



DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
FÖLDMŰVELÉSTANI ÉS TERÜLETFEJLESZTÉSI TANSZÉK

NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori iskola vezető:

Dr. Ruzsányi László†
MTA doktora

Témavezető:

Prof. Dr. Nagy János
MTA doktora

„DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI”

**ELTÉRŐ GENOTÍPUSÚ KUKORICA HIBRIDEK
SZEMTERMÉSÉNEK SZÁRAZANYAG-BEÉPÜLÉS ÉS
VÍZLEADÁS DINAMIKÁJA**

Készítette:

Dobos Attila Csaba

DEBRECEN
2003.

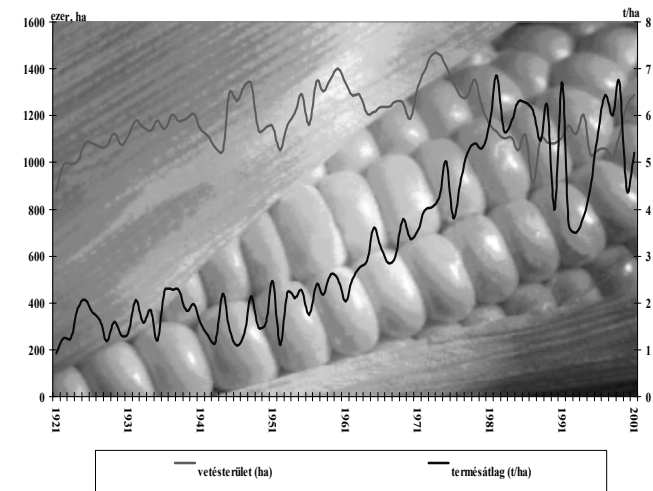
NAGY J. - RÁTONYI T. - PAKURÁR M. - SZABÓ GY. - BOGDÁN I. - MEGYES A.- **DOBOS A.** (1997): The effect of fertilization on the yield of maize (*Zea mays*). In: Nagy J. (ed.) Current Plant and Soil Science in Agriculture. 105-114.

NAGY J. - RÁTONYI T. - PAKURÁR M. - SZABÓ GY. - BOGDÁN I. - MEGYES A.- **DOBOS A.** (1997): Interrelations of soil cultivation systems and fertilization. In: Filep Gy. (ed.) Soil, Water and Environment Relationships. Land Use and Soil Management. 195-208.

PAKURÁR M. - NAGY J. - RÁTONYI T. - **DOBOS A.** - MEGYES A. (1999): A műtrágyázás akkumulatív hatásvizsgálata szántóföldi tartamkísérletben. Agrártudományi Egyetem Kiadv., Debrecen, 217-224.

1. BEVEZETÉS

A kukorica növénytermesztésünk egyik legfontosabb növénykultúrája. A hazai abraktakarmány felhasználás 70-72%-a. Vetésterülete a '80-as évek végétől stabilan meghaladja az egymillió hektárt (1.ábra).



1. ábra A kukorica vetésterületének és termésátlagának alakulása Magyarországon
(Forrás: KSH)

Magyarország 1960-81. között a kukorica területegységre vetített termés mennyiségével a világon a harmadik, a genetikai előrehaladást tekintve, évi 151.5 kg/ha termésnövekedéssel a világon az első helyen volt. Azonban ez az intenzív időszak nem csak kiemelkedő eredményekkel járt, hanem kedvezőtlen következményekkel is. Ezzel az időszakkal a kvantitatív szemlélet volt a jellemző, így nem vették figyelembe az ökonómiai optimumokat és környezetvédelmi szempontokat.

A kvalitatív szemlélet elterjedésével az agrotechnikai tényezők színvonalának emelése elsődleges cél. Az eredmények elérésében jelentős szerepet kap a nemesítés és a magas genetikai potenciállal rendelkező hibridek. A hibridspecifikus termesztéstechnológiák használatával igen jó gazdasági eredmények érhetők el, de ennek egyik feltétele az új hibridek tesztelése, megismerése évről-évre.

A növénytermesztésben a technológiai műveletek során befektetett energiának a többszöröse jelenik meg a produktumban. A Nap energiájának és a talaj termőképességének segítségével egy hektár kukoricában 19,4 GJ energia halmozódik fel, ami 2,7 energia-kihasználási koeficienssel egyenértékű. Ez a tényező a feldolgozás egyes fázisaiban (szárítás, tárolás, takarmánykeverés, stb.) fokozatosan csökken, és ha a végtermék állati produktum, az értéke egy alatti. Az energia-kihasználási koeficiens javításának egyik legfontosabb lehetősége a betakarítás és a terményszárítás fázisában lehetséges, egyrészt olyan hibridek termesztésével, melyek betakarításkori víztartalma kisebb, másrészt energiatakarékos vízelvonás révén.

Különösen nagy a jelentősége a szárítási energiafelhasználás csökkentésének, ha a közvetlen energiahordozó felhasználását vizsgáljuk. A szárítás a termésátlagtól függően a közvetlen energiahordozó felhasználás 60-80 %-a (BEKE, 1997.).

A Szabolcs Gabona RT. adatai alapján 1% víztartalom csökkenésre jutó gázfogyasztás 2,34 m³/t/%.

A kukoricatermesztés segédüzemági költségei közül a szárítás a legköltségesebb tényező, az összköltség mintegy 40-45% (1. táblázat).

1.táblázat A kukoricatermesztés munkaműveleti költségei

(Forrás: Agrárgazdaság Kft. 2000.)

Munkaművelet	Költség (Ft/ha)
Műtrágyaszórás	1500
Tárcsázás	2000
Szántás	9000
Simítózás	2000
Műtrágyaszórás	1500
Kombinátorozás 2X	2000
Vetés	2500
Vegyszerezés (gyomszabályozás)	2000
Kultivátorozás 2X	2000
Betakarítás	10000
Szállítás	2700
Szárítás (10% vízelvonás)	30000

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

DOBOS A. – LÉNÁRT CS. – KOVÁCS Z. - NAGY J. (2000): A precíziós mezőgazdaság jelene és jövője. In: Nagy J. (szer.) Fenntartható mezőgazdaság – minőségi termelés. Vider Plussz, Debrecen, 4-35.

DOBOS A. - NAGY J. (1998): Az évjárat és a műtrágyázás hatása (*Zea mays* L.) szárazanyag-termelés. Növénytermelés, 47:5.513-524.

DOBOS A. - NAGY J. (1999): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szárazanyag-termelésére eltérő évjáratokban. Agrártudományi Egyetem Kiadv., Debrecen, Növénytermesztési szekció, 171-180.

DOBOS A. - MÁTHÉNÉ GÁSPÁR G. - NAGY J. (1999): A műtrágyázás és a tőszám hatása eltérő genotípusú kukorica hibridek szemtermésének vízleadás dinamikájára. Agrártudományi Egyetem Kiadv., Debrecen, Növénytermesztési szekció, 163-170.

KOVÁCS G. J. - RITCHIE J.T. - MÁTHÉNÉ G.G. - NAGY J. - **DOBOS A.** - FODOR N. (1999): Modelling the process of drying of maize kernels. Modeling Cropping Systems, Lleida, 95-96.

MÁTHÉNÉ GÁSPÁR G. - **DOBOS A.** - NAGY J. (1999): A termőhely és az agrotechnika hatása a kukorica hibridek szemtermésének víztartalom-dinamikájára. Növénytermelés, 48:4.413-420.

MÁTHÉNÉ G.G. - KOVÁCS G. J. - **DOBOS A.** - NAGY J. - POKOVI K. (2001): Prediction of leaf number and leaf growth dynamics by Ceres-Maize model. Modeling Cropping Systems, Florence, 145-146.

NAGY J. – **DOBOS A.** – SZABÓ GY. 2001. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) production factors. In: Nagy J., et al. (ed.) Environmental problems and results in under transition agriculture. Debrecen, 121-130.

NAGY J. – **DOBOS A.** – SZABÓ GY. 2001. The Effect of fertilization on the yield of maize (*Zea mays* L.) production factors. In: Nagy J., et al. (ed.) Current soil and environmental science in agriculture. Debrecen, 131-142.

NAGY J. - MEGYES A. - RÁTONYI T. - HUZSVAI L. - SZABÓ GY. - **DOBOS A.** - SUM O. (2000): A talajművelés és a műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére aszályos és kedvező évjáratokban. Acta Agronomica, (in print)

NAGY J. - **DOBOS A.** - SUM O. - SZABÓ GY. (1999): The effect fertilization and soil cultivation on the yield of maize (*Zea mays* L.). Cereal Research Communications, 28:1-2.161-167.

NAGY J. - **DOBOS A.** - SUM O. (1999): Evaluation of interaction plant density and soil cultivation in maize production. Acta Agronomica Hungarica, 47:3.313-323.

5. A GYAKORLATBAN FELHASZNÁLHATÓ EREDMÉNYEK

- Az egyes genotípusok tenyészidejének napokban kifejezett hossza nagymértékben függ az évről, csak adott termőhelyen és adott időben használható. A tenyészidőszak hőösszegben történő kifejezése, évről és termőhelyről kevésbé függ, az egyes genotípusok fenológiai szakaszainak hosszát megbízhatóan jellemzi.
- A műtrágyázás hatással van a szemtermés nedvességtartalmára. A növekvő műtrágyadózisok és a szemnedvességtartalom közötti összefüggés minimum értékkel rendelkező másodfokú függvénnyel jellemezhető.
- Műtrágyázás hatására a szemek száma szignifikánsan nő, igazolva, hogy a tápanyagellátás (adott vízellátottság mellett) kedvezően befolyásolja a megtermékenyítést és a termést. Megállapítottuk, hogy a lineáris szakasz meredekségében, azaz a szemtelítődés sebességében az egyes kezelések között nincs szignifikáns különbség, a műtrágyázás a szemtelítődés időszakának a hosszát növeli.
- Az évről figyelembevételével a műtrágyahasznosulás négyzetes hatásgörbéinek alapján meghatároztuk a vizsgált hibridek műtrágyareakcióit.
A másodfokú függvény első szakaszában a meredekség értéke nagy, kis tápanyag szinten már nagy terméstöbbletet tapasztaltunk. A második szakasztól a függvény meredeksége fokozatosan csökken, majd a termésmaximum körül széles plató szakasz alakul ki, ahol a műtrágya adagok növelésével, illetve csökkentésével a termés nagysága csak kis mértékben változik. Vizsgálataink igazolták, hogy gazdaságos kukoricatermesztésben nem lehet elsődleges cél a maximális termés elérése, a tápanyag-visszapótlást a másodfokú függvény első szakaszára kell tervezni.

A magas energiaárak, a szárítási költségek rohamos emelkedése miatt növekszik az igény a rövidebb tenyészidejű kukorica hibridek iránt. A termesztés olyan hibrideket igényel, amelyek betakarításkori szemnedvessége 20-25%, így kevesebb vízelvonással alkalmasak tárolásra. Ez nem csak energetikai szempontból fontos, hanem a takarmány beltartalma és étrendi hatása is kedvezőbb. Azok a hibridek, melyek vízleadása lassúbb, a nedves tárolási technológiákra alkalmasak.

A költségek és a betakarításkori munkacsúcsok elkerülése érdekében célszerű a hosszabb és rövidebb tenyészidejű, valamint a lassúbb és gyorsabb vízleadó-képességű hibridek megfelelő arányú termesztése. Ehhez azonban ismernünk kell a hibridek paramétereit (tenyészidő hossza, a virágzás ideje, vízleadás dinamikája, a szemtelítődés sebessége stb.)

Kutatási célkitűzéseimmel ezeknek a gondolatoknak, feladatoknak a megoldásához igyekeztem hozzájárulni és a mezőgazdasági gyakorlat számára közvetlenül hasznosítható eredményeket szolgáltatni.

Tanulmányoztam:

- a vízleadás dinamikáját befolyásoló legfontosabb környezeti tényezőket
 - a vízleadás legfontosabb szakaszait
 - a termőhely-, és hibridspecifitás hatását a vízleadás dinamikájára
 - a műtrágyázás hatását a kukorica szárazanyag-beépülés és vízleadás dinamikájára eltérő genotípusú hibrideknél
 - a műtrágyázás hatását a kukorica terméselemeire
- az egyes hibridek műtrágyareakcióját eltérő évről

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1 A szántóföldi kísérlet beállítása és a talaj tulajdonságai

A mintavétel két termőhelyen -a kukoricatermesztés meghatározó területein- Debrecenben és Szegeden történt.

Debrecen

A háromtényezős (műtrágyázás, öntözés, genotípus) kísérletet a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum a nádudvari KITE-vel együttműködve 1978-ban indította el a DE Látóképi Kísérleti Telepén. A kutatómunkát 1991-től az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatta. Ennek keretében évente 10 kukoricaibrid termőképességét, természetes tápanyag-hasznosító képességét és trágyareakcióját vizsgálták. A kísérlet négy ismétléses, osztott parcellás (split-plot) elrendezésű, a főparcella (120 m²) a trágyakezelés, az alparcellák (15 m²) a kukoricaibridek. A destruktív mintavételekhez azonos méretű parcellákat alakítottunk ki.

A Kísérleti Telep a Hajdúsági Lőszháton található, talaja löszön kialakult, mely humuszos rétegű alföldi mészsírtalaj csernozjom. Fizikai talajfejlődése középkötött vályog. A talajvíz 5-8 méter mélyen helyezkedik el. A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai és kémiai jellemzőit a 2. és a 3. táblázatban foglaltuk össze (RÁTHONYI 1999.).

2. táblázat A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai tulajdonságai

mélysg	leiszapol- ható rész	Arany-féle kötöttségi	higrosz- köpossg	térfogat -tömeg	pórus- térfogat	minimális vízkap.	holtvz
cm	Li%	K _A	hy	g/cm ³	P%	VK mint%	HV tP%
0-20	56,8	42	2,25	1,41	46,7	33,7	12,69
20-40	58,6	43	2,25	1,43	46	31,1	12,87
40-60	57,1	43	2,13	1,31	50,5	29,1	11,16
60-80	57,5	44	2,51	1,29	51,3	28,6	12,51
80-100	58,6	48	2,07	1,30	50,9	29,1	10,76
100- 120	54,1	47	2,18	1,24	53,3	27,4	10,81
120-	55,3	46	1,91	1,24	53,3	27,8	9,47

4. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- bizonyítottuk, hogy a hőösszegben kifejezett tenyészidőszak a gyakorlat számára jobban hasznosítható információt tartalmaz
- egy adott évjáratban a víztömeg maximum közel azonos időpontban alakul ki (2-4 nap)
- szoros összefüggés van a szem maximális víztömege és a generatív szakasz hossza között
- a vízleadás sebességét elsősorban a hőmérséklet határozza meg
- egy adott genotípus vízleadás dinamikája évjáratától függetlenül közös regressziós egyenessel közelíthető (19 hibrid-15 hibrid)
- termőhelyenként a víztartalom változása közös regressziós egyenlettel jellemezhető, de a konstansok szignifikánsan eltérnek egymástól
- műtrágyázás hatására nő a csövenkénti szemek száma
- a műtrágyázás a szemtelítődés sebességét nem befolyásolja, de hosszát szignifikánsan növeli
- műtrágyázás hatására a generatív szakasz elején nincs szignifikáns különbség a kukoricaszemek nedvességtartalmában
- műtrágyázás hatására a betakarításkori nedvességtartalom csökken

A vizsgált évjáratok 1994-1999 közötti évek voltak. A vizsgált hibridek közül azokat vontuk be az értékelésbe, melyekről minimum három év termésszámaival rendelkezünk.

A vizsgált években a többszörös R értékeket széles intervallum jellemezte (0.53-0.89). Az egyenlet lineáris és négyzetes tagja, a t-próba alapján 0,1 % szinten ugyancsak szignifikánsak voltak. Az aszályos években kisebb R értékek jellemezték a másodfokú függvény illesztését, mert az alapadatok relatív szórása nagyobb volt.

A hat évben a termésbecslés átlagos hibája 500-1700 kg/ha között volt. A relatív széles intervallum az évjáratok szélsőséges jellegéből adódik, 1994 és 1995 nagyon aszályos évjárat volt, míg 1998. és 1999. esztendőket a kedvező csapadékellátottság jellemezte. A különösen aszályos évben, 1995-ben a virágzáskor fellépő súlyos vízhiány növelte a szemek meddőségét és a lag periódusban a szemek abortálódását okozta. A maximális termés az egyenlet alapján a kontroll, műtrágyázás nélküli parcellákon alakult ki. A műtrágyázás relatív nagyobb vízhiány és termésdepressziót okozott, mindkét hibrid esetében (AW 043 SC, Occitan SC) a műtrágyázott kezeléseknél szignifikánsan kisebb termést mértünk.

Értékeljük az egyes hibridek természetes tápanyag- és csapadékhasznosító képességét, illetve műtrágya reakcióját.

Az analízis alapján megállapítottuk, hogy többéves termésszámokat figyelembe véve, a másodfokú függvénnyel történő közelítés közepes vagy jó erősségű összefüggést mutat a termés és a műtrágyázás között. A vizsgált években a becslés hibája viszonylag alacsony, a műtrágyahatás hasonló mértékű. Ennek oka, hogy a vizsgált évjáratok jellege (csapadékellátottság, átlaghőmérséklet stb.) hasonlóan kedvező volt, a termések öntözés nélkül is kiegyenlítették voltak. Ugyancsak a kedvező évjáratok eredménye a lineáris tag termésmenvelő hatásának dominanciája.

3. táblázat A kísérleti terület talajának fontosabb kémiai tulajdonságai

Mélys.	Kémhatás		CaCO ₃	humusz	Össz.N	AL-oldható	
cm	H ₂ O	KCl	%	%	%	P ₂ O ₅	K ₂ O
						ppm	
0-20	7,3	5,6	0	2,72	0,150	133,4	240
20-40	7,2	5,4	0	2,31	0,120	48,0	173,6
40-60	7,2	5,8	0	1,68	0,100	40,4	123,0
60-80	8,0	7,2	1,1	1,02	0,086	32,4	96,5
80-100	8,4	7,5	11,64	0,81	0,083	39,8	93,6
100-120	8,4	7,5	10,63	-		40,6	86,1
120-140	8,4	7,5	7,5	-		31,6	78,0

Szeged

A kukorica hibridek éréshatárát vizsgáló kísérletet a nádudvari KITE RT., a szegedi Gabonakutató Intézet (GKI) együttműködve indította el, Szegeden. Évente mintegy 12-20, köztermesztésben vezető hibridet vizsgálnak három ismétlésben. Egy parcellában 50 db növény van, 70 x 24 cm kötésben, hektáronként 59500 tőszámmal.

A GKI ságvári telepe a Dél-Tisza völgy kistáján helyezkedik el. A talaj típusa szolonyec, erősen meszes réti csernozjom, szerkezete vályog, illetve homokos vályog. A szelvény B-szintjében jelentkező sófelhalmozódáson kívül a B-szint kicserélhető nátriumtartalma meghaladja az S-érték 5 %-át. A pH 8-8,4, a tápanyagellátottság nitrogénből közepes, P₂O₅ és K₂O pedig jó. A talajvíz erősen nátriumsós, 1.5-3 m mélyen helyezkedik el. A talaj vízáteresztése jó, víztartó képessége megfelelő, a magas vízállású időszakokban túlnedvesedésre hajlamos.

2.2. Időjárási adatok és a klimatikus paraméterek számítása

A napi lehullt csapadékmennyiséget helyi méréssel határoztuk meg, a napi sugárzási és hőmérsékleti adatokat a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrometeorológiai Observatórium és az Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest bocsátotta rendelkezésünkre. Az agrometeorológiai paraméterek közül vizsgáltuk a tenézszezonalisban lehullt csapadékot, a vegetatív és a generatív szakaszban az effektív hőösszegek alakulását, illetve a potenciális evaporációt és a vízellátottságot.

A hasznos hőösszeg számítása

A napi hasznos hőösszeget RITCHIE (1994) algoritmusával határoztam meg.

A hasznos hőösszeg általános képlete a következő:

$$t_d = \sum (T_a - T_b)$$

ahol T_a = a napi átlag levegőhőmérséklet; $T_a = (t_{\min} + t_{\max})/2$
 T_b = bázis hőmérséklet; $T_b = 8^\circ\text{C}$.

A képlet hibája, hogy a hőmérséklet napi eloszlása nem szimmetrikus, ezért a napi minimum és maximumból számított átlaghőmérséklet és a tényleges átlag között jelentős eltérések lehetnek.

Az alkalmazott algoritmus segítségével kiküszöbölhető az előbb említett hiba, mert a nap 24 óráját nyolc, három órás időtartamra bontja fel. Az időtartamok együtthatóinak kiszámítása harmadfokú függvény segítségével történik:

$$\text{tmfac}(i) = 0.931 + 0.114 * i - 0.0703 * i^2 + 0.0053 * i^3$$

$i=1 \dots 8$

A j-edik időtartam átlaghőmérséklete:

$$\text{ttmp} = t_{\min} + \text{tmfac}(j) * (t_{\max} - t_{\min})$$

Attól függően, hogy milyen magas az aktuális három órás időtartam értéke az egyenlet módosul:

- ha a maximum hőmérséklet a bázis hőmérséklet alatt van, a hasznos hőösszeg nulla

$$t_{\max} < t_{\text{base}}$$

$$\text{dtt} = 0$$

- ha a számított időtartam hőmérséklete az optimális tartományon belül van, egy nyolcad súllyal növeli a napi hasznos hőösszeget

$$\text{ttmp} > t_{\text{base}} \text{ és } \text{ttmp} \leq 34$$

$$\text{dtt} = \text{dtt} + (\text{ttmp} - t_{\text{base}}) / 8$$

- ha a három órás időtartam hőmérséklete 34 és 44 fok közé esik, csökkenti a hasznos hőösszeget egy 0,1-1,0 terjedő korrekciós együtthatóval.

$$\text{ttmp} > 34 \text{ és } \text{ttmp} < 44$$

$$\text{dtt} = \text{dtt} + (34 - t_{\text{base}}) * (1 - (\text{ttmp} - 34) / 10) / 8$$

ahol	dtt	=	hasznos hőösszeg ($^\circ\text{Cnap}$)
	tbase	=	bázishőmérséklet($^\circ\text{C}$)
	ttmp	=	a j-edik időtartam számított hőm. ($^\circ\text{C}$)
	tmax	=	napi maximum hőmérséklet ($^\circ\text{C}$)
	tmin	=	napi minimum hőmérséklet ($^\circ\text{C}$)

szignifikánsak voltak. Mindkét évben a lineáris tag dominanciája volt a jellemző, a négyzetes tag depresszív hatása kis mértékben jelentkezett.

A műtrágyakezelés átlagok közötti különbségek megbízhatóságának vizsgálatára Duncan tesztet alkalmaztunk. A vizsgálattal megállapítottuk, hogy az egyes hibridek műtrágya reakciójában, az évek átlagában eltérés van. A DK 471 SC szemszáma 60 kg/ha kezeléstől már szignifikánsan nem változik, jelentős szemszám növekedést nem mértünk. Az MV 484 SC szemszám növekedése egyenletes, maximális szemszámot 120 kg N/ha kezelés hatására érte el.

A műtrágyázás elősegítette a **szemtelítődést**. Megállapítottuk, hogy a lineáris szakasz meredekségében, azaz a szemtelítődés sebességében az egyes kezelések között nincs szignifikáns különbség, a műtrágyázás a szemtelítődés időszakának a hosszát növeli.

A betakarítás időpontjában vizsgáltuk a műtrágyakezelések hatását az ezerszemtömegre. Megállapítottuk, hogy a jobb tápanyag-ellátás szignifikánsan növelte mindkét hibrid ezerszemtömegét.

A két évjáratot összehasonlítva, 1998-ban a kezelések átlagában a szemtelítődés 320°C napig tartott, 1999-ben a kedvező vízellátottság következtében, mintegy 100°C nappal kitolódott a szemtelítődés lineáris szakasza.

A szemfejlődés különböző időpontjaiban vizsgáltuk műtrágyázás hatását a kukoricaszemek **nedvességtartalmára**.

Megállapítottuk, hogy a generatív szakasz elején egyik évben sincs szignifikáns különbség az egyes kezelések között.

1998-ban augusztus végétől 50%-os víztartalomtól állapítottunk meg műtrágyázás hatását igazoló szignifikáns különbségeket az egyes kezelések víztartalmai között.

A műtrágyázás hatására csökkent a szem víztartalma a fiziológiai érés idejére. A víztartalom minimuma, 1998-ban mindkét hibridnél, 60 kg N/ha műtrágyakezelésben volt, azaz a nagyobb műtrágyakezelések növelték a víztartalmat, míg 1999-ben műtrágyázás hatására a hibridek víztartalma 150 N kg/ha adagig szignifikánsan csökkent.

1999-ben a kedvező évjárat miatt, mindkét hibridnél kisebb víztartalom értékeket mértünk a fiziológiai érés időpontjában, mint 1998-ban. A jelenség magyarázata, hogy a fekete réteg kialakulása, később következett be, a szemtelítődést nem akadályozta semmi külső tényező.

A műtrágyázás hatását, a **szemtermésre** hat szinten -műtrágyázás nélkül és öt műtrágyadózis- vizsgáltuk. A műtrágyaadagok 1N: 0.75 P₂O₅: 0.88 K₂O konstans arányú NPK dózisok és azok x2-x5 mennyiségei, amelyekben az alapdózis 1995-ig 158 kg, 1996-tól 89 kg/ha.

Jobb vízellátottság mellett (1998) nagyobb víztömeg maximumok alakultak, ami közvetve segítette a hosszabb és intenzívebb szárazanyag-beépülést.

A víztömeg maximumának elérésétől a fiziológiai érésig tart a **vízleadás intenzív szakasza**. Vizsgálatához két termőhely, Debrecen és Szeged nedvesség % adatait használtuk fel. A vizsgált évjáratok száma Debrecenben 3 év, Szegeden 4 év volt. Mindkét termőhelyen 90 kg N/ha műtrágyadózis mellett értékeltük a hibridek vízleadás dinamikáját.

Bizonyítottuk, hogy a vízleadás sebességét a környezeti paraméterek közül, elsősorban a hőmérséklet határozza meg. A szakasz hosszát (a fekete réteg kialakulásának idejét) a hőmérséklet mellett a csapadékeloszlás és a hibrid tulajdonsága határozza meg. A hőösszeg függvényében a vízleadás dinamikája egy adott genotípusnál közös regressziós egyenessel közelíthető, az egyes évjáratok szignifikánsan nem tértek el egymástól. Bizonyos hibridek a környezet egyéb tényezőire érzékenyebben reagálnak, a vízleadás dinamikája, évről-évre változik, így nem jellemezhető egy regressziós egyenessel.

A **fizikai vízleadás szakaszának** vizsgálatába azokat az éveket, hibridek mintavételi adatait használtuk fel, ahol legalább 3 mintavétel történt a fiziológiai érés után:

- Debrecen: MV 484 SC, DB 377 SC és DK 471 SC 1997. évjáratból
- Szeged: AW 043 SC, Clarica SC, Clarisia SC, Evelina SC, Goldaris SC és Monessa SC 1996-1998 évekből.

A vizsgálatok bizonyították, hogy a fizikai vízleadást a hőmérséklet mellett, a csapadékelátottság (páratartalom) határozza meg. Az összefüggés jól jellemezhető lineáris egyenesekkel, az R-négyzetek minden esetben szoros illeszkedést mutattak.

A **kukorica terméslelemt** és **nedvességtartalmát** befolyásoló agrotechnikai tényezők közül, a műtrágyázás hatását vizsgáltuk. Az elemzésbe, a DK 471 SC és az MV 484 SC adatait vontuk be, az 1998. és 1999. évjáratból. 1998-ban kontroll és öt, 1999-ben kontroll és három (90 kg N/ha, illetve 150 kg N/ha) műtrágyakezelésben vizsgáltuk a tápanyag-ellátás hatását.

A műtrágyázás hatását másodfokú függvénnyel közelítettük.

Műtrágyázás hatására a **szemek száma** szignifikánsan nőtt a műtrágyázott kezeléseknél a kontroll parcellákhoz viszonyítva, igazolva, hogy a tápanyagellátás (adott vízellátottság mellett) kedvezően befolyásolja a megtermékenyítést és a termést.

A vizsgált években a többszörös R értékeket szűk intervallum jellemezte (0.84-0.93), az F próba alapján 0.1 % szinten minden évjáratban szignifikánsnak bizonyult a műtrágya hatása. Az egyenlet lineáris és négyzetes tagjai, a t-próba alapján 0.1 % szinten ugyancsak

A potenciális evaporáció és a vízellátottság számítása

A potenciális evaporációt SZÁSZ (1988) módszere alapján számítottuk ki:

$$PE = \alpha * [0.0054(T+21)^2(1-R)^{2/3} f_{(v)}]$$

ahol	α	=	oázishatás tényezője
	T	=	napi középhőmérséklet (°C)
	R	=	telítési hányad
	$f_{(v)}$	=	szélsebesség függvénye (m/s)

Az egyes évjáratok klimatikus viszonyainak jellemzésére kiszámítottuk dekádonként, a vízellátottsági indexeket (SZÁSZ, 1988):

$$VE = CS + 10/PE$$

ahol	CS	=	napi csapadék (mm)
	PE	=	potenciális evaporáció (mm)

2.3. Időjárási adatok értékelése termőhelyenként

Debrecen

1994-ben 380 mm csapadék hullott, amiből a tenyészidőszakra 151 mm jutott. Az elővetemény lekerülésétől a vetésig terjedő időszakban a lehullott csapadék 314 mm volt. Ebben az időszakban csapadékelátás optimális volt a sokéves átlaghoz képest (288 mm). Az egyedfejlődésben kritikus időszaknak számító július-augusztus hónapokban mindösszesen 46 mm csapadék esett. 1994-ben az évi átlagos középhőmérséklet 11,0 °C volt, ami 1,0 °C-al tért el az 50 éves átlagtól.

1995-ben 495 mm csapadék hullott ami 88 mm-rel kevesebb volt az 50 éves átlagnál. Az elővetemény területéről való lekerülésétől a kukorica vetéséig eltelt időszakban 189 mm csapadék esett, amely 99 mm-rel kevesebb volt, mint a sok éves átlag (288 mm). A tenyészidőszak során (április vége-október vége) 235,3 mm csapadék hullott. Ez a mennyiség eltérés az optimális szinttől, a sok éves átlagnál (337 mm) 101,7 mm-rel kevesebb volt. A kritikus időszakban, júliusban 3,3 mm, augusztusban 97,2 mm hullott.

1996-ban szeptember végéig 475 mm csapadék hullott, ami 37 mm-rel több volt az 50 éves átlagnál. Az elővetemény területéről való lekerülésétől a kukorica vetéséig eltelt időszakban 189 mm csapadék esett, amely 99 mm-rel kevesebb volt, mint a sok éves átlag (288 mm). A tenyészidőszak során (április vége-szeptember vége) 400 mm csapadék hullott. Ez a mennyiség meghaladja a sok éves átlagot (295 mm) 105 mm-rel. A kritikus időszakban júliusban 25 mm, augusztusban 84 mm hullott.

1997-ben összesen 394.7 mm csapadék hullott, 188.3 mm-rel elmaradva a sokéves átlagtól. Az elővetemény betakarításától a vetésig tartó időszakban 113 mm csapadékot mértek, ami jóval az 50 éves átlag alatt maradt (243 mm). Az igen száraz téli félévet követően a talajban tárolt vízmennyiség (elsősorban a talaj felső 5-10 cm-es rétegében) nagymértékben hátráltatta a kukorica csírázását, kelését. A kelést követően mérséklődött a csapadékhány, a lehullott csapadék mennyisége mellett annak eloszlása is kedvező volt, különösen a növényállomány számára kritikus júliusi, augusztusi időszakban.

1998-ban a téli félév során 157 mm csapadék esett, ami 86 mm-rel maradt el a sokéves átlagtól. A tenyészidőszak során viszont (május első dekádja-október első dekádja) 470.9 mm hullott, 130.9 mm-rel meghaladva az 50 éves átlagot. A lehullott csapadék a talajban tárolt vízmennyiséggel együtt optimális vízellátottságot eredményezett. A növényállomány fejlődése öntözés nélkül is kedvező volt, a szokásosnál bőségesebb csapadék hatására rekord mennyiségű termést takarítottak be. A hazánkban sokszor csapadékhányos júliusban 88.2, augusztusban 39.2 mm eső esett. A két hónap csapadékösszege kismértékben az 50 éves átlagok alapján számolt értéket is (121 mm) meghaladta.

Az 1999-es év 1998-hoz hasonlóan átlagon felüli mértékben csapadékos volt. Az év során 635.4 mm csapadék hullott, amiből a tenyészidőszakra 389.2 mm jutott.

Ez az érték 49.2 mm-rel haladta meg a sokéves átlagot. A nyári hónapok csapadéka megfelelő vízellátottságot eredményezett. Júliusban és augusztusban összesen 106.9 mm csapadék hullott, ami kismértékben a sokévi átlag alatt maradt.

A vizsgált évjáratok jellemzéséhez kiszámítottuk a potenciális párolgást (PE) és a vízellátottságot. A hat év potenciális párolgásának értékeit összehasonlítva megfigyelhető, hogy 1996-ban a PE maximuma nem júliusban, hanem júniusban érte el az éves maximumát.

1994-ben, a tenyészidőszakban június első dekádjától kezdődően augusztus második dekádjáig volt a vízellátottság alacsony értékeken. Különösen június vége, július második, illetve harmadik dekádja volt nagyon száraz.

1995-ben a vízellátottság értékei magasabbak voltak mint az előző évben, de a kukorica számára kritikus időszakban, virágzáskor jelentős szárazság alakult ki, ami a megtermékenyítést nagymértékben gátolta.

1996-ban a tenyészidőszak csapadékelátottsága kedvező volt, de eloszlása nem volt egyenletes. A csapadékmennyiség jelentős része (190 mm) szeptemberben hullott, amit a kukorica már csak részben hasznosított. A vízellátottsági értékek jelentősen ingadoztak, július, illetve augusztus első dekádja volt kifejezetten száraz időszak.

1997-től kezdődően kedvező évjáratok következtek. A '97-es évjárat vízellátottsága jó volt, a kritikus időszakban alakult ki szárazabb időszak.

3. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A korábbi kutatások bizonyították, hogy a *tenyészidő* kifejezése napokban, csak adott termőhelyre és adott évjáratban érvényes. A törvényszerűségek meghatározásához, eltérő termőhelyek és évjáratok összehasonlítására már nem ad megbízható információt.

Magyarországon a kutatásban és a gyakorlatban elsősorban technikai okok miatt (napi hőmérsékleti adatok hiánya) a tenyészidőszakot napokban fejezik ki. Vizsgálataink rámutattak, hogy a hőösszegben meghatározott tenyészidőszak relatív szórása kisebb, megbízhatósága jobb. A vegetatív és generatív szakaszokat összehasonlítva megállapítható, hogy a virágzásig eltelt intervallum stabilabb, variációs koefficiense kisebb.

A *szem vízleadás dinamikáját* két termőhelyen, Debrecenben és Szegeden vizsgáltuk, 90 kg N/ha műtrágyakezelésben. Meghatároztuk, hogy a környezeti paraméterek közül, melyik hatása domináns. Vizsgálataink eredménye szerint a fekete réteg kialakulásáig döntően a hőmérséklet befolyásolja a vízleadás dinamikáját.

Lényegesnek tekintettük, hogy a vízleadás időszakát jellemző szakaszokra bontsuk, hogy a szem fejlődését és a víztartalom csökkenést pontosabban tudjuk vizsgálni.

Fontos szempont volt, hogy az egyes időszakok kezdeti és végső időpontjai jól behatárolhatóak legyenek és hogy az egyes intervallumokat lineáris egyenessel tudjuk közelíteni.

Kutatásaink alapján -az irodalmi adatokhoz hasonlóan – a generatív szakaszt, a vízleadás szempontjából három időszakra tagoltuk:

- víztömeg maximumig terjedő szakasz
- víztömeg maximumtól a fekete réteg kialakulásáig terjedő szakasz
- fizikai vízleadás szakasza

A *víztömeg maximumig* terjedő szakaszt a debreceni termőhely 1997-es és 1998-as adatain vizsgáltuk, mert a mintavételezést mindkét évben a szemfejlődés kezdetétől a fekete réteg kialakulásáig végeztük. Az elemzésbe a DB 351 SC, a DB 377 SC, a DK 471 SC, az MV 484 SC és az Occitan SC kukorica hibridek adatait vontuk.

Megállapítottuk, hogy a víztömeg maximumok értékei hibridenként és évjáratonként változóak. Egy adott évjáratban a maximális víztömeg értékekhez tartozó effektív hőösszegek között nincs jelentős különbség, az eltérés 2-4 naptári nap. Adott hibridnél, adott évjáratban a szem maximális víztömege és a generatív szakasz hossza között szoros összefüggés van.

Debrecenben, vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a kukorica szemtermésére, hat szinten –műtrágyázás nélkül és öt műtrágyadózis- debreceni termésadatokon. A műtrágyaadagok 1N: 0.75 P₂O₅: 0.88 K₂O konstans arányú NPK dózisok, amelyekben az alapidózis 1995-ig 158 kg, 1996-tól 89 kg/ha. Mivel az NPK arány konstans arányú, egyszerűsítés miatt a továbbiakban a dózisokat a nitrogén hatóanyag mennyiségével jelöljük. A vizsgált évjáratok 1994-1999 közötti évek voltak. A vizsgált hibridek közül azokat vontuk be az értékelésbe, melyekről legalább három év termésadataival rendelkezünk.

Ugyancsak Debrecenben 1998-ban és 1999-ben vizsgáltuk a generatív szakaszban a műtrágyázás hatását a szemtelítődésre, a szemszáma és a vízleadás dinamikájára.

2.5. Az értékelés módszere

A vízleadás dinamikájának vizsgálatára általánosított lineáris modellt és regresszioanalízist alkalmaztunk. Az általánosított lineáris modell (GLM) segítségével ellenőrizhetjük a változók csoportjai közötti szignifikáns különbségekre vonatkozó statisztikai hipotéziseket, illetve kevert modelleket állíthatunk fel mind az állandó, mind a véletlenszerű hatások elemzésére. A GLM rugalmas statisztikai eszköz a normális eloszlású célváltozók és a diszkrét vagy folytonos eloszlású független változók kombinációinak összefüggés analízisére. A módszerben a folytonos változókra mint kovariánsokra (covariates) hivatkozunk. A GLM modell statisztikai analízise kiegészült egy lineáris regresszio-analízissel. Az illesztések szorosságának megítélését a többszörös R-értéknek, a becslés standard hibájának és az egyes részhalmazok konfidencia-intervallumainak vizsgálatával és figyelembevételével végeztük.

A műtrágyázás hatását a szemtelítődésre, a vízleadásra és a szemszáma egytényezős varianciaanalízissel végeztük, SVÁB (1981) módszertani könyve alapján.

A műtrágyázás terménynövelő hatását másodfokú regressziós függvény segítségével vizsgáltuk. Az analízis során állandót is számoltunk, mely paraméterrel megbízhatóan lehet jellemezni a természetes tápanyag-hasznosítást. Az illesztés jóságának elbírálását a többszörös R-értéken túl, a regresszió varianciaanalízisével, az F-próbával és a becslés standard hibájának figyelembevételével végeztük. Az egyenlet paramétereit t-próbával teszteltük, a szignifikancia elbírálásához kétoldali szimmetrikus tesztet használtunk. A kezeléscsoportok közötti különbségek megbízható igazolására Duncan tesztet alkalmaztunk. A Duncan rang tesztel a csoportok (kezelések) részhalmazainak együttes homogenitását vizsgáltuk (HUZSVAI 2000). Segítségével meghatározhatóak azok a kezeléskombinációk, melyek egy homogén csoportba tartoznak, illetve könnyen elkülöníthetőek a szignifikáns különbségek.

A statisztikai elemzéseket SPSS for Windows 9.0 és Excel XP szoftverek segítségével végeztük.

Az 1998. és az 1999. évjáratok kedvezőek voltak a kukorica számára. A vízellátottság egyenletes volt a teljes tenyészidőszakban, virágzáskor, illetve a szemtelítődés kezdeti szakaszában optimális mennyiségű csapadék esett.

Szeged

1996. kedvező évjárat volt a kukoricatermesztés szempontjából. A tenyészidőszakban 376 mm csapadék esett. A kritikus időszakok vízellátottsága megfelelő volt, július második dekádja volt csapadékszegény. Az nyári hónapok átlaghőmérséklete megfelelt az ötven éves átlagnak, a kánikulai napok száma mindössze 5 volt.

1997-ben a tenyészidőszak csapadékmennyisége mindösszesen 282 mm volt, de a kritikus időszakok kedvező vízellátottsága következtében a kukorica fejlődése és növekedése viszonylag zavartalan volt. A hűvös és csapadékos május egyrészt a vetést késleltette, másrészt a kikelt állomány fejlődését. A július kedvező klimatikus viszonyai következtében a növények optimálisan tudtak fejlődni, a virágzásnál mindössze 2-3 nap késés volt tapasztalható.

A hőmérsékleti adatokat vizsgálva megállapítható, hogy a kisebb és kiegyenlített átlaghőmérséklet ugyancsak kedvezően hatott a növényekre.

1998 és 1999. hasonlóan kedvező évjárat volt. 1998-ban 382 mm, 1999-ben 463 mm csapadék hullott. A kelés és a virágzás időszakában a csapadékelátottság kedvezően alakult, a növények kezdeti fejlődése közel optimális volt. A hőmérsékleti jellemzők a csapadékosabb évjáratnak megfelelően alakultak, nem voltak hosszabb kánikulai időszakok.

A vizsgált évjáratok jellemzéséhez kiszámítottuk a potenciális párolgást (PE) és a vízellátottságot. A hat év potenciális párolgásának értékei Debrecenhez hasonlóan alakultak.

1996-ban a tenyészidőszak csapadékelátottsága kedvező volt, de eloszlása nem volt egyenletes. A vízellátottsági értékek jelentősen ingadoztak, július első dekádja volt kifejezetten száraz időszak.

A 1997-es évjárat vízellátottsága jó volt. A tenyészidőszakban nem alakultak ki jelentős csapadékszegény időszakok, május, illetve július vízellátottsága kifejezetten egyenletes volt.

Az 1998. és az 1999. évjáratok kedvezőek voltak a kukorica számára. A vízellátottság egyenletes volt a teljes tenyészidőszakban, virágzáskor, illetve a szemtelítődés kezdeti szakaszában optimális mennyiségű csapadék esett.

2.4. A mintavétel módszere

A vegetatív szakaszban meghatároztuk a kelés és az 50 % nővirágzás időpontját. A generatív szakaszban meghatároztuk a fekete réteg kialakulásának időpontját hibridenként és kezelésként.

Debrecenben, a virágzást követően 1998, 1999-ben hetente, 1997-ben, átlagban 3 naponta történtek a destruktív mintavételek (4. táblázat).

4. táblázat Mintavételi időpontok (Debrecen, 1997-1999)

Mintavételi időpontok	1997	1998	1999
1.	augusztus.13.	július. 25.	Július. 25.
2.	augusztus.15.	augusztus.06.	augusztus.16.
3.	augusztus.18.	augusztus.28.	augusztus.27.
4.	augusztus.22.	szeptember.02.	szeptember.02.
5.	augusztus.25.	szeptember.11.	szeptember.10.
6.	augusztus.27.	szeptember.25.	szeptember.16.
7.	augusztus.29.	október.15.	szeptember.24.
8.	szeptember.01.		szeptember.30.
9.	szeptember.03.		október.07.
10.	szeptember.05.		október.15.
11.	szeptember.08.		
12.	szeptember.10.		
13.	szeptember.12.		
14.	szeptember.15.		
15.	szeptember.17.		
16.	szeptember.19.		
17.	szeptember.22.		
18.	szeptember.24.		
19.	szeptember.29.		
20.	október.01.		
21.	október.03.		
22.	október.06.		

A mintavételek alkalmával Debrecenben 4 ismétlésben 4 kukoricacső középső részéről 50 szem tömegét mértük.

A szárazanyag-tartalom meghatározása, 60 °C-on szárítószekrényben történt, súlyállandóságig szárítva.

Szegeden a mintavételek augusztus végétől kezdődően heti egy alkalommal történtek (5. táblázat). Szegeden ismétlésenként 3 cső volt egy minta, és a bemért nyers szem – a hőmérsékletet fokozatosan emelve – 105 °C maximumon lett súlyállandóságig kiszárítva.

A hibridek vízleadás dinamikáját mindkét termőhelyen 90 kg N/ha műtrágyakezelésben elemeztük.

5. táblázat Mintavételi időpontok (Szeged, 1996-1999)

Mintavételi időpontok	1996	1997	1998	1999
1.	08.26.	08.25.	08.26.	08.26.
2.	09.02.	09.01.	09.03.	09.03.
3.	09.09.	09.09.	09.08.	09.09.
4.	09.16.	09.15.	09.14.	09.15.
5.	09.23.	09.23.	09.23.	09.22.
6.	10.01.	10.01.	10.01.	09.29.
7.	10.07.	10.09.	10.07.	10.05.
8.	10.22.	10.16.	10.12.	

Az elemzésbe a következő kukorica hibrideket vontam be:

Hibrid neve	FAO szám	Vizsgált évek száma
MONESSA	270	3
KANADA	300	3
CLARICA	310	3
CLARISIA	310	3
SZE 277	320	4
DB 351	340	2
LG 2298	340	3
AW 043	380	4
DB 377	380	2
GOLDARIS	380	4
OCCITAN	380	6
DK 471	410	6
NASTIA	420	3
AW 143	450	5
MV 484	450	6
GOLDAFFE	460	4
VERONIKA	460	3
DK 527	490	3
FLORENCIA	530	3