

A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben

I. Talajvizsgálatai- és terméseredmények

KÁDÁR IMRE¹, PUSZTAI ANTAL¹ és SÚLYOK LAJOS²

¹MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, és ²MTA Növényvédelmi Kutató Intézete, Budapest

A meszezés évezredes gyakorlat a mezőgazdaságban. Már az ókori rómaiak is alkalmazták meszet /márgát/ anélkül, hogy bővebb ismereteik lettek volna a talaj savanyúságáról. A múlt század végére a kutatások tisztázták, hogy a mész nemcsak, mint tápelem, hanem, mint "közvetett trágya" is elősegítheti a talaj szerves anyagainak bomlását /mineralizáció/, valamint a kötött talajokat lazíthatja, gyorsítva azok mállását.

Mivel a meszezés lényegében a talaj természetes szervesanyag-, ill. tápanyag-tőkéjét mobilizálja /szegényíti/, kétélű fegyvernek minősült a századforduló és a századelő irodalmában. Így például, CSERHÁTI, KOSUTÁNY, GYÁRFÁS, RÁZSÓ, 'SIGMOND és követőik hangsúlyozták, hogy ez a beavatkozás bizonyos talajokon a talaj kimerülését okozhatja, ..."apák nagyobb terméseit a fiak és unokák sínylik meg, ha egyidejűleg megfelelő trágyázásról nem gondoskodnak."

Később, a két világháború között szélesebb körben ismertté váltak a hazai szakemberek előtt azok az alapvető munkák, melyek a meszezés és a talaj-savanyúság mélyebb megértését segítették elő. GEDROIC kidolgozza tanát a talaj adszorpciós komplexumáról és adatokat közöl a növények só- és savtűréséről; SÖRENSEN bevezeti a pH fogalmát; ASLANDER feltárja a közeg kémhatása és tápelem-ellátottság közötti összefüggéseket; KAPPEN módszereket dolgoz ki az aciditásviszonyok jellemzésére; ARRHENIUS táblázatokat közöl a növények pH-igényére és vízigényének meghatározására stb.

A svéd ASLANDER /1952/ kiterjedt kísérleti anyagra támaszkodva bizonyítja, hogy a közeg savanyú reakciója önmagában nem ártalmas a növényre. A növények jól fejlődnek és teremnek erősen savanyú közegben is, amennyiben a közeg tápanyagokban gazdag, ill. a talaj tápanyagokkal jól ellátott. Különösen a kalcium és a foszfor tápelemek gyengíthetik a savanyú kémhatás kedvezőtlen következményét, védőhatást fejtenek ki alacsony pH mellett is.

A hazai szakkörökben is erősödik az a felismerés, hogy a talaj savanyúságának ismerete önmagában nem elegendő a meszezés szükségességének elbírálásához. Előtérbe kerül a talaj-savanyúság és a meszezés kolloidikai, ioncserén alapuló jelenségekkel való magyarázata. Elfogadottá válik, hogy a mészadag megállapításánál az aciditásviszonyokon túlmenően a talaj kötöttségét és humusztartalmát is figyelembe kell venni. Ezért, pl. egy kolloidokban gazdag talaj mészigénye többszöröse lehet egy kolloidszegény homoknak, ugyanazon pH-érték mellett is.

Hasonlóan a tápanyagvizsgálatokhoz, a talajvizsgálatai laboratóriumi eredményeket is értelmezni, kalibrálni kell mésztrágyázási-meszezési kísérletekben.

Ekkor szinte még alig állnak rendelkezésre megbízható és átfogó kísérleti adatok a meszezés hatásáról. Az első nagyobb szabású szántóföldi meszezési kísérleti akciót VÁRALLYAY /1942, 1943/ kezdeményezi Zala és Vas megye barna erdőtalajain. A savanyú talajok meszezésével és trágyázásával különböző növényeknél elérhető terméstartományok nagyságára vonatkozóan az 1950-es éveket követően már egyre többen közölnek adatokat /BÁN, 1967; BALLÁNÉ, 1965; DOMBOVÁRI, 1965; MÁTÉ, 1972; PUSZTAI, 1969; NYIRI, 1980; CSENGERINÉ és KOZÁK, 1985; BALOGH et al., 1978 stb./.

A hazánkban használatos műtrágyák többsége savanyító hatású, indokolt tehát a meszezés és a műtrágyázás kérdéseit együtt vizsgálni. A hazai irodalomból szinte hiányoznak az olyan komplex vizsgálatok, melyek a meszezés és a tápláltság talajra és növényre gyakorolt sokoldalú hatásait kellő részletességgel elemeznék. Tenyészedény-kísérletünkben ezért az egyik legelterjedtebb savanyú erdőtalajon vizsgáljuk az eltérő NPK ellátottsági szintek /igen gyengétől a káros túltrágyázás tartományig/ és azok minden lehetséges kombinációjának a talajtulajdonságokra, valamint a kukoricánövény hozamára, tápelemfelvételére való befolyását meszezett és nem meszezett viszonyok között.

Anyag és módszer

Tenyészedény-kísérletünket 1979-ben állítottuk be egy ragályi agyagbemosódásos barna erdőtalaj szántott rétegéből származott talajjal. A kiindulási vályog talaj mintegy 1,5 % humuszt tartalmazott. A MÉM NAK által elfogadott módszerek és határértékek alapján a talaj nitrogénnel, foszforral és káliummal egyaránt gyengén ellátottnak minősült; a vizsgált Mn-, Zn, Cu-mikroelemekkel való ellátottsága ugyanakkor kielégítőnek mutatkozott a könnyen oldható tápelemtartalom szerint.

Műtrágyázási kísérletünk 4³-típusú, háromtényezős kísérlet, ahol a három fő tápelem /NPK/ 4-4 ellátottsági szintjének minden kezelés-kombinációját beállítottuk 64 kezelésben, külön meszezett és meszezetlen alapon, tehát összesen 128 edényben. A növénykísérletet megismételtük. A meszezéssel tehát a kísérlet négytényezősé vált, valódi ismétlés nélkül. Minthogy a harmadrendű kölcsönhatások minden esetben elhanyagolhatók voltak, hibaként kezeltük a statisztikai feldolgozás során. Amennyiben a másodrendű kölcsönhatások sem jelentkeztek, csak azon kétirányú /két tényezős/ táblázatokat közöljük összevontan, ahol például az NxP, NxK vagy PxK elsőrendű kölcsönhatások kifejezettek.

Sok esetben az elsőrendű kölcsönhatások sem igazolhatók, mint pl. a talajvizsgálatok egy részénél: ott csak a főhatások, a 4-4 ellátottsági szint bemutatására szorítkozunk /az adatok 16, esetleg 32 mért adat /edény/ átlagát reprezentálják/. A kéttényezős táblázatokban közösek az SzD_{5%}-értékek a sorok és az oszlopok közötti adatokra. Az említett kísérleti tervvel sikerült olyan megbízható többtényezős kísérletet nyernünk, amellyel a bonyolultabb kölcsönhatások is vizsgálhatókká váltak az NPK-ellátottsági szintek és a meszezés között. A kísérlet tervezésében és az eredmények statisztikai értékelésében WELLISCH PÉTER és SARKADI JÁNOS nyújtott segítséget.

Jelzőnövényül az MV-SC 580 fajtájú kukorica szolgált, melyet kb. 5-6 leveles korig, 30-40 cm magasságig neveltünk. Edényenként 1,8 kg talajban 5-5 növényt hagyunk meg. Meghatároztuk a föld feletti részek súlyát, valamint makro- és mikroelemtartalmát. A közölt termésadatok és a növényvizsgálati eredményeink minden esetben a két növedék összegére vagy átlagára vonatkoznak. A két növedékben a trágyahatások iránya és mértéke közelálló volt, így ismétlésül szolgáltathattak.

A két növedék betakarítása után az edények talaját átrostáltuk és a nagyobb gyökérmaradványokat eltávolítva átlagmintákat vettünk. A talajmintákban meghatároztuk az AL-oldható P-, K-, Ca- és Mg-tartalmakat, a kicserélődési és hidrolitos aciditást; a pH /KCl/-értékeket; az Olsen-P, a kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ - és $\text{NO}_3\text{-N}$ -, valamint az ún. "fixált" $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalmakat. Az utóbbi, rácsközötti kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyiségének meghatározását FLEIGE és munkatársai /1971/ módszerével végeztük.

A talaj biológiai aktivitásának mérésére a kísérlet beállításakor UNGER /1960/ által ajánlott cellulóztesztet helyeztünk az edények talajába. A cellulóz mennyisége nagyságrendileg megfelelt a kukoricaszár alászántásakor talajba kerülő cellulóz mennyiségének: 2 g cellulóz edényenként, 2 ismétlésben. Az elbomlott cellulóz mennyiségét kb. 2 hónapos expozíciós idő után, a második kukoricánövedék betakarítását követően, a súlykülönbség alapján határoztuk meg gravimetriás uton. A kísérletben egységesen elemiben adjuk meg a tápelemeket /adag, talajvizsgálati adatok, stb./ az 1. táblázatban.

1. táblázat

A kísérletben alkalmazott tápelemadagok és trágyaformák /mg/kg talaj/

/1/ Tápelem és műtrágya- forma	/2/ Meszezetlen				/3/ Meszezett			
	0	1	2	3	0	1	2	3
N NH_4NO_3	-	240	480	720	-	240	480	720
P $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-	218	436	654	-	218	436	654
K KHCO_3	-	415	830	1245	-	415	830	1245
Ca CaCO_3	-	-	-	-	5000	5000	5000	5000

Megjegyzés: A P, K, Ca teljes mennyiségét, valamint a N 1/3-át vetés előtt kevertük a talajba, míg a N maradék mennyiségét 2, ill. 4 hét múlva fejtrágyaként megosztva juttattuk ki. A meszezés a 15 t/ha/Ca teljes adagnak felelt meg.

A kísérleti eredmények

A 6 leveles kukorica két növedékének összegezett termésadatait a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk. Amint a táblázat adataiból kiderül, a kísérleti talaj mindhárom fő tápelemben szegény volt, önmagában egyik tápelem sem mutatott érdemleges hatást. Az együttes NPK-trágyázás ugyanakkor közel egy nagyságrenddel növelte a kukorica föld feletti hozamát mind a meszezett, mind a meszezetlen kísérletben.

Legkifejezettebbnek a foszfor hatása bizonyult, mintegy 5-6-szorosára emelve a hozamokat, míg a nitrogén átlagosan 3-4-szeresére, a kálium megközelítően kétszeresére. A legnagyobb N-adagok /a N-túltrágyázás/ már bizonyíthatóan csökkentették a termést, különösen a foszforral és káliummal gyengén ellátott edényekben. A meszezett edények termésszintje átlagosan 20-30 %-kal magasabbnak mutatkozott, a trágyahatások iránya és mértéke azon-

2. táblázat

A 6 leveles kukorica két növedékének összegzett termése
/légszáraz föld feletti hajtás, g/edény/

/1/ N K szint	/2/ Meszezetlen								/3/ Meszezett							
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	/4/ Átlag	%	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	/5/ Átlag	%		
0 0	3,9	7,0	4,5	3,5		4,7	100	6,9	7,6	6,9	6,1		6,9	100		
1 0	6,2	21,3	21,2	20,4	8,8	17,2	366	6,8	20,2	17,7	20,4	8,8	16,3	236		
2 0	3,4	16,2	18,8	18,6		14,2	302	4,9	20,2	22,0	18,2		16,3	236		
3 0	3,5	11,7	8,5	8,9		8,2	174	4,5	17,3	14,5	15,0		12,8	186		
a/ Át- lag	4,2	14,1	13,2	12,9	4,4	11,1		5,8	16,3	15,3	14,9	4,4	13,1			
0 1	3,7	4,3	4,1	4,2		4,1	100	3,8	5,8	5,4	4,3		4,8	100		
1 1	4,7	30,2	26,5	26,1	8,8	21,9	534	3,8	32,0	31,6	28,9	8,8	24,0	500		
2 1	3,8	26,1	34,3	30,6		23,7	578	4,9	32,7	37,9	38,5		28,5	594		
3 1	3,7	17,4	38,1	35,8		23,8	580	4,4	29,5	33,1	31,9		24,7	515		
a/ Át- lag	4,0	19,5	25,8	24,2	4,4	18,4		4,2	25,0	27,0	25,9	4,4	20,5			
0 2	2,4	13,5	3,4	25,2		11,1	100	3,6	12,6	4,7	6,4		6,8	100		
1 2	3,4	26,5	30,8	34,0	8,8	23,7	214	5,1	32,5	33,2	46,4	8,8	29,3	431		
2 2	3,2	24,6	43,2	23,6		23,6	213	5,0	33,4	39,5	44,5		30,6	450		
3 2	3,0	20,8	25,3	30,9		20,0	180	4,6	27,9	50,6	44,9		32,0	471		
a/ Át- lag	3,0	21,3	25,7	28,4	4,4	19,6		4,6	26,6	32,0	35,5	4,4	24,7			
0 3	2,3	4,2	4,6	7,8		4,7	100	4,8	7,6	6,6	7,2		6,5	100		
1 3	4,6	30,1	31,7	36,4	8,8	25,7	214	5,9	36,1	48,3	41,4	8,8	32,9	506		
2 3	4,2	27,9	42,9	36,6		27,9	251	4,3	38,0	42,4	51,8		34,1	525		
3 3	2,8	22,3	35,6	35,5		24,0	216	3,8	34,8	48,0	53,4		35,0	538		
a/ Át- lag	3,5	21,1	28,7	29,1	4,4	20,6		4,7	29,1	36,3	38,5	4,4	27,2			

A. A P-kezelések átlagában

0	3,1	7,3	4,2	10,2		6,2	100	4,8	8,4	5,9	6,0		6,3	100
1	4,7	27,0	27,5	29,2	4,4	22,1	356	5,4	30,2	32,7	34,3	4,4	25,6	406
2	3,7	23,7	34,8	27,3		22,4	361	4,8	31,1	35,5	38,3		27,4	435
3	3,2	18,0	26,9	27,8		19,0	306	4,3	27,4	36,6	36,3		26,1	414
a/ Át- lag	3,7	19,0	23,3	23,6	2,2	17,4		4,8	24,2	27,7	28,7	2,2	21,4	
%	100	514	630	638				100	504	577	598			

SzD_{5%}: Az N, P vagy K főátlagok /4/ között 2,2
 Az NK, PK vagy NP adatok /16/ között 4,4
 Az egyes kombinációk /64/ között 8,8

ban lényegében megegyezett a meszezetlen edényekével. A N-túltrágyázás termés-csökkenő hatása a meszezett edényekben ugyanakkor kevésbé volt kifejezett /2. táblázat/.

A talajok cellulózbontó aktivitását is elsősorban a P- és N-táplálás befolyásolta, a K-trágyázás hatása nem volt bizonyítható. A meszezés nem változtatta meg a trágyahatások irányát és összességében megállapítható volt, hogy a trágyázatlan edények talajában a cellulóz mintegy 1/3-a bomlott el, míg a nitrogénnel és foszforral egyaránt jól ellátott talajokéban 60-80 %-a. A meszezés nem növelte a cellulózbontó baktériumok tevékenységét, sőt a maximális cellulózbontás értékeit a meszezetlen kísérletben kaptuk /3. táblázat/.

A 4. táblázatban néhány talajtulajdonság változását mutatjuk be a PK-szintek és a meszezés függvényében. A P-trágyázás hatására átlagosan mintegy 12-16-szorosára emelkedett a könnyen oldható P-tartalom a talajban. Amint a 4. táblázat adataiból látható, a meszezett kísérletben kifejezettebben nőttek az AL-P-értékek, amely e módszer erősen savanyú kioldási mecha-

3. táblázat

A talaj cellulózbontó aktivitásának változása az NP-szintek és a meszezés függvényében /az elbomlott cellulóz %-ában kifejezve/

/1/ N-szint	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	/2/ SzD _{5%}	/3/ Átlag	%
<u>A. Meszezetlen</u>							
0	26,5	54,1	73,2	62,3		54,0	100
1	39,3	45,6	47,3	58,9	12,0	47,8	89
2	42,5	67,7	57,1	82,8		62,5	116
3	38,0	74,6	79,5	81,2		68,3	126
a/ SzD _{5%}			12,0			6,0	
b/ Átlág	36,6	60,5	64,3	71,3	6,0	58,2	
%	100	165	176	195			
<u>B. Meszezett</u>							
0	31,8	45,1	49,4	57,1		45,8	100
1	46,0	44,3	64,0	61,8	12,0	54,0	118
2	65,0	46,0	54,6	59,4		56,2	123
3	50,4	57,9	62,7	67,0		59,5	130
a/ SzD _{5%}			12,0			6,0	
b/ Átlág	48,3	48,3	57,7	61,3	6,0	53,9	
%	100	100	119	127			
<u>C. Együtt</u>							
0	29,2	49,6	61,3	59,7		50,0	100
1	42,6	45,0	55,6	60,4	13,2	50,9	102
2	53,8	56,8	55,8	71,1		59,4	119
3	44,2	66,2	71,1	74,1		63,9	128
a/ SzD _{5%}			13,2			6,6	
b/ Átlág	42,4	54,4	61,0	66,3	6,6	56,0	
%	100	128	144	156			

4. táblázat

Néhány talajtulajdonság változása a PK-szintek és a meszezés függvényében /16 edény átlagai/

/1/ Meszezés	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	/2/		/3/		K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	Szd _{5%}	/3/ Átlag	%
					Szd _{5%}	Átlag									
A. AL-oldható P, mg/kg															
a/ Meszezetlen	28	107	221	324	14	165	88	80	235	442	617	45	344	110	
b/ Meszezett	27	129	275	424	20	209	112	81	198	334	518	32	283	90	
c/ Együtt	28	118	248	374	16	187	100	80	217	388	567	46	313	100	
%	100	421	886	1336				100	271	485	709				
B. Olsen-szerinti P, mg/kg															
a/ Meszezetlen	13	62	121	164	5	90	105	255	309	353	448	42	341	109	
b/ Meszezett	10	52	106	160	7	82	95	245	277	288	336	30	286	91	
c/ Együtt	12	57	114	162	8	86	100	250	293	320	392	30	314	100	
%	100	475	950	1350				100	117	128	157				
C. AL-oldható Ca, %															
a/ Meszezetlen	0,7	0,6	0,7	0,6	0,2	0,6	50	3,44	2,96	2,87	2,60	0,21	2,97	73	
b/ Meszezett	2,4	1,8	1,6	1,5	0,4	1,8	150	5,45	5,38	5,18	4,89	0,30	5,22	127	
c/ Együtt	1,6	1,2	1,2	1,0	0,3	1,2	100	4,45	4,17	4,02	3,74	0,25	4,10	100	
%	100	75	75	62				100	94	90	84				
D. Y₁															
a/ Meszezetlen	36,1	36,3	36,4	36,3	1,4	36,3	143								
b/ Meszezett	13,1	13,7	15,3	15,6	0,7	14,4	57								
c/ Együtt	24,6	25,0	25,9	26,0	1,0	25,4	100								
%	100	102	105	106											

Megjegyzés: P = 2,29 P₂O₅; K = 1,20 K₂O

nizmusával /pH = 3,8/ magyarázható. A NaHCO_3 oldószert /pH = 8,0/ alkalmazó Olsen-módszerrel kb. fele olyan mértékben nőnek az abszolút foszfortartalmak P-trágyázás hatására, mint az AL-módszer esetében. Az Olsen-módszer ugyanis a kevésbé kötött, ún. "felületi" foszfátok kimutatására alkalmas.

Az AL-oldható Ca-tartalom átlagosan háromszorosára nőtt a meszezés hatására, míg a P-szintek bizonyíthatóan csökkentették az AL-Ca értékeket, különösen a meszezett kísérletben. A hidrolitos aciditást felére, vagy közel 1/3-ára lehetett csökkenteni meszezéssel, de még így is jelentős értéket képviselt. A P-trágyázás enyhén növelte az y_1 -értékeket a meszezett kísérletben /4. táblázat/.

A K-trágyázás nyomán átlagosan hétszeresére nőtt az AL-K-tartalom a talajban. A meszezés mintegy 20 %-kal alacsonyabb AL-K értékeket eredményezett. Ugyancsak bizonyíthatóan nőtt az AL-Mg-tartalom a K-trágyázás hatására. A meszezés itt is közel 20 %-kal alacsonyabb értékeket adott a meszezetlen kísérlethez viszonyítva. Feltehetően a K-, NH_4^- , Mg- és Ca-ionok közötti kölcsönhatások, ionantagonizmusok játszhatnak szerepet e jelenségekben. Az ere-

5. táblázat

A talajok pH /KCl/ értékeinek változása a PK szintek és a meszezés függvényében

/1/ K-szint	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	/2/ SzD _{5%}	/3/ Átlag	%
<u>A. Meszezetlen</u>							
0	3,63	3,56	3,38	3,21		3,44	100
1	3,13	3,01	2,89	2,82	0,30	2,96	86
2	3,11	3,06	2,79	2,53		2,87	83
3	2,66	2,60	2,51	2,61		2,60	76
a/ SzD _{5%}			0,30				
b/ Átlag	3,13	3,06	2,89	2,79	0,15	2,97	
%	100	98	92	89			
<u>B. Meszezett</u>							
0	5,28	5,38	5,45	5,70		5,45	100
1	5,23	5,37	5,57	5,33	0,43	5,38	99
2	5,01	5,45	5,17	5,07		5,18	95
3	4,68	5,01	5,03	4,82		4,89	90
a/ SzD _{5%}			0,43				
b/ Átlag	5,05	5,30	5,30	5,23	0,21	5,22	
%	100	105	105	104			
<u>C. Átlagosan</u>							
0	4,46	4,47	4,41	4,45		4,45	100
1	4,18	4,19	4,23	4,07	0,40	4,17	94
2	4,06	4,26	3,98	3,80		4,02	90
3	3,67	3,81	3,77	3,72		3,74	84
a/ SzD _{5%}			0,40				
b/ Átlag	4,09	4,18	4,10	4,01	0,20	4,10	
%	100	102	100	100			

deti talaj alacsony pH-értéke 3,4-ről 5,5-re nőtt meszezéssel. A K-ellátás átlagosan 0,7 pH-értékcsökkenést okozott /4. táblázat/. A pH /KCl/-értékeket azonban nemcsak a K-szintek, hanem a P-ellátás is befolyásolta. Kölcsönhatásuk eredményeképpen a meszezetlen kísérlet pH-értéke egy egésszel tovább csökkent. A meszezett kísérletben ugyanakkor a P-ellátás a pH-értékeket nem befolyásolta /5. táblázat/.

Az AL-oldható K-tartalmak változása jelentős mértékben függött nemcsak a K-trágyázás fokától, hanem a N- és P-ellátottságtól is. A P-szintek 50-60 %-ra csökkentették, míg a N-trágyázás hasonló mértékben növelte az AL-K értékeit. Összességében elmondható, hogy az NP-szintek és kombinációik eredményeképpen az AL-K értékek mintegy ± 50 %-kal eltérhetnek /6. táblázat/.

6. táblázat

A talajok AL-oldható K-, ill. Mg-tartalmának változása az NP-szintek és a meszezés függvényében, 4 ismétlés, ill. edény átlagában /mg/kg talaj/

/1/ N-szint	/2/ AL-oldható K-tartalom								/5/ AL-oldható Mg-tartalom							
					/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				
<u>A. Meszezetlen</u>																
0	308	252	252	252		266	100	395	344	385	351			369	100	
1	374	256	269	209	90	277	104	368	336	325	298	84	332	90		
2	698	435	288	335		438	165	464	360	255	293		340	92		
3	438	436	349	348		393	148	413	296	248	331		322	87		
a/SzD _{5%}		50				45			84				42			
b/Átlag	454	345	289	286	45	344		410	334	303	318	42	341			
%	100	76	64	63				100	81	74	78					
<u>B. Meszezett</u>																
0	288	240	213	164		226	100	333	298	324	319		318	100		
1	369	237	205	203	91	253	112	395	258	255	244	59	288	91		
2	520	261	263	230		318	141	368	235	249	260		278	87		
3	485	325	292	229		333	147	324	280	225	219		262	82		
a/SzD _{5%}		91				45			59				30			
b/Átlag	416	265	243	207	45	283		355	268	263	260	30	286			
%	100	64	58	50				100	75	74	73					
<u>C. Átlagosan</u>																
0	298	246	233	208		246	100	364	321	354	335		343	100		
1	372	246	237	206	64	265	108	381	297	290	271	60	310	90		
2	609	348	275	282		378	154	416	298	252	276		310	90		
3	461	381	320	288		363	148	368	288	236	275		292	85		
a/SzD _{5%}		64				32			60				30			
b/Átlag	435	305	266	246	32	313		382	301	283	289	30	314			
%	100	70	61	57				100	79	74	76					

Hasonlóképpen, az Al-Mg-tartalmak sem voltak függetlenek az NP-ellátottságtól, ill. nemcsak a K-trágyázás szintje befolyásolta azokat. Amint a 6. táblázat adatai mutatják, bizonyíthatóan a N-, különösen azonban a P-ellátás csökkentette az Al-Mg értékeit. Amíg tehát a K-szintek átlagosan 50-60 %-os növekedést, addig az együttes NP-trágyázás 30-40 %-os csökkenést eredményezett.

Megvizsgáltuk a talajok ásványi N-formáit is arra a kérdésre keresve a választ, hogy az ilyen extrém nagyadagú N-trágyázás során mi történik a talajba vitt műtrágya-nitrogénnel? A mobilisabb KCl-oldható $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalom közel hatvanszorosára nőtt a maximális N-trágyázással. A meszezéssel, úgy tűnik, gyorsabb nitrifikáció is együtt járhat ezen az erősen savanyú talajon. A kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ nagyobb mennyiségét ugyanis a meszezetlen edények talajá-

7. táblázat

A talajok ásványi N-formái a N-trágyázás függvényében

/1/ Meszezés	N_0	N_1	N_2	N_3	/2/ SzD _{5%}	/3/ Átlag	%
A. KCl-oldható $\text{NO}_3\text{-N}$, mg/kg talaj							
a/ Meszezetlen	8	37	338	438	70	205	90
b/ Meszezett	9	142	323	511	92	246	108
c/ Együtt	8	89	334	474	60	227	100
%	100	1112	4175	5925			
B. KCl-kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$, mg/kg talaj							
a/ Meszezetlen	27	39	282	456	80	201	124
b/ Meszezett	19	37	122	317	40	124	77
c/ Együtt	23	38	202	386	42	162	100
%	100	165	878	1678			
C. KCl-kicserélhető $(\text{NH}_4+\text{NO}_3)\text{-N}$, mg/kg talaj							
a/ Meszezetlen	35	76	628	894	80	408	105
b/ Meszezett	28	179	445	827	106	370	95
c/ Együtt	32	127	534	861	75	389	100
%	100	397	1669	2691			
D. Fixált $\text{NH}_4\text{-N}$, mg/kg talaj							
a/ Meszezetlen	270	357	530	611	66	442	111
b/ Meszezett	228	291	391	507	56	354	89
c/ Együtt	249	324	460	559	39	398	100
%	100	130	185	224			
E. Összes ásványi N, mg/kg talaj							
a/ Meszezetlen	305	432	1158	1505	145	850	106
b/ Meszezett	256	470	836	1435	150	749	94
c/ Együtt	280	451	997	1470	106	800	100
%	100	161	356	525			

A talajok N-formáira azonban nemcsak a N-trágyázás volt hatással. A $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmakat a meszezetlen kísérletben átlagosan felére csökkentette mind a K-, mind a P-trágyázás. Még kifejezettebben nyilvánult meg ez a jelenség a meszezett kísérletben, ahol a foszforral és káliummal egyaránt jól ellátott edények talajából szinte "eltűnt" a $\text{NO}_3\text{-N}$ /8. táblázat/. Feltehetően ez az eltűnés a növényi N-felvétellel kapcsolatos, a továbbiakban szükséges lesz tehát a talaj-trágya-növény N-forgalmáról teljesebb képet kapnunk.

Hasonló képet mutatott a kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalom változása is, mint a $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmaké. Mind a K-, mind a P-ellátás javulása együtt járt az $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalom talajbani csökkenésével. Különösen kifejezetten jelentkezett itt is a P-szintek $\text{NH}_4\text{-N}$ -koncentrációt mérsékelő befolyása a meszezett edényekben /8. táblázat/.

A talajok $(\text{NH}_4+\text{NO}_3)\text{-N}$ -tartalmát a P-trágyázás a meszezetlen kísérletben közel felére, míg a meszezettben 1/5-ére; a K-trágyázás mindkét kísérletben

9. táblázat

A talajok $(\text{NH}_4+\text{NO}_3)\text{-N}$, ill. fixált $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalmának alakulása a PK-trágyázás és a meszezés függvényében /mg/kg talaj/

/1/ K-szint	/2/ $(\text{NH}_4+\text{NO}_3)\text{-N}$ -tartalom								/5/ Fixált $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalom							
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag	%		P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag	%	
A. Meszezetlen																
0	687	480	589	515		568	100	481	456	486	464			472	100	
1	453	464	244	189	160	338	60	523	453	385	405	122		441	93	
2	473	340	308	413		383	67	489	444	397	466			449	95	
3	680	309	222	167		344	61	413	403	412	389			404	86	
a/ SzD _{5%}	160				80			122					66			
b/ Átlag	573	398	341	321	80	408		476	439	420	431	66		442		
%	100	70	60	56				100	92	88	91					
B. Meszezett																
0	881	456	438	394		542	100	364	381	406	425			394	100	
1	1144	203	164	170	211	420	77	398	346	353	359	112		364	92	
2	541	196	96	33		216	40	392	341	323	270			332	84	
3	890	217	51	43		300	55	398	329	292	293			328	83	
a/ SzD _{5%}	211				106			112					56			
b/ Átlag	864	268	187	160	106	370		388	349	344	337	56		354		
%	100	31	22	19				100	90	89	87					
C. Együtt																
0	784	468	513	454		555	100	423	418	446	445			433	100	
1	799	333	204	179	150	379	68	460	399	369	382	78		403	93	
2	507	268	202	223		300	54	441	392	360	368			390	90	
3	785	263	136	105		322	58	405	366	352	341			366	85	
a/ SzD _{5%}	150				75			78					39			
b/ Átlag	719	333	264	240	75	389		432	394	382	384	39		398		
%	100	46	37	33				100	91	88	89					

hasonló mértékben, 55-60 %-kal mérsékelte. A N-koncentrációk süllyedése nem volt lineáris, inkább telítődési görbe jelleget írt le. Az első K- vagy P-szint általában erős befolyást gyakorolt, majd a következő növekvő KP-adagok hatása mérséklődött /9. táblázat/.

A stabilabban kötött, fixált $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalom tendenciájában, vagy statisztikailag is igazolhatóan szintén csökkenő a KP-szintek függvényében. Összességében megállapítható, hogy a kálium és foszfor együttes hatása eredményeképpen átlagosan mintegy 20 %-kal mérséklődik a fixált $\text{NH}_4\text{-N}$ -koncentráció mind a meszezett, mind a meszezetlen edények talajában /9. táblázat/.

A talajok összes ásványi-N-tartalmában a K-trágyázás átlagosan 30, a P-trágyázás meszezetten 64, meszezetlenül 29 %-os csökkenést eredményezett. Megállapítható, hogy a KP-szintek függvényében a talajok ásványi-N-készlete felére-harmadára mérséklődött /10. táblázat/.

10. táblázat

A talajok összes ásványi N-tartalma a PK-trágyázás és a meszezés függvényében /mg/kg talaj/

/1/ K-szint	P_0	P_1	P_2	P_3	/2/ SzD _{5%}	/3/ Átlag	%
<u>A. Meszezetlen</u>							
0	1168	936	1075	979		1040	100
1	974	917	629	593	290	778	75
2	962	777	705	878		830	80
3	1103	712	633	557		751	72
a/ SzD _{5%}		290				145	
b/ Átlag	1052	835	761	752	145	850	
%	100	79	72	71	14		
<u>B. Meszezett</u>							
0	1245	837	843	819		936	100
1	1541	548	478	528	300	774	83
2	1376	537	420	303		659	70
3	1288	546	343	335		628	67
a/ SzD _{5%}		300				150	
b/ Átlag	1363	617	521	496	150	749	
%	100	45	38	36	11		
<u>C. Együtt</u>							
0	1207	886	959	899		988	100
1	1258	733	553	561	212	776	79
2	1169	657	562	591		745	75
3	1195	629	488	446		690	70
a/ SzD _{5%}		212				106	
b/ Átlag	1207	726	641	624	106	800	
%	100	60	53	52	9		

Összefoglalás

Egy kötött, erősen savanyú /pH /KCl/ = 3,4-3,6/ agyagbemosódásos barna erdőtalajon tenyészedény-kísérletekben vizsgáltuk a különböző szintű N-, P- és K-ellátás hatását és kölcsönhatásait 4³-típusú kísérletben, meszeztet és meszeztetlen alapon. Az edények száma 128 volt, a növénykísérletet megismélteltük. A 2 kg-os edényekben 5-5 kukoricánövényt hagytunk meg és 30-40 cm magasságig, kb. 5-6 leveles korig neveltük azokat. Meghatároztuk a föld feletti növényi részek súlyát, valamint makro- és mikroelem-tartalmát edényenként. Ugyancsak edényenként vizsgáltuk a talajok reakció- és tápanyagállapotát, ásványi-N-frakcióit. A talaj biológiai aktivitásának jellemzéséül edényenként 2 ismétlésben cellulózesztet helyeztünk el. Jelen közleményünkben a termésre vonatkozó, valamint a talajvizsgálati adatokat mutattuk be. Eredményeink alapján az alábbi következtetéseket vonjuk le.

Ezen a főbb tápelemekben szegény és savanyú talajon a 6 leveles kukorica hozamát egy nagyságrenddel lehetett növelni kiegyensúlyozott NPK-műtrágyázással. Az egyoldalú trágyázás vagy meszezés önmagában nem vezetett eredményre. Az alacsony pH /KCl/ nem gátolta a trágyahatásokat, sőt a meszeztetlen kísérletben a legnagyobb hozamokat a 3 pH /KCl/ alatti, legsavanyúbb edényekben kaptuk. Átlagosan a meszezés 20-30 % termésemelkedést eredményezett, nem befolyásolva érdemben a trágyahatások irányát és mértékét.

Az átlagos trágyahatásokat elemezve megállapítottuk, hogy ezen a talajon a P-hatások voltak a legkifejezettebbek, ezt követték a N-hatások, mind a növényi hozamra, mind a cellulózbontó aktivitásra vonatkoztatva. A K-hatások mérsékelten jelentkeztek a kukoricán és nem voltak igazolhatók a cellulózbontó aktivitáson. Az alacsony pH önmagában nem gátolta a cellulózbontó baktériumok tevékenységét, sőt a maximális cellulózbontás-értékeket a 3 pH /KCl/ alatti legsavanyúbb edényekben kaptuk.

A trágyázás nyomán sokszorosára emelkedett a felvehető P- és K-tartalom a talajban. A meszezés hatására a pH /KCl/ átlagosan 2 egységgel /3,5-ről 5,5-re/ emelkedett, míg a hidrolitos aciditás 36-ról 14-re süllyedt. A P- és K-szintek függvényében a pH értéke egy egésszel csökkent a meszeztetlen talajon. Az AL-K-tartalmakat ugyanakkor a N- és P-ellátottság befolyásolta eltérő irányban /a foszfor mintegy 50 %-kal csökkentette, míg a nitrogén hasonló mértékben növelte azokat/.

Sokszorosára nőtt a N-trágyázás hatására a talaj KCl-módszerrel meghatározott NO₃-N és NH₄-N mennyisége, valamint megkétszereződött a fixált NH₄-N készlete. A meszeztet talajon nagyobb NO₃-N-, valamint alacsonyabb KCl-kicserélhető és fixált NH₄-N-tartalmakat mértünk. Az összes ásványi-N mennyisége is a meszeztet talajon volt kevesebb. Mind a K-, mind a P-ellátás javulása együtt járt az ásványi-N-formák, elsősorban a legmozgékonyabb NO₃-N és NH₄-N talajbani csökkenésével, ami részben a növényi felvétellel kapcsolatos.

Irodalom

- ASLANDER, A., 1952. Standard fertilization and liming as factors in maintaining soil fertility. *Soil Sci.* 74. 181-195.
- BALLA A-NÉ, 1965. Meszezési kísérletek csernozjom barna erdőtalajon. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 24. 405-410.
- BALOGH I., BLASKÓ L. és NYIRI L., 1978. Az országos mésztrágyázási akció sikeréért. *Magyar Mezőgazdaság.* 33. /26/ 10.
- BÁN M., 1967. A talajjavítás módszerei és eredményei. *Mezőgazd. Kiadó.* Budapest.

- CSENGERI P-NÉ és KOZÁK M., 1985. A Ca- és Mg-trágyázás hatása a napraforgó terméseredményeire és olajtartalmának alakulására. A mezőgazdaság kémizálása. Ankét. Keszthely. 373-386. NEVIKI. Veszprém.
- DOMBÓVÁRI J., 1965. Különböző adagú meszezés és műtrágyázás hatása a lucerna termésére és a foszfortrágya érvényesülése gyengén savanyú réti talajon. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 24. 355-359.
- FLEIGE, H., MEYER, B. und SCHOLZ, H., 1971. Fraktionierung des Bodenstickstoffs für N-Haushalts Bilanzen. Cöttinger Bodenk. Berichte. 18. 1-37.
- MÁTÉ F., 1972. A savanyú talajok javításának helyzete Magyarországon. In: Savanyú talajok termékenységének fokozása. /Ed.: AVDONYIN, N. Sz./ 216-256. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- NYIRI L., 1980. Gyakorlati útmutató a kalciumot kis mennyiségben tartalmazó, savanyú talajok meszezéséhez és mélyműveléséhez. AGROINFORM. Budapest.
- PUSZTAI A., 1969. Különböző árpafajták érzékenysége a tápoldat savanyúságára. Növénytermelés. 18. 63-68.
- UNGER, H., 1960. Der Zellulosetest, eine Methode zur Ermittlung der zellulotischen Aktivität des Bodens in Feldversuchen. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 91. 44-52.
- VÁRALLYAY Gy., 1942. Meszezési kísérletek első évi eredményei. Köztelek. 52. 725-726.
- VÁRALLYAY Gy., 1943. Meszezési kísérletek második évi eredményei. Köztelek. 53. 341-342.

Érkezett: 1987. december 7.

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

I. Soil Analyses and Yields

I. KÁDÁR¹, A. PUSZTAI¹ and L. SULYOK²

¹ Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest and ² Research Institute for Plant Protection of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The effects and interactions of various levels of N, P and K supplies were studied in a 4³ type pot experiment on a heavy, strongly acidic /pH /KCl/ = 3.4-3.6/ brown forest soil with clay deposits, on a limed and unlimed basis. The total number of pots was 128. The plant experiment was repeated. Five maize plants were left in each 2 kg pot and were raised to a height of 30-40 cm, which is roughly the 5-6 leaf stage. The weight of the above-ground plant organs and their macro- and micro-element contents were determined for each pot. The reaction and nutrient status of the soils and their mineral N fractions were also examined per pot. In order to characterize the biological activity of the soil, cellulose tests were placed in each pot in two replications. Yield and soil analytical data are presented in the current paper. The results lead to the following conclusions:

On this acidic soil, poor in all the major nutrients, the yield of 6-leaf maize could be raised by an order of magnitude by means of balanced NPK fertilization. Fertilization or liming alone was not successful. The very low pH /KCl/ did not inhibit the fertilizer effects; in fact, in the unlimed experiment the highest yields were obtained in the most acidic pots, with a pH /KCl/ of less than 3. On average, liming led to a yield increase of 20-30 %, having no substantial influence on the direction or extent of fertilizer effects.

When analysing average fertilizer effects it was found that on the soil in question the P effects were the most pronounced, followed by the N effects, with respect to both crop yields and cellulose-decomposing activity. K effects were only moderately manifested in maize and were not significant as regards cellulose-decomposing activity. The extremely low pH did not in itself inhibit the activity of cellulose-decomposing bacteria; in fact, the maximum cellulose-decomposition values were obtained in the most acidic pots at a pH of below 3.

As the result of fertilization the contents of available P and K in the soil rose to a multiple of their original values. Due to the effect of liming the pH /KCl/ rose on average by 2 units, from 3.5 to 5.5, while the hydrolytic acidity dropped from 36 to 14. As a function of P and K levels the pH value decreased by one whole unit on unlimed soil. At the same time, the AL-K contents were influenced in opposite directions by the N and P supplies /being reduced by some 50 % by P and increased to a similar extent by N/.

As a consequence of N fertilization there was a multiple increase in the NO₃-N and NH₄-N quantities determined by the soil KCl-method, while the fixed NH₄-N reserves were doubled. On limed soil, higher NO₃-N and lower KCl-exchangeable and fixed NH₄-N contents were recorded. The total mineral N quantity was also lower on the limed soil. Improvements in both the K and the P supplies were associated with a reduction in the mineral N forms

present in the soil, particularly the most mobile $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ forms, which is partly due to plant uptake.

Table 1. Nutrient rates and fertilizer forms applied in the experiment /mg/kg soil/. /1/ Nutrient and fertilizer form. /2/ Unlimed. /3/ Limed. Note: The full rates of P, K and Ca and one-third of the N were mixed into the soil prior to sowing, while the remainder of the N was distributed in the form of top-dressing on two occasions, 2 and 4 weeks later. Liming was equivalent to a full rate of 15 t/ha Ca.

Table 2. Total yield of two growths of 6-leaf maize /air dry above-ground shoots, g/pot/. /1/ N and K levels. a/ Average. /2/ Unlimed. /3/ Limed. /4/ $\text{LSD}_{5\%}$. /5/ Average. A. Averaged over P treatments. $\text{LSD}_{5\%}$: between the N, P or K grand averages /4/: 2.2; between the NK, PK or NP data /16/: 4.4; between the various combinations /64/: 8.8.

Table 3. Changes in the cellulose-decomposing activity of the soil as a function of NP levels and liming /expressed as the % of cellulose decomposed/. /1/ N level. a/ $\text{LSD}_{5\%}$; b/ Average. /2/ $\text{LSD}_{5\%}$. /3/ Average. A. Unlimed. B. Limed. C. Total.

Table 4. Changes in certain soil properties as a function of PK levels and liming /averages of 16 pots/. /1/ Liming. a/ Unlimed; b/ Limed; c/ Total. /2/ $\text{LSD}_{5\%}$. /3/ Average. A. AL-soluble /ammonium lactate soluble/P; B. P according to OLSEN. C. AL-soluble Ca. D. Hydrolytic acidity, γ_1 . E. AL-soluble K. F. AL-soluble Mg.

Table 5. Changes in the pH /KCl/ values of soils as a function of PK levels and liming. /1/ K levels. a/ $\text{LSD}_{5\%}$; b/ Average. /2/ $\text{LSD}_{5\%}$. /3/ Average. A. Unlimed. B. Limed. C. On average.

Table 6. Changes in the AL-soluble K and Mg contents of soils as a function of NP levels and liming, averaged over 4 replications or pots /mg/kg soil/. /1/ N level. a/ $\text{LSD}_{5\%}$; b/ Average. /2/ AL-soluble K content. /3/ $\text{LSD}_{5\%}$. /4/ Average. /5/ AL-soluble Mg content. A-C: See Table 5.

Table 7. Mineral N forms in soils as a function of N fertilization. /1/-/3/: See Table 4. A. KCl-soluble $\text{NO}_3\text{-N}$, mg/kg soil. B. KCl-exchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$, mg/kg soil. C. KCl-exchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$, mg/kg soil. D. Fixed $\text{NH}_4\text{-N}$, mg/kg soil. E. Total mineral N, mg/kg soil.

Table 8. Changes in the $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ contents of soils as a function of PK fertilization and liming /mg/kg soil/. /1/ K levels. a/ $\text{LSD}_{5\%}$; b/ Average. /2/ $\text{NO}_3\text{-N}$ content. /3/ $\text{LSD}_{5\%}$. /4/ Average. /5/ $\text{NH}_4\text{-N}$ content. A. Unlimed. B. Limed. C. Total.

Table 9. Changes in the $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ and fixed $\text{NH}_4\text{-N}$ contents of soils as a function of PK fertilization and liming /mg/kg soil/. /2/ $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ content. /4/ Fixed $\text{NH}_4\text{-N}$ content. Legend: See Table 8.

Table 10. Total mineral N content of soils as a function of PK fertilization and liming /mg/kg soil/. /1/-/3/, A-C: See Table 5.