

A talajok humuszminőségének és környezetvédelmi kapacitásának változása műtrágyázás hatására

DEBRECZENI BÉLÁNÉ és GYŐRI DÁNIEL

MTA-PATE Agrokémiai Kutatócsoport, Keszthely

A nemzetközileg jól ismert tartamkísérletekben megállapították, hogy a talaj humusztartalma szántóföldi művelés alatt trágyázás nélkül csökken és 50-100 év kell ahhoz, hogy ezeken a talajokon új egyensúlyi helyzet alakuljon ki és a humusztartalom csökkenése megálljon (KÖRSCHENS, 1994).

A közel három évtizede folyó hazai tartamkísérletekben (OMTK) mi is megállapítottuk a trágyázatlan talaj humusztartalom csökkenését (DEBRECZENINÉ & GYŐRI, 1997). Ugyanakkor nitrogén-műtrágyázás hatására, a dózistól függően a talajok humusztartalma nőtt, így a talaj humuszmérlege egyensúlyba került, sőt nagyobb N-dózisoknál már pozitív mérleget kaptunk. Szükségesnek látszik azonban annak tisztázása, hogy ilyen feltételek mellett hogyan változik meg a humuszanyagok minősége.

A humuszanyagok minőségének és a talajok környezetvédelmi kapacitásának vizsgálatával HARGITAI (1983a,b) foglalkozott. A környezetvédelmi kapacitás fogalmának bevezetése a szakirodalomban is az ő nevéhez fűződik (HARGITAI, 1982). A humuszminőség vizsgálatára bevezette a két oldószeres (NaOH, NaF) kivonási eljárást (HARGITAI, 1957).

A humuszvegyületek optikai tulajdonságai és N-tartalmuk közötti összefüggésre is HARGITAI (1974) hívta fel a figyelmet és ennek jellemzésére az R érték meghatározását javasolta.

A talaj humuszvegyületeinek tulajdonságaival sokan foglalkoztak, de környezetvédelmi szempontból a talaj szerves anyagainak szerepével foglalkozó vizsgálatok és értékelések csak az utóbbi évtizedben váltak általánossá.

Ismeretes, hogy a növekvő műtrágyázás az utóbbi évtizedekben jelentős különbséget hozott létre a talajok szervesanyag-tartalmában, a talajból a légkörbe jutó gázok (CO₂, N₂O, CH₄) mennyiségében és a talajvizek nitrát-szennyeződésében. A környezet megóvása érdekében fontos szerepet játszik a talaj szervesanyag-tartalma, mely két részre osztható: az inert vagy „tartós humusz” részre és a könnyen mineralizálódó, vagy „táphumusz” részre. Az inert részhez a humusz és a huminsavak tartoznak, míg a táphumuszhoz a fulvósavak és egyéb kis molekulású szerves vegyületek. A talaj N-szolgáltatása a kis molekula-

súlyú, könnyen oldható szerves anyag frakcióhoz köthető, amint ez az alábbiakban közölt irodalomból következik. A huminsav frakció ugyanekkor a talajszerkezet stabilizálásában a nehézfém szennyezések lekötésében, a növényvédőszer megkötésében, toxicitásuk csökkentésében és a talajvízbe történő bejutásuk megakadályozásában játszik nagyobb szerepet. A humuszvegyületek polifunkcionális jellegét a N-tartalom növekedése erősíti.

A talajoknak azonban a talajtípustól függő optimális szervesanyag-tartalma van, amihez optimális N-tartalom tartozik. Erre utalnak KÖRSCHENS (1995) vizsgálatai, aki több évtizedes (30 évtől 100 évig tartó) szántóföldi kísérletekben a szerves- és műtrágyakezeléseket összehasonlítva a kontrollkezeléssel megállapította, hogy trágyázás hatására nőtt a talaj szerves-C-tartalma és N-tartalma. Úgy találta, hogy az optimális C-tartalom a talajban 0,2-0,7 % között van (0,34-1,21 % humusz), míg az optimális N-tartalom 0,02-0,07 % az általa vizsgált területen Németországban.

Hazai talajaink szervesanyag-tartalma és N-forgalmának összefüggéseivel NÉMETH (1996) foglalkozik részletesen. A talaj N-szolgáltató kapacitását a könnyen oldható szervesanyag-tartalom alapján meghatározhatjuk (FOX & PIEKIELEK, 1978) módszerével. A módszer hazai alkalmazásánál GYŐRI és munkatársai (1989, 1990) megállapították, hogy az optimális dózissnál nagyobb N-dózisok megnövelik a talaj N-szolgáltató kapacitását, ez azonban sem a búza-, sem a kukoricatermésben nem realizálódik. A módszer alkalmazása tehát lehetővé teszi az optimális N-dózis kiszámítását a növénytől és a talaj N-szolgáltatásától függően, így elkerülhető a N túladagolása, ami mind ökonómiailag, mind környezeti szempontból fontos.

Lényeges megismerni a N-műtrágyázás hatására létrejövő, a szerves anyagokban végbemenő minőségi változásokat is, melynek tanulmányozására a Hargitai által javasolt módszerek mellett a színarány vizsgálatok is alkalmasak. A színarány a talajból nyert huminsav (HS) és fulvósav (FS) frakciók 465 és 665 nm hullámhosszú fényenél mért fényabszorpció hányadosa (E_4/E_6), ami bizonyos határok között független a humuszanyagok koncentrációjától, de a talajtípusoktól függően változik. KONONOVA (1966) a színarány értékét a különböző zonális talajtípusokban a huminsav frakcióban 3,0-5,0 közötti értéknek találta, míg a fulvósav frakcióban 6,0-8,5 közöttinek. KONONOVA azt is feltételezi, hogy kis színarány értéknél a kondenzált aromás gyűrűs vegyületek aránya nagy, míg nagy színarány értékeknél kicsi. CHEN és munkatársai (1977) vizsgálatai szerint a talajból kinyert HS és FS frakciók nem kondenzált gyűrűs vegyületeket tartalmaznak nagy koncentrációban, hanem hosszú szénláncokból álló vegyületeket. Így a színarány mérésével nem igazolható az aromás gyűrűs vegyületek nagy koncentrációja. Azt azonban ezek a vizsgálatok bizonyították, hogy a kis színarány a molekulaméret és molekulasúly növekedésével arányos. Ezek a nagyobb molekulák nagyobb C-tartalmúak, de kevesebb oxigént és kevesebb karboxil-csoportot tartalmaznak. A nagy színarány ezzel ellentétben kisebb molekulájú vegyületekre, kevesebb C-tartalomra, de több oxigén- és több karboxil-csoport jelenlétére, azaz több aktív csoportra utal.

MICHÉLI és munkatársai (1995) OMTK-kísérletekből származó talajmintákkal végeztek vizsgálatokat trágyázatlan és műtrágyázott ($N_{250}P_{200}K_{200}$) kezelésekből. Gélkromatográfiás molekulaméret-eloszlás vizsgálattal megállapították, hogy a műtrágyázott parcellák talajában nőtt a kisebb molekulaméretű vegyületcsoport aránya a nagy molekulaméretűekhez képest. Ezt az eredményt a színaránymérések is alátámasztották, mivel a műtrágyázott talajokon nőtt a színarány a kontrollhoz képest.

PICCOLO (1988) láptalajból nyert humusz extraktumok színarányvizsgálatával arra az eredményre jutott, hogy a tisztított extraktumokban a C/N arány csökkenésével nőtt a színarány értéke, vagyis nőtt a kisebb molekulású frakció mennyisége. A láptalajból kinyert huminsav frakció színaránya 4,31-6,30 között változott, míg a C/N arány 34,0-ről 12,5-re csökkent. Ez feltehetően a talaj N-szolgáltatásának növekedését jelenti.

Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz 28 éves OMTK, a B 17-es (I. kísérlet) tartamkísérletekből vettünk átlagtalajmintákat 0-20 cm-es talajrétegből, parcellánként 20 helyről botfúróval, 7 kísérleti helyen.

A kísérleti helyek talajtípusai:

1. Karcag: Réti csernozjom (Gleyic Chernozem);
2. Keszthely: Ramann-féle barna erdőtalaj (Humic Cambisol);
3. Kompolt: Csernozjom barna erdőtalaj (Chernozemic Cambisol);
4. Mosonmagyaróvár: Öntés csernozjom (Fluvis Chernozem);
5. Bicsérd: Csernozjom barna erdőtalaj (Chernozemic Cambisol);
6. Hajdúböszörmény: Réti csernozjom (Gleyic Chernozem);
7. Iregszemcse: Mészlepedékes csernozjom (Calcic Chernozem).

A B vetésforgó növényei: búza, kukorica, kukorica, búza.

Keszthelyen az A vetésforgót is vizsgáltuk, melynek növényei: búza (7 év), kukorica (12 év), borsó (7 év), tavaszi árpa (1 év) és repce (1 év).

A kísérletekről részletes információt DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ (1994) munkájában találunk.

A műtrágyakezeléseket az 1. táblázatban láthatjuk. Vizsgálatainkat az 1., 2., 3., 4. és 20. sorszámú kezelések talajával végezzük.

A következő talajvizsgálatokra került sor: humusz- és összes-N meghatározás Tyurin szerint; stabilitási szám (Q), stabilitási koefficiens (K), általános környezetvédelmi kapacitás (EPC_G) és speciális környezetvédelmi kapacitás (EPC_S) Hargitai szerint.

A talajvizsgálatokat a „Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv” (BUZÁS, 1988), ill. a humusz- és összes-N meghatározását a BALLENEGGER & DI GLÉRIA (1962) által szerkesztett módszerkönyv szerint végeztük.

I. táblázat
Az I. kísérlet (1967) tápanyagkezelései hatóanyagokban
 (N, P₂O₅, K₂O), kg/ha/év

A. Az I. kísérletben felhasználásra kerülő tápanyagmennyiségek

(1) Tápanyag (elem)	(2) 1-4. évben (1. ciklus)			(6) 5-20. években (2-5. cikl.)			(7) 21. évtől (6-8. ciklusok)		
	(3) búza ⁺	(4) kukorica [#]	(5) borsó *	(3) búza ⁺	(4) kukorica [#]	(5) borsó *	(3) búza ⁺	(4) kukorica [#]	(5) borsó *
N ₁	35	40	0	50		0	100		50
N ₂	70	80	20	100	25*	40	150		75
N ₃	105	120	40	150	50*	80	200		100
N ₄	140	160	40	200	75*	120	250		125
P ₁	35	35	40	50		50	60		60
P ₂	70	70	80	100		100	120		120
P ₃	105	105	120	150		150	180		180
K ₁	70	100	80	100		100	100 ⁺ , 200 [#]		100
K ₂	140	200	160	-		-	150 ⁺ , 250 [#]		150

*A 2. és 3. ciklusban a kisebb adagok, a 4. és 5. ciklusban a nagyobb adagok alkalmazva.

B. Az I. kísérlet (1967) kezelései

(1) Sorszám	(2) NPK kódok	(3) Tápanyagszint	(1) Sorszám	(2) NPK kódok	(3) Tápanyagszint
1.	000	0	11.	101 (102)	N ₁ P ₀ K ₁ (2)
2.	100 (101)	N ₁ P ₀ K ₀ (1)	12.	111 (112)	N ₁ P ₁ K ₁ (2)
3.	110 (111)	N ₁ P ₁ K ₀ (1)	13.	121 (122)	N ₁ P ₂ K ₁ (2)
4.	120 (121)	N ₁ P ₂ K ₀ (1)	14.	201 (202)	N ₂ P ₀ K ₁ (2)
5.	200 (201)	N ₂ P ₀ K ₀ (1)	15.	211 (212)	N ₂ P ₁ K ₁ (2)
6.	210 (211)	N ₂ P ₁ K ₀ (1)	16.	221 (222)	N ₂ P ₂ K ₁ (2)
7.	220 (221)	N ₂ P ₂ K ₀ (1)	17.	301 (302)	N ₃ P ₀ K ₁ (2)
8.	300 (301)	N ₃ P ₀ K ₀ (1)	18.	311 (312)	N ₃ P ₁ K ₁ (2)
9.	310 (311)	N ₃ P ₁ K ₀ (1)	19.	321 (322)	N ₃ P ₂ K ₁ (2)
10.	320 (321)	N ₃ P ₂ K ₀ (1)	20.	431, 432* (432)	N ₄ P ₃ K ₁ búza N ₄ P ₃ K ₂ kuk. N ₄ P ₃ K ₂ (2)

* K-műtrágyázás: az 5-20. években a 100 kg K₂O kg/ha/év volt alkalmazva minden növénynél. A 21. évtől pedig megváltozott növényenként, a búzánál az 1: 100, a 2: 150 kg K₂O/ha/év, a kukoricánál az 1: 200, a 2: 250 kg K₂O/ha/év a vetésforgókban.

Színarány (E_4/E_6) meghatározásához a vizsgálatokat 0,125 N NaOH talaj-kivonatban végeztük és $E_4=465$ nm, $E_6=660$ nm-nél mért extinkció értékekből számítottuk. A talajkivonatot a Hargitai-féle stabilitási számnál leírt módon készítettük.

Az eredmények értékelése

A 2. táblázatban láthatók a talajok környezetvédelmi kapacitásának adatai és ennek számításához szükséges optikai és kémiai humuszvizsgálati alapértékek. A táblázatban kísérleti helyenként 4 kezelés és a kontroll talajvizsgálati adatai láthatók. Az adatok 4 ismétlésből vett talajminták átlagértékei.

A humuszvizsgálati adatok szerint a kontrollkezeléshez képest a műtrágyázott talajok humusztartalma nőtt. A nagyadagú N-kezelés (431) a talajok humusztartalmát a kontrollhoz képest 0,18 %-ról 0,40 %-ig növelte, de Hajdú-

2. táblázat
A talajok környezetvédelmi kapacitása és ehhez szükséges adatok

(1) Keze- lés	(2) Szén %	(3) Hu- musz %	(4) Összes N, mg/ 100 g	Q	K	R	EPC _G	EPC _S
<i>Karcag</i>								
000	1,52	2,61	135,8	8,37	3,25	0,29	431	38
100	1,59	2,75	138,4	6,89	2,53	0,22	375	11
110	1,56	2,70	137,9	9,96	3,70	0,33	536	47
120	1,66	2,87	151,9	5,11	1,83	0,17	286	26
431	1,74	3,01	164,5	2,88	0,97	0,09	178	16
a) SzD _{5%}	0,06	0,11			0,50			
<i>Keszthely „A” forgó</i>								
000	0,91	1,56	98,9	6,20	4,02	0,45	195	21
100	1,00	1,72	106,4	4,97	2,89	0,30	171	18
110	1,05	1,82	120,4	4,33	2,37	0,27	158	18
120	1,06	1,84	104,2	4,48	2,42	0,24	165	16
431	1,09	1,88	112,2	4,56	2,63	0,29	160	19
a) SzD _{5%}	0,05	0,09			0,50			
<i>Keszthely „B” forgó</i>								
000	0,95	1,64	95,2	4,79	2,90	0,29	158	16
100	0,93	1,61	105,7	4,44	2,77	0,31	142	16
110	1,03	1,77	102,9	2,84	1,63	0,17	99	10
120	1,01	1,74	105,7	3,76	2,28	0,24	138	14
431	0,97	1,67	113,4	2,97	1,78	0,21	101	11
a) SzD _{5%}	0,05	0,09			0,50			

2. táblázat folytatása

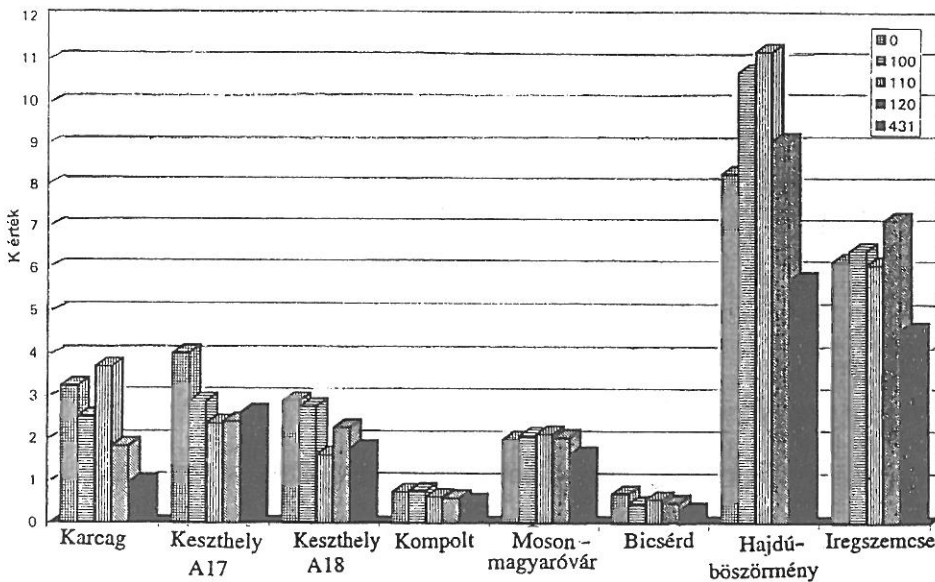
(1) Keze- lés	(2) Szén %	(3) Hu- musz %	(4) Összes N, mg/ 100 g	Q	K	R	EPC _G	EPC _S
<i>Kompolt</i>								
000	1,38	2,39	116,9	1,78	0,76	0,07	82	7
100	1,54	2,62	129,5	2,05	0,78	0,06	108	8
110	1,55	2,67	135,8	1,70	0,64	0,06	90	8
120	1,55	2,67	134,4	1,61	0,61	0,05	86	7
431	1,63	2,82	148,5	1,45	0,53	0,05	79	7
a) SzD _{5%}	0,06	0,11			0,50			
<i>Mosonmagyaróvár</i>								
000	0,91	1,57	98,7	3,26	2,00	0,22	107	11
100	0,94	1,62	101,5	3,37	2,09	0,23	109	12
110	0,97	1,68	100,8	3,59	2,13	0,21	121	12
120	0,98	1,68	98,9	3,51	2,05	0,19	120	11
431	1,01	1,74	119,0	2,85	1,64	0,19	98	11
a) SzD _{5%}	0,05	0,09			0,50			
<i>Bicsérd</i>								
000	1,24	2,15	125,3	1,56	0,72	0,07	67	7
100	1,25	2,16	128,8	1,02	0,47	0,05	43	5
110	1,27	2,19	122,5	1,26	0,58	0,06	54	5
120	1,23	2,13	123,9	1,07	0,50	0,05	46	5
431	1,33	2,29	139,1	0,72	0,31	0,03	33	3
a) SzD _{5%}	0,06	0,11			0,34			
<i>Hajdúböszörmény</i>								
000	2,96	5,10	236,2	43,2	8,30	0,59	2311	318
100	3,14	5,42	255,3	49,8	10,71	0,95	4785	409
110	3,14	5,42	241,5	59,7	11,20	0,85	6411	487
120	3,14	5,42	243,4	47,3	9,09	0,73	4983	396
431	3,47	5,98	272,1	34,3	5,75	0,44	4088	310
a) SzD _{5%}	0,29	0,51			1,01			
<i>Iregszemcse</i>								
000	1,37	2,35	139,3	14,5	6,18	0,63	682	69
100	1,38	2,38	151,9	15,2	6,44	0,71	719	79
110	1,40	2,41	147,7	14,7	6,10	0,65	713	75
120	1,40	2,41	146,2	17,3	7,17	0,74	841	87
431	1,49	2,57	158,9	11,7	4,57	0,49	602	64
a) SzD _{5%}					1,01			

Q: stabilitási szám; K: stabilitási koefficiens; EPC_G: általános környezetvédelmi kapacitás; EPC_S: speciális környezetvédelmi kapacitás (HARGITAI szerint)

böszörményben a réti csernozjom talajon 0,88 %-kal. A növekedés mindenütt szignifikáns volt, kivéve Keszthelyen a B forgó 431 kezelését.

Ennek ismeretében célszerűnek látszott megvizsgálni, hogyan változik meg N-műtrágyázás hatására a humuszanyagok minősége és a talaj környezetvédelmi kapacitása.

Az 1. ábrán a K értékek változását ábrázoltuk a kezelések függvényében termőhelyenként, mivel HARGITAI (1983b) szerint a K értékek alkalmasak a talajok humuszanyagaiban levő minőségi különbségek bemutatására.



1. ábra

K értékek változása termőhelyenként és kezelésenként

A talajtípusok között a K értékek jelentős különbséget mutatnak, bár talajtípusokon belül is jelentős eltérések vannak, amint ez a 3. táblázatból is látható.

A 2. táblázat K értékeit vizsgálva megállapítható, hogy a legkisebb K értékeket Kompolton és Bicsérdén mértük (0,76-0,53 és 0,72-0,31), ami a Ramann-féle barna erdőtalaj humuszminőségének felel meg. Mosonmagyaróváron a humuszminőség az öntés csernozjom típusra jellemző értékeket mutatja. Hajdú-böszörmény és Iregszemcse talaja a K értékek alapján a csernozjomokra jellemző humuszminőséggel rendelkezik. Keszthelyen az „A” forgó talajának humuszminősége csaknem minden kezelésben jobb, mint a „B” forgó humuszminősége, de mindkét forgónál a K értékek a csernozjom jellegű humuszminőséghez közeli. Kiugróan jó az „A” forgó 000-kezelés humuszminősége. Ennek az lehet a magyarázata, hogy ebben a forgóban 7 év borsónövény szerepel, ami pillangós növényként jelentős N-mennyiséget köt meg, így a talajban a gyökér-

3. táblázat
Különböző talajok jellemző K értékei (HARGITAI, 1983b)

(1) Talajtípus	(2) K érték
a) Agyagbemosódásos barna erdőtalajok	0,2-0,4
b) Ramann-féle barna erdőtalajok	0,4-0,9
c) Csernozjom barna erdőtalajok	1,0-1,7
d) Réti talajok	0,3-0,9
e) Réti csernozjomok	0,6-2,5
f) Öntés csernozjomok	0,6-1,7
g) Humuszos öntéstalajok	0,2-0,4
h) Mészlepedékes csernozjomok	5,0-10,0

maradványok kedvező C/N aránya miatt a humuszminőséget jelentősen javítja. Erre utal a kontrollkezelés nagy K értéke. Emellett a borsó még a műtrágyakezelések hatását is kiegyenlítettebbé tette, sőt a nagyadagú N-műtrágya-kezelés (431) B forgóban mutatkozó negatív hatását is szignifikánsan kompenzálta.

A fentiekből azonban nem következtetünk arra, hogy a talajtípus helyszíni meghatározása nem megfelelő. A helyszíni felvételezésnél történő talajtípus-meghatározásnál ugyanis a talaj genetikai szintjeinek, vagyis a talaj múltjának - mely évszázados változásokat hordoz - döntő szerepe van. Ami a humusz minőségében történő változásokat illeti, az az emberi tevékenység (talajművelés, trágyázás, vetésforgó stb.) következményeként értékelhető. A Hargitai által jellemzőnek ítélt K értékek erdőtalajok esetében az eredeti növényzet alatt lévő talajok K értékei, míg a kísérleti telepek talaja hosszabb ideje művelés alatt áll, így a kultúrnövények gyökér-, szár- és levélmaradványainak, valamint a talajművelésnek és trágyázásnak a hatása a humuszképződésre jelentős változást okozott és a humuszminőség javulásával járt. Ennek eredményeként megállapítható, hogy a természetes növénytakaró alatt évszázadok vagy évezredek alatt kialakult talajtípus kultúrváltozata alakult ki az emberi tevékenység hatására, ami a humuszminőség megváltozásával, annak javulásával jellemezhető, mivel a humusz minőségét a csernozjom jellegű változás irányába változtatja meg, ugyanis a K értékek növekedése a csernozjom talajok humuszminőségéhez közelít. A borsónövény régóta kedvezőnek ítélt hatását a humuszminőség-vizsgálatok ugyancsak igazolják.

Az 1. ábrán grafikusán ábrázoltuk a K értékeket, így jól láthatók a talajtípusok közötti különbségek, de jól tanulmányozható a műtrágyakezelések hatása is. Megállapítható, hogy a nagyadagú N-műtrágya-kezelés (431) minden termőhelyen csökkentette a K értéket a kontrollhoz képest, de a többi kisadagú N-kezeléshez képest is. A nagyadagú N-műtrágyázás tehát a humusz stabilitási koeficiensre kedvezőtlen hatású, mivel csökkenti azt. Ez a hatás jelentkezik az általános környezetvédelmi kapacitás értékeknél is, de a C/N arány változása miatt a speciális környezetvédelmi kapacitás értékeknél is. Amint a 2. táblázatban

látható, jelentős különbségek vannak a környezetvédelmi kapacitás értékekben a talajok között. A kezelések hatása egy talajtípuson belül gyakran jelentős, de nem szignifikáns az adatok nagy szórása miatt, aminek okát nem sikerült tisztázni. Bizonyos tendenciákra azonban mégis következtethetünk. Kiugróan nagy általános és speciális környezetvédelmi kapacitás értékeket találtunk Hajdúböszörményben a réti csernozjom talajon, ennél jelentősen kisebb értékeket Iregszemcsén a mészlepedékes csernozjom talajon, majd Karcagon a réti csernozjomon, még kisebbek az értékek Mosonmagyaróváron és Keszthelyen és legkisebbek Kompolton és Bicsérdén.

A kezelések hatására Hajdúböszörményben az általános környezetvédelmi kapacitás értéke a kétszeresére nő, a speciálisé átlagosan 30 %-kal nő. Iregszemcsén a kezelések hatása nem jelentős. Karcagon a nagy N-dózis (431) jelentősen csökkentette a környezetvédelmi kapacitás értékét, de ez a többi kísérleti helyre is igaz, ami a K értékek csökkenésével változik. Megállapítható, hogy az EPC_G és EPC_S érték nagyságát a talajtípus határozza meg, melyre a műtrágyázás módosító hatással lehet.

A 4. táblázatban láthatók a színarány E_4/E_6 értékek és az ekvivalens humuszkészlet adatai.

CHEN és munkatársai (1977) részletesen vizsgálták különböző talajzónák talajaiból kivont fulvósav (FS) és huminsav (HS) frakció optikai tulajdonságait és egyéb vizsgálatokkal, pl. gélkromatográfiával és viszkozitásméréssel meghatározták a molekulásúlyt, ESR (elektron spin rezonancia) módszerrel az aktív gyökök koncentrációját, kémiai vizsgálatokkal a FS és HS frakció C-, H-, N-, S- és O-tartalmát és spektrofotométerrel a E_4/E_6 színarány értékét. Megállapították, hogy a HS színaránya csak 7 pH feletti tartományban mérhető, míg a FS színarány 1-12 pH-tartományban, ezen frakciók különböző oldhatósága miatt. A szerzők szerint a E_4/E_6 színarány a részecske méretétől és a molekulásúlytól függ, és korrelációban van a szabadgyök koncentrációval és a molekulák O-, C- és CO_2H -tartalmával. Nem találtak összefüggést a humuszvegyületekben levő kondenzált aromás vegyületek koncentrációja és a E_4/E_6 arány között, mivel ezek a frakciók hosszú nyílt szénláncú vegyületeket tartalmaznak. A színarány 100-500 ppm koncentrációban nem függ a koncentrációtól. A 460 és 665 nm hullámhossz-tartományban 12 hullámhosszon mért extinkciók logaritmusai és a hullámhosszak logaritmusai grafikusán ábrázolva egyenes ad és ennek az egyenesnek a hajlásszöge, vagyis az egyenes meredeksége a molekulásúllyal arányos. A meredekség a színarányból és hullámhosszból kiszámítható. Meredekség = $-6575 \cdot \log E_4/E_6$.

Minél kisebb az egyenes hajlásszöge, annál nagyobb a molekulaméret és a molekulásúly, és minél nagyobb a hajlásszög, annál kisebb a molekulaméret és a molekulásúly.

A fentiek alapján a 4. táblázat színarány értékeiből megítélhetjük hogy milyen molekulaméretű humuszvegyület tartomány jellemző a talajtípusokra és a N-műtrágyázás ezt milyen irányba befolyásolja. A táblázatban látható, hogy Bicsérdén a nagyadagú N-műtrágyázás hatására (431) a nagy molekulájú hu-

4. táblázat
Színarány és az ekvivalens humuszkészlet

(1) Kezelés	(2) Színarány	EH _G	(1) Kezelés	(2) Színarány	EH _G
<i>Karcag</i>			<i>Mosonmagyaróvár</i>		
000	5,60	257	000	3,74	94
100	5,63	208	100	4,64	101
110	5,44	299	110	4,64	107
120	5,32	161	120	4,66	103
431	5,04	87	431	4,44	85
a) SzD _{5%}	0,82	12	a) SzD _{5%}	1,01	5
<i>Keszthely "A" forgó</i>			<i>Bicsérd</i>		
000	6,44	188	000	4,36	46
100	6,08	149	100	4,16	30
110	6,22	129	110	3,78	38
120	6,78	133	120	3,36	32
431	6,59	148	431	3,34	21
a) SzD _{5%}	0,43	11	a) SzD _{5%}	0,92	2
<i>Keszthely "B" forgó</i>			<i>Hajdúböszörmény</i>		
000	7,22	142	000	5,37	1269
100	6,23	133	100	6,68	1741
110	6,71	86	110	5,49	1821
120	7,53	119	120	7,11	1478
431	7,37	89	431	7,54	1031
a) SzD _{5%}	1,55	8	a) SzD _{5%}	0,77	171
<i>Kompolt</i>			<i>Iregszemcse</i>		
000	5,99	54	000	4,43	435
100	5,39	62	100	4,17	460
110	6,70	51	110	5,89	441
120	6,27	48	120	5,51	520
431	5,06	45	431	5,60	352
a) SzD _{5%}	1,04	3	a) SzD _{5%}	0,80	24

muszvegyületek aránya szignifikánsan nő. A többi kísérleti helyen - Keszthely, Kompolt, Karcag kivételével, ahol nincs szignifikáns változás - ezzel ellentétben a kis molekulájú humuszvegyületek aránya nő, a csernozjom talajokon szignifikánsan. Ezek az adatok arra utalnak, hogy a különböző talajtípusokon a humuszvegyületek képződése az eltérő feltételek miatt más-más eredményre vezet az azonos N-műtrágya-dózisok ellenére. Ismeretes a csernozjom talajok kedvező N-szolgáltató kapacitása, amelyben a kis molekulájú humuszvegyületek szerepe jelentős, mivel ezek mineralizációja kedvezőbb, mint a nagy molekulájú vegyületeké.

A talaj ekvivalens humuszkészlete HARGITAI (1987) szerint környezetvédelmi szempontból fontos információ. Ez az érték, melyet EH_G -vel fejezünk ki, egyenlő a talaj humuszkészletének (t/ha) és a stabilitási koefficiensnek (K érték) a szorzatával. A talaj humuszkészlete a talaj humuszos rétegeiben lévő humusztartalom összege. Mi azonban csak a 0-20 cm-es talajréteget vizsgáltuk, így az adatok erre a rétegre vonatkoznak. A 4. táblázatban látható, hogy az egyes talajtípusok EH_G értéke között jelentős, gyakran nagyságrendi különbség van, de a kezelések hatása is szignifikáns. A nagyadagú N-műtrágya-dózis (431) minden talajtípuson csökkentette az EH_G nagyságát. A kisebb N-dózisok a talajtípusoktól függően növelik vagy csökkentik az EH_G értékét. Így csernozjom talajon növelik (pl. Iregszemcsén), míg más talajon csökkentik (pl. Bicsérdén). Érdekes eredményre jutunk, ha az EH_G értékeket összehasonlítjuk a E_4/E_6 értékekkel. Bicsérdén azt tapasztaljuk, hogy a N-kezelések hatására csökken a E_4/E_6 arány, ami a nagy molekulájú humuszvegyületek kedvező arányát mutatja, ugyanakkor az EH_G értéke csökken, ami kedvezőtlen humuszminőségre utal. Iregszemcsén a csernozjom talajon ezzel ellentétben nő a E_4/E_6 arány, vagyis nő a kis molekulájú humusz frakció aránya, ugyanakkor nő az EH_G értéke is, azaz javul a humusz minősége, ami arra utal, hogy a kis molekulájú humuszvegyületek nem mindig kedvezőtlen tulajdonságúak.

A nagyadagú N-kezelés (431) ugyanakkor minden kísérleti helyen szignifikánsan csökkentette az EH_G értékét nemcsak a kontrollhoz képest, de a kisebb adagú N-műtrágya-kezelésekhez képest is. Ez is arra utal, hogy a N-műtrágya túladagolását mindenképpen kerülni kell. Ebből következik, hogy az optimális N-műtrágya-dózis pontos meghatározása rendkívül fontos, mivel csak optimális dózissal lehet elkerülni a káros következményeket, ugyanakkor növelni lehet a talaj N-szolgáltató kapacitását, ami az optimális és gazdaságos termésszínhez szükséges.

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a kis molekulású szerves anyag frakció növekedése nem jár együtt a humuszminőség romlásával, sőt a talaj tápanyagszolgáltatása szempontjából kifejezetten kedvező. Az aktív csoportok nagyobb koncentrációja miatt még a toxikus nehézfémek megkötésében és a növényvédő szerek adszorpciójában is aktív szerepet játszik. Ebből a szempontból az optimális N-műtrágyázás kifejezetten pozitív szerepet játszik és nem jár együtt a humuszminőség romlásával.

Összefoglalás

A N-műtrágyázás hatását vizsgáltuk a talaj humuszvegyületeinek minőségére 7 talajtípuson 28 éves OMTK-tartamkísérletben.

Vizsgáltuk a talajok humusztartalmának, a humuszanyagok stabilitási koefficiensének (K érték), általános és speciális környezetvédelmi kapacitásának (EPC_G , EPC_S), továbbá E_4/E_6 színarányának és az ekvivalens humuszkészletének (EH_G) változását N-műtrágyázás hatására. Megállapítottuk, hogy N-

műtrágyázás hatására nő a kis molekulásúlyú humuszvegyületek aránya és csökken a talaj környezetvédelmi kapacitása. A nagyadagú N-műtrágya hatása ebből a szempontból jelentős. A kis molekulásúlyú szerves anyag frakció növekedése azonban nem feltétlenül jár együtt a humuszminőség romlásával, mivel ez a talaj tápanyagszolgáltatása szempontjából inkább kedvező. Ezenkívül a kis molekulájú szerves anyag frakcióban az aktív gyökök nagyobb koncentrációja a toxikus nehézfémek megkötésében és a növényvédő szerek adszorpciójában is aktív szerepet játszik. Ebből a szempontból az optimális N-műtrágya-dózis szerepe pozitív. A N-túltrágyázás azonban sem ökológiai, sem ökonómiai szempontból nem indokolható. Borsónövény beiktatása a vetésforgóba a talaj humuszminőségére kedvező hatású.

Irodalom

- BALLENEGGER R. & DI GLÉRIA J., 1962. Talaj- és trágyavizsgáló módszerek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BUZÁS I., 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- CHEN, Y., SENESI, N. & SCHNITZER M., 1977. Information provided on humic substances by E_4/E_6 ratio. Soil Sci. Soc. Am. J. **41**. 352-358.
- DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B-NÉ, 1994. Trágyázási kutatások, 1960-1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DEBRECZENI B-NÉ & GYŐRI D., 1997. A talaj humuszmérlegének változása OMTK tartamkísérletekben. (Megjelenés alatt)
- FOX, R. H. & PIEKIELEK, W. P., 1978. A rapid method for estimating the nitrogen-supplying capability of soil. Soil Sci. Soc. Am. J. **42**. 751-753.
- GYŐRI D., MATUSNÉ SÉNYI K. & PHRACHOMPONH, N., 1989. A kukorica N-műtrágya szükségletének meghatározása a talaj könnyen oldható szervesanyag-tartalma alapján. Agrokémia és Talajtan. **38**. 349-356.
- GYŐRI D. et al., 1990. Búza és kukorica optimális N-műtrágya igényeinek megállapítása talajvizsgálattal. Növénytermelés. **39**. 139-146.
- HARGITAI L., 1957. Néhány tényező hatása a talajok szervesanyagaira. Agrártud. Egyetem Agronómiai Kar Kiadv. IV. 1-19. Gödöllő.
- HARGITAI L., 1974. Az R érték meghatározásának jelentősége a humuszanyagok átalakulásánál. Agrártud. Közlem. **33**. 141-146.
- HARGITAI L., 1982. Új fogalom bevezetése és meghatározása a talajok környezetvédelmi kapacitásának jellemzésére. Kertészeti Egyetem Közleményei. **65**. 113-117.
- HARGITAI L., 1983a. A talajok környezetvédelmi kapacitásának meghatározása humuszállapotuk alapján. Agrokémia és Talajtan. **32**. 360-364.
- HARGITAI L., 1983b. Természetes állapotú, művelt és mesterséges talajok szervesanyag-gazdálkodása. MTA Doktori Értekezés. Budapest.
- HARGITAI L., 1987. Az ekvivalens humuszkészlet agrokémiai és környezetvédelmi jelentősége. Kertészeti Egyetem Közleményei. **50**. 261-269.
- KONONOVA, M. M., 1966. Soil Organic Matter. Pergamon Press. Oxford.

- KÖRSCHENS, M., 1994. Der Statische Düngungsversuch Bad Lauchstädt nach 90 Jahren. Leipzig.
- KÖRSCHENS, M., 1995. Organische Bodensubstanz und Umweltschutz. Boden und Düngung IOSD Sommertagung Tartu. 89. 95.
- MICHÉLI, E. et al., 1995. The effect of long-term fertilization on soil organic matter quantity and quality. Proceedings of Int. CIEC Symp., Kusadasi, Turkey. 331-334.
- NÉMETH T., 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- PICCOLO, A., 1988. Characteristics of soil humic extracts obtained by some organic and inorganic solvents and purified by HCl-HF treatment. Soil Sci. 146. 418-426.

Érkezett: 1997. május 12.

Changes in the Humus Quality and Environmental Protection Capacity of Soils as the Result of Fertilization

K. DEBRECZENI and D. GYŐRI

Agrochemical Research Team of the Hungarian Academy of Sciences and the Pannon Agricultural University, Keszthely (Hungary)

Summary

Studies were made on the humus contents of 7 soil types involved in a 28-year-old long-term National Fertilization Trial, and on the stability coefficients of the humus substances (K value), their general and specific environmental protection capacities (EPC_G , EPC_S), and changes in the pigment ratio, (E_4/E_6), and the equivalent humus reserves (EH_G) as the result of N fertilization. An increase was found in the ratio of low molecular weight humus compounds as the result of N fertilization, together with a drop in the environmental protection capacity of the soils. The effect of high rates of N fertilizer was especially important from this point of view. However, an increase in the low molecular weight organic matter fraction does not necessarily lead to a deterioration in humus quality, since it may be favourable as regards the nutrient-supplying capacity. In addition, the concentration of active radicals in the low molecular weight organic matter fraction plays an important role in the fixation of toxic heavy metals and in the adsorption of plant protection chemicals. In this respect an optimum N fertilizer rate plays a positive role, but the over-application of N is undesirable both from the ecological and the economic point of view. The inclusion of peas in the crop sequence has a favourable influence on the humus quality of the soil.

Table 1. Nutrient treatments in Experiment I (N, P_2O_5 , K_2O active agents, kg/ha/year). A. Nutrient quantities applied in Experiment I. (1) Nutrient (element). (2) Years 1-4 (first cycle). (3) Wheat. (4) Maize. (5) Peas. (6) Years 5-20 (cycles 2-5). (7) From year 21 (cycles 6-8). * The lower rates were applied in cycles 2 and 3 and the higher rates in cycles 4 and 5. B. Treatments in Experiment I (1967): (1) No. (2) NPK codes. (3) Nutrient level. * K fertilization: in years 5-20, all crops were treated with 100 kg K_2O /ha/year, from year 21 onwards different rates were applied to each crop: for wheat 1: 100, 2: 150 kg K_2O /ha/year, for maize 1: 200, 2: 250 kg K_2O /ha/year in the crop sequences.

Table 2. Environmental protection capacity of the soils and the data required for this. (1) Treatment. a) $LSD_{5\%}$. (2) Carbon, %. (3) Humus, %. (4) Total N, mg/100 g. Q: stability number; K: stability coefficient; EPC_G : general environmental protection capacity; EPC_S : specific environmental protection capacity.

Table 3. K values characteristic of various soils (HARGITAI, 1983b). (1) Soil type. a) Brown forest soil with clay illuviation, b) Ramann-type brown forest soil, c) Chernozem brown forest soil, d) Meadow soils, e) Meadow chernozems, f) Alluvial chernozems, g) Humous alluvial soils, h) Pseudomyceliar (calcareous) chernozems. (2) K value.

Table 4. Pigment ratio and equivalent humus reserves. (1) Treatment. a) $LSD_{5\%}$. (2) Pigment ratio.

Figure 1. Changes in K values according to growing site.