



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

A VETÉSIDŐ ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA A KUKORICA
TERMÉSÉRE

Készítette:

Futó Zoltán

doktorjelölt

DEBRECEN, 2006

A VETÉSIDŐ ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
a Növénytermesztés tudományágban

Írta: Futó Zoltán okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok doktori
iskolája

keretében

A doktori iskola vezetője: Dr. Győri Zoltán, DSc.

Témavezető: Dr. Sárvári Mihály, CSc.

A doktori szigorlati bizottság:

	név	tud. fok.
elnök:	Dr. Loch Jakab	DSc. Professor Emeritus
tagok:	Dr. Vágvolgyi Sándor	CSc. kandidátus
	Dr. Pethő Menyhért	CSc. Professor Emeritus

A doktori szigorlat időpontja: 2006. február 24.

Az értekezés bírálói:

név, tud. fok.	aláírás
Dr. Marton L. Csaba, DSc.	
Dr. Pepó Pál, CSc.	

A bíráló bizottság:

	név, tud. fok.	aláírás
elnök:	Dr. Pepó Péter, DSc.	
tagok:	Dr. Győri Zoltán, DSc.	
	Dr. Németh János, DSc.	
	Dr. Pintér János, CSc.	
	Dr. Széll Endre, CSc.	
titkár:	Dr. Csajbók József, Ph.D.	

Az értekezés védésének időpontja: 200... ..

TARTALOMJEGYZÉK

I. BEVEZETÉS	2
II. TÉMAFELVETÉS	2
III. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	2
3.1. A KUKORICATERMESZTÉS FELTÉTELEI, LEHETŐSÉGEI MAGYARORSZÁGON	2
3.1.1. <i>A kukoricatermesztés ökológiai tényezőinek értékelése.....</i>	2
3.2. A NITROGÉN MŰTRÁGYÁZÁS JELENTŐSÉGE	2
3.2.1. <i>A nitrogén műtrágyázás hatása a kukorica termésére.....</i>	2
3.2.2. <i>A nitrogén műtrágyázás hatása a kukorica minőségére.....</i>	2
3.2.3. <i>A nitrogénműtrágyázás hatása a talajra</i>	2
3.2.4. <i>Hibridek N-igénye, N-műtrágya optimális mennyisége.....</i>	2
3.2.5. <i>A N-műtrágyázás hatása a kukorica fotoszintetikus aktivitására.....</i>	2
3.3. A P-MŰTRÁGYÁZÁS JELENTŐSÉGE	2
3.3.1. <i>A P-műtrágyázás hatása a kukorica termésére</i>	2
3.3.2. <i>Hibridek P-igénye, a P-műtrágya optimális mennyisége</i>	2
3.4. A KÁLIUM-MŰTRÁGYÁZÁS JELENTŐSÉGE	2
3.4.1. <i>A K-műtrágyázás hatása a kukorica termésére</i>	2
3.4.2. <i>Hibridek K-igénye, K-műtrágya optimális mennyisége.....</i>	2
3.5. AZ NPK-MŰTRÁGYÁZÁS JELENTŐSÉGE	2
3.5.1. <i>Az NPK-műtrágyázás hatása a kukorica termésére</i>	2
3.5.2. <i>Hibridek NPK -igénye, NPK-műtrágyázás optimális mennyisége.....</i>	2
3.6. HIBRIDEK JELENTŐSÉGE.....	2
3.6.1. <i>Hibridek termőképessége.....</i>	2
3.6.2. <i>A hibridek természetes tápanyagfeltáró, és hasznosító képessége, a hibridek trágareakciója.....</i>	2
3.6.3. <i>Műtrágyázás, hibridek termőképessége és elemtartalom összefüggései</i>	2
3.6.4. <i>Különböző genetikai tulajdonságú és tenyésztidejű hibridek alkalmazkodó-képessége, műtrágya-hasznosulásuk.....</i>	2
3.7. AZ OPTIMÁLIS VETÉSIDŐ MEGVÁLASZTÁSA, A VETÉSIDŐ HATÁSA	2
3.7.1. <i>A vetésidő hatása a hibridek növekedési dinamikájára, szárazanyag képzésére, érésére</i>	2
3.7.2. <i>A vetésidő és a kukorica termése közötti kapcsolat</i>	2
3.7.3. <i>A vetésidő és a kukorica termésképző elemeinek kapcsolata</i>	2
3.7.4. <i>A vetésidő és a betakarításkori szemnedvesség</i>	2
3.7.5. <i>A hibridek szerepe.....</i>	2
IV. ANYAG ÉS MÓDSZER	2
4.1. A KÍSÉRLETEK BEMUTATÁSA, A VIZSGÁLT TÉNYEZŐK ISMERTETÉSE	2
4.2. A VIZSGÁLT ÉVEK IDŐJÁRÁSÁNAK ELEMZÉSE:	2
4.2.1. <i>2001. év időjárása:</i>	2
4.2.2. <i>2002. év időjárása:</i>	2
4.2.3. <i>2003. év időjárása:</i>	2
4.3. A TALAJ JELLEMZÉSE:	2
4.4. AGROTECHNIKAI ADATOK:.....	2
4.5. A KÍSÉRLETBEN SZEREPLŐ HIBRIDEK	2
4.6. A KUKORICAHIBRIDEK VÍZLEADÁSI DINAMIKÁJÁNAK, ÉS BETAKARÍTÁSKORI SZEMNEDVESSÉG TARTALMÁNAK VIZSGÁLATA:	2

4.7. A FOTOSZINTÉZIS AKTIVITÁS MÉRÉSE ÉS MÓDSZERE:.....	2
4.8. A LEVÉLTERÜLET (LA) MÉRÉSÉNEK MÓDSZERE ÉS IDEJE:.....	2
4.9. A KUKORICASZEM NYERSFEHÉRJE-, KEMÉNYÍTŐ- ÉS NYERSOLAJTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA:.....	2
4.10. A KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSÉNEK MÓDSZERE:	2
V. EREDMÉNYEK	2
5.1. A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA	2
5.1.1. <i>A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek levélterületének alakulására, és fotoszintetikus aktivitására</i>	<i>2</i>
5.1.1.1. A kukorica hibridek levélterületének alakulása a trágyázás függvényében	2
5.1.1.2. A kukorica szemtermésének alakulása a levélterület függvényében.....	2
5.1.1.3. A kukorica hibridek fotoszintetikus aktivitása	2
5.1.2. <i>A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek vízleadás dinamikájára és betakarításkori szemnedvesség tartalmára.....</i>	<i>2</i>
5.1.3. <i>A kukorica hibridek termőképességének, tápanyagfeltárási képességének és trágyareakciójának értékelése</i>	<i>2</i>
5.1.4. <i>A termésképző elemek változása különböző tápanyagszinteken</i>	<i>2</i>
5.1.5. <i>A tápanyagellátás hatása a termés minőségére.....</i>	<i>2</i>
5.2. A VETÉSIDŐ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA	2
5.2.1. <i>A vetésidő hatása a kelési időre.....</i>	<i>2</i>
5.2.2. <i>A vetésidő hatása a virágzási időre</i>	<i>2</i>
5.2.3. <i>A vetésidő hatása a kukorica hibridek fotoszintetikus aktivitására.....</i>	<i>2</i>
5.2.4. <i>A vetésidő hatása a kukorica hibridek vízleadás dinamikájára és betakarításkori szemnedvesség tartalmára.....</i>	<i>2</i>
5.2.5. <i>A termésképző elemek és a vetésidő kapcsolata</i>	<i>2</i>
5.2.6. <i>A vetésidő hatása a kukorica hibridek terméseredményeire</i>	<i>2</i>
5.2.7. <i>A vetésidő hatása a termés minőségére</i>	<i>2</i>
5.3. AZ EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA, DISZKUSSZIÓ	2
VI. ÖSSZEFOGLALÁS	2
VII. SUMMARY	2
VIII. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	2
IX. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK.....	2
X. IRODALOMJEGYZÉK.....	2

I. BEVEZETÉS

A mezőgazdasági művelés alatt álló területek egyik legfontosabb kultúrnövénye a kukorica. A termőterülete a világon a búza és a rizs után a legjelentősebb. Figyelemreméltó, elterjedésének gyorsasága, termesztéséhez az öt földrészen kb. 100 évre volt szükség. Ez elsősorban a sokirányú hasznosíthatóságának és kitűnő alkalmazkodóképességének köszönhető.

A hasznosíthatóság kérdése a jövőben fokozottan fog felvetődni, ugyanis napjainkban a föld lakosságának jelentős része éhezik, illetve a FAO előrejelzése 2050-re a föld lakosságát kb. 10 milliárd főre becsülik. A világon az éhezők százalékos aránya nem változott jelentős mértékben, de a létszámuk a népesség növekedésével együtt fokozatosan nőtt.

Az élelmiszerellátás égető problémájának megoldására nem várható teljes mértékben a kukoricatermesztés fejlődésétől, de a fejlődő és élelmezésügyi problémákkal küszködő országokban a termés mintegy 80–90 %-át emberi táplálékként hasznosítják. Ezért a kukorica rendkívül fontos szerepet játszik az emberiség táplálkozásában.

A kukoricát az Antarktison kívül ma már minden kontinensen termesztik. Ezt jó adaptív tulajdonságainak köszönheti, melyet céltudatos nemesítése során szerzett meg, így termőterülete kitolódott északabbra és a tengerszint felett magasabban fekvő területek felé!

A vetésterület és a termésátlag világviszonylatban is dinamikus növekedést mutat. A hatvanas években 99,7 millió hektáron termesztették, ezután a 80-as években megközelítette a 130 millió hektárt, majd – 2005 -re – elérte a 147 millió hektáros vetésterületet, amelyről 701-724 millió tonna termést takarítanak be. A termésátlagok növekedése szintén dinamikus, hiszen a hetvenes évek végén 3 t/ha alatti termésátlagot értek el (2,97 t/ha 1972–1981 között), mely 2004-ben meghaladta a 4,9 t/ha-os átlagot (1. táblázat)!

A világ kukorica termesztésének megoszlása igen változatos. 2005-ben Észak–Amerika a megtermelt mennyiségből 39,4%-kal (melynek 96,5%-át az Amerikai Egyesült Államok adta), Közép - és Dél – Amerika pedig 13,2%-al részesedik. Európa 12,4%-kal, Ázsia 27,8%-al (melynek 74,2%-át Kína adja), az Afrikai fejlődő országok pedig 7,2%-kal részesednek az összes megtermelt kukorica mennyiségéből (2. táblázat).

A fő kukoricatermelő országok (USA, Kína, Brazília, Mexikó, Franciaország) esetében is dinamikus fejlődés figyelhető meg, mind a termésátlagok, mind az összes termésmennyiség esetében.

Megfigyelhető, hogy a két legjelentősebb kukorica termesztő ország (USA és Kína) a vetésterület 38,3%-ával rendelkezik, de a kitűnő termésátlagoknak köszönhetően (9,29 és 5,15 t/ha) a megtermelt összes mennyiségnek több mint az 58,7%-át adják.

Ausztrália a kukorica termesztéséből nagyon kis termőterülettel (75 ezer ha) veszi ki a részét, mely az ökológiai adottságaira is visszavezethető.

Magyarország részesedése a világ kukoricatermő-területéből 0,9 - 1 % körül mozog, míg az összes termésből 1–1,3%-kal részesedik. A kukorica és a búza Magyarország két legfontosabb növénye, amelyet a legnagyobb területen termesztünk.

A kukorica vetésterülete tartósan 1–1,2 millió hektár körül mozog. A kukorica ma átlagosan a mezőgazdasági terület 22–25 %-át, míg a szántó 28–29 %-át foglalja el. Az 1. ábra adataiból kitűnik, hogy Magyarország is igen erőteljes fejlődésen ment át a termésátlagok tekintetében, amelynek csúcsa 2005-ben volt, 7,71 t/ha-ral. A 80-as évtizedben a termésátlag 6 t/ha körül alakult, de a kedvezőtlen évjáratok hatásának betudható termésingadozás nem haladta meg a 10-20%-ot. Aglobális felmelegedés következtében a szélsőségesen aszályos évjáratok gyakorisága nőtt, hatására a termésátlagaink 3,5 és 7,71 t/ha között ingadoztak. Ennek következtében a termésingadozás nagysága elérte a 30-50%-os nagyságot is. Ez a kedvezőtlen ökológiai (klimatikus) tényezőkre és agrotechnikai hiányosságokra vezethető vissza. Ez nagyon kedvezőtlen, hiszen kiszámíthatatlanná teszi a kukorica termesztését.

A következő években a termésszínvonal jelentős csökkenése szinte napjainkig megmaradt. Ez elsősorban a kialakult gazdasági nehézségekkel, illetve az ekkor bekövetkező aszályos évjáratok gyakoriságával magyarázható. Ennek tudható be az is, hogy a két utolsó kedvező évben a kukorica termésátlaga meghaladta a 7 t/ha-t Magyarországon, melynek következtében ezekben az években Magyarország az 5. helyet érte el a világ kukoricatermesztő országai közt. Az Európai Unió országaiban, ahol ez a kedvezőtlen változás elmaradt, az új hibridek termesztésével és a jó agrotechnika használatával a termésátlagok növekedése töretlen maradt, jelenleg az Európai Unió termésátlaga meghaladja a 9 t/ha-t (1. ábra). Ezért fontos, hogy kukoricatermesztésünk minél jobb ütemben fejlődjön, hiszen a termesztés lehetőségei még kihasználatlanok.

1. táblázat

A KUKORICA VETÉSTERÜLETE ÉS TERMÉSÁTLAGA A VILÁGON

Évek	Vetésterület (millió ha)	Termésátlag (t/ha)
1970-80	123	3,00
1981	131	3,45
1982	126	3,57
1983	118	2,95
1984	130	3,49
1985	129	3,78
1986	129	3,76
1987	128	3,58
1988	128	3,14
1989	129	3,66
1990	129	3,72
1991	129	3,76
1992	132	3,98
1993	127	3,70
1994	131	4,17
1995	136	3,78
1996	141	4,18
1997	140	4,18
1998	138	4,42
1999	139	4,29
2000	138	4,30
2001	139	4,42
2002	139	4,33
2003	144	4,47
2004	147	4,92
2005	147,5	4,75

Forrás: (FAO) <http://www.fao.org>

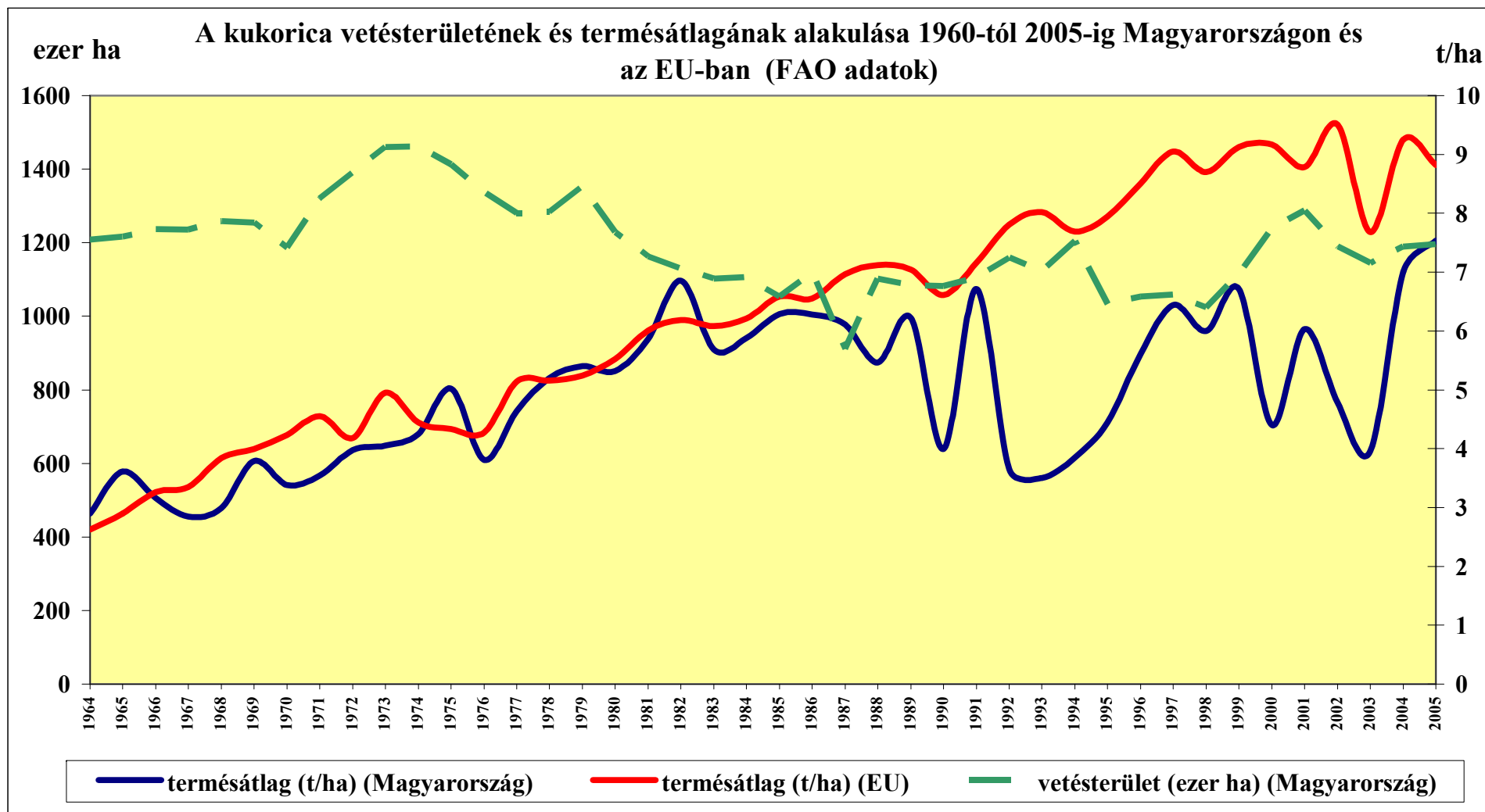
2. táblázat

A világ kukoricatermesztésének megoszlása kontinensenként és a főbb termeszto országok 2005.

	Vetésterület (millió ha)	Termésátlag (t/ha)	Mennyiség (millió t)
Világ összesen	147,5	4,75	701,66
Észak-Amerika	31,48	9,23	290,65
USA	30,39	9,29	282,26
Kanada	1,08	7,74	8,39
Közép-Amerika	9,69	2,42	23,49
Mexikó	8,00	2,56	20,5
Dél-Amerika	17,21	3,66	63,12
Argentína	2,74	7,12	19,5
Brazília	11,47	3,04	34,86
Afrika	27,89	1,69	47,39
Nigéria	4,47	1,07	4,78
Egyiptom	0,84	8,10	6,80
Dél-Afrikai Közt.	0,31	0,85	0,27
Ázsia	46,67	4,10	191,34
Kína	26,22	5,15	135,15
India	7,40	1,96	14,5
Ausztrália	0,075	4,16	0,312
Európa	14,08	6,00	84,54
Európai Unió (15)	4,30	8,82	37,92
Franciaország	1,66	8,25	13,71
Olaszország	1,12	9,39	10,51
Románia	2,66	3,74	9,96
Magyarország	1,20	7,54	9,02

Forrás: (FAO) <http://www.fao.org>

1. ábra.



A kukorica felhasználása:

A kukorica Magyarországon is főként, mint energiadús állati takarmány jön számításba. Az állatok takarmányozásában elsősorban energiaszállító szerepe jelentős. Keményítőtartalma nagyon magas 65-70%, energiaértéke 8,5–9,5 MJ/kg szárazanyag. A Magyarországon megtermelt kukorica 89,5%-át takarmányozási célra használják fel (GYŐRI Z. – GYŐRINÉ MILE I. 2002).

Nyersfehérje tartalma az árpánál és a búzánál is alacsonyabb, sőt a fehérje összetétele sem a legoptimálisabb. Ennek ellenére az állataink abrakszükségletének jelentős részét, mintegy 60%-át fedezi. Alacsony fehérjetartalma miatt csak a fehérjeszükséglet 40%-át adja, ezért a takarmányok fehérje kiegészítésre szorulnak. A fehérjetartalom vonatkozásában a legnagyobb gond, hogy az intenzív hibridek a termésmennyiségük növelése mellett jelentősen csökkentették nyersfehérje tartalmukat. (A hagyományos fajták 13 %-os nyersfehérje tartalma 8–9 %-ra csökkent!)

A kukorica szemtermesztése mellett a legnagyobb mennyiségben a keletkező és hasznosítható mellékterméket, a kukoricaszárat adja. Jelenleg a kukoricaszár hasznosítása igen alacsony színvonalú, főként a talajba dolgozva, mint tartalék tápanyag vehető figyelembe. A kukoricaszár jelentős takarmánya lehet a kérődző állatoknak, de a jövőben felmerülhet hőtechnikai hasznosítása is.

A kukorica ipari felhasználása dinamikusan fejlődik. Jelenleg a termésmennyiségből mintegy 400-450 ezer tonna mennyiséget használ fel az ipar, melyből 2010-ben várhatóan 1,1 millió tonnát fog felhasználni. Nagyon sokféle ipari terméket állítanak elő belőle. Növényolaj-ipari felhasználása a szem olajtartalmára, illetve a csíra olajtartalmára alapul (kukoricacsíra-olaj). A kukorica fő hasznosítási iránya azonban a magas szénhidrát, illetve keményítőtartalmára alapul. A belőle nyert keményítőt szélesebb körben használják. Ilyen területnek számít a papírgyártás, gyógyszer-, vegyi- és a textilipar, de az élelmiszeripar is jelentős mennyiséget hasznosít belőle. Speciális felhasználási területnek számít az izocukor gyártása, mely a legnagyobb részt teszi ki az ipari célú felhasználásból. Az izocukor gyártásra mintegy 300-350 ezer tonna kukoricát használnak fel. Malmi felhasználásra kerül mintegy 150 ezer tonna kukorica, melynek kb. az 50%-a humán fogyasztásra kerül, liszt vagy gríz formájában (Corn flakes stb.). E tekintetben a kukorica szerepe jelentősen megváltozhat az elkövetkezendő időben, amely az egészséges életmód és táplálkozás nagymérvű térhódításnak tudható be. A pedig a szeszipar és a söripar hasznosítja (kukoricásör). Továbbá most van kialakulóban Magyarországon a bioetanol előállítás mely üzemanyagként a benzinhoz 10-15%-ban

keverhető. 1 tonna megtermelt kukoricából 387 l bioetanol állítható elő, mely alkalmassá teszi a kukoricát a hektáronként nyerhető 2100-2200 l etanol előállítására.

Az etanol oktánszáma 113, ami az etanolt a legnagyobb teljesítményűre értékelt üzemanyaggá teszi. Ezenkívül az etanol 35%-kal csökkenti a kipufogó gázokban mérhető üvegházgázok ekvivalens mennyiségét (Butzen et al., 2003).

A száraz őrléses etanol ipar 2005-ben már több mint 28 millió tonna kukoricát használt fel. Az USA etanol ipara 2005-ben 35 millió tonna kukoricát használt fel, mely az összes termésének 12,4%-a.

A jövőben Magyarországon létesülő bioetanol üzemek termelése valószínűleg jelentős keresletet fog indukálni a kukorica piacán, illetve jelentős gazdasági hatásokkal számolhatunk a régió termesztését illetően is.

II. TÉMAFELVETÉS

Magyarországon az elmúlt évszázadban a gabonatermesztésünk megháromszorozódott, a termésátlagaink látványos növekedése világviszonylatban is egyedülállónak mondható.

Magyarországon a múlt században simaszemű, sárga kukorica terjedt el a köztermesztésben. Ennek fokozatos leváltása a századforduló környékén kezdődött, amikor Amerikából származó „lófogú” fajták kerültek termesztésbe. A legnagyobb lépést az 1950-es években bekövetkező fajtaváltás jelentette, amikor elkezdtek a szabad levirágzású fajták nagyobb termőképességű, mosonmagyaróvári fajtahibridekre cserélését. Ezek a hibridek genetikai potenciáljukból adódóan már 10–15 %-os terméstöbblet produkálására voltak képesek.

A következő fontos állomást a beltenyésztéses hibridek megjelenése jelentette, amelyek még magasabb 20–30 %-os terméstöbbletet tudtak biztosítani. Ezek a hibridek igen gyorsan terjedtek el az országban és váltak egyeduralkodóvá, hiszen a vetésterület 90%-án 1963-ban martonvásári nemesítésű hibrideket termesztettek.

A hibridek 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 jobb termőképességű, főként Pioneer hibrideket az utóbbi három évtizedben kezdték termesztésbe vonni, és volt olyan év, amikor a vetésterület több mint 90%-án ezeket a hibrideket termesztették. Ezek elterjedését elsősorban jó alkalmazkodóképességük, és kiváló tulajdonságaik segítették elő. A Pioneer hibridek részaránya még napjainkban is 39-40% körüli, de mellettük sok más külföldi és hazai (Martonvásári, Szegedi stb.) nemesítésű kukoricahibrid van forgalomban.

A köztermesztésben lévő hibridek eltérő genetikai háttere igen eltérően viselkedhet adott agrotechnikai és ökológiai tényezők hatására. A termesztés célja még mindig a genetikailag elérhető termés potenciál 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.

A műtrágya-felhasználás növekedése jelentős szerepet tölt be a növénytermesztés hozamainak növelésében. A felhasználás nagyarányú, szinte robbanásszerű növekedését mutatja, hogy az 1931-40-es években a magyar mezőgazdaságban mindössze 1,6 kg műtrágya hatóanyagot használtak fel 1 ha mezőgazdasági területre, ezzel szemben 1986-ban már 278 kg-ot. 1991-től kezdődően azonban a hazai műtrágya felhasználás soha nem tapasztalt mértékben esett vissza (37 kg/ha). Napjainkban az NPK felhasználás jelenleg is csak 90-100 kg/ha között változik. A műtrágyahasználat ilyen mértékű mellőzése hosszútávon a talaj tápanyagtökéjének kimerüléséhez, a talajtermékenység csökkenéséhez vezet, mely a terméseredményekben is meg fog mutatkozni.

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 termelés hatékonysága. A termelés 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 hidegtűréssel 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 kukoricánövény növekedését, fejlődését. A korai vetés előnye, hogy a növirágzás időpontja a vízhiány stressz miatti kritikus július

közepe előtti időpontra esik. A késői vetés hatására nő a betakarításkori szemnedvességtartalom, és csökkenhet a szemtermés, 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 és a területegységre jutó szemek száma, ezzel az összes termést is befolyásolja a későbbi vetés.

A korai vetés esetén azonban előfordulhat az, hogy késő tavaszi lehűlések miatt a kukoricahibridek vetőmagja a talajban elfekszik, és fokozottan sérülhet a talajlakó gombák és rovarok kártételétől. A további csírázás és a kelés igen lassan vontatott ütemben történik, amiért a fiatal növények visszamaradnak a fejlődésben.

A késői vetések hatását is célszerű megvizsgálni, hiszen a különböző évjáratok eltérő tavaszi időjárása sokszor kényszeríti a szakembereket megkésett vetés alkalmazására. Mindezek mellett bizonyos rossz csírázáskori hidegtűrűsű kukoricahibridek (alacsony Cold-teszt érték) csak később magasabb talajhőmérsékletnél kerülhetnek elvetésre.

Ezért nagyon fontos az agrotechnikai tényezőkön belül az optimális vetésidőket is az adott hibridre adaptálni, hiszen megnő azon hibridek szerepe, amelyek széles optimum és jó alkalmazkodóképesség mellett is jó termésre képesek, vagyis igen jó az agrotechnikai feltételekhez való alkalmazkodásuk. Ez a tulajdonság teszi központi kérdéssé az egyes hibridek termesztésének vizsgálatát különböző vetésidő optimumok mellett. Ilyen viszonyok mellett adott természeti és agrotechnikai feltételek mellett lehetővé válik a ráfordítás-hozam viszony ökonómiai vizsgálata is.

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

III. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A kukoricatermesztés feltételei, lehetőségei Magyarországon

3.1.1. A kukoricatermesztés ökológiai tényezőinek értékelése

Magyarország éghajlatában egyaránt érvényesülnek atlanti, kontinentális és mediterrán hatások, és eredményeznek igen változatos tér-és időbeli megoszlású időjárási helyzeteket. Hazánk éghajlatát jellemzi az éghajlati elemek igen nagy tér- és időbeli variabilitása. Az ország vízmérlegét tanulmányozva megállapítható, hogy országosan a párolgás általában kevesebb, mint a csapadék mennyisége. Az Alföldön viszont fordított a helyzet, a párolgás mértéke felülmúlja a csapadék mennyiségét (VÁRALLYAY-LÁNG, 2001). Természeti adottságainkat értékelve megállapítható, hogy mind a talaj, mind pedig az éghajlat alapvetően kedvező feltételeket biztosít növénytermesztésünk számára. A talaj igen szerény időbeli változékonysága folytán csupán a termékek térbeli variabilitásának lehet okozója, míg az éghajlat – elsősorban a vízellátottság – nagy változékonysága idézi elő a termékek idő- és térbeli szórását (SZÁSZ, 2000).

Országos adatok alapján 1901-1980 között elvégezték a kukorica klimatikus igényének biometria elemzését (MENYHÉRT et al., 1984). Ennek alapján a vegetációs időszak napfénytartamát, átlaghőmérsékletét, a téli félév csapadékösszegét, a vegetációs időszak csapadékösszegét, a hidrológiai év összes csapadékát, a vegetációs időszak effektív hőösszegét és a hőösszeg-csapadék arány kedvező intervallumának meghatározását tartja fontosnak a kukoricatermesztés klímajellemzőinek értékelésekor. Az 1901-től 1980-ig terjedően feldolgozott országos adatok szerint a téli félév csapadéka (X-III. hó) 254 mm, a vegetációs idő csapadéka (IV-IX. hó) 362 mm volt. Július és augusztus hónapban a csapadék relatív szórása meghaladja az átlag 80%-át, ebben a két hónapban a legbizonytalanabb a várható csapadék mennyisége. A tenyészidőszak átlaghőmérséklete 15-18 °C között, míg az effektív hőösszeg 900-1500 °C között ingadozott a vizsgált időszak alatt.

Az 1983. évi rendkívüli aszály készítette arra a gyakorlati szakembereket és a kutatókat, hogy vizsgálatokat végezzenek annak megállapítására, hogy mennyire rendhagyó Magyarországon az aszály, hogyan csökkenthetők az aszálykárok, milyen mértékben befolyásolja azt az agrotechnika, a gazdálkodás színvonala. A kutatási eredmények igazolták, hogy az aszálykár csökkentésének az alapfeltétele az, hogy termőhelyenként növény-specifikusan jellemezni lehessen az aszály gyakoriságát és

mértékét, továbbá ismerjük a különböző fajták és agrotechnikai beavatkozások (vetésváltás, talajművelés, tápanyagellátás, növényvédelem, öntözés) kockázatmódosító hatásait (LÁNG, 1993).

Az utóbbi két évtizedben romlottak a kukoricatermesztés ökológiai feltételei, nőtt az aszályos évjáratok gyakorisága. A hidrometeorológiai szélsőségek előfordulásának gyakorisága – amelyet a Szász-féle szárazságindexszel jellemezhetünk – az utóbbi évtizedekben megnőtt. A csapadékos évek gyakorisága kis mértékben csökkent, míg a száraz évek gyakorisága 22,5%-ról 56,4%-ra nőtt 1981-2000 között, az 1860-1900 időszakhoz képest (RUZSÁNYI, 2000). Ez azt jelenti, hogy jelenleg nagy valószínűséggel tíz évből öt-hat évben kell számítanunk szárazságra, kedvezőtlen vízellátásra, aminek eredményeként a termésingadozás az 1980-as években tapasztalt 10-20%-ról az 1990-es évekre 30-50%-ra nőtt (SÁRVÁRI, 2001; PEPÓ et al., 2002).

Aszályos, száraz években a kukorica termése 3,83 t/ha, csapadékos években 6,0 t/ha volt, ami hívja a figyelmet az évjárat nagyon jelentős termést befolyásoló hatására BERZSENYI és GYÖRFFY (1997). Stabilitás-analízis módszerének alkalmazásával kimutatták, hogy száraz évjáratban az alacsonyabb trágyázási szintnek nagyobb a stabilitása.

A kukoricának, különösen a hibrideknek jó a talajviszonyokhoz való alkalmazkodóképessége (GYÖRFFY és I'SÓ, 1966). A talaj meszessége vagy savanyúsága iránt nem nagyon érzékeny. Amerikai vizsgálatok szerint 5,5-8,0 pH közti talajokon egyformán nagy terméseket adhat, amennyiben az egyéb körülmények is megfelelőek. Legérzékenyebb a kukorica a talaj légátjárhatóságával szemben, ezért vízállásos talajokon termesztése nagyon kockázatos. Ugyancsak érzékeny a termőréteg vastagsága iránt is. Sekély termőrétegű talajokon még trágyázás esetén is termése nagyban függ az időjárástól. Említést tesznek ebben az időszakban más szerzők, a talaj szervesanyag csökkenéséről, mint káros folyamatról a kukoricatermesztés során. A talaj szervesanyag tartalmát nem önmagában a kukorica termesztése csökkenti, hanem a kukorica termesztésével szükségszerűen együtt járó túlzott talajmozgatás. Amennyiben kevésbé gyakori talajművelést végzünk a kukoricában, a kukorica feltehetően kevésbé lesz talajrontó növény, és javulnak a talaj biológiai, kémiai és fizikai tulajdonságai.

A kukorica nagy és biztonságos termése a mélyrétegű, humuszban gazdag, középkötött vályogtalajon elégíthető ki. Már a múltban is a legnagyobb és legbiztonságosabb termést a löszhátakon kialakult csernozjom és réti csernozjom

talajokon érte el. Ezen kívül alkalmasak még a kukoricatermesztésre a barna erdőtalajok, csernozjom barna erdőtalajok, réti öntés, vízrendezett réti és lápos réti talajok BOCZ (1992). A kukorica számára első osztályú talajoknak tekinti a löszhátaikon kialakult mezősegi talajokat, réti csernozjom talajokat és a barna erdőtalajokat (SÁRVÁRI, 2000), míg a szélsőséges talajokat (gyenge homoktalajok, szikesek) nem tartja megfelelőnek a kukoricatermesztés számára. Fontos továbbá, hogy jó legyen a talaj víz- és tápanyagellátottsága, hógazdálkodása, valamint a kultúrállapota. A talaj pH értékét 6-8 között tartja optimálisnak a kukorica számára.

Az elmúlt másfél évtizedben a hazai talajok fizikai (talajtömörödés, szerkezetesség), kémiai (savanyodás, tápanyagtőke és tápanyagszolgáltató-képesség), biológiai (mikrobiológiai aktivitás) tulajdonságai jelentősen romlottak, amely kedvezőtlenül hat a nemcsak a kukoricatermesztés, hanem szántóföldi növénytermesztés egésze számára is (PEPÓ et al., 2002). A közepes és a rossz vízgazdálkodású talajok döntő hányadának gyenge a vízbefogadó képessége és kevés a mértékadó talajréteg hasznos vízkapacitása. Ebből adódóan a csapadékos években gyakori és nagymértékű belvíz képződik, míg száraz években kevés a talajban tárolt a növény által hasznosítható nedvesség. Ezáltal talajaink vízháztartási tulajdonságai a hidrometeorológiai szélsőségek mértékét és hatását növelik RUZSÁNYI (2000).

A jó vízháztartású talajok 0-60 cm-es szelvényének állapota gyors ütemben romlik. A talajállapot romlását a hosszan tartó egyoldalú talajhasználat, a gépek, a művelő eszközök állapotának romlása és megválasztásának hibája, a műveletek számának növekedése, a mély-, mélyítő műveletek elmaradása és az organikus gazdálkodás elhanyagolása okozza. Gödöllői homok vályogtalajon átlagos tápanyagellátottság mellett a többszöri (7X) tárcsás alapművelés következményeként a 14-16 cm alatt kialakult tömörödés, a mélyebb rétegig kedvező talajállapothoz képest 20-76%-al csökkentette a kukorica termését (BIRKÁS, 1998; 2001).

3.2. A nitrogén műtrágyázás jelentősége

3.2.1. A nitrogén műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A nitrogén az egyik legfontosabb növényi tápelem, mely a termést nagymértékben befolyásolja. A három legfontosabb tápelem közül a nitrogén az elsődlegesen meghatározó jelentőségű a terméstöbbletek elérésében. Azonban a nitrogén érvényesülését a talaj tulajdonságai, a növényfaj és fajta sajátosságain kívül főleg a

klimatikus tényezők szabják meg. A nagyobb műtrágyaszint nagyobb termést ad, de kedvezőtlen esetekben negatív hatása is nagyobb (BOCZ, 1974). A termést a N hordozza, de ha N 60-120 kg/ha-tól nagyobb adagot alkalmazunk, akkor a talajban károsan sok $\text{NO}_3\text{-N}$ halmozódhat fel (SÁRVÁRI, 1995). Barna erdőtalajon végzett NP kukoricatrágyázási tartamkísérlet alapján a nitrogént tartja elsősorban termés meghatározónak (KADLICKÓ és KRISZTIÁN, 1989) is.

A termesztési tényezők közül a trágyázás 30,7 %-ban, a fajta 30,0 %-ban, a növényszám 20,3 %-ban, a növényápolás 16,3 %-ban és a talajművelés 2,7 %-ban járulnak hozzá a termés növeléséhez (BERZSENYI és GYÖRFFY, 1995). Mindezen tényezők jól mutatják a tápanyagellátás központi szerepét a kukorica termésének alakulásában.

A nitrogén műtrágyázás hatása évjáratoktól függően kedvező, de egyes esetekben kedvezőtlen is lehet. Műtrágyázási tartamkísérletekben megállapítható, hogy fő hatásként a N-műtrágya termésmenvelő hatása jelentkezik: 100 kg N/ha = 34%-os terméstöbblet, 200 kg N/ha = 50%-os terméstöbbletet jelent 5 év átlagában a kontrollhoz viszonyítva. A 300 kg/ha-os dózis csapadékosabb időjárás esetén közel egyforma termésmenvekedést biztosított, mint a 200 kg/ha, de rosszabb csapadékelátottság mellett már termésesökkenést okozott (SZÉLL és KOVÁCSNÉ, 1993). A terméseredményekre gyakorolt hatás ilyen változékonysága figyelmeztet arra, hogy a kukorica számára az optimális műtrágyaadag minden esetben a termesztési tényezők alakulásától függ.

A nitrogén műtrágya termésmenvelő hatása elsősorban a megnövekedett állomány magasság, az asszimilációs felület, a sugárzási energia nagyobb felületen történő fogadása, valamint a megváltozott transzspiráció következménye. Mindez nagyobb termésben realizálódik (ANDA, 1987). Ez a kedvező hatás még jó nitrogénellátató képességű réti talajon is tapasztalható, a nitrogéntrágyázás elmaradása vagy adagjának nem kielégítő nagysága sokkal nagyobb termésesiesést okoz, mint a nem megfelelő P-ellátottság (HARMATI, 1995).

A nitrogén hatása igen erőteljes a növény biomassza produkciójának az alakulására. A kukoricánövény biomassza produkciójának maximuma és abszolút növekedési sebessége a magasabb N 160 kg/ha és a N 240 kg/ha kezeléseknél a legnagyobb, a N 0 kg/ha kezelésben pedig a legkisebb volt. Csapadékos években az N 60-240 kg/ha kezelések biomassza produkciója és növekedési sebessége általában nem különbözött szignifikánsan. Száraz évjáratokban viszont az N 160 kg/ha kezelésben szignifikánsan

nagyobb volt a mutatók értéke. Ilyen szárazabb évjáratban a biomassa produkció mindegyik nitrogén kezelésnél csökkent, de legnagyobb mértékben az N 0 kg/ha kezeléseknél. A termésnövekedés sebessége a N 0 kg/ha kezelésnél volt a legkisebb, míg a legnagyobb értéket az N 160 kg/ha és N 240 kg/ha kezeléseknél adta (BERZSENYI, 1993). Meszes csernozjom talajon száraz évben a N-hatások teljesen elmaradnak és a termés nagyságát a P és a K ellátás határozza meg. Ugyanakkor feltételezhető, hogy a N túlsúly által kiváltott termésnövekedés részben a gyakoribb golyvásüszög-fertőzésre (*Ustilago maydis*) vezethető vissza (KÁDÁR et al., 2000).

3.2.2. A nitrogén műtrágyázás hatása a kukorica minőségére

A kukorica szemtermése fontos emberi étkezési és állati takarmányforrás, amelynek minőségét a szénhidrátok, fehérjék és zsírok által meghatározott tápláléérték és az emészthetőség határozzák meg. A kukoricahibridek fehérjetartalma a növekvő nitrogén szintek hatására folyamatosan nő. A növekedés üteme azonban fokozatosan mérséklődik. A trágyázatlan körülményekhez viszonyítva a növekvő nitrogén műtrágyaadag hatására nagyobb arányú a termésnövekedés és kisebb a fehérjenövekedés (PROKSZÁNÉ et al., 1995). Ezt a megállapítást teszi (BERZSENYI és VARGA, 1986) is, miszerint a nitrogén műtrágyázásra a kukorica elsődlegesen a termés növekedésével válaszol, és másodlagosan a fehérjetartalom növelésével.

A kukorica nyersfehérje tartalma mellett nagyon fontos a fehérjetartalom minőségi összetétele is. A kukoricafehérje minőségét döntő mértékben a cisztin-, metionin- és lizintartalom határozza meg. A CYS-, MET-, és LYS-tartalom hibridenként bizonyos eltérést mutat. CYS-ből és MET-ből mindkét évben a standardhoz viszonyítva a De SC 377 és De TC 382 hibridekben találtak nagyobb mennyiséget. A LYS mennyisége a Julianna SC standard hibridben volt a nagyobb (PÁSZTOR et al., 1997). Más vizsgálatok eredményei szerint a nitrogén műtrágyázás hatására nőtt a területegységenként megtermelt esszenciális aminosavak mennyisége, valamint a fajlagos nitrogén tartalom és a nyersfehérje hozam (KISMÁNYOKY és BALÁZS, 1996). Az aminosavak arányának vizsgálata azonban felhívja a figyelmet arra, hogy elsősorban a zein típusú fehérjéket felépítő aminosavak aránya emelkedik a nagyobb nitrogén kezelések hatására (WAGGLE ET AL., 1967). A N-dózis növelésének a szemtermés beltartalmi értékeire gyakorolt hatása legjobban a nyersfehérje % növekedésében igazolható (SZÉLL és MAKHAJDA, 2001). A nyersfehérje tartalom

javulása a kukorica esetében faji sajátosság, hiszen (O' LEARLY és REHM, 1990); COX et al., 1993) is rámutattak, hogy az emelkedő nitrogén adagok hatására a nyersfehérje tartalom silókukorica esetén is növekedett.

Az aminosavak mennyisége és aránya a nyersfehérje tartalmon belül sok tényezőtől függ. A legnagyobb hatással a tápanyagellátás mellett az évjárat rendelkezik. Erre utal (PÁSZTOR et al., 1997) a kukoricaszem nyersfehérjéjének aminosav-vizsgálati eredményei alapján, ahol az egyes aminosav mennyiségek évjáratonként bizonyos mértékig változtak, de előfordultak olyan aminosavak is, amelyek évjáratonként stabilan megtartották értékeiket.

Természetesen a növekvő N-műtrágyaadagoknak nem csak a nyersfehérje tartalom változására van hatása. A hatás mérhető és igazolható más beltartalmi paraméterek esetén is. A növekvő nitrogén adagok hatására az összes hibrid átlagában statisztikailag igazolhatóan csökken a keményítőtartalom. A FAO 200-as és a 400-as csoportban nincs szignifikáns változás. A keményítőhozamokban bekövetkező változás egyértelműen a termésreakciónak tudható be. Az egy hektárra jutó keményítőhozam a legmagasabb - a terméshez hasonlóan – a 200 kg/ha nitrogén szint esetén, a 100 kg/ha nitrogén szinthez képest azonban nem szignifikáns a különbség. A hibridek átlagában az olajtartalomban is van statisztikailag igazolható különbség az eltérő műtrágya szintekben. Ez a matematikailag igazolható különbség azonban olyan minimális, hogy szakmailag nem értékelhető. Az egy hektárról nyerhető olajhozam változás szinte teljes egészében a nitrogén műtrágyázás hatására bekövetkező termésnövekedés következménye (PROKSZÁNÉ et al., 1995). A hektáronkénti nyersfehérje hozam a 200 kg/ha N-dózisnál ötszörösen nagyobb volt, mint a kontrollban. A 300 kg/ha N adag már csökkentette a hektáronkénti nyersfehérje hozamot (SZÉLL és MAKHAJDA, 2001).

A N-ellátottság a kukorica termésében a többi makroelem (P, K) tartalmát is befolyásolja. (BENNETT et al., 1953) eredményei szerint a növekvő nitrogén adagok csökkentették a szem foszfor koncentrációját, ugyanakkor a kálium koncentrációra csak kismértékben hatottak. Más kísérleti eredmények alapján a nitrogén ellátottság nem befolyásolta a szemtermés P_2O_5 és K_2O tartalmát (LATKOVICSNÉ, 1979). (AHMADI et al., 1993) ugyanezt állapítják meg a foszfor esetén, a kálium koncentráció vizsgálatakor azonban csökkenést észleltek.

A megfelelő hibridekre adaptált nitrogén műtrágyázás nem csupán a szemtermést, hanem annak tápelem tartalmát is növeli.

3.2.3. A nitrogénműtrágyázás hatása a talajra

A téma jelenleg nagyon időszerű és fontos részét adja a mezőgazdasági kutatásoknak. Az újraképződést többszörösen meghaladó mértékű talajpusztulás - a nagy területi tartalékok és a fajlagos terméshozamok növelésének tág lehetőségei folytán - most még nem jelent közvetlen veszélyt, de távlati szempontból viszont nagyon is elgondolkodtató. Mindez hangsúlyozza az egyes országokban már széleskörűen alkalmazott talajkímélő, talajvédő és talajregeneráló művelési módok növekvő fontosságát (ZSOLDOS, 2002).

A talaj nitrogéntartalma állandó változásban van, amelyre jellemző, hogy a szervesanyag mineralizációja során keletkező nitrogén mobilizálódik, míg a mobilis nitrogén bizonyos része demobilizálódik, azaz megkötődik. A mobilis nitrogén egy részét a növények felveszik és beépítik szervesanyagaikba, egy másik részét pedig a mikroorganizmusok veszik fel. A talaj nitrogénjének egy része denitrifikáció útján gáz formájában az atmoszférába kerül, ugyanakkor a nitrogénkötő baktériumok (szabadon vagy szimbiózisban élők) gáz alakú nitrogént kötnek meg. Egy része a nitrogénnek kimosódhat a talajból, míg más részét műtrágyákkal visszük a talajba, azaz visszaforgatjuk (LOCH és NOSTICZIUS, 1992).

A nitrogénvegyületek kimosódását a talajból ma már nem csupán a nitrogénveszteség szempontjából kell figyelembe venni, hanem a talajvizek és vízgyűjtők lehetséges szennyeződése miatt is. A nitrogénkimosódás mellett nagy gondot kellene fordítani a talajok savanyodásának megakadályozására (ZSOLDOS, 2002).

A talajok savanyodását kísérő folyamatokat – a savanyító hatás jellegétől függetlenül – a külföldi szakirodalmi publikációk alapján (KOZÁK, 1987) foglalta rendszerbe:

1. A szervesanyag lebomlását, mineralizációját befolyásoló folyamatok:
 - csökken a szervesanyagok mineralizációja a mikroelem és nehézfém toxicitással összefüggésben (FRANCIS et al., 1980; LOHM, 1980).
 - a talaj mikroflórájának összetétele a savrezisztens gombafajok irányába tolódik el (LOHM, 1980).
 - csökken az ammonifikáció és a nitrifikáció intenzitása (FRANCIS et al., 1980; ALEXANDER, 1980).

- a növényi gyökérzet tápanyagfelvevő-képessége csökken a mikroelem toxicitás és a kémhatás csökkenése következtében (MAYER és ULRICH, 1977).
2. Az adszorpció folyamatokat érintő hatások:
- megváltozik az agyagásványok morfológiája, növekszik a rétegek közötti AL-OH formációk aránya (JACKSON, 1963).
 - csökken a talaj kationcserélő kapacitása (SAWHNEY, 1968).
 - növekszik a kicserélhető savanyúság (FARRELL et al., 1980; STUANES, 1980; BJOR és TEIGEN, 1980; LINZON és TEMPLE, 1980).
3. Mobilizációt, kilúgzást befolyásoló folyamatok:
- növekszik a talaj AL-és Fe-tartalmának mobilitása (ABRAHAMSEN et al., 1976; BAKER et al., 1977; CRONAN, 1980).
 - megnövekszik az Mn (MAYER és ULRICH, 1977), és a nehézfémek mobilitása (TYLER, 1976).
 - a tápelemek kilúgzási vesztesége fokozódik (OVERREIN, 1972; Mayer és ULRICH, 1977; ABRAHAMSEN, 1976).
4. A savasodás hatása a talaj ásványi anyagaira:
- fokozódik az ásványok kémiai mállásának intenzitása (JOHNSON, 1979; FARRELL et al., 1980).

A műtrágyázás talajsavanyító hatása napjainkban nem éri el azt a szintet, mint a 80-as években alkalmazott nagyobb műtrágya használat idején. A műtrágyázásból eredő savterhelés 4-40-szer volt nagyobb hazánkban '80-as évek végén, mint a légköri eredetű savas terhelés (MÁTHÉ, 1990). A műtrágyázás talajsavanyító hatását többen is összehasonlították a környezeti terhelésből eredő talajsavanyítással. A környezeti savas terhelést megközelítően egyenértékűnek tekintik a közepes színvonalon végzett műtrágyázás talajsavanyító hatásával (BLASKÓ, 1990).

Száraz, aszályos évjáratban amikor a N-műtrágyázást nem követi megfelelő terménynövekedés, különösen nagy lehet a $\text{NO}_3\text{-N}$ felhalmozódása és talajvízbe kerülése (SÁRVÁRI, 1994). Nem célravezető az egyoldalú N-műtrágyázás sem, mert az N-P-K tápelemek közötti szoros interakció következtében -Liebig minimumtörvénye szerint- a hozam mindig a minimumban lévő táplálóanyagtól függ. Amennyiben nem pótoljuk vissza folyamatosan a P, K makro tápanyagokat, azok relatív minimumba kerülhetnek.

Ha nincs meg a tápelemek közötti harmónia, csökken a termés és N egy része- mivel a kukorica nem tudja felvenni- szintén kimosódhat. A N 150 kg/ha feletti dózissnál jelentős mennyiségű $\text{NO}_3\text{-N}$ kerülhet az altalajvízbe. A mélyebb talajszelvénybe mosódott $\text{NO}_3\text{-N}$ -t a kukorica már nem tudja felvenni.

A kontroll (műtrágyázás nélküli), valamint az N60, N120 kg/ha hatóanyag-kezelésnél a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége a talaj 200 cm-es szelvényében 25 mg/kg alatt marad. A nagyobb adagú N-műtrágya kezeléseknél viszont a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége a talaj 100-120 cm-es szelvényében elérte a 150-200 mg/kg értéket, mely jelentős környezetszennyezést okoz. Különösen száraz aszályos évben, amikor a N-műtrágyázást nem követi megfelelő termésnövekedés, nagy lehet a $\text{NO}_3\text{-N}$ felhalmozódása és az altalajvíz szennyezése (SÁRVÁRI, 1995).

A N-műtrágyázás talajra gyakorolt hatásai között a talaj kémhatás változását is sokan vizsgálták. Rozsdabarna erdőtalajon 17 éves monokultúras tartamkísérletben a talaj jelentős elsavanyodását tapasztalták, amelyet a szerzők két okra vezettek vissza. A légköri savas ülepedés hatását a kontroll parcellák talajának kémhatásváltozásán keresztül mérték le, míg a növekvő adagú műtrágyázás hatását pedig az egyre inkább elsavanyodó kísérlet talaján keresztül. A kontrollhoz viszonyítva 1979-ben 360-240-200 kg/ha N-P-K hatóanyag kijuttatása a kémhatásban 1,05 mértékű $\text{pH}_{(\text{KCL})}$ csökkenést okozott (FÜLEKY és DEBRECZENI, 1994). (HOFFMANN, 1994) kísérleteiben szintén jelentős $\text{pH}_{(\text{KCL})}$ csökkenést tapasztalt a trágyázatlan területeken is meszezt követő 18. évben, mely a légköri savas ülepedés hatásának és nem a műtrágyázásnak tulajdonítható.

(KRISZTIÁN et al., 1995) valamint (KADLICKSKÓ, 1995) agyagbemosódásos barna erdőtalajon (eredeti $\text{pH}_{(\text{KCL})} = 4.3\text{-}4.4$; $y_1=13$) beállított műtrágyázási tartamkísérletben 30 év alatt a kontroll területen 0.67 $\text{pH}_{(\text{KCL})}$ csökkenést és 7 egységnyi y_1 értéknövekedést tapasztaltak. A trágyázott parcellák talaja nagyobb mértékű savanyodást mutatott, $\text{pH}_{(\text{KCL})}$ -juk 3.49-3.52 érték között volt, amely 0,9 $\text{pH}_{(\text{KCL})}$ csökkenést jelent. Megállapításuk szerint a trágyahatások a légköri savas hatásoknak 1/5-ét tették ki, ami lényegesen ellentmond (MÁTHÉ, 1990) megállapításainak.

A műtrágyázás savanyító hatása elsősorban a N-műtrágyák következménye, és kisebb jelentőségű a másik két tápelem (P, K) műtrágyáinak hatása a talaj pH-jának alakulására. (KADLICKSKÓ, 1995) a trágyaféleségek közül a N domináns szerepére hívja fel a figyelmet, lényeges P,K hatást ugyanakkor nem sikerült kimutatnia. A szerző az NPK trágyaanyagok savanyító hatásának jellemzésére számszerű adatokat is közöl

amely szerint a talaj savanyodásának 56,5 %-a N, 5,9 %-a P, 1,4 %-a pedig a K műtrágyázás hatásának tudható be.

A talaj pH-ja több tényező együttes hatásának a következménye. Többek között a kevésbé kimerült pufferképességű talajokon a műtrágyázás savanyító hatása nem elsősorban a pH csökkenésében, hanem a pufferkapacitás lényeges összetevőjének a talaj bázistartalmának csökkenésében nyilvánul meg (BLASKÓ, 1983; NYÍRI, 1987). A bázisveszteséget döntően a N-trágyázás okozta. A N jelentőségét fokozza az a tény, hogy a kísérletekben pétisót alkalmaztak N forrásként, amely (DARAB és RÉDLY, 1981) adatait figyelembe véve 1000 kg N hatóanyag mellett 640 kg Ca-ot is tartalmazott.

A műtrágyázás kedvezőtlen hatásai mérsékelhetők, illetve jó agrotechnika alkalmazásával teljesen meg is szüntethetők. (GYÖRI és KISFALUSI, 1983) rozsdabarna erdőtalajon vizsgálta a műtrágyázás és a meszezés hatását a talaj pH-ra. Megállapították, hogy a feltalaj eredeti kémhatása (pH=5.5) 8 év alatt 1.5-1.7 pH értékkel csökkent a műtrágyázás következtében, illetve 6.3 pH értékre növekedett 2 t/ha/év mészsárga alkalmazása esetén.

A nitrogén műtrágyák savanyító hatása kiküszöbölhető, más „alternatív” nitrogén műtrágyapótló készítmények alkalmazásával is. (VITÉZ, 1990) olyan környezetbarát N-műtrágyapótló anyagról tájékoztat, melynek használatával csökkenthetjük a N-műtrágyázással járó megnövekedett költségeket. Tekintettel lehetünk a vészesen nitrátosodó ivóvízre s az elsavanyodó talajra. Ezt a Philazonit N-kötő baktériumtrágya segítségével tehetnénk meg, amellyel a műtrágya $\frac{3}{4}$ része helyettesíthető. Megemlíti még, hogy elsősorban kukoricánál igazolható hatékonysága. Egyéb kedvező tulajdonsággal rendelkezik több N-trágyázásra használt anyag is. Az ősszel kijuttatott, növekvő dózisú N-trágyák jelentős mértékben (2-3 szorosára) növelték a 0-200 cm talajszelvény N-tartalmát. A nagyobb adagú (N=90 kg/ha, N=150 kg/ha) őszi kezelésekben a Biofert alkalmazása esetén kisebb az alsó talajrétegekben (100-200 cm talajréteg) található, lemosódott $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége (290 mg/kg, ill. 200 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$), mint UAN-oldat kijuttatásánál (320 mg/kg, ill. 410 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$) (PEPÓ, 2000).

A talaj nitrát felhalmozódását megakadályozhatjuk a kijuttatás idejének helyes megválasztásával, vagy annak megosztásával is. A kukorica kezdeti fejlődése lassú, amennyiben alatta a talaj huzamosabb ideig borítatlan, és a lejtős területen nagyok lehetnek az eróziós veszteségek is. Ezeket a veszteségeket megosztott N-trágyázással csökkenteni lehet. Az első adagot vetés előtt, a másodikat 10 cm-es növénymagasságnál

kell kijuttatni. Ily módon nem csak az eróziós veszélyt lehet csökkenteni, hanem a nitrát-kimosódást is (MAIDL, 1991).

3.2.4. Hibridek N-igénye, N-műtrágya optimális mennyisége

Az 1970-80-as években mennyiségi szemlélet uralkodott a műtrágyázás tekintetében. Ezt jól mutatja (EL-HATTAB-GHEITHE, 1984) két éven át agyagtalajon folytatott kísérlete is. Vizsgálatukban a különböző N-trágyaadagok (0-214 kg/ha) hatását figyelték a kukorica terméskomponensére. A N kedvezően hatott a termésmennyiségre, nőtt a nyersfehérje tartalom. A legnagyobb termést 214 kg/ha N-nel érték el. Hasonló eredményeket közölt (WERNER, 1983), ahol a kukorica 160-240 kg/ha N adagját találta a kukorica optimális műtrágyaigényének, megfelelő vízellátás mellett.

Az újabb hibridek és az alkalmazott agrotechnika mellett megváltozott a termesztett hibridek műtrágyaigénye. A korábban alkalmazott 150-200 kg/ha-os vagy esetleg ezt is meghaladó színvonalú nitrogén műtrágyázást alkalmazni nemcsak szakmailag indokolatlan, hanem energiapazarlást és környezetszennyezést jelent (SÁRVÁRI, 1995).

A hibridek egyedi műtrágyaigényét több tényező is befolyásolja, amelyek közül az elővetemény és a vízellátás a két legjelentősebb agrotechnikai elem. A kukorica termését csernozjom talajon, jó elővetemény után öntözés nélkül a trágyázás csak kismértékben növelte. Ilyen termesztési körülmények mellett 60 kg/ha N-műtrágya kijuttatása elegendőnek bizonyult. Közepesen jó elővetemény hatását is jól hasznosítja a kukorica. Ebben az esetben 60-80 kg/ha N-műtrágya alkalmazása a gazdaságos nagy termés tápanyagigényét biztosítani képes. Rossz elővetemény után és monokultúrában a kukorica több N-műtrágyát igényel, amelynek e szerző által javasolt mennyisége öntözés nélkül 120-140- kg/ha, öntözött körülmények között pedig 140-180 kg/ha (RUZSÁNYI, 1992a). A kukorica optimális műtrágyaadagja aszályos évben 47-62 kg/ha nitrogén, illetve 118-154 kg/ha összes N+P₂O₅+K₂O volt. Öntözés esetén vagy csapadékos évben 125-141 kg/ha nitrogén, illetve 313-354 kg/ha összes N+P₂O₅+K₂O hatóanyag mutatkozott megfelelőnek (RUZSÁNYI, 1992b). A kukorica számára öntözetlen viszonyok között 100-110 kg/ha, öntözés mellett pedig 140 kg/ha N-hatóanyagot javasoltak kijuttatni a műtrágyázás*öntözés pozitív kölcsönhatása miatt (PEPÓ ÉS NAGY, 1997).

A vetésváltás alapvetően befolyásolja az optimális N adag (+PK) nagyságát. Trikulturában az N₁₁₃ +PK, bikulturában az N₁₄₇ +PK, monokulturában az N₁₈₇ +PK kg/ha adagok bizonyultak optimálisnak a hibridek átlagában PEPÓ (2001).

3.2.5. A N-műtrágyázás hatása a kukorica fotoszintetikus aktivitására

A növénytermesztés célja a növekedés (szárazanyag gyarapodás) és a hasznos termés nagyságának maximalizálása a genotípus és a környezeti tényezők (lehetőség szerinti) szabályozásával. A korszerű növénytermesztési kutatásokban egyre határozottabb az az igény, hogy a kísérleti kezelések hatását ne csak a hasznos termésben (szemtermés, silókukorica-termés) mérjük, hanem vizsgáljuk a fotoszintetikus produkció dinamikájában bekövetkezett változásokat a növény növekedésének teljes időszakában, a növekedési, élettani folyamatok jobb megismerése érdekében (LAP, 1992).

A kukorica termését a Harvest-index nagy mértékben képes meghatározni. A N-trágyázás és a HI értékek alakulása sok kísérlet tárgyát képezte. A HI értékének alakulása a N-tápláltsági szint emelkedésével másodfokú függvénnyel volt leírható az egyik évben, ezzel szemben egy másik évben nem tudtak N-hatást kimutatni (COX et al., 1993). A ma használatos hibridek magasabb HI értéke a szemtermés növekedéshez 15%-ban járult hozzá (TOLLENAAR, 1989). A HI, mint egyedüli szelekciós szempont azonban nem elegendő a szemtermés növeléséhez, mivel a HI-nek van egy maximális értéke (AUSTIN et al., 1980).

A szemtermés növekedését (TOLLENAAR, 1991) a szárazanyagbeépítés mértékének növekedésével magyarázza. Véleménye szerint hosszú távon a szárazanyag beépülés, a transzlokáció mértékének növelése korlátozott. A további termésnövelés eszköze ezért a biológiai hatékonyság jobb kihasználása lehet. A biológiai hatékonyság potenciálisan növelhető a reprodukzív fejlődési szakasz hosszának növekedésével, a sugárzás jobb hasznosítására képes nagyobb levélfelület és levélfelület-tartósság (LAD) kialakításával (CAVALIERI és SMITH, 1985; CROSBIE, 1982; TOLLENAAR, 1991) és a hatékonyabb fotoszintézissel (DWYER és TOLLENAAR, 1989).

A növények termőképességét nagyban befolyásolja a fotoszintetizáló zöld levélfelület élettartamának nemesítéssel történő növelése (MAGALHAES et al., 1984).

A kukorica számára a fotoszintetikusan aktív levélfelület nagysága igen jelentős a realizálható terméseredmények szempontjából. Erre az összefüggésre igen sok kutató rávilágított. A szemtermés alakulására a legnagyobb hatással a levélfelület nagysága

van, amelynek kialakulása, nagysága a növény tápanyag-ellátottságától erőteljesen függ (HANWAY, 1962; NOVOA és LOOMIS, 1981). Megfelelő tápanyag-és víz-ellátottság esetén a levélfelület a növényi növekedés meghatározó tényezője a vegetatív fejlődési szakasz során (WILLIAMS et al., 1968). Igen szoros az összefüggés a N-adagok és a levélfelület nagysága között, a növekvő N-ellátottság a fotoszintézis folyamatát serkenti, a levélterület (LAI) és a levélfelület tartósságát (LAD) növeli (RUZSÁNYI, 1974).

A kukorica levélterületi indexe mellett a levélfelület élettartama is igen fontos. A növekvő N-ellátottság a fotoszintézis folyamatát serkenti, a levélterületet (LAI) és a levélfelület tartósságát (LAD) növeli. A nagyobb LAD értékek a levelek magasabb N-tartalmával vannak összefüggésben (BERZSENYI, 1988; LEMCOFF és LOOMIS, 1986; MUCHOW, 1988). A levélfelület növekedése N-műtrágyázás hatására növirágzáskor 120 kg/ha N-dóziséig jelentős volt, a 240 kg/ha N-ellátottság a 120 kg/ha N-hez viszonyítva már nem eredményezett nagyobb levélterületet- és szárazanyag-hozamot (MUCHOW, 1988). Jelentős különbségeket találunk azonban a hibrdek között, a N-trágyázás és az egyes genotípusok eltérő LAI értékei között. A különböző N-kezelések hatására az egyes genotípusok eltérő LAI értékeket mutattak, a tenyésztő során (ÜLGER et al., 1987).

Bár (CROSBIE, 1982) adatai szerint az amerikai hibrdek levélfelület-index (LAI) értékei nem növekedtek az elmúlt 50 évben, de az újabb hibrdek levélszáradása lelassult. A kukorica kísérletekben számítógépes modellezéssel igazolták, hogy a levelek öregedése („senescence”) és a N-anyagcsere között szoros összefüggés áll fenn (VAN KEULEN és SELIGMAN, 1987). A nagyobb nitrogén-ellátottság esetén a szemtermés szénhidrátjai nagyrészt a reprodukív fázis során (levél-leszáradás csökkenése révén), a hosszabb időtartamú fotoszintézisből származnak (YOSHIDA, 1972).

(PETR et al., 1985) kimutatták, hogy a kukoricanövények levelei a felső 120-200 cm-es szintben termelik a legtöbb asszimilátát. Hasonlóan vélekednek (BEAUCHAMP et al., 1976), mely szerint a felső levelek a szemkitelítődés alatt bekövetkező transzlokáció fő forrásai.

A kukorica tápanyag-ellátási kísérletekben kiváló a növekedésanalízis több éves, megfelelő tápanyag-ellátottsági szinteket eredményező műtrágyázási kísérletekben, tartamkísérletekben a kísérleti kezelések hatásának jellemzésére, a tényezők egyedi- és

kölcsönhatásának tanulmányozására genotípus-különbségek kimutatására (SESTÁK et al., 1971; HUNT, 1982; VIRÁGH, 1980; BERZSENYI, 1993).

A kukoricanövény növekedésének - mint biomassza produkciónak - és a növekedést befolyásoló ökológiai és agronómiai faktoroknak egyik fontos vizsgálati módszere a növekedésanalízis (BLACKMAN, 1919; BRIGGS et al., 1920).

A különböző műtrágyázási szintek szignifikáns eltérést okoznak a fotoszintetikus aktivitásban. A legmagasabb fotoszintetikus aktivitást a három mérési időpont átlagában a 120 kg/ha N+PK műtrágyaadagnál mérték. A kukorica hibridek nettó fotoszintetikus intenzitása a különböző tápanyagellátási szintek és a genotípusok között szignifikánsan eltérő. A trágyázás-hibrid kölcsönhatás is szignifikáns volt (CSAJBÓK és KUTASY, 2002).

3.3. A P-műtrágyázás jelentősége

3.3.1. A P-műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A kukorica P-trágyázásának megítélésével kapcsolatos publikációkban a szerzők véleménye megegyezik abban, hogy viszonylag kis adagú P kijuttatása indokolt lehet, de a nagyobb P-műtrágya mennyiségre a kukorica nem reagál termésnövekedéssel, sőt termésdepressziót okozhat. A P kedvező hatása- a harmonikus tápanyag-ellátottság megteremtésén túl- többek között a tenyészidőszak lerövidülésével, a korábbi éréssel magyarázható (CSATHÓ, 1983; KÁDÁR et al., 1984). Más kutatások szerint a kukorica sokéves rendszeres N-és K-trágyázás után is nagy termést adott, a P alkalmazása ezzel szemben csak jelentéktelen mértékben növelte a termést. A P-t tehát a búza és egyéb P-igényes növények alá kell adni, a kukoricát elegendő csak N-és K-trágyázni (MARINOV, 1985). (KRISZTIÁN és HOLLÓ, 1992) is arról számol be, hogy a foszfor-műtrágya nem növelte a kukorica termését, de nem is csökkent a foszfor-műtrágya tartós elhagyása esetén sem csernozjom barna erdőtalajon. Éppen ezért a P-ral jól ellátott területeken megelégedhetünk a terméssel felvett P mennyiségének pótlásával, fenntartó trágyázást folytatva. A talajt gazdagító P-trágyázást a P-igényesebb kultúrák alá indokolt végezni (KÁDÁR, 1987).

(KÁDÁR et al., 1989) mészlepedékes csernozjom talajon a talaj AL-oldható P tartalmát 150 mg/kg körüli értékre tartják szükségesnek feltölteni a kukorica számára, de megjegyezték, hogy a növény érzékenyen reagál a túl nagy P-tartalomra, 150 mg/kg-nál nagyobb AL-P₂O₅ tartalom esetén terméseszkökenést tapasztaltak. Ezzel szemben (BALLA, 1980) eredményei szerint a P négy évre történő adagolása nem volt

hátrányosabb mint az évenkénti, sem a termésre, sem a felvett P-mennyiségre nézve. A négy évre kiadott P is biztosította a harmonikus P-felvételét, ezért meggondolandó a P több évre előre történő kijuttatása. A Debreceni Egyetem ATC MTK eredményei szerint az előbbiekkal ellentétben a nagyadagú P-műtrágyázás jelentősen csökkenti a Zn felvehetőségét és a szemtermés Zn tartalmát (SÁRVÁRI és GYŐRI, 1982).

A P túltrágyázás termés csökkenést és Zn-hiányt indukál. Az 1976-os évben 1,4 t/ha, 1977-ben közel 1 t/ha termés csökkenést okozott. A 233-255 közötti P/Zn aránynál a szemtermés igazolhatóan csökkent, tehát a kukoricaszemben a 200 fölötti Zn tartalomhoz viszonyított P-túlsúly diagnosztikai határértéket jelent. Véleménye szerint ez a mutató alkalmas lehet a kukorica termőterületeink Zn-hiányának feltárására és megalapozhatja az okszerű beavatkozást az olcsó, talajbani ZnSO_4 kezeléssel (KÁDÁR, 2000).

(ARSY és MILLER, 1989) kimutatták, hogyha a tenyészidő kezdetétől megnövelt P-ellátást kaptak a csíranövények, akkor kapták a legnagyobb termést. A foszforral jól ellátott növények szárazságtűrése általában jobb. A foszforhiány (a nitrogénhiányhoz hasonlóan) megnöveli az aszályérzékenységet, valamint hátrányosan befolyásolja a virág- és termés képzést, ami termés csökkenésben nyilvánulhat meg (LOCH és NOSTICZIUS, 1983).

3.3.2. Hibridek P-igénye, a P-műtrágya optimális mennyisége

Az eredetileg gyenge P-ellátottságú talajokon a tartós 50 kg/ha P_2O_5 /év adagú P-műtrágyázás a kukorica szemtermését 0.8-3.0 t/ha-ral növelte (CSATHÓ et al., 1989; CSATHÓ, 1992; LASZTITY és CSATHÓ, 1994, 1995). A P adag 100 kg/ha/év P_2O_5 -re történő pótlólagos növelése a kukoricákon 0.4-0.7 t/ha-os csökkenést eredményezett a gyenge Zn-ellátottságú talajon a P indukálta Zn-hiány következtében, ami (CSATHÓ, 1989) szerint 100 kg P_2O_5 /ha feletti trágyaadagok esetén fordulhat elő. A kukorica optimális adagját (HARMATI, 1995) réti talajon 80 kg P_2O_5 /ha, (CSATHÓ, 1992) csernozjom talajon 60 kg P_2O_5 /ha, (KADLICKSKÓ et al., 1988) barna erdőtalajon 50 kg/ha P_2O_5 körüli értékben állapította meg. A 100-150-200 kg P_2O_5 -t kapott parcellákon 2-6-8 t/ha szemtermés csökkenést mértek.

3.4. A Kálium-műtrágyázás jelentősége

3.4.1. A K-műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A kukorica a káliumigényes kultúrák közé sorolható. Réti talajon a nitrogén mellett a kálium bizonyult a legfontosabb tápanyagnak. Megfelelő N és P műtrágya adagok

mellett a K-műtrágyázás 3-4 t-val növelte hektáronkénti termést. Monokultúrás termesztés során a K műtrágyázás különös jelentőséggel bír. A jó káliumellátás fokozza a fotoszintetikus aktivitást, így a termés mennyisége és minősége szempontjából egyaránt fontos (SÁRVÁRI, 1986). Hasonló megállapításokat tett (KADLICSKÓ et al., 1988) közepes mértékben erodálódott agyagbemosódásos barna erdőtalajon végzett K hatás kísérletek alapján. A kukorica termése 4 kísérleti évben szignifikánsan növekedett a kálium trágyázás hatására. Eredményeik szerint 45 kg/ha K_2O adag 310 kg/ha pótlólagos terméstöbbletet eredményezett hektáronként. További termésnövekedés nem volt kimutatható, 135 kg/ha adagtól már gyenge csökkenést tapasztaltak.

Csernozjom barna erdőtalajon illetve agyagbemosódásos barna erdőtalajon K-műtrágyázással 245-280 kg/ha hozamnövekedést értek el kukoricánál, de az őszi búza estén pozitív hatást nem tudtak kimutatni. A K-műtrágyát a kukorica alá javasolták kijuttatni, míg búza esetén elhagyása is indokolt lehet. Rendszerüket periodikus K-műtrágyázásnak nevezték el (KRISZTIÁN et al., 1989). A kukorica terméseredményei között (RUZSÁNYI et al., 1994) réti talajon 3-4 t/ha mértékű különbséget mértek K-trágyázás nélküli illetve káliummal trágyázott parcellák között, de a K-hatások kukorica esetében is nagymértékben függenek az időjárástól. Az évjárat befolyásoló hatása sok esetben csökkenti a K-trágyázás hatásait. (LÁSZTITY és CSATHÓ, 1994) által vizsgált 4 kísérleti évből a 100 kg K_2O /ha műtrágyaadag két esetben növelte a kukorica hozamát 0,4-0,6 t/ha mértékben. A kukoricatermesztés szempontjából kedvező évjáratban (LÁSZTITY és CSATHÓ, 1995) 100 kg K_2O /ha/év trágyaadag kedvező hatását tapasztalták. A kukorica hozama átlagosan 6.6 t/ha-ról 7.42 t/ha-ra növekedett. Az 1986-os tenyészidőszakban az előbbivel megegyező színvonalú K-trágyázás 7.871 t/ha-ról 8.43 t/ha-ra növelte a kukorica szemtermését. Más esetekben a talajadottságok és az évjárat hatása a K-trágyázás hatását minimálisra csökkentették. A foszfornál jobban reagál a kukorica K-trágyázásra közepes káliumszolgáltató képességű erdőmaradványos csernozjom talajon (ÁRENDÁS et al., 1998), ám a termésnövekedés mértéke nem érte el a statisztikai megbízhatóság határát.

3.4.2. Hibridek K-igénye, K-műtrágya optimális mennyisége

A kukorica közismerten K-igényes növény. (LOUÉ, 1979) a kukorica nagy káliumigényére hívja fel a figyelmet és véleménye szerint a kukoricát még káliumban gazdag talajon is érdemes káliummal trágyázni. Homoktalajokon a K-ellátás javulása a kukorica termését 2.5-szeresére növelte (>6 t/ha) monokultúrában. A jó és a rossz

évjárat termésének hányadosa a gyenge K-ellátású parcellákban 1.7 (4.11 t/ha és 2.47 t/ha), míg a jó ellátásúakban 1.1 (SZEMES et al., 1984). Ebből a megállapításból is látható, hogy a harmonikus K-ellátás csökkenteni képes az évjárat kedvezőtlen hatását.

A K-ellátás hatása nem csak a termések alakításában fontos. Több kedvező hatása is van a kukorica fenológiai tulajdonságaira is. A szárdőlés elsősorban a K hiányára vezethető vissza. A nitrogén és foszfor önmagában, különösen nagy dózisban fokozza a megdőlést, amit azonban megfelelő káliumadagolással egyensúlyban lehet tartani (MENYHÉRT, 1979). A K azért csökkenti a megdőlést, mert lassítja a szövetek előregedését így a szár tovább marad zöld, s ellenállóbb a megdőléssel szemben (GYÖRFFY, 1965).

A kukorica K szükségletének 24%-át képes felvenni a talajból. Ennek megfelelően K-trágyázásnál bizonyos korrelációs koefficienszt kell alkalmazni (NIKOLOVA és PCSELAROVA, 1989). Ezért differenciált káliumműtrágyázásra van szükség a talaj megfelelő adottságának (anyagtartalom, agyagásvány-minőség, káliumtartalom, pH) figyelembevétele mellett (DEBRECZENI, 1990). A jó káliumellátás fokozza a fotoszintetikus aktivitást is, így a termés mennyisége és minősége szempontjából egyaránt fontos. Ha a káliumot kihagyjuk, úgy gyakran elmarad a N és P hatása is. A kukorica optimális K-adagját (HARMATI, 1981) öntözött réti talajon 120 kg K₂O/ha értéknek, (CSATHÓ, 1992) pedig csernozjom talajon 100-200 kg K₂O/ha nagyságnak találta.

A kálium mennyisége és a termés közötti összefüggés leírását (ROY és KUMAR, 1990) is elvégezte. Két éven keresztül öt K-szintet alkalmaztak káliumkarbonát alakban. A termés és az alkalmazott K mennyisége között másodfokú összefüggést találtak.

3.5. Az NPK-műtrágyázás jelentősége

3.5.1. Az NPK-műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A műtrágyázás hatékonysága nemcsak az adag nagyságától, hanem a hatóanyagok arányától is függ. 6:1=N:P arányától viszonylag nagy termés várható, míg N:P=1:1 arány esetén a termés csökken (NIKOLOV és SZTAMBOLIEV, 1975). A P-N egymásra hatását több publikációban is megtalálhatjuk. A kukorica számára a N minimumban van, a P csak másodsorban, ezért a P kedvező hatása a N-adagtól függ. A K-t a talaj készlete fedezi öntözött talajokon (POPOVA et al., 1977). Hasonló megállapítást tesz (HARMATI, 1995) meszes réti talajon, ahol a N műtrágyázásnak termésnövelő hatását

befolyásolja a P ellátottság mértéke és a tőszám is. A kedvezőtlen N: P arány várhatóan terméscsökkenést okoz.

A műtrágyázás hatékonysága függ a talajok típusától. (PROKSZÁNÉ et al., 1995) réti öntéstalajon eltérő évjáratokban megállapították, hogy a N-műtrágya nélkül a P és a K-műtrágyát nem érdemes kiadni, mert alacsonyabbak a termékek, mint trágyázás nélkül, mert a kiadott P és K-műtrágya tovább növelte a N relatív hiányát. Mezőföldi csernozjom talajon végzett kísérletek alapján megállapítható, hogy a K*N kölcsönhatás a kukorica szemtermésében jelentkezik, amikor a N-adagok növelése a K-hatást is növelte. A K*P kölcsönhatás a kukorica szemtermés esetén elsősorban a száraz, meleg évjáratokban volt szignifikáns (LÁSZTITY és CSATHÓ, 1995).

Kompolti kukorica kísérletében (PEKÁRY, 1969) az 1968-as aszályos évben legnagyobb terméseket a kontroll parcellákon kapott. A N és P-műtrágyázással a kukorica termése 1 t/ha-ral esett vissza. Ugyanezt írják le jóval később (CSATHÓ et al., 1991), hogy a kielégítő tápanyag-ellátottság általában mérsékli az aszálykárt a kukoricában, de az aszályos évben az NPK-val kisebb adaggal ellátott állomány kevésbé volt fejlett, s jobban átvészelte az aszályt, mint a jól fejlett növények.

3.5.2. Hibridek NPK -igénye, NPK-műtrágyázás optimális mennyisége

A fejlődés kezdetén gyenge az NPK felvétel, de a növekedés alatt ez fokozódik és maximumát a címerhányás idején éri el. Az NPK felvételt a növények genetikai tulajdonságai is behatárolják (CANKOVA, 1983).

A műtrágyázás növelése a növény igényének az optimumáig a szemnedvesség csökkenéséhez vezet, de a kukoricahibridek többségénél az optimális szinten felül adagolt műtrágya már nem csökkenteti a kukorica nedvességtartalmát (NAGY és ZEKE, 1981).

A kukorica a teljes vegetáció alatt felvett tápanyag mennyisége kg/ha-ban 11 t/ha szemtermés esetén:

N-264 kg/ha	100 kg szemterméshez: N-2.4 kg
P-110 kg/ha	100 kg szemterméshez: P-1.0 kg
K-264 kg/ha	100 kg szemterméshez: K-2.4 kg (MENYHÉRT, 1979)

18 éven át folytatott kísérleteiben (SIRBU, 1986) átlagban 100 kg N-t és 80 kg P₂O₅-t alkalmazott melynek hatására kedvezőbb évjáratban 600-800 kg terméstöbbletet ért el hektáronként. A nagyon aszályos években a nagy adagok inkább kedvezőtlenül

hatottak, a csapadékosabb években pedig a K-trágya egymagában nagyban csökkentette a csövek méretét.

4-5 kg-os fajlagos műtrágya-alkalmazással számolva aszályos évben, öntözés nélkül: 47-62 kg N/ha, 118-154 kg NPK/ha a kukorica számára kijuttatandó műtrágya mennyiség; míg öntözés mellett illetve csapadékos évben 125-141 kg N/ha, 313-354 kg NPK/ha a műtrágya adagja. Tehát a műtrágyázás hatása függ a növények vízellátottságától (RUZSÁNYI, 1992). A kukorica víz-és tápanyag-ellátottságának optimális összhangjának szükségességére hívja fel a figyelmet (BOCZ és NAGY, 1981) valamint fontos szervesanyag-termelés determinánsnak ítéli meg a tenyészidőszakot megelőző év vízellátottságát. A kukorica terméstöbblete öntözés hatására 2.05-2.24 t/ha, műtrágyázás hatására 1.87-2.13 t/ha volt.

Hajdúböszörményi réti talajon végzett kísérletei szerint (SÁRVÁRI, 1995) a kukoricahibridek leghatékonyabb és a környezetvédelmi szempontoknak is még megfelelő műtrágya adagja N=60-120, P₂O₅=45-90, K₂O=53-106 kg/ha hatóanyag volt. Szélsőségesen aszályos évjáratokban öntözés nélkül azonban már az N=30-60 kg/ha hatóanyag is elegendő volt a kukorica számára a kötött, humuszos réti talajon.

3.6. Hibridek jelentősége

3.6.1. Hibridek termőképessége

Magyarország nyitott fajtapolitikát folytat. A világ legjobb fajtáit honosítjuk meg, a termésnövekedésben 50%-ot tulajdoníthatunk a jobb fajták, illetve hibridek termesztésének (NÉMETH és SZÉL, 1985). Hasonló eredményeket kapott (VALTEROVA és ZATKOLIK, 1987), akik 1952 és 1985 között 5 éves periódusokban vizsgálták a termésnövekedést, amit 81%-osnak találtak. Az egyenletes termésnövekedés a legújabb nemesítésű hibrideknek köszönhető. A kukoricatermesztésben a fajta, hibrid 25 %-ban járul hozzá a termés növekedéséhez (BOCZ, 1981).

A jövőben a termésátlag növelhető a legjobb hibridek köztermesztésbe vonásával, különösen a hibrid igényének megfelelő harmonikus tápanyagellátással, valamint az optimális tőszám alkalmazásával. A jövőben a termőhely megválasztására is nagyobb gondot kell fordítani (SÁRVÁRI, 1992). A kukoricatermesztés intenzívebbé válásával az újabb korszerű hibridek köztermesztésbe vonásával jelentősen megváltozott a hibridek tenyészterületigénye, ill. tőszámsűrítetősége, valamint az agrotechnikával szemben mutatott igényességük is jelentősen nőtt (SÁRVÁRI, 1994). A kukorica intenzív kultúra, gondos termesztéstechnikát kíván, melyben a fajtakiválasztásnál a

helyi adottságokat fokozottabban figyelembe kell venni (SCHULTZE és KOCH, 1991). A Volga folyó mentén végzett kísérletei alapján (PRON'KO, 1991) a szemeskukorica potenciális termését 6,5-10,0 t/ha között állapította meg. A sikeres termesztés akadálya sokáig a megfelelő korai, bőtermő hibridek hiánya volt. A hibriden kívül a bő termés elérésének előfeltétele a megfelelő elővetemény és az ésszerű műtrágyázás. Az intenzívebb hibridek köztermesztésbe vonásával csökkent az 1 kg biomassa előállításához felhasznált vízmennyiség. Míg az 1951-60 években köztermesztésben lévő hibridek 1 kg kukorica-biomasszához 787 kg vizet használtak fel, addig az 1981-90-ben termesztett hibridek már csak 264 kg-ot (VARGA-HASZONITS et al., 2001).

Az utóbbi évek terméseszkökenését döntő mértékben nem a termesztési tényezők hiánya, hanem a kedvezőtlen klimatikus tényezők, az aszályos évjáratok okozták. Hazánkban a hibridellátottság megfelelő, azonban lényeges szempont az ökológiai adottságokhoz igazodó hibridválasztás (SÁRVÁRI és SZABÓ, 1998).

3.6.2. A hibridek természetes tápanyagfeltáró, és hasznosító képessége, a hibridek trágyareakciója

A gyökerek tápelem felvevő hatékonysága elsősorban az adszorpciós kapacitásuktól és a tömegüktől (felület nagysága) függ, amelyek genetikailag és a környezet által meghatározottak (DAMBROTH és EL BASSAM, 1990). A jobb tápanyagfeltáró és tápanyag hasznosító képességű hibrideknél nagyobb a gyökérszörök felületének abszorpciós kapacitása (DEBRECZENINÉ, 1985). Mindez abban mutatkozik meg, hogy az új fajták és hibridek nagyobb termőképessége azon is alapszik, hogy jobban képesek hasznosítani a talajtermékenységet, a rendelkezésre álló tápanyag- és vízkészletet. Ez az oka, hogy a kutatók gyakran tapasztalnak az extenzív fajtákkal szemben pozitív kölcsönhatást az intenzív fajták ill. hibridek, valamint a fokozott tápanyagellátás között. Ebből az következik, hogy az intenzív fajtáknál a tervezett termés fajlagos tápanyagigényét csökkenteni lehet, mivel csak a talaj tápanyagát és a műtrágyát is jobban hasznosítják. Ugyanakkor az intenzív fajták, hibridek nagyobb termése összességében nagyobb mennyiségű tápanyag-utánpótlást igényel.

Azok a kukoricahibridek értékesebbek a termesztés extenzív körülményei között is, melyek kis műtrágyaadagoknál is nagy termésre képesek. Ez a tulajdonság jobb tápanyag-reakciót fejez ki, ami genetikailag meghatározott tulajdonság (SÁRVÁRI, 1992). A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója rendkívüli mértékben eltérő. A kukoricahibridek értékét, trágyareakcióját a kontroll (műtrágyázás nélküli) és

az alacsonyabb szintű NPK adagoknál elért terméseredmények jobban jellemzik, mint a maximális termésnél meglévő terméskülönbségek (SÁRVÁRI, 1995). Agronómiai értelemben a műtrágyázás hatékonyságát a kijuttatott tápanyag egységére vetített termés mennyiségeként fejezik ki (FOX és PIEKIELEK, 1987).

3.6.3. Műtrágyázás, hibridek termőképessége és elemtartalom összefüggései

Nemcsak a növényi részek tápelem-tartalma tér el egymástól, de a különböző tápelemek felvétele is. (PINTÉR et al., 1979) a könnyezési nedv analízálásával megállapítja, hogy a kukorica NPK felvétele genotípusok szerint lényegesen eltér. A tápelemek eltérő mértékben befolyásolják a növények fejlődését, amit a gazdaságossági számításoknál feltétlenül figyelembe veendő tényező. A három fő tápelem közül a nitrogénnek tulajdonítanak a kukorica trágyázásával foglalkozók a legnagyobb jelentőséget, amit a tárgykörben megjelent publikációk száma is bizonyít.

A nitrogén-műtrágyázásnál azokat az eljárásokat részesítsük előnyben, amelyek azt biztosítják, hogy a kijuttatott műtrágya hatóanyagának minél nagyobb hányadát a növények vegyék fel. Jelölt nitrogént (^{15}N) alkalmaz (TIMMONS és BAKER, 1992) annak kimutatására, hogy a kijuttatott N hatóanyag hányad részét veszi fel a növény. A hasznosult nitrogént (nitrogen recovery) úgy számolta ki, hogy az egységnyi területen lévő növények által felvett jelzett nitrogént elosztotta az egységnyi területre összesen kijuttatott jelzett nitrogén mennyiségével. Jelzett nitrogénnel műtrágyázva a kijuttatott N sorsa pontosabban nyomon követhető, ami alapján gazdasági és környezetvédelmi szempontból előnyös döntések hozhatók. No-till művelésű kukoricában N-trágyázásos kísérletben jelzett nitrogénnel kimutatták, hogy a talajban és a növényben kiadott ^{15}N 58-70%-a volt jelen, míg a 30-42%-ról feltételezik, hogy kimosódás vagy denitrifikáció útján távozott, ami a kijuttatásban lévő tartalékokra hívja fel a figyelmet.

A nitrogén kijuttatásánál figyelembe veendő a növények nitrogén felvételének dinamikája és a talajréteg, ahonnan a kukorica a N-t legkisebb veszteséggel képes felvenni. Pontinjektálós technológiával a N kijuttatásának helyét és idejét pontosan megvalósíthatónak tartja (TIMMONS és BAKER, 1992), így javítva a N hasznosulást. Az őszi talajmunkák előtt a felszínre szórt N-nél jobban hasznosul a tavasszal a sorok közé, a felszín alá juttatott N (TIMMONS és CRUSE, 1990).

A vegetációs időn belüli talaj és növénytesztekkel következtetni lehet a tápanyagellátásra, ami alapján műtrágyázási szaktanácsadási módszereket dolgoztak ki. A N műtrágya hasznosulás vizsgálatának egyik lehetőségeként ajánlja (MAGDOFF et

al., 1984) a késő tavaszi nitrát tesztet, amivel a talajban lévő, illetve a kukoricának hiányzó N mennyisége megállapítható és a szükséges N adag a növények 15-30 cm-es magasságánál a sorok közé injektálható.

A kijuttatott N hatékonyságát a hazai vizsgálatok is értékelik, miszerint a területegységenként kijuttatott N hatóanyag növelésével romlott a hasznosulási %. N hasznosulási, hatékonysági vizsgálatokat több kutató is végzett. Öt éves kísérlet alapján a N hasznosulási %-át 87 kg-os N-szinten 109%-nak, 174-261 kg N-szinten 60-46%-nak, 384 kg-os N-szinten pedig 35%-osnak állapította meg (NÉMETH, 1983). A N hasznosulási %-a 87 kg-os N szinten azért volt 109 %, mert a többlettermésben lévő nitrogén több volt, mint a kiadott nitrogén. A N kijuttatás időpontjának meghatározása tekintetében figyelembe kell venni, hogy a tenyészidő előre haladtával a N műtrágya hasznosulása egy ponton túl nullára válik. A műtrágyázás időpontja ezért a trágya érvényesülését nagymértékben befolyásolja (MÁRTON, 1970). A kukorica késői adagolásban, amikor a kukorica magassága meghaladja a 80-100 cm-t, már nem tudja az ammóniát hasznosítani. A N adagok növelésének gazdasági hatásain kívül figyelembe kell venni a környezeti hatásait is. A gazdaságilag hatékornak és környezetvédelmi szempontból is megfelelőnek tartja a N-műtrágya kijuttatását, ha a maradék $\text{NO}_3\text{-N}$ a talajban minimális a tenyészidő végén (KAVLEN et al., 1998).

A P és K műtrágyák hatása és a talajban való mozgása eltér a nitrogén műtrágyáékétól. A P hatását vizsgálva megállapítható, hogy a P-tartalom a növény föld feletti részében 73,5%-ban a szemtermésben akkumulálódott és a P növelése kedvező volt a N érvényesülésére is (SZIRTES, 1971a). A tápelemek egyenkénti mennyiségi meghatározásán túl szükséges azok egymásra hatását is megvizsgálni, mert az egyik tápelem növelése egy másik felvehetőségének csökkenéséhez vezethet. Fontos a N:K arányának ismerete adott talaj esetében és a trágyaadagok harmonikus meghatározása. A N trágya hatására a felvett N és K mennyisége változik a legkifejezettebben (SZIRTES, 1970).

A makroelemek mellett a mezo- és mikroelemek szerepe is termést limitáló tényező lehet. A kukorica mezo- és mikroelem koncentrációja a legtöbb elemre nézve csökkent a nagyobb termésekben, ami relatív táplálóanyag hiányára utalhat (TÖLGYESI és MIKÓ, 1977). A ma általánosan pótolta tápelemek (N,P,K esetleg Ca) mellett egyes talajtípusokon a növénytáplálás harmonikus összhangjának megbomlásához vezethet a mikroelemek hiánya. A hiányzó mikroelemek pótlásával a N tartalom 8-19%-kal növelhető. A leghatásosabbak a kelát formában adott Cu és Zn mikroelemek voltak. A

szántóföldi táblákról folyamatosan eltávolított terméssel a mikroelem hiányos területek aránya a jövőben növekvő tendenciát mutathat (SZIRTES et al., 1977). A mikroelemek pótlására véleményük szerint csernozjom talajon nincs szükség.

3.6.4. Különböző genetikai tulajdonságú és tenyészidejű hibridek alkalmazkodó-képessége, műtrágya-hasznosulásuk

Az eltérő kukorica genotípusok N műtrágya-reakciójának összehasonlítására az azonos tenyészidejű, valamint genetikailag hasonló terméspotenciálú (genetikailag közelálló) hibridek alkalmazhatók, mert a különböző hibridek eltérő N-műtrágya reakcióját gyakran az eltérő tenyészidő okozza (BUNDY és CARTER, 1988; RUSSELL, 1988). A kukoricák a talajok N-készletét nem azonos mértékben képesek hasznosítani. A N műtrágyaadagok különböző módon növelik azok termését. A tápanyag-reakció szerint vannak olyan hibridek, amelyek a talaj tápanyagkészletét az átlagosnál jobban hasznosítják. E hibrideket azokra a helyekre javasolják, ahol a talaj tápanyag ellátottsága rossz, vagy ahol nagyon kevés pénz jut műtrágya vásárlására (SZÉLL és MAKHAJDA, 2001). A hibridek optimális N műtrágya adagjának meghatározásához a talajnedvességi állapotának ismerete is nélkülözhetetlen (EGHBALL és MARANVILLE, 1991).

A N-hasznosítás hatékonysága (N-utilization efficiency) felbontható további összetevőkre: a harvest-indexre (egységnyi szárazanyag-tömegre eső szem szárazanyag-tömeg, HI) és az egységnyi felvett nitrogén tömegre eső szárazanyag mennyiségre. Ezt „N-utility” =” N-hasznosíthatóság”-nak (NU) nevezi (HIROSE, 1984), -ami az egész növény N-koncentrációjának (%) inverz értéke-; vagy a nitrogén harvest-index (egységnyi felvett nitrogén-tömegre eső szem-nitrogén mennyisége, NHI) és az egységnyi szem nitrogénre eső szem szárazanyag-tömeg szorzatára.

3.7. Az optimális vetésidő megválasztása, a vetésidő hatása

A kukorica optimális vetésidejét nagyon sok tényező befolyásolja, és a szakirodalmi áttekintéskor is sokszor találkozunk egymásnak ellentmondó megállapításokkal. Az optimális vetésidőről alkotott vélemények eltérőek, szerzőtől és évjáráttól függően. A szakemberek egy része az április 5. - május 2. közötti vetésidőt javasolja, a talaj megfelelő nedvességtartalmával magyarázva ezt, míg a másik része a május 1.-május 10. közötti időpont mellett foglal állást, a magasabb hőmérséklet és a gyorsabb kelés miatt (ISÓ, 1962). Az 1958-60. között végzett vizsgálatait alapján arra a következtetésre

jutott, miszerint az időjárás nagymértékben befolyásolja a kísérletek eredményét. A korai vetésidőben az alacsony hőmérséklet okoz problémát, míg a késői vetésidő esetén a nem megfelelő nedvesség a gond.

Számos magyar szakirodalom állapította meg, hogy a kukorica vetését próbálják meg minél korábban elvégezni (PETHE, 1817; BALÁZS, 1889; CSERHÁTI, 1921). A jobb minőségű vetőmag segítségével még korai vetés esetén is biztonságosabb és nagyobb termés, korábbi érés érhető el, mint az optimális vagy attól későbbi vetésidő esetén. Hazánkban tehát már a XIX. században helyesen gondolkoztak a kukorica vetésidejével kapcsolatban (I'SÓ, 1966). Kukorica vetésidő kísérletek eredményeként megállapítható, hogy adott térségben mind az állományra mind pedig a termésre nézve a legkedvezőbb az április 10-14. közötti vetésidő. A korai vetésidő korábbi érést eredményez, mely fontos a betakarítás és a vetésváltás szempontjából is (KOVÁCS, 1958). A nem megfelelő hőmérséklet nagyobb problémát okoz, mint a nedvességhiány (BARACS, 1986). Viszont a már rendelkezésre álló magas Cold-teszt értékű hibridekkel a korai vetésidő hátrányai csökkenthetők.

A kukorica helyes vetésidejének megválasztásánál (BALÁZS, 1889; FLEISCHMANN, 1938; BERÉNYI, 1945; SURÁNYI, 1957; I'SÓ, 1959) és mások adatai, valamint (PÁSZTOR, 1958) kísérleti eredményei alapján a következő tényezőket kell figyelembe venni:

- a hőmérséklet tenyészidőnkénti alakulása
- késő tavasz és kora őszi fagyok jelentkezési ideje, gyakorisága
- a talaj összetétele, fekvése, gyomossága, kártevőktől és kórokozóktól való fertőzöttsége
- a vetőmag minősége, csírázási és fejlődési hőigénye, ellenálló képessége a káros tényezők hatásával szemben
- a vetőmag csávázási lehetőségei a különböző kórokozók és kártevők ellen
- a termesztendő hibrid tenyészideje, külső tényezőkkel szembeni reakciója
- a termesztés célja
- a bevetendő terület nagysága
- a vetési munkák gépesítésének foka
- a vetés módja.

A vetésidő és a vetésmélység között igen szoros kapcsolat van. Korai vetésidőnél, amikor még elegendő nedvesség van a talajban, de a talaj hőmérséklete még alig haladta

meg a csírázáshoz optimális hőmérsékletet, a javasolt vetésmélység 4-6 cm. Kései vetésnél, amikor gyorsabban szikkad a talaj, 8-10 cm mélyre kell vetni a vetőmagot. Akkor is mélyebbre kell vetni a kukoricát, ha keveréktakarmányok után másodnövényként siló vagy vetőmag céljára akarunk termesztetni. Kötött, hideg talajokon vagy hidegebb fekvésben a magasabb hőmérséklet biztosítása miatt 4-8 cm mélyen, laza homoktalajokon pedig a nedvesség biztosítása miatt 10-12 cm mélyen vethetjük a kukoricát. Általános megállapításként kijelenthető, hogy ha a talaj kellően felmelegedett, hőmérséklete elérte a 10-12 °C-t, rendszerint április második felében megkezdhető a vetés (ISÓ, 1966; PÁSZTOR, 1962; GYÖRFFY, 1965).

Régebben a kukorica asszimilációs hőküszöb értékét 10 °C fokban állapították meg és ezt használják még ma is. A mérsékelt égövhöz jobban alkalmazkodott kukorica asszimilációs hőküszöb értéke azonban alacsonyabbá vált. Az újabb hazai számítások alapján ez az érték 6-8 °C körül is lehet egyes hibridek esetében. A keléskori hőküszöb értéket vizsgálva néhány hibridnél 4 °C-t is megállapítottak, míg más hibridek esetében ez 8 °C volt (MARTON et al., 1997). A kukorica hőküszöbének csökkenését más is megállapította, ezért javasolták annak módosítását (BUNTING, 1976). A különböző genotípusú törzsek, különböző hidegtűréssel rendelkeznek. Hat genetikailag különböző beltenyésztett törzset 10 °C-on vizsgálva szignifikáns különbség volt az egyes törzsek fiatalkori hidegtűrésében (MARTON et al., 1997).

A hideg hatására bekövetkező változások egy része pozitív korrelációt mutat egyes vegyületek hideg indukálta intenzív szintézisével (DŐRI et al., 1990; JANDA et al., 1996; SZALAI et al., 1997). Néhány nitrogéntartalmú vegyületet is ilyen stresszmarkerként tartanak számon, például: putreszcin, agmatin, prolin, glicin-betain (MARTON et al., 1997). Egyes vizsgálatok eredményeiből megállapítható, hogy a putreszcin, agmatin és prolin mennyiségében bekövetkezett változások és a kukorica hidegtűrése között szoros korreláció áll fenn (PÁLDI et al., 1996). Hasonló minőségbeli változások következnek be a lipidek összetételében is a hideg hatására. 5 °C hatására a kukorica gyökerében megnövekedett a foszfatidil-kolin és a foszfatidil-metanol-amin és a telítetlen zsírsavak mennyisége (MISTRİK et al., 1982).

A vetésidő kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy olyan hibridspecifikus technológiát kell alkalmazni a kukoricatermesztésben, amely a vetésidőt a többi termesztési tényezővel összhangban, megfelelően adaptálja a termesztett hibridre, figyelembe véve a hibrid egyedi genotípusából adódó érzékenységet is (SÁRVÁRI et al., 2002).

3.7.1. A vetésidő hatása a hibridek növekedési dinamikájára, szárazanyag képzésére, érésére

A vetésidő meghatározó hatással van a különböző fajták, hibridek tenyészidejére és növekedési dinamikájára. Az optimális vetésidő kedvezően hat az előzőekre, azonban ez fajtától függően eltérően alakul (PÁSZTOR, 1958). A vetés ideje és az utána uralkodó időjárási viszonyok nagymértékben hatnak a kelés időtartamára, a fejlődés, növekedés ütemére. A helyesen megválasztott vetésidő kedvezően hat az érésidőre, valamint a terméseredmények alakulására. Vizsgálatai szerint a legkedvezőbb növekedést és fejlődést a május első felében vetett növényállományok adták. Ezek adták a legnagyobb átlagtermést és ezeknél volt a legkedvezőbb az egyes fejlődési periódusok aránya, továbbá az érés alakulása. A korai vetéseknél a termés csökkenést valószínűleg a növények kezdeti fejlődési stádiumában jelentkező kedvezőtlen időjárási tényezők okozták, melyet tovább fokoz a kórokozók és talajlakó penészgombák kártétele.

A vetésidő hatása a kezdeti fejlődés ütemére a legerőteljesebb. A kelés idejét a vetésidő jelentősen tudja módosítani. Martonvásáron és Debrecenben 1958-62 között végzett vetésidő kísérletek eredményei a kelés idejét illetően a következők: április közepén 19-24 nap, május eleje körül 10-15 nap, május 20-i vetésnél 6-10 nap telt el vetéstől a kelésig, tehát a korai vetésidő hatására a kelés elhúzódik (PÁSZTOR, 1962; I'SÓ, 1962). Szegeden folytatott kísérletek alapján az április 15-i vetéseknél volt a leghosszabb a kelési időtartam (15-16 nap), majd ez fokozatosan csökkent és a május 15-i vetésben már csak 7 nap volt. A vetésidő hatással van a hibridek tenyészidejére is. A korai vetésidő a tenyészidő megnyúlásával járt, későbbi vetésidő pedig lerövidítette azt (GYÖRGYNÉ, 1969). Martonvásáron 1998-ban a vetéstől a kelésig eltelt napok száma a korai, április 13-i vetésidőben 13-16 nap volt. Ez volt a leghosszabb. A későbbi vetésekben fokozatosan csökkent a kelési időtartam: az április 23-i vetésben 10-12 nap, a május 3-i vetésben 7-10 nap volt (BERZSENYI és SZUNDY, 1998).

A vetésidő megállapításakor nem elhanyagolható szempont a beérés ideje. Ennek különösen az ország északi és nyugati területein van nagy jelentősége. A kísérleti eredmények szerint az egy hónappal későbbi vetéseknél átlagosan 14 nappal később következik be az érés. Debrecenben a 25 nappal későbbi vetés csak 5 nappal későbbi érést okozott (PÁSZTOR, 1962; I'SÓ, 1962). Szegeden az április 15-i vetés 4 év átlagában 13-15 nappal korábbi érést eredményezett a május 15-i vetéshez viszonyítva. Az április 25-i vetés 8-11 nappal ért korábban, mint a május 15-i (GYÖRGYNÉ, 1969).

Az optimális vetésidő-intervallumon belüli korábbi vetés az előnyös, mivel a növény legintenzívebb fejlődése a rövidebb napszakokra esik, ami miatt a növény alacsonyabb lesz, és kevésbé dől meg. Jobb lesz a csírázás és a megtermékenyítés ideje alatt a növény nedvesség ellátása, a gyökerek mélyebbre hatolnak le, ezáltal az aszályos periódusokat jobban vészeli át, továbbá javul a növények műtrágya hasznosító képessége (ALDRICH, 1970).

A vetésidő változása kukoricában megváltoztatja a sugárzási és hőmérsékleti viszonyokat a kukorica növekedési szakaszában. A belső napsugárzás mennyisége és a sugárzásnak a növény által felfogott aránya közvetlenül meghatározza a növény növekedési rátáját. A hőmérséklet is hatással van a növényi növekedés időtartamára, különösképpen arra az időre, amikor a növény képes a belső sugárzást felfogni, és azt szárazanyaggá transzformálni. Ezen kívül kimutatták, hogy a hőmérséklet befolyásolja a végső levélszámot és a növényállomány fejlettségét, amely meghatározza a növény levélterület indexét. Ezáltal nő a növény számára hasznosítható sugárzási energia is. Az alacsony hőmérséklet ellenben csökkenti a napsugárzás hasznosítás efficienciáját (RUE) kukoricában (TOLLENAAR és BRUULSEMA, 1988; MUCHOW et. al., 1990).

Az optimális vetésidőn belül a korábban vetett növények kelése és kezdeti fejlődési üteme jobb, mint a későbbi vetésűeknek. Valamint így a kukorica érése is előbbre hozható. A 2-3 nappal korábbi vetés általában egy nappal korábbra hozza az érést és a szem nedvességtartalma is 0,5-0,8%-kal alacsonyabb. A május 5-10. után vetett kukorica gyengébben fejlődik, HI értéke is rosszabb és lényegesen kevesebbet terem (KOVÁTS és SÁRVÁRI, 1992).

A késői vetésekben a fejlődési fokozatok gyors lefolyásának eredményeként a tenyészidőszak első fele (a hímvirágzásig) jelentősen lerövidült, a második fele pedig megnyúlt. Valamint az évjárathatás jelentősebben befolyásolja az érést, mint a vetésidő (I'SÓ és SZALAYNÉ, 1969). 1995-97-ben Martonvásáron végezett kísérletek eredményei hasonló megállapításokat tartalmaznak. Öt különböző vetésidő hatását vizsgálták öt különböző tenyészidejű hibrid növekedési dinamikájára. Az eredmény alapján a korai vetés a reprodukzív növekedést, a késői vetés pedig a kezdeti vegetatív növekedést serkentette. Kimutatták azt is, hogy a vetésidő 3 hetes késése a nővirágzás egyhetes késését eredményezi (BERZSENYI et al., 1998).

Az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetében 1963-64-ben kezdték el a különböző vetésidejű kukoricák organogenezisének vizsgálatát. A cél az volt, hogy megismerjék a vetésidő és a különböző évek időjárásának módosító hatását a növény címer- és

csőfejlődésének ütemére. Megállapították, hogy a korábbi vetésekben az alacsonyabb hőmérséklet elsősorban a kelés időtartamát és a I-II. etapok hosszát nyújtotta meg. A hőmérséklet csökkenése és a levegő páratartalmának növekedése a középérésű hibridek érésének időtartamát megnyújtotta. Míg a legkorábbi vetésben a viaszéréstől a szem 30%-os nedvességtartalmáig 25 nap telt el, ez az idő a május 15-i vetésben 33 nap volt (I'SÓ és SZALAYNÉ, 1969; I'SÓ, 1969). Az optimális időszakon belüli korai vetés azért is előnyös, mert így a fejlődés vegetatív szakasza a hűvösebb és csapadékosabb május-június hónapokra esik, a termesztés szempontjából legkritikusabb időszak a címerhányás, nővirágzás, megtermékenyülés pedig az aszályos időszakhoz képest korábban következik be, így biztonságosabb lesz a termesztés. Természetesen ez a megállapítás csak egy adott tenyészidejű hibridnél lehet igaz, hiszen a tenyészidő megváltoztatja a címer- és nővirágzás időpontját (ZÁBORSZKY, 1998).

3.7.2. A vetésidő és a kukorica termése közötti kapcsolat

Debreceni és martonvásári kukorica vetésidő kísérletek eredményei alapján a következő megállapítások találhatók a vetésidő hatásáról. A martonvásári vetésidő kísérletek eredményei azt mutatták, hogy több év átlagában 7%-os terméskülönbség volt az április közepén és május közepén vetett kukoricák termése között, az áprilisi vetések javára. A május 10. utáni vetések az egyes években 10-20%-os termésnövekedést eredményeztek. Debrecenben ezzel szemben csak egy évben adtak szignifikánsan nagyobb termést a május közepi vetések (PÁSZTOR, 1962; I'SÓ, 1962). Más szerzők szerint az optimális vetésidőhöz képest minden nap késés 1%-kal csökkenti az elérhető termés nagyságát (ZSCHEISCHLER és GROSS, 1966). Az optimálishoz képest 10 napos késés 9%-kal, 20 napos késés 16%-kal, míg a 30 napos késés 27%-kal csökkentette a szemtermést, tíz évet átfogó kísérletben. A korai vetés előnyét más esetekben is tapasztalták. A május közepi vetés Szegeden 4 év és 2 hibrid átlagában 8-9%-os termésnövekedést okozott, a korai vetés eredményeivel szemben (GYÖRGYNÉ, 1969).

Szegeden 1971-73-ban öt különböző éréscsoportba tartozó hibriddel (FAO 250-624) folytattak kísérleteket. Április 30. és június 10. között 10 naponként vetették el a különböző hibrideket, hogy a kései vetések hatását vizsgálják. A május 30-i vetés, ami 3-4 héttel az optimális vetésidőnél későbbi vetésidő, 3 év átlagában 7-8%-s szignifikáns termésnövekedést mutatott. A június 10-i vetésnél már lényegesen alacsonyabb volt a termés, 18-47% között változott (PALÁGYI és KÁLMÁN, 1979). Más vizsgálatok

eredményei a május első dekádjában (május 6.) végzett vetést ítélik a legjobbnak, de a május hónap harmadik dekádjába csúszott késői vetésidő hatásának jelentős termés kiesést tulajdonítanak (JOHNSON és MULVANEY, 1980).

A vetésidő nemcsak a termést, hanem annak minőségét is befolyásolja. A késői vetésidőben nem csak a szemtermés csökken, hanem fokozódik a szemek törékenysége és csökken tárolhatósága is (BAUER és CARTER, 1986).

Martonvásári kísérletekben kukorica szemtermése a korai (április 13.) és az optimális vetésidőben (április 20-23.) volt a legnagyobb. A későbbi vetésidőben 1995-ben (április 29., május 6., 16.) 22,4%, 1996-ban (május 3., 16., 24.) 16,1% volt a termés kiesés (BERZSENYI és SZUNDY, 1998).

A vetésidő hatása az eltérő genetikai adottságú kukoricahibridek termésére különböző. 1997-ben és 1998-ban a nem volt szignifikáns különbség a megkésített vetésidőben és a korai vetésidőben vetett kukoricahibridek termése között, 1999-ben azonban a korai vetésidőben szignifikánsan magasabb termést érték el a hibridek (SÁRVÁRI és FUTÓ, 2001). A hibridek egyedi reakciói azonban nagyon eltérőek voltak. A Monessa hibrid szűk vetésidő intervallummal rendelkezik, míg a Felicia hibridnek tág a vetésidő intervalluma. A Florencia hibrid számára nem volt kedvező a késői vetés, a Lipesa és Danella hibridek pedig a korai vetésre voltak érzékenyek.

1991-2000 közötti vetésidő kísérleteik eredményéből megállapítható volt, hogy a legnagyobb terméseredmények a korai (IV. 14.) és az optimális (IV. 24.) vetésidőben voltak (8,61 és 8,56 t/ha), míg a termés szignifikánsan csökkent a késői (V. 05.) és az igen késői (V. 16.) vetésidőben (8,12 és 7,40 t/ha). Száraz években a termés csökkenés eseténként, az igen késői vetésidőben elérte a 30-40%-ot (BERZSENYI és LAP, 2001).

3.7.3. A vetésidő és a kukorica termésképző elemeinek kapcsolata

A vetésidő hatása az ezerszemtömegre jelentős, de ezt nagy mértékben befolyásolta az évjárat hatása, illetve kisebb mértékben a fajta. Több fajta vizsgálatának eredménye az 1959-es évben azt mutatta, hogy a májusi vetésidőkben csökkent az ezerszemtömeg az április végi vetésidőhöz viszonyítva (PÁSZTOR, 1962).

A vetésidő hatása a területegységre vetített szemszámra és az individuális szemtömegre is jelentős. A későbbi vetésidő mindkét esetben szignifikáns termés csökkenést okozott a fent említett mutatókban a korai vetéshez képest. Megállapítható, hogy a késői vetés hatására csökken a szemtelítődés effektív rátája és megrövidül a szemtelítődés effektív időtartama. A növény növekedési rátája a

szemtelítődés során lassúbb volt a késői vetéskor, az alacsonyabb napi belső sugárzás és sugárzashasznosítási hatékonyság következtében. A késői vetés csökkentette a termésnövekedési sebességet a szemtelítődés időszakában, az alacsonyabb fényhasznosításnak és az alacsony beeső sugárzásnak tulajdoníthatóan. A késői vetések hatással voltak a szemtermésre azáltal, hogy csökkentették a szemtömeget és a területegységre jutó szemszámot (CIRILO és ANDRADE, 1994; 1996).

A kukorica termését nagymértékben befolyásolja a betakarításkori szemszám, ami viszont függ a növényenkénti csőszámtól és a csövenkénti szemszámtól. A kukorica szemszáma a legérzékenyebb a különböző stresszhatásokra a nővirágzást megelőző 2 hétben és az azt követő 3 hétben. A kukoricahibridek nővirágzásának időpontját pedig nagymértékben befolyásolja a kukorica vetésének ideje (TOLLENAAR és DAYNARD, 1978; KINIRY és RITCHIE, 1985).

3.7.4. A vetésidő és a betakarításkori szemnedvesség

Az alacsony betakarításkori szemnedvességnek két összetevője van: a gyors szemtelítődés és gyors vízleadás a szemtelítődés (fiziológiai érés) után. A fiziológiai éréskor alacsony szemnedvesség-tartalmú hibridek betakarításkori szemnedvességét kevésbé befolyásolják a száradási (vízleadási) időszak időjárási viszonyai (SZUNDY et al., 2002).

A betakarításkori szemnedvesség tartalom a hosszabb tenyészidejű hibrideknél, és a későbbi vetésidőben lényegesen nagyobb. 1995-ben ez 14,4%-ról 19,6%-ra, 1996-ban 22,9%-ról 27,8%-ra nőtt (BERZSENYI és SZUNDY, 1998). A kukorica vetésideje, a termés nagysága és a betakarításkori szemnedvesség tartalom szorosan összefüggenek egymással. A vetésidő és a termés kapcsolatát a tenyészidőn belüli csapadékeloszlás nagymértékben befolyásolja. A betakarításkori szemnedvesség tartalom pedig 5-8%-kal volt kevesebb a korai (ápr. 5.) vetésidőben, ami jelentős gazdasági megtakarítást jelent (SÁRVÁRI, 1999). A betakarításkori szemnedvesség tartalom 8-7-6%-kal alacsonyabb az első vetésidőben a három év átlagában (1997-1999), mint a megkésett vetésidőben (SÁRVÁRI és FUTÓ, 2001). Martonvásári kísérletekben a termés betakarításkori szemnedvesség-tartalma a korai és az optimális vetésidő kezelésekben volt a legalacsonyabb (BERZSENYI és LAP, (2001).

3.7.5. A hibridek szerepe

A vetésidő és a fajták kapcsolatát vizsgálva megállapítható, hogy a rövid tenyészidejű fajták nem olyan érzékenyek a kései vetésre, mint a hosszabb tenyészidejű

fajták (PÁSZTOR, 1962; I'SÓ, 1962). Mások véleménye szerint a vetést célszerű a késői érésű fajtákkal kezdeni, és a rövidebb tenyészidejűekkel befejezni (GYÖRGYNÉ, 1969).

Szegeden 1971-73-ban öt különböző éréscsoportba tartozó hibriddel (FAO 250-624) folytattak kísérleteket. Április 30. és június 10. között 10 naponként vetették el a különböző hibrideket, hogy a kései vetések hatását vizsgálják. Arra a következtetésre jutottak, hogy a különböző genotípusú hibridek a késői vetésekre nem egyformán reagálnak (PALÁGYI és KÁLMÁN 1979).

A vetésidő és a N-műtrágyázás hatásának kapcsolatát vizsgálva megfigyelhető, hogy a legnagyobb termést minden N-műtrágyázási szinten a korai illetve az optimális vetésidejű állományok adták (BERZSENYI és SZUNDY, 1998).

IV. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A kísérletek bemutatása, a vizsgált tényezők ismertetése

A 2001-2003-ban Hajdúböszörményben vetésidő-trágyázási kísérletet állítottunk be, ahol a vetésidő és a tápanyagellátás közös hatását vizsgáltuk a kukorica termésére és termésképző 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. Feltételezéseink szerint a három kísérletből a vetésidő és a tápanyagellátás hatása jól megítélhető.

A kísérletek 3 évében (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.

4.2. A vizsgált évek időjárásának elemzése:

4.2.1. 2001. év időjárása:

Debrecenben az időjárás a legtöbb szántóföldi növény számára közepes volt. A kukorica szempontjából a tenyészidőben (IV-IX. hó) összesen 323 mm csapadék hullott, a 30 éves átlag 345,1 mm, amihez viszonyítva 22,1 mm-el hullott kevesebb csapadék (4. táblázat). A csapadék tenyészidőbeni eloszlása 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.

Hajdúböszörményben, 2001-ben január és szeptember között 488,7 mm csapadék esett, ami 42,9 mm-rel több volt, mint a 30 éves átlag. Az eloszlása azonban kedvezőtlenül alakult (3. táblázat). Legtöbb volt a csapadék március (107,3 mm), június (86,1 mm), július (104,7 mm) és szeptember (105,1 mm) hónapokban, de ebből elsősorban a júniusi-júliusi mennyiséget tudta hasznosítani. A tenyészidőszakban (IV-IX. hó) 365,7 mm esett, ami szintén több volt a 30 éves átlagnál (25,6 mm-rel).

2001-ben az évi középhőmérséklet 11,71 °C volt, majdnem 2 °C-kal magasabb, mint a 30 éves átlag (9,84 °C) (2. ábra). 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).

4.2.2. 2002. év időjárása:

2002-ben Debrecenben 10,7 mm-rel több csapadék hullott január és szeptember között a 30 éves átlaghoz viszonyítva, ugyanakkor rendkívül rossz volt az eloszlása (4. táblázat). 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.

Hajdúböszörményben a csapadék mennyisége és annak eloszlása is meglehetősen szeszélyes volt 2002-ben (3. táblázat). A kukorica tenyészidejében lehullott csapadék mennyisége IV-IX. hó között 394,1 mm volt, a 30 éves átlag 345,1 mm, tehát 49,0 mm-rel hullott több csapadék a tenyészidőben a sokévi átlaghoz viszonyítva. Áprilisban 21,4, júniusban pedig 3,5 mm-el hullott kevesebb csapadék amely a tenyészidőben

kedvezőtlen helyzetet teremtett. A csapadékelátottságot tovább rontotta, hogy az év elején januárban 27,6, februárban 6,0, márciusban 6,7 mm-el szintén kevesebb csapadék hullott a 30 éves átlaghoz viszonyítva.

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). A tenyészidőszakban az átlaghőmérséklet 16,88 °C volt, kicsivel (0,06 °C-kal) haladta meg az átlagértéket (2. ábra).

4.2.3. 2003. év időjárása:

A 2003-as évben 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, majd ezután egy igen bő csapadékú július következett, melyet azonnal követett az augusztus havi nagy aszály. Debrecenben augusztus hónapban 0 mm csapadék hullott, amely teljesen megszüntette az előző hó kedvező csapadéknak hatását!

3. táblázat

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

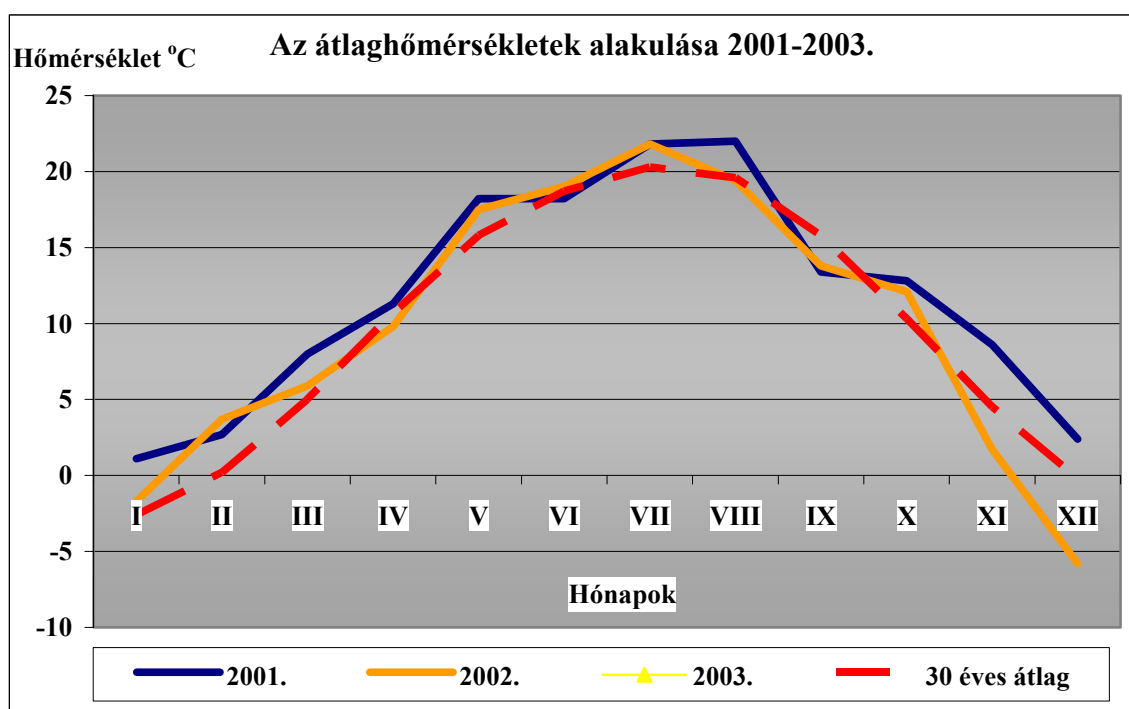
	2001.	2002.	2003.	30 éves átlag
Január	5,7	9,4	42,0	37,0
Február	10,0	24,2	60,3	30,2
Március	107,3	26,8	10,7	33,5
Április	24,0	21,0	13,5	42,4
Május	5,3	63,8	44,7	58,8
Június	86,1	76,0	17,7	79,5
Július	104,7	79,6	133,3	65,7
Augusztus	40,5	69,3	3,4	60,7
Szeptember	105,1	84,4	54,0	38,0
Október	4,2	45,6	101	30,8
November	39,3	26,0	33	45,2
December	8,7	36,4	20	43,5
Összesen	540,9	562,5	533,6	565,3

4. táblázat

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

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

2. ábra



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

4.3. 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. Összegezve elmondható, hogy a talaj nehezen művelhető, a P erősen lekötődik, tavasszal a N nehezen táródik fel és az átlagosnál gyengébb N, jó P és K műtrágyahatás jellemzi. A jellemző adatokat az 5. táblázat tartalmazza.

5. 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 6. táblázat tartalmazza. A talaj felső szintje a mészhányból eredően száraz, aszályos évjáratokban cserepesedésre hajlamos.

6. 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

4.4. Agrotechnikai adatok:

- Vetésidő:

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.

- Tápanyagellátás:

A trágyázási kísérlet tápanyagadagjai 40 kg N, 25 kg P₂O₅ és 30 kg K₂O volt, valamint ennek a két, három, négy és ötszörös adagja, amit kiegészítettünk egy kontroll (tápanyag nélküli) parcellával is (7. táblázat).

7. 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, a tőszám pedig 71.000 tő/ha.

- Bonitálás: Kelési idő, hímvirágzás- nővirágzás ideje, cső- és növénymagasság, termőmeddő tőszám, termésképző elemek alakulása.

- Növényvédelem: A növényvédelmi munkálatok minden évben kizárólag gyomirtási munkákból álltak. Az állomány gyommentességét 2001-ben preemergens védekezésként Tropazin, posztemergens védekezésként Titus Plus; 2002-ben posztemergens Primextra Gold és Banvel 480; 2003-ban pedig Titus Plus biztosította. A kísérlet teljes gyommentességének a biztosításához minden évben alkalmaztunk a kísérletekben 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.

4.5. A kísérletben szereplő hibridek

A kísérletsorozatban eltérő hibrideket vizsgáltunk a három különböző kísérletben, ugyanis számunkra a vizsgálat fő vonalát a vetésidő és a tápanyagellátás hatása jelentette. Természetesen emellett az egyes hibridek érzékenységet is figyelemmel kísértük a vizsgálatok során (8. táblázat).

8. 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
	Florescia FAO 530		DK 537 FAO 470
	DK 557 FAO 590		Florescia 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
	Florescia FAO 530	PR35P12 FAO 510	Celest FAO 440
2003	DK 557 FAO 590	PR34G13 FAO 530	DK 537 FAO 470
	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
	Florescia FAO 530	-	DKC 5211 FAO 460
	DK 557 FAO 590	-	Celest FAO 470

4.6. A kukoricahibridek vízleadási dinamikájának, és betakarításkori szemnedvesség tartalmának vizsgálata:

A vízleadási dinamikai mérésekhez a mintavétel 7 naponként történt. Ezt követően a minták szárítószekrénybe kerültek, majd súlyállandóságig történő szárítás után határoztuk meg a nedvességtartalmukat. A kapott eredmények alapján a tápanyagellátás és a vetésidő hatását vizsgáltuk a kukorica hibridek vízleadásának ütemére, és a betakarításkori szemnedvesség tartalmára. A méréseket VIII. 30. és X. 04. között végeztük.

4.7. A fotoszintézis aktivitás mérése és módszere:

A LI-COR cég által gyártott LI 6400-as hordozható, szántóföldi fotoszintézismérő készüléket használtuk, amely infravörös lézertény elnyelés mérésén alapuló készülék. Feladata a CO₂ mérés, ahol a műszer a referenciakamrából távozó levegő CO₂ tartalmát hasonlítja össze a bejövő levegő CO₂ tartalmával és számolja ki a megkötött CO₂ mennyiséget. A foton intenzitása mellett rögzíti a hőmérsékletet (levél hőmérsékletét, a környező levegő hőmérsékletét), a légköri nyomást. A méréseket mindig a cső feletti levélen végeztük. A műszer a kukorica által megkötött CO₂ mennyiségét mérte mmol/m²/sec levélterületre vonatkozóan.

A méréseket a trágyázási kísérletben a kontroll (műtrágyázás nélküli), 1-es (N₄₀+PK kg/ha), 3-as (N₁₂₀+PK kg/ha) és 5-ös (N₂₀₀+PK kg/ha) műtrágyakezelésekben, a vetésidő kísérletben pedig mindhárom vetésidőben elvégeztük. A mérésben a következő kukoricahibridek vettek részt: 2001-ben PR36R10 Katinka, Florencia, DK 557; 2002-ben Maraton, PR39K38, PR37M81, PR36R10, DK 557; 2003-ban PR39K38, PR37M81, PR36R10, Mv Maraton, DK 537 (trágyázási kísérlet), 2002-ben PR38K06, PR37M34, PR36R10, PR34G13, 2003-ban PR38Y09, PR37M34, PR36N70 (vetésidő kísérlet).

4.8. A levélterület (LA) mérésének módszere és ideje:

A kukorica tenyésziidejében mindhárom kísérleti évben (2001, 2002, 2003) mértük a kukoricahibridek egyedi levélterületét. A méréseket a kontroll (műtrágyázás nélküli), valamint az 1-es (N₄₀+PK kg/ha), 3-as (N₁₂₀+PK kg/ha) és 5-ös (N₂₀₀+PK kg/ha) műtrágyakezelésekben és mindhárom vetésidőben elvégeztük. Kézi módszert alkalmaztunk, amely során megmértük az élő növény levelének szélességét és hosszúságát, melyből a MONTGOMERY- képlettel számoltam az egyedi levélterületet (LA) ill. levélterületi indexet (LAI):

$LA \text{ (m}^2\text{/db)} = \text{levél hosszúság (m)} \times \text{levél szélesség (m)} \times 0,75$

$LAI \text{ (m}^2\text{/m}^2\text{)} = LA \text{ (m}^2\text{/db)} \times PPD \text{ (db/m}^2\text{)}$

PPD = plant population density

A mért növényeket megjelöltük, így parcellánként minden alkalommal ugyanazokat az egyedeket mértük.

4.9. A kukoricaszem nyersfehérje-, keményítő- és nyersolajtartalmának meghatározása:

A mintavétel a kontroll, az 1-es ($N_{40}+PK$ kg/ha) és az 5-ös ($N_{200}+PK$ kg/ha) műtrágyakezelésekből, illetve mindhárom vetésidőből történt. Ezeket a vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárműszerközpontjában Dr. Győri Zoltán és munkatársai végezték el.

A nyersfehérje tartalom meghatározása

A módszer elve szerint a takarmányt tömény kénsavval roncsolták, nitrogéntartalmát ammóniumsóvá alakították, majd a lúggal szabadabbá tett ammóniát kénsav vagy bórsav oldatba desztillálva titrálták. A fehérje desztillálását Kjeltac félautomata készülékkel végezték. A nyersfehérje-tartalom két párhuzamos meghatározás eredményéből számított középérték.

A keményítőtartalom meghatározása

A takarmánymintát meghatározott ideig híg sósavoldattal főzték. A fehérjék kicsapása után a tükrös szűrlet optikai forgatóképességét polariméteren mérték. A kapott forgatási értéket korrigálták a 40 (V/V)%-os etanolban oldható, híg sósavoldattal kezelt komponensek optikai forgatóképességének értékével.

A nyersolajtartalom meghatározása

A módszer elve: A minta extrahálása dietil-éterrel történt, majd a nyerszsírt az oldószertől desztillálással elválasztották, szárították és a tömegét megmérték. A nyersolaj-tartalom két párhuzamos meghatározás eredményéből számított középérték. A meghatározást Soxtec félautomata készülékkel végezték.

4.10. A kísérleti eredmények értékelésének módszere:

A kapott adatok statisztikai feldolgozása egy- és kéttényezős varianciaanalízissel, (SVÁB 1981) illetve SPSS 9.0 statisztikai program felhasználásával történt. Az ábrák készítését és az eredmények szöveges értékelését Microsoft Office XP program segítségével végeztem el.

V. EREDMÉNYEK

5.1. A tápanyagellátás hatásának vizsgálata

5.1.1. A tápanyagellátás hatása a kukoricahibridek levélterületének alakulására, és fotoszintetikus aktivitására

5.1.1.1. A kukoricahibridek levélterületének alakulása a trágyázás függvényében

Kísérleteinkben nyomon követtük a tenyésztő folyamán a kukoricahibridek fotoszintetikusan aktív levélterületének (LA) alakulását, valamint az egy m² területre jutó levélterület (LAI) alakulását. Vizsgáltuk, hogy mekkora hatással van az adott hibrid, és a tápanyagellátás mértéke a levélterület nagyságára.

2001-ben a tenyésztő folyamán öt mérést végeztünk, 2002-ben négyet, 2003-ban pedig három mérést, mivel az igen magas hasznosítható hőösszeg és a jelentős csapadékhiány a kukorica kezdeti fenofázisait erőteljesen lerövidítette. Ennek köszönhetően 2002-ben és 2003-ban a kukoricaállományok levélzete sokkal hamarabb leszáradt, a betakarítás ideje is a szokásosnál 2-3-4 héttel hamarabb következett be a térségben.

A kukoricahibridek levélterülete igen eltérő volt a három különböző évjáratban. 2001-ben a hibridek a levélterületük maximumát július közepére-végére érték el (3. ábra).

Ezután az időpont után nem következett be a levélterületben növekedés, mely az alsó levelek fokozatos előregedésével, azok pusztulásával magyarázható. 2001-ben kontroll körülmények között a hibridek levélterülete 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 érték 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.

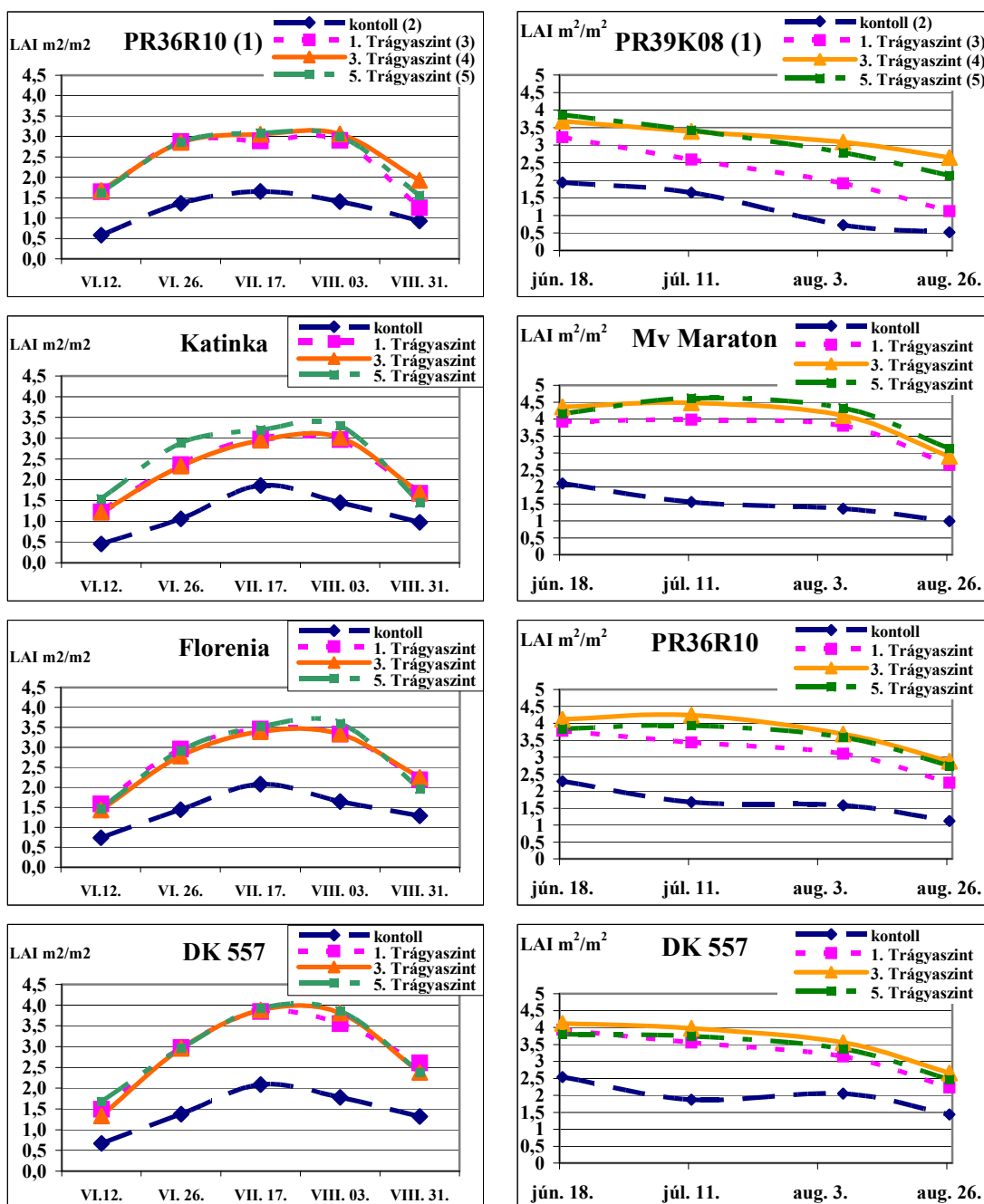
A hibridek között is jelentős különbségeket tapasztaltunk. 2001-ben a vizsgálatainkban nem szerepelt igen korai és korai érésű kukoricahibrid, de a középerésű és késői érésű hibridek között is észrevehető különbségeket találtunk. A középerésű hibridek (PR36R10, Katinka) levélterülete 0.3-0.4 m²/m² LAI értékkel kevesebb volt, mint a késői érésű hibrideké (9. táblázat). A hibridek között a különbség 0,1 %-os szinten szignifikáns, a számított SzD_{5%} értéke: 0,11.

9. táblázat. A hibridek LAI értékei 2001-ben

Hibrid	2001	
	LAI m ² /m ²	SzD _{5%}
PR36R10	2,670	0,11
Katinka	2,749	
Florenzia	3,112	
DK 557	3,432	

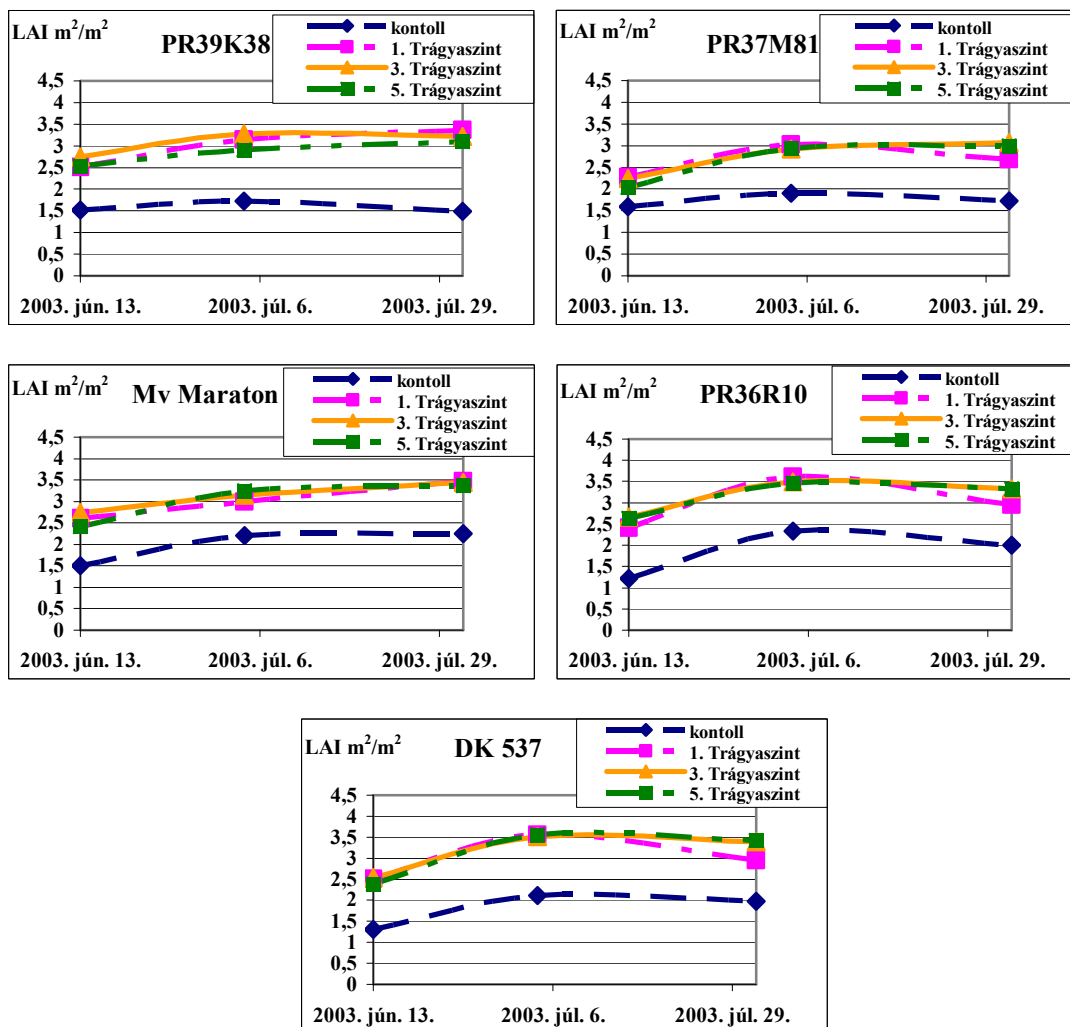
3. ábra.

A kukorica hibridek levélterület indexe (LAI m²/m²) különböző évjáratokban 2001. 2002.



3. ábra folytatása

2003.



2002-ben a hibridek a levélterületük maximumát már június közepére elérték (3. ábra). Ez 2001-hez képest mintegy 3-4 héttel korábbi időpontot jelentett. Ez a gyors fejlődési ütem megmaradt a tenyésztidőszak 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 levélterülete 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. A 2001. évinél magasabb levélterület kialakulása a csapadékhiány ellenére valószínűleg a kedvezően magas hőmérsékleti értékekkel, és a kísérleti terület talajának jó víztároló képességével magyarázható, mely biztosította a kukorica számára a fejlődéséhez szükséges vizet.

2002-ben a vizsgálatainkban már szerepelt igen korai és korai érésű kukoricahibrid, a középérésű és késői érésű hibridek mellett. Az igen korai és korai hibridek (PR39K08, PR37M81) levélterülete 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 (10. táblázat).

10. 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 (3. ábra). Ez 2001-hez képest mintegy 2-3 héttel korábbi időpontot jelentett, hasonlóan a 2002-ben mért értékekhez. Ez a korábbi virágzásban, korábbi levélszáradásban és korábbi érésben is megmutatkozott, egészen a tenyészidőszak végéig, mely 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. 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 szerepelt igen korai és korai érésű kukoricaibrid 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 (11. táblázat).

11. táblázat. A hibridek LAI értékei 2003-ban

Hibrid	2003	
	LAI m ² /m ²	SzD _{5%}
PR39K38	2,766	0,37
PR37M81	2,696	
Mv Maraton	2,899	
PR36R10	3,229	
DK 537	3,187	

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 (12. táblázat).

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

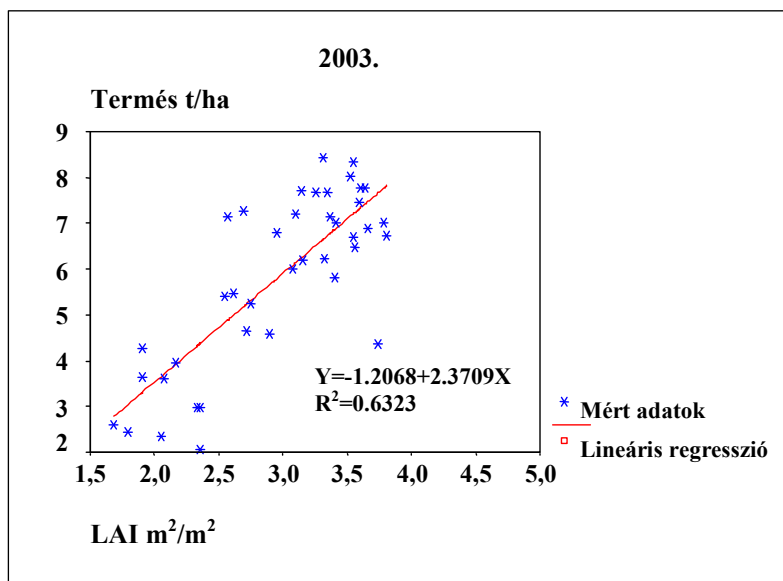
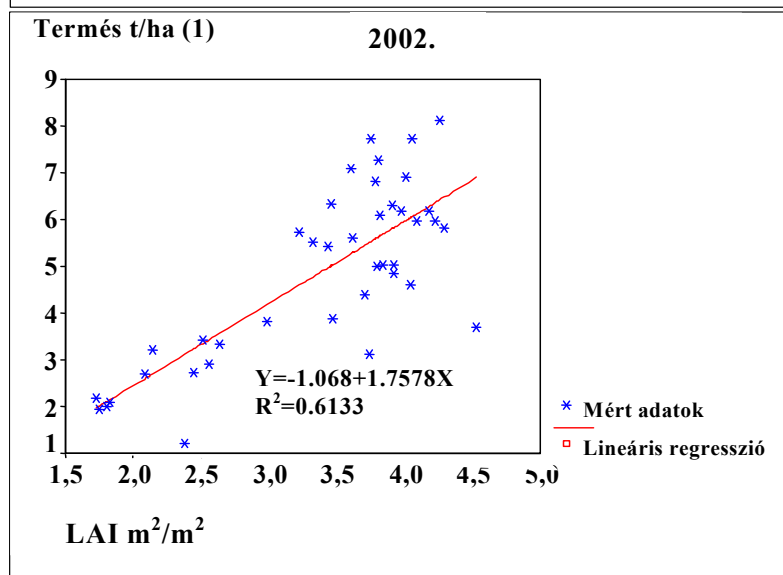
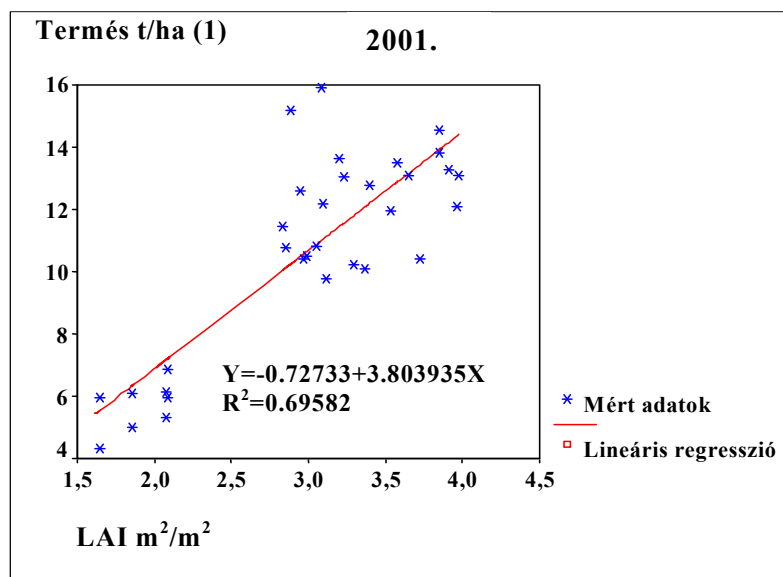
Kezelés	2001		2002		2003	
	LAI m ² /m ²	SzD _{5%}	LAI m ² /m ²	SzD _{5%}	LAI m ² /m ²	SzD _{5%}
Kontroll	1,920	0,10	2,123	0,21	2,059	0,33
40 kg N+P,K	3,293		3,566		3,267	
120 kg N+P,K	3,319		3,977		3,271	
200 kg N+P,K	3,432		3,799		3,225	

Az összefüggés igen szoros, hiszen a számított R² értékek igen nagyok: 2001-ben 0.960-0.992, 2002-ben 0.897-0.962, valamint 2003-ban 0,887-0,978 közöttiek.

5.1.1.2. A kukorica szemtermésének alakulása a levélterület függvényében

A vizsgálataink során figyelemmel kísértük, hogy milyen összefüggések állapíthatók meg a kukoricaibridek egyedi levélterülete, a levélterület indexe (LAI) és a kukoricaibridek elért szemtermése között. A kukoricaibridek LAI értékének és a termések nagyságának az összefüggéseit lineáris regressziós analízissel (4. ábra), valamint korreláció analízissel vizsgáltuk meg.

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



A feltételezéseink szerint a magasabb trágyaszinteken kialakuló nagyobb levélterületi index (LAI) és az ugyancsak magas terméseredmények között szoros összefüggés állapítható meg. A szárazanyag termelés fő színtere a növényi levélszövet, melynek nagysága, állása, valamint a teljes vegetatív élettartama mind erőteljes hatással van a megtermelt és később, a termésben felhalmozott szervesanyagok mennyiségére.

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 eltérően alakultak, különbség az eltérő évjáratok között nem tapasztalható, az összefüggés szoros (R^2 érték: 0.69582, illetve 0.61330 között változott).

Érdekes, hogy a legnagyobb levélterületi index (LAI) értékek 2002-ben alakultak ki, mégis ebben az évben kisebb terméseredményeket kaptunk, mint 2001-ben. Ez annak tulajdonítható, hogy a termés kialakításában nem csak a levélterület nagysága a meghatározó. 2002-ben igen gyorsan kialakult a nagy levélzet, amely nemcsak a fotoszintézisben játszott szerepet, hanem a növény párologtatásában is. A növény vízháztartási zavarai általában akadályozzák a növény megfelelő ütemű fotoszintézisét és a szervesanyag termelését. A június végéig húzódó jelentős csapadékhiány a kukorica legérzékenyebb fenofázisát, a virágzást megelőző és az azt követő 2-3 hetet sújtotta a legjelentősebben, melynek a következtében csak kisebb nagyságú termések realizálódtak.

Hasonló termésesökkenést tapasztalhattunk 2003-ban is, viszont ebben az évben nemcsak a termések, hanem a fotoszintetikusan aktív levélfelület csökkenését is tapasztalhattuk.

A korreláció vizsgálatokor a Pearson korrelációt végeztük el *13. táblázat*. Megfigyelhető volt, hogy 2001-ben szoros pozitív korreláció volt minden hibridnél a levélterület és a termések nagysága között. A korreláció minden hibrid esetében szignifikáns volt, az értékei 0.917-0.938 között változtak.

2002 évi eredmények vizsgálatokor is szoros pozitív korreláció volt megfigyelhető a kukorica levélterületi index értéke (LAI) és a realizált terméseredmény között. Az értékek 0.787-0.963 között alakultak.

2003-ban az eredmények szintén hasonló tendenciát mutatták, a termések nagysága és a levélterületi index (LAI) között szoros, és igen szoros összefüggését figyelhetjük

meg. A három év vizsgálatai alapján az összefüggés általában igen szoros a két vizsgált tényező között, nagyon alacsony szignifikancia szint mellett.

13. táblázat A LAI és a termés közötti korreláció (r) 2001-2003.

Kukoricahibrid	Korrelációs koefficiens (r)		
	2001	2002	2003
PR39K08	-	0.930**	-
PR39K38	-	-	0.738*
PR37M81	-	0.963**	0.938**
Mv Maraton	-	0.787*	0.944**
PR36R10	0.917**	0.801*	0.944**
Katinka	0.938**	-	-
DK 557	0.933**	0.959**	-
DK 537	-	-	0.876**
Florenca	0.925**	-	-

** 1%-os szignifikancia szint mellett, * 5%-os szignifikancia szint mellett

Mindezen eredmények alapján megállapítható, hogy a kukorica által fejlesztett egyedi levélterület, valamint az állományban mért levélterületi index (LAI), nagyban függ a kukorica tápanyagellátásától, valamint egyéb környezeti tényezőktől is. A legnagyobb hatása a kontroll viszonyokhoz képest az első műtrágyaadagnak van, vagyis a tápanyaghiány akadályozza a kukorica levélterületének optimális fejlődését. A tápanyagellátás további növekedésével a levélterület növekedése már nem szignifikáns. A jobb tápanyag-szolgáltató képességgel rendelkező talajokon is javasolt ezért egy kisebb műtrágyaadag kijuttatása, hiszen a fotoszintetizáló felület nagysága alapjaiban határozza meg a várható termés nagyságát.

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, mint például a 2002-es évben, ahol a kedvezőbb levélterület nem okozott nagyobb terméseket.

5.1.1.3. A kukorica hibridek 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. A méréseket 2001-ben június 25. és augusztus 29. között végeztük négy alkalommal (14. táblázat).

14. táblázat Kukorica hibridek fotoszintetikus aktivitása 2001-ben.

(megkötött CO₂ mmol/m²/sec)

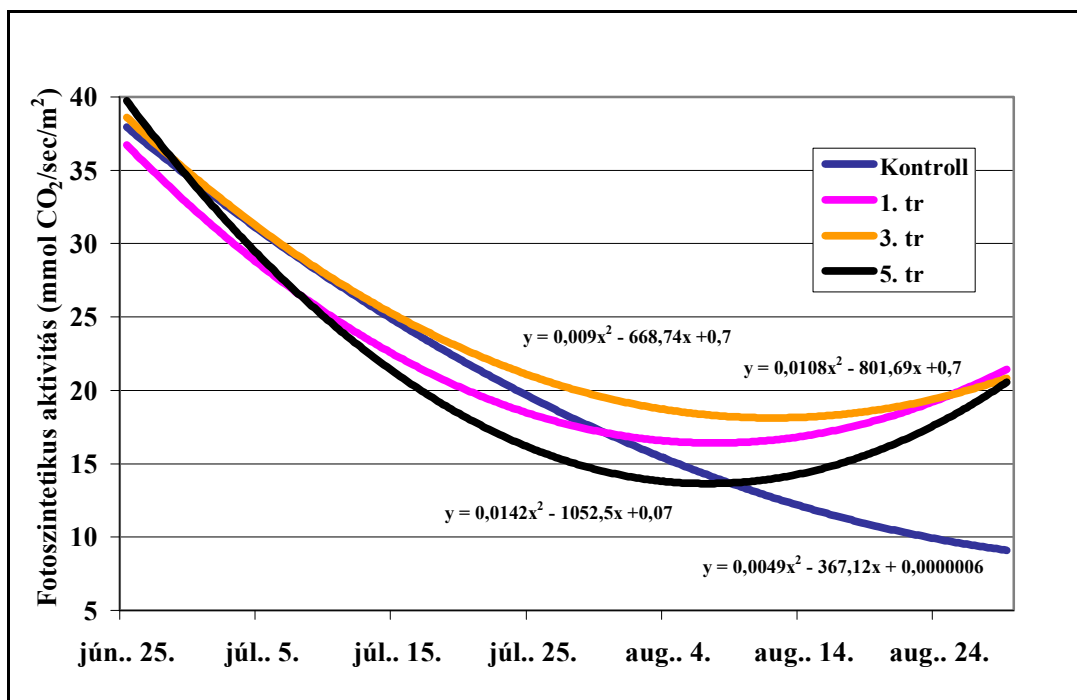
2001. június.25.					
	Katinka	PR36R10	Florenzia	DK 557	Átlag
kontroll	40,13	38,03	41,08	35,18	38,60
1. tr.	33,58	37,88	40,96	40,77	38,30
3. tr.	38,53	41,10	39,91	40,50	40,01
5. tr.	48,87	37,86	36,37	44,15	41,81
2001. július 17.					
	Katinka	PR36R10	Florenzia	DK 557	Átlag
kontroll	24,69	25,51	17,79	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	Florenzia	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	Florenzia	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

Az eredményekből jól látható, hogy a kukorica hibridek 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. Ez is az egyik oka lehet annak, hogy a nagyon nagy adagú műtrágyát kapott parcellák terméseredményei már nem nőnek tovább, bizonyos esetekben pedig terméseszkökenést tapasztalhatunk. 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 (5. ábra).

5. ábra

Kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitása különböző műtrágyakezeléseknél 2001.



2002-ben három alkalommal tudtuk mérni a kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitását, június 24. és augusztus 27. között (15. táblázat). A táblázat adataiból kitűnik, hogy a vizsgálati értékek jóval kisebbek, mint amit 2001-ben mértünk. Az első és második vizsgálatok idején a kísérleti területen és annak nagyobb térségében jelentős vízhiány alakult ki. Ennek következtében a nagyobb levélterülettel rendelkező, tápanyaggal jobban ellátott kukoricánövények jelentős párologtatásuk miatt gyorsan kiszáradtak a környezetük talaját. Ilyen körülmények között a nappali magas hőmérsékleten a növények a kiszáradás ellen a sztómáik bezárásával reagáltak, melyet a méréseink igazoltak, hiszen nagyon kicsi volt a mérés idején a sztómák

légátjárhatósága. Természetesen, mivel a kukorica C4-es növény, a fotoszintézis egy ideig zárt gázcsere nyílások mellett is folytatódik, ez okozta ebben az évjáratban a közepes termésátlagok kialakulását. Természetesen később a feltételek javulásával a növények már jobb sztóma átjárhatóság mellett már fokozottabb fotoszintetikus aktivitást mutattak, de a termésátlagok ennek ellenére sem érték el a 2001-ben kapott értékeket.

15. táblázat Kukoricahibridek fototszintetikus aktivitása 2002-ben.

(megkötött CO₂ mmol/m²/sec)

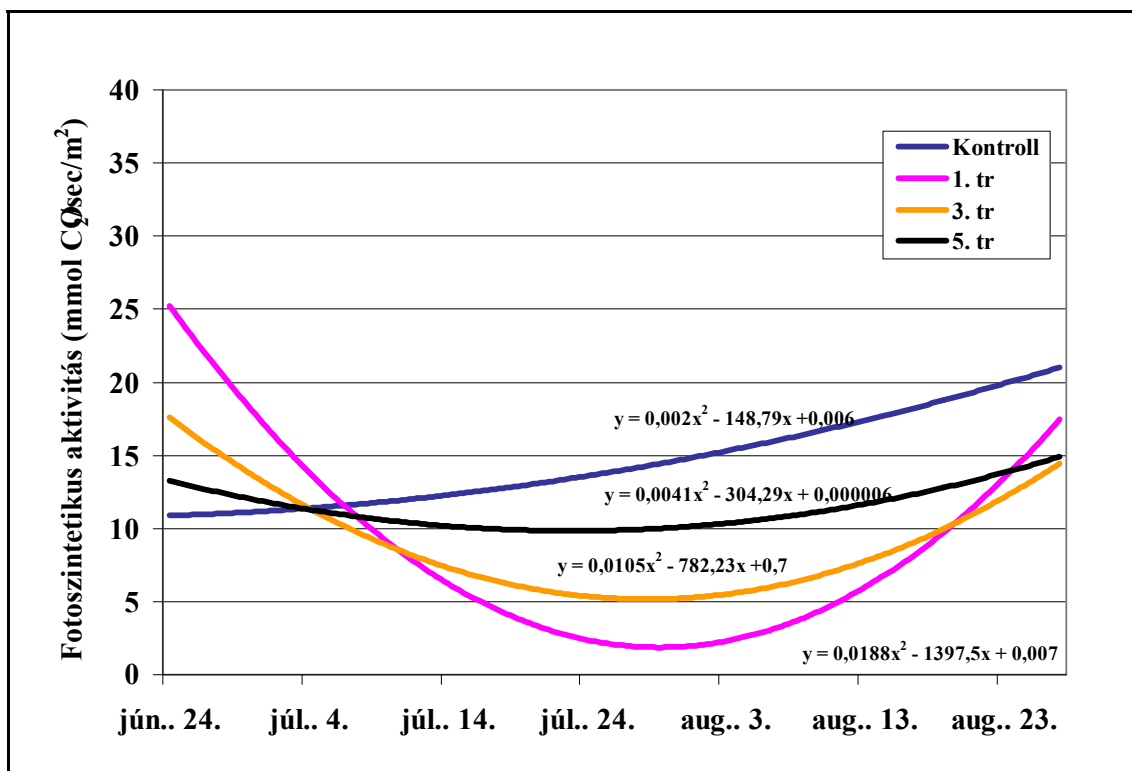
2002. június 24.						
	PR39K38	PR37M81	PR36R10	Mv Maraton	DK 557	Átlag
Kontroll	7,91	10,7	13,97	11,44	10,42	10,89
1. tr.	7,77	45,87	33,1	27,14	12,39	25,25
3. tr.	17,86	29,75	14,48	15,99	9,84	17,58
5. tr.	8,54	11,69	16,61	14,64	14,83	13,26
2002. július 12.						
	PR39K38	PR37M81	PR36R10	Mv Maraton	DK 557	Átlag
Kontroll	10,69	18,23	8,43	16,89	6,14	12,08
1. tr.	4,87	7,49	12,95	9,58	2,44	7,47
3. tr.	7,84	2,37	1,59	24,03	4,04	7,97
5. tr.	12,54	10,51	3,13	18,15	7,31	10,33
2002. augusztus 27.						
	PR39K38	PR37M81	PR36R10	Mv Maraton	DK 557	Átlag
Kontroll	21,925	18,845	21,56	20,895	21,885	21,02
1. tr.	15,29	13,725	20,305	14,305	23,64	17,45
3. tr.	12,31	16,925	14,8	10,69	17,53	14,45
5. tr.	9,935	13,555	15,885	12,59	22,56	14,91

A június végén, július elején kialakuló jelentős vízhiány elsősorban az 1. trágyakezelésben csökkentette a fotoszintézis nagyságát, a megkötött CO₂ mintegy 70%-al csökkent a június 24-én mért értékhez képest. Ez elsősorban az ebben a trágyakezelésben gyorsan kialakuló nagy levélterület párologtatásával magyarázható. Ezt bizonyítja az is, hogy a kis levélterülettel rendelkező kontroll parcellákon a kukoricánövények fotoszintézise nem csökkent, sőt a harmadik mérés alkalmával a legintenzívebb fotoszintézist a kontroll parcella növényei érték el (6. ábra). Az alacsony termésátlag az intenzív szervesanyag termelés ellenére az igen alacsony levélterülettel magyarázható. Mindezek alapján megállapítható, hogy a kukorica termésének nagyságát 2002-ben nem a fotoszintézis nagysága befolyásolta leginkább, hanem a növények levélterületének nagysága, ami a fotoszintézis fő helyszíne.

Mindezek alapján kijelenthető, hogy a termések kialakulását minden esetben a levélterület nagysága és a fotoszintézis intenzitása együttesen befolyásolja. A tápanyagellátás pedig a levélterület nagyságán keresztül, több tényezőt is módosítva, jelentős hatást gyakorol a növény fotoszintetikus aktivitására is.

6. ábra

**Kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitása különböző műtrágyakezelésekben
2002.**



2003-ban négy alkalommal tudtuk mérni a kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitását, június 16. és augusztus 28. között (16. táblázat). A táblázat adataiból kitűnik, hogy a vizsgálatban kapott értékek az első időpont után jóval kisebbek, ami a 2003-ban beköszöntő és tartósan jelen lévő aszálynak volt köszönhető. Ennek következtében a kukoricánövények jelentős párologtatásuk miatt gyorsan kiszáritották a környezetük talaját, és a nappali magas hőmérsékleten a növények a kiszáradás ellen a sztómáik bezárásával reagáltak. Természetesen, mivel a kukorica C4-es növény, a fotoszintézis egy ideig zárt gázcsere nyílások mellett is folytatódik, azonban a hosszan tartó vízhiány már maradandó és visszafordíthatatlan károsodásokat okozott a kukorica sejteiben, szöveteiben, amelyet a gyors alulról fölfelé történő száradás is jól mutatott. 2003-ban később sem javultak jelentősen a feltételek, emiatt a növények végig nagyon

alacsony fotoszintetikus aktivitást mutattak, a termésátlagok ezért a három vizsgált év közül a legkisebb értékeket érték el. Ez a fotoszintetikus aktivitás jelentős csökkenésén kívül a levélfelület drasztikus csökkenésével is magyarázható. Az augusztus 28-i mérés idején a cső magasságában lévő levél alatt minden levél száraz volt, szervesanyag-termelése nem volt, ami szintén jelentősen hozzájárult a termésátlagok drasztikus csökkenéséhez.

16. táblázat Kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitása 2003-ban.

(megkötött CO₂ mmol/m²/sec)

2003. június 16.						
	PR39K38	PR37M81	PR36R10	Mv Maraton	DK 537	Átlag
kontroll	37,41	37,54	35,32	29,99	26,25	33,30
1. tr.	32,14	28,53	38,35	28,57	26,80	30,88
3. tr.	30,70	31,33	41,82	34,86	24,33	32,60
5. tr.	30,98	34,23	39,18	29,90	34,17	33,69
2003. július 01.						
	PR39K38	PR37M81	PR36R10	Mv Maraton	DK 537	Átlag
kontroll	12,41	22,54	16,26	16,80	15,97	16,79
1. tr.	12,52	18,90	11,19	11,55	13,38	13,50
3. tr.	12,95	24,73	11,63	10,73	8,32	13,67
5. tr.	12,58	16,30	11,49	11,62	14,54	13,30
2003. július 29.						
	PR39K38	PR37M81	PR36R10	Mv Maraton	DK 537	Átlag
kontroll	19,07	27,60	18,39	21,90	21,87	21,76
1. tr.	26,26	27,69	27,91	29,09	28,48	27,89
3. tr.	31,62	29,80	32,74	28,16	23,01	29,06
5. tr.	27,48	23,84	26,22	21,26	31,73	26,11
2003. augusztus 28.						
	PR39K38	PR37M81	PR36R10	Mv Maraton	DK 537	Átlag
kontroll	7,02	10,895	11,7	10,11	14,60	10,86
1. tr.	12,47	12,845	15,99	20,52	16,16	15,60
3. tr.	5,55	12,445	16,01	20,71	23,18	15,58
5. tr.	5,70	11,455	15,49	13,64	17,78	12,81

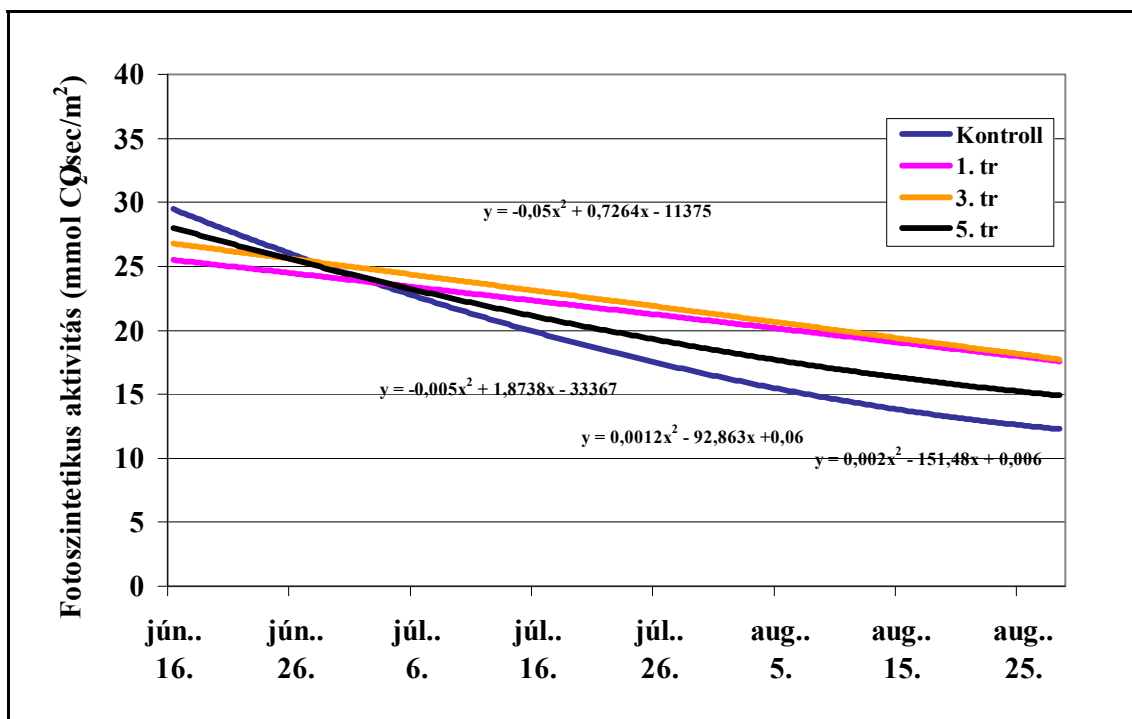
A 2003-ban történt mérések jól mutatják a hibridek között megtalálható különbségeket is. A táblázat utolsó méréseiben látható, hogy az addig kiegyenlített fotoszintetikus aktivitás a hibridek tenyészidejétől függően igen különböző módon változik. A korai éréscsoportba tartozó hibridek (pl. PR39K38) fotoszintetikus teljesítménye, a megkötött CO₂ értéke drasztikusan csökken 19,07-31,62 mmol/m²/sec nagyságról, 5,55-12,47 mmol/m²/sec értékre. Ugyanez a csökkenés a hosszabb

tenyészedejű hibridek esetében kisebb, a hibridek az 1. és a 3. trágyaszinten, optimális tápanyagellátás mellett még mindig elérték a 12,45-23,18 mmol/m²/sec értéket.

A táblázat adatai arra is utalnak, hogy a vízhiány káros hatása nagyobb, ha a növény tápanyaggal nincs optimálisan ellátva. Az 7. ábrán is jól látható, hogy a fotoszintetikus teljesítmény csökkenése a legnagyobb mértékben a kontroll parcellákon figyelhető meg, míg a csökkenés az 1. és a 3. trágyaszinten a legkisebb, ami közelít a növény optimális tápanyagigényéhez. Természetesen ez jelentős hatással van a betakarított termés nagyságára is.

7. ábra

**Kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitása különböző műtrágyakezelésekben
2003.**

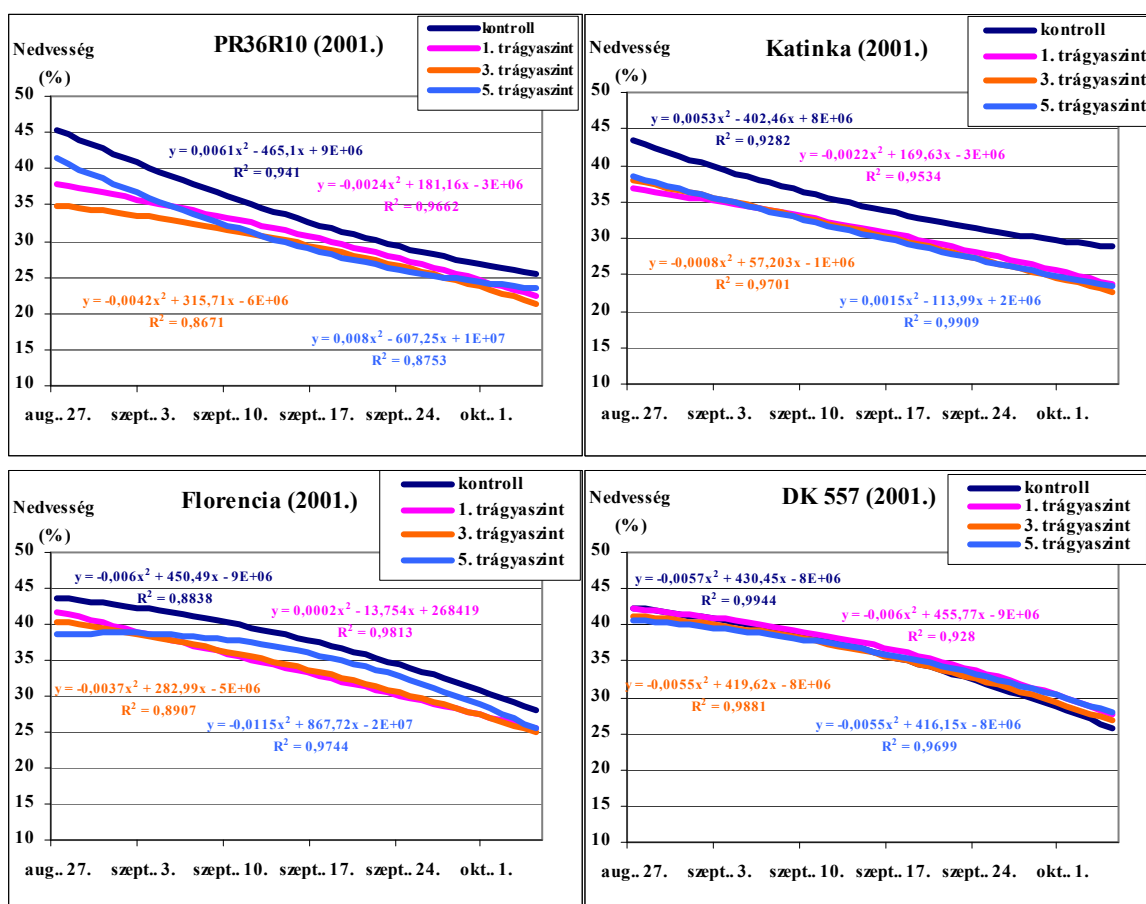


5.1.2. A tápanyagellátás hatása a kukoricahibridek vízleadás dinamikájára és betakarítás kori szemnedvesség tartalmára

2001-2003 között 4 illetve 5 hibridnél mértük augusztus végétől a kukoricahibridek vízleadását a betakarításig, 7 napos időközönként. A kukoricahibridek 2001-ben a klimatikus viszonyoknak köszönhetően sokkal lassabban adták le a nedvességtartalmukat. Az augusztusi nedvességtartalma a kukoricahibrideknek 35-45% között változott. 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 (8. ábra). Az összes hibrid esetében 2001-ben a legkedvezőbb szemnedvességtartalma a 3. trágyaszintnek volt (17. táblázat).

8. ábra. Kukoricahibridek vízleadása különböző trágyakezelésekben. 2001.



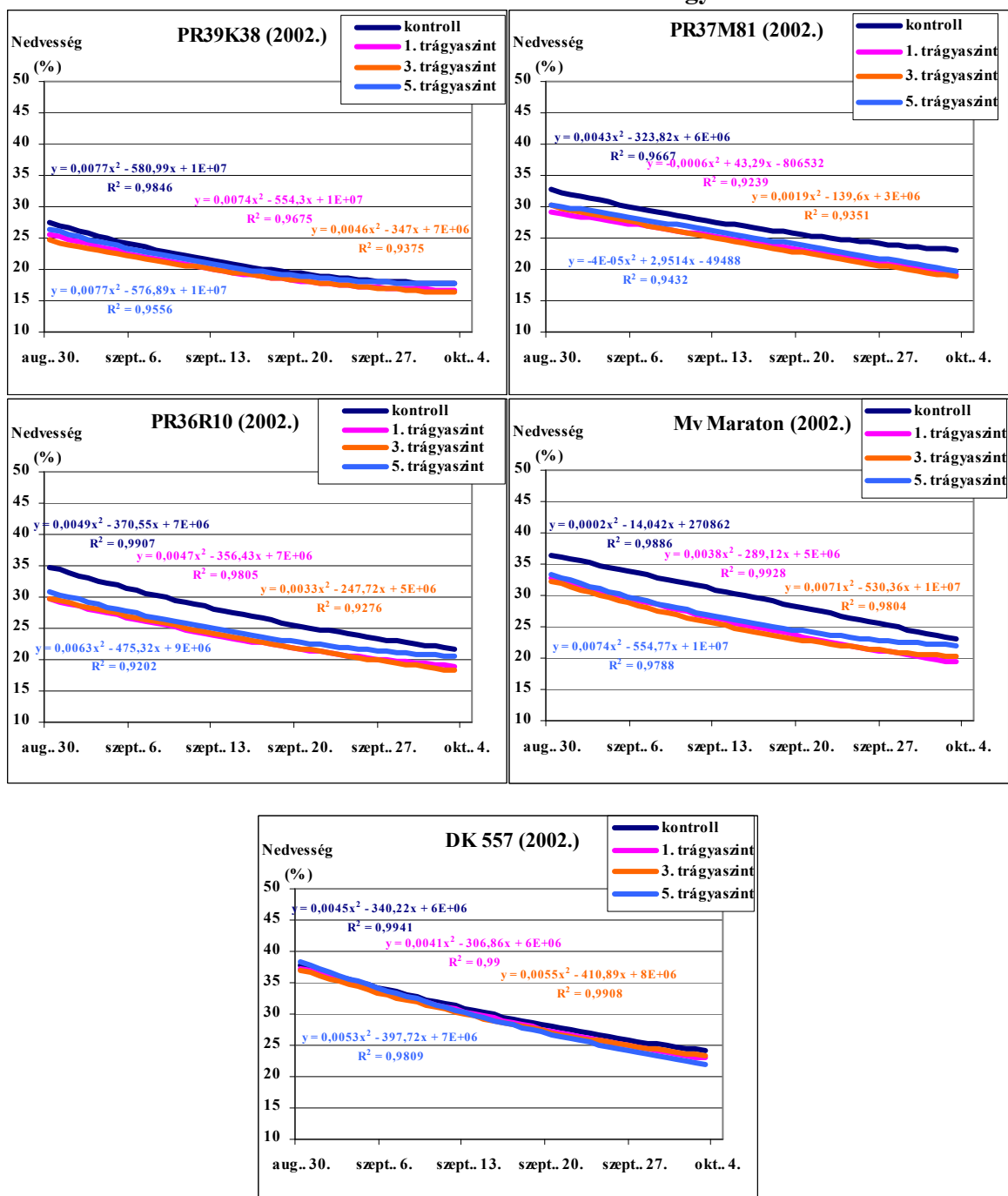
A vizsgált hibridek esetében jól látható, hogy a tápanyagellátás javulásával a hibridek szemnedvességtartalma is jelentősen csökken. A kontroll körülmények között mérhető magasabb szemnedvesség tartalom a statisztikai vizsgálatok alapján, minden mérési időpontban szignifikánsan magasabb, mint jobb tápanyagellátás mellett. Az is megállapítható, hogy a hibridek szemnedvesség-tartalma között lévő nedvesség különbség is eléri a statisztikailag igazolható különbség határát, tehát a növekvő FAO szám (tenyészdő) hatására bekövetkező nedvességtartalom növekedés is megfigyelhető. A szemnedvesség-tartalom eredmények és az SzD_{5%} értékek a 17. táblázatban láthatók.

17. 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	

2002-ben öt hibrid hibridnél végeztük el a vízleadás-dinamikai vizsgálatokat. Az évjárat hatásából adódóan ebben az évben a hibridek szemnedvesség tartalma már a kezdeti mérések idején is alacsonyabb volt és a betakarításkori nedvességtartalom is kedvezőbben alakult (16-24%). 2002-ben is igazolódott az a feltételezésünk, mely szerint a rosszabb tápanyagellátás a növény vízleadását akadályozza, míg a javuló tápanyagellátás elősegíti azt. Ebben az évben is magasabb szemnedvesség tartalmat kaptunk kontroll körülmények között, mely statisztikailag is igazolható volt.

9. ábra. Kukoricahibridek vízleadása különböző trágyakezelésekben. 2002.



2002-ben is a 3. tápanyagszint volt a legkisebb nedvesség tartalmú, míg a kontroll a legnagyobb (9. ábra). A vizsgálataink alapján 2002-ben is minden mintavételi időpontban szignifikánsan nagyobb volt a kontroll parcellák szemnedvesség tartalma, mint amit az 1-5. trágyaszinteken mértünk (18. táblázat). A vizsgált hibridek közül a DK 557 hibrid kiemelhető, hiszen a kezelések között lényeges vízleadási különbség nincs, illetve sokkal lassabb a vízleadása, mint a többi vizsgált hibridé. Ez a

tulajdonsága teszi lehetővé, hogy ezen hibrid mind silókukorica, mind pedig szemes kukorica termesztésére alkalmas lehet.

18. táblázat. A vízleadás dinamikai vizsgálatok eredménytáblázata 2002.

Időpont	Trágyakezelés	Nedvesség-tartalom %	SzD_{5%}
2002. aug. 30.	Kontroll	33,800	1,29 ***
	1. trágyaszint	31,000	
	3. trágyaszint	31,000	
	5. trágyaszint	32,200	
2002. szept. 06.	Kontroll	31,000	1,18 ***
	1. trágyaszint	28,200	
	3. trágyaszint	27,800	
	5. trágyaszint	28,400	
2002. szept. 13.	Kontroll	28,000	1,25 ***
	1. trágyaszint	25,200	
	3. trágyaszint	25,000	
	5. trágyaszint	25,800	
2002. szept. 20.	Kontroll	25,000	1,24 ***
	1. trágyaszint	22,250	
	3. trágyaszint	22,000	
	5. trágyaszint	23,000	
2002. szept. 27.	Kontroll	23,700	1,59 **
	1. trágyaszint	21,300	
	3. trágyaszint	21,300	
	5. trágyaszint	22,400	
2002. okt. 04.	Kontroll	22,000	1,25 ***
	1. trágyaszint	19,400	
	3. trágyaszint	19,200	
	5. trágyaszint	20,200	

Mindezen eredmények alapján megállapítható, hogy az optimális tápanyagellátás a kukorica esetében a terméseredmények növelésén kívül szignifikáns mértékben csökkenti a kukoricahibridek szemnedvesség-tartalmát. Ezt a kedvező hatást a termesztés során mindenképpen figyelembe kell venni!

2003-ban a szintén öt kukoricahibrid vízleadási dinamikájának vizsgálatát végeztük el, mely során az előző két évi eredményekhez hasonló megállapításokat tettünk. 2003-ban is a kontroll körülmények között termesztett kukoricahibridek szemnedvesség-tartalma volt a legnagyobb, amely a tápanyagellátás javulásával csökkent. A legalacsonyabb szemnedvesség-tartalmat ebben az évben az 1. és 3. trágyakezelésben

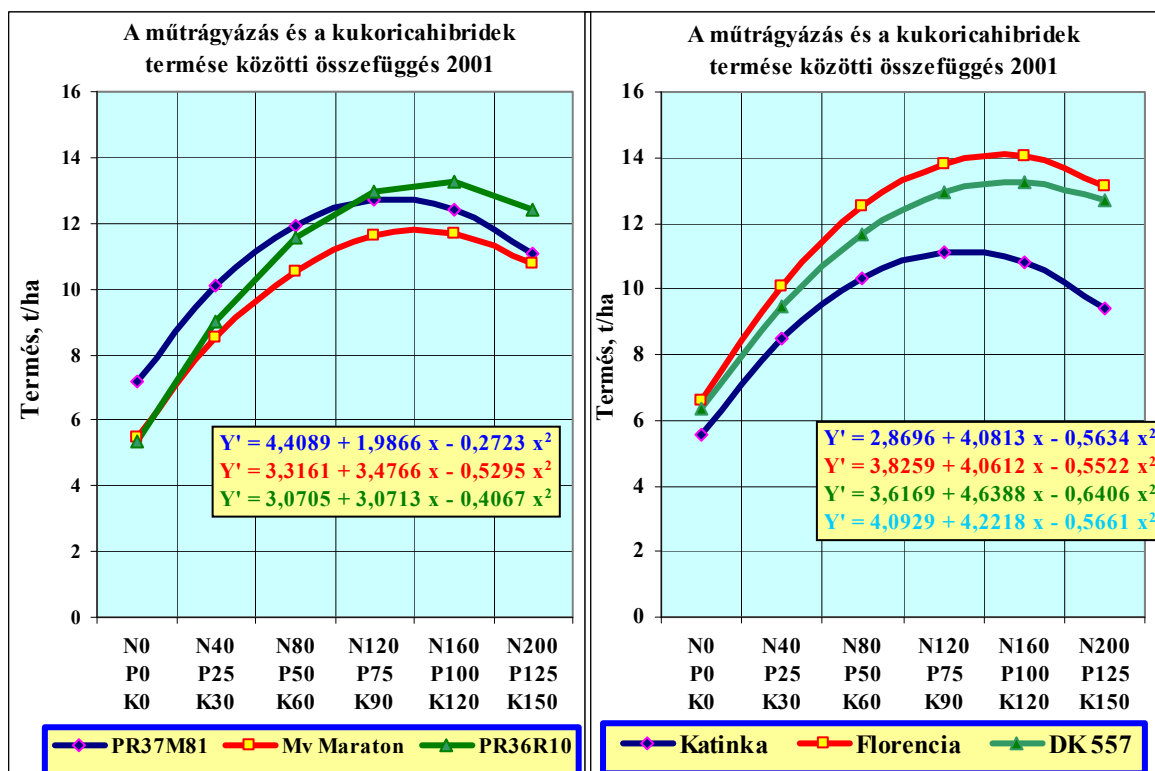
érték el a vizsgált kukorica hibridek, mely szignifikánsan alacsonyabb volt a kontroll körülmények közt mért szemnedvesség-tartalomnál.

5.1.3. 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 és ökonómiai kedvező műtrágya adagját.

2001-ben hat hibrid értékelésére volt lehetőségünk (10. ábra). Jól látható, hogy a FAO 400-as csoportba tartozó középérésű hibridek termése alig kevesebb, mint a FAO 500-as csoportba tartozó késői érésű hibrideké. A késői érésű hibridek nagyobb terméspotenciálja azért nem tudott érvényre jutni, mert e hibridek nagy habitusúak, a nagy termést nagy levélfelület mellett produkálják, amihez a tenyészidő során több csapadékra van szükség. 2001-ben ez a csapadékmennyiség nem állt rendelkezésre.

10. 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 (19. táblázat). A terméseredmények alakulását ebben a táblázatban az összes hibrid átlagában mutatjuk be, hogy a műtrágyázás hatása jellemezhető legyen.

19. 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 felismerhetőek legyenek (20. táblázat).

A hibridek jellemzésénél jól nyomon követhető, hogy a trágyakezelések közül 2001-ben a legtöbb esetben az 1. és a 2. trágyakezelés jelentette a termésnövekedés szempontjából igazolható szignifikáns változást. Az ezt követő trágyaadagok termésnövelő hatása már nem igazolható, sőt sok esetben a trágyaadag csökkentette a terméseredményeket. A kontroll körülményekhez képest természetesen az összes tápanyag-ellátási szinten szignifikáns termésnövekedést kaptunk.

A PR37M81 hibrid kedvező tulajdonsága, hogy kiemelkedő a kontroll körülmények között elért termése, és ezt a termést az első trágyázási szinten szignifikánsan képes növelni. Maximális termése a 80 kg/ha N+P, K szinten alakul ki (12,027 t/ha). Az Mv Maraton és a Katinka hibridek termése mind kontroll körülmények között, mind pedig trágyázott körülmények között elmarad az előző hibrid terméseredményeitől. Terméseredményeik szintén a 80 kg/ha N+P, K tápanyagszint mellett érték el a

maximumukat. Az Mv Maraton esetében a 2. trágyaszint is szignifikáns termésnövekedést eredményezett, de a magasabb adagú műtrágyák hatása itt sem éri el a szignifikáns határt.

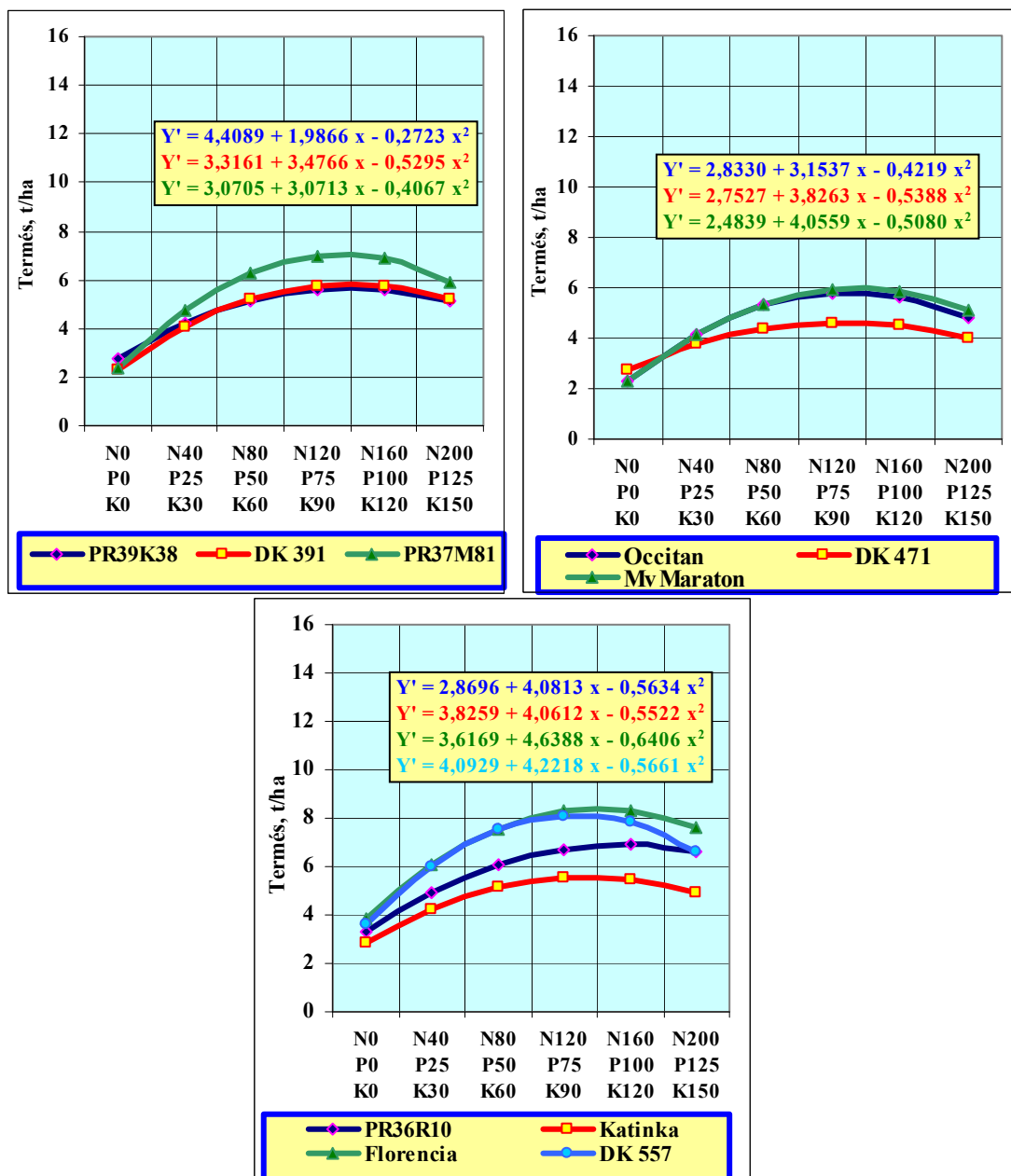
20. táblázat. A kukorica hibridek termőképességének és trágyareakciójának eredményei 2001.

	Tápanyag- ellátás	Termésátlag t/ha	Termés- többlet t/ha	1 kg NPK hatóanyagra jutó többlettermés
PR37M81	Kontroll	6,183	-	-
	1. trágyaszint	11,822	5,636***	59,33
	2. trágyaszint	12,027	1,017	10,71
	3. trágyaszint	11,994	-0,033	-0,35
	4. trágyaszint	11,712	-0,282	-2,968
	5. trágyaszint	11,741	0,029	0,31
Mv Maraton	Kontroll	4,947	-	-
	1. trágyaszint	8,931	3,984***	41,94
	2. trágyaszint	11,541	2,610***	27,47
	3. trágyaszint	10,996	-0,545	-5,74
	4. trágyaszint	10,669	-0,327	-3,44
	5. trágyaszint	11,463	0,794	8,35
PR36R10	Kontroll	4,475	-	-
	1. trágyaszint	10,632	6,157***	64,81
	2. trágyaszint	11,215	0,583	6,137
	3. trágyaszint	13,088	1,873	19,72
	4. trágyaszint	11,946	-1,142	-12,02
	5. trágyaszint	13,210	1,264	13,30
Katinka	Kontroll	4,849	-	-
	1. trágyaszint	9,568	4,719***	49,67
	2. trágyaszint	10,587	1,019	10,73
	3. trágyaszint	10,882	0,295	3,11
	4. trágyaszint	9,673	-1,209	-12,73
	5. trágyaszint	10,112	0,439	4,62
Florenzia	Kontroll	6,186	-	-
	1. trágyaszint	10,892	4,706***	49,54
	2. trágyaszint	12,358	1,466	15,43
	3. trágyaszint	13,498	1,140	12,00
	4. trágyaszint	13,924	0,426	4,484
	5. trágyaszint	13,271	-0,653	-6,874
DK 557	Kontroll	5,487	-	-
	1. trágyaszint	11,078	5,591***	58,85
	2. trágyaszint	11,929	0,851	8,958
	3. trágyaszint	11,534	-0,395	-4,158
	4. trágyaszint	13,397	1,863	19,61
	5. trágyaszint	12,992	-0,405	-4,263

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. Ez az igen kiváló tápanyag-hasznosító képességüket mutatja. Ezen hibridek trágyázásánál nagyobb adag (120kg/ha N+P, K) is javasolható, hiszen az egységnyi műtrágyára jutó termésnövekedés is igen kedvező (12,0-19,72 kg termés/1kg műtrágya hatóanyag) a magasabb 3. 4. trágyaszint mellett is.

2002-ben a vizsgálatokat szintén elvégeztük, de ekkor már 10 hibrid részletes vizsgálatára nyílt lehetőségünk (11. ábra).

11. ábra A műtrágyázás és a kukoricahibridek termése közötti összefüggés 2002



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 okozzon, 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 termés-csökkenés volt megfigyelhető *21. táblázat*. Ezzel szemben 2001-ben a 2. trágyaszint is szignifikáns termésnövekedést okozott az 1. tápanyagszinthez viszonyítva, mely a harmonikusabb vízellátásra vezethető vissza.

21. 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	

A hibridek egyedi vizsgálatával 2002-ben is lehetővé vált, hogy a legjobb genetikai tulajdonsággal rendelkező hibrideket külön is értékelhessük. A hibridek vizsgálatánál

szembetűnő, hogy az elért kontroll termések rendkívül alacsonyak. A száraz évjárat hatása tehát elsősorban a kontroll parcellák termésének jelentős csökkenésében mutatkozik meg. A kontroll parcellák terméscsökkenése az előző évhez képest 56,2%, míg az 1. és 2. trágyaszint termése csak 47,73%-al illetve 50,16%-al csökkent. Mindez azt mutatja, hogy a kedvezőtlen évjáratok hatását a harmonikus tápanyagellátás kis mértékben csökkenteni képes, egyfajta puffer hatását tölti be.

Az évjárat kedvezőtlen hatását az is igazolja, hogy a tápanyagellátás hatása sokkal kevésbé igazolható statisztikailag, a vizsgált tíz hibridből kettő esetében nem igazolható a tápanyagellátás pozitív hatása a termések nagyságára 22. táblázat.

22. táblázat. A kukoricahibridek termőképességének és trágyareakciójának eredményei 2002.

Hibrid	Tápanyag-ellátás	Termésátlag t/ha	Termés-többlet t/ha	1 kg NPK hatóanyagra jutó többlettermés
PR39K38	Kontroll	2,391	-	-
	1. trágyaszint	4,806	2,415***	25,42
	2. trágyaszint	5,224	0,418	4,40
	3. trágyaszint	5,494	0,270	2,84
	4. trágyaszint	4,952	-0,542	-5,70
	5. trágyaszint	5,495	0,543	5,71
DK 391	Kontroll	1,597	-	-
	1. trágyaszint	5,210	3,613***	38,03
	2. trágyaszint	5,426	0,216	2,27
	3. trágyaszint	5,268	-0,158	-1,66
	4. trágyaszint	5,003	-0,265	-2,79
	5. trágyaszint	5,757	0,754	7,94
PR37M81	Kontroll	1,951	-	-
	1. trágyaszint	5,385	3,434***	36,15
	2. trágyaszint	6,371	0,986	10,38
	3. trágyaszint	6,911	0,540	5,68
	4. trágyaszint	6,118	-0,793	-8,35
	5. trágyaszint	6,347	0,229	2,41
Occitan	Kontroll	1,846	-	-
	1. trágyaszint	4,855	3,009	31,67
	2. trágyaszint	5,440	0,585	6,16
	3. trágyaszint	5,511	0,071	0,75
	4. trágyaszint	5,169	-0,342	-3,60
	5. trágyaszint	5,188	0,019	0,20
DK 471	Kontroll	2,188	-	-
	1. trágyaszint	4,776	2,588	27,24
	2. trágyaszint	4,312	-0,464	-4,88
	3. trágyaszint	4,514	0,202	2,13
	4. trágyaszint	3,687	-0,827	-8,71
	5. trágyaszint	4,517	0,830	8,74

22. táblázat folytatása. A kukorica hibridek termőképességének és trágyareakciójának eredményei 2002.

Hibrid	Tápanyag-ellátás	Termésátlag t/ha	Termés-többlet t/ha	1 kg NPK hatóanyagra jutó többlettermés
Mv Maraton	Kontroll	1,576	-	-
	1. trágyaszint	5,366	3,790***	39,89
	2. trágyaszint	5,339	-0,027	-0,28
	3. trágyaszint	5,551	0,212	2,23
	4. trágyaszint	5,153	-0,398	-4,19
	5. trágyaszint	5,635	0,482	5,07
PR36R10	Kontroll	3,001	-	-
	1. trágyaszint	5,625	2,624***	27,62
	2. trágyaszint	5,646	0,021	0,22
	3. trágyaszint	7,012	0,366	3,85
	4. trágyaszint	6,392	-0,620	-6,53
	5. trágyaszint	6,902	0,510	5,37
Katinka	Kontroll	2,634	-	-
	1. trágyaszint	4,694	2,060***	21,68
	2. trágyaszint	5,029	0,335	3,53
	3. trágyaszint	5,405	0,376	3,96
	4. trágyaszint	5,309	-0,096	-1,01
	5. trágyaszint	5,072	-0,237	-2,49
Florenzia	Kontroll	3,387	-	-
	1. trágyaszint	6,721	3,334***	35,09
	2. trágyaszint	7,694	0,973	10,24
	3. trágyaszint	8,305	0,611	6,43
	4. trágyaszint	7,545	-0,760	-8,00
	5. trágyaszint	8,099	0,554	5,83
DK 557	Kontroll	2,887	-	-
	1. trágyaszint	7,386	4,499***	47,36
	2. trágyaszint	7,384	-0,002	-0,02
	3. trágyaszint	7,733	0,349	3,67
	4. trágyaszint	7,194	-0,539	-5,67
	5. trágyaszint	7,144	-0,050	-0,53

A terméseredményekből is jól kitűnik, hogy a szignifikáns hatások jórészt csak az első trágyakezelésnél igazolhatóak a további nyolc hibrid esetében is. A további trágyakezelések termésre gyakorolt hatása minimális.

A tápanyag hasznosulás vizsgálatánál megállapítottuk, hogy míg 2002-ben az első trágyakezelés esetén az 1 kg műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés nagysága elérte a 49.54 – 64.81 kg-ot, addig 2001-ben ugyanez a termésnövekedés csak 21.68 – 47.36 kg között változott. A második tápanyagszint termésnövelő hatásaként azonban lényegesen alacsonyabb értékeket kaptunk 2002-ben. 2001-ben a 2. trágyaszint a

terméseket 6.137 – 27.47 kg-mal növelte 1 kg műtrágya hatóanyagra számítva. 2001-ben egyes hibridek esetében még a harmadik trágyakezelés is hasonló eredményeket mutatott. Ezzel szemben 2002-ben sokkal kedvezőtlenebb eredményeket kaptunk.

A 2. tápanyagszint 2002-ben egyes hibrideknél már nem okozott termésnövekedést, hanem termés-csökkentő tényezőként lépett fel. Az 1 kg műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés -4.88 – 10.38 kg között változott az előző trágyaszint terméséhez viszonyítva.

A tápanyagok hasznosulásának ilyen mértékű csökkenése szoros összefüggésben van a talaj nedvességekészletével, hiszen a szervesetlen tápanyagok növényi felvétele minden esetben a vízhez kötődik.

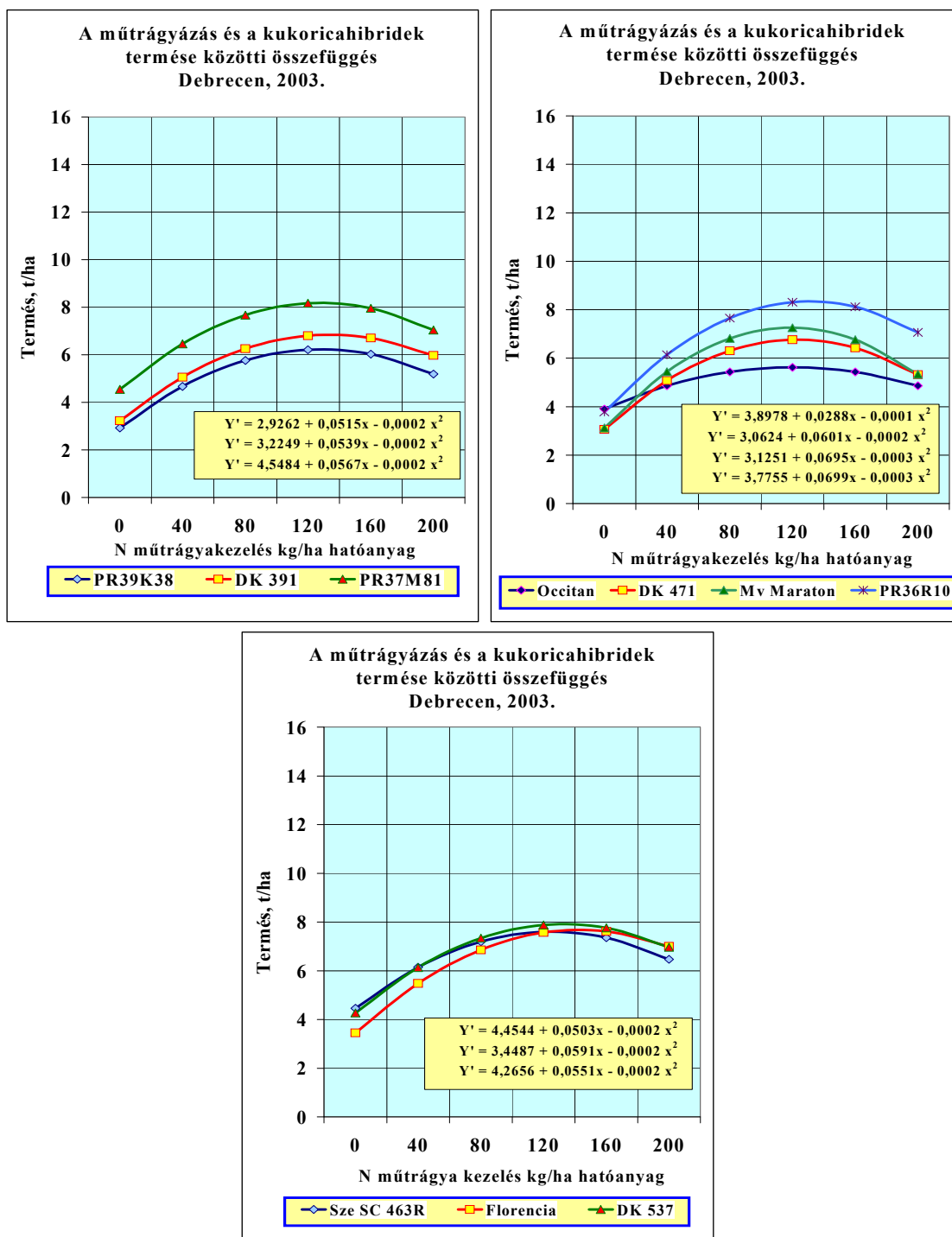
2003-ban szintén 10 hibrid részletes vizsgálatára nyílt lehetőségünk *12. ábra*. A vizsgált hibridek terméseredményei szintén alacsonyabbak voltak az átlagosnál, a kedvezőtlen, aszályos évjárat hatásának köszönhetően.

A terméseredmények vizsgálatánál megállapítható, hogy a korai érésű kukorica hibridek maximális terméseredményei 6-7 t/ha körül, míg a késői éréscsoportba tartozó kukorica hibridek maximális termése 7-8 t/ha körül alakult, amely elmarad a 2001. év eredményeitől. Ez hasonlóan az előző 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. Kisebb termésátlagot értek el a PR39K38, valamint az Occitan hibridek.

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 kukorica hibrid trágyareakciója is. A többi hibrid trágyareakciója elmaradt ezen hibridek eredményeitől, sőt az egyik vizsgált kukorica hibrid (Occitan) kifejezetten gyenge trágyareakcióval jellemezhető.

A csapadékhiány ellenére az éréscsoportok közötti különbségek jól megfigyelhetők voltak 2003-ban is. Az igen korai éréscsoportba tartozó hibridek termése kis mértékben alacsonyabb volt (3-7 t/ha), mint a késői éréscsoport hibridjeinek termése mely (4-8 t/ha) között változott a trágyakezeléstől függően.

12. ábra A műtrágyázás és a kukorica hibridek termése közötti összefüggés, Debrecen 2003.



A műtrágyázás hatásának a vizsgálata 2003-ban is jól mutatta a száraz évjárat hatását a kukorica hibridek 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 termés csökkenést okozott a kukorica hibrideknél 2003-ban (23. táblázat).

23. 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	

A hibridek egyedi vizsgálatával 2003-ban is lehetővé vált, hogy a legjobb genetikai tulajdonsággal rendelkező hibrideket külön-külön is elemzés alá vonjuk. A vizsgált hibridek eredményeit elemezve szembetűnő, hogy a kontroll, tápanyagkezelés nélküli parcellák termései rendkívül alacsonyak. Az aszályos évjárat hatása tehát elsősorban a tápanyaghiányban szenvedő növények termésének jelentős csökkenésében mutatkozik meg. A kontroll parcellák termés csökkenése a 2001. kedvezőbb csapadék ellátottságú évhez képest 43,87%, míg az 1. és 2. trágyaszinten mért termés csökkenés csak 36,53% illetve 39,68% volt 2003-ban, ami azt mutatja, hogy a kedvezőtlen évjáratok hatását a tápanyagellátás kis mértékben csökkenteni képes.

Az évjárat kedvezőtlen hatását az is igazolja, hogy a tápanyagellátás termésnövelő hatása sokkal kevésbé igazolható. A vizsgált tíz hibridből minden esetben igazolható a tápanyagellátás pozitív hatása a termések nagyságára 24. táblázat, de a szignifikáns hatások jórészt csak az első trágyakezelés esetében igazolhatóak, a további trágyakezelések termésátlagokra gyakorolt hatása minimális. Egy hibrid esetében volt csak megállapítható, hogy a 2. trágyakezelés (80 kg/ha N+P,K) hatására a termésátlag szignifikáns mértékben növekedett.

A tápanyag hasznosulás vizsgálatánál megállapítottuk, hogy az 1. trágyakezelésben mért 1 kg műtrágya hatóanyagra jutó termésnövekedés nagysága elérte a 20.42 – 48.84 kg-ot, ami elmarad a kedvezőbb 2001-ben mért értékektől. A második tápanyagszint termésnövelő hatásaként lényegesen alacsonyabb értékeket kaptunk 2003-ban is. 2001-

ben a 2. trágyaszint a terméseket 6.137 – 27.47 kg-mal növelte 1 kg műtrágya hatóanyagra számítva, míg ez 2003-ban három vizsgált kukorica hibrid esetében már termés csökkentő kezelésnek bizonyult (-8,95 – 8,42 kg terméshozadék/kg hatóanyag). 2003-ban a vizsgált kukorica hibridek közül a PR37M81 hibrid emelhető ki, amely tápanyagreakciója igen kiváló, a maximális termését a 120 kg/ha N+P,K kezelésben érte el, termés csökkenés csak ezután volt megfigyelhető még aszályos évben is. Ezzel szemben az Occitan hibrid termése a 40 kg/ha N+P,K kezelésnél elérte azt a termésátlagot, amely a további kezelések hatására sem változott, de abszolút értékben is elmaradt a többi hibrid eredményeitől.

24. táblázat. A kukorica hibridek termőképességének és trágyareakciójának eredményei 2003.

Hibrid	Tápanyag-ellátás	Termésátlag t/ha	Termés-többlet t/ha	1 kg hatóanyagra jutó többlettermés
PR39K38	Kontroll	2,52	-	-
	1. trágyaszint	5,26	2,74***	28,84
	2. trágyaszint	6,01	0,75***	7,89
	3. trágyaszint	5,95	-0,06	-0,63
	4. trágyaszint	5,44	-0,51	-5,37
	5. trágyaszint	5,57	0,13	1,37
DK 391	Kontroll	2,57	-	-
	1. trágyaszint	6,27	3,70***	38,95
	2. trágyaszint	6,20	-0,07	-0,74
	3. trágyaszint	6,75	0,55	5,79
	4. trágyaszint	6,24	-0,51	-5,37
	5. trágyaszint	6,38	0,14	1,47
PR37M81	Kontroll	4,04	-	-
	1. trágyaszint	7,24	3,20***	33,68
	2. trágyaszint	7,85	0,61	6,42
	3. trágyaszint	8,01	0,16	1,68
	4. trágyaszint	7,16	-0,85	-8,95
	5. trágyaszint	7,57	0,41	4,32
Occitan	Kontroll	3,53	-	-
	1. trágyaszint	5,47	1,94***	20,42
	2. trágyaszint	5,47	0,00	0,00
	3. trágyaszint	5,51	0,04	0,42
	4. trágyaszint	4,91	-0,60	-6,32
	5. trágyaszint	5,18	0,27	2,84
DK 471	Kontroll	2,38	-	-
	1. trágyaszint	6,26	3,88***	40,93
	2. trágyaszint	6,24	-0,02	-0,21
	3. trágyaszint	6,61	0,37	3,89
	4. trágyaszint	5,57	-1,04	-10,95
	5. trágyaszint	5,89	0,32	3,37

24. táblázat folytatása. A kukorica hibridek termőképességének és trágyareakciójának eredményei 2003.

Hibrid	Tápanyag-ellátás	Termésátlag t/ha	Termés-többlet t/ha	1 kg hatóanyagra jutó többlettermés
Mv Maraton	Kontroll	2,25	-	-
	1. trágyaszint	6,89	4,64***	48,84
	2. trágyaszint	7,03	0,14	1,47
	3. trágyaszint	6,59	-0,44	-4,63
	4. trágyaszint	5,98	-0,61	-6,42
	5. trágyaszint	5,99	0,01	0,11
PR36R10	Kontroll	3,06	-	-
	1. trágyaszint	7,30	4,24***	44,63
	2. trágyaszint	7,89	0,59	6,21
	3. trágyaszint	7,77	-0,12	-1,26
	4. trágyaszint	7,39	-0,38	-4,00
	5. trágyaszint	7,61	0,22	2,32
Sze SC 463R	Kontroll	3,41	-	-
	1. trágyaszint	8,05	4,64***	48,84
	2. trágyaszint	7,20	-0,85	-8,95
	3. trágyaszint	6,58	-0,62	-6,53
	4. trágyaszint	6,96	0,38	4,00
	5. trágyaszint	7,02	0,06	0,63
Florenzia	Kontroll	2,56	-	-
	1. trágyaszint	6,91	4,35***	45,79
	2. trágyaszint	7,22	0,31	3,26
	3. trágyaszint	6,81	-0,41	-4,32
	4. trágyaszint	6,79	-0,02	-0,21
	5. trágyaszint	7,69	0,90	9,47
DK 537	Kontroll	3,74	-	-
	1. trágyaszint	6,90	3,16***	33,26
	2. trágyaszint	7,70	0,80	8,42
	3. trágyaszint	7,55	-0,15	-1,58
	4. trágyaszint	6,96	-0,59	-6,21
	5. trágyaszint	7,52	0,56	5,84

A nagyobb adagú trágyakezelés termés-csökkentő hatását legszembetűnőbben az Sze SC 463R esetében tapasztaltuk, ahol a 2. és 3. kezelés termés-csökkentő hatása igen jelentős, a 120 kg/ha N+P,K kezelésben mért termésátlag már szignifikánsan kisebb volt, mint a 40 kg/ha N+P,K kezelés termésátlaga.

A tápanyagok hasznosulásának ilyen mértékű romlása szoros összefüggésben van a talaj nedvességtartásával.

5.1.4. A termésképző elemek változása különböző tápanyagszinteken

A kukorica termésének nagyságát elsősorban a termésképző elemek (ezerszemtömeg, sorok száma, egy sorban lévő szemek száma, területegységre vetített szemszám) határozzák meg. A termések növekedése a tápanyagellátás hatására valamely termésképző elem/elemek változása miatt következik be. A kísérletek során nyomon követtük, hogy a tápanyagellátás mely termésképző elemre van a legnagyobb hatással.

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. Az eredményekből megállapítható, hogy 2001-ben a tápanyagellátás növelésével a kukoricahibridek ezerszemtömege a kontroll viszonyokhoz képest jelentősen növekedett, a maximumát pedig a 3. trágyakezelésben érte el, amely nem csak a kontroll kezeléshez viszonyítva, hanem az 1. trágyakezeléshez viszonyítva is meghaladta a szignifikáns határt (25. táblázat).

25. táblázat. Az NPK műtrágyázás hatása az ezerszemtömeg változására a vizsgált hibridek átlagában, 2001.

2001.	Ezerszemtömeg (g)	SzD _{5%}
Kontroll	248,958	11,02
1. trágyaszint	288,750	
2. trágyaszint	292,500	
3. trágyaszint	302,292	
4. trágyaszint	297,708	
5. trágyaszint	302,083	

2002-ben az ezerszemtömeg hasonló változásait figyelhettük meg, mint az előző évben. A tápanyagellátás ebben az évben is szignifikáns hatással volt a kukoricahibridek ezerszemtömegére. A vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy a kontroll parcellákon mért ezerszemtömegek voltak a legalacsonyabbak, valamint a 3. trágyaszinten mértük a legnagyobb ezerszemtömeget 2002-ben. Az ezerszemtömeg a harmadik trágyaszintig statisztikailag is igazolhatóan növekedett, nagyobb volt, mint a kontroll, az 1. és a 2. trágyaszinten. A harmadik trágyaszint után viszont nincs statisztikailag igazolható különbség a mért ezerszemtömegek között, csak tendencia jellegű csökkenést figyelhettünk meg. A kontroll parcellákon mért ezerszemtömegek minden trágyakezeléstől szignifikánsan kisebbek voltak (26. táblázat).

26. táblázat Az NPK műtrágyázás hatása az ezerszemtömeg változására a vizsgált hibridek átlagában, 2002.

2002.	Ezerszemtömeg (g)	SzD _{5%}
Kontroll	258,833	9,78
1. trágyaszint	309,333	
2. trágyaszint	312,333	
3. trágyaszint	323,500	
4. trágyaszint	315,500	
5. trágyaszint	319,667	

2003-ban az ezerszemtömeg alakulásának vizsgálatakor hasonló változást figyelhettük meg, mint 2001-2002-ben. A tápanyagellátás 2003-ban is szignifikáns hatással volt a kukoricahibridek ezerszemtömegére. A kontroll parcellákon mértük a legalacsonyabb ezerszemtömeg eredményeket, míg a 3. trágyaszinten kaptuk a legnagyobb ezerszemtömeget 2003-ban. Az ezerszemtömeg viszont csak a második trágyaszintig nőtt statisztikailag is igazolhatóan, az értéke nagyobb volt, mint a kontroll és 1. trágyaszinten. A második trágyaszint után viszont nem tudtunk statisztikailag igazolható különbséget kimutatni a mért ezerszemtömegek között, csak tendencia jellegű változásokat figyelhettünk meg. A kontroll parcellákon mért ezerszemtömegek minden trágyakezeléstől szignifikánsan kisebbek voltak 2003-ban is (27. táblázat).

27. táblázat Az NPK műtrágyázás hatása az ezerszemtömeg változására a vizsgált hibridek átlagában, 2003.

2003.	Ezerszemtömeg (g)	SzD _{5%}
Kontroll	244,833	9,35
1. trágyaszint	298,500	
2. trágyaszint	316,667	
3. trágyaszint	319,833	
4. trágyaszint	319,667	
5. trágyaszint	319,833	

A terméskepző elemek vizsgálatakor 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 (28. táblázat)

28. táblázat Összefüggés az NPK műtrágyázás és a kukorica hibridek termésénél vizsgált szemsorok száma között

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

2001-ben a trágyázás hatására szignifikáns változást csak a kontroll és a trágyázott parcellák között mértünk. Az első trágyaadag hatására a kukoricacsövön lévő sorok száma a kontroll körülményekhez viszonyítva 1,108-1,20-al nőtt, ami meghaladja a szignifikáns határt. A trágyaadag további növelésével a sorok számában további változást nem tapasztalhattunk.

2002-ben is hasonló eredményeket kaptunk, hiszen igazolhatóan a sorok számának növekedése csak a kontroll és a trágyázott parcellák között volt mérhető. A kontroll körülményekhez képest a trágyázott parcellákon 2,02-2,25 sorral növekedett a csövön lévő sorok száma. A trágyázott parcellák között további különbséget nem tapasztaltunk.

2003-ban a jelentős vízhiány következtében akadályozott volt a termések korai differenciálódásának időszakában a növények tápanyagfelvétele, melynek következtében a jobb tápanyagellátottságú parcellákon sem tapasztaltuk a sorok számának a növekedését, a kontroll viszonyokhoz képest. Ez elsősorban annak volt

köszönhető, hogy a növények a tápanyagaikat mindig oldott formában veszik fel, amely száraz körülmények közt akadályozott. Ennek eredményeként nem találtunk igazolható különbséget a kontroll és műtrágyázott parcellák eredményei közt.

A tápanyagellátás hiánya tehát igen jelentős hatással van a kukoricacsövön kialakuló sorok számának alakulására. A tápanyaghiány feltehetőleg már a termések differenciálódásának korai szakaszában jelentős negatív hatással bír, ami meghatározza a kialakuló sorok számát. A tápanyagellátás növelésével nem tapasztaltunk további változást, ami arra utalhat, hogy a 40 kg N+P,K tápanyagmennyiség már elegendő ahhoz, hogy a kukoricacső genetikailag erősen meghatározott sorszáma kialakulhasson. A tápanyagellátás javulása éppen ezért nem okozott további növekedést.

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 (29. táblázat).

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

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

2001-ben a kontroll körülményekhez képest minden tápanyagszinten szignifikáns növekedést figyelhattunk meg a szemszám alakulásában. A trágyaszintek közötti további szignifikáns változást nem mértünk, de a maximumot a 2. trágyaszinten értük el. 2002-ben is hasonló eredményeket kaptunk, ebben az évben is jelentős, szignifikáns különbség alakult ki a kontroll és a tápanyaggal ellátott parcellák eredményei között. A szemek számának maximuma ebben az évben a 3. trágyaszinten volt mérhető. 2003-ban a szemek száma a 1. trágyaszinten érte el a maximumot, mely szignifikánsan nagyobb volt a kontroll körülmények közt, valamint az 5. trágyaszinten mért szemszámoknál is. A trágyázott parcellákon a trágyaadag növekedésével a szemszám csökkenését figyelhattuk meg.

A korreláció vizsgálata is megmutatta, hogy a legszorosabb összefüggés a vizsgált termésképző elemek közül a trágyázás és az ezerszemtömeg között van. Minden évben 0,4 fölötti értéket kaptunk (0,409-0,660) (30. táblázat). A termésképző elemek közül ezután az egy sorban lévő szemek számánál kaptunk 0,364-0,644-es értékeket. A legkisebb korrelációt a sorok száma és a trágyázás között kaptuk, amely utal arra, hogy a kukorica hibridek termésének sorszáma a hibrid genetikája által erősen meghatározott tulajdonság, a termesztési tényezők hatása a legkisebb erre a tényezőre. A másik két tényező esetében a termesztési tényezők (pl. trágyázás) hatása sokkal jelentősebb, tehát a termések növekedéséért elsősorban –e két tényező a felelős.

30. táblázat A termésképző elemek és a trágyázás közötti korreláció 2001-2003.

2001.	
Ezerszemtömeg	0,417**
Sorok száma	0,237**
Egy sorban lévő szemek száma	0,455**
2002.	
Ezerszemtömeg	0,409**
Sorok száma	0,322**
Egy sorban lévő szemek száma	0,364**
2003.	
Ezerszemtömeg	0,660**
Sorok száma	0,257**
Egy sorban lévő szemek száma	0,644**

A tápanyagellátás hatása tehát igen jelentős a termésképző elemek alakulására. A vizsgált tényezők mindegyikénél jelentős növekedést mérhattunk a tápanyag nélküli, kontroll parcellák és a tápanyaggal ellátott parcellák eredményei között. A termés

differentiálódásának korai szakaszában kialakul a sorok száma, ami korai jó tápanyagellátást igényel. Ezután kialakul a differentiálódó termésben a lehetséges maximális szemszám, melyet a megtermékenyítés idején uralkodó termesztési tényezők is befolyásolhatnak. Végül, a termések szemtelítődésének időszakában az intenzív szervesanyag beépülés idején alakul ki az ezerszemtömeg végső értéke, ami erősen függ a növény tápanyagellátásától. Ezen tényezők is felhívják tehát a figyelmet arra, hogy a nagy termések kialakulásának a feltétele, hogy a teljes vegetációs időszak alatt biztosítsuk a növény számára szükséges tápanyagmennyiségeket.

5.1.5. A tápanyagellátás hatása a termés minőségére

2001-ben és 2002-ben végeztük el a trágyázás hatásának vizsgálatát a kukorica beltartalmi paramétereire. Vizsgálataink során figyelemmel kísértük a nyersfehérje tartalom, a keményítő tartalom és a nyersolaj tartalom változását a különböző tápanyagellátású parcellákon.

Elsőként a nyersfehérje tartalom változását vetettük részletesebb elemzés alá. A nyersfehérje tartalom alakulásában 2001-ben szignifikáns növekedést figyelhattunk meg, ami mindenképpen egy jelentős minőségjavító tényező (31. táblázat).

31. táblázat A kukorica nyersfehérje tartalma különböző tápanyagszinteken, 2001

2001.	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%}
Kontroll	6,723	0,37
1. trágyaszint	7,580	
5. trágyaszint	8,752	

2002-ben a trágyázás fehérjetartalmat növelő hatása szintén megfigyelhető volt, de a növekedés mértéke nem érte el a szignifikáns határt (32. táblázat). Mivel mindkét évben hasonlóan alakult a kukoricaszem nyersfehérjetartalma, a kísérlet eredményei alapján is igazoltnak látszik, hogy a trágyázás kedvezően hat a kukorica nyersfehérje-tartalmára.

32. táblázat A kukorica nyersfehérje tartalma különböző tápanyagszinteken, 2002

2002.	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%}
Kontroll	6,199	0,66
1. trágyaszint	6,546	
3. trágyaszint	6,765	
5. trágyaszint	6,756	

Ezután megnéztük, hogy milyen szoros az összefüggés a nyersfehérje-tartalom és a trágyázás nagysága között, ezért elvégeztük a korrelációvizsgálatot (33. táblázat).

33. táblázat A nyersfehérje-tartalom és a trágyázás közötti korreláció 2001-2002.

2001.	
Nyersfehérje-tartalom	0,727
2002.	
Nyersfehérje-tartalom	0,421

Látható, hogy a trágyázás és a nyersfehérje tartalom között pozitív korreláció van, tehát a trágyaadag növelése a fehérjetartalom növekedését eredményezi. A korreláció szorossága hasonlóan a variancia analízis eredményéhez, csak 2001-ben bizonyult szorosnak, míg 2002-ben csak gyenge pozitív kölcsönhatást tapasztaltunk a trágyázás és a fehérjetartalom változása között.

A kukorica keményítőtartalma az egyik legfontosabb energiaforrás, és emellett számos ipari termék (bioetanol, keményítő stb.) nyersanyaga. Ezért a keményítőtartalom változása bizony fontos lehet a kukorica ezirányú felhasználása során.

2001-ben és 2002-ben is megvizsgáltuk, hogy változik –e a kukorica keményítő tartalma a trágyaadag változásával, és a tápanyagellátásnak lehet jelentős –e szerepe a kukorica keményítőtartalmának változtatásában.

Azt tapasztaltuk, hogy a vizsgálati években a trágyázásnak nem volt statisztikailag igazolható hatása a kukorica keményítőtartalmára, a változás nagysága és iránya sem jelentős. A keményítőtartalmat tehát a kukorica hibrid genetikai tulajdonságai határozzák meg inkább, mint a tápanyagellátás (34. táblázat).

34. táblázat A kukorica keményítő tartalma különböző tápanyagszinteken, 2001-2002.

2001.	Keményítő (%)	SzD_{5%}
Kontroll	65,388	1,42
1. trágyaszint	65,183	
5. trágyaszint	63,978	
2002.	Keményítő (%)	
Kontroll	66,903	1,09
1. trágyaszint	67,301	
3. trágyaszint	66,822	
5. trágyaszint	67,156	

A harmadik vizsgált minőségi paraméter a kukorica nyersolaj tartalma volt. Mindkét évben elvégeztük a vizsgálatokat. 2001-ben a tápanyagellátásnak nem volt bizonyítható hatása a kukorica nyersolaj tartalmára, míg 2002-ben statisztikailag is igazolhatóan nőtt a kukorica nyersolaj tartalma a javuló tápanyagellátás hatására (35. táblázat).

35. táblázat. A kukorica nyersolaj tartalma különböző tápanyagszinteken, 2001-2002

2001.	Nyersolaj (%)	SzD_{5%}
Kontroll	3,768	0,29
1. trágyaszint	3,768	
5. trágyaszint	3,811	
2002.	Nyersolaj (%)	
Kontroll	3,891	0,20
1. trágyaszint	3,975	
3. trágyaszint	4,136	
5. trágyaszint	4,185	

Megállapítható tehát, hogy a tápanyagellátás jelentős hatással van a kukorica minőségi paramétereire, a minőséget jelentősen tudja javítani a nyersfehérje-tartalom és a nyersolaj tartalom növelésén keresztül. Azonban az hogy a tápanyagellátás pozitív szerepe érvényre jusson, ahhoz megfelelő környezeti tényezőkre (csapadék, hőmérséklet) van szükség. Ha a környezeti tényezők nem megfelelőek, akkor az nemcsak a terméeredményeken látható, hanem a minőségi változások sem jutnak érvényre, mert a növényi tápanyagfelvétel nem megfelelő körülmények közt akadályozott.

5.2. A vetésidő hatásának vizsgálata

5.2.1. A vetésidő hatása a kelési időre

A vetésidő kísérletek eredményeinek értékelésekor a vetéstől a kelésig eltelt idő vizsgálatait végeztük el elsőként. Ezt azért tartottuk szükségesnek, mert a korai vetésidőt ellenző szakirodalmi hivatkozások éppen a keléskor meglévő kedvezőtlen körülmények miatt tekintenek el a korai vetésidő alkalmazásától.

A vizsgálatokban a 2002-ben indult vetésidő kísérlet és a 2001-től meglévő vetésidő-trágyázási kísérlet szerepelt, ugyanis a vizsgálat több éves adatai szerint a kelés intenzitására a trágyázásnak statisztikailag is bizonyítható hatása nem volt, így a különböző trágyakezelésben részesült parcellák kelése egyszerre következett be.

Az eredményekből megállapítható, hogy a korai vetésidő alkalmazása megnöveli a vetéstől a kelésig eltelt napok számát (36. táblázat). Ennek oka a talaj kedvezőtlenebb hőmérséklete, amely a melegigényes kukorica kelését, csírázását megnyújtja. A korai vetésidőben elvetett kukorica hibridek keléséhez 15-22 napra volt szükség, míg a későn vetett hibrideknek ugyanehhez csak 6-12 napra volt szükségük a különböző évjáratokban.

A vizsgálat során megállapítottuk azonban, hogy a lassabb kelés ellenére a korszerű, ma alkalmazott hibrideknél a keléskori tőszámokban nem volt statisztikailag is igazolható különbség, sőt sok esetben a korai vetésben alakult ki nagyobb termő tőszám, ezért az összes kezelésben egységes elvetett tőszámot alkalmaztunk.

36. táblázat. A vetésidő hatása a kelésig eltelt idő hosszára (vetésidő kísérlet)

2002.		Vetés	Kelés	Különbség
Vetésidők:	I. vetésidő	IV. 05.	IV. 20.	15 nap
	II. vetésidő	IV. 20.	V. 04.	14 nap
	III. vetésidő	V. 15.	V. 23.	8 nap
2003.		Vetés	Kelés	Különbség
Vetésidők:	I. vetésidő	IV. 12.	IV. 28.	16 nap
	II. vetésidő	IV. 26.	V. 06.	10 nap
	III. vetésidő	V. 05.	V. 15.	10 nap
	IV. vetésidő	V. 17.	V. 23.	6 nap

Mivel a termő tőszámokban nem volt igazolható a különbség, a korai vetésben meglévő hidegebb talajhőmérséklet tőszámot csökkentő hatása egyik évben sem volt bizonyítható. A jelenleg köztermesztésben lévő hibridek nemesítői már régóta fontos

tulajdonságként értékelik a hibridek Cold-teszt értékét, vagyis a csírázáskori hidegtűrést, aminek a következménye, hogy ma már nem kell számolni jelentős csírapusztulással még korai vetés esetén sem.

A korai vetésben tapasztalt lassabb kelés ellenére a korábban vetett állományok így is jelentős „tenyészedőbeli” előnnyel rendelkeznek -a kelési időpontokat figyelembe véve- mintegy 5-6 nappal az optimális időben elvetett állományokhoz képest és 23-31 nappal a későn vetett állományokhoz képest, hiszen egy kikelt fejlődő állományt találunk akkor, amikor a késői vetésű kukoricahibrideket még el sem vetettük (37. táblázat). Így a kukorica állományok a kedvező tavaszi időjárásban már fejlettebb állományként kezdik a termés differenciálását, nem kerülnek a növények stresszhelyzetbe, egy esetleges korai aszály esetén, ez az előny egészen a betakarítás idejéig megmaradhat, ami korábbi betakarítást is lehetővé tesz. A különbség a korai és optimális vetésidők közt lényegesen kisebb, itt a lassabb kelést az optimális időben vetett kukoricahibridek gyors kelése ellensúlyozni képes, de a megkésett vetésben a kukoricahibridek már jelentős késéssel indulnak.

37. táblázat A vetésidő hatása a kelésidő változására 2001-2003.(Vetésidő-trágyázási kísérlet)

2001.		Vetés	Kelés	Különbség
Vetésidők:	I. vetésidő	IV. 05.	IV. 27.	22 nap
	II. vetésidő	IV. 20.	V. 02.	12 nap
	III. vetésidő	V. 08.	V. 20.	12 nap
2002.		Vetés	Kelés	Különbség
Vetésidők:	I. vetésidő	IV. 05	IV. 22.	17 nap
	II. vetésidő	IV. 25.	V. 05.	10 nap
	III. vetésidő	V. 15.	V. 23.	8 nap
2003.		Vetés	Kelés	Különbség
Vetésidők:	I. vetésidő	IV. 11.	IV. 27.	16 nap
	II. vetésidő	IV. 25.	V. 03.	8 nap
	III. vetésidő	V. 17.	V. 23.	6 nap

5.2.2. A vetésidő hatása a virágzási időre

A virágzási idők vizsgálatánál több szempontot vettünk figyelembe. Az első, hogy megvizsgáljuk a vetéstől a virágzásig eltelt napok számát, ami jelentősen változik, hiszen a kukorica teljesen más hőmérsékleti viszonyok közt fejlődik a különböző vetési időkben.

A vizsgálatok során nagyon szembetűnő volt, hogy a megkésett vetésben a kukorica vegetatív periódusa nagyon lerövidül, korábban virágzik (38. és 39. táblázat), a különbség eléri a 18-23 napot. Ez azért lehetséges, mert a korán vetett állományok számára a virágzásig igényelt hőösszeg lassabban gyűlik össze, a növény nincs stresszhelyzetben, nem kell a generatív részeket gyorsan kialakítania. A késői vetésben a magas hőmérséklet indukálta gyors fejlődés, a gyorsan összegyűlő hőösszeg a növényt gyors generatív fejlődésre, gyorsabb víz és tápanyagfelvételre készítheti, amely stresszhelyzetet okoz a növénynél, főként, ha valamely elem (víz, tápanyag) hiányzik a fejlődése során.

38. táblázat. A vetésidő hatása a virágzási időre 2002-2003 (Vetésidő kísérlet)

2002.	I. Vetésidő	II. Vetésidő	III. Vetésidő	Különbség	
Hímvirágzás	81 nap	71 nap	63 nap	18 nap	
Nővirágzás	84 nap	74 nap	66 nap	18 nap	
2003.	I. vetésidő	II. Vetésidő	III. Vetésidő	IV. Vetésidő	Különbség
Hímvirágzás	78 nap	68 nap	63 nap	59 nap	19 nap
Nővirágzás	81 nap	70 nap	66 nap	62 nap	19 nap

A vizsgálat során a másik szempont az volt, hogy a korábban elvetett kukoricahibridek a virágzás idejére mennyit tartanak meg a 30-35 nappal korábbi vetésből származó előnyükből. Ez Magyarországon azért fontos, mert az évjáratok többségében a kukorica legérzékenyebb időszakában a virágzás-szemtelítődés idején (július-augusztus hónapban) nagy valószínűséggel lehet százazságra, aszályra számítani. A vizsgálat során megállapítottuk, hogy a korai vetésben a kukoricahibridek 12-15 nappal korábban virágoztak, tehát a 30-35 nappal előrehozott vetés mintegy két héttel korábbi virágzást tesz lehetővé a késői vetésben elvetett kukoricahibridekhez képest. A korai vetésű kukoricahibrideknek az előnye jelentősen kisebb az optimális időben vetett kukoricahibridekhez viszonyítva, ebben az esetben az április közepén vetett állományok korábban bekövetkező virágzása csak 2-3 nappal követte a korai vetésű kukoricahibridekét. Azonban a késői vetésben tapasztalt két héttel korábbi virágzás nagy előnyt jelenthet a korábban vetett kukoricahibrideknek a száraz aszályos periódus jobb átvészélése szempontjából, a növény kevésbé kerül stresszhelyzetbe, könnyebben vészeli át a vízhiányos időszakot, nagyobb termés kialakulására lehet számítani.

39. táblázat A vetésidő hatása a virágzási időre 2001-2003 (Vetésidő-trágyázási kísérlet)

2001.	I. vetésidő	II. Vetésidő	III. Vetésidő	Különbség
Hímvirágzás	87 nap	74 nap	67 nap	20 nap
Nővirágzás	88 nap	76 nap	69 nap	19 nap
2002.	I. vetésidő	II. Vetésidő	III. Vetésidő	Különbség
Hímvirágzás	86 nap	67 nap	64 nap	22 nap
Nővirágzás	90 nap	71 nap	67 nap	23 nap
2003.	I. vetésidő	II. Vetésidő	III. Vetésidő	Különbség
Hímvirágzás	80 nap	67 nap	59 nap	21 nap
Nővirágzás	84 nap	71 nap	63 nap	21 nap

5.2.3. A vetésidő hatása a kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitására

A kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitását 2002-ben két alkalommal, 2003-ban pedig három alkalommal tudtuk mérni. A vizsgálat során szerettünk volna adatokat nyerni arra vonatkozólag, hogy a fotoszintetikus aktivitás, a fotoszintézis hatékonysága miként változik a különböző vetésidők indukálta változó környezeti feltételekre.

A 2002-ben elvégzett mérések adatai jól mutatják, hogy a virágzás előtt, egy fiatal növényállomány fotoszintézise közt nem volt statisztikailag igazolható, megbízható különbség (40. táblázat). A trend azonban a későbbi mérések során is változatlan maradt, az augusztus 26-i mérések adatai is azt mutatták, hogy a későn vetett állományok fotoszintézisének intenzitása nagyobb, mint a korai vetésű állományokban mért érték.

Ennek az oka a növény fejlettségi állapotában keresendő. A fiatalabb növények fotoszintetikus apparátusa intenzívebb szervesanyag-előállításra képes, mint az idősebb szövetekben található, öregedő szövetek. A korai vetésidőben elvetett állományok megnövekedett vegetatív periódusa (18-21 nap) azonban sokkal hosszabb ideig biztosítja a szervesanyagtermelést, így a betakarított termés mindig e két tényező eredőjeként adódik.

40. táblázat Különböző vetésidőben megkötött CO₂ mennyisége 2002
(mmol/m²/sec)

2002. június 17.					
	PR38K06	PR37M34	PR36R10	PR34G13	Átlag
I. vetésidő	39,16	38,69	40,32	31,77	37,49
II. vetésidő	36,59	37,83	36,79	39,14	37,59
III. vetésidő	38,12	39,60	39,63	37,18	38,63
2002. augusztus 26.					
	PR38K06	PR37M34	PR36R10	PR34G13	Átlag
I. vetésidő	15,52	10,96	14,78	20,54	15,45
II. vetésidő	15,02	14,56	21,66	21,10	18,09
III. vetésidő	18,97	14,10	22,02	20,68	18,94

2003-ban szintén elvégeztük a fotoszintézis intenzitására vonatkozó méréseinket. Az adatok hasonló megállapítást tettek lehetővé, mint az előző évben. 2003-ban is a legkésőbbi IV. vetésidőben kaptuk a legintenzívebb CO₂ megkötést, ami a növények fotoszintetikus apparátusának intenzív működését jelzi. 2003-ban a csapadékhány jelentősen befolyásolta a növények viselkedését is. Az aszály okozta stressz a szövetek gyorsabb öregedési folyamatait idukálta, ezért már a virágzás előtt jelentős különbséget tapasztaltunk a legfiatalabb állomány és a többi kukoricahibrid fotoszintézise között *41. táblázat*. Megfigyelhető volt az is, hogy a korai június 17-i mérésakor már jelentősen alacsonyabb CO₂ fixálást mutattak a növények, mint az előző évben, amely szintén a vízhiány hatásának tudható be.

A későbbi időpontokban is a legfiatalabb növények mutatták a legintenzívebb fotoszintézist, az utolsó augusztus 27-i időpontra csökkent csak jelentősen a legfiatalabb növények előnye, itt már a III. vetésidőben vetett növényekhez hasonló teljesítményt mutattak. Jól megfigyelhető, hogy 2003-ban augusztus 01-27-ig tartó rövid időszakban milyen drasztikusan csökkent a növények teljesítménye, amely ebben az időszakban fokozatosan növekvő vízhiány következménye. Ez volt az oka, hogy a növények gyorsan öregedtek, száradtak, amellyel jelentősen csökkent a szervesanyagtermelés aktív időszaka.

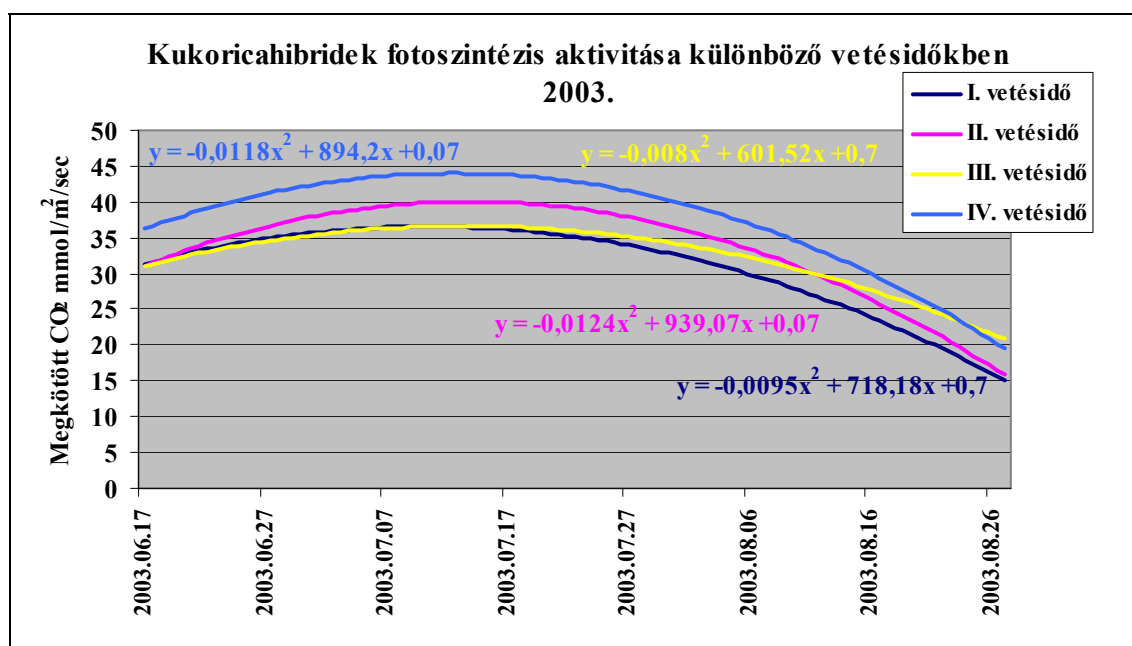
41. táblázat Különböző vetésidőben megkötött CO₂ mennyisége 2003
(mmol/m²/sec)

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

A CO₂ fixálás dinamikájának változását jól nyomon követhetjük az 13. ábrán. Látható, hogy a korai mérési időpontban a késői vetésű kukorica hibridek CO₂ fixálásának a kivételével a vetésidők közt jelentős különbség nincs, a növények teljesítménye hasonló. A vizsgált periódus előreladtával minden vetésidőben fokozódó CO₂ megkötést tapasztalunk, de nagyon szembetűnik a későn vetett kukorica hibridek kiugróan nagy teljesítménye (13. ábra).

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.

13. ábra



5.2.4. A vetésidő hatása a kukoricahibridek vízleadás dinamikájára és betakarításkori szemnedvesség tartalmára

A vízleadásdinamikai vizsgálatokat 2001-ben hat hibriden végeztük el. A vizsgálatok során augusztus 27. és október 15. között mértük nyolc alkalommal a termés szemnedvességtartalmát (42. táblázat).

Az látható, hogy a hibrideknél kivétel nélkül jelentős különbséget találtunk már az első augusztus 27-i mérésnél is. Ez a különbség főként az első és a harmadik 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 nedvességtartalmak között.

Megfigyelhető, hogy az első és a második vetésidő összefüggésben a közel azonos időpontban történő virágzással, hasonló vízleadással rendelkeznek. A két mutató ilyen egybeesése között elképzeléseink szerint szoros összefüggés van. A korábban vetett állomány hamarabb virágzik, hamarabb termékenyül, hamarabb éri el az érés különböző szakaszait, melyek szemnedvességtartalma jellemzi az érés állapotát. Ebben az évben az első és a második vetésidő között nem volt lényeges különbség a virágzási idők között, a nedvességtartalmuk, valamint a vízleadásuk között sem. Mindez a feltételezéseinket látszik alátámasztani (14. ábra).

42. táblázat A vetésidő hatása a kukoricahibridek betakarításkori szemnedvesség tartalmára, 2001

Kukoricahibridek szemnedvesség-tartalma (%) 2001.								
	aug. 27.	szept. 4.	szept. 11.	szept. 18.	szept. 25.	okt. 2.	okt. 9.	okt. 16.
Sprinter SC								
I. vetésidő	30,00	18,67	19,33	20,67	20,67	14,67	16,00	15,33
II. vetésidő	26,67	22,67	22,67	22,00	20,67	16,00	16,67	16,67
III. vetésidő	42,00	40,00	38,00	34,00	30,00	24,00	22,00	23,33
PR39K38								
I. vetésidő	28,00	22,00	20,67	21,33	20,00	15,33	16,00	16,00
II. vetésidő	30,00	30,67	27,33	24,67	22,00	19,33	16,67	16,67
III. vetésidő	40,67	36,67	34,00	30,67	32,00	24,67	22,67	22,67
PR37M34								
I. vetésidő	32,00	30,00	29,33	26,67	26,00	19,33	16,67	16,00
II. vetésidő	36,00	30,00	30,67	26,67	24,67	20,00	21,33	17,33
III. vetésidő	44,00	42,00	40,67	37,33	34,67	29,33	26,67	24,00
PR36R10								
I. vetésidő	35,33	30,67	30,67	26,00	26,00	19,33	18,67	16,67
II. vetésidő	36,00	37,33	36,00	31,33	28,67	23,33	20,00	20,00
III. vetésidő	52,67	44,00	40,67	40,00	37,33	31,33	29,33	24,67
DK 537								
I. vetésidő	38,67	36,00	31,33	30,67	26,00	22,67	20,67	20,00
II. vetésidő	39,33	34,00	34,00	32,67	28,00	28,67	24,00	22,67
III. vetésidő	48,67	43,33	43,33	37,33	35,33	32,67	29,33	27,33
Florenzia								
I. vetésidő	42,00	37,33	35,33	32,00	35,33	26,67	26,00	24,67
II. vetésidő	38,67	39,33	34,67	36,00	30,67	24,67	24,67	22,67
III. vetésidő	48,67	44,00	43,33	40,67	40,00	34,67	30,00	27,33
SzD5%	5,15	4,11	2,97	3,75	3,35	3,93	3,84	2,27

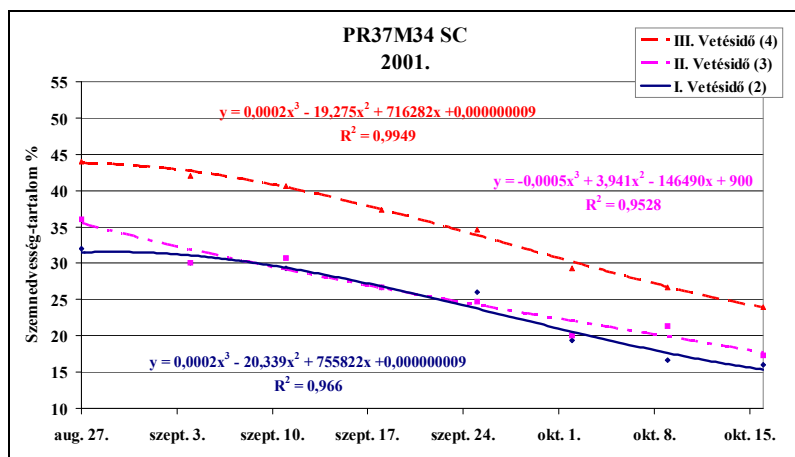
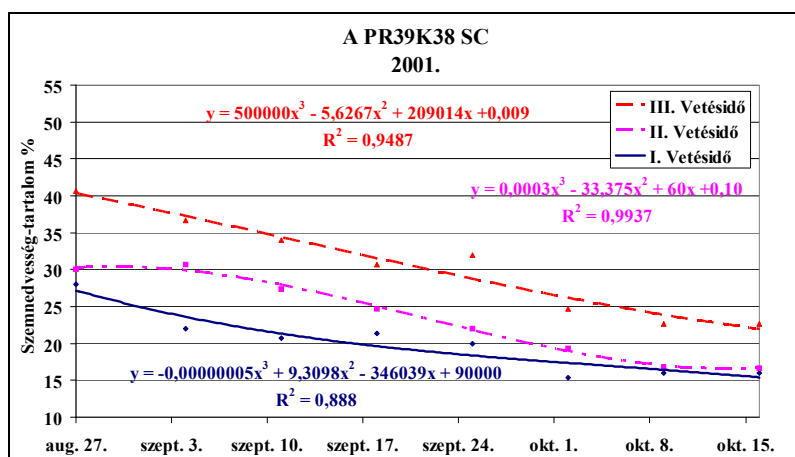
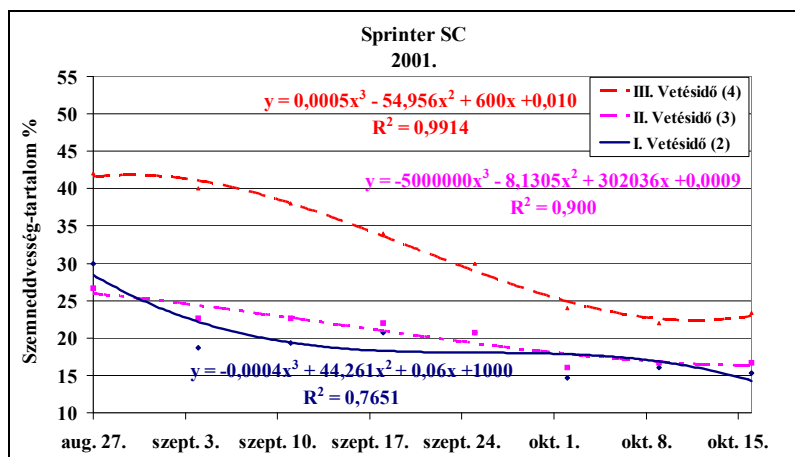
A hibridek közötti nedvességtartalom különbség a betakarításig megmaradt, az értékek a betakarítás idejére csak közelítettek egymáshoz, de nem egyenlítődték ki. A betakarítás idején is mintegy 5-8% nedvességekülönbség volt a különböző vetésidők között.

Azt is megállapítottuk, hogy a korai éréscsoportba tartozó hibridek betakarításkori nedvességtartalma sokkal alacsonyabb volt ebben az évben, mint a FAO 400-500-as hibrideké. A hosszabb tenészsídejű 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.

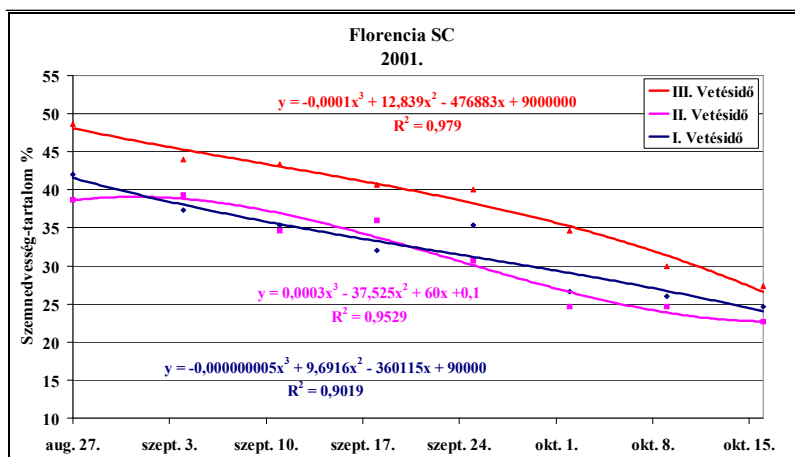
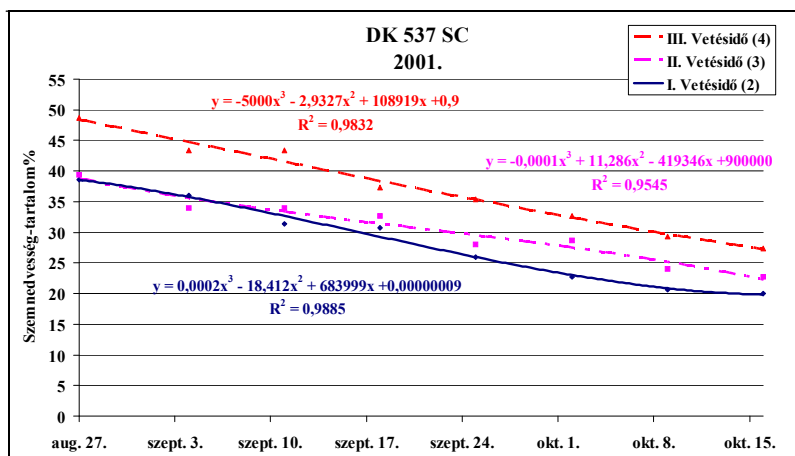
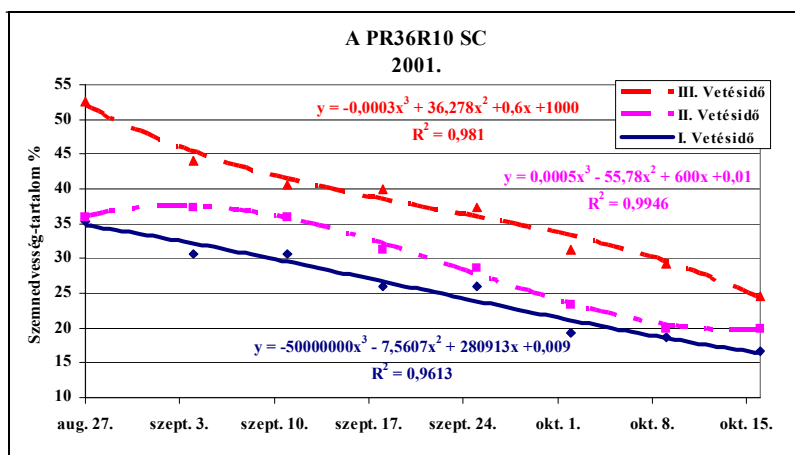
14. ábra

Kukoricahibridek vízleadási dinamikájának különböző vetésidőkben, 2001-ben



14. ábra folytatása

Kukoricahibridek vízleadási dinamikája különböző vetésidőkben, 2001-ben



2002-ben a vetésidő kísérletben mind a tíz vizsgált kukoricahibridnél mértük a vízleadás sebességét (43. táblázat). A táblázat adatai jól szemléltetik, hogy 2002-ben is hasonló megállapításokat tehetünk, a legkisebb szemnedvességtartalmakat 2002-ben is

a korai vetésidőben kaptuk. A 2002-es év érdekes megfigyelése volt, hogy a legalacsonyabb szemnedvességet nem a betakarítás idején érték el a hibridek, hanem az azt megelőző szept 19-i mintavételkor. Az ezt követő csapadékos időjárásban a hibridek a nedvességtartalmukból nem tudtak többet leadni, sőt visszanedvesedtek, ami utal arra, hogy az érés végén a kukorica hibridek vízleadása leginkább fizikai, nem pedig fiziológiai eredetű.

43. táblázat A vetésidő hatása a kukorica hibridek vízleadás dinamikájára, 2002

PR39D81						
Dátum	aug. 30.	szept. 5.	szept. 12.	szept. 19.	szept. 26.	okt. 3.
I. vetésidő	20	17,33	12,66	9,33	14	12
II. vetésidő	20,66	18,66	12,66	11	16,33	14
III. vetésidő	38,66	33,33	20	14,56	21,33	18,66
PR38K06						
I. vetésidő	24	18	14	10	14,66	14
II. vetésidő	30,66	22	14	12	16	14
III. vetésidő	40,66	32,66	20,66	19,33	26	22,66
PR38A24						
I. vetésidő	29,33	23,33	18,66	10	15,33	16
II. vetésidő	32,66	32	22	14,66	25,33	18,66
III. vetésidő	46	40	32	26	24	26
PR37M81						
I. vetésidő	30	27,33	15,33	9,33	18	16
II. vetésidő	28,66	21,33	16	11,33	17,33	18
III. vetésidő	43,33	32	28,66	20,66	23,33	23,33
PR37M34						
I. vetésidő	30,66	28,66	22	12,66	21,33	20
II. vetésidő	33,33	33,33	18,66	11,33	19,33	20
III. vetésidő	50,66	45,33	28	26	31,33	26,66
PR36R10						
I. vetésidő	33,33	32	19,33	16	22	18,66
II. vetésidő	36,66	34	26,66	18	26	22
III. vetésidő	49,33	45,33	33,33	26,66	30,66	32
PR36N70						
I. vetésidő	32	30	20	11,33	18,66	21,33
II. vetésidő	35,33	33,33	26,66	15,33	28	24
III. vetésidő	48	41,33	33,33	27,33	31,33	33,33
PR36B08						
I. vetésidő	30	23,33	20	14	20	20
II. vetésidő	37,33	32,66	24,66	17,33	24,66	23,33
III. vetésidő	54	48	41,33	29,33	34	33,33
PR35P12						
I. vetésidő	34	28,66	22	10	18,66	20,66
II. vetésidő	38	35,33	26	15,33	22	21,33
III. vetésidő	50,66	51,33	39,33	32,66	35,33	33,33
PR34G13						
I. vetésidő	38	32	30	19,33	28	25,33
II. vetésidő	40	40	34	26,66	32	28
III. vetésidő	54,66	48	38,66	32,66	31,33	33,33
SzD5%	5,14	4,17	3,76	3,69	3,35	2,27

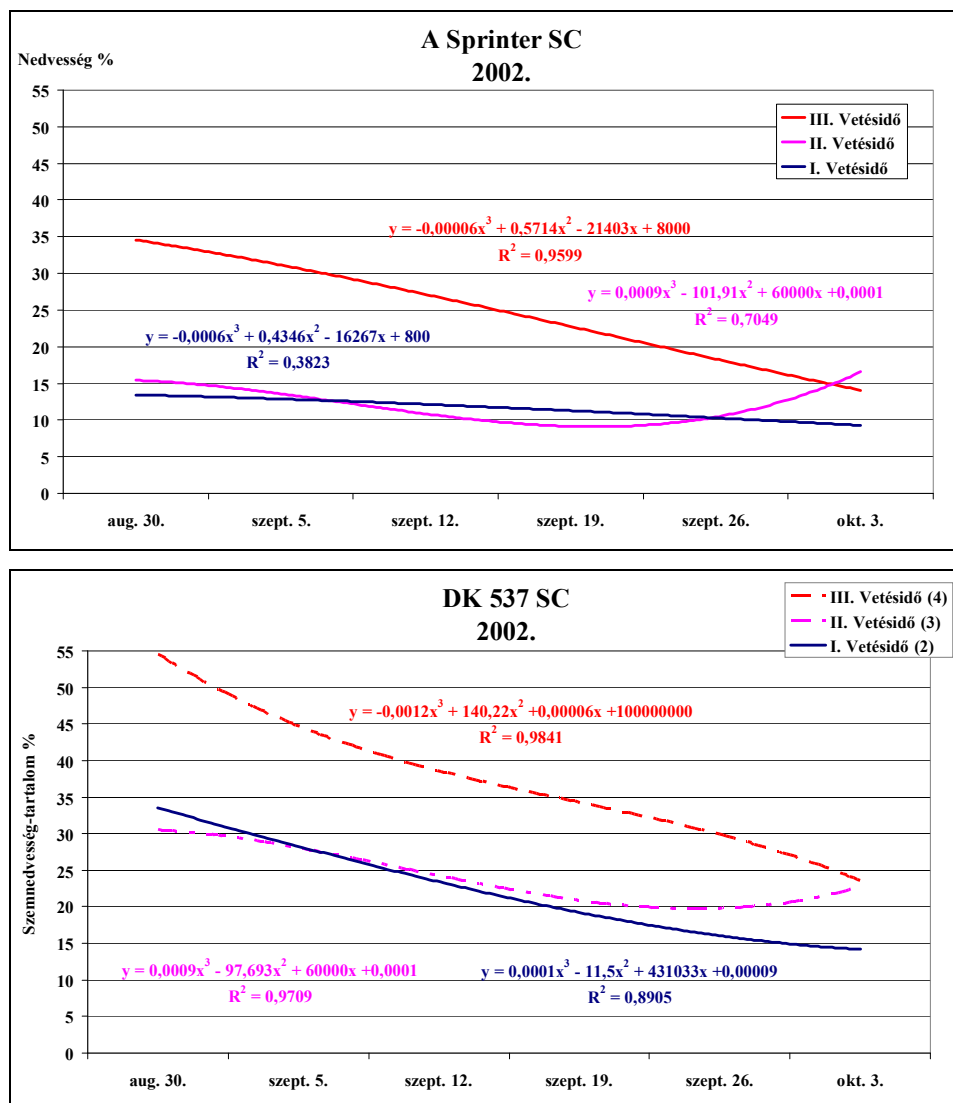
A szemnedvességtartalmakban lévő különbségek 2002-ben is statisztikailag igazolható különbséget jelentettek, tehát a korai vetésidőben kialakuló alacsonyabb nedvességtartalom bizonyíthatóan a korábbi vetésből származó fejlődésbeli különbségnek tulajdonítható.

A vizsgálatokat elvégeztük a vetésidő-trágyázási kísérletben is, ahol a vetésidő hatását a trágyakezelések átlagában vettük figyelembe, mellyel kiküszöböltük, a trágyázás módosító hatásait a kukorica hibridek vízleadására.

Az eredmények nem sokban tértek el az eddig tapasztaltaktól, mely az eddigi megállapításainkat teljesen igazolni látszik (15. ábra).

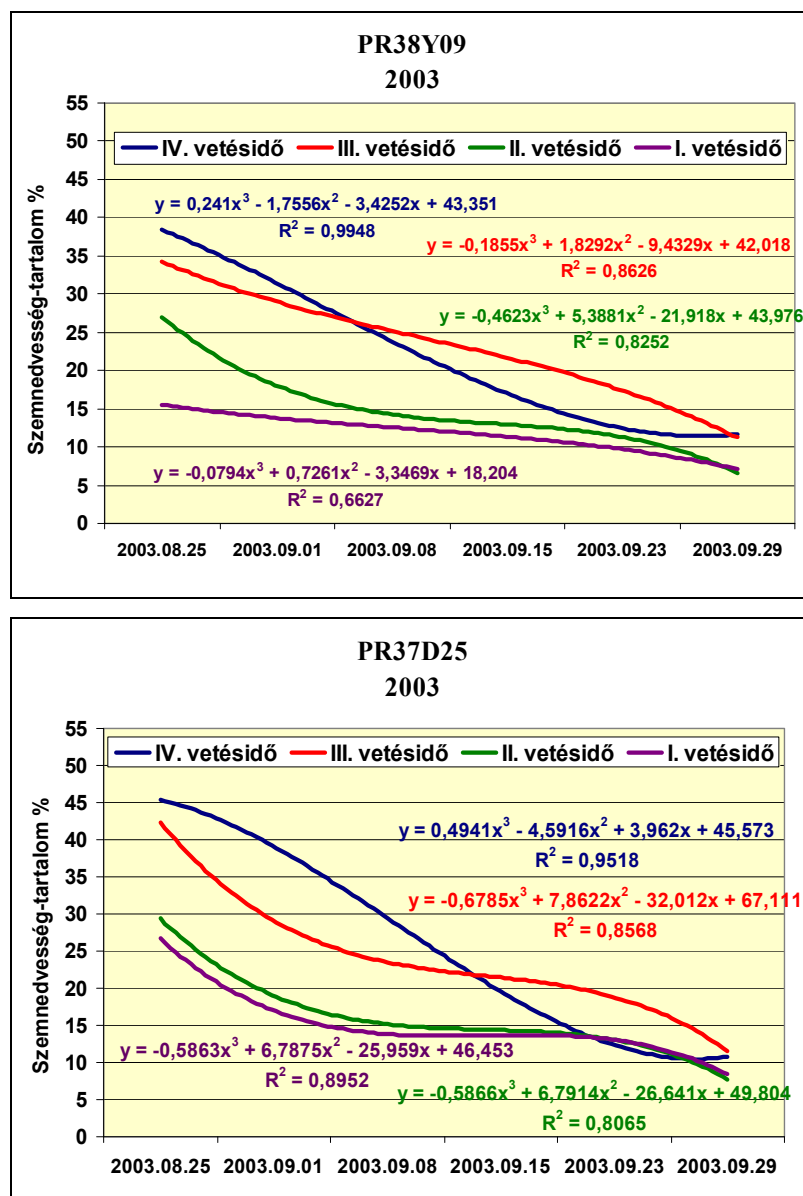
15. ábra

Kukorica hibridek vízleadási dinamikája különböző vetésidőkben, 2002-ben



2003- ban is elvégeztük a kukorica hibridek vízleadásával kapcsolatos méréseket, mely tendenciájában nagyon hasonlított az előző két évben tapasztaltakkal. Megállapítható, tehát, hogy a vetésidő vízleadásra gyakorolt hatása különböző évjáratokban hasonló, tehát az évjárat hatása nem módosítja a vetésidők között fennálló különbséget, csak a szemnedvességtartalom nagyságát befolyásolja (16. ábra).

16. ábra A vetésidő hatása a kukorica hibridek vízleadás dinamikájára, 2003

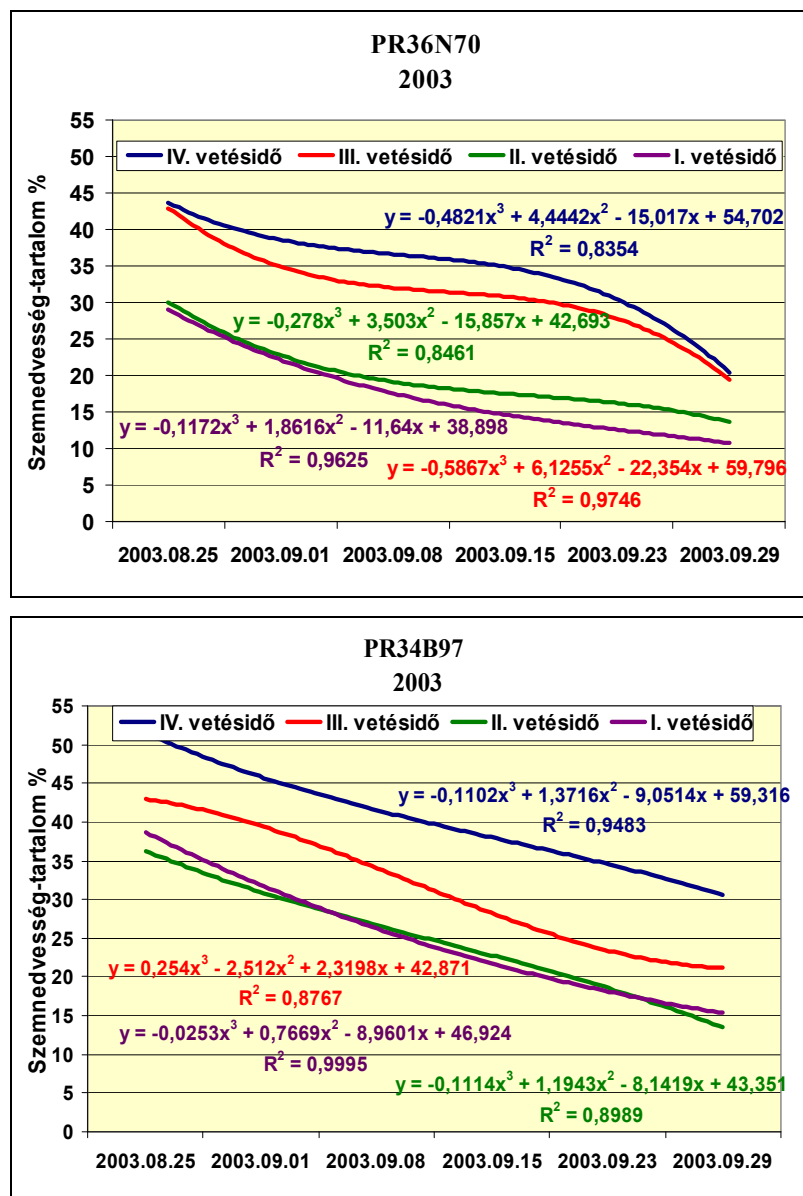


2003-ban a kísérletek során nem három, hanem négy vetésidőt alkalmaztunk, amely még pontosabb képet adhat a hibridek viselkedéséről a különböző kezelésekben. A két rövidebb tenyészidejű hibrid a 2003-as száraz aszályos évjáratban igen gyorsan adta le nedvességtartalmát, az I. és II. vetésidőben a szeptember 15-i méréskor mindkét hibrid szemnedvességtartalma 15% alatt volt. A III. és IV. vetésidőben szintén gyors volt a hibridek vízleadása, de alacsonyabb szemnedvességtartalmat csak szeptember végére,

mintegy két héttel később érték el. Az I. és II. vetésidőben vetett hibridek még ebben a szeptember végi időpontban is 3-4%-al alacsonyabb szemnedvességtartalommal rendelkeztek.

A hosszabb tenyészidejű kukorica hibridek 2003-ban is lényegesen nagyobb szemnedvességtartalommal rendelkeztek a vizsgált időpontokban, ami természetesen a nagyobb genetikai potenciáljuknak köszönhető (17. ábra).

17. ábra A vetésidő hatása a kukorica hibridek vízleadás dinamikájára, 2002



A vetésidők hatása azonban ezeknél a kukorica hibrideknél is markánsan elkülönül. A korábbi I. és II. vetésidőben a hibridek szeptember végére elérték a 15 % körüli szemnedvességtartalmat, ami a száraz évnek köszönhető, de a III és IV. vetésidőben a kukorica hibridek még ilyen aszályos körülmények közt sem tudták

szemnedvességtartalmukat 20-24% alá csökkenteni, ami bizony 5-9%-os többlet vízelvonási költséget jelent.

A vízleadás intenzitását a vetésidő-trágyázási kísérletben is elvégeztük 2003-ban, amely hasonlóan alacsony betakarítási szemnedvességtartalmat, és a korai vetésidő 6-14%-kal alacsonyabb szemnedvességtartalmát adta minden mérési időpontban 44. táblázat.

44. táblázat

Kukoricahibridek szemnedvességtartalma és vízleadásának dinamikája különböző vetésidőkben, 2003.

Dátum	2003.08.26	2003.09.01	2003.09.08	2003.09.15	2003.09.23	2003.09.29
MV TC 277						
I. vetésidő	18,0	17,0	13,5	15,0	8,0	9,5
II. vetésidő	21,5	18,0	15,5	16,5	7,5	10,5
III. vetésidő	35,5	33,0	33,5	30,5	15,0	17,0
DK 440						
I. vetésidő	18,50	15,50	11,00	15,50	8,00	9,00
II. vetésidő	27,00	23,00	13,00	16,00	5,50	9,00
III. vetésidő	41,50	35,50	33,00	29,50	17,00	15,00
PR37M34						
I. vetésidő	24,50	18,50	17,00	19,50	9,50	10,50
II. vetésidő	30,50	22,50	15,00	18,00	8,50	10,00
III. vetésidő	42,00	36,00	34,00	28,50	18,50	16,00
PR38A24						
I. vetésidő	26,50	24,00	18,50	24,50	9,00	11,50
II. vetésidő	30,00	19,50	18,00	18,00	8,50	11,00
III. vetésidő	41,50	35,50	33,00	32,50	16,50	19,50
DK C 5211						
I. vetésidő	31,50	27,50	23,00	22,00	10,50	11,00
II. vetésidő	24,50	26,00	25,50	23,50	10,50	13,00
III. vetésidő	47,00	38,00	38,50	36,50	27,00	23,50
SzD5%	4,28	3,68	3,22	2,11	2,09	1,98

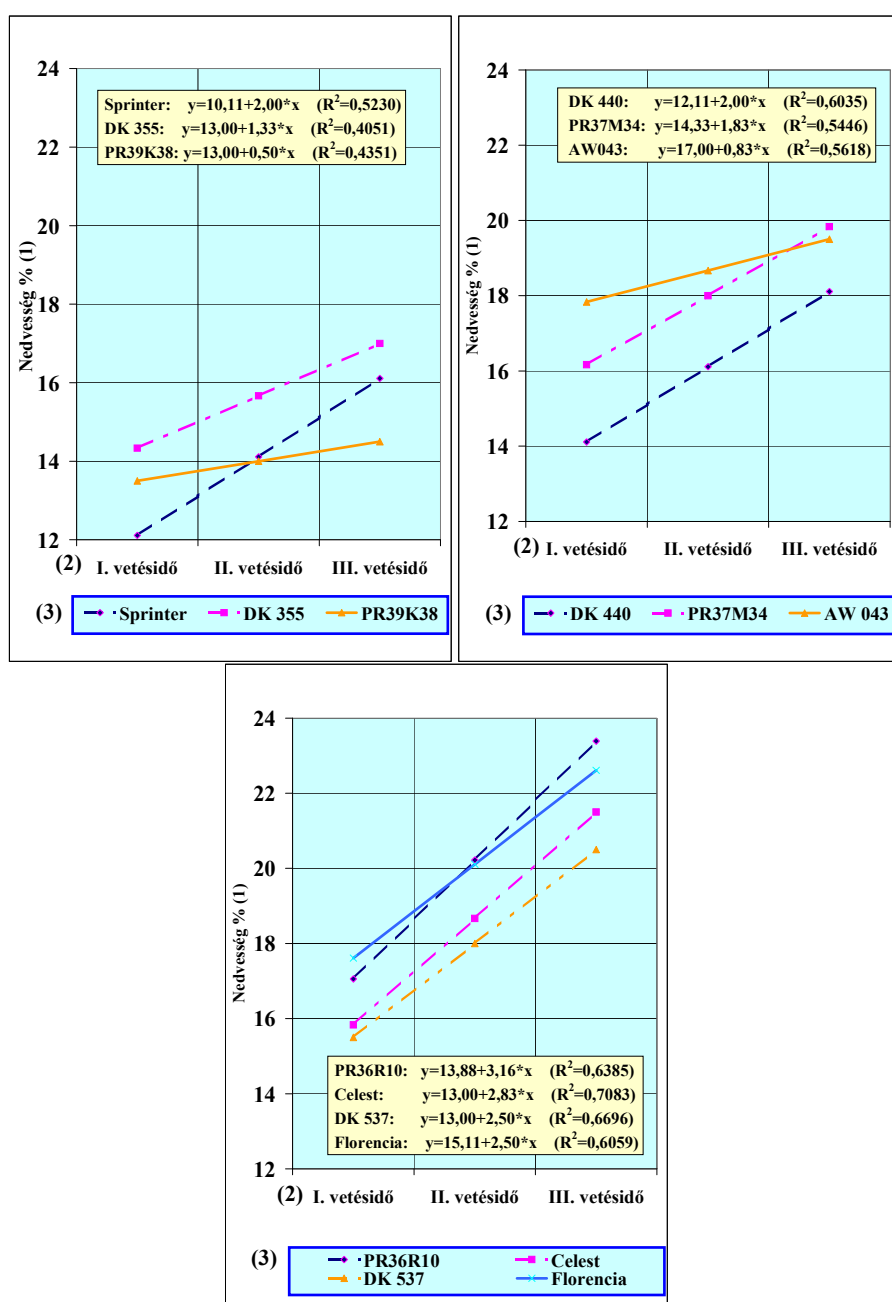
Látható, hogy a hosszabb tenyészidejű hibridek itt is magasabb szemnedvességtartalommal rendelkeznek, de az I. és II. vetésidőben minden esetben igen kedvező 15% alatti szemnedvességtartalmat mértünk. A III. vetésidőben pedig még a rövidebb tenyészidejű hibridek sem tudtak 15-17% alatti szemnedvességtartalmat elérni, ami miatt szárítani szükséges a termést.

Összességében megállapítható tehát, hogy a korai vetésidő alkalmazásával a kukoricahibridek vízleadása előrébb tart, ami korábbi betakarítást és alacsonyabb

szemnedvességtartalmat eredményez. Ez a tényező jelentősen javíthatja a kukoricatermesztés hatékonyságát és versenyképességét.

A betakarításkori szemnedvesség-tartalom vizsgálatát lineáris regresszióval és korrelációval is elvégeztük. A betakarításkori szemnedvesség-tartalom és a vetésidő között a vizsgálat szélesebb tartományában általában nem lineáris összefüggés áll fenn, mint arra a hazai és a külföldi kutatások is rámutatnak, de a vetésidők közötti különbség érzékeltetésére (a vizsgálat éveiben) a lineáris regresszió alkalmazása megfelel (18. ábra).

18. ábra. A vetésidő hatása a kukorica hibridek betakarításkori szemnedvesség-tartalmának változására, 2003.



A korrelációvizsgálat során kapott eredmények alapján a vetésidő és a betakarításkori szemnedvesség-tartalom között szoros összefüggés állapítható meg. 2001 évben a vizsgált tíz hibrid közül hét esetben nagyon szoros pozitív korrelációt állapítottunk meg (r érték 0.545 és 0.818 között változott), 2002-ben pedig mind a tíz hibrid esetében igen szoros volt az összefüggés (r érték 0.630 és 0.891) (45. táblázat).

45. táblázat. A vetésidő és a szemnedvesség közötti korreláció 2001-2003.

HIBRID	SZEMNEDVESSÉG-TARTALOM r: 2001.	SZEMNEDVESSÉG-TARTALOM r: 2002.	SZEMNEDVESSÉG-TARTALOM r: 2003.	
Sprinter	0,723**	0,861**	MvTc277	0,887**
Goldacco	0,405	0,834**	0,873**	
DK 391	0,204	0,835**	Sze SC 352	0,778**
DK 440	0,604**	0,886**	0,770**	
PR37M81	0,545*	0,847**	PR38A24	0,809**
PR37M34	0,223	0,863**	0,887**	
LG23.93.	0,639**	0,851**	LG33.62	0,736**
LG23.72.	0,708**	0,891**	Hunor	0,882**
Celest	0,818**	0,630**	0,807**	
DK 537	0,778**	0,835**	DKC5211	0,807**

2003-ban a vizsgált hibridek közül hat cserélődött, melyek a táblázat 2003. évi oszlopában vannak feltüntetve. Jól látható, hogy ebben az évben is igen szoros korreláció áll fenn a vetésidő és abetakarítási szemnedvességtartalom közt, amely arra utal, hogy a vetésidő késése igen nagy valószínűséggel a betakarítási szemnedvességtartalom emelkedését, esetleg a betakarítási időpont jelentős eltolódását fogja kiváltani. Ez a fiziológiai folyamat vizsgálataink szerint évjáráttól és kukoricahibridtől függetlenül nagy valószínűséggel mindig bekövetkezik.

5.2.5. A terméskepző elemek és a vetésidő kapcsolata

A terméskepző elemek közül először a morzsolási arány változását vizsgáltuk meg. A statisztikai elemzés során megállapítottuk, hogy a morzsolási arányt a vetési idő nem módosítja, ez a kukoricahibridek egyedi, genetikailag erőteljesen meghatározott tulajdonága, melyre a vetésidőnek nincs módosító hatása. A vetésidők értékei közt nem volt szignifikáns különbség egyik évben sem. A hibridek morzsolási arányai az évek nagy részében stabilnak bizonyult. A morzsolási arány értékeit a 2001. évi adatok alapján mutatom be (46. táblázat).

46. táblázat A vetésidő és a morzsolási arány kapcsolata 2001-ben

	Morzsolási arány átlag értékei 2001.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	83,701	81,474	85,928
II. Vetésidő	81,883	79,656	84,110
III. Vetésidő	83,608	81,380	85,835

A vizsgálat során megnéztük, hogy az egyes hibridek morzsolási arányai között van-e statisztikailag igazolható különbség, ami a hibridek teljesítőképességét, termőképességét jelentősen befolyásolhatja. A vizsgált években a hibridek közt szintén nem volt statisztikailag igazolható különbség. A hibridek értékeit az 47. táblázatban mutatom be. Mindez azt igazolja, hogy a morzsolási arány inkább a kukorica fajra, és nem a hibridekre jellemző termésképző elem, melyet a különböző vetési idők nem változtatnak meg döntő mértékben.

47. táblázat A kukoricahibridek morzsolási aránya 2001.

HIBRID	Morzsolási arány átlag értékei 2001	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
Sprinter	83,802	79,735	87,868
DK 355	87,189	83,123	91,256
PR39K38	83,541	79,475	87,607
DK 440	85,248	81,182	89,315
PR37M34	83,374	79,308	87,441
AW 043	81,008	76,942	85,075
PR36R10	83,013	78,947	87,080
Celest	79,788	75,721	83,854
DK 537	83,197	79,130	87,263
Florescia	80,477	76,411	84,544

A termésképző elemek közül másodikként a kukoricacsőre jellemző adatokat vizsgáltuk meg, mint a sorok számát és az egy sorban lévő szemek számát. Mindkettő jelentősen módosítja a kukoricánövény egyedi produkcióját, amely kihat a termésátlagok alakulására is (48. táblázat).

48. táblázat A vetésidő hatása a kukorica hibridek szemsorainak változására

	A sorok száma átlagban 2001.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	14,180	13,950	14,410
II. Vetésidő	14,460	14,230	14,690
III. Vetésidő	14,810	14,580	15,040
	A sorok száma átlagban 2002.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	14,197	13,977	14,416
II. Vetésidő	14,390	14,171	14,609
III. Vetésidő	14,940	14,721	15,159
	A sorok száma átlagban 2003.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	14,427	14,201	14,652
II. Vetésidő	15,240	15,015	15,465
III. Vetésidő	15,402	15,176	15,627

Az eredményekből jól látható, hogy a sorok száma mindhárom évben növekedett, a későbbi vetésidőben, és a különbség mindhárom évben meghaladta a szignifikáns határt. 2001-ben a vetésidők mindegyike közt szignifikáns különbséget kaptunk, 2002-ben a III. vetésidő haladta meg szignifikánsan a II. vetésidő értékeit, míg 2003-ban a II. vetésidőben kapott értékek voltak szignifikánsan nagyobbak, mint a korai vetésidőben mért értékek. Az azonban feltűnő, hogy mindhárom évben, a későbbi vetésidőben volt több a sorok száma. Ez egy rendkívül érdekes összefüggés, amely elsősorban a három évben tapasztalt hőmérsékleti és csapadékviszonyok termésdifferenciálódást befolyásoló hatásával magyarázható. A későbbi vetésidőben eltérőek a hőmérsékleti viszonyok, a növény gyorsabb ütemben kapja meg a számára szükséges hőösszeget, illetve a csapadék is más-más fejlettségi fázisban hasznosul, ami a termésdifferenciálódásra jelentős hatást gyakorol. Természetesen azt, hogy mely tényező hat ilyen erőteljesen a termésdifferenciálódásra, azt részletesebb vizsgálatssorozattal, szabályozott víz és hőmérsékleti viszonyok mellett lehetne egyértelműen tisztázni. Mindenesetre igen elgondolkodtató, hogy egy ilyen egyszerű agrotechnikai tényező, mint a vetési idő megválasztása mekkora hatással van a növény termésének kialakulására, annak minőségi és mennyiségi fejlődésére.

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 kukorica hibridek szemszáma jelentősen növekedett, míg 2003-ban ugyanez a szignifikáns növekedés a II. vetésidőben következett be (49. táblázat). 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.

49. táblázat A vetésidő és a szemszám kapcsolata 2001-2003.

	Az egy sorban lévő szemek száma átlagban 2001.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	31,860	30,675	33,045
II. Vetésidő	33,115	31,930	34,300
III. Vetésidő	34,887	33,701	36,072
	Az egy sorban lévő szemek száma átlagban 2002.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	28,487	27,662	29,311
II. Vetésidő	32,930	32,105	33,755
III. Vetésidő	35,210	34,385	36,035
	Az egy sorban lévő szemek száma átlagban 2003.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	30,812	29,609	32,014
II. Vetésidő	32,838	31,636	34,041
III. Vetésidő	30,864	29,662	32,067

Utolsóként a termésképző elemek közül megvizsgáltuk az ezerszemtömeg alakulását 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 szemszámmal volt köszönhető (50. táblázat).

50. táblázat Az ezerszemtömeg változása a vetésidő hatására 2001-2003.

	Ezerszemtömeg átlagban 2001.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	316,167	308,993	323,341
II. Vetésidő	322,917	315,743	330,091
III. Vetésidő	306,417	299,243	313,591
	Ezerszemtömeg átlagban 2002.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	292,167	284,948	299,385
II. Vetésidő	316,250	309,031	323,469
III. Vetésidő	288,750	281,531	295,969
	Ezerszemtömeg átlagban 2003.	95% -os valószínűség határértékei	
		Alsó érték	Felső érték
I. Vetésidő	251,583	245,735	257,432
II. Vetésidő	262,917	257,068	268,765
III. Vetésidő	280,083	274,235	285,932

Mindezek a mérések feltételezik tehát, hogy a termésképző elemekre nem csak a termesztés során ható környezeti és agrotechnikai hatások vannak erőteljes befolyásoló hatással, hanem a termésképző elemek egymás kialakulását is befolyásolják (nagy szemszám mellett kisebb ezerszemtömeg), amely tényezők nem egyenként, hanem komplex egységként fogják a termésátlagokat kialakítani.

A termésképző elemek és a termés kapcsolatának pontosabb feltárása miatt elvégeztük a termésképző elemek és a termés közötti korreláció vizsgálatát (51. táblázat). Megfigyelhető, hogy az esetek nagy részében pozitív, de csak gyenge kölcsönhatások alakultak ki, egyedül 2003-ban találtunk az ezerszemtömeg és a termés között szoros kapcsolatot. Ez alapján kijelenthető, hogy a termésképző elemek valójában nem egyesével, hanem együtt, egymás hatását felerősítve, vagy gyengítve alakítják ki a termésátlagokat.

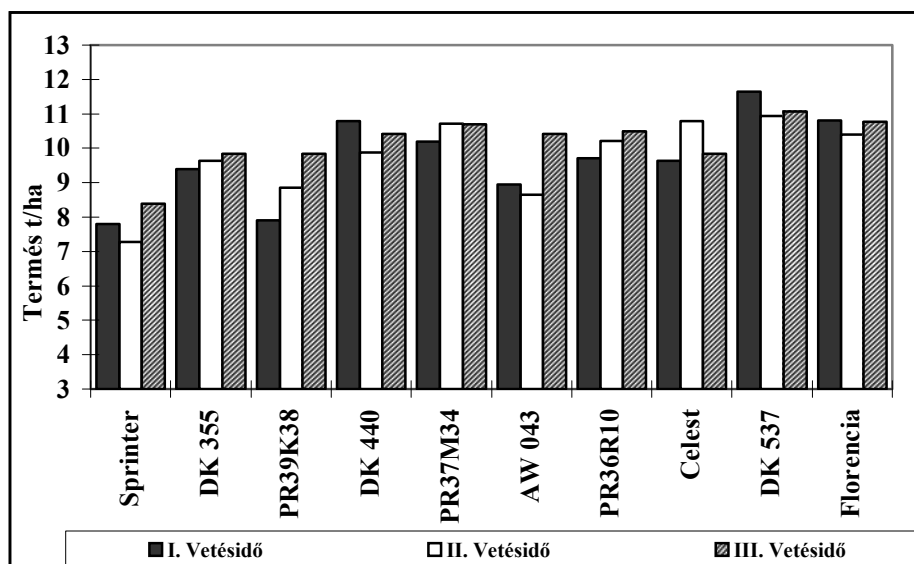
51. táblázat A termésképző elemek és a termés közötti korreláció 2001-2003.

2001.	
Ezerszemtömeg	0,189*
Sorok száma	0,422**
Egy sorban lévő szemek száma	0,451**
2002.	
Ezerszemtömeg	0,278**
Sorok száma	0,302**
Egy sorban lévő szemek száma	0,495**
2003.	
Ezerszemtömeg	0,608**
Sorok száma	0,332**
Egy sorban lévő szemek száma	0,385**

5.2.6. A vetésidő hatása a kukorica hibridek terméseredményeire

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.

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



A hibridek termésének statisztikai vizsgálatakor 2001-ben a kéttényezős varianciaanalízis alapján szignifikáns különbséget csak a hibridek között találtunk (52. táblázat).

52. táblázat. Kukoricahibridek termésének varianciatáblázata 2001.

Tényező	SQ	FG	MQ	F	Szignifikancia
Kezelés	17507,8	1	17507,8	5468,1	***
Vetésidő	9,0	2	4,5	1,4	n.sz.
Hibrid	158,1	9	17,6	5,5	***
Hibrid * Vetésidő	29,7	18	1,6	0,5	n.sz.
Hiba	480,3	150	3,2		
Összes	18184,8	180			

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 kukoricahibridek termésátlaga. SzD_{5%} érték: 0,92 (53. táblázat).

53. táblázat. A kukoricahibridek terméseredményei különböző vetésidőben 2001.

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

Az igen korai érésű hibridek (Sprinter, DK 355, PR39K38) termése a május 10-i vetésnél volt a legtöbb. A rövid tenyészidejű hibridek május 10-i vetésidőben a kedvező június, július havi csapadékot jobban tudták hasznosítani, mint az április 5-én vetett állományok. A Sprinter SC termése május 10-i vetés esetében szignifikánsan több. Az SzD_{5%} értéke a hibridnél a vetésidők között 0,37. A PR39K38 terméskülönbsége szintén meghaladja a szignifikancia határát. A hibridnél számított SzD_{5%} érték 0,61. Kiugró és kiegyenlített terméseredményével (9,39; 9,63; 9,85 t/ha) igen jó eredményt ért el a DK 355 hibrid. Kiegyenlített terméseredményei között nincs szignifikáns eltérés, tehát a hibrid a vetésidővel szemben 2001-ben nem volt érzékeny. A másik két hibrid vetése közepes vízellátási körülmények között a 2001. évi adatok szerint április 20 után javasolható.

A korai érésű hibridek (DK 440, PR37M34, AW 043) terméseredményei igen változóak. A DK 440 hibrid a korai vetésidőben szignifikánsan több termést ért el, mint az április 20-i vetésnél. A május 10-i vetés terméseredménye és a másik két vetésidő között nincs szignifikáns különbség. Az SzD_{5%} értéke 0,85 a vetésidők közt. A hibrid kiemelkedő terméseredményt ért el (10,78, 10,42 t/ha) az április 5-i, és a május 10-i vetésnél. A PR37M34 hibrid termésszintje igen magas és igen kiegyenlített. Az eltérő

vetésidők terméseredményei közt nincs szignifikáns különbség, hiszen az $SzD_{5\%}$ értéke 0,79. A hibrid az április 20-i, és a május 10-i vetésnél is közel azonos termést adott, csak a korai vetésnél figyelhetünk meg egy kis terméseszkkenést. Ez azonban nem éri el a megbízhatóság határát. Az AW 043 az előző két hibridhez képest igen érzékeny a korai vetésre. Termése szignifikánsan kevesebb volt az április 5-i és az április 20-i vetéskor, mint a május 10-én vetett állományé. A vetésidők között az $SzD_{5\%}$ értéke 0,66, amely a hibrid esetében igazolja a korai vetésre utaló érzékenységet.

A középérésű hibridek (PR36R10, Celest, DK 537), valamint a későiérésű hibrid (Florenzia SC) termései voltak a legnagyobbak a kísérletben. A nagy FAO számú hibridek terméstöbblete itt is igazolódott, a kis FAO számú hibridekkel szemben. Természetesen hazánk klimatikus viszonyai között egy kitűnő tulajdonságokkal rendelkező koraiérésű hibrid is képes hasonló terméseredmény elérésére (PR37M34).

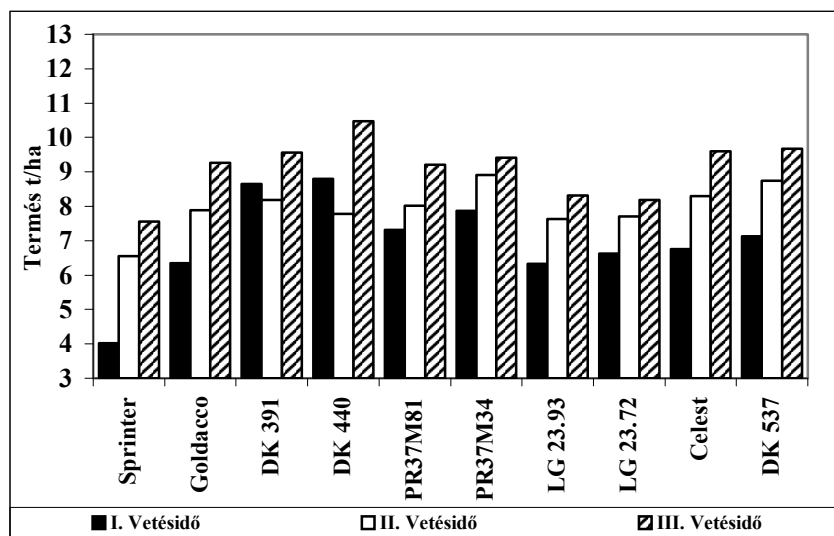
A PR36R10 hibrid termése a három vetésidőben (9,71, 10,21, 10,50 t/ha) igen kiegyenlített volt, így a különbség a vetésidők között nem volt szignifikáns ($SzD_{5\%}$ 0,86). A legtöbb termését a hibrid a májusi vetésnél érte el.

A Celest hibrid igen érzékenyen reagált mind a korai, mind a késői vetésre. A termése az április 20-i vetésnél szignifikánsan több (10,78 t/ha), mint a korai, vagy a késői vetéseknél elért termés (9,64, 9,84 t/ha). Az $SzD_{5\%}$ érték 0,74. Ez azt mutatja, hogy a hibrid igen érzékeny a vetésidővel szemben. Az optimális vetésidőtől nem tanácsos eltérni, mert az jelentős terméseszkkenést okozhat.

A FAO 470-es DK 537 és a FAO 530-as Florenzia hibridek kiegyenlített termést értek el, termésük a korai vetésnél is meghaladta a 10-11 t/ha-t. Ennek oka, hogy számukra nem okozott hátrányt a koraiérés mint a rövidebb tenyészidejű hibridek esetében így a legkorábban vetett állomány is teljes fotoszintetikus aktivitás mellett tudta hasznosítani június, július kedvező csapadékát. A DK 537 hibrid esetében a termés a korai vetésidőben volt a legnagyobb (11,64 t/ha), de a terméskülönbség nem érte el a megbízhatóság határát. A második és a harmadik vetésidőben elért termése közt alig van különbség (10,93, 11,06 t/ha). Ez a hibrid kiváló termőképességű és a vetésidővel szemben plasztikusan viselkedik. A Florenzia termése kissé elmarad a DK 537 termésétől, de termése még kiegyenlítettebb a három vetésidőben. A terméskülönbség itt sem éri el a szignifikáns határt.

2002-ben a vizsgált kukoricahibridek termése közepes szinten mozgott. Ez a hibridek tenyészidejétől függően 4,02-10,47 t/ha között változott (20. ábra).

20. ábra: A kukorica hibridek termése különböző vetésidekben 2002.



A varianciaanalízis adatai alapján szignifikáns különbség volt mind a vetéside, mind pedig a hibridek között. 2002-ben a késői vetésideben vetett, az optimális időben vetett és a korai vetésideben vetett kukorica hibridek termése között szignifikáns volt a különbség (54. és 55. táblázat). $SzD_{5\%}$ érték: 0,64.

54. táblázat. Kukorica hibridek termésének varianciatáblázata 2002.

Tényező	SQ	FG	MQ	F	Szignifikancia
Kezelés	11736,7	1	11736,7	7437,7	***
Vetéside	151,3	2	75,6	47,9	***
Hibrid	129,7	9	14,4	9,1	***
Hibrid * Vetéside	38,4	18	2,1	1,4	n.sz.
Hiba	236,7	150	1,6		
Összes	12292,7	180			

55. táblázat. A kukorica hibridek terméseredményei különböző vetésidekben 2002.

Vetéside	Termés t/ha	$SzD_{5\%}$
1.	6,994	0,64
2.	7,996	
3.	9,235	

Az évjáratra jellemző volt a kora tavasszal bekövetkező igen jelentős aszály. Ilyen körülmények között az első vetésideben vetett állomány kelése, gyors kezdeti fejlődése akadályozott volt, mely az állomány későbbi fejlettségén és a realizálható termésben is erősen mutatkozott.

2002-ben a vizsgált hibrideknél kivétel nélkül a harmadik vetésidőben kaptuk a legnagyobb terméseredményeket. Ez igazolja azon feltételezésünket, mely szerint a vetésidő és a tenyészidőben hullott csapadék eloszlása együttesen módosítja az elérhető termések nagyságát. 2002-ben a kora tavaszi csapadékhiányt a korán vetett állomány vészelte át a legnehezebben, mely jelentős hatással volt az elérhető termések nagyságára. A később vetett kukorica hibridek számára már nem jelentett akkora hátrányt a csapadék hiánya, mert a májustól bekövetkező kedvezőbb csapadékellátottság főként a harmadik vetésidőben (május 10.) nem akadályozta a gyors vegetatív fejlődést.

Az igen korai érésű hibridek közül a Sprinter SC és a Goldacco SC is igen érzékenyen reagáltak 2002-ben a korai vetésidőre. A harmadik vetésidőben elért termése mindkét hibridnek szignifikánsan meghaladta a korai vetésben elért terméseredményeket. A hibridek optimális vetésidőben elért terméstöbblete is meghaladta a szignifikáns határt, azonban az optimális vetésidő termése és a megkésett vetés termése között már nincs szignifikáns terméskülönbség. Az $SzD_{5\%}$ értéke: Sprinter 1,52, Goldacco 1,77. A rövidebb tenyészidejű hibrideknél a tavaszi csapadékhiányos időszak hatása sokkal jelentősebb, ezért az elért termések is alacsonyabbak a korai vetésidőben (4,02, és 6,34 t/ha). A két hibrid termése a második és harmadik vetésidőben már kedvezőbb (Sprinter 6,54 és 7,54 t/ha, Goldacco 7,88 és 9,26 t/ha).

A korai éréscsoportban is a harmadik vetésidő adta a legnagyobb terméseredményeket. Ezen hibrideknél azonban a korai vetésidő hátránya kisebb, hiszen a hosszabb vegetációs periódusban jelentkező negatív környezeti hatásokat az állomány jobban tudja ellensúlyozni. Ez jól látszik, hiszen egyes hibridek termése korai vetéskor meghaladta a második vetésidőben vetett állományokét (DK391, DK440). A DK 391 hibrid terméseredményei között nem is volt szignifikáns különbség. A DK 440 hibrid szintén kedvezőbb termést ért el a korai vetésidőben, mint az optimális vetéskor, azonban a különbség nem érte el a szignifikáns határt. A hibrid a legnagyobb termését (10,6 t/ha) a megkésett vetésidőben érte el, mely szignifikánsan is több volt az előző két vetésidőben elért termésnél.

A PR37M81 hibrid hasonlóan az előző hibridekhez szintén a késői vetésidőben érte el a legnagyobb terméseredményt. A késői vetésidőben elért termése éppen meghaladja a szignifikáns határt, de csak a korai (7,3 t/ha) – késői vetés (9,3 t/ha) között van igazolható különbség. Az $SzD_{5\%}$ értéke: 1,95.

A PR37M34 hibrid esetében nincs statisztikailag igazolható terméskülönbség a vetésidők terméseredményei között, de a hibrid ebben az esetben is a késői vetésben érte el a legnagyobb termését (9,5 t/ha). A hibrid esetében minimális volt a különbség az optimális és a késői vetésben elért terméseredmények között (0,5 t/ha), ami azt mutatja, hogy a hibrid már optimális vetésnél is jól hasznosította a későn érkező csapadékot.

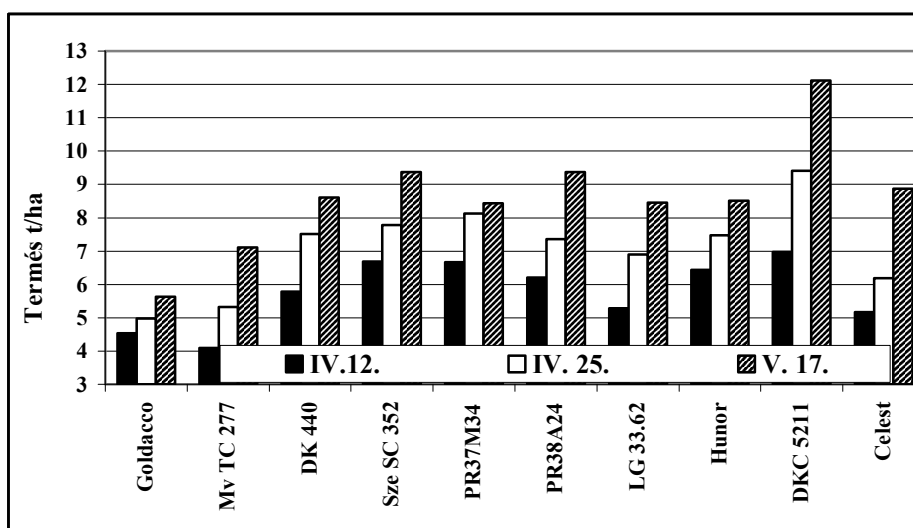
Az LG23.93. hibrid késői vetésben elért termése (8,4 t/ha) szintén szignifikánsan meghaladta a korai vetésben elért terméseredményt (6,3 t/ha). Az optimális időben vetett állomány termése nem különbözött szignifikánsan a másik két vetésidőben elért termésektől.

Az LG23.72. hibrid esetében szintén nem volt statisztikailag igazolható a késői vetésidőben elért termés különbség a korai vetésben elért eredményhez képest.

A középérésű hibridek között szintén a harmadik vetésidő adta a legnagyobb terméseredményeket, a FAO 400-as tenyészidejű hibridek teljes fotoszintetikus aktivitás mellett tudták hasznosítani a tenyészidőben később érkező csapadékot. Az elért termések nagysága 6,75 t/ha és 9,9 t/ha között változott. A két középérésű hibrid szignifikánsan nagyobb termést ért el a késői vetésidőben (9,7 és 9,9 t/ha), mint a korai vetés esetén (6,8 és 7,2 t/ha). Az $SzD_{5\%}$ érték: 2,13 mindkét hibrid esetében.

2003-ban minden hibrid kivétel nélkül a május 17-i vetésben érte el a legnagyobb terméseredményét (21. ábra). Ez hasonlóan a 2002-ben tapasztaltakhoz, a csapadék eloszlásának köszönhető, mely jelentősen tudja módosítani a hibridek teljesítményét a különböző vetésidőkben. 2003-ban ugyanis az ország keleti részében a kora tavaszi időszak volt csapadékszegény, a területen egészen június végéig jóval kevesebb csapadék hullott a 30 éves átlagnál, és a kisebb levélfelülettel rendelkező fiatalabb állomány jobban átvészelte ezt az időszakot. Ezután a júliusban érkező 130 mm csapadékot a fiatalabb, későn vetett növényállomány hasznosította jobban, valamint az augusztusi rekord szárazságot (0 mm) is könnyebben vészték át.

21. ábra A vetésidő hatása a kukorica hibridek termésére, 2003.



2003-ban minden vetésidő közt szignifikáns különbséget találtunk (56. és 57. táblázat). Az első vetésidőben elért terméseredmény a hibridek átlagában 5,783 t/ha, a második vetésidőben 7,100 t/ha, a harmadik vetésidőben pedig 8,647 t/ha, ami minden esetben meghaladja a szignifikáns határt, aminek az értéke 2003-ban 0,74 volt a vetésidők közt.

Ebben az évben szignifikáns különbséget tapasztaltunk a hibridek terméseredményei közt, ami elsősorban a hosszú tenyészidejű kukorica hibridek és a kiemelkedő termőképességű hibridek nagy termésátlagainak volt köszönhető. A legjobb és a leggyengébb termőképességű hibrid terméseredménye közt (a vetésidők átlagában) 4,454 t/ha különbséget tapasztaltunk.

56. táblázat Kukorica hibridek termésének varianciatáblázata 2003.

Tényező	SQ	FG	MQ	F	Szignifikancia
Kezelés	9270,818	1	18,687	4,431	***
Vetésidő	246,568	2	123,284	29,233	***
Hibrid	256,318	9	28,48	6,753	***
Hibrid * Vetésidő	39,038	18	2,169	0,514	n.sz.
Hiba	632,597	150	4,217		
Összes	10445,339	180			

57. táblázat. A kukorica hibridek terméseredményei különböző vetésidőben 2003.

Vetésidő	Termés t/ha	SzD _{5%}
1.	5,783	0,74
2.	7,100	
3.	8,647	

A hibridek egyedi vizsgálatánál, többféle hibridreakciót is megfigyelhettünk. Az igen korai érésű Goldacco hibrid terméseredményei közt nem találtunk szignifikáns különbséget a három vetésidőben, termése 4,52-5,62 t/ha közt változott.

A korai érésű hibridek közül az Mv TC 277 hibridnek a harmadik vetésidőben elért termése szignifikánsan nagyobb, mint a második vetésidőben elért eredménye, számára igen kedvező volt a későn beköszöntő csapadékosabb időjárás, késői vetés esetén.

A DK440, az Sze SC 352 és a PR37M34 hibridek különböző vetésidőben elért termésátlagai közt sem volt a különbség szignifikáns, számukra a vetésidő nem okozott drasztikus változást, annak ellenére, hogy a trend jellegű termésnövekedés a harmadik vetésidőben itt is megfigyelhető.

Szignifikáns terméskülönbséget a vetésidők közt a PR38A24 hibrid esetébe tapasztaltunk újra, melynél a harmadik vetésidő okozott szignifikáns termésnövekedést, az első és a második vetésidő közt a különbség nem érte el ezt a határt.

Az LG 33.62 és a Hunor hibrideknél a különböző idejű vetések szintén nem okoztak statisztikailag igazolható termésátlag növekedést, de trend jelleggel ezeknél a hibrideknél is megfigyelhető a harmadik vetésidő előnye.

A, a DKC 5211 és a Celest hibridek esetében azonban újra szignifikáns különbségeket találunk, mely DKC 5211 hibridnél minden vetésidő közt, a Celest hibridnél pedig a II. és a III. vetésidőben elért termésátlagok közt alakult ki. A két hibrid már a középérésű csoportba tartozik, így a hosszabb tenyészidő számukra lehetővé tette a későn érkezett csapadék jobb hasznosítását, és a szignifikáns terméskülönbségek kialakulását.

Megállapítható a három év vizsgálata alapján, hogy egyes hibridek érzékenyen reagáltak a vetésidő változásaira. Találhatók a vizsgált hibridek között korai vetésre érzékenyen reagáló hibridek, valamint mind a korai, mind a késői vetésidőre érzékenyen reagáló hibridek is, de a termések nagyságára a hibrid érzékenységen túl a legnagyobb hatása a tenyészidőben lehullott csapadék eloszlásának és mennyiségének van.

5.2.7. A vetésidő hatása a termés minőségére

2001-ben és 2002-ben elvégeztük a vetésidő hatásának vizsgálatát a kukorica beltartalmi paramétereire. Vizsgálataink során figyelemmel kísértük a nyersfehérje tartalom, a keményítő tartalom és a nyersolaj tartalom változását a különböző időkben elvetett parcellákon.

Elsőként a nyersfehérje tartalom változását követtük nyomon, s vetettük statisztikai elemzés alá. A nyersfehérje tartalom alakulásában 2001-ben nem figyelhattunk meg szignifikáns növekedést, ami arra utal, hogy a nyersfehérje tartalom alakulásában a vetésidőnek kisebb a szerepe, mint a tápanyagellátásnak (58. táblázat).

58. táblázat A vetésidő hatása a nyersfehérjetartalomra, a hibridek átlagában

2001.	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%}
I. Vetésidő	7,344	0,55
II. Vetésidő	7,730	
III. Vetésidő	7,981	

2002-ben a vetésidő szignifikáns mértékben változtatta meg a kukorica nyersfehérje tartalmát. (59. táblázat). A III. vetésidőben szignifikánsan alacsonyabb nyersfehérjetartalom alakult ki.

59. táblázat A vetésidő hatása a nyersfehérjetartalomra, a hibridek átlagában

2002.	Nyersfehérje (%)	SzD _{5%}
I. Vetésidő	6,876	0,32
II. Vetésidő	6,654	
III. Vetésidő	6,170	

Ez a jelentős nyersfehérje-tartalom csökkenés az úgynevezett „hígulási effektusnak” köszönhető, ugyanis ebben az évben kiugróan nagy termésátlagok alakultak ki a harmadik vetésidőben, az első két vetésidőhöz viszonyítva, amely együtt járt a nyersfehérje-tartalom kismértékű csökkenésével.

Ez azonban nem a vetésidőnek, hanem a termés alakulásának a hatása, amit az is igazol, hogy 2001-ben nem szignifikáns mértékben ugyan, de a nyersfehérjetartalom emelkedését figyelhattuk meg a vetési idők előrehaladtával.

A kukorica a közeljövőben számos ipari termék (bioetanol, keményítő stb.) nyersanyaga lehet, mely elsősorban a kukorica keményítőtartalmát hasznosítja a gyártás során. Ezért a keményítőtartalom változása fontos lehet a kukorica ezirányú felhasználása során.

2001-ben és 2002-ben is megvizsgáltuk, hogy változik –e a kukorica keményítő tartalma a vetési idő változtatásával, és a vetésidőnek lehet –e jelentős szerepe a kukorica keményítőtartalmának alakulásában.

Azt tapasztaltuk, hogy a vizsgálati években a vetésidőnek 2001-ben nem volt statisztikailag igazolható hatása, 2002-ben azonban statisztikailag igazolható

növekedést figyeltünk a kukorica keményítőtartalmában, a változás nagysága és iránya azonban erőteljesen összefüggésbe hozható a nyersfehérje-tartalomnál ismertetett „hígulási effektussal”, vagyis a kukoricaszemben a nyersfehérje helyett a nagy termés kialakulásában inkább a keményítő játszott szerepet.

Ez a növény számára energetikailag is gazdaságosabb volt, hiszen a keményítő előállítása kisebb energiabefektetést jelent, így a nagyobb termésátlag könnyebben alakulhatott ki. A keményítőtartalmat tehát a kukoricaibrid genetikai tulajdonságain kívül befolyásolja a termésátlag és a többi beltartalmi paraméter alakulása is (60. táblázat).

60. táblázat A keményítőtartalom változása különböző vetésidőkben 2001-2002

2001.	Keményítő (%)	SzD_{5%}
I. Vetésidő	65,205	0,95
II. Vetésidő	64,070	
III. Vetésidő	65,274	
2002.	Keményítő (%)	SzD_{5%}
I. Vetésidő	66,512	0,56
II. Vetésidő	67,457	
III. Vetésidő	67,168	

A harmadik vizsgált minőségi paraméter a kukorica nyersolaj tartalma volt. Mindkét évben elvégeztük a vizsgálatokat. 2001-ben a vetésidőnek bizonyítható hatása volt a kukorica nyersolaj tartalmára, míg 2002-ben statisztikailag nem volt igazolható változás a kukorica nyersolaj tartalmában a különböző vetési időpontok hatására (61. táblázat).

61. táblázat. A nyersolaj tartalom változása különböző vetésidőkben 2001-2002

2001.	Nyersolaj (%)	SzD_{5%}
I. Vetésidő	3,523	0,15
II. Vetésidő	3,968	
III. Vetésidő	3,856	
2002.	Nyersolaj (%)	SzD_{5%}
I. Vetésidő	4,093	0,15
II. Vetésidő	4,028	
III. Vetésidő	4,019	

Megállapítható tehát, hogy a vetési idő kisebb hatással van a kukorica minőségi paramétereire, a minőséget elsősorban a termésre, a tápanyagfelvételre gyakorolt hatásával, áttételes módon tudja növelni, vagy csökkenteni a nyersfehérje-tartalom és a nyersolaj tartalom változásán keresztül.

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 vetésidőjű parcellákba. 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.

5.3. Az eredmények megvitatása, diszkusszió

A kutatásaink során megállapítható volt, hogy a hazai és a nemzetközi szakirodalmakkal sokszor egyező, több esetben viszont azoktól eltérő eredményeket kaptunk. Ez természetes is, hiszen a különböző vizsgálatok eltérő klimatikus és edafikus viszonyok mellett történtek. A tápanyagellátás részletes vizsgálatánál, a trágyázás és a levélterületi index eredményei jószerével megegyeznek a szakirodalmi vizsgálatok eredményeivel, viszont a fotoszintézis aktivitása és a tápanyagellátás kapcsolata eddig kevésbé vizsgált terület. Megállapítottuk, hogy a tápanyagellátás befolyásolja a kukorica fotoszintetikus aktivitását. Természetesen ebből a szempontból fontos a fotoszintetizáló zöld levélterület élettartama is (Magalhaes et al., 1984).

A tápanyagellátás és a hibridek vízleadásának eredményei szerzők szerint eltérő. Vizsgálataink során azonban minden vizsgált hibridnél és minden évben a harmonikus tápanyagellátás elősegítette a vízleadást az érés időszakában.

A műtrágyázás hatékonysága függ a növények vízellátottságától (Ruzsányi, 1992), továbbá a víz- és a tápanyagellátottságának optimális összhangjától (Bocz és Nagy, 1981).

A magasabb műtrágyaszint nagyobb termést ad, de az N_{60-120} kg/ha-t meghaladó adagok növelhetik a káros NO_3-N -t, a bemosódást az altalajvízbe, továbbá csökkenthetik a talaj pH értékét (Sárvári, 1995). A N műtrágyázásra a kukorica elsődlegesen a termés növekedésével válaszol és másodlagosan a fehérjetartalom változásával (Berzsenyi és Varga, 1986). A növekvő nitrogén adagok hatására az összes hibrid átlagában statisztikailag igazolhatóan csökken a keményítőtartalom. A N kijuttatás időpontjának meghatározása tekintetében figyelembe kell venni, hogy a tenyészidő előre haladtával a N műtrágya hasznosulása egy ponton túl nullára válik. A műtrágyázás időpontja ezért a trágya érvényesülését nagymértékben befolyásolja (Márton, 1970).

Rossz elővetemény után és monokultúrában a kukorica több N műtrágyát igényel (Ruzsányi, 1992b). A foszfornál jobban reagál a kukorica a K trágyázásra (Árendás et al., 1998), Az évjárat befolyásoló hatása sok esetben csökkenti a K trágyázás hatásait (Lasztity és Csató, 1994). Természetesen a műtrágyázás hatékonysága nemcsak az adag nagyságától, hanem a hatóanyagok arányától is függ (Nikolov és Sztamboliev, 1975).

Vizsgálataink szerint a kukoricahibridek tápanyagfeltáró és –hasznosító képességük, továbbá műtrágyareakciójuk befolyásolja a termés alakulását. Kísérleteinkben már N 40-80, P_2O_5 25-50, K_2O 30-60 kg/ha műtrágyadagnál elértük a termésmaximumot. A kukoricahibridek értékét, trágyareakcióját a kontroll (műtrágyázás nélküli) és az alacsonyabb szintű NPK adagoknál elért terméseredmények jobban jellemzik, mint a maximális termésnél meglévő terméskülönbségek (Sárvári, 1995).

A kukorica optimális vetésidejét nagyon sok tényező befolyásolja (I'só, 1962). Számos magyar szakirodalom már korábban is ajánlotta, hogy a kukorica vetését próbálják meg minél korábban elvégezni (Pethe, 1817; Balázs, 1889; Cserhádi, 1921). Míg korábban a talajhőmérséklet a 10-12 °C-t április végén érte el (I'só, 1966; Pásztor, 1962; Györffy, 1965), addig napjainkban a globális felmelegedés következtében már április 5-10 körül eléri (Sárvári, 2002), ezzel nőtt az optimális vetésidő intervallum. Napjainkra jelentős változás következett be a biológiai alapokban is, vannak jó csírázáskori hidegtűréssel rendelkező hibridek.

A vetésidő változása kukoricában megváltoztatja a sugárzási és hőmérsékleti viszonyokat, a kukorica növekedési szakaszában. Az optimális vetésidőn belüli korábbi vetés azért is előnyös, mert a vegetatív szakasz, a virágzás és megtermékenyülés ideje kedvezőbb időszakra esik.

A vetésidő és a termés alakulását befolyásolja a csapadék tenyészidőbeni eloszlása. Az alacsonyabb betakarításkori szemnedvesség tartalomnak két tényezője van: gyorsabb szemtelítődés és a korábban bekövetkező fiziológiai érés, melytől elkezdődik a szem vízleadás időszaka.

Kísérleteinkben – a korábbi vetésidővel – 5-10 %-kal is tudtuk csökkenteni a betakarításkori szemnedvesség tartalmát. A vetésidő minőségre és a termésképző elemek változására gyakorolt hatásáról viszonylag kevés irodalmi adat van, melyet a jövőben célszerű tovább vizsgálni, hogy minden tényezőt figyelembe véve, hibridspecifikus termesztéstechnológiát tudjunk alkalmazni, amely nemcsak a termésbiztonságnak, hanem a termesztés hatékonyságának is záloga.

VI. ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági művelés alatt álló területek egyik legfontosabb kultúrnövénye a kukorica. A vetésterület és a termésátlag világviszonylatban is dinamikus növekedést mutat. A hatvanas években 99,7 millió hektáron termesztették, ezután a 80-as években megközelítette a 130 millió hektárt, majd – 2002 -re – elérte a 139-140 millió hektáros vetésterületet, amelyről 590-600 millió tonna termést takarítanak be. A termésátlagok növekedése szintén dinamikus, hiszen a hetvenes évek végén 3 t/ha alatti termésátlagot értek el (2,97 t/ha 1972–1981 között), mely 2001-ben meghaladta a 4,4 t/ha-os átlagot.

Magyarország részesedése a világ kukoricatermő-területéből 0,9 - 1 % körül mozog, míg az összes termésből 1–1,3%-kal részesedik. A kukorica és a búza Magyarország két legfontosabb növénye, amelyet a legnagyobb területen termesztünk.

A kukorica vetésterülete tartósan 1–1,2 millió hektár körül mozog. A kukorica ma átlagosan a mezőgazdasági terület 22–25 %-át, míg a szántó 28–29 %-át foglalja el. Az kitűnik, hogy Magyarország is igen erőteljes fejlődésen ment át a termésátlagok tekintetében, amelynek csúcsa 2005-ben volt, 7,71 t/ha-ral. A 80-as évtizedben a termésátlag 6 t/ha körül alakult, de a rossz évjáratok hatásának betudható termésingadozás nem haladta meg a 10-20%-ot. A kukorica Magyarországon is főként, mint energiadús állati takarmány jön számításba. Az állatok takarmányozásában elsősorban energiaszállító szerepe jelentős. Keményítőtartalma nagyon magas 65-70%, energiaértéke 8,5–9,5 MJ/kg szárazanyag. A Magyarországon megtermelt kukorica 89,5%-át takarmányozási célra használják fel.

A kukorica ipari felhasználása dinamikusan fejlődik. Jelenleg a termésmennyiségből mintegy 400-450 ezer tonna mennyiséget használ fel az ipar, melyből 2010-ben várhatóan 1,1 millió tonnát fog felhasználni. Nagyon sokféle ipari terméket állítanak elő belőle. Növényolaj-ipari felhasználása a szem olajtartalmára, illetve a csíra olajtartalmára alapul (kukoricacsíra-olaj). A kukorica fő hasznosítási iránya azonban a magas szénhidrát, illetve keményítőtartalmára alapul. A belőle nyert keményítőt szélesebb körben használják. Ilyen területnek számít a papírgyártás, gyógyszer-, vegyi- és a textilipar, de az élelmiszeripar is jelentős mennyiséget hasznosít belőle. Speciális felhasználási területnek számít az izocukor gyártása, mely a legnagyobb részt teszi ki az ipari célú felhasználásból. Az izocukor gyártásra mintegy 300-350 ezer tonna kukoricát használnak fel. Malmi felhasználásra kerül mintegy 150 ezer tonna kukorica, melynek kb. az 50%-a humán fogyasztásra kerül, liszt vagy gríz formájában (Corn flakes stb.). E

tekintetben a kukorica szerepe jelentősen megváltozhat az elkövetkezendő időben, amely az egészséges életmód és táplálkozás nagymérvű térhódításnak tudható be. A pedig a szeszipar és a söripar hasznosítja (kukoricásör). Továbbá most van kialakulóban Magyarországon a bioetanol előállítás mely üzemanyagként a benzinhez 10-15%-ban keverhető. 1 tonna megtermelt kukoricából 387 l bioetanol állítható elő, mely alkalmassá teszi a kukoricát a hektáronként nyerhető 2100-2200 l etanol előállítására.

A száraz őrléses etanol ipar 2005-ben már több mint 28 millió tonna kukoricát használt fel. A jövőben Magyarországon létesülő bioetanol üzemek termelése valószínűleg jelentős keresletet fog indukálni a kukorica piacán, illetve jelentős gazdasági hatásokkal számolhatunk a régió termesztését illetően is.

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 eredményes és gazdaságos kukoricatermesztésnek az egyik legfontosabb feltétele 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.

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 reakcióit, a termésképző elemek alakulását és a beltartalmi változásokat.

A 2001-2003-ban Hajdúböszörményben vetésidő-trágyázási kísérletet állítottunk be, ahol a vetésidő és a tápanyagellátás közös hatását vizsgáltuk a kukorica termésére és termésképző elemeinek alakulására. A vetésidő hatását önálló kísérletben is nyomon

köveztük, ezért 2002-2003-ban, Debrecenben is beállításra került egy kukorica vetésidő-kísérlet, ahol a termés vizsgálatán kívül fotoszintézis aktivitást is mértük. 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 megfelelően számszerűsíthető.

A kísérlet három évi csapadék és hőmérsékleti adataira 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, csapadékszegénynek, csak közepes évjáratnak volt mondható.

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 tápanyagadagjai 40 kg N, 25 kg P₂O₅ és 30 kg K₂O volt, valamint ennek a két, három, négy és ötszörös adagja, amit kiegészítettünk egy kontroll (tápanyag nélküli) parcellával is.

Az elővetemény minden évben kukorica, az elvetett tőszám pedig 71000 tő/ha volt.

A kísérletek 3 évében (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.

A tápanyagellátási kísérlet eredményei:

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

A regressziós analízis során megállapítható volt, hogy a levélterületi index (LAI) hatása igen erőteljes az elért termések nagyságára. Mindezen eredmények alapján megállapítható, hogy a kukorica által fejlesztett egyedi levélterület, valamint az állományban mért levélterületi index (LAI), nagyban függ a kukorica tápanyagellátásától, valamint egyéb környezeti tényezőktől is. A legnagyobb hatása a kontroll viszonyokhoz képest az első műtrágyaadagnak van, vagyis a tápanyaghiány akadályozza a kukorica levélterületének optimális fejlődését. A tápanyagellátás további növekedésével a levélterület növekedése már nem szignifikáns. A jobb tápanyag-szolgáltató képességgel rendelkező talajokon is javasolt ezért egy kisebb műtrágyaadag kijuttatása, hiszen a fotoszintetizáló felület nagysága alapjaiban határozza meg a várható termés nagyságát.

A vizsgált hibridek esetében jól látható, hogy a tápanyagellátás javulásával a hibridek nedvességtartalma is jelentősen csökken. A kontroll körülmények között mérhető magasabb szemnedvesség tartalom a statisztikai vizsgálatok alapján, minden mérési időpontban szignifikánsan magasabb, mint jobb tápanyagellátás mellett.

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 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 okozzon, 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 terméseszkkenés volt megfigyelhető.

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. A csapadékhiány ellenére az éréscsoportok közötti különbségek jól megfigyelhetők voltak 2003-ban is. Az igen korai éréscsoportba tartozó hibridek termése alacsonyabb volt (3-7 t/ha), mint a késői éréscsoport hibridjeinek termése (4-8 t/ha) között változott a trágyakezeléstől függően.

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. A trágyázás hatására a kukoricacsövön lévő szemsorok száma a kontroll körülményekhez viszonyítva 1,108-1,20-al nőtt, ami meghaladja a szignifikáns határt. A trágyaadag további növelésével a sorok számában további változást nem tapasztalhattunk. Megállapítottuk, hogy a szemek számában is erőteljes változás következik be a tápanyagellátás változásával. Vizsgálatainkban a trágyaadag növelésével a szemszám jelentős növekedését tapasztalhattuk.

Megállapítottuk, hogy a trágyázás és a nyersfehérje tartalom között pozitív korreláció van, tehát a trágyaadag növelése a fehérjetartalom növekedését eredményezi. Azt tapasztaltuk, hogy a vizsgálati években a trágyázásnak nem volt statisztikailag igazolható hatása a kukorica keményítőtartalmára, a változás nagysága és iránya sem jelentős. A keményítőtartalmat tehát a kukorica hibrid genetikai tulajdonságai határozzák meg inkább, mint a tápanyagellátás.

Megállapítható tehát, hogy a tápanyagellátás jelentős hatással van a kukorica minőségi paramétereire, a minőséget jelentősen tudja javítani a nyersfehérje-tartalom és a nyersolaj tartalom növelésén keresztül.

Vetésidő kísérlet eredményei:

A vizsgálatok során nagyon szembetűnő volt, hogy a megkésített vetésben a kukorica vegetatív periódusa nagyon lerövidül, korábban virágzik, a különbség eléri a 18-23 napot. Ez azért lehetséges, mert a korán vetett állományok számára a virágzásig igényelt hőösszeg lassabban gyűlik össze, a növény nincs stresszhelyzetben, nem kell a generatív részeket gyorsan kialakítania. A késői vetésben a magas hőmérséklet indukálta gyors fejlődés, a gyorsan összegyűlő hőösszeg a növényt gyors generatív fejlődésre, gyorsabb víz és tápanyagfelvételre készítheti, amely stresszhelyzetet okoz a növénynek, főként, ha valamely elem (víz, tápanyag) hiányzik a fejlődése során.

A vizsgált periódusban minden vetésidőben fokozódó CO₂ megkötést tapasztalunk, de nagyon szembetűnik a későn vetett kukoricahibridek kiugróan nagy teljesítménye.

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 a 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.

Megállapítható, hogy a korai vetésidő alkalmazásával a kukoricahibridek vízleadása előrébb tart, ami korábbi betakarítást és alacsonyabb szemnedvességtartalmat eredményez. Ez a tényező jelentősen javíthatja a kukoricatermesztés hatékonyságát és versenyképességét.

A vetésidő késése igen nagy valószínűséggel a betakarítási szemnedvességtartalom emelkedését, esetleg a betakarítási időpont jelentős eltolódását fogja kiváltani. Ez a fiziológiai folyamat vizsgálataink szerint évjáráttól és kukoricahibridtől függetlenül nagy valószínűséggel mindig bekövetkezik.

A vizsgálataink során jelentős különbségeket találtunk a termésképző elemek között különböző vetésidőkben, mely arra utal, hogy a különböző időben vetett állományok különböző környezeti tényezői jelentősen hatnak a növény termésdifferenciálódására.

Megállapítottuk, hogy a termésképző elemekre nem csak a termesztés során ható környezeti és agrotechnikai hatások vannak erőteljes befolyásoló hatással, hanem a termésképző elemek egymás kialakulását is befolyásolják (nagy számszám mellett

kisebb ezerszemtömeg), amely tényezők nem egyenként, hanem komplex egységként fogják a termésátlagokat kialakítani.

2001-ben a legnagyobb termésátlaga a késői vetésidőben vetett kukorica hibrideknek volt (10,18 t/ha), ehhez képest nem szignifikáns mértékben csökkent az optimális vetésidőben és a korai vetésidőben vetett kukorica hibridek termésátlaga.

2002-ben a vizsgált kukorica hibridek termése közepes szinten mozgott. Ez a hibridek tenyésztésidőjétől függően 4,02-10,47 t/ha között változott. A vizsgált hibrideknél kivétel nélkül a harmadik vetésidőben kaptuk a legnagyobb terméseredményeket. 2002-ben a késői vetésidőben vetett, az optimális időben vetett és a korai vetésidőben vetett kukorica hibridek termése között szignifikáns volt a különbség.

2003-ban minden hibrid kivétel nélkül a május 17-i vetésben érte el a legnagyobb terméseredményét. 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.

Megállapítottuk a három év vizsgálatai alapján, hogy egyes hibridek érzékenyen reagáltak a vetésidő változásaira. Találhatók a vizsgált hibridek között korai vetésre érzékenyen reagáló hibridek, valamint mind a korai, mind a késői vetésidőre érzékenyen reagáló hibridek is, de a termések nagyságára a hibrid érzékenysége túl a legnagyobb hatása a tenyésztésidőben lehullott csapadék eloszlásának és mennyiségének van.

A vetési idő kisebb hatással van a kukorica minőségi paramétereire, a minőséget elsősorban a termésre, a tápanyagfelvételre gyakorolt hatásával, áttételes módon tudja növelni, vagy csökkenteni a nyersfehérje-tartalom és a nyersolaj tartalom változásán keresztül.

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.

Rámutattunk tápanyagellátás és a vetésidő okozta változásokra, a levélterülettel kezdődően a termés minőségéig, feltárva azokat a bonyolult összefüggéseket, melyek együttesen alakítják ki a kukoricatermesztésben elérhető eredményeket.

VII. SUMMARY

One of the most important culture plants of cultivated areas is maize. Worldwide data shows dynamic increase in sowing area and average yield of maize, too. In the sixties, maize was grown on 99,7 million hectares, in the eighties 130 million hectares was the sowing area. By 2002, sowing area reached 139-140 million hectares, from which 590-600 million tonnes maize was harvested. The increase of average yields is also dynamic, because 3 tonnes/ha was the average yield at the late seventies (2,97 t/ha between 1972-1981), however, in 2001 it reached 4,4 t/ha average.

Hungary possesses about 0,9-1 % maize sowing area of the world, but we have a part of 1-1,3 % from the total yield. Maize and wheat are the two most important plants of Hungary, we grow them on the biggest hectares.

The sowing area of maize is permanently between 1-1,2 million hectares. Maize takes about 22-25 % of the agricultural area, and 28-29 % of the arable land. Average yields strongly increased also in Hungary, the highest yield we reached in 2005, it was 7,71 t/ha. The average yield of the eighties was about 6 t/ha, still, yield fluctuation resulted from bad year's effect, did not exceed 10-20 %. In Hungary, maize is widely used as energy source in animal feeding. It renders energy to animals, its 65-70 % starch content is very high, its energy value is 8,5-9,5 MJ/kg dry matter. 89,5 % of maize grown in Hungary is used for feeding purpose.

The use of maize for industrial purpose constantly increases. From the yield of these days, 400.000-450.000 tonnes are used by industry. This figure is expected to grow to 1,1 million tonnes by 2010. Many kinds of industrial products are produced from maize. Its use in the plant oil industry is based on the oil content of the seed and the germ (maize germ oil). However, the main use of maize is based on its high carbohydrate and starch content. The maize starch is widely used in paper production, pharmaceutical-, chemical- and food industry. Special area of use is the production of isosugar, which takes the biggest part from the use of maize for industrial purpose. For the production of isosugar, 300.000-350.000 tonnes of maize is used. For milling purpose, about 150.000 tonnes maize is used, from which about 50 % is consumed by humans in the form of flour or grits (corn flakes etc.) In this regard, the role of maize can be greatly changed in the near future, thanks to the increase of healthy lifestyle and nutrition. The rest is used by the brewing- (maize beer) and spirit industry. Furthermore in Hungary, the production of bioethanol is just developing, which can be mixed to

petrol in 10-15 %. One tonne of grown maize can provide 387 litres bioethanol, that makes the maize “capable” to produce 2.100-2.200 litres ethanol/ha.

The ethanol industry, based on dry grinding, used more than 28 million tonnes of maize in 2005. The establishment of bioethanol factories, which will be being built in Hungary, will probably create great demand on the maize market, furthermore, we can expect serious economic effect on regional maize production as well.

The different genetic background of widely used hybrids may behave in a different way resulting from given agritechnical and ecological factors. The main purpose of maize production is to get closest to the maximum genetic potential and to reach maximum economic efficiency at the same time. Price increase of the near past has also affected power sources, which results in the use of modern variety specific technologies in maize production. This is a cornerstone of economic maize production.

From these technologies, one of the most important factor is the professional and reasonable designation of sowing time and the rightly determined nutrient supplement, which have been analyzed for a long time. The economic and effective maize production is strongly based on the right sowing time and fertilizer rate of the given hybrid. This should be adapted to the character or traits of the given area, farm. This is an important question, because all maize hybrids have different genotype, therefore they react to the changes of agritechniques in a different way, too. As a result, the specific reaction of hybrids is important to know, which makes us able to increase the security in production without any money investment.

In my thesis, I analyze the reached yield of hybrids under different sowing time and fertilizer rate, the effect of fertilizing on the timing of male- and female flowering, the seed moisture content at harvest time, the rate of productive and sterile plants on a given area, the nutrient reaction of the maize. We also evaluated the development of yield forming elements and the changes of inner content.

In 2001-2003 in Hajdúböszörmény, we made a sowing time-fertilizer trial, where we evaluated the mutual effect of sowing time and nutrient supply on the yield of maize and on the formation of yield forming elements. We also followed the effect of sowing time in an individual trial. Therefore, in 2002-2003 in Debrecen, we ran a maize sowing time trial. In this case, we analyzed the yield and measured the photosynthetic activity, too. In Debrecen, we launched a third trial (2001-2003) where we analyzed the individual effect of nutrient supply. In this trial we also measured photosynthesis. The

three trials give us a clear picture with figures about the effect of sowing time and nutrient supply.

Based on the precipitation- and temperature data of three years of the trial, we can say that the weather of 2001 was average or a bit over average for maize production, however, 2002 and 2003 had a lack of precipitation, these years were only of medium conditions for maize.

In the trials, besides the three sowing time and the control, the five nutrient levels provided the main treatment.

- the first sowing time happened each year in the first third part of April (05 April, 2001 and 2002)
- the second sowing time happened each year in the second third part of April (20 April 2001, 25 April 2002)
- the third sowing time happened each year at the end of the first third part of May, or at the beginning of the second third part (10 May, 2001 and 15 May, 2002)

With these sowing times we intended to evaluate the effect of an earlier and of a later sowing time than the general in Hungary (sowing at about 20 April).

The fertilizer rates of the fertilizing trial are the following: 40 kg N, 25 kg P₂O₅ and 30 kg K₂O, furthermore the two times, three times, four times and five times of this rate, supplemented with control (without nutrient).

The fore crop was maize each year, the sowing rate was 71.000 plants/ha.

In the 3 years of the trials (2001, 2002, 2003) we evaluated the following traits of different maize hybrids:

- yield capacity
- natural nutrient exploring- and utilizing capacity
- reaction on sowing time
- the changes occurred in the individual development (springing, flowering, etc) of plants
- drying down capacity, the dynamics of drying down, seed moisture level at harvest
- leaf area individually (LA) and leaf area index (LAI)
- The effect of variety, sowing time, fertilization on the growing dynamics of total leaf area of hybrids
- The effect of NPK-fertilization and sowing time on the quality of hybrids with different genetic background

- The effect of fertilization, sowing time and climatic factors on the photosynthetic activity of different hybrids.

We carried out the trials at the study farm of Debrecen University, Agricultural Centre, Department of Plant Production and in Hajdúböszörmény, in 2001, 2002, 2003.

The results of the trial of nutrient supply:

We can say that there was significant difference between the leaf areas measured under different fertilizer levels in 2001, 2002 and 2003, too. We evaluated the measured leaf areas by variant analysis. We came to the findings that fertilization caused significant leaf area increase in each time compared to the control.

The regression analysis showed that the effect of leaf area index (LAI) on the quantity of yields is significant. All these results show that the individual leaf area developed by the maize plant and the leaf area index (LAI) measured in the field greatly depend on the nutrient supply of the maize and on other environmental factors, too. The first fertilizer level has the greatest impact compared to the control conditions, which means that nutrient deficiency hinders the optimal development of leaf area of maize. Higher level of nutrient supply did not result in the significant increase of leaf area. We suggest that soils with better nutrient-providing capacity still should be fertilized with a lower rate, because the size of the photosynthetic area strongly determines the quantity of yield.

The evaluated hybrids clearly show that better nutrient supply results in less moisture level of hybrids. Statistically, each measure shows that seed moisture level under control conditions is higher than of maize that received nutrient supply.

In 2001, PR36R10, the DK 557 and the Florencia hybrids had the best reaction to fertilizers, while Katinka and Mv Maraton hybrids had the worst reaction on fertilizers. The analysis of correlation showed that there is a statistically significant difference both between the effect of fertilizing and the different yield capacity of hybrids.

In the year of drought of 2002, Florencia, DK 557 and PR37M81 hybrids had the best reaction to fertilizers. In this case, the reaction of the rest of the hybrids is much lower than under average conditions. In spite of the lack of precipitation, there is a clear

difference among maturing types. The really-early mature type hybrids had less yield (3-6 t/ha), than the hybrids of late-mature types (4-8 t/ha).

The evaluation of the effect of fertilizing in 2002 clearly showed close correlation between the water supply of the given year and the utilization of fertilizers. This year the little precipitation did not make possible for the fertilizer to bring about significant yield quantity increase, because there was not enough water in the soil to absorb water. Therefore, only the first fertilizer level increased the yields significantly, further supply of nutrients did not bring about significant increase of yields. However, we could observe yield decrease beyond the 3. fertilization level.

In 2003, PR37M81, DK 537 and Florencia hybrids possessed the best reaction to fertilizers, but Sze SC 463R hybrid analyzed for the first time in 2003, had very good reaction, too. In spite of the lack of precipitation in 2003, it is easy to observe the differences among mature types. The really-early mature hybrids had less yield (3-7 t/ha), than of the late-mature types (4-8 t/ha). The rate of difference depends on fertilizing levels.

Nutrient supply has a significant impact on the thousand-seed mass of maize. In case of fertilized treatments, we observed the significant increase of the thousand-seed mass compared to the control treatments. As a result of fertilizing, the number of seed rows on the maize cob increased by 1,108-1,20, which is also statistically significant. The further increase of fertilizing did not increase the number of rows. We also determined that change of fertilizing rate brings about different number of seeds. In our trials, we experienced significant increase of seed number as an effect of higher fertilizing levels.

We determined that there is a positive correlation between fertilization and raw protein content, so higher fertilization rates result in increased protein level. We experienced that in the evaluated years, fertilization did not have statistical effect on the starch content of the maize, the rate and the direction of the change is small. Starch content is rather determined by the genetic traits of the maize hybrid than nutrient supply.

We can say that nutrient supply has great impact on the quality parameters of maize. Nutrient supply can greatly improve quality via increasing raw protein- and raw oil content.

The result of the sowing time trial:

During the evaluation it was striking for us, that the vegetation period of the maize is really shortened because of late sowing, it flowers earlier. The difference reaches 18-23 days. This is possible because the required heat unit till flowering has a slower accumulation for early sowed maize; the plant is not under stress. So maize is not under pressure to create generative parts fast. In case of late sowing, the quick development induced by high temperature and the quickly accumulated heat unit make the plant develop generative parts faster. In this case the maize is forced to faster absorb water and nutrients. Therefore, the plant is under stress that can be even stronger in case of any element (water, nutrient) is deficient during development.

In the evaluated period, each sowing time showed increased CO₂ fixation, but the extraordinary strong performance of late sowed maize hybrids is very striking.

As we get closer to the end of the vegetation period, earlier sowed hybrids reach the phase of maturity earlier, where the CO₂ fixation is gradually decreasing. Late sowed maize (III.-IV. sowing time) even at this time have a better CO₂ fixation, because the maturity of these plants occur later. This is the reason why the maturity period of late sowed plants can be seriously prolonged, their drying down can be slowed down in case of cold late-autumn weather.

We can determine that if we apply early sowing, the drying down of maize hybrids is more ahead, which results in earlier harvest and lower seed moisture level. This factor can seriously improve the efficiency and competitiveness of maize production.

Late sowing must cause seed moisture level increase at harvest and it may postpone significantly harvest time. According to our research, not depending on the quality of the year and the maize hybrid, this physiological process will always happen.

During our research we found significant differences among yield forming elements at different sowing times. This shows that the different environmental factors of maize sowed at different time greatly impact the yield differentiation of maize.

We have also the findings that yield forming elements are not solely influenced by environmental- and agritechnical effects, but yield forming elements influence each other as well (big seed number and lower thousand seed mass). All these factors will not determine the average yields individually, but all together as a complex unit.

In 2001, late sowed maize hybrids had the greatest average yield (10,18 t/ha). Compared to this, the average yield of maize hybrids sowed at optimal time and early did not decrease significantly.

In 2002, the yield of the evaluated maize hybrids was at medium level. This means 4,02-10,47 t/ha yield depending on the growing period of hybrids. All hybrids without any exception showed the highest yields at the third sowing time. In 2002, the yield of maize hybrids sowed late, at optimal time and early, was significantly different.

In 2003, all hybrids without exception had the highest yield sowed at 17th May. In 2003, we found significant difference among each sowing time. The yield result of the first sowing time in the average of the hybrids was 5,78 t/ha, 7,10 t/ha in the second sowing time and 8,65 t/ha in the third sowing time, which in all cases exceeds the significant level.

Based on the three years long research we determined that some hybrids sensitively reacted to the changes of sowing time. Some of the evaluated hybrids react sensitively to early sowing, some hybrids react sensitively both to early- and late sowing. However, besides hybrid sensitivity, the quantity of yield is mostly influenced by the dispersion and quantity of precipitation of the maize growing period.

Sowing time has less impact on the quality parameters of maize. Sowing time can indirect increase or decrease quality by its effect on the yield and nutrient absorption through its ability to change raw protein and raw oil content.

As a result of the three-year long trial we can say that the quantity and quality of maize yield and all the factors that form quality and quantity are greatly influenced by nutrient supply and sowing time.

We also drew the attention to changes caused by nutrient supply and sowing time beginning from leaf area to the quality of yield. We also explored the complex correlations that together form the achievable results of maize production.

VIII. 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 parcelláknak. A fotoszintetikus aktivitást jelentősen, akár 70%-kal csökkentheti a vízhiány.
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. A PR37M81, a Florencia és a DK557 hibridek kitűnő természetes tápanyagfeltáró képességük miatt, eredményesen termesztethetők 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 korai vetésidőben minden alkalommal szignifikánsan alacsonyabb szemnedvességtartalmat kaptunk. Korai vetésidő alkalmazásával korábbi érést, gyorsabb vízleadást, 6-10%-kal alacsonyabb betakarításkori szemnedvességtartalmat értünk el.
8. A vetésidő a termésképző elemeket nem közvetlenül módosítja, a vizsgálatok során minden termésképző csak gyenge korrelációban volt a termés nagyságával, vagyis a vetésidő hatása a termésképző elemekre csekély.
9. 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.
10. 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.

IX. Gyakorlatban alkalmazható eredmények

1. A kukoricahibridek levélterületi indexének vizsgálata olyan adatokat szolgáltat, mely a termésbecslés, termésmodellezés területén közvetlenül hasznosítható, hisz nagyon korai becslést tesz lehetővé.
2. 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.
3. A kukoricahibridek 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.
4. A hibridek specifikus reakcióinak az ismerete a különböző vetésidőkben, és tápanyagellátási szinteken a hibridspecifikus vetéstechnológiák kialakításának az alapfeltételei. A hibrid megválasztásánál előnyben kell részesíteni azokat, melyek plasztikusan viselkednek a különböző vetésidőkkel szemben, illetve jó tápanyagreakcióval rendelkeznek.
5. A gyakorlat számára hasonló ökológiai adottságú területeken, a termésátlag és a betakarításkori szemnedvesség-tartalom figyelembevételével extenzív viszonyok közé ajánlható hibridek, a PR37M81, A DK557, valamint a Katinka, míg intenzív műtrágyázott technológiákba a PR37M81, az Mv Maraton és a DK557.
6. A kísérlet több éves eredményei alapján a gyakorlatban korán vethető hibridek a vetésidőre kevésbé érzékenyen reagálnak, mint a PR37M34, PR36R10, DK537, Florencia, míg optimális időben, vagy később vethetőek az AW043, Celest, és a DKC5211 hibridek.

X. IRODALOMJEGYZÉK

1. ABRAHAMSEN, G.-BJOR, K.-HORNTVEDT, R.-TVEITE, B. (1976): Effect of acid precipitation on coniferous forest. (In: Braekke, F.H.: „Impact of acid precipitation on forest and freshwater ecosystems in Norway”. SNSF Project. 38-63.)
2. AHMADI, M., W. J. WIEBOLD, and J.E. BEUERLEIN (1993): Grain yield and mineral composition of corn as influenced by endosperm type and nitrogen. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 24: 2409-2426.
3. ALDRICH, S.R. (1970): In: Inglett, G.E.: *Corn Culture, Processing, Products*. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
4. ALEXANDER, M. (1980): Effect of acid precipitation on biochemical activities in soil. (In: Drables, D.-Tollan, A.: „Ecological impact of acid precipitation”. SNSF Project. 47-52.)
5. ANDA, A. (1987): A kukorica néhány sugárzás, hő- és vízháztartási komponensének alakulása a N-ellátottság függvényében. *Növénytermelés*. Tom. 36. No. 3. 161-170.
6. ARSY-MILLER (1989): Kukorica csíranövények foszforigénye a maximális terméshez. *Madison. Agronomy Journal*. 81.K. 1.sz. 95-99.
7. ÁRENDÁS T.-SARKADI J.-MOLNÁR O. (1998): Műtrágyahatások kukorica-őszi búza dikultúrában erdőmaradványos csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 47. 45-57.
8. AUSTIN, R.B., J. BINGHAM, R.D. BLACKWELL, L.T. EVANS, M.A. FORD, C.L. MORGAN, and M. TAYLOR (1980): Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes *J. Agric. Sci., Cambridge*, 94: 675-689.
9. BAKER, J.-HOCKING, D. – NYBORG, M. (1977): Acidity of open and intercepted precipitation in forest and effects on forest soils in Alberta. *Water Air Soil Pollut.* 7. 449-460.
10. BALÁZS Á. (1889): *Növénytermelés*. Mosonmagyaróvár. 2. Köt. p. 92.
11. BALLA L. (1980): Istállótrágyázási és műtrágyázási kísérletek Martonvásáron. *Budapest. Tom. 29. No.4.* 355.
12. BARACS J. (1986): Éghajlat és kukoricatermesztés. *Magyar Mezőgazdaság*. 1986. 41. évf. 21. sz. 9. p.
13. BAUER, P.J. – CARTER, P.R. (1986): A vetési idő, állománysűrűség, felhasználható vízmennyiség és a talaj N-ellátottságának hatása a kukorica szemtörékenységre hajlamosságára. *Crop. Sci., Madison, Wis.*, 1986. 26. k. 6. sz. 1220-1226. p. t:9, b:23, (Y 840) Kb. 32. sz. o.
14. BEAUCHAMP, E.G., L.W. KANNENBERG, and R.B. HUNTER (1976): Nitrogen accumulation in corn genotypes following silking. *Agron. J.* 68: 418-422.
15. BENNETT, W.F., g. STANFORD, and L. DUMENIL (1953): Nitrogen, phosphorus and potassium content of the corn leaf and grain as related to nitrogen fertilization and yield. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 17:252-258.
16. BERÉNYI D. (1945): A kukorica termelése és összefüggése az időjárással. *Tiszántúli Mezőgazdasági Kamara, Debrecen*.
17. BERZSENYI Z. (1988): A N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára. *Növénytermelés*. 37: 527-540.

18. BERZSENYI Z. (1993): A N-műtrágyázás hatása a kukorica növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. Tom. 42. No. 5. 457-470.
19. BERZSENYI Z. (1993): Növekedésanalízis a kukoricatermesztési kutatásokban. Doktori értekezés, MTA Mg. Kutatóintézete, Martonvásár.
20. BERZSENYI Z. – GYÖRFFY B. (1995): Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésstabilitására. *Növénytermelés*. Budapest. Tom. 44. No. 5-6. 507-517. p.
21. BERZSENYI Z.-GYÖRFFY B. (1997): Az istállótrágya és a műtrágya hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és termésstabilitására monokultúrában tartamkísérletben. *Növénytermelés*. Budapest. Tom. 46. No. 5. 509-527. p.
22. BERZSENYI Z. – LAP D.Q. (2001): Effect of sowing time and N fertilisation on the yield and yield stability of maize (*Zea Mais* L.) hybrids between 1991 and 2000. *Növénytermelés*. Tom 50. 309-331. p.
23. BERZSENYI Z. - RAGAB, A.Y. - DANG, Q.L. (1998): A vetésidő hatása a kukoricahibridek növekedésének dinamikájára 1995-ben és 1996-ban. In: *Növénytermelés*. 2. Budapest. P. 165-180.
24. BERZSENYI Z. - SZUNDY T. (1998): Vetés. In: *Amit a kukoricatermesztésről a gyakorlatban tudni kell*. Szerk. SZÉLL E. - SZIBERTH D. Mezőmag Kft., Székesfehérvár. p. 96-104
25. BERZSENYI Z.-VARGA K. (1986): A kukoricahibridek optimális tőszámát és N-műtrágya reakcióját meghatározó tényezők vizsgálata tartamkísérletben. *Georgikon Napok, Keszthely, PÁTE Kiadvány*
26. BIRKÁS M. (1998): A tarlóművelés jelentősége a talajnedvesség megőrzésében. *Agrofórum*. Budapest. 7. évf. 8. szám. 10-12. p.
27. BIRKÁS M. (2001): A talajtömörödés kialakulása Magyarországon; következményei, megelőzésének és enyhítésének lehetőségei. *Akadémiai doktori értekezés tézisei*. Gödöllő. 46. p.
28. BJOR, K-TEIGEN,C. (1980): Lysimeter experiment in greenhouse. (In: Drables,D.-Tollan,A.: „Ecological impact of acid precipitation.” SNSF Project. 200-201.
29. BLACKMAN, V.H. (1919): The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.* 33: 353-360.
30. BLASKÓ L. (1983): Réti talaj Al-oldható Ca és Mg tartalmának változása tartós műtrágyázás hatására. *Növénytermelés*. 32. 539-547.
31. BLASKÓ L. (1990): Műtrágyázás hatása az alföldi kötött talajok elsavanyodására. (In: *Környezetünk savasodása*. Országos Konferencia, Balatonfüred. 1990. November 14-16. Környezetgazdálkodási programiroda. Budapest. 395-407.
32. BOCZ E. (1974): A szántóföldi növények hazai trágyázásának irányelvei. *Debrecen*. 65-77.
33. BOCZ E. (1981): A növénytermesztés ösztönző támogatása. *Magyar Mezőgazdaság*, 36.évf. 27:9.
34. BOCZ E. (1992): Szántóföldi növénytermesztés. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest. 887. p.
35. BOCZ E.-NAGY J. (1981): A kukorica víz-és tápanyagellátásának optimalizálása és hatása a termés tömegére. *Növénytermelés*. Tom. 30. No. 6. 539-550.
36. BRIGGS, G.E., F. KIDD, and C. WEST (1920): A quantative analisis of plant growth. II. *Ann. Appl. Biol.* 7: 202-223.
37. BUNDY, L.G., P.R. CARTER (1988): Corn hybrid response to nitrogen fertilizer in the Northern corn belt. *J. prod. Agric.* 1:99-104.

38. BUNTING E. S. (1976): Accumulated temperature and maize development in England. *J. Agric. Sci. Camb.* 87. 557-583. p.
39. BUTZEN S. – HAEFELE D. – HILLARD P. (2003): Dry-grind ethanol. *Crop Insights*. Vol. 13. No. 3. p. 1.
40. CANKOVA, G. (1983): *Uszvojavane na azota, foszfora i kalija ot szamoooprzeni linii carevica pri razlicni ravniscsa na torene.* *Raszteniev. Nauki, Szófia*, 20.K. 6.sz. 42-50.
41. CAVALIERI, A.J. and O.S. SMITH (1985): Grain filling and field drying of a set of maize hybrids released from 1930 to 1982. *Crop Sci.* 25: 856-860.
42. CIRILO, A.G. – ANDRADE, F.H. (1994): Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. *Corp. Sci.* 34.p. 1044-1046.
43. CIRILO, A.G. - ANDRADE, F.H. (1996): Sowing date and kernel weight in maize. *Corp. Sci.* 36.p. 325-331.
44. COX, W.J., S. KALONGE, D.J.R. CHERNEY, and W.S.REID (1993): Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agron. J.* 85: 341-347.
45. CRONAN, C.S. (1980): Controls on leaching from coniferous forest floor microcosms. *Plant Soil.* 56. 301-322.
46. CROSBIE, T.M. (1982): Changes in physiological traits associated with longterm breeding effects to improve grain yield of maize. (In: H.D. Loden and Sorghum Ind. Res. Conf., Chicago; Am. Seed Trade Assoc. Washington DC.
47. CSAJBÓK J.-KUTASY E. (2002): A tápanyagellátás és a fotoszintetikus aktivitás összefüggései kukorica hibrideknél. In: II. Növénytermesztési Tudományos Nap Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben. *Proceedings.Budapest. Szerk. PEPÓ P.-JOLÁNKAI M.* 173-180.p.
48. CSATHÓ P. (1983): A foszforellátottság hatása az őszi búza terméshozzáadására monokultúrában. *Búza-nemesítési és termesztési Ifj. Tud. Konf. Martonvásár.* 16-18.
49. CSATHÓ P. (1989): A foszforellátottság hatása az őszi búza terméshozzáadására monokultúrában. *Búzanemesítési és-termesztési Ifj. Tud. Konf. Martonvásár.* 16-18.
50. CSATHÓ P. (1992): K-és P-hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan.* Tom. 41. No. 3-4. 241-261. p.
51. CSATHÓ P. et al. (1991): Az évjárat hatása a kukorica termésére. *Növénytermelés.* Budapest, No.4. 289-384.
52. CSATHÓ P.-KÁDÁR I.-SARKADI J. (1989): A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 38. 69-76.
53. CSERHÁTI S. (1921): *Növénytermelés.* Budapest.
54. DARAB K.-RÉDLY Lné (1981): Kalciumtartalmú javítóanyagok oldódása és talajjavító hatása. *Agrokémia és Talajtan.* 30. 169-176.
55. DEBRECZENI B. (1990): Kálium a növénytermesztésben. *Magyar Mezőgazdaság.* 45. Évf. 21. Sz. 10.
56. DEBRECZENI Bné (1985): A kukorica ásványi táplálkozása. In: Menyhért Z (szerk.) *A kukoricatermesztés kézikönyve.* Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 76-92.
57. DÓRI I. – BÖDDI B. – KISSIMON J. – PÁLDI E. (1990): Cold stress responses of inbred maize lines with various degrees of cold tolerance. *Acta Agronomica Hungarica* 39. 3-4. 309-318. p.

58. DWYER, L.M. and M. TOLLENAAR (1989): Genetic improvement in photosynthetic response of hybrid maize cultivars, 1959 to 1988. *Can. J. Plant Sci.* 69: 81-91.
59. EGHBALL, B. and J.W. MARANVILLE (1991): Interactive effects of water and nitrogen stresses on nitrogen utilization efficiency, leaf water status and yield of corn genotypes. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 22:1367-1382.
60. EL-HATTAB, A.H.-GHEITHE, E.N.S. (1984): Response of corn (*Zea mays* L.) to nitrogen and zinc fertilization as soil application. (In: *Beiträge trop. Landwirtschaft. Veterinärmed. Leipzig*. 22.K. 3.sz. 255-261.
61. FARRELL, E.P.-NILSSON, J.-TAMM, C.O.-WIKLANDER, G. (1980): Effects of artificial acidification with sulfuric acid on soil chemistry in a Scottish pine forest. (In: *Drables, D.-Tollan, A.: „Ecological impact of acid precipitation”*. SNSF Project. 186-187.)
62. FLEISCHMANN R. (1938): Amikor rosszul csírázik a kukorica. *Köztelek* 48. Évf. 23-24. p. 235.
63. FOX, R.H. and P. PIEKIELEK (1987): Yield response to N fertilizer and N fertilizer use efficiency in no tillage and plow-tillage corn. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 18: 495-513.
64. FRANCIS, A.F.-OLSON, D.-BERNATSKY, R. (1980): Effect of acidity on microbial processes in a forest soil. (In: *Ecological impact of acid precipitation. Proceedings of an international conference Oslo. Norway. SNSF Project. 166-167.*)
65. FÜLEKY GY.-DEBRECZENI B. (1994): A hosszantartó műtrágyázás hatása a gödöllői rozsdabarna erdőtalaj tulajdonságaira. (In: *Debreczeni B.-Debreczeni B-né: Trágyázási kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó, Budapest.*)
66. GYÖRFFY B. – I'SÓ I. – BÖLÖNI, I. (1965): *Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.*
67. GYÖRFFY B.-I'SÓ I. (1966): *A növénytermesztés kézikönyve 1. Szerk. Láng Géza. Mezőgazdasági Kiadó. 591. p.*
68. GYÖRGY B-NÉ. (1969): Vetésidő-kísérletek kukoricával. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1965-1968 Szerk. I'SÓ I. Akadémia kiadó, Budapest. p.220-226.*
69. GYÖRI D.-KISFALUSI F. (1983): A talajsavanyúság hatása a műtrágyák érvényesülése rozsdabarna erdőtalajon. (In: *”A talajtermékenység fokozása” XXV. Georgikon Tudományos Napok Kiadványa, Keszthely 525-526.*)
70. GYÖRI Z.- GYÖRINÉ MILE I. (2002): *A kukorica minősége és feldolgozása. Szaktudás Kiadóház, Budapest.*
71. HANWAY, J.J. (1962): Corn growth and composition in relation to soil fertility: I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. *Agron. J.* 54: 145-148.
72. HARMATI I. (1981): A kukoricaöntözés hatékonyságának növelési lehetőségei. *Tudomány és Mezőgazdaság. XIX.* 45-50.
73. HARMATI I. (1995): A kukorica nitrogén és foszfor műtrágyázása meszes réti talajon. *Agrokémia és Talajtan.* 44. 31-39.
74. HIROSE, T. (1984): Nitrogen use efficiency in growth of *Polygonum cuspidatum* Sieb. Et Zucc. *Ann. Bot.* 54: 695-704.
75. HOFFMANN S. (1994): A trágyázás és meszezés hatása a talaj kémhatására. (In: *Debreczeni B.-Debreczeni B-né: Trágyázási kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó, Budapest.*)

76. HUNT, R. (1982): Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold, London
77. I'SÓ I. (1959): A kukorica vetésidőjéről. Magyar Mezőgazdaság. XIV. évf.7.p.8-9.
78. I'SÓ I. (1962): Vetésidő-kísérletek kukoricával. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1958-1960. Szerk. I'só I. Akadémia Kiadó, Budapest.p.138-142.
79. I'SÓ I. (1966): Vetésidő-kísérletek kukoricával. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1961-1964. Szerk. I'só I. Akadémia Kiadó, Budapest.p.224-232.
80. I'SÓ I. (1969): Vetésidő-kísérletek kukoricával. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1968-1974. Szerk. Bajai J. Akadémia Kiadó, Budapest.p.349-360.
81. I'SÓ I. - SZALAYNÉ (1969): Egyedfejlődési vizsgálatok a kukorica vetésidő kísérletekben. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1961-1964. Szerk. I'só I. Akadémia Kiadó, Budapest.p.233-239.
82. JACKSON, M.L. (1963): Aluminium bounding in soils. Soil Sci Soc. Amer. Proc. 27. 1-10.
83. JANDA T. – SZALAI G. – PÁLDI E. (1996): Chlorophyll fluorescence and antocianin content in chilled maize plant and after returned to a non-chilling temperature under various light conditions. Biol. Plant. 38. 625-627. p.
84. JOHNSON, N.H. (1979): Acid rain: Neutralization within the Hubbard-Brook ecosystem and regional implication. Science 204. 497.
85. JOHNSON, R.R. – MULVANEY, D.L. (1980): Modell készítése a kukorica újravetéséhez. Agron J. Madison, 1980. 72. K. 3. sz. 459-464. p. á:5, t:5, b:11, (y 267) Kb. 10. sz. o.
86. KADLICKSKÓ B. (1995): A barna erdőtalajok krónikus elsavanyodásának megakadályozása, a talajjavítás hatása mezőgazdasági területeken. A talaj környezetvédelmének problémái. III. Országos Konferencia. Nyíregyháza-Sóstóhegyfürdő. Szeptember 28-29. (In: Agrokémia és Talajtan. 44. 329-336.)
87. KADLICKSKÓ B. –KRISZTIÁN J.-HOLLÓ S. (1988): Kálium műtrágyázási kísérletek eredményei barna erdőtalajokon. Növénytermelés Tom. 37. 43-52.
88. KADLICKSKÓ B.-KRISZTIÁN J. (1989): Az őszi búza és a kukorica NP trágyázásának tapasztalatai barna erdőtalajokon. Növénytermelés. Tom. 38. No.4. 325-333.
89. KAVLEN, D.L., KRAMER,L.A., and LOGSDON, S.D. (1998): Field-Scale Nitrogen Balances Associated with Long-Term. Continous Corn Production. Agronomy Journal. Vol.90. No.5. 644-650.
90. KÁDÁR I. (1987): A kukorica ásványi tápanyagellátása. Növénytermelés, Budapest. Tom. 36. No.1. 57-66.
91. KÁDÁR I. (2000): A műtrágyázás hatása a kukorica (Zea mays L.) elemfelvételére meszes csernozjom talajon. Növénytermelés. Budapest. Tom. 49. No. 1-2. 127-140.p.
92. KÁDÁR I.-CSATHÓ P.-SARKADI J. (1984): A szuperfoszfát tartamhatásának vizsgálata őszi búza monokultúrában. I. Talajvizsgálati és szemterméseredmények. Agrokémia és Talajtan. 33. 375-390.
93. KÁDÁR I.-CSATHÓ P.-SARKADI J. (1989): A talajok PK-ellátottsága és a PK-trágyázás hatékonysága közötti összefüggés meszes csernozjom talajon. A Magyar Agrártudományi Egyesület Talajtani Társaságának Vándorgyűlése. Szarvas, 1988. szeptember 1-2. (In: Agrokémia és Talajtan 38. 78-82.)
94. KÁDÁR I.-GULYÁS F.-GÁSPÁR L.-ZILAHY P. (2000): A kukorica (Zea mays L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon I. Növénytermelés. Budapest. Tom. 49. No. 4. 371-388.p.

95. KINIRY, J.R. - RITCHIE, J.T. (1985): Shade sensitive internal of kernel number of maize. *Agron. J.* 77.p.711-715.
96. KISMÁNYOKY T. és BALÁZS I. (1996): Keszthelyi tartamkísérletek. PATE Georgikon Kar Kiadványa, Keszthely, 24.
97. KOVÁCS I. (1958): A kukorica hidegtűrő képességének vizsgálata, különös tekintettel az optimális vetésidő megállapítására. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1953-1957. Szerk. . I'só I. Akadémia Kiadó, Budapest.p.189-204.
98. KOVÁTS - SÁRVÁRI. (1992): In: Szántóföldi növénytermesztés. Szerk. Bocz E. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
99. KOZÁK M. (1987): A környezeti savasodás hatása a talajra. (In: Fábíán Gy. (1987) A környezet erősödő savasodása. Az MTA elnöksége, valamint az OKTH elnöke megbízásából alakult „A környezet erősödő savasodása és ennek hatása” elnevezésű „ad hoc” bizottság albizottságainak jelentései. OKTH-MTA Környezet és Természetvédelmi kutatások. 7.)
100. KRISZTIÁN J. –KADLICKSKÓ B.-HOLLÓ S. (1995): Barna erdőtalajok krónikus elsavanyodása. A talaj környezetvédelmének problémái. III. Országos Konferencia. Nyíregyháza-Sóstóhegyfürdő. Szeptember 28-29. (In: Agrokémia és Talajtan. 44. 326-328.)
101. KRISZTIÁN J.-HOLLÓ S. (1992): Periodikus foszfor műtrágyázás. Növénytermelés Tom. 41. 141-148.
102. KRISZTIÁN J.-KADLICKSKÓ B.-HOLLÓ S. (1989): A káliumtrágya hasznosulása észak-magyarországi csernozjom barna erdőtalajon és agyagbemosódásos barna erdőtalajon. A Magyar Agrártudományi Egyesület Talajtani Társaságának Vándorgyűlése. Szarvas, 1988. Szeptember 1-2. (In:Agrokémia és Talajtan 38. 89-92.)
103. LAP, D.Q. (1992): A növényszám és a műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésére. Kandidátusi értekezés, MTA Mg. Kutatóintézete, Martonvásár
104. LATKOVICS GYné (1979): A különböző N-műtrágyák hatása a kukorica szemtermésére. Kukoricatermesztési Kísérletek 1968-1974. Szerk.: Dr. Bajai J., Akadémiai Kiadó, 271-277.
105. LÁNG I. (1993): Bevezetés. In: Az aszály 1983. Szerk. BARÁTH CS-né, GYÓRFFY B., HARNOS ZS. KEÉ. Budapest 5-7. p.
106. LÁSZTITY B.-CSATHÓ P. (1994): A tartós NPK-műtrágyázás hatásának vizsgálata búza-kukorica dikultúrában. Növénytermelés. Tom. 43. 157-167.
107. LÁSZTITY B.-CSATHÓ P. (1995): NPK-műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben mezőföldi csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan.44. 47-60.
108. LEMCOFF, J.H. and R.S. LOOMIS (1986): Nitrogen influences on yield determination in maize. *Crop. Sci.* 26: 1017-1022.
109. LINZON, S.N.-TEMPLE, P.J. (1980): Soil resampling and pH measurements after an 18 year period in Ontario. (In: „Ecological impact of acid precipitation.” SNSF Project. 176-177.)
110. LOCH J.-NOSTICZIUS Á. (1983): Alkalmazott kémia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
111. LOCH J.-NOSTICZIUS Á. (1992): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
112. LOHM, U. (1980): Effect of experimental acidification on soil organism populations and decompositions (In: Drables,D.-Tollan,A.: „Ecological impact of acid precipitation”.SNSF Project. 178-179.)
113. LOUÉ, A. (1979): A kukorica káliumban gazdag talajt kíván. *Serv. Agric. Mulhause.* 1.1-4.

114. MAGALHAES, J.R., and G.E.WILCOX (1984): Ammonium toxicity development in tomato plants relative in nitrogen form and light intensity. J. Plant Nutr. 7: 1477-1496.
115. MAGDOFF, F.R., ROSS, D. and AMADON, J. (1984): A soil test for nitrogen availability to corn. Soil.Sci. Soc. Agronomy Journal. 48: 1301-1304.
116. MAIDL, F.X. (1991): Stickstoffverwertung bei mais. Mais, Münster-Hiltrup 18 K. 3.sz. 22-24.
117. MARINOV, M. (1985): Vlijanie na mnogo godisnoto szisztemo torene sz foszforen tor varhu domiva ot psenica i carevica. Raszténivadni Nauki, Szófia, 22.K. 2.sz. 11-17.
118. MARTON L. CS. – SZUNDY T. – NAGY E. (1997): A kukorica (Zea mays L.) fiatalkori hidegtűrésének értékelése hőmérsékleti gradiens kamrában. Növénytermelés. 1997. Tom. 46. 6. 549-557. p.
119. MAYER, R.-ULRICH, B. (1977): Acidity of precipitation as influenced by the filtering of atmospheric sulphur and nitrogen compounds its role in the element balance and effect on soil. Water Air Soil Pollut. 7. 499-516.
120. MÁRTON Á. (1970): Folyékony és szilárd nitrogén műtrágyák hatásvizsgálata kukorica jelzőnövénnyel Növénytermelés. Tom. 19. No.2. 155-164.
121. MÁTHÉ F. (1990): A civilizációs eredetű savterhelés hatása a talajok néhány tulajdonságára. (In: Környezetünk savasodása. Országos Konferencia, Balatonfüred. 1990. November 14-16. Környezetgazdálkodási programiroda. Budapest. 277-282.
122. MENYHÉRT Z. (1979): Kukoricáról termelőknek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 258.
123. MENYHÉRT Z.-ÁNGYÁN J.-JENEY CS.-VARGA A. (1984): Kukorica klimatikus igényeinek biometria elemzése. Növénytermelés. Budapest. Tom. 33. No 3. 385-396. p.
124. MUCHOW, R.C. - T.R. SINCLAIR, - J.M. BENETT (1990): Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. Agron. J.82: 338-343.
125. MUCHOW, R.C. (1988): Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. III. Grain yield and nitrogen accumulation. Field Crops Res. 18: 31-43.
126. NAGY J.-ZEKE É. (1981): A kukoricaszemek vízleadásának vizsgálata. A műtrágyázás hatása a szemnedvességre. Növénytermelés. Tom.30. No.6. 529-536.
127. NÉMETH I. (1983): A kukorica nitrogénműtrágyázás-hatékonyosságának vizsgálata pszeudoglejes barna erdőtalajon. Növénytermelés. Tom. 32. No.6. 559-564.
128. NÉMETH I.-SZÉL S. (1985): Kukoricatermesztés fejlesztés MÉM Mérnök Vezető-továbbképző Intézet Kiadványa Budapest. 5-22.
129. NIKOLOV, E.-SZTAMBOLIEV M.(1975): A karbonátos csernozjomon termesztett kukorica trágyázásáról és mikroelem tartalmáról. Roszt. Nauki, 12.K. 82-91.
130. NIKOLOVA, M.-PCSELAROVA, H. (1989): Izsledovanija v' rhu uszovojanet na kalija podornija pocsven szloj. Pocsvoznaniye i Agrohimiye, Szófia, 24: K.5.sz. 58-62.
131. NOVOA, R. and R.S. LOOMIS (1981): Nitrogen and plant production. Plant Soil, 58: 177-204.
132. NYÍRI L. (1987): A meszezés és más, a talajsavanyúságot javító eljárások. (In: Fábíán Gy.(1987) A környezet erősödő savasodása. Az MTA elnöksége, valamint az OKTH elnöke megbízásából alakult „A környezet erősödő savasodása és

- ennek hatása” elnevezésű „ad hoc” bizottság albizottságainak jelentései. OKTH-MTA Környezet és természetvédelmi kutatások. 7. 207-237.)
133. O’LEARLY, M. J. and G.W. REHM (1990): Nitrogen and sulfur effect on the yield and quality of corn grown for grain and silage. J. Prod. Agric. 3:135-140.
 134. OVERREIN, L.N. (1972): Sulphur pollution patterns observed.: leaching of calcium in forest soil determined. Ambio 1. 145-147.
 135. PALÁGYI A. - KÁLMÁN L. (1979): Vetésidő-kísérletek kukoricával. (1971-1973) In: Kukoricatermesztési kísérletek 1968-1974. Szerk. Bajai J. Akadémia Kiadó, Budapest. p. 349-360.
 136. PÁLDI E. – RÁCZ I. – LASZTITY D. (1996): Effect of low temperature on the rRNA processing in wheat (*Triticum aestivum*). J. Plant. Physiol. 148. 368-373. p.
 137. PÁSZTOR K. (1958): Vetésidő és fajtakísérletek kukoricával. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1953-1957. Szerk. I’só I. Akadémia Kiadó, Budapest. p. 169-188.
 138. PÁSZTOR K. (1962): Újabb kísérleti adatok a kukorica vetésidőjéhez.. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1958-1960. Szerk. I’só I. Akadémia Kiadó, Budapest. p. 143-152.
 139. PÁSZTOR K., FORGÁCS B.-GYÖRI Z., SZILÁGYI SZ. (1997): Kukoricahibridek fehérje-és aminosavösszetételének vizsgálata. Növénytermelés Tom. 46. No. 1. 113.
 140. PEKÁRY K. (1969): N-P-K-műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával két északkelet-magyarországi termőhelyen. (In: Kukoricatermesztési kísérletek 1965-1968. Szerk.: I’só I.) Akadémiai Kiadó, Budapest. 186-201.)
 141. PEPÓ P. (2000): Új lehetőség a kukorica trágyázásában. Gyakorlati Agroforum. 11. évf. 3:62-65.
 142. PEPÓ P. (2001): A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. Növénytermelés. Budapest. Tom 50. No. 2-3. 189-202.p.
 143. PEPÓ P.-NAGY J. (1997): Plant nutrition system of cereals in their sustainable crop production. British-Hungarian Seminar on Long-Term Trials for Sustainable Land Use, Crop Management and Plant Nutrition. Debrecen. 1996. Dec.11. (In: Agrokémia és Talajtan 46. 113-126.)
 144. PEPÓ P.-SZABÓ P.-ALBRECHT L. (2002): Az állománysűrűség szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztésben. Gyakorlati Agroforum. Budapest. 13. évf. 3. szám. 34-36. p.
 145. PETHE F. (1817): A kukorica termésének igen hasznos módja. Nemzeti Gazda. 4.p.229-230.
 146. PETR, J., V. CERNY, L. HRUSKA (1985): Főbb szántóföldi növények termésképződése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
 147. PINTÉR L.-PÁLFI G.-PERCRICH G.-PÁLFI ZS.-DEÁK J. (1979): Eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek tápanyagfelvételének és akkumulációjának vizsgálata. Növénytermelés. Tom. 28. No.1. 23-28,
 148. POPOVA, I.M. et al. (1977): A kukorica trágyázása az öntözött gesztenyeszínű talajokon. Agrohimiya, Moszkva 2.sz. 51-57.
 149. PROKSZÁNÉ PAPLOGÓ ZS., SZÉLL E., KOVÁCSNÉ KOMLÓS M. (1995): N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és néhány beltartalmi mutatójára eltérő évjáratokban réti öntés talajon. Növénytermelés. Tom. 44. No.1. 37-38.

150. PRON'KO, V.V. (1991): Szover sensztvovanie intenzivnoj technologii vozdelayvanija kukuruzy na zerno vesztnik szel'szkohozjajsztvvennoj nauki, Moszkva 2.sz. 54-58.
151. ROY, H. K.-KUMAR, A. (1990): Effect of potassium on yield of maize (*Zea mays* L.) and forms of potassium. *Indian Journal of Agricultural Sciences* (New Delhi). 60. 762-764.
152. RUSSELL, W.A. (1988): Interrelation between corn hybrids and production systems. *Proc. 43th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. Chicago, Il.*, 131-158.
153. RUZSÁNYI L. (1974): A műtrágyázás hatása egyes szántóföldi növényállományok vízfogyasztására és vízhasznosítására. *Növénytermelés*, Tom. 23: 249-258.
154. RUZSÁNYI L. (1992): A főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés.
155. RUZSÁNYI L. (1992a): A N-műtrágyázás hatása a termésre és a talajszelvény nitrátosodására. *Növénytermelés*. Tom. 41. 497-510.
156. RUZSÁNYI L. (1992b): A főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. MTA Doktori értekezés. Debrecen
157. RUZSÁNYI L. (2000): Hidrometeorológiai szélsőségek növénytermesztési értékelése. In: *Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai. IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium 2000. Debrecen. Szerk: NAGY J.-PEPÓ P., Debrecen, 2000. DE ATC*, 145-161.p.
158. RUZSÁNYI L.-PEPÓ P.-SÁRVÁRI M.(1994): Evaluation of major agrotechnical factors in sustainable crop production. *British-Hungarian Seminar on Sustainable Land Use in Long-Term Field Experiments. Debrecen, 1994. February 14-17. In: Agrokémia és Talajtan* 43. 335-343.)
159. SÁRVÁRI M. (1986): A vetésváltás és tápanyagellátás hatása a búza és a kukorica termésére. *Kandidátusi értekezés, Debrecen*
160. SÁRVÁRI M. (1992): A tőszám növelésének hatása eltérő tenyészidejű kukoricahibridek termésére és állóképességére réti talajon. *Növénytermelés. Tom.31. No.3.* 225-236.
161. SÁRVÁRI M. (1994): *Energia-műtrágya-környezetvédelem. Magyar Mezőgazdaság*, 49. évf. 18 sz. 10. p.
162. SÁRVÁRI M. (1995): A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója réti talajon. *Növénytermelés. Tom.44. No.2.* 184-190.
163. SÁRVÁRI M. (1999): Fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése. *Agrofórum*. 11. Évf. 3. Szám
164. SÁRVÁRI M. (2000): Fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése. *Gyakorlati Agrofórum. Budapest. 11. évf. 3. szám.* 53-55. p.
165. SÁRVÁRI M. (2001): A termesztési tényezők hatása a kukorica hibridek termésére. *Habilitációs eljárás tézisei.* 29.p.
166. SÁRVÁRI M. - FUTÓ Z. (2001): A vetésidő hatása a különböző genetikai adottságú kukoricahibridek termésére. *Növénytermelés. 50. Tom. No. 1.* 43-60.
167. SÁRVÁRI M. - FUTÓ Z. - ZSOLDOS M. (2002): A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. *Növénytermelés. 51. Tom. 3. No. 3.* 291-307.
168. SÁRVÁRI M.-GYŐRI Z. (1982): A monokultúrában és vetésváltásban termesztett kukorica termésátlagainak és minőségének változása különböző tápanyagellátás esetén. *Növénytermelés. Tom. 31.* 177-184.
169. SÁRVÁRI M.-SZABÓ P. (1998): A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. *Növénytermelés. Tom. 47. No.2.* 213-221.

170. SAWHNEY, B.L. (1968): Al interlayers in layer silicates. Effect on Al solution, time of reaction and type of structure. *Clays Clay Mineral.* 16. 157-163.
171. SCHULTZE, R.-KOCH, E. (1991): Mais hybriden mehrjährig erprobt und bewährt. *Saat-und Pflanzgut, Quedlinburg*, 31.k. 12.sz. 174-175.
172. SESTÁK Z., J. CATSKY, and P.G. JARVIS (1971): Plant photosynthetic production. *Manual of methods*. Dr.W. Junk N.V. Publ., The Hague, pp. 343-391.
173. SIRBU, M. (1986): Influenta factorilor climatici si fertilizarii indelungate asupra cresterii si dezvoltarii porumbului in cimpia moldovei. *An. I.C.C.P.I. Bucuresti*, 8.sz. 139-154.
174. STUANES, A.O. (1980): Release and loss of nutrient from a Norwegian forest soil due to artificial rain of varying acidity. *Clays Clay Mineral.* 16. 198-199.
175. SURÁNYI J. (1957): A kukorica termesztése. Akadémia Kiadó, Budapest.
176. SZALAI G. – JANDA T. – PÁLDI E. – SZIGETI Z. (1997): Role of light in the development of post chilling symptoms in maize. *J. Plant. Physiol.* 148. 378-383. p.
177. SZÁSZ G. (2000): A termesztett növények természetes vízhasznosulásának trendje Magyarországon a XX. században. In: *Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai. IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium 2000. Debrecen.* Szerk. NAGY J.-PEPÓ P., Debrecen, 2000. DE ATC, 176-186.p.
178. SZEMES I.-LÁSZTITY B.-KÁDÁR I. (1984): A talaj K-ellátottsága és termékenysége közötti összefüggés vizsgálata kukorica monokultúrában. A magyar Agrártudományi Egyesület Talajtani Társaságának Vándorgyűlése. Kecskemét, 1983. Szeptember 2-3. (In: *Agrokémia és Talajtan.* 33. 253-260.)
179. SZÉLL E., KOVÁCSNÉ KOMLÓS M. (1993): Hozzászólások a „Tápanyagok nélkül?” című riporthoz. *Agrofórum* 4 évf. 9:23.
180. SZÉLL E., MAKHAJDA J. (2001): Néhány fontos gondolat a szegedi kukoricahibridek nitrogén műtrágyázásáról. *Gyakorlati Agrofórum.* 12. évf. 5:41-45.
181. SZIRTES V. (1970): A nitrogén műtrágyázás hatása a kukorica tápanyagfelvételére. *Növénytermesztés.* 373-384.
182. SZIRTES V. (1971): A kálium műtrágyázás hatása a fiatal kukoricánövény tápanyagfelvételére. *Növénytermelés.* Tom.20. No.1. 43-58.
183. SZIRTES V. (1971a): A foszfor műtrágyázás hatása a kukorica tápanyagfelvételére. *Növénytermelés.* Tom.20. No.2. 157-170.
184. SZIRTES V.-PONGOR S.-PENCZI E. (1977): A mikrotápanyagokkal történő műtrágyázás hatása a kukorica fehérjetermésére és lizin arányára. *Növénytermelés.* Tom. 26. No.1. 49-58.
185. SZUNDY T.-MARTON L. CS.-HADI G.-BERZSENYI Z. (2002): A kukoricatermesztés jövedelmezőségét befolyásoló néhány tényező. *Martonvásár.* 14. évf.1. szám. 8-10.p.
186. TIMMONS, D.R. and BAKER, J.L. (1992): Recovery of point-infected labeled nitrogen by corn as affected by timing, rate, and tillage. 83: 850-857.
187. TIMMONS, D.R. and CRUSE, R.M. (1990): Effect of fertilization method and tillage on nitrogen-15 recovery by corn. 82: 777-784.
188. TOLLENAAR, M. - BRUULSEMA, T.W. (1988): Effects of temperature on rate and duration of kernel dry matter accumulation of maize. *Can.J. plant Sci.* 68: 935-940.
189. TOLLENAAR, M. - DAYNARD, T.B. (1978): Effect of defoliation on kernel development in maize. *Can.J. plant Sci.* 58.p.207-212.

190. TOLLENAAR, M. (1989): Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Sci.* 29: 1365-1371.
191. TOLLENAAR, M. (1991): Physiological basis of genetic improvement of maize hybrids in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Sci.* 31.: 119-124.
192. TÖLGYESI GY.-T. MIKÓ ZS. (1977): A kukorica termésmennyisége és a felvett ásványi anyagok közötti összefüggés. *Növénytermelés.* Tom.26. No.2-3. 169-176.
193. TYLER, G. (1976): Heavy metal pollution, phosphatase activity and mineralization of organic phosphorus in forest soils. *Soil. Biol. Biochem.* 8. 327-332.
194. ÜLGER, A.C., H.C. BECKER, and G. KAHNT (1987): Response of maize inbred lines and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizers. *J.Agron. Crop Sci.* 159: 147-163.
195. VALTEROVA, L.-ZATKOLIK, D. (1987): Vyvoj sortimentu a urod kukorice na zrno v statnych aurodovyeck pokusoch od roku. 1953. *Rostl. Nyroba, Praha,* 33.k. 12.sz. 1273-1380.
196. VAN KEULEN, and N.G. SELIGMAN (1987): Simulation of water use. Nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop. *Simulation Monograph Series.* PUDOC, Wageningen.
197. VARGA-HASZONICS Z.-VÁMOS O.-VARGA Z.-LANTOS ZS. (2001): Néhány fontosabb gazdasági növény vízhasznosítása. *Növénytermelés.* Budapest. Tom. 50. No. 4. 441-452. p.
198. VÁRALLYAY GY.-LÁNG I. (2001): A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények* 1. 5-19. p.
199. VIRÁGH K. (1980): A növekedésanalízis, mint ökológiai módszer. I. Elméleti alapok. *Bot. Közlem.* 67: 67-77.
200. VITÉZ (1990): Környezetbarát műtrágyapótló. *Magyar Mezőgazdaság,* 45.évf. 8.sz. 12.
201. WAGGLE, D.H., C.W. DEYOE, and F.W. SMITH (1967): Effect of nitrogen fertilization on the amino acid composition and distribution in sorghum grain. *Crop Sci.* 7: 367-368.
202. WERNER, W. (1983): The effect of N fertilization in connection with the use of nitrification inhibitor on maize. *Problems of an optimum nutrient supply to tropical crop, Leipzig, TTL* 78-87.
203. WILLIAMS, W.A., R.S. LOOMIS, W.G. DUNCAN, A. DDOVRAT, F. NUNEZ A. (1968): Canopy architecture cut various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Sci.* 8: 303-308.
204. YOSHIDA, S. (1972): Physiological aspects of grain yield. *Ann.Rev. Plant Physiol.* 23: 437-464.
205. ZÁBORSZKY S. (1998): Néhány gondolat a kukorica vetésidőjéről. In: *Gyakorlati Agrofórum. Szekszárd.* 5.p.28.
206. ZSCHEISCHLER, D.J.-GROSS, F. (1966): *Maisanbau und Verwertung.* DLG-Verlag. Frankfurt am Main.
207. ZSOLDOS M. (2002): A termesztési tényezők hatása a kukoricahibridek produktivitására. Ph.D. (doktori) értekezés. Debrecen.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Karán a Növénytermesztési és kertészeti tudományok Doktori Iskola keretében készítettem a Debreceni Egyetem ATC MTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2006. október 31.

Futó Zoltán
jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Futó Zoltán doktorjelölt 2001-2003 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal – irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom – javasoljuk.

Debrecen, 2006. október 31.

Dr. habil Sárvári Mihály
témavezető aláírása