



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

A CSAPADÉK MENNYISÉGÉNEK ÉS ELOSZLÁSÁNAK HATÁSA A KUKORICA TERMÉSMENNYISÉGÉRE MŰTRÁGYÁZÁSI TARTAMKÍSÉRLETBEN / EFFECT OF AMOUNT AND DISTRIBUTION OF PRECIPITATION ON YIELD OF MAIZE IN LONG-TERM FERTILIZATION EXPERIMENT

BÉLTEKI ILDIKÓ¹ / ILDIKÓ BÉLTEKI¹ belteki.ildiko@uni-eszterhazy.hu

TÓTH SZILÁRD ZSOLT² / SZILÁRD ZSOLT TÓTH²

HOLLÓ SÁNDOR³ / SÁNDOR HOLLÓ³

AMBRUS ANDREA⁴ / ANDREA AMBRUS⁴

Összefoglalás

A mezőgazdasági termelést megnehezítő extrém időjárási körülmények jellemzik az elmúlt évtizedeket, ezért nélkülözhetetlen a tartamkísérletek eredménye a növénytermelés sikeressége szempontjából. A klímaváltozás hatása érzékelhető a változó hozamok és a hozambiztonság csökkenésén keresztül. A tápanyagellátás színvonala kulcskérdés a sikeres termelés szempontjából, a tápanyagok hasznosulását a csapadék mennyisége és eloszlása jelentős mértékben befolyásolja. A Kompolton 1963-1999 között folytatott műtrágyázási tartamkísérlet egyik célja az volt, hogy adott ökológiai adottságok mellett meghatározható legyen az optimális összetételű és hatóanyag-tartalmú műtrágya mennyiség, amellyel a különböző évjáratok mellett a legkedvezőbb hozam érhető el. Vizsgálataink az 1981 (aszályos), 1985 (csapadékos), 1988 (optimális), 1991 (optimális), 1994 (aszályos) évekre vonatkoznak. A kísérletben a kukorica 10 különféle tápanyag-összetételű és adagú műtrágya kezelésben részesült.

A kísérleti eredményeink igazolják, hogy a kísérleti év csapadékviszonyaival összefüggésben akár kétszeres terméskülönbség is mutatkozhat a kukoricának kedvező (optimális) időjárási évek javára. A száraz évekhez viszonyítva az optimális években akár kétszeres, de a kísérleti eredmények alapján, legalább 42%-os termésnövekedés adódott a tápanyagkezelések átlagában.

Kompolt agroökológiai adottságai mellett a kukorica esetében a N termésmenvelő hatása négy kísérleti évben önmagában, valamint P-ral és K-mal kombinált kezelésekből is szignifikánsan igazolható. Az 1994-es rendkívül aszályos évben a N termésmenvelő hatása nem jutott érvényre, a kevés csapadék és annak kedvezőtlen eloszlása miatt. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a nagyobb adagú N és P (N2PK, NP2K) műtrágyák alkalmazása a kedvező csapadékeloszlású évben sem eredményezett hozamnövekedést, így gazdaságossági és környezetvédelmi szempontból sem indokolt a nagyobb adagok alkalmazása. A P, NP, K műtrágyázási kezeléseknél a termés mennyiségében nem igazolódtott a kontrollhoz viszonyítva.

Abstract

The last decades are characterizing by extreme weather conditions making agricultural growth more difficult, so the results of long-term experiments are essential to the successfulness of crop production.

The effect of climate change is also perceivable through the varying yields and decrease of the yield-safety. One of the key issues of successful growth is the level of nutrient supply, its utilisation is influenced measurably by the amount and distribution of precipitation. One of the goals of the long term fertilization experiment set in village Kompolt between 1963-1999, was to determine the amount of fertilizer with optimal content and active substance, which can give the most beneficial yield in different crop years among the given ecological conditions.

In our study we analysed data obtained in 1981 (droughty), 1985 (rainy), 1988 (optimal), 1991 (optimal), 1994 (droughty) years. Regarding the maize 10 types of nutrient treatments with various contents and rates were carried out.

Our results confirm that in optimal crop years of the maize double yield-difference can be seen in connection with the precipitation-circumstances of the experimental year. Comparing to dry years, double growth of the yield could be achieved in optimal years, but based on the results of experiment the increase could be at least a surplus of 42% in the average of the nutrient treatments.

In the agro-ecological conditions of Kompolt the increasing effects of N in itself as well as with the P and K combined treatments on yield of maize were significant in 4 experimental years. The increasing effect of N was not verified only in the extremely droughty 1994 year, because of the small

amount and unfavourable distribution of the precipitation. Based on our results we determined that the larger amounts of N (N2PK treatment) and P (NP2K treatment) fertilizers were not productive of higher yield in favourable rainy years yet, so their applying are unnecessary by the thrift and environmental aspects. The effect of P, NP and the K fertilization treatments were not verified in the yield comparing to the control treatment.

Keywords: precipitation, maize, nutrient supply, yield, crop year

Bevezetés / Introduction

Az utóbbi évtizedekben fókuszba került a klímaváltozás kérdése. Bármely a klímában bekövetkező változás hatást gyakorol az olyan klíma-érzékeny rendszerekre, mint a mezőgazdaság (Southworth et al. 2000; Rosenzweig et al. 2013). Az elmúlt száz évben jelentősen megnőtt az aszályos és a túlzottan csapadékos évek száma. Mindkettő károsan befolyásolja a szántóföldi növénytermesztést, és annak tervezhetőségét. A csapadékelátottság jelentős romlását emeli ki Bocz (2001).

Hazánk jelentősebb kukoricatermő területein a termesztés sikere és biztonsága elsősorban a vízellátástól függ. A kukorica vízigénye jelentős (450-550 mm), a legnagyobb mennyiséget a címerhányástól a szemtelítődésig terjedő időszakban (július-augusztus) igényli (Antal és Jolánkai 2005). A lehullott csapadék a kapás kultúrákban gyakran nem fedezi a növények vízigényét, a kukorica számára az átlagosnál csapadékosabb és melegebb júliusú évjáratok a kedvezőek (Csathó és Árendás 2012). 35 éves tartamkísérlet alapján Berzsenyi és Györffy (1997) a legfontosabb termésmenvelő tényezőnek (31%) a trágyá-

zást és a genotípust találta, melyet az optimális tőszám, a gondos ápolási munkák, valamint a talajművelés követ. Lehoczky és mtsai (2013, 2015) kutatási eredményei felhívják a figyelmet a gyomkompetíció jelentőségére. Lehoczky és mtsai (2014, 2016 a,b) rámutatnak a gyomnövények tápanyagellátás szintjével összefüggő versengésre, vízelvonására. Kísérleti eredményeik alapján megállapították, hogy az NPK műtrágya kezelés hatására a gyomnövények egyedsűrűsége 65%-kal volt nagyobb, mint a kezeletlen kontroll parcellákon. Nagy (1995) a műtrágyázás termésre gyakorolt hatását 48%-ban tekinti meghatározónak.

Moser et al. (2006) a víz- és nitrogénellátást jelöli meg a kukorica szemtermésének a legkritikusabb tényezőiként, míg Pepó (2009) álláspontja szerint, a trágyázás termésmenvelő hatását alapvetően a vízellátás mértéke határozza meg. Nagy és Huzsvai (1995) kukoricahibridek tizennégy éves terméssorának felhasználásával vizsgálták az évjárat hatását a trágyázás hatékonyságára. Megállapították, hogy a műtrágyázás abszolút értékben is javítja a csapadék hasznosulását. N-hiány esetében azonban kisebb a kukorica növényben a szárazanyag akkumuláció és lassú a szárazanyag felhalmozódás dinamikája (Hanway és Russell 1969, Berzsenyi 1993, Dobos et al. 1999, Dobos és Nagy 1999). A kukorica termésszintjének meghatározására Pap et al. (2010) a májusi csapadék mennyiségének és a májusi havi hasznos hőmennyiségének a hányadosát veszi alapul. Holló (2009) kritikus időszakként jelöli meg a kukorica számára a júniusi és a július hónapok együttes csapadék mennyiségét,

amelyeknek 10 mm-rel történő növekedése megközelítőleg 0,3 t/ha hozamnövekedést eredményezhet.

A három fő tápelem közül a kukorica esetében a termésmennyiséget elsősorban a nitrogén határozza meg (Szulc 2016; Markovic et al. (2010). A nitrogén hasznosulásánál Bocz és Nagy (2003), Menyhért (2010) egyaránt kiemelik a vízellátás meghatározó szerepét. A kukorica káliumigénye jelentős, a vízháztartásban és a keményítőképzésben nélkülözhetetlen, továbbá növeli a szárszilárdságot, a vegetatív részekből kevés vándorol a szembe (Antal és Jolánkai 2005), a foszfor igénye nem kiemelkedő (Csathó 2004). A termesztés során a sokéves tapasztalatok azt mutatják, hogy a különböző műtrágya-adagok hatása nem tükröződik teljes mértékben a hozamokban. Az időjárás nagyobb eltéréseket okoz a termesztett növény átlagtermései között, mint amelyet az adott évben a különböző trágyázási szintek hatására kaphat a termesztő (Csathó és Árendás 2012). Széll és mtsai (2010) kísérleteik alapján hangsúlyozzák a műtrágyázás termésmenvelő hatását a termőhely és az évjárat befolyásolja. Azeez (2009) már 90 kg/ha N dózis esetén is jelentős szemtermés-mennyiség növekedést tapasztalt. Akmal et al (2010) kísérlete alapján a talaj termékenységét és az alkalmazott agrotechnikát is figyelembe véve a maximális termést 150 kg/ha N hatóanyag kijuttatása esetén adta a kukorica. Rutkowska et al. (2014) kukorica tápanyag-visszapótlási kísérletében kimutatta, hogy a gyenge K ellátottságú talajok K trágyázása valamennyi N kijuttatási szinten növelte a kukorica hozamát.

Anyag és módszer / Material and methods

A műtrágyázási tartamkísérlet 1963-ban került beállításra, közel 40 éven keresztül folyt 1999-ig, a kompolti „Fleischmann Rudolf” Mezőgazdasági Kutatóintézet Agrokémiai Telepén. Kompolt a Nagy Alföld északnyugati peremén, a Mátra déli hegyvonulata nyúlványainak déli szegélyén, Budapesttől 105 km-re északkeleti irányban található. A tartam kísérletben kukorica, tavaszi árpa, őszi búza sorrendben követték egymást a természetett növények. Az 1985. kísérleti évben a megkésett tavasz miatt a tavaszi árpa nem került elvetésre, így helyette a kísérletben ismételten kukorica következett, így a továbbiakban a növények sorrendje is ennek megfelelően alakult. Jelen dolgozatban a tápanyag kezelek hatását a kukorica termése szempontjából vizsgáltuk az 1981, 1985, 1988, 1991, 1994-es kísérleti években.

A kísérleti terület talajtípusa csernozjom barna erdőtalaj. A humuszos réteg vastagsága 0,5-0,8 m közötti. Az 1963-ban készült talajvizsgálati eredményeket az 1. táblázat tartalmazza. A talaj kémhatása savanyú, a foszforellátottság gyenge, a kálium-ellátottság kielégítő (Holló és Kádár 2003).

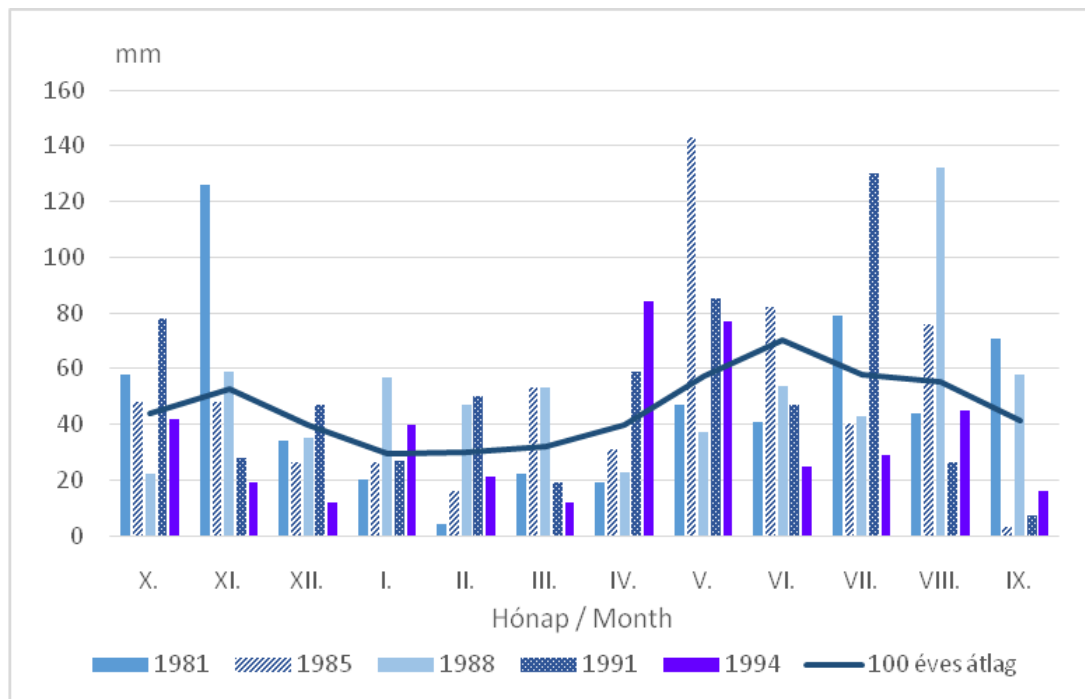
1. táblázat A kísérleti terület talajvizsgálati eredményei (1963) / Table 1. The results of soil analysis of experiment (1963)

Megnevezés / Designation	Érték / Value
pH (KCl)	5,9
pH (H ₂ O)	6,6
H%	3,34
DL-P ₂ O ₅ (ppm)	24
DL-K ₂ O (ppm)	122
K _A	40

Az uralkodó talajtípusokon a talajvíz szintje igen mély: 11-12 m. Jellemző a nagy holtvíztartalom, amely a talajaszályt fokozza. A meteorológiai adatok (hőmérséklet, napsütéses órák száma, hullott csapadék mennyisége) rögzítése naponta történt. A kísérlet beállítása során a talajművelés a nem vizsgált tényezők közé tartozott. Az agrotechnika megválasztása az időjárás függvényében történt, oly módon, hogy a lehető legjobb eredményt biztosítsa a növény szempontjából. A természetett növényfajták az adott időszakban a táj adottságaihoz legjobban alkalmazkodó, nagy termőképességű fajták, illetve a kukori-

ca esetében hibridek. A kísérletben a következő hibridek kerültek termesztésre, 1981: SZSC-444, 1985 és 1988: Pioneer 3732, 1991: Pannónia 3737 SC, 1994: Stira SC.

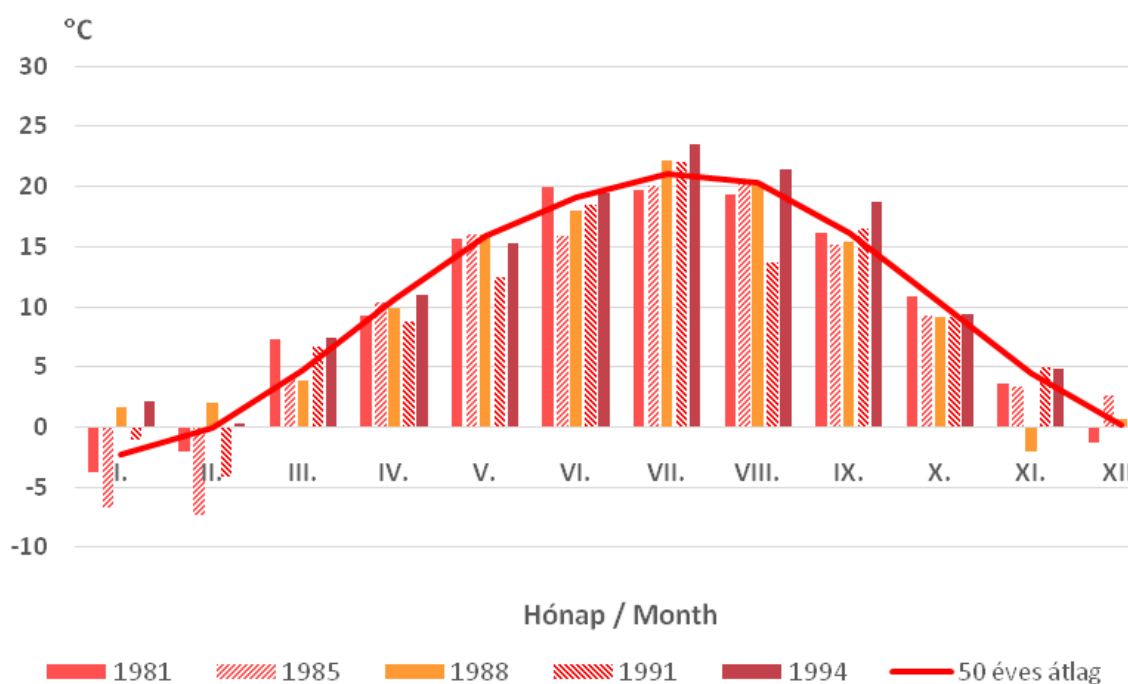
A vizsgált kísérleti éveket a tenyészidőben lehullott csapadék mennyisége alapján, a százéves átlaghoz viszonyítva, a kukorica vízigényének figyelembevételével kategorizáltuk a következők szerint: aszályos (1981, 1994), optimális (1988, 1991) és csapadékos (1985) évek (1. ábra, 2. táblázat).



1. ábra A csapadék mennyisége (mm) és eloszlása a vizsgált kísérleti években (Kompolt, 1981; 1985; 1988; 1991; 1994) / Figure 1. Precipitation (mm) in the studied growing seasons (Kompolt, 1981; 1985; 1988; 1991; 1994)

2. táblázat: A tenyészedőben hullott csapadék (mm) / Table 2. Precipitation in growing season (mm)

Hó Évek	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	Összesen	Évjárat
100 éves átlag	40	57	70	58	55	41	322	
1981	19	47	41	79	44	71	301	aszályos
1985	31	143	82	40	76	3	375	csapadékos
1988	23	37	54	43	132	58	347	optimális
1991	59	85	47	130	26	7	354	optimális
1994	84	77	25	29	45	16	276	aszályos



2. ábra A hőmérséklet alakulása a vizsgált kísérleti években (C) (Kompolt, 1981; 1985; 1988; 1991; 1994) / Figure 2. Temperature in the studied growing seasons (C) (Kompolt, 1981; 1985; 1988; 1991; 1994)

A kísérlet beállítása latin téglá elrendezésben, 5 ismétlésben, 56 m²-es bruttó parcellákon történt. A kukorica, különböző tápanyagösszetételű és adagú műtrágya kezelésben részesült (3. táblázat). A kezelésben alkalmazott műtrágyák, a következők: nitrogén - pécisó, foszfor - szuperfoszfát, kálium - kálisó.

3. táblázat: A kísérletben alkalmazott kezelések, a kijuttatott tápanyagok mennyisége (kg/ha) / Table 3. The fertilizer treatments and amount of nutrients (active ingredient kg ha⁻¹)

Kezelés / Treatment	Tápanyag (kg/ha) / Nutrient (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0	0	0	0
N	130	0	0
P	0	94	0
K	0	0	140
NP	130	94	0
NK	130	0	140
PK	0	94	140
NPK	130	94	140
N2PK	174	94	140
NP2K	130	124	140

A statisztikai elemzéséhez IBM SPSS Statistics 18 programot használtunk, egytényezős varianciaanalízissel értékeltük a kísérlet során kapott terméseredményeket. A varianciaanalízis előtesztjeként Levene-tesztet végeztünk, amely alapján megállapítottuk, hogy a varianciaanalízis elvégezhető. Az adatok eloszlásának ismertetéséhez BoxPlot diagrammot használtunk.

Eredmények / Results

A kompolti területre jellemző, hogy csapadékban szegény és annak eloszlása is nagy változatosságot mutat, amely a műtrágyázás hatékonyságát bizonytalanná teszi. Berzsenyi és Győrffy (1997) kísérlete alapján megállapítja, hogy a száraz évjáratban az alacsonyabb műtrágyadózisnak volt nagyobb a stabilitása, csapadékos évjáratban pedig, a magasabb műtrágyadózisnak.

A vizsgált évek közül az 1991. év volt a kukorica szempontjából a legkedvezőbb a tenyészidőben (áprilistól szeptemberig) lehullott csapadék mennyisége (354 mm) és eloszlása alapján, amely a kukorica vízigényét bőségesen kielégítette. A tenyészidőben 1981-ben 301 mm, 1994-ben 276 mm csapadék hullott, ezek az évek aszályosak, kedvezőtlenek a kukorica szempontjából. A kevés csapadék 1994-ben a júliustól-szeptemberig tartó időszakban még az 50 éves átlagot meghaladó átlaghőmérséklettel is párosult (2. ábra). Az 1985-ös és 1988-as tenyészidőben 375, valamint 347 mm csapadékot mértünk, amelyek eloszlásában azonban jelentős különbséget tapasztaltunk. Az 1988-as évben a július-augusztusi csapadék mennyisége 175 mm volt, míg ugyanezen időszakban 1985-ben csupán 116 mm hullott. A vízigény szempontjából a legkritikusabb időszak július-augusztus hónapokra esik. A kukorica a nagy termőképességét akkor tudja kifejteni, ha e két hónapban havonként kb. 100-100 mm vízhez (csapadékhoz, illetve vízkiegészítéshez) jut (Pepó és Sárvári 2011).

Az egyes tápanyag kezelésekre gyakorolt hatását a trágyázatlan kontroll parcellákon elért terméshez viszonyítottuk (4. táblázat). Az 5 vizsgált kísérleti év eredményei alapján megállapítható, hogy a foszfor kezelés a kontroll kezeléshez képest kismértékű termésnövekedést eredményezett. Ez alól az 1991. év a kivétel, amikor a kontroll és a kezelt parcella hozama közel megegyezett. Hasonló tendenciát tapasztaltunk a PK kezelés esetében is, ahol szintén az 1991. évben a kezelés hatására kismértékben nagyobb termést hozott a kukorica, mint a kontroll kezelésben. A kálium műtrágya kezelés hatására az 1985, 1994. évben kismértékű, 1988-ban szignifikáns hozamcsökkenést tapasztaltunk a kontroll parcellához képest.

A nitrogén és kombinációi az aszályos 1994-es év kivételével valamennyi általunk vizsgált évben szignifikáns termésnövekedést okoztak a kontrollhoz képest. Ezek alapján megállapítható, hogy a kukorica tápanyag ellátásának nélkülözhetetlen eleme a nitrogén. A nitrogén kijuttatása nélkül a P és a K műtrágyák önmagában történő alkalmazására, valamint ezen tápanyagok együttes használata esetén is a kukorica hozamcsökkenéssel reagált, még a műtrágyázás nélkül elért terméshez képest is.

4. táblázat: A kukorica termése különböző műtrágyázási kezelésekben és a vizsgált kísérleti években (t/ha) / Table 4. The yield of maize in different fertilization treatments, in the studied experimental years (t ha⁻¹)

Kezelés / Treatment	Termésátlag (t/ha) / Average yield (t ha ⁻¹)					5 év átlaga (t/ha) / Average yield of 5 years (t ha ⁻¹)
	1981	1985	1988	1991	1994	
0 (kontroll)	4,87	6,89	9,33	7,79	4,6	6,7
N	5,52	7,59	10,12	8,96	4,84	7,41
P	4,73	6,84	8,69	7,8	4,38	6,49
K	4,96	6,71	8,79	8,81	4,46	6,75
NP	5,86	7,72	10,49	9,19	4,71	7,59
NK	6,17	7,49	10,5	10,81	4,69	7,93
PK	4,54	6,63	8,53	8,47	4,24	6,48
NPK	5,86	7,86	10,3	11,12	4,8	7,99
N2PK	5,94	7,41	10,3	10,67	4,68	7,8
NP2K	6,02	7,76	10,05	9,38	4,61	7,56
Éves átlag (t/ha) / Average yield of year (t ha⁻¹)	5,45	7,29	9,71	9,3	4,60	
SZD _{5%}	0,45	0,47	0,51	0,43	0,24	0,65

A legmagasabb átlaghozamot (9,7 t/ha) 1988-ban mértük, ezt követte az 1991-es év 9,3 t/ha-os hozammal. A legalacsonyabb hozamot a két aszályos évjárat eredményezte, 1994-ben 4,6 t/ha, míg 1981-ben 5,4 t/ha-os termésátlagot mértünk (4. táblázat). Ebben a két évben jelentős különbség a csapadék mennyiségében nem volt, de eloszlásban igen.

Az 1994-es év júliusi-augusztusi csapadék mennyisége csupán 74 mm volt, míg ugyanezen időszakban 1981-ben 123 mm csapadék hullott. Adataink alátámasztották Antal és Jolánkai (2005) vizsgálati eredményeit, miszerint a jelentős vízigényű kukorica a legnagyobb mennyiségű csapadékot a címerhányástól a szemtelítődésig terjedő időszakban (július-augusztus) igényli. Az 1985-ös évben a kritikus időszakban (július-augusztus) 116 mm csapadék hullott, amely kevesebb, mint az aszályos 1981-es évben volt, de az előtte lévő hónapokban lehullott viszonylag nagyobb mennyiségű csapadék raktározódni tudott a talajban, ezzel magyarázható a magasabb (7,3 t/ha) termésátlag

(2. táblázat, 4 táblázat). Az önmagában alkalmazott N műtrágya termésmenvelő hatása valamennyi kísérleti évben szignifikánsan érvényesült a kontrollhoz viszonyítva. A P műtrágyának termésmenvelő hatása a kontrollhoz viszonyítva egyik vizsgált kísérleti évben sem volt igazolható, a kukorica termése ebben a kezelésben a kontroll kezeléssel közel megegyező volt. A K tárgyázás hatása a termés mennyiségében nem igazolható az 5 kísérleti év átlagában a kontrollhoz viszonyítva.

Az egyes kísérleti éveket tekintve a kukorica szempontjából optimális csapadék-mennyiségű kísérleti években (1988, 1991) az átlagtól eltérő hatást tapasztaltunk. Az 1988-as évben a kontroll kezelésben a termés szignifikánsan nagyobb volt, mint a K műtrágyázott parcellákon, ugyanakkor 1991-ben éppen ellenkezőleg, a K műtrágyázott parcellákon a termés szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontrollban. A többi kísérleti évben (1981, 1985, 1994) a kontroll kezelések eredményei nem különböztek a K műtrágyázott parcellák terméseredményeitől.

Az NP kezelésben a kukorica termése a kísérleti évek átlagában közel azonos volt az önállóan alkalmazott N kezeléssel. A kísérleti évek közül 1994-ben tendencia jellegű terméskiesést tapasztaltunk a N kezeléshez viszonyítva (0,13 t), amely a kukorica számára kritikus időszaknak számító július-augusztusi hónapokban lehulló 74 mm csapadéknak a következménye.

Az 1991-es kísérleti évben a P és K műtrágya együttes alkalmazása (PK kezelés) csak a P műtrágya kezeléshez viszonyítva okozott szignifikáns termésmenvekedést.

Az NPK kezelés a kísérleti évek átlagában szignifikáns, és jelentős 1,29 t/ha, azaz 20%-os termésmenvekedést eredményezett a nem műtrágyázott kontroll kezeléséhez képest. A kísérleti évek átlagában az NPK kezelés termésmenvelő hatása az NK és NP kezelésekhez viszonyítva nem volt igazolható, az NK kezeléssel közel azonos termést eredményezett. Az 1991-es kísérleti évben az NPK kezelés az NP és NK kezelésekhez képest is szignifikáns termésmenvelő hatással rendelkezett.

Az N2PK és NP2K kezelések, azaz a nagyobb adagú N és P műtrágyák alkalmazása az egyes kísérleti években és az 5 év kísérleti év átlagában sem eredményezett termésmenvekedést az NPK kezeléshez viszonyítva. A többletként adott 44 kg N ill., 30 kg P hatása tehát nem érvényesült.

A kukorica szempontjából kedvező időjárásúnak minősített 1988, 1991 kísérleti években a csapadékhiányos kísérleti évekhez (1981, 1994) viszonyítva 41%-52% közötti termésmenvekedés mutatkozott a kezelések átlagában.

A kísérleti eredményeink igazolják, hogy a kompolti agroökológiai körzetben a kísérleti év csapadékviszonyaival összefüggésben akár kétszeres terméskülönbség is mutatkozhat a kukoricának kedvező (optimális) időjárású évek javára.

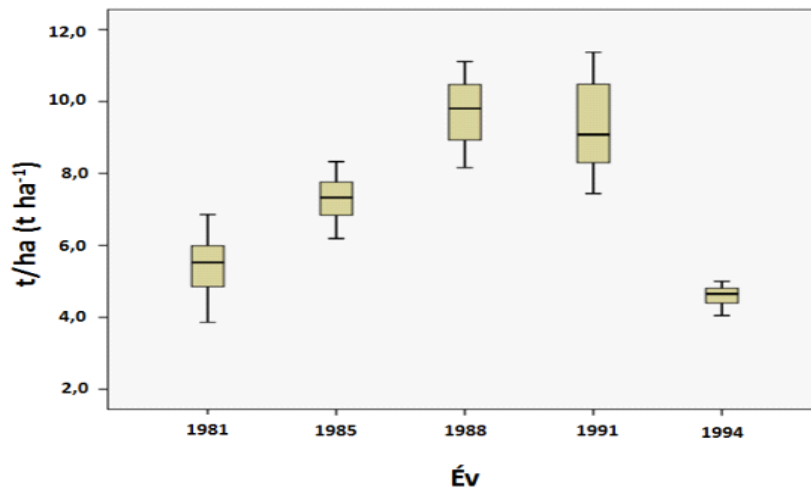
A száraz évekhez viszonyítva az optimális években akár kétszeres, de a kísérleti eredmények alapján, legalább 42%-os termésmenvekedés adódott a tápanyagkezelések átlagában. A kezelések átlagában a kukorica termésmennyiségét, kísérleti évenként mutatja a 3. ábra. A diagram alapján megállapítható, hogy a kísérleti évek közül a termésátlag alapján legkedvezőtlenebbnek (a csapadék mennyisége és eloszlása alapján) az aszályos 1994 év bizonyult, ebben az évben adódott a tápanyagkezelések között a legnagyobb különbség. Az egyes tápanyagkezelések hatása közötti különbségek jobban kifejeződnek a termés mennyiségében az 1981-es aszályos kísérleti évben, amikor az átlagos termésmennyiség is magasabb volt. Ezt meghaladó terméshozam volt a csapadékos (1985) kísérleti évben,

amikor a kukorica szempontjából kedvezőnek mondható időjárás volt. Az optimális csapadékmennyiséggel jellemezhető kísérleti években (1988, 1991) a termésmennyiségben a tápanyagkezelések hatására kialakult különbségek nagyobbak, kifejezettebbek voltak. Eredményeink is igazolják, hogy az egyes tápanyagok az évjárattól, az adott év csapadékviszonyaitól (a csapadék mennyisége és eloszlása) és hőmérsékleti viszonyaitól függően érvényesül.

Kísérleti eredményeink alapján, ezen a területen a vizsgált kísérleti körülmények között, a kukorica tápanyagellátása szempontjából, a N műtrágya önálló alkalmazása (N kezelés) kedvező időjárási körülmények esetén az NP, NK és NPK kezelésekhez hasonló eredményességgel volt alkalmazható (4. táblázat).

A tenyészidőszakban hullott csapadék mennyisége alapján aszályosnak minősített 1981 (309 mm) és 1994 (276 mm) évek terméseredményei között mutatkozó jelentősnek mondható különbség, a tápanyagkezelések átlagában 0,85 t/ha (3. ábra) a csapadék eloszlása szerinti különbségekkel magyarázható. Az 1994. évben a kezelések átlagában 4,61 t/ha volt a kukorica termése, a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége 33 mm-rel kevesebb volt, mint az 1981-es év ugyanezen időszakában lehullott csapadék mennyisége. A csapadék eloszlása jelentős aránytalanságot mutatott, az összes csapadék 58%-a április-május hónapban hullott, a kukorica fejlődése és a virágzáskori vízigénye szempontjából a június-július hónapokban kritikusan kevésnek bizonyult, együttesen ebben az időszakban 54 mm volt 1994-ben, míg ugyanezen időszakban 1981-ben 120 mm.

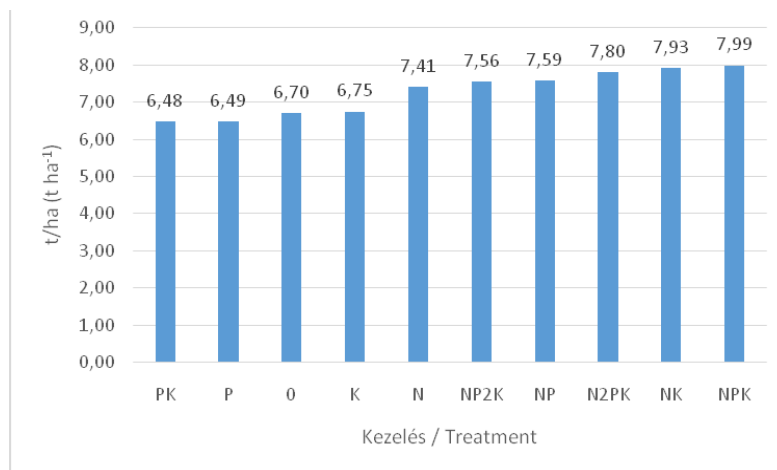
A 100 éves átlagos csapadék mennyiség a június-július hónapokban 128 mm, amelyet az 1981-es év megközelít, de az 1994-es év csapadék mennyisége több, mint 50%-kal ez alatt az érték alatt marad.



3. ábra: A kukorica termése kísérleti évenként a tápanyag kezelések átlagában (t/ha) (1981, 1985, 1988, 1991, 1994) / Figure 3. The yield of maize annually, in the average of the treatments (t ha⁻¹) (1981, 1985, 1988, 1991, 1994)

A tartamkísérlet 5 vizsgált évében a 10 kezelés közül az NPK hozta a legmagasabb 7,99 t/ha-os hozamot, ezt követi az NK műtrágya 7,93 t/ha-os átlaggal, majd az N2PK 7,80 t/ha-os átlaghozammal (4. ábra). A legalacsonyabb termés-szintet a PK (6,48 t/ha), a P (6,49 t/ha), a kontroll (6,70 t/ha) és a K (6,75 t/ha) kezelések eredményezték.

Ezek alapján megállapítható a kísérleti terület ökológiai viszonyai mellett, hogy a kukorica a harmonikus tápanyagellátás esetében – N 130 kg/ha, P₂O₅ 94 kg/ha, K₂O 140 kg/ha hatóanyagtartalmú műtrágya – hozta a legmagasabb termést 5 év átlagában.



4. ábra: A kukorica termésmennyisége (t/ha) az egyes trágyázási kezelésekben a kísérleti évek átlagában / Figure 4. The yield (t ha⁻¹) of maize in the fertilization treatments, in the average of the studied years

Következtetések / Conclusions

Megállapíthatjuk, hogy Kompolt agroökológiai adottságai mellett az alkalmazott kezeléseket alapul véve a foszfor termésmenővelő hatása a P és a NP kezeléseknél nem volt igazolható. A N termésmenővelő hatása valamennyi kísérleti évben és a P-ral és a K-mal kombinált kezeléseknél is szignifikánsan igazolható volt az 5 kísérleti év átlagában. Ettől eltérő eredményeket hozott az 1994-es aszályos és kedvezőtlen csapadékeloszlású kísérleti év. A kísérleti eredményeink igazolják, hogy a kísérleti év csapadékviszonyaival összefüggésben akár kétszeres terméskülönbség is mutatkozhat a kukoricának kedvező (optimális) időjárási évek javára. A száraz évekhez viszonyítva az optimális években akár kétszeres, de a kísérleti eredmények alapján, legalább 42%-os termésmenővekedés adódott a tápanyagkezelések átlagában.

A kompolti kísérleti terület agroökológiai adottságai mellett a nagyobb adagú N és P (N2PK, NP2K) műtrágyák alkalmazása nem bírt termésmenővelő hatással, azaz a kukorica megfelelő tápanyag-ellátása, a környezeti hatások és gazdaságossági szempontból feleslegesnek ítéltető.

A kijuttatott műtrágyák hasznosulása az adott agroökológiai feltételek között meghatározóan az évjárattól, ezen belül is a csapadék mennyiségétől és eloszlásától függött. Napjainkban a szántóföldi tartamkísérletek egyre kevesebb helyszínen folynak Magyarországon. Munkánk során megpróbáltunk rávilágítani arra, hogy az ilyen jellegű kísérletekre lehet alapozni a környezettudatos, gazdaságilag hatékony tápanyagellátási rendszereket. A műtrágyázás hatékonyságát az agroökológiai adottságok és az időjárási tényezők döntően befolyásolják, így az azonos módon beállított kísérletek, más-más agroökológiai potenciállal rendelkező területeken eltérő eredményeket eredményezhetnek. Véleményünk szerint a tápanyagellátás technológiáját – csakúgy, mint a természetstechnológiát – adott ökológiai viszonyokhoz adaptáltan kell meghatározni, és ez alapján lehet javaslatot tenni a termelőknek.

Köszönetnyilvánítás / Acknowledgement

A cikk megjelenését támogatta az EFOP 3-6-1-16-2016-00001 „Kutatás kapacitások és szolgáltatások komplex fejlesztése az Eszterházy Károly Egyetemen” című pályázat.

Hivatkozott források

- Akmal, M. – Rehman, U. H. – Farhatullah Asim, M. – Akbar, H. (2010):
Response of maize varieties to nitrogen application for leaf area profile, crop growth, yield and yield components. *Pakistan Journal of Botany*. 42. 3. pp. 1941-1947
- Antal, J. – Jolánkai, M. (2005):
Növénytermesztés I. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Budapest: Mezőgazda Kiadó. pp. 315-316
- Azeez, J. O. (2009):
Effects of nitrogen application and weed interference on performance of some tropical maize genotypes in Nigeria. *Pedosphere*. 19. 5. pp. 654-662
- Berzsenyi, Z. – Györffy, B. (1997):
Az istállótrágya és a műtrágya hatása a kukorica (*Zea mays*)
- Berzsenyi, Z. – Györffy, Z. (1997):
A vetésforgó és a trágyázás hatása a kukorica termésére és termésstabilitására tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 45: pp. 281-296
- Berzsenyi, Z. (1993):
A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica hibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletekben az 1970-1991. években. *Növénytermelés*, 42, (1) pp. 49-63
- Bocz, E. – Nagy, J. (2003):
A kukorica nagy termésének feltételei. *Gyakorlati Agrofórum Extra*. 14 (2) pp. 2-3
- Bocz, E. (2001):
Magyarország vízellátottságának romlása. In: Bocz E. (szerk.), *Vízellátottsági és öntözési jelzés*. Debrecen: Debreceni Agrártudományi Egyetem. XXX.3.
- Csathó, P. – Árendás, T. (2012):
Az évjárat és a műtrágyahatások kapcsolata. *Agrofórum*. 23. évf. 5. szám. pp. 38-42

Csathó, P. (2004):

A hazai agrokémiai iskolák kutatói által beállított NPK trágyázási szabadföldi kísérletek adatbázisának értékelése. Kézirat, MTA-TAKI.

Dobos, A. – Máthéné Gáspár, G. – Nagy, J. (1999):

A műtrágyázás és a tőszám hatása eltérő genotípusú kukoricahibridek szemtermésének vízleadás dinamikájára. In: Ruzsányi,

L. – Lesznyák M-né – Jávós, A. (szerk.)

Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. Debrecen: Debreceni Agrártudományi Egyetem. pp. 163-170

Dobos, A. – Nagy, J. (1999):

A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea Mays* L.) szárazanyag-termelésére eltérő években. In: Ruzsányi, L. – Lesznyák M-né – Jávós,

A. (szerk.) Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok.

Debrecen: Debreceni Agrártudományi Egyetem. pp. 171-180

Hanway, J.J. - Russell, W.A. (1969):

Dry-matter accumulations in corn (*Zea mays* L.) plants: Comparisons among single-cross hybrids. *Agron J.* 61, pp. 947-951

Holló, S. – Kádár, I. (2003):

A műtrágyázás és a meszezés hatása a talaj termékenységére. In: Balaskó, L. – Zsigrai, Gy. (szerk.) Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain (Karcag – Keszthely) Kompolt, pp. 217-224

Holló, S. (2009):

Az évek hatása a kukorica termésre. In: Debreceni B-né –

Németh T. (szerk.)

Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001.) Budapest. pp. 161-162 L.) termésre és termésstabilitására monokultúra tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 46, pp. 509-527

Lehoczky, É. - Márton, L. – Nagy P. (2013):

Competition for Nutrients between Cold-Tolerant Maize and Weeds, *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44:(1-4) pp. 526-534.

Lehoczky, É. - Kamuti, M. - Mazsu, N. - Tamás, J. - Sáringer-Kenyeres, D. - Gólya G. (2014): Influence of NPK fertilization on weed flora in maize field *Agrokémia és Talajtan* 63:(1) pp. 139-148.

Lehoczky, É. - Gólya, G. - Tamás, J. - Németh, T (2015):

Biodiversity and biomass production of weeds in a long-term fertilization experiment *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 46:(Suppl 1) pp. 390-398.

Lehoczky, É. – Kamuti, M – Mazsu, N. – Sándor, R. (2016a): Changes to soil water content and biomass yield under combined maize and maize-weed vegetation with different fertilization treatments in loam soil *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 64:(2) pp. 150-159.

Lehoczky, É., – Kamuti, Mariann, – Mazsu, Nikolett – Csathó, Péter (2016b):

Gyomosodás és gyomflóra-összetétel vizsgálatok mezőföldi trágyázási tartamkísérletben kukorica állományban *Növénytermelés* 65:(3) pp. 19-30.

- Markovic, M. – Jasna Sostaric, J. – Kovacevic, V. – Josipovic, M. – Iljic, D. – Palenkcic, J.B. (2010):
Yield and quality parameter of maize hybrids grown in irrigated and N fertilized conditions. International Team Society. Proceedings of the 2nd International Scientific and Expert Conference Team. pp. 111-116
- Menyhért, Z. (2010):
A Zöld Forradalom hatásai a magyar kukoricatermelésben (Az iparszerű kukoricatermesztéstől a GMO-ig). Agrofórum Extra, 37. pp. 11-15
- Moser, S. B.–Feil, B.–Jampatong, S.–Stamp, P. (2006):
Effect of preanthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropicalmaize. Agricultural Water Management. 81. 1–2: pp. 41–58.
- Nagy, J. – Huzsvai, L. (1995):
Az évjárat hatás értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. Növénytermelés, 44, (4) pp. 385-393
- Nagy, J. (1995):
A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. Növénytermelés, 44: pp. 493-506
- Pap, J. – Földesi, P. V. – Gergely, I. (2010):
A kukorica szántóföldi kelésének értékelése a vetésidő és az évjárat függvényében. 52. Georgion Napok. Keszthely. <http://sandbox.georgikon.hu/napok-ld/?p=temak&-page=10&q=&ev=ANY&szekcio=ANY>
- Pepó, P. (2009):
A kukorica (*Zea mays* L.) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon. Növénytermelés. 58. 3: 4. pp. 53–66.
- Pepó, P. Sárvári M. (2011): Gabonanövények termesztése:
Az Agrármérnök MSc szak tananyagfejlesztése TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010, Debrecen, Debreceni Egyetem, 143 p.
- Rosenzweig, C. – Elliot, J. – Deryng, D. – Ruane, A. C. – Müller, C. – Arnoeth, A. – Boote, K. J. – Folberth, C. – Glotter, M. – Khabarov, N. – Neumann, K. – Piontek, F. – Pugh, T. A. M. – Schmid, E. – Stehfest, E. – Yang, H. – Jones, J.W. (2014):
Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. 111. No. 9. pp. 3268-3273
- Rutkowska, A. – Pikula, D. – Stepien, W. (2014):
Nitrogen use efficiency of maize and spring barley under potassium fertilization in long-term field experiment. Plant, Soil and Environment. Vol. 60. No. 12: pp. 550-554
- Southworth, J. – Randolph, J.C. – Habeck, M. – Doering, O.C. – Pfeifer, R.A. – Rao, D.G. – Johnston, J.J. (2000):
Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in the midwestern United States. Agriculture, Ecosystems and Environment. 82. pp. 139-158
Special Issue on the 13th International Symposium on Soil and Plant Analysis.

Széll, E. – Búza L.-né – Győri, Z. (2010):

Négy különböző talajtípuson végzett kukorica műtrágyázási kísérletek eredményei.
Növénytermelés. 59. 4: pp. 41-61

Szulc, P. – Waligóra, H. – Michalski, T. – Rybus-Zajac, M. – Olejarski, P. (2016):

Efficiency of nitrogen fertilization based on the fertilizer application method and type
of maize cultivar (*Zea mays* L.). Plant, Soil and Environment. 62. No. 3: pp. 135-142

Szerző(k) / Author(s):

Béltéki Ildikó

tanársegéd / assistant lecturer
Eszterházy Károly Egyetem
Gyöngyösi Károly Róbert Campus
3200 Gyöngyös Mátrai u. 36. /
belteki.ildiko@uni-eszterhazy.hu

Dr. Tóth Szilárd Zsolt PhD

egyetemi docens / associate professor
Eszterházy Károly Egyetem
Fleischmann Rudolf Kutatóintézet
3356 Kompolt Fleischmann út 84. /
toth.szilard@uni-eszterhazy.hu

Dr. habil Holló Sándor PhD

nyugalmazott főiskolai tanár / emerited college professor

Dr. Ambrus Andrea PhD

adjunktus / assistant professor
Eszterházy Károly Egyetem
Gyöngyösi Károly Róbert Campus
3200 Gyöngyös Mátrai u. 36. /
ambrus.andrea@uni-eszterhazy.hu