

K- és P-hatások kukoricában meszes csernozjom talajon

CSATHÓ PÉTER

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A talajokban kb. 2-3 % a kálium átlagos előfordulása, melynek mintegy század része kicserélhető formában, tízezred része a talajoldatban található (WIKLANDER, 1954; LÁNG, 1963). Egy talaj általában annál több káliumot tartalmaz, minél nagyobb az agyag- és iszapfrakciója.

A káliumnak, mint egyértékű kationnak növényélettani szerepe szerteágazó. Részt vesz az AMP-ATP transzfer katalizálásában, (SUELTER, 1985). A turgor biztosításához a sejtek nagy részének szüksége van káliumra. Hatása pozitív a sejt növekedésére és a sejtfa vastagságára, így módon fokozza a növények megdőlés, rovarok és kórokozókkal szembeni ellenálló képességét (BERINGER & NOTHDURFT, 1985). A kálium hiányában csökken a nettó fotoszintézis aránya, és a transzlokáció, növekszik a sötét szakasz légzése (HUBER, 1985). A különböző kinázok aktiválása elősegíti a nagyobb molekulájú vegyületek felépítését. Ennek értelmében káliummal rosszul táplált növényekben a kisebb molekulájú szénhidrátok és oldható N-vegyületek felhalmozódása tapasztalható (AMBERGER, 1954; MENGEL, 1976).

Jelen dolgozatban mezőszégi könnyű vályog fizikai féleségű csernozjom talajon beállított kísérletben a különböző P-szinteken vizsgálom a K-trágyázás hatását a kukorica tápanyag-koncentrációjára és arányaira, termésére és termésélemeire.

Anyag és módszer

Az A-17 jelű kísérletek 1967 őszén az Egységes Országos Trágyázási Kísérletek keretében eredetileg 18 termőhelyen - köztük az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Nagyhörcsöki Kísérleti Telepén - kerültek beállításra. A nagyszabású kísérletsorozat tervét az akkori Földművelésügyi Minisztérium által megbízott kollektíva dolgozta ki, Láng Géza vezetésével. Az Egységes Országos Trágyázási Kísérleteket a Pannon ÁTE, Keszthely koordinálja.

Az A-17 jelű kísérletek őszi búza - kukorica - kukorica - borsó vetésforgóval kerültek beállításra split-plot elrendezésben, 4 ismétlésben (SARKADI et al., 1984). A nagyhörcsöki kísérlet talaja mészlepedékes csernozjom, fizikai félesége szerint könnyű vályog ($K_A = 38$). Az agyagásványok közül az illit és klorit dominálnak

(STEFANOVITS & RÓZSAVÖLGYI, cit. FÜLEKY, 1987), talajunk 2,5-3,0 % humuszt, mintegy 5 % CaCO_3 -ot tartalmaz. Eredetileg foszforral gyengén ($\text{AL-P}_2\text{O}_5 = 60-70$ ppm), káliummal közepesen ($\text{AL-K}_2\text{O} = 140-160$ ppm); magnéziummal jól ($\text{KCl-Mg} = 100-150$ pm), mangánnal igen jól ($\text{EDTA-Mn} = 100-150$ ppm), rézzel jól ($\text{EDTA-Cu} = 2-4$ ppm), és cinkkel gyengén ($\text{EDTA-Zn} = 1-2$ ppm) ellátott volt. A szántott réteg alatt (20-40 cm) a talaj AL-oldható PK-tartalma tovább csökken ($\text{AL-P}_2\text{O}_5 = 40-50$ ppm; $\text{AL-K}_2\text{O} = 100-110$ ppm) (NÉMETH et al., 1987-1988; KÁDÁR, 1992).

A talajvíz tükre a vastag lösztakaró alatt, mélyen helyezkedik el, az egyéves növények vízellátásában nem vesz részt (SZŰCS, 1965).

A kísérletben kukorica alá alkalmazott N-, P- és K-adagokról az 1. táblázat tájékoztat. Egy-egy ciklus 4-éves időtartamot foglal magában. A műtrágyaformák péti-só (25-28 % N), szuperfoszfát (18 % P_2O_5) és kálisó, KCl (40 majd 60 % K_2O) voltak. A P- és K-műtrágyákat ősszel, szántás előtt juttattuk ki. A nitrogén teljes mennyiségének ősszel, illetve fele-fele arányban ősszel és tavasszal megosztva való alkalmazása azonos terméseket eredményezett az évek átlagában.

A továbbiakban az 1989. évi A-1722 kísérlet agrotechnikai adatait a mintavételek és analízisek módszerét ismertetjük. A kukorica alá őszi mélyszántás után tavasszal nehéz fogással, tárcsával és kombinátorral készítettünk magágyat, illetve dolgoztuk be a vegyszereket. A talajfertőtlenítés Thimet 10 G, a gyomirtást Flexenit (4 l/ha) szerekkel végeztük. A vetésre 1989. május 5-én vetőpuskával került sor, 70x20 cm sor- illetve tőtávolságra, 5-7 cm mélyen. A magtakarást simahengerrel végeztük. A tőszámbeállítás 4-leveles korban történt, melyet sorközkultivátorozás követett. A betakarítás október 20-án kézzel történt.

A terméselemek meghatározásához szükséges 1000 szem tömeget, szem-tömeg/cső értékeket a nettó parcellán vett 10 csöves mintából mértük. A szem-

1. táblázat

A kísérletben évenként kukorica alá alkalmazott műtrágya-hatóanyagok, kg/ha (1969-1990)

(1) Tápelem szint	I. ciklus			II-V. ciklus			VI. ciklus		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	40	35	100	50	50	100	100	60	200
2	80	70	200	100	100		150	120	250
3	120			150	150		200	180	
4	160			200			250		

Megjegyzés: A ciklusok 4-4 évet foglalnak magukba.

szám/cső, illetve a szemszám/m² mutatókat az előbbiekből számítással határoztuk meg. A szemtermést 14 % nedvességtartalommal ismertetjük. A kukoricaszár valamennyi évben lekerült a parcellákról betakarítás után. A 4-6 leveles és virágzaskori minták 20-20 növény, illetve levélből álltak.

Betakarítás után a nettó parcellákon a 20-20 pontminta egyesítéséből származó átlagminták szolgálták a talaj könnyen oldható tápanyagtartalmának analizésére. Az ammóniumlaktát-oldható P- és K-tartalmat EGNÉR-RIEHM-DOMINGO (1960), a NaHCO₃-oldható foszfort OLSEN és munkatársai (1954) módszerével határoztuk meg. A légszáraz növényminták I+III, illetve II+IV ismétléseit egyesítettük, majd makro- és mezoelemtartalmát kénsav + hidrogénperoxidos roncsolás után, Zn-tartalmát sósavas hidrolízist követően állapítottuk meg (THAMMNÉ, 1973; VARJU & ZSOLDOS, 1974). [A bruttó parcellaméret 70,0, a nettó 30,8 m² volt.]

Az 1989. év időjárása a kukoricára általában kedvező volt. 1988 október hó és 1989 november hó között 473 mm csapadék hullott, ebből a téli félévben (1988 október - 1989 március) 151 mm. A kritikus időszakban, virágzás-szemképzéskor (júl. 15. és aug. 15. között) 45 mm csapadék volt. Az 50 éves átlag 590-259-55 mm e mutatókra. A téli félévben minegy 110 mm-es csapadékhiány lépett fel. A tenyészidő során átlagos csapadék hullott.

Eredmények és következtetések

Az első 4 ciklusban szereplő kukorica kísérletek eredményeit SARKADI és BALLA (1990) részletesen ismertette.

A kísérlet egyes kiemelt kezeléseinek ciklusonkénti szemtermés-eredményeit a 2. táblázatban foglalom össze. Legnagyobb terméseket a 12 kukorica-év átlagában az N₂P₁K₁-szinten kaptunk. P-trágyázás nélkül 1,4; kálium hiányában 0,8 t/ha átlagos évenkénti termés kiesést regisztrálhattunk. Az abszolút kontroll, 22 év alatt trágyázásban nem részesült, parcellák termése 2,7 t/ha/év-vel maradt el a legjobb kezeléstől. A VI. ciklus alacsony termése az 1990. évi rendkívüli aszálynak "köszönhető".

A legjobb NPK-kezelésekhez képest kapott kumulatív termésnövekedésekről az 1. ábra tájékoztat. A 12 kukorica-év alatt P-hiányában közel 17,0; nyhe P-többlet miatt 5,0 t/ha összes termésnövekedést regisztrálhattunk. K-trágyázás nélkül 10,0 t/ha-ral termett kevesebb kukorica 12 év alatt. Az egyes kezelések közötti különbségek a tartamkísérlet 10-12 évétől kezdődően váltak el markánsabban.

1989-ben talaj- és növényvizsgálatokkal törekedtünk a növények tápanyagellátottságáról információhoz jutni. Ismeretükben lehetőség nyílt - a terméseredményekkel való összehasonlítás során - a már meglévő diagnosztikai célú növény-tápláltsági határértékek kontrolljára (ELEK & KÁDÁR, 1980; KÁDÁR et al., 1981; KÁDÁR & PUSZTAI, 1983). A növény- és talajvizsgálati eredmények ismeretében a tartamkísérlet adatainak kiterjesztésére mód nyílik. A kísérlet meghatározott kezeléseiben végeztünk talaj- és növényvizsgálatokat: az N₂P₀K₀, N₂P₁K₀, N₂P₂K₀, N₂P₀K₁, N₂P₁K₁, N₂P₁K₁ szinteken. Így azonos, 150 kg N/ha/év alaptrágyázás mel-

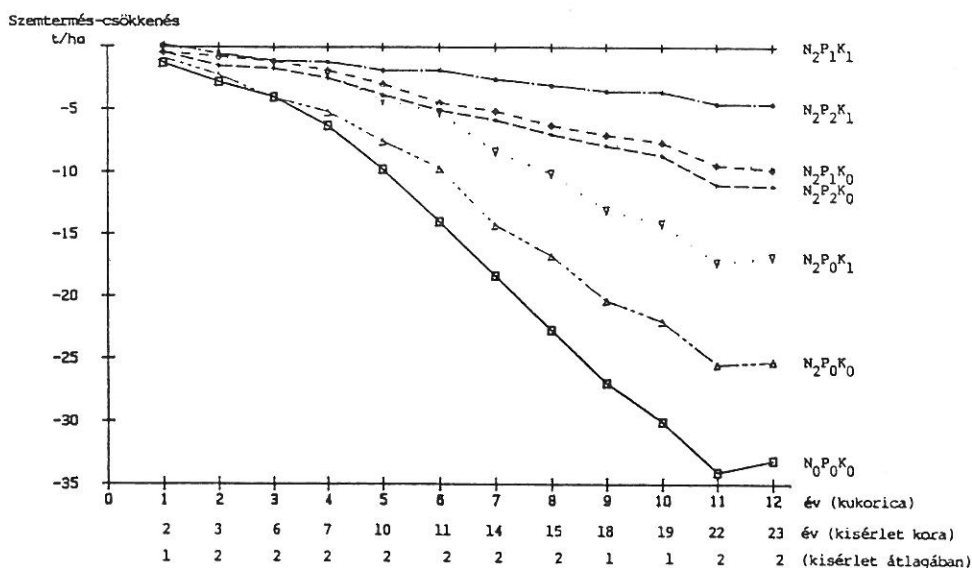
2. táblázat
Műtrágyázás hatása a kukorica szemtermésére
(Nagyhörcsök, 1969-1990. AB 17-es kísérlet)

(1) Kezelés*	(2) Ciklus						I-VI.	%	
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.			
	A. Kísérletek száma								
	3	4	4	4	2	4	21		
	B. Szemtermés, t/ha/év (86 % száraz anyag)								
N ₀ P ₀ K ₀	5,10	6,36	4,82	3,97	5,27	3,90	4,86	64	
N ₂ P ₀ K ₀	5,42	6,64	6,42	4,81	6,30	3,81	5,50	72	
N ₂ P ₁ K ₀	6,06	7,57	7,37	7,42	8,27	4,37	6,75	89	
N ₂ P ₂ K ₀	5,82	7,62	7,38	7,37	8,12	4,20	6,67	88	
N ₂ P ₀ K ₁	6,32	7,20	7,13	5,90	6,94	4,10	6,20	82	
N ₂ P ₁ K ₁	6,47	8,11	8,67	8,32	8,95	5,43	7,59	100	
N ₂ P ₂ K ₁	6,35	7,78	8,34	7,72	8,70	4,94	7,22	95	
N ₄ P ₃ K ₂	6,60	8,03	8,45	7,43	8,17	4,32	7,10	94	
a) SzD _{5%}	0,39	0,52	0,47	0,62	0,58	0,41	0,21	3	
b) Átlag	6,02	7,41	7,32	6,62	7,59	4,38	6,49	86	

* lásd 1. táblázat

3. táblázat
A P- és K-trágyázás hatása a talaj könnyen oldható tápelemtartalmára
(Nagyhörcsök, 1989. október 27.)

(1) Kezelés	AL-P ₂ O ₅ mg/kg	Olsen-P mg/kg	EDTA-Zn mg/kg	AL-K ₂ O mg/kg
N ₂ P ₀ K ₀	48	3,6	1,1	132
N ₂ P ₁ K ₀	106	13,3	0,8	119
N ₂ P ₂ K ₀	241	36,1	1,0	122
N ₂ P ₀ K ₁	52	4,6	1,1	273
N ₂ P ₁ K ₁	109	13,6	0,9	219
N ₂ P ₂ K ₁	218	35,8	1,0	218
a) SzD _{5%}	21	3,7	0,4	40



1. ábra

A K- és P-trágyázás hatása a kukorica kumulált szemtermésére. Terméscsökkenések az $N_2P_1K_1$ kezeléshez képest. (Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörccsök, 1969-1990; AB-17-es kísérlet)

lett a K- és P-trágyázás hatását és kölcsönhatását vizsgálhatjuk a kukorica termésére, terméselőlemeire, tápelemtartalmára és -arányaira.

A vizsgált tényezők szignifikancia viszonyaira jellemző volt, hogy a P-trágyázás hatására általában nagyobb, megbízhatóbb különbségek jöttek létre, mint a kálium hatására. Ennek egyik oka az lehet, hogy a P-adagok három, a K-nak csak két szintje szerepel a kísérletben. A leginkább megbízható különbségek a talajvizsgálati eredményekben, a mintatömegekben, a szemtermésben és a terméselőlekekben jöttek létre. A növényi tápelem-koncentrációk és -arányok a 4-6 leveles hajtásban és a virágzáskori levélben mutattak legnagyobb megbízható különbségeket, kedvező alapot teremtve a diagnosztikai célú növényvizsgálatok értelmezhetőségéhez. A KxP kölcsönhatás csak ritkán fordult elő, főként a friss mintatömegekben és elsősorban a Ca- és Mg-koncentráció, illetve -arányokban.

A P- és K-trágyázás hatása a talaj tápelemtartalmára

A tartamkísérlet első 22 éve során a P_1 -szinten megközelítőleg 1000, a P_2 -szinten 2000 kg P_2O_5 /ha került kijuttatásra. A P_1 -adag a növényi P-felvétel-körüli, illetve azt kissé meghaladó lehetett. A talaj könnyen oldható P-tartalmát AL-, il-

letve Olsen-módszerrel is meghatároztuk (3. táblázat). A növekvő P-szinteken az AL-P értékek megduplázódtak, az Olsen-P mennyiségei viszont megháromszorozódtak, jelezve, hogy az utóbbi módszer főleg a leginkább oldható, ún. "labilis" P-frakciót mutatja ki. A 22. évben a P-ellátottság igen gyenge-gyenge volt a P_0 ; közepes a P_1 és jó a P_2 -szinten (MÉM NAK, 1979).

A 22 év alatt a K_1 -szinten kijuttatott kálium mintegy 2500 kg/ha volt. A növényi K-felvételt feltehetően kissé meghaladó K-műtrágyázás hatására a "jó" tartományba emelkedett e parcellák K-ellátottsága, míg a K-kontroll, K-nélküli kezeléseknél a "gyenge" szintre süllyedt (MÉM NAK, 1979). Az EDTA-Zn-tartalom valamennyi kezelésben 1,0 ppm körüli, vagy az alatti, gyenge Zn-ellátottságot mutatva. Zn-igényes kultúrákban (pl. kukorica, bab, szója, len, stb.) a P-túlkínálat következtében, alacsony Zn-ellátottság mellett a P indukálta a Zn hiánya megjelenhet, termésnövekedéseket okozva (CSATHÓ et al., 1989; CSATHÓ & KÁDÁR, 1989).

A P- és K-tápláltság és a növények tömege, terméslemei illetve szem- és szártermése közötti összefüggés

Kielégítő N-tápláltság mellett a javuló P-, illetve K-kínálat pozitív hatása már a fiatal, 4-6 leveles növény tömegében is megmutatkozott: foszfor hatására megduplázódott, a kálium hatására 30-50 %-kal növekedett a hajtás, illetve a gyökér légszáraz tömege (4. táblázat). A virágzáskori levél légszáraz tömegét csak a foszfor növelte szignifikánsan, mintegy 50 %-kal.

P-trágyázás hatására gyenge K-ellátottságon 2,0 t/ha, kielégítő K-ellátottság mellett 2,7 t/ha (!) szemtermés-többleteket kaptunk. Az enyhe P-túlkínálat esetében 0,8-0,9 t/ha (!) szemtermés-csökkenést regisztrálhattunk. A legjobb kezelésnek (a 22 évi átlaghoz hasonlóan) a $N_2P_1K_1$ -szint bizonyult, közel 10 t/ha szemterméssel.

K-trágyázás hatására a foszforral gyengén ellátott talajon 1,0 t/ha, foszforral közepesen, illetve jól ellátottn 1,6-1,6 t/ha szignifikáns szemtermés-többleteket kaptunk a kísérlet 22. évében. A K-hatások megjelenését tehát inkább a P alul-, mint az enyhe P-túlkínálat akadályozta a kukoricában.

Hazai szabadföldi kísérletek tanúsága szerint is, kukoricában a legnagyobb K-hatások általában a könnyebb mechanikai összetételű talajon fordultak elő, a növekvő agyagtartalommal a talaj javuló természetes K-szolgáltató képessége járt együtt (CSATHÓ, 1991, 1992; DEBRECEZNI, 1990; KADLICSKÓ et al., 1988; KRISZTIÁN et al., 1988; KÁDÁR et al., 1991; LÁSZTITY, 1989).

A szártermés valamennyi kezelésben a szemtermés mintegy 2/3-át tette ki.

A 6,1-9,7 t/ha intervallumon belüli szemtermést a következő terméslemek alkották:

A kézi vetés következtében a tőszám igen egyenletes volt (70x20 cm sor, illetve tőtávolság, 71,400 tő/ha elméleti tőszám).

4. táblázat

A P- és K-tápláltság hatása a 4-6 leveles és virágzáskori kukorica (Pioneer SC 3737) minták tömegére, a terméselemekre, valamint a szem- és szártermésre

	P ₀	P ₁	P ₂	(1) SzD 5%	(2) Át- lag	P ₀	P ₁	P ₂	(1) SzD 5%	(2) Át- lag	
<u>A. 4-6 leveles növény, föld feletti</u>						<u>B. Virágzáskori levél</u>					
	<u>légszáraz tömeg/20 növény, g</u>					<u>légszáraz tömeg/20 levél, g</u>					
K ₀	5,6	8,1	9,4		7,7	3,5	5,2	4,8		4,5	
K ₁	7,4	12,2	15,5	3,5	11,7	3,5	5,5	5,2	1,0	4,8	
a)		3,4			2,0		1,0			0,5	
b)	6,5	10,2	12,4	2,4	9,7	3,5	5,4	5,0	0,7	4,6	
<u>C. Szem, t/ha (86 % száraz anyag)</u>						<u>D. Szár, t/ha</u>					
K ₀	6,06	8,09	7,23		7,12	4,20	5,07	4,53		4,60	
K ₁	7,07	9,72	8,76	0,69	8,52	4,66	5,89	4,86	0,56	5,13	
a)		0,93			0,76		0,67			0,51	
b)	6,56	8,91	7,99	0,49	7,82	4,43	5,48	4,70	0,39	4,87	
<u>E. Tőszám, 1000 db/ha</u>						<u>F. Meddő tövek %-a</u>					
K ₀	70,8	71,4	70,4		70,8	3,8	1,4	2,1		2,4	
K ₁	72,2	71,0	70,5	2,9	71,3	3,4	0,9	1,6	1,6	2,0	
a)		3,3			2,4		2,6			2,2	
b)	71,5	71,2	70,5	2,1	71,1	3,6	1,2	1,8	1,1	2,2	
<u>G. Szemszám/cső, db</u>						<u>H. 1000 szemtömeg, g</u>					
K ₀	383	564	560		502	234	204	187		208	
K ₁	426	587	578	49	530	238	235	219	23	231	
a)		87			79		26			19	
b)	405	576	569	35	516	236	220	203	16	220	
<u>I. Szemszám, db/m²</u>						<u>J. Szemtömeg/cső, g</u>					
K ₀	2617	3962	3860		3480	89	115	105		103	
K ₁	2974	4136	4015	403	3708	102	138	126	9	122	
a)		608			523		14			12	
b)	2795	4049	3938	285	3594	95	126	116	7	112	
<u>K. Effektivitás, %</u>						<u>L. Morzsolási arány, %</u>					
K ₀	65,7	73,4	77,0		72,0	88,6	86,8	85,7		87,0	
K ₁	69,4	77,2	81,2	2,7	75,9	89,2	88,4	87,9	1,0	88,5	
a)		3,3			2,5		1,1			0,6	
b)	67,6	75,3	79,1	1,9	74,0	88,9	87,6	86,8	0,4	87,8	

Megjegyzés: a) SzD_{5%}; b) Átlag. N = 150 kg/ha egységesen.

A meddő tövek aránya viszonylag kedvezően alakult, 4 % alatt maradt. Foszfor hatására szignifikánsan csökkent a mennyisége, a kielégítő K-ellátottság tendenciájában mérsékelte e mutatót.

A foszfor pozitív hatása döntően a csövenkénti szemszám mintegy 40 %-os növelésében nyilvánult meg elsősorban, ami kihatott a csövenkénti szemtömeg, m^2 -enkénti szemszám, és végső soron a szemtermés mennyiségének 2,0-2,6 t/ha-os növekedésére. Az 1000 szemtömeg kismértékben, 7-14 %-kal csökkent a javuló P-kínálattal.

K-tárgyázás hatására átlagosan 6 %-kal nőtt a csövenkénti szemszám, 11 %-kal az 1000 szemtömeg, melyek összegződése következtében csaknem 20 g-mal lett magasabb a csövenkénti szemtömeg (4. táblázat).

Az effektivitás %-a megmutatja, hogy a betakarításkori friss csőtömegek hány százaléka lett a májusi morzsolt (14 % nedvességtartalmú) szemtermés. A foszfornak az érést gyorsító kedvező hatása közismert, és kísérletünkben is erőteljesen jelentkezett. Meglepő ugyanakkor, hogy - ha kisebb mértékben is - de a kálium is szignifikánsan javította e mutatót. A kálium ugyanis - a nitrogénhez hasonlóan - "fiatalító" elem, hatására tovább maradnak a vegetatív részek zölden. Talán az adhat mégis magyarázatot a K-trágyázásnak a szem nedvességtartalmát csökkentő hatására, hogy ez az elem a szárban és a levelekben sokkal inkább felhalmozódhat, mint a genetikailag erősen kódolt szemtermésben, és ily módon gyorsíthatja a nedvességnek a szemből a száron és leveleken keresztüli távozását.

A morzsolási arányra - a légszáraz csőben a szem részarányára - a foszfor és kálium ellentétes hatású volt: a foszfor csökkentette, a kálium növelte e mutatót. A kálium hatása ugyanakkor erőteljesebb volt az effektivitási % növelésére, mint a morzsolási arányra (4. táblázat)

A P- és K-tápláltság hatása a 4-6 leveles kukorica tápelem-koncentrációjára és -arányaira

A 4-6 leveles korban vett kukorica minták tápelem-koncentrációt és -arányát a föld feletti részben az 5. táblázat mutatja. Zárójelben feltüntettük az irodalomban jelzett optimális koncentrációkat (ELEK & KÁDÁR, 1980), és -arányokat (KÁDÁR & PUSZTAI, 1983).

A maximális szemtermést adó $N_2P_1K_1$ kezelést megjelöltük. E parcellákon mind a 4-6 leveles kori koncentrációk, mind az arányok az optimális tartományon belül maradtak a vizsgált 6 elem esetében. Kivételt a kálium és kalcium csekély többlete, illetve a cink enyhe, a 150 feletti P/Zn arányban megnyilvánuló relatív hiánya jelentett. Megítélésünk szerint egyik tényező sem lehetett terméscsökkentő hatású e kezelésben.

Hasonlóan a talajvizsgálati adatokhoz, a 4-6 leveles növény föld feletti részének tápelem-koncentrációi, illetve -arányai is jól jelezték a P- és K-hiányt, a P- illetve K-kontrollon, valamint a P indukálta Zn-hiányt a P_2 -kezelésekben. A K-Ca-Mg

5. táblázat
 A P- és K-ellátottság hatása a 4-6 leveles kukorica (Pioneer SC 3737)
 föld feletti részének tápanyag-koncentrációjára és -arányaira,
 az abszolút száraz anyagban

	P ₀	P ₁	P ₂	(1) SzD 5%	(2) Át- lag	P ₀	P ₁	P ₂	(1) SzD 5%	(2) Át- lag
	<u>N % (3,5 - 5,0)</u>					<u>P % (0,3 - 0,5)</u>				
K ₀	4,00	4,37	4,27		4,21	0,32	0,47	0,53		0,45
K ₁	4,20	<u>4,21</u>	4,43	0,90	4,28	0,31	<u>0,44</u>	0,60	0,06	0,45
a)		1,65			1,99		0,29			0,32
b)	4,10	4,30	4,35	0,64	4,24	0,32	0,46	0,57	0,04	0,45
	<u>K % (3,0 - 4,0)</u>					<u>Ca % (0,3 - 0,7)</u>				
K ₀	2,54	2,65	1,99		2,40	1,23	1,20	1,28		1,24
K ₁	4,41	<u>4,30</u>	5,09	0,60	4,60	0,96	<u>0,88</u>	1,00	0,08	0,95
a)		0,58			0,47		0,32			0,36
b)	3,48	3,48	3,52	0,42	3,50	1,09	1,05	1,14	0,05	1,09
	<u>Mg % (0,2 - 0,6)</u>					<u>Zn, ppm (20 - 60)</u>				
K ₀	0,94	0,86	0,98		0,93	30,2	26,7	25,8		27,6
K ₁	0,50	<u>0,52</u>	0,60	0,25	0,54	28,2	<u>26,3</u>	25,2	3,2	26,5
a)		0,20			0,21		3,7			4,1
b)	0,73	0,68	0,79	0,18	0,74	29,1	26,5	25,6	2,2	27,0
	<u>N/P arány (8 - 12)</u>					<u>N/K arány (1,0 - 1,5)</u>				
K ₀	12,4	9,2	8,0		9,8	1,6	1,6	2,2		1,8
K ₁	13,5	<u>9,6</u>	7,4	1,8	10,2	1,0	<u>1,0</u>	0,8	0,6	0,9
a)		1,9			1,9		0,9			1,1
b)	12,9	9,4	7,7	1,3	10,0	1,3	1,3	1,5	0,4	1,4
	<u>K/Ca arány (5 - 10)</u>					<u>K/Mg arány (7 - 15)</u>				
K ₀	2,0	2,2	1,6		1,9	2,8	3,1	2,0		2,6
K ₁	4,6	<u>4,9</u>	5,0	0,4	4,8	8,8	<u>8,2</u>	8,4	2,1	8,5
a)		0,9			1,1		1,8			1,1
b)	3,3	3,6	3,3	0,2	3,4	5,8	5,7	5,2	1,5	5,6
	<u>K/Ca+Mg arány (2,5 - 5,0)</u>					<u>P/Zn arány (100 - 150)</u>				
K ₀	1,2	1,3	0,8		1,1	108	178	207		164
K ₁	3,0	<u>3,1</u>	3,2	0,5	3,1	110	<u>168</u>	237	39	172
a)		0,6			0,6		79			95
b)	2,1	2,2	2,0	0,3	2,1	109	173	222	28	168

*A zárójelben lévő számok az optimális koncentrációkat (ELEK & KÁDÁR, 1980), illetve arányokat (KÁDÁR & PUSZTAI, 1983) jelzik. a)-b): lásd 4. táblázat

kölcsönhatás erőteljesen megnyilvánult, K-trágyázással ugyanakkor a Ca- és Mg koncentrációja, a K/Ca, K/Mg és K/Ca+Mg arányok nem süllyedtek a kielégítő szint alá (5. táblázat).

A 4-6 leveles kukorica gyökerének tápelem-koncentráció és -arányairól a következőket jegyezzük meg: A gyökérmintákat folyó víz mellett rövid ideig mostuk a mintavételt követően.

A gyökérminták mind a 6 elem esetében alacsonyabb koncentrációkat mutattak, mind a föld feletti rész, a tendenciák viszont ahhoz hasonlóan alakultak. A N/P és N/K arány mindkét növényi részben közel azonos volt. A káliumnak a kalciumhoz és magnéziumhoz viszonyított túlsúlya ugyanakkor jóval erőteljesebb a föld feletti részben, mint a gyökérben.

A P- és K-tápláltság hatása a virágzáskori levél tápelem-koncentrációjára és -arányaira

A P- és K-trágyázás következtében a virágzáskori levél tápláltsági állapotában beállt változásokat a 6. táblázatban tanulmányozhatjuk.

Ismét megjelöltük a legnagyobb terméshez tartozó koncentrációkat és -arányokat. Hasonlóan a 4-6 leveles hajtáshoz, e kezelésben általában az optimumon belül maradtak e mutatók. Csak a foszfor és cink enyhe hiánya volt tapasztalható e parcellákon a virágzáskori levél koncentrációi alapján (KÁDÁR et al., 1981).

A talajvizsgálattal és a 4-6 leveles hajtásban kimutatott P- és K-hiányok a virágzáskori levélben is megbízhatóan megjelentek a P, ill. K nélküli kezeléseknél. A P₂-szinten a virágzáskori levél is jelezte a P-indukálta Zn-hiányt, mely a szemtermésben 0,9 t/ha-os csökkenést eredményezett. E kezelésben a P/Zn arány 200 körül alakult, meghaladva az 50-150 közötti optimumot.

A virágzáskori levél optimális K-koncentrációjának (1,5-2,5 %) helyességét néhány, az irodalomban talált kísérleti eredmény alapján is ellenőriztük.

WALKER és PECK (1975) a 4-6 leveles kukoricában 3,4-4,4 % K-tartalom mellett kapott legnagyobb terméseket. A virágzáskori levélben 1,6-2,0 % K-koncentrációhoz kötődtek a maximális szemtermések Illionis-i iszapos vályog talajon ugyanebben a kísérletben.

KOVACEVIC és VUKADINOVIC (1990) erősen K-fixáló talajon szabadföldi kísérletben 2000 kg/ha K₂O feletti feltöltő trágyázás hatására a virágzáskori levél K-tartalmának 0,60 %-ról 1,58 %-ra való növekedéséről, Mg-tartalmának 1,95-ről 1,23 %-ra csökkenéséről számolt be kukoricában, igen nagy (5,7 t/ha-os!) K-hatásokat regisztrálva a szemtermés mennyiségében.

PARKER és munkatársai (1989) az USA keleti partvidékén homokos vályogiszapos vályog talajon 9 szabadföldi K-trágyázási kísérletben vizsgálta a kukorica virágzáskori levelének K-tartalma és a K-hatások közötti összefüggést. A levél K-koncentráció 2,05 és 2,52 % között változott a fenti kísérletekben a K-kontroll-

6. táblázat
 A P- és K-ellátottság hatása a virágzás kori kukorica (Pioneer SC 3737)
 csővel szemközti levelének tápanyag-koncentrációjára és -arányára,
 az abszolút száraz anyagban

	P ₀	P ₁	P ₂	(1) szD 5%	(2) Át- lag	P ₀	P ₁	P ₂	(1) szD 5%	(2) Át- lag
	<u>N % (2,5 - 3,5)</u>					<u>P % (0,25 - 0,35)</u>				
K ₀	3,29	3,37	3,34		3,33	0,21	0,26	0,33		0,28
K ₁	3,20	<u>3,16</u>	3,01	0,40	3,13	0,19	<u>0,24</u>	0,29	0,06	0,24
a)		2,44			2,63		0,04			0,01
b)	3,24	3,27	3,18	0,29	3,22	0,20	0,25	0,31	0,04	0,26
	<u>K % (1,5 - 2,5)</u>					<u>Ca % (0,25 - 0,80)</u>				
K ₀	1,40	1,04	1,03		1,16	0,72	1,03	1,14		0,96
K ₁	2,01	<u>1,83</u>	1,65	0,25	1,83	0,64	<u>0,81</u>	0,81	0,10	0,75
a)		0,25			0,22		0,17			0,20
b)	1,71	1,44	1,34	0,18	1,50	0,68	0,92	0,98	0,04	0,86
	<u>Mg % (0,2 - 0,6)</u>					<u>Zn, ppm (25 - 100)</u>				
K ₀	0,41	0,58	0,66		0,55	24,8	25,9	14,7		21,8
K ₁	0,25	<u>0,30</u>	0,34	0,05	0,30	28,8	<u>17,9</u>	14,7	12,5	20,6
a)		0,04			0,02		28,7			34,6
b)	0,34	0,43	0,51	0,04	0,42	26,8	21,8	14,7	8,9	21,2
	<u>N/P arány (9 - 12)</u>					<u>N/K arány (1,3 - 1,7)</u>				
K ₀	16,0	12,5	10,0		12,8	2,4	3,3	3,2		3,0
K ₁	16,4	<u>12,8</u>	10,5	2,5	13,3	1,6	<u>1,8</u>	1,8	0,6	1,7
a)		12,8			14,0		2,5			2,8
b)	16,2	12,7	10,2	1,8	13,0	2,0	2,5	2,5	0,4	2,3
	<u>K/Ca arány (3 - 6)</u>					<u>K/Mg arány (4 - 8)</u>				
K ₀	2,0	1,0	0,9		1,3	3,4	1,8	1,6		2,2
K ₁	3,2	<u>2,2</u>	2,0	0,4	2,5	8,0	<u>6,3</u>	4,8	1,1	6,4
a)		0,4			0,1		1,0			0,8
b)	2,6	1,6	1,5	0,3	1,9	5,7	4,0	3,2	0,8	4,3
	<u>K/Ca+Mg arány (1,4 - 5,6)</u>					<u>P/Zn arány (50 - 150)</u>				
K ₀	1,2	0,6	0,6		0,8	84	112	226		140
K ₁	2,2	<u>1,6</u>	1,4	0,3	1,8	68	<u>137</u>	194	42	133
a)		0,3			0,2		137			161
b)	1,8	1,2	1,0	0,2	1,3	76	124	210	33	137

*A zárójelben lévő számok az optimális koncentrációkat és -arányokat (KÁDÁR et al., 1981) jelzik. a)-b): lásd 4. táblázat.

kezeléseken, jó ellátottságot mutatva. A kálium hatására csupán egy esetben kaptak terméstöbbletet a 9 kísérletből.

RAMON és VILLEMEN (1991) dél-franciaországi, alacsony K-ellátottságú, erősen K-fixáló meszes réti talajon vizsgálta a virágzaskori kukoricalevél K-koncentrációja és a K-hatások közötti összefüggést. A K-kontroll (NP) parcellákon 0,7-1,2 %, a maximális gazdaságos termést adó kezelésben (NP+K 320) 1,4-2,2 % virágzaskori levél K-tartalmat regisztráltak a kísérlet első 10 évében. Az átlagtermés 4,10 t/ha volt a K-kontrollon, 9,31 t/ha (!) az évenkénti NP + 320 kg K₂O/ha adagolás mellett.

SZEMES és munkatársai (1984) őrbottyáni meszes humuszos homoktalajon a 6 leveles kukorica 3,45-4,23 %, a virágzaskori levél 1,56-1,83 % K-tartalma mellett kapott maximális szemterméseket.

Az itt ismertetett irodalmi adatok is megerősítik tehát a kielégítő tartomány helyességét a kukorica 4-6 leveles hajtás (3,0-4,0 %) és a virágzaskori levél K-koncentrációjában (1,5-2,5 %) (ELEK & KÁDÁR, 1980; KÁDÁR et al., 1981).

A P- és K-trágyázás hatása a kukoricaszem tápelemtartalmára és -arányaira

A kukoricaszem ásványi elem-tartalmáról és -arányairól a 7. táblázat tájékoztat.

A P- és K-trágyázás hatására jóval kevesebb szignifikáns változás állott elő a genetikailag erősen kódolt szemtermésben, mint a vegetatív fiatalkori hajtásban és a virágzaskori levélben.

A foszfor hatására szignifikánsan növekedett a P % és a P/Zn arány, megbízhatóan csökkent a Zn-koncentráció, a N/P és N/K arány.

A K-trágyázás csak a K/Mg arányt változtatta meg szignifikánsan.

Ugyanezen a talajon beállított másik, a feltöltő és fenntartó PK-trágyázás hatását vizsgáló korábbi szabadföldi kísérletben a maximális gazdaságos terméshez az évjárat függvényében 0,37-0,42 % kukoricaszem P- és 0,48-0,51 % K-koncentrációk tartoztak (CSATHÓ & KÁDÁR, 1990). Ismeretes, hogy azonos talajon, azonos kezelésben a nagy szemterméseket biztosító években általában alacsonyabbak a szem tápelem-koncentrációk, mint alacsony termésszintű évjáratokban, a tápelem hígulási effektus következtében.

LÁSZTITY és KÁDÁR (1979) azonos felépítésű kísérletekben tápanyagszegény humuszos homoktalajon 0,44 % P- és 0,28 % K-, mészlepedékes csernozjomon 0,37 % P- és 0,37 % K-koncentrációkat mértek a kukoricaszemben a kísérletek átlagában. SÁRVÁRI és GYŐRI (1982) szintén az OMTK-hálózathoz tartozó kísérletben gyenge P- és közepes K-ellátottságú réti csernozjomon kísérletünkhöz hasonló termésszint mellett alacsonyabb kukoricaszem N- és K-, közel azonos P-, Ca, Mg- és Zn-koncentrációkról számol be.

Az irodalom alapján a kukoricaszem átlagos Zn-tartalma 21-25 ppm közötti (LÁSZTITY et al., 1985; SZABÓ et al., 1987). Zn-szegény talajunkon, közepes-jó P-ellátottság mellett ennek fele (!) volt a kukoricaszem Zn-koncentrációja. Az élelmiszerek, takarmányok Zn-tartalmának folyamatos csökkenéséről, annak veszélyeiről Prasad (1966; cit in ALLAWAY, 1968) számol be.

7. táblázat
 A P- és K-ellátottság hatása a kukoricaszem tápelem-
 koncentrációjára és -arányára, az abszolút száraz anyagban

	P ₀	P ₁	P ₂	(1) SzD 5%	(2) Át- lag	P ₀	P ₁	P ₂	(1) SzD 5%	(2) Át- lag
			<u>N %</u>					<u>P %</u>		
K ₀	1,77	1,66	1,65		1,69	0,17	0,25	0,32		0,25
K ₁	1,57	<u>1,57</u>	1,58	0,27	1,57	0,17	<u>0,26</u>	0,27	0,08	0,25
a)		1,67			1,79		0,11			0,12
b)	1,67	1,61	1,61	0,20	1,64	0,17	0,25	0,31	0,05	0,25
			<u>K %</u>					<u>Ca, ppm</u>		
K ₀	0,37	0,41	0,50		0,42	95	88	82		89
K ₁	0,38	<u>0,44</u>	0,48	0,12	0,43	81	<u>88</u>	84	15	84
a)		0,14			0,14		27			24
b)	0,37	0,43	0,49	0,09	0,43	89	88	83	12	87
			<u>Mg %</u>					<u>Zn, ppm</u>		
K ₀	0,10	0,11	0,12		0,11	16,8	13,0	11,0		13,6
K ₁	0,10	<u>0,11</u>	0,11	0,04	0,11	18,7	<u>13,9</u>	12,0	1,8	14,8
a)		0,05			0,05		2,6			3,0
b)	0,10	0,11	0,12	0,03	0,11	17,8	13,4	11,5	1,3	14,2
			<u>N/P arány</u>					<u>N/K arány</u>		
K ₀	10,2	6,8	5,0		7,3	4,8	4,0	3,4		4,1
K ₁	8,8	<u>6,2</u>	5,3	2,4	6,7	4,2	<u>3,6</u>	3,4	1,2	3,7
a)		4,6			5,5		2,3			2,8
b)	9,4	6,5	5,2	1,7	7,0	4,5	3,8	3,4	0,8	3,9
			<u>K/Ca arány</u>					<u>K/Mg arány</u>		
K ₀	41	51	61		51	3,8	3,7	4,1		3,9
K ₁	27	<u>53</u>	55	42	45	3,9	<u>4,2</u>	4,3	1,7	4,1
a)		125			147		1,3			0,1
b)	34	52	58	30	48	3,8	4,0	4,2	1,2	4,0
			<u>K/Ca+Mg arány</u>					<u>P/Zn arány</u>		
K ₀	3,5	3,4	3,8		3,6	104	190	296		196
K ₁	3,2	<u>3,8</u>	4,0	1,5	3,7	95	<u>188</u>	246	48	176
a)		1,8			1,9		56			61
b)	3,4	3,6	3,9	1,0	3,6	99	189	271	34	186

a) és b): lásd 4. táblázat

8. táblázat
A P- és K-ellátottság hatása a kukoricaszár (Pioneer SC 3737)
tápanyag-koncentrációjára és -arányára,
az abszolút száraz anyagban

	P ₀	P ₁	P ₂	(1) SzD 5%	(2) Át- lag	P ₀	P ₁	P ₂	(1) SzD 5%	(2) Át- lag
			<u>N %</u>					<u>P %</u>		
K ₀	0,87	0,79	0,79		0,82	0,05	0,07	0,16		0,10
K ₁	0,85	<u>0,81</u>	0,87	0,17	0,84	0,06	<u>0,07</u>	0,13	0,03	0,09
a)		0,21			0,24		0,12			0,14
b)	0,86	0,80	0,83	0,12	0,83	0,06	0,07	0,14	0,02	0,10
			<u>K %</u>					<u>Ca %</u>		
K ₀	0,98	0,59	<u>0,58</u>		0,71	0,61	0,59	0,60		0,60
K ₁	1,52	<u>1,36</u>	0,93	0,19	1,43	0,47	<u>0,60</u>	0,58	0,16	0,54
a)		1,03			1,12		0,14			0,03
b)	1,26	0,98	0,98	0,14	1,07	0,53	0,60	0,59	0,12	0,57
			<u>Mg %</u>					<u>Zn, ppm</u>		
K ₀	0,38	0,36	<u>0,37</u>		0,37	29,1	7,7	5,4		14,1
K ₁	0,22	<u>0,21</u>	0,21	0,05	0,21	21,3	<u>6,7</u>	4,3	11,9	10,8
a)		0,05			0,04		16,5			19,1
b)	0,31	0,29	0,29	0,04	0,30	25,2	7,2	4,8	8,4	12,4
			<u>N/P arány</u>					<u>N/K arány</u>		
K ₀	15,0	10,6	5,1		10,2	0,8	1,4	1,4		1,2
K ₁	13,4	<u>10,8</u>	6,8	1,5	10,3	0,6	<u>0,6</u>	0,6	0,2	0,6
a)		15,6			16,1		0,4			0,4
b)	14,2	10,7	6,0	1,1	10,3	0,7	1,0	1,0	0,2	0,9
			<u>K/Ca arány</u>					<u>K/Mg arány</u>		
K ₀	1,6	1,0	1,0		1,2	2,5	1,6	1,6		1,9
K ₁	3,2	<u>2,4</u>	2,4	1,0	2,7	6,9	<u>6,0</u>	6,6	1,8	6,7
a)		1,9			2,3		10,1			11,0
b)	2,4	1,7	1,7	0,7	1,9	4,7	4,1	4,1	1,3	4,3
			<u>K/Ca+Mg arány</u>					<u>P/Zn arány</u>		
K ₀	1,0	0,6	0,6		0,8	20	99	291		137
K ₁	2,2	<u>1,8</u>	1,8	0,6	1,9	35	<u>114</u>	312	126	153
a)		2,2			2,5		247			299
b)	1,6	1,2	1,2	0,5	1,3	28	106	301	89	145

a) és b): lásd 4. táblázat

A P- és K-trágyázás hatása a kukoricaszár tápelemtartalmára és -arányaira

A 8. táblázatban a PK-műtrágyázás hatására a kukoricaszár elemtartalmában és -arányaiban beállt változásokról tájékozódhatunk.

P-trágyázás hatására szignifikánsan nőtt a szár P %-a, a N/K és a P/Zn arány, megbízhatóan csökkent a K %, Zn ppm és a N/P arány.

K-trágyázással duplájára nőtt a szár K %-a, szignifikánsan csökkent a Ca- és Mg-koncentráció, valamint a N/K arány.

Feltöltő-fenntartó PK-műtrágyázási kísérletben ugyanezen a talajon a kukoricaszár P-koncentrációja 0,05 és 0,09, K-tartalma 0,89 és 1,00 % között változott a legjobb kezelésben (CSATHÓ & KÁDÁR, 1990).

LÁSZTITY és KÁDÁR (1979) azonos felépítésű kísérletekben tápanyagszegény humuszos homoktalajon 0,15 % P- és 0,60 % K, mészlepedékes csernozjomon 0,09 % P- és 1,02 % K-koncentrációkat mért a kukoricaszárban a kísérlet átlagában. A termőhely (talaj) hatása különösen az eltérő K-koncentrációban nyilvánult meg az egész tenyészidő során.

Kísérletünkben a N-, P- és Zn-koncentráció a szemben, a K-, Ca- és Mg-tartalom a szárban volt a legmagasabb.

Összefoglalás

Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Nagyhörcsöki Kísérleti Telepén, mészlepedékes csernozjom talajon búza-kukorica-kukorica-borsó vetésforgóban beállított tartamkísérlet 22. évében elemeztük a 0, 60, 120 kg P₂O₅/ha és 0, 200 kg K₂O/ha műtrágyázás hatását a talajra, a kukorica termésére, tápelemtartalmára és -arányaira. A N-trágyázás szintje ebben az évben 150 N/kg/ha volt. A kísérlet talaja foszforral és cinkkel eredetileg gyengén, nitrogénnel és káliummal közepesen, magnéziummal jól ellátott, 5 % meszet, 2,5-3,0 % humuszt tartalmazó könnyű vályog talaj.

1989-ben a 4-6 leveles hajtás és gyökér, a virágzaskori csövel szemközti levél, a szem és a szár tápelemtartalmát és -koncentrációját, valamint a talaj könnyen oldható tápelemtartalmát határoztuk meg.

Az 1967 óta eltelt 22 évben a kukorica-kísérletek átlagában az évi 150 kg N/ha, 60 kg P₂O₅ és 100-200 kg K₂O/ha tartalmazó kezelésekből kaptuk a maximális hozamokat, az évek átlagában: 7,6 t/ha-t. A 12 kukorica-év alatt P-trágyázás nélkül összesen közel 17,0; K-trágyázás hiányában 10,0 t/ha szemtermés-csökkenést regisztrálhattunk. Az évi 120 kg P₂O₅-adag mellett a P-indukálta Zn-hiány miatti kumulált termésveszteség 5,0 t/ha volt e periódusban.

P- és K-trágyázással gyenge, közepes és jó P-, illetve gyenge és jó K-ellátottság létrejöttét regisztráltuk talajvizsgálatokkal a kísérlet 22 éve után.

A 4-6 leveles hajtás és a virágzaskori levél diagnosztikai információt is adó tápelemtartalma a talajvizsgálatoknál megállapított ellátottságokat mutatta. A maximális szemterméshez az alábbi koncentrációk tartoztak: 4-6 leveles kukorica,

hajtás: N: 4,21 %; P: 0,44 %; K: 4,30 %; Ca: 0,88 %; Mg: 0,52 %; Zn: 26,3 ppm; N/P: 9,6; N/K: 1,0; K/Ca: 4,9; K/Mg: 8,2; K/Ca+Mg: 3,1; P/Zn: 168. Virágzáskori csővel szemközti kukoricalevélben: N: 3,16 %; P: 0,24 %; K: 1,83 %; Ca: 0,81 %; Mg: 0,30 %; Zn: 17,9 ppm; N/P: 12,8; N/K: 1,8; K/Ca: 2,2; K/Mg: 6,3; K/Ca+Mg: 1,6; P/Zn: 137. A koncentrációk abszolút száraz anyagra vonatkoznak.

A 200 feletti P/Zn arány a 4-6 leveles hajtásban és a virágzáskori levélben 0,9 t/ha szemtermés-csökkenést jelzett.

A K/Ca és K/Mg antagonizmus nem vezetett olyan tápanyag-diszharmoniahoz, amely termésnövekedésben nyilvánult volna meg.

Kísérletünk eredményei általában alátámasztják a hazai tápelem-ellátottsági határértékek helyességét a 4-6 leveles hajtás és a virágzáskori levél esetében kukoricában.

Foszfor hiányában a K-hatás 1,6-ről 1,0 t/ha-ra csökkent. Kálium hiányában pedig a P-hatás mérséklődött 2,6-ről 2,0 t/ha-ra a kukorica szemtermésben a tartamkísérlet 22 évében.

Irodalom

- ALLAWAY, W. H., 1968. Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. *Advances in Agronomy*. **20**. 235-274.
- AMBERGER, A., 1954. Einfluss von K und N auf Ferment- und Kohlenhydrat-haushalt von Grünlandpflanzen. *Z. Pflernähr. Düngung. Bodenkunde*. **66**. 211.
- BERINGER, H. & NOTHDURFT, F., 1985. Effects of potassium on plant and cellular structures. In: *Potassium in Agriculture*. (Ed.: MUNSON, R. D.) 351-257. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisc.
- CSATHÓ P., 1991. Káli-útmutató a kukoricában. *Kutatók fóruma. Magyar Mezőgazdaság*. **46**. (49) 11.
- CSATHÓ, P., 1992. K responses in field trials in Hungary, 1960-1990. *Potash Review*. No. 1/1992. Subject 6. Cereals. 7th Suite. 1-4.
- CSATHÓ, P. & KÁDÁR, I., 1989. P-Zn interaction studies on maize (*Zea mays* L.) monoculture. *Proc. 6th Int. Trace Element Symp. Cu, Zn and Other Trace Elements*. (Eds.: ANKE, M. et al.) 2. 630-637. Leipzig-Jena.
- CSATHÓ P. & KÁDÁR I., 1990. Adatok a foszfor és kálium feltöltő-fenntartó műtrágyázáshoz. *Agrokémia és Talajtan*. **39**. 111-126.
- CSATHÓ P., KÁDÁR I. & SARKADI J., 1989. A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. **38**. 69-76.
- DEBRECZENI B., 1991. Kálium a növénytermesztésben. *Kutatók fóruma. Magyar Mezőgazdaság*. **45** (21). 10-12.
- EGNER, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. II. *K. Lantbr. Högsz. Ann.* **26**. 199-215.
- ELEK É. & KÁDÁR I., 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. *MÉM NAK Kiadványa*.

- FÜLEKY, G., 1987. Potassium supply in typical soils of Hungary. *Bull. Univ of Agric. Sci. Gödöllő*. 1. 113-119.
- HÜBER, S. C., 1985. Role of potassium in photosynthesis and respiration. In: *Potassium in Agriculture*. (Ed.: MUNSON, R. D.) 369-396. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisc.
- KADLICKÓ B., KRISZTIÁN J. & HOLLÓ S., 1988. Kálium műtrágyázási kísérletek eredményei barna erdőtalajokon. *Növénytermelés*. 37. 43-51.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. A szerző kiadása. Akaprint. Budapest.
- KÁDÁR I. & PUSZTAI A., 1983. Az NPK-túltrágyázás hatása a talaj és a növény tápelemforgalmára. II. A 6 leveles kukorica tápelemarányai. *Növénytermelés*. 32. 49-60.
- KÁDÁR I., LÁSZTITY B. & SIMON I., 1981. Az üzemi talaj- és növényvizsgálati eredmények értelmezése és felhasználása mezőföldi csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 30. 65-78.
- KÁDÁR, I., CSATHÓ, P. & SARKADI, J., 1991. Potassium fertilization in Hungary: Responses in maize and in other crops. *Acta Agron. Hung.* 40. 295-317.
- KOVACEVIC, V. & VUKADINOVIC, V. 1990. Maize and soybean grain yields increase with potash application in K-fixing soils. *Better Crops International*. 6. 8-9.
- KRISZTIÁN J., HOLLÓ S. & KADLICKÓ B., 1988. Periodikus kálium műtrágyázás. *Növénytermelés*. 37. 259-266.
- LÁNG I., 1963. A kálium körforgalma a talaj-növény rendszerben. *Agrokémia és Talajtan*. 12. 175-188.
- LÁSZTITY B., 1989. A kálium műtrágyázás hatása a termésre karbonátos homoktalajon. *Növénytermelés*. 38. 559-568.
- LÁSZTITY B. & KÁDÁR I., 1979. A kukorica tápanyagfelvételi görbéjének kimérése kisparcellás szabadföldi kísérletben. *MŰFA Jelentés* 20. 365. VIII. 178-161. MÉM sz. MÉM NAK - TAKI. Budapest.
- LÁSZTITY B. et al., 1985. A műtrágyázás hatása a kukorica fejlődésére és tápanyagforgalmára I. Szárazanyag-felhalmozás, tápelemtartalom és tápelemarányok. *Agrokémia és Talajtan*. 34. 137-160.
- MENGEL, K., 1976. A növények táplálkozása és anyagcseréje. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest.
- Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer, 1979. MÉM NAK. Budapest.
- NÉMETH T., KOVÁCS G. & KÁDÁR I., 1987-1988. A NO_3^- , SO_4^- és sóbemosódás vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 36-37. 109-126.
- OLSEN, S. R. et al., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circ. No. 939*. Washington, D. C.
- PARKER, D. R., HENDRICKS, G. J. & SPARKS, D. L., 1989. Potassium in Atlantic coastal plain soils: II. Crop responses and changes in soil potassium under intensive management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53. 397-401.

- RAMON, J. & VILLEMIN, P., 1991. Direct and residual effect of potassium fertilizer applied to continuous maize on a strongly K-fixing soil. Potash Review. Subject 6. Cereals. 6th Suite. No. 6/1991.
- SARKADI J. & BALLA A-NÉ, 1990. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon. III. Kukorica-kísérletek. Agrokémia és Talajtan. **39**. 103-110.
- SARKADI J., BALLA A-NÉ & MIKLAYNÉ TUDÓS E., 1984. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon. I. N- és P-műtrágyahatások az őszi búza kísérletekben. Agrokémia és Talajtan. **33**. 355-374.
- SÁRVÁRI M. & GYŐRI Z., 1982. A monokultúrában és vetésváltásban termesztett kukorica termésátlagainak és minőségének változása különböző tápanyag-ellátás esetén. Növénytermelés. **31**. 177-184.
- SUELTER, C. H., 1985. Role of potassium in enzyme catalysis. In: Potassium in Agriculture. (Ed.: MUNSON, R. D.) 337-349. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisc.
- SZABÓ S. A. et al., 1987. Mikroelemek a mezőgazdaságban. I. Esszenciális mikroelemek. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- SZEMES I., LÁSZTITY B. & KÁDÁR I., 1984. A talaj K-ellátottsága és termékenysége közötti összefüggés vizsgálat kukorica monokultúrában. Agrokémia és Talajtan. **33**. 253-260.
- SZŰCS L., 1965. A mészlepedékes csernozjomok osztályozásának továbbfejlesztése és alkalmazása. Agrokémia és Talajtan. **14**. 153-170.
- THAMM F-NÉ, 1973. Néhány módosítás a növényi anyagok nedves roncsolásában. Agrokémia és Talajtan. **22**. 345-350.
- VARJU M. & ZSOLDOS L., 1974. Növényi anyag előkészítése elemzésre zárt térben történő hidrolízissel. Agrokémia és Talajtan. **23**. 149-156.
- WALKER, W. M. & PECK, T. R., 1975. Relationship between corn yield and plant potassium. Agronomy Journal. **67**. 445-448.
- WIKLANDER, L., 1954. Forms of potassium in the soil. Proc. Potash Symp. 109. IPI. Bern.

Érkezett: 1992. augusztus 25.

P and K Effects in Maize on a Calcareous Chernozem Soil

P. CSATHÓ

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The effect of fertilisation with 0, 60, 120 kg P_2O_5 /ha and 0, 200 kg K_2O /ha on the soil and on the yield, nutrient content and nutrient ratio of maize was studied in the 22nd year of a long-term experiment set up on a pseudomyceliar calcareous chernozem soil sown with a wheat - maize - maize - pea crop rotation, at the Nagyhörcsök Experimental Station of the Reserach Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences. In the year in question the level of N fertilisation was 150 kg N/ha. The soil of the experiment was a light loamy soil, originally supplied poorly with phosphorus and zinc, moderately with nitrogen and potassium and well with magnesium, and containing 5 % $CaCO_3$ and 2.5-3.0 % humus.

In 1989 determinations were made on the nutrient contents and concentrations of the 4-6-leaf shoots, the roots, the leaf opposite the ear at flowering, the grain and the stalk, and on the readily soluble nutrient content of the soil.

When averaged over the maize experiments carried out during the 22 years since 1967, maximum yields (averaging 7.6 t/ha) were obtained in treatments involving an annual 150 kg N/ha, 60 kg P_2O_5 and 100-200 kg K_2O /ha. Over the 12 maize years, grain yield losses of almost 17.0 t/ha in all were recorded without P fertilisation and of 10 t/ha without K fertilisation. At an annual P_2O_5 rate of 120 kg/ha, there was a 5.0 t/ha yield cumulative loss due to P-induced Zn deficiency during this period.

As the result of P and K fertilisation, the creation of poor, medium and good P supplies and poor and good K supplies was recorded in the course of soil analyses after the experiment had been running for 22 years.

The nutrient contents in the 4-6-leaf shoots and the leaves at flowering, which are also of diagnostic value, demonstrated the supply status determined in the soil analyses. The maximum grain yield was associated with the following concentrations (values expressed on absolute dry matter basis): 4-6-leaf maize shoots: N: 4.21 %; P: 0.44 %; K: 4.30 %; Ca: 0.88 %; Mg: 0.52 %; Zn: 26.3 ppm; N/P: 9.6; N/K: 1.0; K/Ca: 4.9; K/Mg: 8.2; K/Ca+Mg: 3.1; P/Zn: 168. Maize leaf opposite the ear at flowering: N: 3.16 %; P: 0.24 %; K: 1.83 %; Ca: 0.81 %; Mg: 0.30 %; Zn: 17.9 ppm; N/P: 12.8; N/K: 1.8; K/Ca: 2.2; K/Mg: 6.3; K/Ca+Mg: 1.6; P/Zn: 137.

If the P/Zn ratio was over 200 in the 4-6-leaf shoot and the leaf at flowering, it was indicative of a 0.9 t/ha reduction in grain yield.

The nutrient imbalance caused by the K/Ca and K/Mg antagonism was not great enough to cause a yield decrease.

In general, the results of the experiments confirm the correctness of the limiting values determined in Hungary for nutrient supply levels in the 4-6-leaf shoots and in the leaves at flowering in the case of maize.

In the absence of phosphorus, the K-effect dropped from 1.6 to 1.0 t/ha. In the absence of potassium, on the other hand, the P effect in the maize grain yield was reduced from 2.6 to 2.0 t/ha.

Table 1 Fertiliser active agents yearly applied under maize in the experiment, kg/ha (1969-1990). (1) Nutrient level. Note: Each cycle covered four years.

Table 2. Effect of fertiliser on maize grain yield (Nagyhörcsök, 1969-1990, Experiment AB 17). (1) Treatment. a) $LSD_{5\%}$; b) Mean. (2) Cycle. A. No. of experiments. B. Grain yield, t/ha/year (86 % dry matter). * See Table 1.

Table 3. Effect of P and K fertilisation on the readily soluble nutrient content of the soil (Nagyhörcsök, October 27, 1989). (1) Treatment. a) $LSD_{5\%}$.

Table 4. Effect of P and K supply levels on the mass of maize (Pioneer SC 3737) samples taken in the 4-6 leaf stage and at flowering, and on the yield components, grain and stalk yields. (1) and a): $LSD_{5\%}$. (2) and b): Mean. A. 4-6 leaf plant, aboveground air-dry mass/20 plants, g. B. Leaf at flowering, air-dry mass/20 plants, g. C. Grain, t/ha (86% dry matter) D. Stalk, t/ha. E. No. of plants, 1000/ha. F. % of barren plants. G. No. of kernels /ear. H. Thousand kernel mass, g. I. No. of kernels/m². J. Kernel mass/ear, g. K. Efficiency, %. L. Shelling ratio, %. Note: N = 150 kg/ha uniformly.

Table 5. Effect of P and K supply levels on the nutrient concentration and ratio of the aboveground parts of 4-6 leaf maize (Pioneer SC 3737), values expressed on absolute dry matter basis. (1) and (2): See Table 4. * Figures in brackets indicate the optimum concentrations (ELEK & KÁDÁR, 1980) and ratios (KÁDÁR & PUSZTAI, 1983).

Table 6. Effect of P and K supply levels on the nutrient concentrations and ratios in the leaf opposite the ear in flowering maize (Pioneer SC 3737), values expressed on absolute dry matter basis. (1)-(2): See Table 4. * Figures in brackets indicate the optimum concentrations and ratios (KÁDÁR et al., 1981).

Table 7. Effect of P and K supply levels on the nutrient concentrations and ratios of maize kernels, values expressed on absolute dry matter basis. (1)-(2): See Table 4.

Table 8. Effect of P and K supply levels on the nutrient concentrations and ratios of maize stalks (Pioneer SC 3737), values expressed on absolute dry matter basis. (1)-(2): See Table 4.

Fig. 1. Effect of K and P fertilisation on the cumulated grain yield of maize. Yield reductions compared to the $N_2P_1K_1$ treatment. (Calcareous chernozem soil, Nagyhorcsok, 1969-1990. Experiment AB-17). Vertical axis: Grain yield reduction, t/ha. Horizontal axis: year (maize); year (age of experiment); (number of averaged trials).