

A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben

II. Növényvizsgálati és tápanyagforgalmi elemzések

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Előző munkánkban /KÁDÁR et al., 1987/ röviden áttekintettük a meszezés-sel kapcsolatos szemléletek alakulását néhány hazai és külföldi irodalmi forrás alapján. Részletesen ismertettük a kísérlet módszerét, a vizsgálatok célját. Kitértünk a főbb talajvizsgálati eredmények, valamint a 6 leveles kukorica föld feletti szárazanyaghozamának bemutatására NPK-műtrágyázás és meszezés hatására. Sor került a cellulózbontó aktivitás, tápláltság és a meszezés közötti kapcsolatok elemzésére is.

Ezúton arra a kérdésre keressük a választ, hogy miként hat az eltérő NPK-ellátottság és a meszezés a növényi tápanyagok felvételére, hogyan hasznosulnak a főbb tápelemek? Megkíséreljük a három vizsgált fő tápelem forgalmát is nyomon követni a talaj-növény rendszerben.

Az eredmények és értékelésük

Növényvizsgálati eredmények

A 6 leveles kukorica hajtásának N-tartalmát az NPK-trágyázás és a meszezés függvényében az 1. táblázatban tanulmányozhatjuk. Megállapítható, hogy a N % átlagosan mintegy 2,5-szeresére nőtt a N-szinteken, míg a P- és K-ellátás javulása 20-30 %-kal csökkentette ezen elem koncentrációit. Az említett törvényszerűség egyaránt fellelhető a meszezett és a meszezetlen kísérletben, sőt a N %-ok abszolút értékei sem térnek el kifejezetten. Ugy tűnik, a meszezés nem befolyásolta a talaj N-szolgáltatását érdemlegesen. A legnagyobb hozamú edények növényeiben a nitrogén 3 % körül ingadozott mindkét kísérletben /N₂P₂, N₃P₃-kombinációk/.

Ahhoz, hogy a fenti kérdésre megbízhatóbb választ kapjunk, ismernünk kell a N-felvétel adatait is. Amint a 2. táblázatból kitűnik, a N-felvétel a meszezett talajon átlagosan mintegy 20 %-kal magasabb volt a nagyobb hozamokból eredően. A N-trágyázás összességében 7-8-szorosára, a P-trágyázás pedig 4-5-szörösére növelte a föld feletti hajtás által felvett nitrogén mennyiségét. A kálium szerepe nem volt e tekintetben jelentős, 40-50 %-kal járult hozzá átlagosan a N-felvétel javulásához. A trágyázatlan kontrollhoz viszonyított N-felvétel egy nagyságrenddel nőtt mindkét kísérletben NPK-műtrágyázás hatására. A meszezés sem a trágyahatások irányát, sem azok mértékét alapvetően nem befolyásolta.

1. táblázat

A 6 leveles kukorica hajtásának tápelemtartalma az NPK-szintek és a meszesítés függvényében

/1/ N- K- szint	/2/ Meszesetlen								/5/ Meszesített							
					/3/ SzD _{5%}	/4/ Átlag	%						/3/ SzD _{5%}	/4/ Átlag	%	
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃					P ₀	P ₁	P ₂	P ₃				
<u>N, %</u>																
N 0	1,59	1,42	1,32	1,33		1,42	100	1,68	1,54	1,26	1,22		1,42	100		
1	3,30	2,04	2,09	2,07		2,38	168	3,62	2,22	2,21	2,06		2,52	177		
2	4,21	3,07	2,85	3,02		3,29	232	4,26	3,02	2,74	3,00		3,26	230		
3	4,30	3,41	3,59	3,25		3,64	256	4,43	3,36	3,22	3,10		3,53	249		
					0,32										0,46	
K 0	3,75	2,98	3,01	2,77		3,13	100	3,90	3,18	3,02	3,13		3,31	100		
1	3,41	2,29	2,30	2,12		2,53	81	3,70	2,35	2,15	2,23		2,61	79		
2	3,01	2,47	2,24	2,36		2,54	81	2,99	2,39	2,19	1,95		2,38	72		
3	3,24	2,20	2,30	2,42		2,54	81	3,41	2,21	2,06	2,07		2,44	74		
a/SzD _{5%}			0,32			0,16				0,46			0,23			
b/Átlag	3,35	2,49	2,46	2,42	0,16	2,68		3,50	2,53	2,36	2,34	0,23	2,68			
%	100	74	73	72	5			100	72	67	67	7				
<u>P, %</u>																
N 0	0,14	0,44	0,74	0,80		0,53	100	0,16	0,38	0,58	0,70		0,46	100		
1	0,10	0,26	0,44	0,55		0,34	64	0,11	0,25	0,42	0,48		0,31	67		
2	0,10	0,25	0,39	0,56		0,33	62	0,10	0,24	0,35	0,51		0,30	65		
3	0,15	0,26	0,44	0,60		0,36	68	0,14	0,23	0,32	0,45		0,28	61		
					0,10										0,10	
K 0	0,12	0,39	0,71	0,86		0,52	100	0,13	0,34	0,53	0,75		0,44	100		
1	0,12	0,30	0,47	0,60		0,37	71	0,12	0,27	0,40	0,51		0,32	73		
2	0,15	0,24	0,43	0,55		0,34	65	0,14	0,25	0,42	0,46		0,32	73		
3	0,12	0,28	0,40	0,50		0,32	62	0,12	0,24	0,32	0,42		0,28	64		
a/SzD _{5%}			0,10			0,05				0,10			0,05			
b/Átlag	0,12	0,30	0,50	0,63	0,05	0,39		0,13	0,28	0,42	0,54	0,05	0,34			
%	100	250	417	525	42			100	215	323	415	38				
<u>K, %</u>																
N 0	4,60	4,01	4,04	4,14		4,20	100	4,52	3,93	3,12	3,34		3,73	100		
1	4,28	2,98	3,07	3,09		3,35	80	4,42	2,77	2,88	2,55		3,16	85		
2	4,14	3,14	2,44	3,00		3,18	76	4,41	2,80	2,54	2,40		3,04	82		
3	3,92	3,42	2,97	2,94		3,31	79	4,01	2,98	2,25	2,27		2,88	77		
					0,44										0,32	
K 0	2,96	1,40	2,13	2,08		2,14	100	2,62	1,24	1,26	1,29		1,60	100		
1	4,51	3,24	2,66	2,85		3,32	155	4,84	2,63	2,09	2,63		3,05	191		
2	4,46	4,35	3,72	4,03		4,14	193	4,68	3,97	3,68	2,98		3,83	239		
3	5,01	4,55	4,01	4,20		4,44	207	5,23	4,64	3,76	3,66		4,32	270		
a/SzD _{5%}			0,44			0,22				0,32			0,16			
b/Átlag	4,24	3,39	3,13	3,29	0,22	3,51		4,34	3,12	2,70	2,64	0,16	3,20			
%	100	80	74	78	5			100	72	62	61	4				

1. táblázat folytatása

/1/ N-K- szint	/2/ Meszeztelen								/5/ Meszezett							
					/3/ SzD _{5%}	/4/ Átlag %					/3/ SzD _{5%}	/4/ Átlag %				
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃			P ₀	P ₁	P ₂	P ₃						
<u>Ca, %</u>																
N 0	0,42	0,38	0,32	0,32		0,36	100	0,62	0,48	0,48	0,40		0,45	100		
1	0,48	0,38	0,33	0,35		0,38	106	0,90	0,50	0,46	0,42		0,57	114		
2	0,66	0,44	0,41	0,34		0,48	133	1,14	0,62	0,54	0,48		0,70	140		
3	0,70	0,52	0,48	0,48		0,54	150	1,04	0,69	0,60	0,56		0,72	144		
					0,06							0,10				
K 0	0,65	0,54	0,60	0,59		0,60	100	1,08	0,82	0,78	0,78		0,86	100		
1	0,56	0,40	0,36	0,38		0,42	70	1,02	0,59	0,57	0,42		0,65	76		
2	0,45	0,32	0,40	0,33		0,28	47	0,73	0,47	0,35	0,34		0,47	55		
3	0,59	0,46	0,18	0,22		0,36	60	0,87	0,41	0,36	0,33		0,49	57		
a/SzD _{5%}		0,06				0,03			0,10				0,05			
b/Átlag %	0,56	0,43	0,38	0,38	0,03	0,42		0,92	0,57	0,52	0,46	0,05	0,62			
	100	77	68	68	5			100	62	57	50	5				
<u>Mg, %</u>																
N 0	0,25	0,22	0,22	0,25		0,24	100	0,30	0,25	0,24	0,18		0,24	100		
1	0,36	0,30	0,31	0,33		0,32	133	0,42	0,38	0,36	0,38		0,39	162		
2	0,38	0,33	0,38	0,36		0,36	150	0,48	0,42	0,44	0,45		0,45	188		
3	0,41	0,34	0,37	0,39		0,38	158	0,43	0,40	0,46	0,49		0,45	188		
					0,06							0,08				
K 0	0,50	0,54	0,58	0,52		0,54	100	0,60	0,65	0,68	0,62		0,64	100		
1	0,32	0,26	0,26	0,31		0,29	54	0,31	0,34	0,35	0,38		0,34	53		
2	0,27	0,21	0,23	0,23		0,24	44	0,33	0,26	0,25	0,25		0,27	42		
3	0,31	0,18	0,22	0,27		0,24	44	0,38	0,20	0,22	0,24		0,26	41		
a/SzD _{5%}		0,06				0,03			0,08				0,04			
b/Átlag %	0,35	0,30	0,32	0,33	0,03	0,33		0,41	0,36	0,38	0,38	0,04	0,38			
	100	86	91	94	9			100	88	93	93	10				
<u>Mn, mg/kg növény</u>																
N 0	842	880	928	802		862	100	178	169	188	190		181	100		
1	1580	1118	1074	962		1184	137	179	165	206	183		183	101		
2	2454	1312	1324	1140		1558	181	280	181	155	179		199	110		
3	1992	1624	1641	1394		1663	193	261	199	176	192		207	114		
					306							153				
K 0	1494	1598	2014	1591		1676	100	188	166	216	202		193	100		
1	1876	1234	1118	1100		1332	79	182	169	151	226		182	94		
2	1776	1172	1057	782		1197	71	220	194	200	147		190	98		
3	1721	930	778	825		1064	63	308	185	156	169		204	106		
a/SzD _{5%}		306				153			153				76			
b/Átlag %	1717	1233	1242	1074	153	1317		224	178	181	186	76	192			
	100	72	72	63	9			100	79	81	83	34				

/1/ N- K- szint	/2/ Meszezetlen								/5/ Meszezett							
					/3/ /4/ SzD _{5%} Átlag %								/3/ /4/ SzD _{5%} Átlag %			
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃
<u>Fe, mg/kg növény</u>																
N O	183	202	156	166		177	100	178	188	159	135		165	100		
1	281	226	210	273	44	247	140	271	216	231	195	32	228	138		
2	309	269	268	286		283	160	293	272	283	229		269	163		
3	299	261	272	295		282	159	364	328	280	268		310	188		
a/SzD _{5%}		44				22			32				16			
b/Átlag	268	240	226	255	22	247		276	251	238	207	16	243			
%	100	90	84	95	8			100	91	86	75	6				
<u>Cu, mg/kg növény</u>																
K O	9,8	6,4	9,8	10,9		9,2	100	4,3	3,4	2,8	2,7		3,3	100		
1	14,2	11,3	11,8	4,2	1,4	10,4	113	2,6	2,5	2,8	3,2	1,0	2,8	85		
2	7,2	4,3	4,1	3,2		4,7	51	4,0	3,6	3,4	4,4		3,9	118		
3	5,2	2,4	2,3	1,8		2,9	32	5,7	4,6	3,4	3,8		4,4	133		
a/SzD _{5%}		1,4				0,7			1,0				0,5			
b/Átlag	9,1	6,1	7,0	5,0	0,7	6,8		4,1	3,5	3,1	3,5	0,5	3,6			
%	100	67	77	55	8			100	85	76	85	12				
<u>Zn, mg/kg növény</u>																
N O	61	44	40	36		45	100	43	32	28	26		32	100		
1	88	44	45	48		56	124	76	34	34	29		43	134		
2	106	64	54	54		70	156	79	47	35	34		49	153		
3	96	76	77	67		79	176	90	52	41	37		55	172		
					18							8				
K O	104	63	68	62		74	100	72	50	42	39		51	100		
1	95	59	56	48		65	88	72	44	37	33		47	92		
2	80	58	46	50		58	78	65	42	29	24		40	78		
3	72	48	45	44		52	70	79	29	30	30		42	82		
a/SzD _{5%}		18				9			8				4			
b/Átlag	88	57	54	51	9	62		72	41	35	31	4	45			
%	100	65	61	58	10			100	57	49	43	6				

Foszfortrágyázás nélkül a hajtások P-tartalma rendkívül alacsony volt mindkét kísérletben. A P-hatások eredményeképpen a P %-ok átlagosan több mint négyszeresére nőttek a meszezett, és több mint ötszörösére a nem meszezett edényekben. A N- és K-ellátás hasonló mértékben, mintegy 30-40 %-kal mérsékelte a hajtások P-koncentrációját. A legnagyobb hozamú edényekben a növények P %-a 0,4-0,6 között ingadozott a meszezetlen, és 0,3-0,5 között a meszezett kísérletben /1. táblázat/.

A felvett foszfor mennyisége átlagosan 35-szörösére emelkedett a P-trágyázás nyomán, a nitrogén 2-2,5-szeresére, míg a kálium 20-25 %-kal növelte

2. táblázat

A 6 leveles kukorica két növedékével felvett N, P és K mennyisége
/föld feletti hajtás, mg/edény/

/1/ N- K- szint	/2/ Meszezetlen								/5/ Meszezett							
					/3/	/4/							/3/	/4/		
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag	%		P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag	%	
<u>N, mg/edény</u>																
N O	49	116	56	136		90	100	81	137	75	74		92	100		
1	157	541	560	593		463	514	196	636	650	656		534	580		
2	153	713	953	812		658	731	204	917	945	1086		788	856		
3	141	599	910	857		627	697	191	899	1108	1032		808	878		
					138								168			
K O	156	433	419	373		345	100	214	552	504	509		445	100		
1	136	484	693	592		476	138	160	671	649	674		539	121		
2	94	535	642	665		484	140	142	647	821	760		592	133		
3	114	517	725	769		531	154	156	719	805	906		646	145		
a/SzD _{5%}			138			69			168				84			
b/Átlag	125	492	620	600	69	459		168	647	695	712	84	556			
%	100	394	496	480	55			100	385	414	424	50				
<u>P, mg/edény</u>																
N O	4	32	31	82		37	100	8	32	34	42		29	100		
1	5	70	121	161		89	240	6	76	137	165		96	331		
2	4	59	136	153		88	238	5	75	124	195		100	345		
3	5	47	118	167		84	227	6	63	117	163		87	300		
					42								42			
K O	5	55	94	111		66	100	8	55	81	112		64	100		
1	5	58	121	145		82	124	5	68	108	132		78	122		
2	4	51	111	156		80	121	6	66	134	163		92	144		
3	4	59	115	146		81	123	6	70	116	162		88	138		
a/SzD _{5%}			42			21			42				21			
b/Átlag	4	54	106	140	21	76		6	63	106	142	21	79			
%	100	1350	2650	3500				100	1050	1767	2367					
<u>K, mg/edény</u>																
N O	143	293	170	422		257	100	217	330	184	200		233	100		
1	201	805	844	902		688	268	239	837	942	875		723	310		
2	150	744	849	819		640	249	212	871	902	919		726	312		
3	125	616	799	817		589	229	172	817	824	824		659	283		
					194								194			
K O	124	197	281	268		218	100	152	202	193	192		185	100		
1	180	632	686	690		547	251	203	658	564	681		526	284		
2	134	927	956	1145		790	362	215	1056	1178	1058		877	474		
3	175	960	1151	1222		877	402	246	1350	1365	1409		1092	590		
a/SzD _{5%}			194			97			194				97	97		
b/Átlag	154	647	717	786	97	576		207	765	769	770		628			
%	100	420	466	510				100	370	371	372					

a felvételt a meszezetlen kísérletben. Nagyságrendileg hasonló változások jelentkeztek a meszezett edényeken is. Összességében azonban a meszezés nem változtatja meg a kukorica P-felvételét, ill. e talaj P-szolgáltatását /2. táblázat/.

A kísérleti talaj többé-kevésbé kötött, így K-készlete nem elhanyagolható. Ebből adódóan nem jelentkezik olyan mérvű hiány a növényi szövetekben, amelyet a nitrogén és a foszfor esetében megfigyelhettünk. BERGMAN és NEUBERT /1976/ szerint kielégítően ellátottnak tekinthető a 4-6 leveles kukorica, ha a tápelemtartalma 3-5 % N, 3-4 % K, 0,3-0,7 % Ca, 0,2-0,6 % Mg, 0,3-0,5 % P közötti. Alatta gyengén, felette igen jól ellátott. Természetesen a %-os értékek önmagukban félrevezetőek lehetnek, a tápláltsági állapot megítéléséhez a főbb elemek egymáshoz viszonyított arányát is figyelembe kell venni. Iránymutatóul azonban szolgálhatnak az említett határértékek.

Amint az 1. táblázat adataiból kitűnik, a K-trágyázás megkétszerezte az átlagos K-tartalmakat a meszezetlen kísérletben. A N- és a P-ellátás ezzel szemben külön-külön 20-30 %-os csökkenést eredményezett. A meszezett kísérlet növényeiben alacsonyabb K-tartalmakat mértünk, különösen a káliummal nem trágyázott kezelésekben. Ugyanitt erőteljesebben jelentkezett a P-szintek K-koncentrációját mérsékelő befolyása is. Ebből adódóan megállapítható volt, hogy a meszezés összességében növelte a K-trágyázás iránti igényt. Tehát nemcsak az AL-K-tartalmak, hanem a növényi K %-ok, ill. a hozam adatok is /K-hatások/ egybehangzóan utaltak a műtrágyázásnak a talaj K-szolgáltatását csökkentő befolyásáról, a Ca-K ionantagonizmus jelenségére.

Amennyiben a K-felvétel eredményeit elemezzük, méginkább szembetűnik, hogy a K-trágyázás a meszezett edényekben befolyásolta kifejezettebben a K-felvételt. Az átlagos K-felvétel itt közel hatszorosára emelkedik, szemben a meszezetlen kísérletben tapasztalt négyszeres növekedéssel. Összességében a meszezett kísérletben a K-felvétel mintegy 10 %-kal nagyobbnak mutatkozott, itt kaptuk a nagyobb hozamokat is, valamint a legnagyobb felvett K-értékeket. A K-trágyázás hatékonysága megnőtt tehát /2. táblázat/.

A növényanalízis eredményei megvilágítják, miért nem kaptunk ezen a talajon erőteljesebb mérszhatásokat az alacsony pH ellenére. A kukorica Ca-tartalma kielégítőnek mutatkozott a nagyobb hozamok eléréséhez meszezés nélkül is. Csak a nagyobb PK-szinteken süllyedt a Ca % az irodalmi optimum alá a meszezetlen edényekben. Mind a P-, mind a K-trágyázás mintegy 40-40 %-kal mérsékelte a növény Ca-koncentrációját. A N-ellátás ugyanakkor részben ellensúlyozta ezeket a változásokat. A trágyahatások iránya és mértéke mindkét kísérletben közel állónak mutatkozott /1. táblázat/.

Magnéziummal nem trágyáztunk. Ennek ellenére ez az elem erős változásokot mutatott az NPK-trágyázás és a meszezés függvényében: mintegy 10-15 %-kal volt nagyobb a koncentrációja a meszezett talajon. Kifejezetten jelentkezett a K-Mg antagonizmus, a K-trágyázás 40-44 %-ára csökkent a ezen elem koncentrációit a növényben. A nitrogén többé-kevésbé ellensúlyozta a kálium ilyen irányú befolyását, a magnézium 60-80 %-os növelését eredményezve. A P-szintek hatása általában nem volt bizonyítható /1. táblázat/.

Mint ismeretes a növényekben a mangán az egyik legnagyobb mennyiségben előforduló mikroelem, kifejezetten jelzi a talaj reakció-állapotát, a talaj elsavanyodásának fokát. A meszezett kísérletben a Mn-tartalom csak mintegy 1/7-e a meszezetlen kísérletben mértnek. A Mn-koncentrációit azonban az NPK-ellátás szintje is módosítja, különösen a nem meszezett talajon. Itt a N-trágyázás csaknem megkétszerezi, míg a K- és P-trágyázás együttesen felére csökkenti a kukorica Mn-koncentrációit. A meszezetlen kísérletben azt tapasztaltuk, hogy a nagyobb adagú PK-kombinációkban, ahol a legalacsonyabb

pH /KCl/ értéket mértük a legkisebb a növények Mn-tartalma. Itt tehát nem a pH hatása dominál a Mn-koncentrációk változásában, hanem a PK-trágyázás /1. táblázat/.

A növényi Fe-tartalmakat a K-ellátás nem befolyásolta, ezért a K-szintek átlagában mutatjuk be adatainkat az 1. táblázatban. A meszezés hatására nem változott az átlagos Fe-koncentráció, nem csökkent a Mn-tartalomhoz hasonlóan. Igaz, hogy a meszezetlen, erősen savanyú talajon mért Fe-koncentráció sem magas, sőt az irodalmi optimum-tartományban található. BERGMANN és NEUBERT /1976/ szerint a 4-6 leveles kukorica "kielégítőnek" tekinthető mikroelem-tartománya az alábbi: Fe: 50-200, Mn: 30-300, Zn: 20-60, Cu: 5-25 mg/kg száraz anyagban. A N-ellátás javulásával növekedett a vas koncentrációja, míg a P-ellátás mérsékelten csökkentette. Ezek a tendenciák a meszezett talajon erőteljesebben jelentkeztek.

A növények Cu-tartalmát viszont a N-trágyázás befolyásolta elhanyagolhatóan, ezért a KxP kétirányú táblázatokat közöljük. A meszezés csaknem felére csökkentette a Cu-mennyiségeket a növényben. Az irodalmi adatok szerint az itt termelt kukorica már az alultápláltsági zónába kerülhetett. A meszezés megváltoztatta a trágyahatások irányát és mértékét is. A meszezetlen talajon a kálium 1/3-ára, a foszfor közel felére mérsékelte ezen elem koncentrációját. A meszezett kísérletben viszont a P-hatás statisztikailag alig volt igazolható, míg a K-trágyázás megbízhatóan növelte a Cu-tartalmakat /1. táblázat/.

A kukoricát a Zn-igényes kultúrákhoz soroljuk, ezért különösen fontos az ellátottságát megítélni. A meszezett edényekben fejlődött kukoricák Zn-tartalma 30-35 %-kal alacsonyabb volt. Erősen megnyilvánult a P-Zn antagonizmus jelensége különösen a meszezett talajon, ahol a nagyobb P-trágyázás hatására a növények Zn-ellátottsága - az irodalmi adatok alapján becslülve - már a nem kielégítő tartományba süllyedt. A foszforral nem, de nitrogénnel kielégítően ellátott edényekben ugyanakkor a Zn-koncentráció a kielégítő tartomány fölé emelkedett. A kálium mindkét kísérletben 20-30 %-kal mérsékelte, míg a nitrogén mintegy 70-80 %-kal növelte a Zn-tartalmat /1. táblázat/.

Általánosságban megállapítható tehát, hogy az elsavanyodás jelentősen növelheti a vizsgált mikroelemek többségének felvehetőségét. Esetünkben ez alól az ismert törvényszerűség alól csak a vas volt kivétel, amennyiben a nem meszezett kísérletben is viszonylag alacsony Fe-koncentrációkat mértünk a növényekben. A meszezés hatására a kísérlet átlagában a Mn-tartalom közel 1/7-ére, a Cu-tartalom mintegy a felére, míg a Zn-koncentráció 2/3-ára csökkent.

Tápanyagforgalmi elemzések

A 3. táblázat adatai a talaj-növény rendszer N-forgalmáról adnak áttekintést. A talajba adott nitrogén egy részét a növények vették fel, testükbe építették. A felvett N aránya /az adott N %-ában/ természetszerűleg csökkent az adaggal, hiszen a nagyobb adagok többszörösen meghaladták a felvétel fizikai határait. A nitrogénnel nem trágyázott kontrollhoz viszonyítva a felvett N-többletek egyaránt nőttek a N- és a P-adagokkal, tehát a nitrogén hasznosulását az NP-trágyázás szabályozta. Az N₁-szinten a nitrogénnek átlagosan még a fele beépülhet a növénybe, míg az N₃-szinten pl. csak 1/4-e. A meszezetlen kísérletben ugyanez a jelenség nyilvánult meg azzal a különbséggel, hogy 6 %-kal kevesebb volt az átlagos felvett N-többlet az adott %-ában.

3. táblázat

A N- és P-szintek hatása a talaj N-forgalmára, mg/edény
/Meszezett kísérlet, 1979/

/1/ P-szint	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	/2/ SzD _{5%}	/3/ Átlag
a/ Adott N	-	960	1920	2880		1920
<u>A. Felvett N-többlet</u>						
0	-	115	123	110		116
1	-	499	780	762	168	680
2	-	575	870	1033		826
3	-	582	1012	958		851
b/ Átlag	-	443	696	716	84	618
c/ Átlag az adott %-ában	-	46	36	25		32
<u>B. Ásványi NO₃+NH₄-többlet</u>						
0	-	514	1198	1669		1127
1	-	12	147	710	211	290
2	-	49	161	451		220
3	-	27	161	367		185
b/ Átlag	-	150	417	799	106	455
c/ Átlag az adott %-ában	-	16	22	28		24
<u>C. Fixált NH₄-N-többlet</u>						
0	-	12	26	31		23
1	-	15	11	29	112	18
2	-	6	14	26		15
3	-	6	15	25		15
b/ Átlag	-	10	16	28	56	18
c/ Átlag az adott %-ában	-	1	1	1		1
<u>D. Növényben és a talajban talált összes N-többlet</u>						
0	-	641	1347	1810		1266
1	-	526	938	1501	480	988
2	-	630	1045	1510		1062
3	-	615	1188	1350		1051
b/ Átlag	-	603	1130	1543	240	1092
c/ Átlag az adott %-ában	-	63	59	54		57

Ezekben a számításokban feltesszük, hogy a nitrogénnel nem trágyázott talajon a N-felvétel teljes mértékben a talaj felvehető N-készletéből történik, míg a trágyázott talajon mért N-többletek az adagolt trágya N-hasznosulásából erednek.

4. táblázat

A N- és P-szintek hatása a talaj P-forgalmára, mg/edény
/Meszezett kísérlet, 1979/

/1/ N-szint	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	/2/ SzD _{5%}	/3/ Átlag
a/ Adott P	-	436	872	1308		872
<u>A. Felvett P-többllet</u>						
0	-	24	26	34		28
1	-	70	131	159	42	120
2	-	70	119	190		126
3	-	57	111	157		108
b/ Átlag	-	55	97	135	21	96
c/ Átlag az adott %-ában	-	13	11	10		11
<u>B. AL-P többllet</u>						
0	-	230	532	840		534
1	-	264	542	848	57	551
2	-	238	524	830		531
3	-	242	542	818		534
b/ Átlag	-	244	535	834	28	538
c/ Átlag az adott %-ában	-	56	61	64		62
<u>C. Növényben és talajban talált összes P-többllet</u>						
0	-	254	558	874		562
1	-	334	673	1007	97	671
2	-	308	643	1020		657
3	-	299	653	975		642
b/ Átlag	-	299	632	969	48	633
c/ Átlag az adott %-ában	-	69	72	74		73

A növény által fel nem vett nitrogén egy részét ásványi NO₃+NH₄-formában találtuk a talajban: az N₁-kezelésekben átlagosan 16 %-át, míg az N₃-kezelésekben 28 %-át. Összességében elmondható, hogy az adott N mintegy 1/3-át felvették a növények, 1/4-ét pedig kimutathattuk ásványi formában a talajban. A talajba vitt nitrogénnel mintegy 50-60 %-át a növényben és a talajban nyomon lehetett követni a N- és P-szintektől függően. A felhasznált N másik része /közel fele/ feltehetően mikrobiális úton transzformálódott, beépülve a talaj humuszanyagaiba, ill. a talaj-mikroszervezetek testébe. Erre utaltak közvetetten a cellulózbontó aktivitással kapcsolatos méréseink eredményei is. A talaj kristályrácsaiba beépülő fixált NH₄-N mennyisége mindkét kísérletben jelentéktelennek mutatkozott az összes N-forgalom szempontjából és az adott N 1 %-át nem haladta meg.

5. táblázat

A P- és K-szintek hatása a talaj K-forgalmára, mg/edény /1979/

/1/ P-szint	/2/ Meszezett kísérlet						/5/ Meszezetlen kísérlet									
	K ₀		K ₁		K ₂		K ₃		K ₀		K ₁		K ₂		K ₃	
a/ Adott K	-	830	1660	2490		1660	-	830	1660	2490		1660				
<u>A. Felvett K-többlet</u>																
0	-	51	63	94		69	-	56	10	51		39				
1	-	456	854	1448	194	919	-	435	730	763	194	643				
2	-	371	985	1172		843	-	405	675	870		650				
3	-	489	866	1217		857	-	422	877	954		751				
b/ Átlag	-	342	692	983	97	672	-	330	573	660	97	521				
c/ Átlag az adott %-ában	-	41	42	39		40	-	40	35	27		34				
<u>B. AL-K-többlet</u>																
0	-	221	326	727		425	-	420	950	1514		961				
1	-	90	251	389	64	243	-	242	758	1072	90	691				
2	-	82	267	328		226	-	318	532	890		580				
3	-	75	171	304		183	-	262	660	818		580				
b/ Átlag	-	117	254	437		269	-	310	725	1074	45	703				
c/ Átlag az adott %-ában	-	14	15	18	32	16	-	37	44	43		42				
<u>C. Növényben és talajban talált összes K-többlet</u>																
0	-	272	389	821		494	-	476	960	1565		1000				
1	-	546	1105	1837	252	1163	-	677	1488	1835	280	1333				
2	-	453	1252	1500		1068	-	723	1207	1760		1230				
3	-	564	1037	1521		1041	-	684	1537	1772		1331				
b/ Átlag	-	459	946	1420	126	942	-	640	1298	1733	140	1224				
c/ Átlag az adott %-ában	-	55	57	57		57	-	77	78	70		74				

A P-forgalom adatait a 4. táblázatban tanulmányozhatjuk a meszezett kísérlet példáján. A meszezetlen kísérlet eredményeinek táblázatos bemutatásától ezúton is eltekintünk. Az adott P mintegy 10-11 %-át vették fel a növények, az NP-adagtól függően a P-trágya érvényesülése 3-15 % között ingadozott. A talajban AL-oldható formában mintegy 60 % volt kimutatható átlagosan. A műtrágya-P közel 2/3-a tehát megtalálható volt az adott módszerekkel, a talajban és növényben együttesen. A meszezetlen talajon jóval kisebb AL-P-többletek adódtak, átlagosan 48 %-át lehetett AL-oldható formában kimutatni a műtrágya-P mennyiségének. Ebből adódóan a talajban és növényben talált összes P-mennyiség mindössze 59 %-a volt az adottnak.

A meszezett kísérletben a növény által felvett K átlagosan 40 %-át jelentette az adottnak. A K-adagok növelésével itt nem csökkent szembetűnően az érvényesülési %, mert a zöld kukorica luxusfelvétellel ellensúlyozta a növekvő kínálatot. A talajban viszont a trágya-K egyre növekvő hányada mutatható ki AL-oldható formában. Igaz ugyan, hogy ez az AL-K mindössze 14-18 %-a az adottnak. A talajba vitt műtrágya-K több mint 40 %-a nem volt nyomon követhető, feltehetően beépült az agyagásványok kristályrácsaiba /5. táblázat/.

Külön kell tárgyalnunk a meszezetlen kísérlet K-forgalmát. Amint az 5. táblázat adataiból látható, itt az adaggal kifejezetten csökkent az érvényesülési %, így az átlagos érvényesülés is alacsonyabbnak adódott. A talajban AL-oldható formában kimutatható K-tartalom mennyisége viszont mintegy 2,5-szerese a meszezett kísérletben mértnek és eléri a 40-44 %-ot. A talajba vitt műtrágya-K mintegy 3/4-e volt nyomon követhető /átlagosan 74 %-a/, míg a meszezett kísérletben mindössze 57 %-a. A meszezés tehát csökkentette a talaj AL-módszerrel becsült és felvehetőnek tekintett K-készletét. A tényleges növényi K-felvétel viszont valójában a meszezett talajon volt a nagyobb. Ebben a kísérletben szabatosan nem dönthető el, hogy a meszezés javítja-e vagy rontja a műtrágya-K hasznosulását. Ehhez az ún. exhaustív /kiéhezhető/ tartamkísérletekre volna szükség.

A tápanyagforgalmi elemzések tanulságait összefoglalva, megállapíthatjuk, hogy a meszezés mérsékelten növelte a N- és a K-hasznosulását a növényben, valamint közel 1/3-ával növelte az AL-oldható P-, és felére-hamadára csökkentette az AL-oldható K-tartalmat a talajban.

Összefoglalás

Egy kötött, erősen savanyú agyagbemosódásos barna erdőtalajjal /Ragály/ beállított tenyészedény-kísérletben vizsgáltuk az NPK-trágyázás és a meszezés hatását a 6 leveles kukorica tápelemtartalmára és NPK-forgalmára. A 4³ típusú kísérletben az NPK-ellátás 4-4 szintjét hoztuk létre meszezett és meszezetlen alapon, összesen 128 edényben. A 2 kg-os edényekben 5-5 kukoricánövényt neveltünk fel. Edényenként meghatároztuk a növények súlyát és tápelemtartalmát, valamint a talajok főbb agrokémiai mutatóit. Jelen munkánkban a növényvizsgálati, valamint a tápanyagforgalmi elemzésekkel kapcsolatos főbb tanulságokat foglalhatjuk össze:

A meszezés érdemben nem befolyásolta a kukorica N- és P-felvételét, ill. az NP-trágyahatások irányát. A növényi K-koncentráció viszont a meszezett talajon bizonyult alacsonyabbnak, itt megnöttek a K-hatások és összességében nőtt a K-trágyázás iránti igény. A növényi Ca-tartalom 1/3-ával magasabb volt meszezett talajon, bár kielégítő Ca-ellátottságról tanúskodott meszezés nélkül is a kukorica. A mikroelemek közül a vas koncentrációja a nem meszezett talajon sem volt magas és nem csökkent a meszezéssel. Ugyanakkor a mangán koncentrációja közel 1/7-ére, a réz mintegy a felére, míg a cinké 2/3-ára süllyedt a meszezett edények növényeiben.

A P- és K-trágyázás csak a P-, ill. K-tartalmat növelte a kukoricában, míg a többi vizsgált makro- és mikroelem koncentrációját csökkentette. A N-trágyázás ezzel szemben nemcsak a nitrogén, hanem a PK kivételével minden vizsgált makro- és mikroelem tartalmának növeléséhez vezetett. A bőséges N-trágyázással tehát jobban hasznosítható, ill. mozgósítható a talaj tápelemkészlete, amely végső soron a talaj gyorsabb elszegényedését vonhatja maga után megfelelő trágyázás nélkül.

A nitrogén és a kálium hasznosulását mérsékelten növelte a meszezés, valamint 1/3-ával nőtt az AL-oldható P és felére-harmadára süllyedt az AL-K-tartalom a talajban meszezés hatására.

Irodalom

- BERGMANN, W. und NEUBERT, P., 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- KÁDÁR I., PUSZTAI A. és SÜLYÖK L., 1987-1988. A meszezés és műtrágyázás hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben. I. Talajvizsgálati- és terméseredmények. Agrokémia és Talajtan. 36-37. 223-238.

Érkezett: 1987. december 7.

Study on the Joint Effect of Liming and Fertilization
in Pot Experiments

II. Plant Analyses and the Nutrient Balance

I. KÁDÁR

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

Summary

The effect of NPK fertilization and liming on the nutrient contents and NPK balance of 6-leaf maize was studied in a pot experiment on a heavy, strongly acidic brown forest soil with clay illuviation /Ragály/. In the experiment, which was of the 4³ type, four levels of NPK supply were produced on limed and unlimed soil in a total of 128 pots. Five maize plants were raised in each 2 kg pot. The weight and nutrient content of the plants were determined for each pot, as were the chief agrochemical parameters of the soil. The present paper summarizes findings connected with plant analyses and investigations on the nutrient balance.

Liming did not substantially influence the N and P uptake of maize or the direction of NP fertilizer effects. The plant K concentrations, however, proved to be lower on limed soil: the K effects gained in importance and there was a general increase in the K fertilizer requirement. The plant Ca content was a third higher on limed soil, though even without liming the maize appeared to be sufficiently well supplied with Ca. Among the micro-elements, the concentration of Fe was not high even on unlimed soil, but did not decrease after liming. At the same time, the concentration of Mn dropped to almost a seventh, that of copper to about a half and that of zinc to two-thirds in plants grown in limed pots.

P and K fertilization only increased the contents of P and K, respectively, in maize, while reducing the concentrations of the other macro- and micro-elements examined. N fertilization, on the other hand, led to an increase not only in the N content, but also in all the macro- and micro-elements studied, with the exception of PK. This means that abundant N fertilization may result in the better utilization and mobilization of the nutrient reserves of the soil, though this could well involve an acceleration in the exhaustion of the soil if adequate fertilization is not applied.

The utilization of N and K was moderately increased by liming. In addition, the AL-soluble P rose by one-third and the AL-K content dropped to half or one-third in the soil as the result of liming.

Table 1. Nutrient contents in the shoots of 6-leaf maize as a function of NPK levels and liming. /1/ N and K levels. a/ $LSD_{5\%}$; b/ Average. /2/ Unlimed. /3/ $LSD_{5\%}$. /4/ Average. /5/ Limed.

Table 2. N, P and K quantities taken up by two growths of 6-leaf maize /above-ground shoots, mg/pot/. /1/-/5/: See Table 1.

Table 3. Effect of N and P levels on the N balance in the soil, mg/pot /Limed experiment, 1979/. /1/ P level. a/ Applied N; b/ Average; c/ Average as a % of applied N. /2/ $LSD_{5\%}$. /3/ Average. A. Surplus N taken up. B. Surplus mineral $NO_3 + NH_4$. C. Surplus fixed NH_4 -N. D. Total N surplus found in plants and soil.

Table 4. Effect of NP levels on the P balance in the soil, mg/pot /Limed experiment, 1979/. /1/ N level. a/ Applied P; b/ Average; c/ Aver-

age as a % of applied P. /2/ $LSD_{5\%}$. /3/ Average. A. Surplus P taken up. B. AL-P surplus. C. Total P surplus found in soil and plants.

Table 5. Effect of P and K levels on the K balance in the soil, mg/pot. /1/ P level. a/ Applied K; k/ Average; c/ Average as a % of applied K. /2/ Limed experiment. /3/ $LSD_{5\%}$. /4/ Average. /5/ Unlimed experiment. A. Surplus K taken up. B. AL-K surplus. C. Total K surplus found in soil and plants.