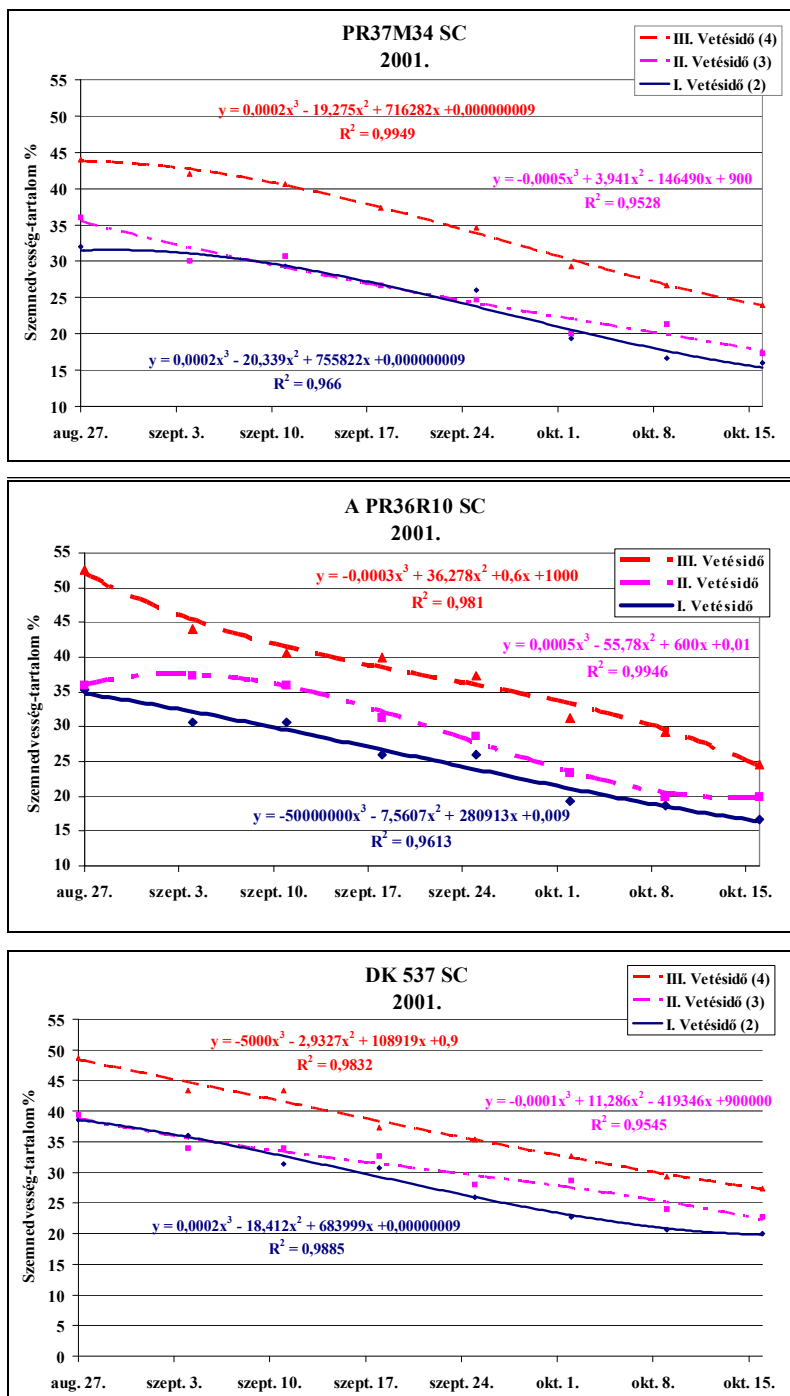
A vízleadás-dinamikai vizsgálatokat minden évben több hibriden elvégeztük. A vizsgálatok során augusztus és október között mértük hat-nyolc alkalommal a termés szemnedvesség-tartalmát. Látható, hogy a hibrideknél kivétel nélkül jelentős különbséget találtunk már az első méréseknél is. Ez a különbség főként a korai és a késői vetésidő között volt nagyon számottevő. Az első és a második vetésidő között a különbség lényegesen kisebb volt a hibridek többségénél. A statisztikai értékelés alapján minden időpontban igazolható szignifikáns különbség adódott a szemnedvességtartalmak között.

A hibridek közötti nedvességtartalom különbség a betakarításig megmaradt, az értékek a betakarítás idejére csak közelítettek egymáshoz, de nem egyenlítődték ki. A betakarítás idején is mintegy 5-10% nedvességkülönbség volt a különböző vetésidők között (6. ábra).

A hosszabb tenyészidejű hibridek nagy genetikai potenciálja magasabb betakarításkori szemnedvesség-tartalommal párosul. Ennek megfelelően a korai érésű hibridek (Sprinter) már szeptember közepén a csapadékos időjárás ellenére elérték a 20% körüli szemnedvesség-tartalmat, mely nemcsak alacsonyabb nedvességtartalmat jelent, hanem mintegy 3-4 héttel

korábbi betakaríthatóságot is a korai és az április 20-i vetésidő esetén. Ez az őszi munkacsúcs széthúzását jelentheti, mely igen fontos munkaszervezési szempont.

6. ábra Kukoricahibridek vízleadási dinamikája különböző vetésidőkben, 2001-ben



3.9. A termésképző elemek és a vetésidő kapcsolata

A termésképző elemek közül a sorok számát és az egy sorban lévő szemek számát vizsgáltuk először. Mindkettő jelentősen módosítja a kukoricanövény egyedi produkcióját, amely kihat a termésátlagok alakulására is.

Az eredményekből megállapítható, hogy a sorok száma mindhárom évben növekedett, a későbbi vetésidőben, és a különbség mindhárom évben meghaladta a szignifikáns határt.

A sorok számának alakulása után megvizsgáltuk az egy sorban lévő szemek számának alakulását. A kukorica csőhossza, illetve a sorokban lévő szemek száma befolyásolja a növény egyedi produkcióját, vagyis jelentős hatása van a termésátlag kialakulására.

A vizsgálat mindhárom évében azt tapasztaltuk, hogy a szemek számában szignifikáns különbség alakult ki a különböző vetésidők hatására. 2001-ben és 2002-ben a III. vetésidőben vetett kukoricahibridek szemszáma jelentősen növekedett, míg 2003-ban ugyanez a szignifikáns növekedés a II. vetésidőben következett be.

Valószínűleg a sorok számának kialakulásához hasonlóan a későbbi vetésidőben voltak kedvezőbbek a környezeti feltételek a nagy szemszám kialakulásához. 2003-ban szintén nagy szemszám alakult volna ki a III. vetésidőben is, de az évet sújtó nagy szárazság miatt a csővégi szemek nem tudtak normálisan kifejlődni, csak a szemek kezdeményeit figyelhettük meg a cső végén.

Ez felhívja a figyelmet arra, hogy a termésképző elemek egyenkénti kapcsolata a különböző környezeti tényezőkkel (hőmérséklet, hőösszeg mennyisége, hőösszeg érkezésének gyorsasága, csapadék mennyisége, eloszlása stb.) még számos ponton további pontosításra vár, a folyamatok nem teljesen tisztázottak.

Megvizsgáltuk az ezerszemtömeg alakulását is a különböző vetésidőkben. Az ezerszemtömegek közt szintén szignifikáns különbségek alakultak ki, de eltérően az előző elemektől itt a legnagyobb értékeket 2001-2002-ben a II. vetésidőben kaptuk, a III. vetésidőben alakultak ki a legkisebb értékek. Ennek oka valószínűleg az, hogy a kedvező környezeti tényezők hatására több sor és a sorokban több szem alakulhatott ki, de a szemek ilyen körülmények közt kisebbek lettek. 2003-ban a III. vetésidőben kaptuk a legnagyobb ezerszemtömeget, amely egy alacsonyabb soronkénti szemszámnak volt köszönhető.

3.10. A vetésidő hatása a kukoricahibridek terméseredményeire

A hibridek termésének statisztikai vizsgálatakor 2001-ben a kéttényezős varianciaanalízis alapján szignifikáns különbséget csak a hibridek között találtunk. 2001-ben a legnagyobb termésátlaga a késői vetésidőben vetett kukoricahibrideknek volt (10,178 t/ha), ehhez képest

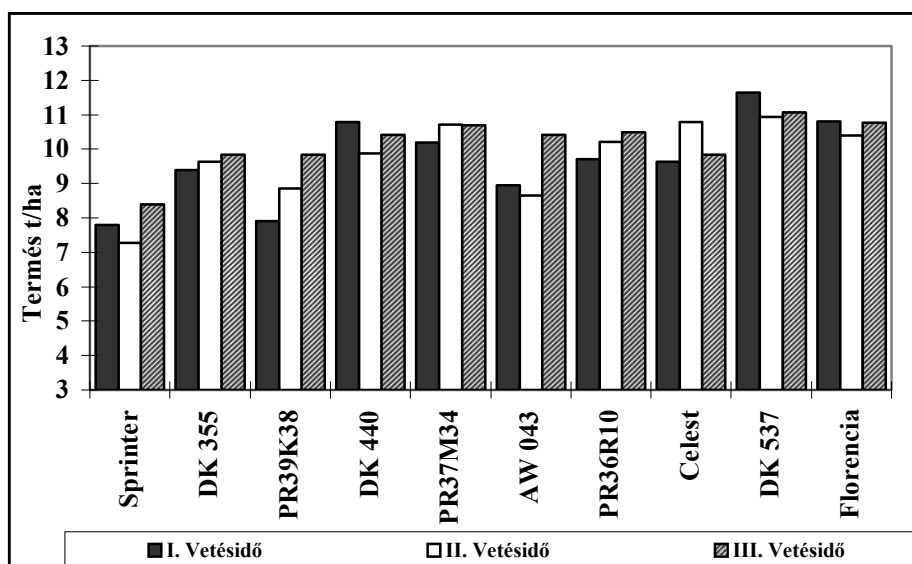
nem szignifikáns mértékben csökkent az optimális vetésidőben és a korai vetésidőben vetett kukorica hibridek termésátlaga. SzD_{5%} érték: 0,92 (17. táblázat).

17. táblázat. A kukorica hibridek terméseredményei különböző vetésidőben 2001.

Vetésidő	Termés t/ha	SzD _{5%}
1.	9,679	0,92
2.	9,730	
3.	10,178	

2001-ben a vizsgált kukorica hibridek termése igen kedvezően alakult. Ez a hibridek tenyészidejétől függően 7,27-11,64 t/ha között változott (19. ábra). Az évjáratban a június, július havi csapadékok megközelítették a 100 mm-t, amely lehetővé tette, hogy a különböző éréscsoportba tartozó hibridek eltérően viselkedjenek.

7. ábra: A kukorica hibridek termése különböző vetésidőben 2001.

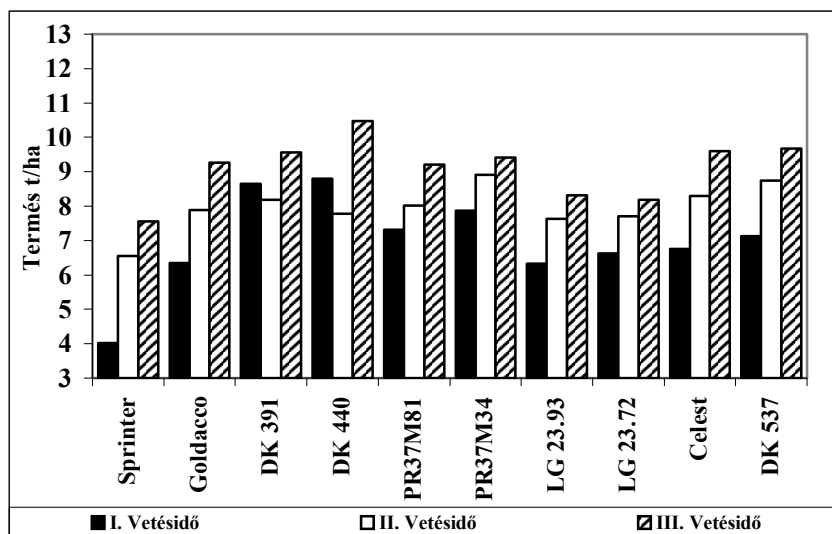


A vizsgált hibridek közt találtunk a vetésidőre kevésbé érzékenyen reagáló hibrideket (DK 440, PR37M34, Florencia és az optimálistól eltérő vetésidőre termés csökkenéssel reagáló hibrideket is (PR39K38, AW 043, Celest).

2002-ben a vizsgált kukorica hibridek termése közepes szinten mozgott. Ez a hibridek tenyészidejétől függően 4,02-10,47 t/ha között változott (8. ábra).

A varianciaanalízis adatai alapján szignifikáns különbség volt mind a vetésidő, mind pedig a hibridek között. 2002-ben a késői vetésidőben vetett, az optimális időben vetett és a korai vetésidőben vetett kukorica hibridek termése között szintén szignifikáns volt a különbség (18. táblázat). SzD_{5%} érték: 0,64.

8. ábra: A kukoricahibridek termése különböző vetésidőben 2002.

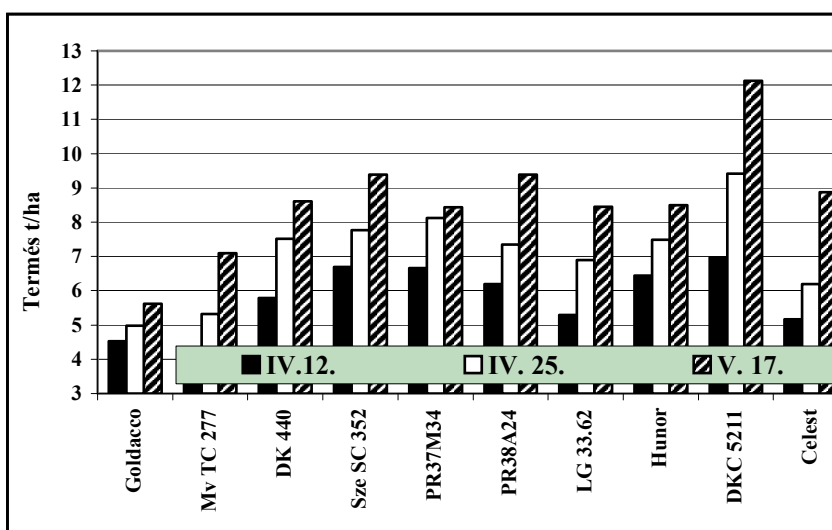


18. táblázat. A kukoricahibridek terméseredményei különböző vetésidőben 2002.

Vetésidő	Termés t/ha	SzD _{5%}
1.	6,994	0,64
2.	7,996	
3.	9,235	

2003-ban minden hibrid kivétel nélkül a május 17-i vetésben érte el a legnagyobb terméseredményét (9. ábra). Ez hasonlóan a 2002-ben tapasztaltakhoz, a csapadék eloszlásának köszönhető, mely jelentősen tudja módosítani a hibridek teljesítményét a különböző vetésidőkben.

9. ábra A vetésidő hatása a kukoricahibridek termésére, 2003.



2003-ban minden vetésidő közt szignifikáns különbséget találtunk. Az első vetésidőben elért terméseredmény a hibridek átlagában 5,78 t/ha, a második vetésidőben 7,10 t/ha, a harmadik vetésidőben pedig 8,65 t/ha, ami minden esetben meghaladja a szignifikáns határt, aminek az értéke 2003-ban 0,74 volt a vetésidők közt.

A három éves kísérletsorozat eredményeként elmondható, hogy a kukorica termésének nagyságát, a termés minőségét, valamint az ezeket kialakító tényezőket rendkívüli módon befolyásolja a tápanyagellátás, és a vetésidő.

Mindhárom évben szignifikáns változásokat tapasztaltunk, mind a termésátlag, mind pedig a minőség tekintetében. A vizsgálatok során megállapítottuk számos termésképző elem kapcsolatát a kialakuló termésátlaggal, vizsgáltuk a tápanyagellátás és a vetésidő hatását ezekre a termésképző elemekre.

Méréseket végeztünk a kukoricahibridek levélterületének, és fotoszintetikus aktivitásának változásáról a különböző tápanyagellátású és vetésidejű parcellákban. Megállapítottuk, hogy a tápanyagellátás a levélterület változtatásával, illetve a fotoszintetikus aktivitás befolyásolásával milyen módon hat a végső termés nagyságára. Megfigyeltük a vetésidő hasonló változásokat okozó hatását a kukoricahibridek fotoszintézisére.

Rámutattunk tápanyagellátás és a vetésidő okozta változásokra, a levélterülettől kezdődően a termés minőségéig, feltárva azokat a bonyolult összefüggéseket, melyek együttesen alakítják ki az eredményes kukoricatermesztés eredményeit.

4. Új és újszerű tudományos eredmények

1. A kukoricahibridek levélterületi indexe (LAI) és a tápanyagellátás közt szoros összefüggés áll fenn. A tápanyagellátás szignifikáns mértékben növeli a hibridek levélterületi indexét, mellyel nő a fotoszintetikusan aktív levélfelület, ezért a tápanyagellátás és a levélterületi index (LAI) alakulása között igen szoros pozitív korreláció áll fenn. A számított r-értékek 0,887-0,992 között alakultak a kísérlet minden évében.
2. A tápanyagellátás befolyásolja a kukorica fotoszintetikus aktivitását. Jó tápanyagellátású parcellákon a növények öregedésével a fotoszintetikus aktivitás nem csökken olyan mértékben, mint a tápanyaggal nem kezelt parcellákon. A műtrágyázás nélküli parcellák fotoszintetikus aktivitása a vegetációs idő második felében csak a 40-50%-a a műtrágyázott parcellákénak. A fotoszintetikus aktivitást jelentősen, akár 70%-kal csökkentheti a vízhiány. A kukorica vízhiányban a párologtatását a sztómák bezárásával csökkenti.
3. A korszerű kukoricahibridek tápanyagfeltáró, és tápanyag-hasznosító képessége jelentősen javult, ezen hibridek a termésmaximumot már N_{40-80} , $P_2O_5_{25-50}$ és K_2O_{30-60} kg/ha mellett elérték pl. a PR37M81, a Florencia és a DK557 hibridek kitűnő természetes tápanyagfeltáró képességük miatt, eredményesen termesztetők extenzív gazdálkodási viszonyok között is.
4. A termésképző elemek közül az ezerszemtömeg és a szemek száma volt a legszorosabb korrelációban a termés nagyságával, vagyis a javuló tápanyagellátás a kukoricánál legerőteljesebben az ezerszemtömeg és a szemszám növekedésében nyilvánul meg. Optimális tápanyagellátásnál szignifikáns mértékben nő az ezerszemtömeg, a csövön lévő sorok száma és a szemek száma a kontroll körülményekhez képest.
5. A korai vetésidőben vetett kukoricahibridek kelése vontatott, akár 15-20 nap is lehet, de a jó Cold-teszt értékű hibrideknél ez nem jár csírapusztulással, ugyanis a termő tőszámban nem volt igazolható különbség. A későn vetett kukorica vegetatív periódusa 18-23 nappal rövidebb. Ennek oka a gyorsan összegyűlő hőösszeg, amely gyors fejlődést indukál, és stresszhelyzetet okozhat a kukoricánál.
6. A 30-35 nappal korábban vetett kukoricahibridek virágzása 12-15 nappal korábban következik be, mely fontos elem lehet a szárazságra hajlamos területek aszály elleni védekezésében.

7. A különböző vetésidőben vetett kukorica hibridek vízleadása között jelentős különbség volt, vagyis a korai vetésidőben minden alkalommal szignifikánsan alacsonyabb szemnedvességtartalmat kaptunk. Korai vetésidő alkalmazásával korábbi érést, gyorsabb vízleadást, 6-10%-kal alacsonyabb betakarításkori szemnedvességtartalmat érünk el. Ez korábbi betakarítást, hatékonyabb kukoricatermesztést tesz lehetővé.
8. A kukorica hibridek morzsolási aránya sem a tápanyagellátás, sem a vetésidő hatására nem változott szignifikáns módon. Ez arra utal, hogy a morzsolási arány a kukorica hibridre jellemző genetikai tulajdonság.
9. A vetésidő a termésképző elemeket nem közvetlenül módosítja, hanem az eltérő környezeti tényezők hatásán keresztül változik. A vizsgálatok során minden termésképző csak gyenge korrelációban volt a termés nagyságával, vagyis a vetésidő hatása a termésképző elemekre csekély.
10. A vizsgált hibridek közt találunk a vetésidőre érzékenyen reagáló hibrideket (AW 043, Celest), és a vetésidőre kevésbé érzékenyen reagáló (PR36R10, DK537, Florencia) hibrideket, melyek vetésénél ezt figyelembe kell venni, és hibridspecifikus technológiát célszerű használni.
11. A különböző vetésidőben elvetett kukorica hibridek minősége közt voltak szignifikáns különbségek, de ezt inkább a különböző vetésidőkben létrejött eltérő környezeti feltételeknek, és a termésátlagoknak volt köszönhető. Egyértelműen látható, határozott irányú változás a beltartalomban nem volt igazolható.

5. Gyakorlatban alkalmazható eredmények

1. A kukorica hibridek levélterületi indexének vizsgálata olyan adatokat szolgáltat, mely a termésbecslés, termésmodellezés területén közvetlenül hasznosítható, hisz nagyon korai becslést tesz lehetővé.
2. A hibridek egyedi reakcióinak ismeretében a gyakorlatban kialakítható a hibridekre adaptált hibridspecifikus technológia, mely a versenyképességet javíthatja, valamint a környezet védelmét is biztosítja.
3. A vizsgált kukorica hibridek termőképességével, tápanyagfeltáró- és hasznosító képességével kapcsolatos eredményeket a gyakorlat közvetlenül tudja hasznosítani.
4. A tápanyagellátás minőséget befolyásoló hatása a gyakorlat számára elengedhetetlenül fontos, a termés mennyiségén kívül a minőség egyre fontosabb szempont a kukoricatermesztésben is. Takarmányozás esetén a kukorica fehérje tartalma, izocukor, vagy bioetanol gyártás esetén a keményítőtartalom a legfontosabb minőségi paraméter.
5. A kukorica hibridek betakarításkori szemnedvességtartalmának alakulása erőteljesen függ a tápanyagellátottságtól és a vetésidőtől is. A hibridek vízleadási üteme, illetve a különböző kezelésekben mutatott vízleadási tulajdonságai a gyakorlatban növelheti a kukoricatermesztés hatékonyságát.
6. A hibridek specifikus reakcióinak az ismerete a különböző vetésidőkben, a hibridspecifikus vetéstechnológiák kialakításának az alapfeltételei. A hibrid megválasztásánál előnyben kell részesíteni azokat, melyek plasztikusan viselkednek a különböző vetésidőkkel szemben, illetve jó tápanyagreakcióval rendelkeznek.
7. A hároméves kísérletsorozat eredményei a vizsgálati területhez hasonló ökológiai adottságú területen megfelelő módon használhatók, és a gyakorlat számára alkalmazhatóak.

6. Az értekezés témakörében megjelent főbb publikációk

1. Futó Z. - Sárvári M. (2001): A vetésidő hatása a különböző genetikai adottságú kukoricahibridek termésére. *Növénytermelés*, Tom 50. No.1. 43-60. p.
2. Futó Z. - Sárvári M. – Zsoldos M. (2002): A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. *Növénytermelés* 2002, Tom. 51. No. 3. 291-307. p.
3. Futó Z. (2003): A levélterület hatása a kukorica terméseredményére trágyázási kísérletben. *Növénytermelés* 2003, Tom. 52. No. 3-4. 317-328. p.
4. Futó Z. - Sárvári M. (2003): A vetésidő hatása a kukorica (*Zea Mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. Tom. 52. No. 52. 469-596. p.
5. Futó Z. (2003): A kukorica vetésidejének hatása a termést befolyásoló tényezők alakulására 2001-2002 évben. Az Észak-Alföldi Régió mezőgazdasága és vidékfejlesztése, Regionális Tudományos Tanácskozás és Konferencia, Debreceni Akadémiai Bizottság, Agrártudományi Közlemények (különszám), *Acta Agraria Debreseniensis*. 112-117. p.
6. Futó Z. - Jakab P. (2004): A vetésidő hatása a kukorica termést befolyásoló tényezőinek alakulására. IV. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok. Mezőtúr. Summaries. 134. p. és CD kiadvány.
7. Jakab P. – Futó Z. - Lévai K.- Nagy P. (2004): Tápanyagellátás hatása az őszi búza fajták termésére. IV. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok. Mezőtúr. Summaries. 113. p. és CD kiadvány.
8. Futó Z. (2006): Különböző kukoricahibridek vetésidő-reakciójának vizsgálata 2005-ben. V. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok, Mezőtúr. Summaries 110. p., CD kiadvány.
9. Futó Z. - Sárvári M. - Jakab P. (2001): Effect of fertilization and sowing time on the yield of maize hybrids. Resources of the environment and sustained development. Nemzetközi Tudományos Konferencia, *Analele Universităţii Din Oradea*, Tom VII. 2001. 77-84. p.
10. Futó Z. (2003): Effect of leaf area on yield of maize (*Zea Mays* L.) in fertilization experiment. Proceedings of the II. Alps-Adria Scientific Workshop. 45-50. p.
11. Futó Z. (2003): Effect of sowing date on yield of maize (*Zea mays* L.) in different growing conditions of the year. Natural resources and sustainable development. International Scientific Session. Abstract. Oradea - Debrecen. 45. p.
12. Futó Z. – Sárvári M. – Zsom E. (2003): The effect of N, P, K fertilization on yield and on shifts in the major soil characteristics. 14th International Symposium of fertilizers. CIEC Fertilizers in context with resource management in agriculture. Volume I. Proceedings 119-126. p.
13. Csajbók J.- Kutasy E.- Borbélyné Hunyadi É.- Futó Z.- Jakab P. (2005): Effects of nutrient supply on the photosynthesis of maize hybrids. *Cereal Research Communications*. Proceedings of the IV. Alps-Adria Scientific Workshop. Vol. 33. No. 1. 169-172. p. Portoroz.
14. Jakab P. - Futó Z. - Csajbók J. (2005): Analyze of photosynthesis and productivity of maize hybrids in different fertilizer treatments. *Cereal Research Communications*. Proceedings of the IV. Alps-Adria Scientific Workshop. Vol. 33. No. 1. 205-208. p. Portoroz.
15. Futó Z. (2006): The effect of nutrient supply on the yield and quality of maize hybrids. *Cereal Research Communications*. Proceedings of the V. Alps-Adria Scientific Workshop. Vol. 34, No. 1. Erratum 1-4. p. Opatija.
16. Jakab P. – Futó Z. (2006): Application of soil bacterium preparations in winter wheat and maize production. 5th International scientific days of land management in the great hungarian plain. Summaries 124. p., and CD.