

A talaj könnyen oldható tápanyagtartalmának heterogenitása

SARKADI JÁNOS, NÉMETH TAMÁS és KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Közismert, hogy a talaj heterogén rendszer, tulajdonságai horizontálisan és vertikálisan igen különbözőek lehetnek, egyes paraméterei időben is változhatnak. JACKSON (1958) szerint a mintavételből eredő hiba 3—4-szer akkora, mint a laboratóriumi vizsgálatoké. SMITH (1959) ugyanakkor a mintavételi hibaforrást egy nagyságrenddel nagyobbabbnak tekinti, mint az analitikai hibát. A hibaforrások mértéke és egymáshoz viszonyított aránya függ a talaj tulajdonságaitól, a mintavétel és az analízis módjától, de tápelemenként is eltérő lehet (KÁDÁR, 1986).

A talaj tulajdonságait, elsősorban tápanyagtartalmát és annak heterogenitását nagymértékben befolyásolja az alkalmazott agrotechnika szintje, ezen belül főleg a trágyázás mértéke és módja. Az intenzív szerves- és műtrágyázás, különösen a sortrágyázás erősen növelheti a tápanyagok mikroheterogenitását. VÁRALLYAY és KERESZTÉNY (1952) 20 m²-en belül 1 m-es távolságokról vett pontmintáinak DL-P₂O₅ értékei 1 és 45, a DL-K₂O-tartalmak pedig 103 és 176 mg/kg között változtak.

KNITTEL és FISCHBECK (1979) egy 20 m²-es parcella 16 pontjáról 1 m mélységig a tél végén vett minták NO₃-tartalmának elemzéséből megállapította, hogy a szántott rétegben tapasztalt 42%-os szórás a mélységgel fokozatosan csökkent 17%-ra. REUSS és munkatársai (1977) 24 tábláról, táblánként 12—30 helyről, 0—120 cm mélységben vett pontmintákat elemezve azt tapasztalták, hogy a szórást jobban lehet csökkenteni a részfúrások számának növelésével, mint a mintavételi terület csökkentésével. Utóbbi esetben a mikroheterogenitás (a 10 m-en belül vett minták NO₃-tartalmának szórása) azonos vagy nagyobb volt, mint a makroheterogenitás, azaz a 60 m-es rácspontról vett minták szórása. A NO₃-tartalmak ferde eloszlása miatt a táblaátlagok becslésére a geometriai átlag, ill. medián alkalmasabbnak bizonyult, mint a számtani középérték. RAJKAI (1975) egy talajtaniilag homogénnek tekinthető mészlepedékes csernozjom 0, 250 és 500 kg/ha N-nel műtrágyázott 49 m²-es parcelláiról vett mintákat. A mintavétel parcellánként 26 pontból 0—60 cm mélységig történt NH₄ + NO₃ vizsgálat céljaira. Adatai szerint a kontrollparcella N-tartalmának %-os szórása a mélységgel kismértékben csökkent, míg a műtrágyaadaggal nőtt. A kontrollon kapott 24% CV 50% fölé emelkedett a műtrágyázott parcellákon. Az eredeti nedves minták elemzési eredményei a homogenizálás nehézségei miatt jobban szórtak (átlagos CV = 47%), mint a légszáraz mintáké (CV = 39%). A pontminták elemzéseiből számított átlagok igen jól egyeztek a részmintákból összekevert átlagminták eredményeivel.

Kísérleti anyag és módszer

Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Nagyhorcsöki Kísérleti Telepének mészeledékes csernozjom talaján NPK műtrágyázási tartamkísérletet állítottunk be (KÁDÁR, 1980), mindhárom tápelem 4—4 ellátottsági szintjével $4 \times 4 \times 4 = 64$ kombinációban és 2 ismétlésben, összesen 128 parcellával. Évente 0, 100, 200, 300 kg/ha N-adagokat juttattunk ki pétisó formájában. A P- és K-szinteket 0, 1000, 2000, 3000 kg/ha P_2O_5 , ill. K_2O összes hatóanyag felhasználásával hoztuk létre, két részletben adagolva (1973 és 1980 őszen), szuperfoszfát és 60%-os kálisó formájában.

A kísérlet beállítása, ill. az első műtrágyaszórás után 10 hónappal (1974 júliusában) a búza jelzőnövény aratását követően a 24 m^2 -es nettó parcellák szántott rétegéből botfűróval 20—20 pontmintát vettünk az AL-PK meghatározása céljából 4 eltérő NPK-szinten.

1983 márciusában a mintavételezést megismételtük és kiterjesztettük a 0—20, 20—40, 40—60 cm-es rétegekre. Ugyanakkor 2 párhuzamos átlagmintát is készítettünk a 20—20 részfűrés mintaanyagának összekeverésével. A párhuzamos átlagmintavételeket ezután kb. 2 hetes időközökben megismételtük szezon dinamikai vizsgálatok céljából. Az utolsó mintavételre november 23-án került sor. A talajmintákat még aznap a laboratóriumba szállítottuk hűtőtáskában. Egy részükből szárítószekrényes módszerrel meghatároztuk a nedvességtartalmukat, a nagyobb részüket szobahőmérsékleten légszáraz állapotba hoztuk. A mintákból az AL-PK-tartalmakat SARKADI és munkatársai (1965), a KCl-kicserélhető NH_4^- , NO_3^- -tartalmakat BREMNER és KEENEY (1966) szerint határoztuk meg. Az elemzési adatokat a szokásos statisztikai módszerekkel (szórásvizsgálatok, regressziós számítások, egy és két tényezős varianciaanalízisek) dolgoztuk fel.

Eredmények, következtetések

A pontminták szórása

A parcellák 20—20 pontjáról vett minták AL-PK-tartalmának jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze. A vizsgált parcellák száma ugyan kevés ahhoz, hogy szabatosan leírassuk a P- és K-tartalom, valamint a CV összefüggését, azonban megállapíthatjuk, hogy a műtrágyázás, ill. a talaj tápanyagtartalmának növekedésével a szórásoknak nemcsak az abszolút, hanem a relatív értékei is nőttek.

A bemutatott elemzési adatokat természetesen az analitikai hibák is terhelik. SARKADI (1986) vizsgálatai szerint az analitikai hibaszórások abszolút értékei növekszenek a tápelemtartalommal, de a CV-értékük fokozatosan csökken. A mintegy 100 mg/kg AL- P_2O_5 -tartalom felett a CV 3—5% között ingadozott, tehát az analitikai hiba elhanyagolható a műtrágyázott talajok heterogenitásához viszonyítva.

Az is várható volt, hogy a szemcsés szuperfoszfáttal trágyázott parcellákon a foszfor viszonylag kis mozgékonyága miatt az AL-P szórása nagyobb értéket mutat, mint a káliumé. Különösen nagyok a szórások a műtrágyázást követő első évben, mert a foszfor talajbani elkeveredését az évenkénti szántás, forgatásos művelés segíti. A talajvizsgálati adatok eloszlása nem volt szimmetrikus, a mediánok lényegesen kisebbek voltak, mint a számtani középértékek.

1. táblázat

A pontminták AL-PK-tartalmának szórása a tápanyagellátottság, valamint a mélység függvényében (Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök, n = 20)

1974 július 0–20 cm		1983 március						(1) Az 1974. és 1983. évek átlaga	
		0–20 cm		20–40 cm		40–60 cm			
\bar{x}	CV	\bar{x}	CV	\bar{x}	CV	\bar{x}	CV	\bar{x}	CV
AL-P₂O₅, mg/kg									
54	15	71	30	48	16	30	14	51	19
205	60	164	38	78	26	32	20	120	36
231	70	171	45	89	35	38	52	132	50
711	85	447	39	186	54	60	44	351	56
AL-K₂O, mg/kg									
119	8	130	15	103	11	58	16	102	12
248	35	136	17	110	12	84	14	144	20
270	33	171	19	128	8	90	14	165	19
430	44	268	20	172	17	108	14	244	24

Régebbi, itt nem részletezett, üzemi táblákról vett minták vizsgálataiból is kitűnt, hogy a középérték és a medián közötti negatív különbség lineárisan növekedett a tápanyagtartalmak emelkedésével. Az 1. táblázat adataiból az is kitűnik, hogy a mélységgel a tápelemtartalmak szórása (közelítően azonos PK-tartalmak esetén) inkább nő. Ez részben a mélyebb mintavétel technikai nehézségeivel, részben a talajszelvény vertikális inhomogenitásával magyarázható. A mélyebb rétegek tápelem-ellátottságának jellemzése során tehát legalább annyi, vagy inkább több rész minta szükséges a reprezentatív átlagminta készítéséhez, mint a szántott réteg esetén.

Az átlagmintához szükséges részminták száma közismerten a talaj mikro- és makroheterogenitásától, valamint a mintavétel céljától függ, azaz attól, hogy milyen pontossággal kívánjuk az elemzések eredményeit megítélni. Ha feltételezzük, hogy az átlagminták készítésekor tökéletesen kevertük össze a részmintákat, és keverés közben nem ment végbe olyan reakció, amely a vizsgálandó paraméter meghatározását befolyásolja, akkor az átlagminta szórása az alábbi képlet szerint csökken:

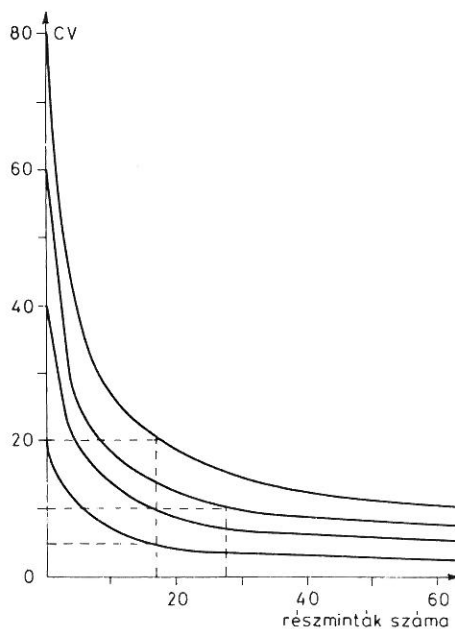
$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s}{n}}, \text{ ebből a részminták száma } n = \sqrt{\frac{s}{S_{\bar{x}}}}$$

tehát a részminták szórásnégyzete osztva az átlagminták szórásnégyzetével. Ezt az összefüggést szemlélteti az 1. ábra.

Sajnos, egy terület heterogenitását legtöbbször előre nem ismerjük. Általánosítható tapasztalat, amint ezt PECK és MELSTED (1973) is összefoglalták, hogy minél intenzívebben trágyázott a talajtanilag és agronómiailag egyébként egységesnek tekinthető mintavételi terület, annál nagyobb a mikroheterogenitás és így annál több rész minta szükséges az átlagminta készítéséhez.

Az 1. táblázat adataiból arra következtethetünk, hogy kísérletünkben a jól-közepesen ellátott, 150–200 mg/kg AL-P₂O₅-tartalmú talajon mintegy 40–60%-os szórással jellemezhető az AL-P mikroheterogenitása. Ha a részminták

szórását pl. 60%-ra becsüljük, és az átlagminta szórását 15%-ra kívánjuk leszorítani, akkor legalább $3600 : 225 = 16$ részfúrás szükséges egy átlagmintához. Ebben az esetben, mivel a középérték 95%-os valószínűséggel ± 2 s értéken belül helyezkedik el, az átlagminta várható P-tartalma 95%-os valószínűségi szinten legfeljebb $\pm 30\%$ -kal tér el a mért értéktől. Ha az átlagminta megbízhatósági intervallumát 20 és 10%-ra, ill.



1. ábra

A %-os szórás és a részminták számának összefüggése

a szórását 10 és 5%-ra kívánjuk mérsékelni, akkor elvileg 36 és 114 részmintára lesz szükség. E csernozjom talaj gyengén trágyázott parcelláin ugyanakkor, ahol az AL-P-tartalmak 20%-os szórást mutatnak, az átlagminták 10%-os szórásainak eléréséhez 4 rész minta is elegendő. Itt az átlagminta tápanyagtartalmát 20 részfúrás esetén már elvileg kerekén 5%-os szórással becsülhetjük.

Az átlagminta tápanyagtartalmának szórása az ilyen módon számítottnál valamivel nagyobb lehet, mert a részminták összekeverése nem tökéletes a gyakorlatban, és ilyenkor már az analitikai hiba is számottevővé válhat. Megjegyezzük, hogy jelen esetben a pontminták elemzési adatainak átlaga jól egyezett az átlagminták vizsgálati eredményével, 1–2 kivételtől eltekintve. Ezt a pontminták és az átlagminták középértékei között 16 adatpárból számított regressziók, ill. az erősen szignifikáns korrelációs koefficiensek is igazolták. A tengelymetszetek (a értékek) nem különböztek szignifikánsan a 0-tól, ill. az origón áthaladó egyenletek regressziós koefficiensei az 1-től ($b = 0,95 \pm 0,05$, ill. $0,98 \pm 0,07$).

A P- és K-tartalmak időbeni változásai

Amint arra korábban utaltunk, a kísérlet eltérő kezelésű 4 parcellájának 3 rétegéből 19 alkalommal 2 párhuzamos átlagmintát vettünk. A 0–20 cm-es rétegek AL-PK-tartalmának időszakos változásait a 2. táblázat mutatja. A parcellánként és rétegenként végzett varianciaanalízisekből kitűnt, hogy az időpontok közötti szórás minden esetben igazolhatóan nagyobb volt, mint a hibaszórás. A közölt SzD-értékekből látható, hogy több esetben bizonyítható és néhány esetben jelentősnek tekinthető eltéréseket találunk az egyes mintavételi időpontokban meghatározott AL-PK-tartalmak között.

Az adatokból ugyan határozott szezonidinamika nem ismerhető fel, de szemmel láthatólag tavasszal nagyobbak az ingadozások, mint a betakarítás után augusztusban. Erre utalnak a 3. táblázat adatai, ahol a 20–40 és a 40–60 cm-es rétegek néhány jellemzőjét is tanulmányozhatjuk.

A viszonylag nagy, a párhuzamosok átlagos szórásából számított szignifikáns különbségeket lényegesen meghaladó eltéréseket a talajban végbemenő abiotikus és biotikus folyamatok tényleges változásain kívül nem ismert, egyelőre véletlennek tekinthető tényezők is okozhatták. (Pl. a rétegmélységek esetleg nem voltak minden esetben azonosak, stb.) Ezt valószínűsíti, hogy a különböző parcellákon a P- és K-tartalmak változásainak iránya nem azonos.

Az itt nem részletezett varianciaanalízisek szerint statisztikailag is igazolható volt, hogy az eltérő tápanyagtartalmú parcellák, valamint az egyes parcellákon belül a

2. táblázat

A 0–20 cm-es rétegek AL-oldható P- és K-tartalmának időszakos változásai (Nagyhörcsök, 1983)

(1) Mintavétel ideje	AL-P ₂ O ₅ , mg/kg				AL-K ₂ O, mg/kg			
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃
márc. 15.	69	179	170	459	114	163	146	324
30.	76	172	194	474	115	124	163	302
ápr. 12.	65	186	193	428	105	132	151	277
26.	112	151	273	374	120	135	165	242
máj. 11.	64	183	190	567	117	142	166	309
24.	68	229	224	471	98	141	196	287
jún. 6.	66	161	203	458	98	115	144	230
23.	63	135	208	451	118	140	213	291
júl. 5.	60	150	191	446	109	150	164	281
19.	66	162	274	478	102	114	148	258
aug. 2.	67	162	160	434	99	146	182	266
16.	61	152	214	472	93	124	147	264
30.	69	203	191	514	99	130	145	280
szept. 14.	66	172	241	412	103	120	169	264
28.	72	162	231	479	119	156	154	268
okt. 12.	64	158	217	416	103	114	157	249
26.	68	188	283	480	116	124	163	252
nov. 9.	60	176	226	453	117	128	172	254
23.	60	189	225	446	107	122	190	240
a) SzD _{5%}	6	29	37	52	13	24	15	35
b) Átlag	68	172	216	458	108	133	165	270

3. táblázat

Az átlagminták AL-oldható P- és K-tartalmának néhány mutatója (Nagyhőresök, 1983)

(1) Réteg, cm	(2) Ellátottsági szint	\bar{x}	márc. 15—nov. 29.				aug. 2—30.			
			(3) SzD _{5%}	x_{\min}	x_{\max}	w*	\bar{x}	x_{\min}	x_{\max}	w*
AL-P₂O₅ mg/kg										
0—20	000	68	6	60	112	52	66	62	69	7
	111	172	29	136	230	94	172	152	203	51
	222	216	37	160	284	124	189	160	214	54
	333	459	52	374	568	194	473	434	514	80
20—40	000	45	7	34	62	28	43	42	46	4
	111	75	14	52	103	51	75	62	88	26
	222	79	22	54	115	61	72	64	78	14
	333	158	34	80	288	208	126	112	154	42
40—60	000	30	5	23	35	12	28	27	29	2
	111	34	9	28	42	14	33	28	42	14
	222	38	12	28	62	34	30	28	62	34
	333	52	11	37	72	35	39	37	42	5
AL-K₂O mg/kg										
0—20	000	108	13	93	120	27	97	93	100	7
	111	133	24	114	164	50	134	124	146	22
	222	165	15	144	214	70	158	145	182	37
	333	270	35	230	324	94	270	264	280	16
20—40	000	84	15	57	106	49	79	72	83	11
	111	85	12	66	106	40	84	78	88	10
	222	103	20	78	127	49	103	97	116	19
	333	152	13	111	215	104	122	112	128	16
40—60	000	60	13	39	78	39	57	54	62	8
	111	52	9	36	67	31	52	45	60	15
	222	60	5	39	78	39	61	56	66	10
	333	67	6	52	84	32	62	56	66	10

* w = variációs szélesség = $x_{\max} - x_{\min}$

rétegek AL-PK-tartalma közötti különbségek nagysága változott a mintavétel idejétől függően. A különböző típusú (az eltérő nagyságú szórások kiküszöbölésére logaritmi-kus transzformáció után is készített) varianciaanalízisekből számított „idő × parcella”, ill. „idő × rétegmélység” kölcsönhatások ugyanis szignifikánsak és gyakran nagyobbak vagy azonosak voltak az „idő” tényező fő hatásánál.

A bizonyítható kölcsönhatások oka lehet, hogy a különböző tápanyagtartalmú és tulajdonságú talajok eltérően befolyásolják az AL-PK-tartalom változásait. Az sem kizárt azonban, hogy a parcellák közti hibaszórás lényegesen nagyobb, mint a parcellán belüli. A kérdés eldöntéséhez további vizsgálatok szükségesek.

Az eddigi eredményekből is valószínű azonban, hogy ha a MÉM NAK által javasolt ellátottsági kategóriákat alkalmazzuk, a mintavétel idejétől függően legfeljebb egy kategória eltéréssel ítéltük meg a talaj PK-ellátottságát. A gyengén ellátottnak becsült talajt a későbbi mintavételek során sem találtuk jól ellátottnak és fordítva, a jól vagy igen jól ellátott parcellákon egyszer sem kaptunk kis értékeket. Mindenesetre felvetődik, hogy szükség van-e 5 vagy 6 ellátottsági kategóriára? A kalibrációs nehézségek miatt is elegendő lenne számos külföldi országhoz hasonlóan, a

gyenge, közepes, jó és esetleg a felesleges PK-ellátottságot jelző határértékekkel jellemezni.

Másrésről, amikor a kalibrációs kísérletekben a talaj tápanyagtartalma és a műtrágyahatások közötti összefüggéseket vizsgáljuk, célszerű lehet a növények betakarítása után legalább 2 alkalommal talajmintát venni. Mintavételkor a parcellák szélétől 1–2 m sávot ajánlatos elhagyni és csak a belső „nettó” területről gyűjteni részmintákat kisparcellás tartamkísérletekben, a talajműveléssel okozott áthordások miatt. Régebbi vizsgálataink szerint az áthordás esetenként a 1,5–2 m távolságban is kimutatható volt az AL-P-tartalmakban.

Az NH₄⁺ és NO₃⁻-tartalom időbeni változásai

Az 1983-ban lefolytatott szezonális mintavételezést megelőzően N-műtrágyázás utoljára 1982. XI. 11-én történt 0, 100, 200, 300 kg/ha N-adagokkal. A mák

4. táblázat

A 0–60 cm-es rétegek NH₄⁺ és NO₃⁻-N-tartalmának átlagai (Nagyhörcsök, 1983)

(1) Tápelem- ellátottsági szint	(2) Réteg, cm			(3) átlag
	0–20	20–40	40–60	
NH₄⁺-N, mg/kg				
N ₀ P ₀ K ₀	10,5	8,5	10,1	9,7
N ₁ P ₁ K ₁	10,6	9,7	9,6	10,0
N ₂ P ₂ K ₂	10,8	9,5	8,8	9,7
N ₃ P ₃ K ₃	10,4	7,8	8,8	9,0
a) SzD _{5%}	0,8	0,9	0,9	0,4
CV	16,5	22,2	21,5	9,9
b) Átlag	10,6	8,9	9,3	9,6
NO₃⁻-N, mg/kg				
N ₀ P ₀ K ₀	19,9	13,5	10,7	14,7
N ₁ P ₁ K ₁	18,5	14,3	14,9	15,9
N ₂ P ₂ K ₂	24,7	16,3	23,3	21,4
N ₃ P ₃ K ₃	28,3	26,1	42,9	32,4
a) SzD _{5%}	0,8	1,0	1,1	0,6
CV	7,6	12,9	10,5	5,7
b) Átlag	22,9	17,6	22,9	21,1
(NH₄⁺ + NO₃⁻)-N, mg/kg				
N ₀ P ₀ K ₀	30,4	22,0	20,7	24,4
N ₁ P ₁ K ₁	29,1	24,0	24,5	25,9
N ₂ P ₂ K ₂	35,5	25,7	32,2	31,1
N ₃ P ₃ K ₃	38,6	33,9	51,6	41,4
a) SzD _{5%}	1,2	1,5	1,6	0,7
CV	7,6	12,1	10,6	5,2
b) Átlag	33,4	26,4	32,2	30,7

jelzőnövényt műtrágyázás nélkül 1983. III. 17-én vetettük el és VII. 22-én kézzel vágtuk le a mákgubókat, majd VIII. 22-én a szarát takarítottuk be. A következő évi őszi repce alá VIII. 31-én juttattuk ki a N-adagok felét, majd IX. 14-én került sor a repce vetésére.

A 0–60 cm-es réteg NH_4^- és NO_3^- -tartalmának átlagait a 4. táblázatban, míg szezonális változásait az 5. táblázatban mutatjuk be. Meg kell jegyeznünk, hogy a NO_3^- -N tulajdonképpen (NO_3^- - NO_2^-)-N mennyiséget jelent, de a NO_2^- -mennyiségek elhanyagolhatóan kicsik voltak.

A 4. táblázatból látható, hogy míg a rendszeres N-trágyázás hatására a talaj NO_3^- -tartalma bizonyíthatóan növekedett, a 0–60 cm-es réteg NH_4^- -N-tartalma gyakorlatilag nem függött a N-trágyázástól. A táblázatban közölt statisztikai mutatókat a rétegenként vett kéttényezős varianciaanalízisekből (egyik tényező a mintavétel ideje, másik a N-trágyázás szintje) számítottuk. A CV-értékekből látható, hogy az NH_4^- -N-tartalmak hibaszórása nagyobb, mint a NO_3^- -N-tartalmaké. Az elmondottakból következik, hogy — legalábbis a vizsgálathoz hasonló körülmények között — szaktanácsadás céljaira elsősorban a NO_3^- -tartalmat célszerű meghatározni (NÉMETH és BUZÁS, 1985).

A 0–60 cm-es réteg NO_3^- -tartalmának értelmezése sem problémamentes. A szántott réteg NO_3^- -tartalmának időbeni ingadozása közismerten igen nagy. Az 5. táblázat szerint azonban a 0–60 cm-es rétegben is jelentősek az eltérések. A

5. táblázat

A 0–60 cm-es rétegek NH_4^+ - és NO_3^- -N-tartalmának változásai (Nagyhörcsök, 1983)

(1) Mintavétel ideje	NH_4^+ -N, mg/kg				NO_3^- -N, mg/kg			
	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$	$\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$	$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$	$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$	$\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$
márc. 15.	6,6	8,3	7,8	6,3	11,4	15,6	19,8	29,8
30.	5,5	5,8	4,8	6,3	9,1	11,6	15,4	27,8
ápr. 12.	7,2	6,8	6,5	7,3	12,5	17,8	15,3	19,6
26.	4,4	6,0	8,4	4,8	10,9	16,8	19,0	22,3
máj. 11.	8,9	10,2	8,8	8,0	14,8	14,5	17,8	31,1
24.	5,3	5,6	4,1	3,8	9,1	9,4	14,5	25,1
jún. 6.	3,8	7,5	6,9	4,9	12,6	11,9	14,8	20,0
23.	8,7	7,4	7,4	6,5	11,2	10,2	13,9	21,6
júl. 5.	8,6	9,2	7,9	6,9	12,1	11,3	16,0	28,0
19.	10,9	7,8	10,4	7,5	14,4	12,9	16,3	29,8
aug. 2.	8,8	8,0	8,7	7,3	10,7	10,7	17,6	22,9
16.	12,4	11,8	12,4	13,7	13,3	13,4	20,1	26,3
30.	16,9	18,3	16,9	13,5	20,5	18,3	21,5	36,9
szept. 14.	18,6	19,7	20,3	17,9	20,5	22,6	35,9	47,2
28.	5,7	7,5	3,7	3,3	18,3	20,1	25,4	38,6
okt. 12.	10,6	9,7	8,4	9,5	18,8	21,1	31,3	50,2
26.	16,1	14,7	16,3	18,9	21,5	22,4	34,4	46,6
nov. 9.	11,1	12,1	11,5	12,6	20,3	20,4	31,5	51,0
23.	14,0	13,3	12,9	11,5	17,1	21,6	27,1	41,2
a) SzD _{5%}	1,9	2,2	2,3	1,4	1,8	2,8	1,6	3,4
b) Átlag	9,7	10,0	9,7	9,0	14,7	15,9	21,4	32,4

varianciaanalízisek szerint mind az NH_4 , mind a NO_3 esetében igen erősen bizonyítható volt az időtényező hatása még akkor is, ha ezt az ugyancsak szignifikáns idő \times trágyázás kölcsönhatáshoz viszonyítottuk.

Ugyanez volt a helyzet, ha a márciustól augusztusig és az augusztustól november végéig terjedő időszakot külön vizsgáltuk. A második időszakban augusztus végével, nemcsak az újonnan műtrágyázott parcellákon, hanem részben az „ugarhatás” miatt a trágyázatlan kontrollon is növekedett a NO_3 -N-tartalom. Ebből eredően az ún. N_{\min} módszerrel csak a hasonló környezeti viszonyok (talaj, időjárási, vetésszerkezet, stb.) között található táblák N-ellátottságát becsülhetjük több-kevesebb biztonsággal, lehetőleg több ízben, de egyidőben végzett vizsgálatok alapján.

Az általunk vizsgált, szántott rétegében 3% körüli összes humuszt tartalmazó mészlepedékes csernozjomon a 10–12 mg/kg NO_3 -N még viszonylag gyenge, a 15–20 jó, míg a 20–25 és az e feletti érték már igen jó, esetenként káros N-ellátottságot jelentett a 0–60 cm-es réteg átlagában kora tavasszal. Ezek a becsült határértékek 80–100, 120–180, valamint 200–250 és a feletti összes ásványi N-készletről tanúskodnak, 10 mg/kg N = 80–90 kg/ha N átszámítást feltételezve a 0–60 cm-es rétegben.

Összefoglalás

Egy 10 éves műtrágyázási tartamkísérletben, eltérő NPK-ellátottságú parcellákon vizsgáltuk a 3% humuszt tartalmazó meszes vályog csernozjom AL-oldható P- és K-, valamint a KCl-oldható NO_3 - és NH_4 -tartalmát a 0–20, 20–40 és 40–60 cm-es rétegekben. Eredményeinkből az alábbi főbb megállapítások tehetők:

— A műtrágyázás intenzitásával, ill. a talaj tápanyagtartalmának várható növekedésével nőtt a felvehető NPK-tartalmak mikroheterogenitása. Így pl. az AL-P-tartalmak CV%-a a trágyázatlan talajon 20, a közepesen ellátottn 30–40, míg a jól ellátottn 40–60 körül alakult átlagosan. Az AL-K, valamint a KCl- NO_3 -tartalmak %-os szórása szintén 1,2–2-szeresére nőtt a trágyázással. A feltöltő trágyázást követő első évben az AL-PK-tartalmak CV%-ai mintegy megötszöröződtek a szántott rétegben.

— A mélységgel nem csökkent a felvehető tápelemtartalmak szórása. Szaktanácsadási célokra legalább a 20 pontmintából kevert átlagminta jellemezheti megfelelően mind a szántott réteg, mind a mélyebb rétegek ellátottságát.

— A 19 alkalommal, 2 hetenként rétegenként vett párhuzamos átlagminta (456 db) adatai határozott szezonidőszakot ugyan nem mutattak, azonban jelentős és bizonyítható eltérések mutatkoztak minden vizsgált elem tartalmában a mintavételi időpontok között. Legfeljebb azonban egy ellátottsági kategóriával ítélni lehetjük meg tévesen a talaj ellátottságát. A gyengén ellátottnak becsült talajt a későbbi mintavételek során sem találtuk jól ellátottnak vagy fordítva. Többszöri mintavétel növelheti a becslés, ill. szaktanácsadás biztonságát.

— A rendszeres N-trágyázás a talaj NO_3 -tartalmát növelte a 0–60 cm-es rétegben, míg az NH_4 -tartalom gyakorlatilag nem változott. Az aratást követően, feltehetően az „ugarhatás” miatt a trágyázatlan talajon is megnőtt a NO_3 -tartalom, mintegy 40–60%-kal átlagosan.

— Kísérletünkben alacsony N-ellátottságot jelentett, ha tavasszal a 0–60 cm-es réteg $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete 80–100 kg/ha N alatti, közepeset, ha 120–180, míg az e feletti magas vagy káros N-ellátottság.

Irodalom

- BREMNER, J. M. & KEENEY, D. R., 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. 3. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction distillation methods. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **30**. 577–582.
- JACKSON, M. L., 1958. *Soil chemical analysis* Prentice-Hall, Inc. Englewood, Cliffs. N. J. USA.
- KÁDÁR I., 1980. A kálium jelentősége földművelésünkben és egy csernozjom talaj termékenységében. *Agrokémia és Talajtan.* **29**. 577–594.
- KÁDÁR I., 1986. A tápanyagvizsgálatokat célzó talajmintavétel problémái hazánkban. *Agrokémia és Talajtan.* **35**. 405–414.
- KNITTEL, H. & FISCHBECK, G., 1979 Die Heterogenität des Nitratgehaltes in den Profil-schichten einer Ackerbraunerde zu Beginn des Frühjahrs. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* **142**. 689–695.
- NÉMETH, T. és BUZÁSI, I., 1985. Characterization of the mineral nitrogen content of soils for fertilization advices. In: *Proc. 9th World Fertilizer Congress, June 11–16, 1984, Budapest.* (Eds: Welte, E. and Szabolcs. I.) **2**. 220–224., Goltze-Druck, Goettingen.
- PECK, T. R. & MELSTED, S. W., 1973. Field sampling for soil testing. In: *Soil testing and plant analysis.* (Eds.: WALSH, L. M. and BEATON, J. D.). 67–75. SSSA. Madison, Wisc. USA.
- RAJKAI K., 1975. A talajok N-frakcióinak meghatározásával kapcsolatos módszertani vizsgálatok. (Kézirat) MTA TAKI évi jelentése.
- REUSS, J. O., SOLTANPOUR, P. N. & LUDWICK, A. E., 1977. Sampling distribution of nitrates in irrigated fields. *Agron. J.* **69**. 588–592.
- SARKADI J., 1986. Az AL-oldható foszfor és kálium meghatározásának pontossága, ill. megbízhatósága. *Agrokémia és Talajtan.* **35**. 249–254.
- SARKADI J., KRÁMER M. & THAMM B., 1965. Kalcium- és ammonlaktátos talajkivonatok P-tartalmának meghatározása aszkorbinsav-ónkloridos módszerrel melegítés nélkül. *Agrokémia és Talajtan.* **14**. 75–86.
- SMITH, A. M., 1959. *Soil analysis and fertilizer recommendation.* Proc. No. 57., Fertiliser Society, London.
- VÁRALLYAY GY. & KERESZTÉNY B., 1952. Különbségek és biológiai változások a talaj könnyen oldható táplálóanyag-tartalmában. *Agrokémia és Talajtan.* **1**. 401–424.

Érkezett: 1986. augusztus 3.

Heterogeneity of the readily soluble nutrient content of the soil

J. SARKADI, T. NÉMETH and I. KÁDÁR

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

Summary

In a 10-year long-term NPK fertilization experiment, with 4 levels of supply for each nutrient on a total of 128 plots, analyses were made of the AL-soluble P and K contents and the KCl-soluble NO_3 and NH_4 contents of the soil in the 0–20, 20–40 and 40–60 cm layers. Annual N rates of 0, 100, 200 and 300 kg/ha were distributed in the form of $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$.

The P and K levels were adjusted by the addition of 0, 1000, 2000 and 3000 kg/ha P_2O_5 and K_2O , applied in two doses (in autumn 1973 and 1980) in the form of superphosphate and 60% potassium salt. The results obtained on a calcareous loam chernozem containing 3% humus led to the following major conclusions:

— The microheterogeneity of the available NPK contents increased with the intensity of fertilization, i.e. with the expected increase in the nutrient content of the soil.

— The standard deviation in the available nutrient contents did not decrease with depth. For the purposes of fertilization advice, mean samples mixed from at least 20 point samples should be used to give a satisfactory characterization of supplies to both the ploughed layer and deeper layers.

— Data for mean samples taken simultaneously from each layer every two weeks on a total of 19 occasions (456 in all) showed no definite seasonal dynamics, but significant differences were found for the contents of each element between the sampling dates. However, errors in judging the nutrient supply of the soil will not be greater than one supply category. Soils estimated as having poor supplies were not found to be well supplied at later sampling dates, and vice versa. Repeated samplings may increase the reliability of the estimation and the advice given.

— Regular N fertilization increased the NO_3^- content of the soil in the 0–60 cm layer, while there was practically no change in the NH_4^+ content. After harvesting, presumably due to the “fallow effect”, the NO_3^- content rose even on unfertilized soils by an average of 40–60%.

— In the current experiments the N supplies were considered to be low if the NO_3^- -N reserves of the 0–60 cm layer in spring were lower than 80–100 kg/ha N, medium if the reserves were 120–180 kg/ha and dangerously high if the reserves exceeded this figure.

Table 1. Standard deviations of the AL-P and K contents of point samples as a function of nutrient supplies and depth (calcareous chernozem soil, Nagyhörcsök, $n=20$). (1) Mean of the years 1974 and 1983.

Table 2. Periodic changes in the AL-soluble P and K contents of the 0–20 cm layers (Nagyhörcsök, 1983). (1) Date of sampling. a) $LSD_{5\%}$. b) Mean.

Table 3. Certain indices of the AL-soluble P and K contents of mean samples (Nagyhörcsök, 1983). (1) Layer, cm. (2) Supply level. (3) $LSD_{5\%}$. *w = range ($x_{max} - x_{min}$).

Table 4. Mean values for the NH_4^+ - and NO_3^- -N contents of the 0–60 cm layers (Nagyhörcsök, 1983). (1) Nutrient supply level. a) $LSD_{5\%}$. b) Mean.

Table 5. Changes in the NH_4^+ - and NO_3^- -N contents of the 0–60 cm layers (Nagyhörcsök, 1983). (1) Date of sampling. a) $LSD_{5\%}$. b) Mean.

Fig. 1. Correlation between % standard deviation and the number of part samples.

Неоднородность содержания в почве легкорастворимых питательных веществ

Я. ШАРКАДИ, Т. НЕМЕТ и И. КАДАР

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

В десятилетних опытах, на 128 делянках с уровнями обеспеченности тремя элементами питания 4–4, в слоях почвы 0–20, 20–40 и 40–60 см определили содержание AL-растворимых фосфора и калия, а также KCl-растворимых NO_3^- и NH_4^+ . Ежегодно в форме $NH_4NO_3 + CaCO_3$ в почву вносили в дозу 0, 100, 200 и 300 кг/га азота. Уровни обеспеченности фосфором и калием создали, используя действующие начала

P_2O_5 и K_2O в дозах 0, 1000, 2000 и 3000 кг/га, внося их в два раза (осенью 1973 и 1980 г) в форме суперфосфата и 60%-ой калийной соли. Результаты, полученные на карбонатном суглинистом черноземе с содержанием гумуса 3%, позволили сделать следующие выводы:

— С интенсивностью внесения минеральных удобрений, или с ожидаемым увеличением содержания питательных веществ в почве увеличилась микрогетерогенность содержания усвояемых NPK-элементов;

— Рассеивание содержания усвояемых питательных элементов с глубиной не снизилось. Для целей составления рекомендаций по внесению минеральных удобрений обеспеченность питательными элементами как пахотного, так и более глубоких слоев почвы можно соответствующим образом охарактеризовать на основе среднего образца, получаемого при смешивании образцов, взятых по крайней мере из 20 точек;

— Данные, относящиеся к средним образцам, которые брали параллельно по отдельным горизонтам в 19-ти случаях каждые две недели (456 шт), не показали определенную сезонную динамику, все же были отмечены значительные и достоверные различия между содержанием каждого определяемого элемента и сроками взятия образцов. В оценке обеспеченности почвы питательными элементами могли ошибаться самое большое на одну градацию. Почвы, считавшиеся слабообеспеченными питательными веществами, после анализа следующей серии образцов не переходили в категорию хорошо обеспеченных и наоборот. По мере увеличения количества взятых образцов повышается достоверность оценки и рекомендаций;

— Систематическое внесение азотных минеральных удобрений увеличило содержание NO_3 в слое почвы 0–60 см, содержание NH_4 не изменилось. После уборки, по всей вероятности под влиянием «парования», содержание NO_3 увеличилось и в неудобренной почве, в среднем на 40–60%-ов;

— В данных опытах, под слабой обеспеченностью почвы азотом понимали содержание весной, в слое 0–60 см NO_3-N ниже 80–100 кг/га азота, под средней 120–180 кг/га азота, если содержание NO_3-N превышало последнюю величину, почвы относили к высоко или излишне высоко обеспеченной азотом.

Табл. 1. Рассеивание содержания AL–PK в точечных образцах в зависимости от обеспеченности почвы питательными веществами и глубины взятия образцов (мицелярный чернозем, Надьхёрчэк, $n=20$). (1) Среднее за 1974 и 1983 годы.

Табл. 2. Сезонное изменение содержания AL-растворимых фосфора и калия в слое почвы 0–20 см (Надьхёрчэк, 1983). (1) Время взятия образцов. а) $СНР_{5\%}$. б) Среднее.

Табл. 3. Некоторые показатели содержания AL-растворимых фосфора и калия в средних образцах (Надьхёрчэк, 1983). (1) Слой почвы, см. (2) Уровень обеспеченности. (3) $СНР_{5\%}$. *w = широта вариаций ($x_{макс} - x_{мин}$).

Табл. 4. Средние величины содержания NH_4 и NO_3-N (Надьхёрчэк, 1983). (1) Уровень обеспеченности питательным элементом. а) $СНР_{5\%}$. б) Среднее. (2) Слой почвы, см. (3) Среднее.

Табл. 5. Изменение содержания аммонийного и нитратного азота в слое почвы 0–60 см (Надьхёрчэк, 1983). (1) Время взятия образцов. а) $СНР_{5\%}$. б) Среднее.

Рис. 1. Зависимость между процентным рассеиванием и количеством частных образцов.