

A feltárás és a komposztálás hatása a csontok trágyaszerként történő alkalmazhatóságára

¹KOVÁCS DÉNES, ²KARDOS GYÖRGYNÉ és ¹FÜLEKY GYÖRGY

¹Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Gödöllő és

²Központi Élelmiszertudományi Kutatóintézet, Budapest

A csontok eredeti állapotukban trágyázási célra alkalmatlanok, mert anyaguk a talajban majdnem teljesen oldhatatlan, és így növényi tápanyagot nem képezhetnek. A csontok ásványi részét főként a foszfor- és a kalciumvegyületek alkotják: tri-kalcium-foszfát (84%), kalcium-karbonát (10%), kalcium-citrát (2%), dinátrium-hidrogén-foszfát (2%), hidroxipatit, illetve fluoroapatit (2%). A csontokban ezen kívül számos biológiai fontos mikroelem is (Zn, Cu, Mn, Fe) található.

A csonthamu mintegy 36% kalciumot és 17% foszfort tartalmaz, ami hozzávetőlegesen 2:1 Ca/P arányt jelent. Régebben a guanót vagy az acélgyártás melléktermékeként keletkező Thomas-salakot használták trágyázásra, amelyek kémiai átalakítás nélkül is alkalmasak voltak erre a célra. 1775-ben Yorkshire-ben kezdték a gomb- és kőgyárak eszterga szaruforgácsát használni. Csontlisztet állítottak elő a csontok aprításával, főzésével kivonták belőle a zsírt és az enyvet, majd porrá törték. A csontliszt nagyon jó foszfortrágya s ezen túlmenően talajjavító anyagnak is minősül savanyú talajokon. A kínaiak évszázadok óta használták. Az 1800-as évek kezdetén nagy kereslete volt a csontoknak Angliában, a csontimport a kontinensről elérte az évi 30 ezer tonnát (CSERHÁTI & KOSUTÁNY, 1887; KÁDÁR, 1995).

1840-ben Justus von Liebig híres mezőgazdasági kémiai munkájában kifejtette, hogy milyen fontos szerepe van a foszforsavnak a növények tápanyagforgalmában és ajánlja, hogy a csontokban előforduló nehezen oldódó foszforsavat kénsavval alakítsák át könnyen oldhatóvá (LIEBIG, in KÁDÁR (szerk), 1996).

Liebigtől függetlenül Sir John Bennet Lawes 1842-ben Angliában szabadalmaztatta az ún. szuperfoszfát gyártását csontokból kénsavas kezeléssel, s még az évben meg is kezdte a műtrágya ipari gyártását. Az intenzív gyártás miatt a rendelkezésre álló csontliszt, mint nyersanyag, kevésnek bizonyult. 1848-ban módosította szabadalmát és a bányászott ásványi apatitból és foszforitból állítottak elő szuperfoszfátot. A csontok feltárásával előállított szuperfoszfátok azonban biológiai teljesebb értékűek voltak (KÁDÁR, 1995). Az Angliában és Hollandiában eredményesen végzett csontliszt-felhasználási gyakorlat után az Osztrák–Magyar Monarchia alsó-ausztriai részén is kísérleteket állítottak be importált csontliszt felhasználásával búza, cukorrépa és burgonya tesztnövény alkalmazásával. Megállapították, hogy a

csontliszt önmagában használva is termésnövelő hatású, de N-tartalmú adalék (ammóniumsók, olajpogácsa) vagy jelentős N-mennyiséget visszahagyó elővetemény alkalmazása mellett adnak maximális termést a növények (ANONYMUS, 1856).

Ásványi savak (pl. sósav, kénsav, salétromsav) feltárásával ugyanis a csont vízdoldható foszfortartalma megnövekszik és a gyökerek számára jobb felszívódást eredményez. A szuperfoszfát előállításánál a fluorapatit és a hidroxipapatit kénsav hatására vízben oldható egybázisú kalcium-foszfáttá alakul.

Az 1950-es évektől kezdődően a csontfeltárási technológiák és alkalmazások az állati takarmányok kiegészítését szolgálták. Az 1980-as évektől a csontfehérjekészítményeket humán célú élelmiszeripari, gyógyszeripari, gyógykészítmények, egészségügyi termékek, kozmetikumok és állati eledel előállításánál alkalmazták (HEGEDŰS et al., 1998)

A 2001. évi nyugat-európai BSE botrány miatt, szigorodó előírások születtek az élelmiszeripari hulladékokra vonatkozóan. 2003 szeptemberétől hústermelő haszonállatokkal nem lehet állati eredetű fehérjéket etetni (Commission Regulation (EC) No. 1234/2003).

Hazánkban a húsiparban évente közel 10 ezer tonna csonthulladék képződik. Célszerű tehát olyan korszerű és környezetbarát csontfeltárási technológiát kidolgozni, melynek terméke ismét csak talajjavító hatású trágyaszerként lesz használható.

Munkánk célja a csontlisztek vízdoldható foszfortartalmának növelése, illetve a csontlisztek komposztálhatóságának vizsgálata, valamint a különböző módon feltárt csontlisztek és a komposztok növényi növekedésre és P-felvételre gyakorolt hatásának vizsgálata volt.

Anyag és módszer

Feltárás

A feltárási kísérleteket a Központi Élelmiszertudományi Kutatóintézetben (KÉKI) végeztük laboratóriumi körülmények között nyomás- és saválló edényben, amelyet hő- és nyomásmérő, regisztráló műszerrel is felszereltünk.

A kiskereskedelemről származó sertéscsont laboratóriumi körülmények közötti vizes-termikus feltárását 135 °C-on, az ehhez tartozó 3,192 bar nyomáson végeztük el. A hőntartási idő vizes feltárásnál 60, a többi esetben 30 perc, a csont és a víz aránya 1:2 volt (1. táblázat).

A 10% citromsavas és 2 N kénsavas kezelések alapanyaga 135 °C-on 60 percig főzött kiskereskedelmi sertéscsont volt. A főtt sertéscsontot 135 °C-on 30 percig kezeltük citromsavval, illetve a másik kezelés esetén 2 N (9,1%) kénsavval. A csont és sav aránya 2:1 volt.

A savas feltárás után a csontokat vízzel átmostuk, 16 órán át 80 °C-on szárítottuk és késes laboratóriumi darálón ledaráltuk, majd meghatároztuk a vízdoldható foszfortartalmat.

1. táblázat
Az egyes csontfeltárási módok részletes paraméterei (KÉKI, 2003)

(1) A kísérlet jele	(2) Hőmérséklet, °C	(3) Idő, perc	(4) Feltárási anyag (1:2)
I. Cs. Feltárás 1.	145	20	a) víz
I. Cs. Feltárás 2.	145	40	b) 20% citromsav
I. Cs. Feltárás 3.	145	20	c) 1 N kénsav
I. S. Feltárás 4.	135	60	a) víz
I. S. Feltárás 5.	135	30	d) 2 N kénsav
I. S. Feltárás 6.	135	30	e) 10% citromsav
I. Ü. Feltárás 7.	≈ 55	30	f) 70% kénsav
I. Ü. Feltárás 8.	≈ 55	30	g) 65% salétromsav

Megjegyzés: Cs: kiskereskedelemről származó csirkemellcsont; S: kiskereskedelemről származó sertéscsont; Ü: üzemi csontliszt, vágóhidról származó sertéscsontból

Hasonló módon jártunk a kiskereskedelmi csirkemellcsontok esetében is, azzal a különbséggel, hogy itt a hőmérséklet minden esetben 145 °C volt, és a citromsav koncentrációja 20%, a kénsavé pedig 1 N.

Üzemi körülmények között, Bakonykoppányban a Bakonyalja Szövetkezet csontfeldolgozó üzemében a vágóhidakról származó sertéscsontokat főző üstben 90 percen keresztül főzik 130 °C-on (4 bar) szakaszos üzemmódban adagolva a vizgőzt, majd szárítják és darálják. Az üzemi csontlisztet 70%-os kénsavval; illetve 65%-os salétromsavval 55 °C-on 30 percig kezeltük (1. táblázat).

Salétromsavas feltárás és semlegesítés

Alapanyagként a 135 °C-on 60 percig vízzel főzött, majd laboratóriumi húsdarálón darált kiskereskedelmi sertéscsontot használtunk. A salétromsavas feltárást laboratóriumi körülmények között, nyitott üvegedényben hőközlés nélkül végeztük. 100 g főtt, darált sertéscsonthoz 50 ml 65%-os salétromsavat adtunk, a hőmérséklet 55–65 °C-ot ért el. Az 50 ml 65%-os salétromsavval feltárt, 100 g főtt, darált sertéscsontot 20, 25, 30 és 35 ml 60%-os kálium-hidroxiddal kezeltük a savasság csökkentése érdekében (2. táblázat). Az így kapott anyagokat 16 órán át, 80 °C-on szárítottuk, majd laboratóriumi késes darálón megdaráltuk, és meghatároztuk a vízdoldható foszfortartalmat, valamint a pH-t.

Az üzemi csontliszt esetén 100 g csontlisztet 30 ml vízzel nedvesítettük, majd 50 ml 65%-os salétromsavat adtunk hozzá, ezután 10–60 ml 60%-os kálium-hidroxiddal csökkentettük a savasságát (2. táblázat). Az így kapott csontlisztet 16 órán át, 80 °C-on szárítottuk, majd laboratóriumi késes darálón megdaráltuk, ezután meghatároztuk a vízdoldható foszfortartalmat és a kémhatást.

2. táblázat

Főtt sertécsont (S), ill. üzemi csontliszt (Ü) salétromsavas kezelése és semlegesítése (KÉKI, 2003)

(1) A minta jele	(2) Előkezelés	(3) Kezelés
<i>A. Főtt sertécsont</i>		
II. S. Feltárás 1.	Főzés 135 °C-on, 60 percig, darálás	100 g előkezelt sertécsont + 50 ml 65% salétromsav
II. S. Feltárás 2.	Főzés 135 °C-on, 60 percig, darálás, feltárás 65%-os salétromsavval	S. Feltárás 1. + 20 ml 60% KOH
II. S. Feltárás 3.		S. Feltárás 1. + 25 ml 60% KOH
II. S. Feltárás 4.		S. Feltárás 1. + 30 ml 60% KOH
II. S. Feltárás 5.		S. Feltárás 1. + 35 ml 60% KOH
<i>B. Üzemi csontliszt</i>		
II. Ü. Feltárás 1.	Főzés 130 °C-on, 90 percig, darálás	100 g csontliszt + 30 ml víz + 50 ml 65 % salétromsav
II. Ü. Feltárás 2.	Főzés 130 °C-on, 90 percig, darálás, feltárás 65%-os salétromsavval	Ü. Feltárás 1. + 10 ml 60% KOH
II. Ü. Feltárás 3.		Ü. Feltárás 1. + 20 ml 60% KOH
II. Ü. Feltárás 4.		Ü. Feltárás 1. + 30 ml 60% KOH
II. Ü. Feltárás 5.		Ü. Feltárás 1. + 40 ml 60% KOH
II. Ü. Feltárás 6.		Ü. Feltárás 1. + 50 ml 60% KOH
II. Ü. Feltárás 7.		Ü. Feltárás 1. + 60 ml 60% KOH

Megjegyzés: S: kiskereskedelemről származó sertécsont; Ü: üzemi csontliszt, vágóhidról származó sertécsontból

Komposztálással történő feltárás félüzemi körülmények között

Komposzt I.: 6 m³ Csirketrágya + szalma, 300 kg csontliszt, 100 liter víz

Komposzt II.: 6 m³ Csirketrágya + szalma, 800 liter technológiai csontlé

Komposzt III.: 6 m³ Csirketrágya + szalma, 300 kg csontliszt, 1200 liter technológiai csontlé.

A komponenseket (csirketrágya + szalma) trágyaszóróval kevertük össze. Közben vizet, illetve technológia csontlevet (amelyet a csontlisztgyártás melléktermé-

3. táblázat

A csontliszt és a csontlé komposztálás befejezésekor, a 178. napon vett komposztminták laboratóriumi vizsgálati eredményei (SzIE TALT, 2003)

(1) Minta jele	(2) Szárz- anyag	(3) Szerves anyag	(4) C/N arány	pH (KCl)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	%				mg/100 g		%		
Komposzt									
I.	75,03	55,03	14,5	8,32	220,91	0	2,20	5,27	3,04
II.	73,22	27,73	7,6	8,81	123,46	12,77	2,12	4,41	2,37
III.	70,44	38,08	7,05	8,42	140,91	2,39	3,13	7,58	4,38
a) SzD _{5%}	2,31	13,78	4,15	0,26	51,96	6,79	0,56	1,64	1,02

keként nyertünk) locsoltunk a szubsztrátra. A kész keverékeket egy fedett épületbe szállítottuk, ahol homlokrakodóval minden kezelésből 2–2 db, 4×1,5 m alapterületű, 1,5 m magas, egyenként 3 m³-es nyitott, háromszög alakú prizmat raktunk. A kísérlet során heti rendszerességgel átforgattuk az anyagot, a hőmérsékletét naponta mértük, rögzítettük. Az elkészült komposztok kémiai vizsgálati eredményei a 3. táblázatban találhatóak.

Laboratóriumi mérési módszerek

A laboratóriumi méréseket a Szent István Egyetem Talajtani és Agrokémiai Tanszékén (SzIE-TALT) végeztük.

A komposztok nedvességtartalmát szárítószekrényben határoztuk meg, 105 °C-on súlyállandóságig szárítva a mintákat (MSz-08-0012/5-87). Az összes szervesanyag-tartalmat az izzítási veszteségből számoltuk (600 °C-on 5 órán keresztül) (MSz-08-0012/6-87). A pH-mérést direkt potenciometriás módszerrel végeztük (MSz 21978/5-84). A megfelelő kalibrálás után a méréshez 2,5 g mintából és 12,5 cm³ 1 mólos KCl-ből készült szuszpenziót használtunk. A minták összes nitrogén- (MSz-08-0012/10-87), foszfor- (MSz-08-0012/10-87) és káliumtartalmának (MSz-08-0012/12-87) meghatározását kénsavas peroxidos roncsolatból végeztük. A N-meghatározást Parnass–Wagner vízgőzdesztilláló készülékkel, az összes foszfort kolorimetriásan, extinkció meghatározásával, a káliumot lángfotometriás eljárással határoztuk meg. A minták könnyen felvehető N-vegyületeit 1%-os KCl-os feltárás után határoztuk meg Parnass–Wagner készülékkel. A C/N-arányt az összes-N- és a szervesanyag-tartalom értékéből a következő képlet alapján számítottuk: szervesanyag-tartalom (sz.a.)/1,725 × nitrogéntartalom (sz.a.) (VKS, 2001).

Tenyészedényes kísérlet

A tenyészedényes kísérleteket a Szent István Egyetem Talajtani és Agrokémiai Tanszékén (SzIE-TALT) végeztük.

1 literes tenyészedényekbe 700 g gyenge tápanyag-ellátottságú gödöllői barna erdőtalajt kevertünk, amelynek főbb tulajdonságai a következők voltak: Arany-féle kötöttség (K_A): 32; pH(KCl): 6,3; pH(H₂O): 7,07; humusz: 2,39%; CaCO₃: –; AL-P₂O₅: 29,2 ppm; AL-K₂O: 80 ppm. A különböző eljárásokkal kezelt csontlisztből azonos (100 mg/kg) P₂O₅-mennyiséget juttattunk mindegyikbe. A bemért P₂O₅-mennyiséget a minták foszfortartalma alapján határoztuk meg. A tenyészedényekben az azonos N- és K-ellátás érdekében a hiányzó mennyiségeket karbamid- és 40%-os kálisó műtrágyával állítottuk be a talaj tulajdonságai és közepes termésmennyiség igény alapján. Mennyiségük a 4. táblázatban látható.

Tesztnövényként angolperjét használtunk. Minden edénybe 1 g angolperje magot vetettünk és minden kezelést három ismétlésben állítottunk be. Az edényeket klímakamrába helyeztük, ahol a hőmérséklet 20 °C, a páratartalom 60%, a fényintenzitás 6000 lux, a napi megvilágítás 12 óra volt. A tenyészedényeket minden nap desztillált vízzel locsoltuk. A kelés után 18 nap múlva vágtuk le először, majd a 35. napon másodszor a növényeket. A vágások után lemértük a növények nedves

4. táblázat
A tenyészedény-kísérletben felhasznált anyagok összes elemtartalma
(SZIE-TALT, 2003)

(1) Nyersanyag	(2) „Összes” elemtartalom			(3) N pótlás, Karbamid	(4) K pótlás 40% KCl
	P	K	N	g/700g talaj	
	%				
a) Kontroll (gyenge termőképességű talaj)	0,0037	0,0090	0,065	–	–
b) Komposzt (kereskedelmi)	0,67	0,92	1,42	–	–
Komposzt I.	2,32	2,52	2,20	0,112	0,075
Komposzt II.	1,94	1,97	2,12	0,101	0,08
Komposzt III.	3,34	3,64	3,13	0,112	0,075
c) Csontliszt (sertés, üzemi feltárás)	4,80	0,44	3,12	0,131	0,167
I. Cs. Feltárás 1.	3,50	1,54	9,16	0	0,135
I. Cs. Feltárás 2.	7,00	0,27	3,69	0,139	0,171
I. Cs. Feltárás 3.	6,00	5,11	2,42	0,148	0,098
I. S. Feltárás 4.	12,00	0,64	2,93	0,158	0,170
I. S. Feltárás 5.	13,00	1,44	1,27	0,167	0,165
I. S. Feltárás 6.	14,00	0,49	3,18	0,159	0,172
I. Ü. Feltárás 7.	12,17	1,10	2,54	0,569	0,270
I. Ü. Feltárás 8.	7,33	2,87	2,62	0,0853	0,248
d) SzD _{5%} (Feltárások+csontliszt)	3,93	1,56	2,250	–	–
e) SzD _{5%} (összes)	4,79	1,46	2,05	–	–

tömegét, majd szárítás után a száraz tömegét. A növények kénsavas-hidrogén-peroxidos roncsolatából határoztuk meg azok foszfortartalmát.

Eredmények

Munkánk során különböző állatfajoktól (sertés, csirke) származó, eltérő eljárással (módszer, feltárószér, hőmérséklet, időtartam stb) készült csontlisztek foszforfeltárodását és a kezelés hatására kiváltott pH-változást vizsgáltuk. A kémiai anyagokkal végzett, eltérő feltárási technológiák mellett különböző nyersanyagkeverékekhez adagolva elvégeztük az üzemi körülmények között készült csontliszt komposztálással történő kezelését is.

A főtt csirke- és sertéscsontokat citromsavval és kénsavval kezelve vízdoldható foszfortartalmuk jelentősen növekedett a csak vízzel kezelt csontokhoz képest (5. táblázat). A legnagyobb vízdoldható foszfortartalma (2,95) a 20% citromsavval kezelt csirkecsontnak volt. Az előzetesen magas nyomáson és hőmérsékleten kezelt vágóhidakról származó sertéscsontból készült csontliszt töménység tekintetében kénsavval és salétromsavval történő feltárása után annak vízdoldható foszfortartalma 8–10% volt.

5. táblázat

A csontfeltárások után mérhető vízoldható foszfortartalmak (mg P/100 mg csontliszt) (KÉKI, 2003)

(1) Kísérlet jele*	(2) P-tarta- lom	(1) Kísérlet jele*	(2) P-tarta- lom	(1) Kísérlet jele*	(2) P-tarta- lom
I. Cs. Feltárás 1.	0,31±0,01	I. S. Feltárás 4.	0,32±0,02	I. Ü. Feltárás 7.	10,95±0,29
I. Cs. Feltárás 2.	2,95±0,07	I. S. Feltárás 5.	2,01±0,14	I. Ü. Feltárás 8.	8,39±0,17
I. Cs. Feltárás 3.	2,38±0,13	I. S. Feltárás 6.	0,96±0,09		
a) SzD _{5%}			0,20		

* A feltárás módja: lásd 1. táblázat

6. táblázat

Főtt sertéscsont (A), ill. üzemi csontliszt (B) salétromsavas kezelése és kálium-hidroxidos semlegesítése után mért vízoldható foszfortartalom (mg P/100 mg csontliszt) és pH-értékek (KÉKI, 2003)

(1) Minta jele*	(2) Vízoldható P-tartalom	pH	(1) Minta jele*	(2) Vízoldható P-tartalom	pH
<i>A. Főtt sertéscsont</i>			<i>B. Üzemi csontliszt</i>		
II. S. Feltárás 1.	8,51 ± 0,22	3,56	II. Ü. Feltárás 1.	6,49 ± 0,32	3,58
II. S. Feltárás 2.	3,93 ± 0,14	3,93	II. Ü. Feltárás 2.	4,56 ± 0,21	3,90
II. S. Feltárás 3.	2,77 ± 0,06	4,24	II. Ü. Feltárás 3.	4,42 ± 0,13	4,12
II. S. Feltárás 4.	2,60 ± 0,10	4,32	II. Ü. Feltárás 4.	1,67 ± 0,06	4,75
II. S. Feltárás 5.	2,46 ± 0,10	4,60	II. Ü. Feltárás 5.	1,35 ± 0,03	5,06
			II. Ü. Feltárás 6.	1,27 ± 0,21	5,26
a) Szuperfoszfát	8,04 ± 0,59	3,58	II. Ü. Feltárás 7.	0,94 ± 0,02	5,84
b) SzD _{5%}	0,382	0,42	b) SzD _{5%}	0,25	0,81

* A feltárás módja: lásd 2. táblázat

A főtt sertéscsontok salétromsavas feltárása (6. táblázat) eredményeként a P-tartalom $8,51 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ -ra növekedett. KOH-os semlegesítés esetén a vízoldható P-tartalom $2,46 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ -ra csökkent le. A pH-érték ugyanakkor 3,56-ről 4,60-ra növekedett.

Az üzemi csontliszt esetében a semlegesítés nélküli salétromsavas kezelés hatására (6. táblázat) a vízoldható P-tartalom $6,49 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ volt, maximális KOH-os semlegesítés esetén a vízoldható P-tartalom $1,27 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ -ra csökkent le, a pH-érték 3,58-ről 5,84-re történő növekedése mellett.

A komposztálás során az üzemi csontlisztben található foszfor mobilizálhatóságának változását kísértük figyelemmel. Angolperje teszt növényvel vizsgáltuk a különböző komposztok és csontliszt növények számára felvehető foszfortartalmát, két vágás eredményei alapján.

Az angolperje első vágásának zöldtömeg eredményei azt mutatják, hogy közel azonos tömegű angolperje termett majd minden kezelés esetében, csupán a 7. és 8.

7. táblázat

A tenyészedény-kísérletben termett angolperje növények tömege és foszfortartalma az 1. és 2. vágáskor (SZIE-TALT, 2003)

(1) Kezelés*	(2) Zöldtömeg, g		(3) Száranyag- tömeg, g		(4) Foszfor, %		(5) Feltett foszfor, mg/edény	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
	vágás	vágás	vágás	vágás	vágás	vágás	vágás	vágás
a) Kontroll (talaj)	5,93	2,99	0,68	0,50	0,37	0,19	2,50	0,93
b) Kont.+Komp	5,34	2,50	0,60	0,43	0,38	0,21	2,29	0,88
c) Komposzt I.	5,42	4,04	0,69	0,64	0,41	0,24	2,84	1,52
c) Komposzt II.	5,73	5,42	0,73	0,87	0,41	0,23	3,03	1,96
c) Komposzt III.	6,29	3,96	0,80	0,69	0,38	0,23	3,05	1,59
d) Csontliszt	6,70	1,98	0,84	0,35	0,32	0,21	2,73	0,74
I.Cs. Feltárás 1.	6,70	1,95	0,79	0,36	0,32	0,23	2,49	0,81
I.Cs. Feltárás 2.	5,68	1,99	0,67	0,35	0,37	0,19	2,47	0,65
I.Cs. Feltárás 3.	6,84	3,15	0,75	0,59	0,41	0,22	3,09	1,27
I.S. Feltárás 4.	6,67	1,69	0,79	0,29	0,38	0,26	3,00	0,77
I.S. Feltárás 5.	7,15	1,06	0,84	0,20	0,36	0,25	3,01	0,49
I.S. Feltárás 6.	5,93	2,29	0,72	0,43	0,36	0,20	2,59	0,85
I.Ü. Feltárás 7.	4,01	0,89	0,50	0,13	0,35	0,61	1,77	0,77
I.Ü. Feltárás 8.	3,53	1,74	0,55	0,21	0,47	0,63	2,54	1,33
e) SzD _{5%}	0,93	1,37	0,15	0,24	0,06	0,04	0,55	0,52

Megjegyzés: A feltárás módját lásd 1. táblázatban

kezelésben volt szignifikánsan kisebb a zöldtömeg nagy valószínűséggel a szűk C/N arányú, jelentős szervesanyag-tartalmú csontliszt biológiai degradáció során képződő növekedési depressziót okozó gázok képződése miatt. A jelenség további oka az üzemi csontliszt tápelemtartalmának lassú mobilizálhatósága lehetett. A második vágás esetében kiemelkedően nagy zöldtömeg termelt a komposzt II. kezelés és szignifikánsan kevesebb az 5. és 7. feltárás esetén. A szárazanyag-tömeg az első vágás esetében meglehetősen homogén volt, kivéve a 7. és 8. kezelést, ahol számottevően kisebb volt a száraztömeg a többi kezeléshez képest, feltételezhetően a zöldtömeg elemzésénél ismertetett okok miatt. A második vágás száraztömege a komposztkezelések esetében általában nagyobb volt, mint a különbözőképpen feltárt csontlisztekénél valószínűsíthetően a komposzt szerves anyagában található tápelemek talajban végbemenő lassúbb ütemű mineralizációja miatt. Feltűnően kicsi volt a hozam az 5. kezelés esetén, ahol a legkevesebb volt a feltárt csontliszt N-tartalma, így a N-pótlásként adott nagyobb mennyiségű karbamid okozhatott növekedési depressziót. Szintén kicsi volt a hozam a 7. és 8. feltárásnál, aminek okait a fenti magyarázatokkal lehet alátámasztani. A szárazanyaghozam alapján tehát a különböző trágyaszerek (komposztok és eltérően feltárt csontlisztek), közel azonos hatást fejtettek ki az angolperje hozamára, ettől csupán a sertécsont híg kénsavas feltárása, valamint a sertécsont tömény kénsavas és salétromsavas feltárása tért el.

Az angolperje %-os P-tartalma szintén nagyon hasonló volt az egyes kezeléseken a növények első vágásánál (0,32–0,47%, $SzD_{5\%}$ 0,06). A legnagyobb koncentrációban a foszfort a 8. kezelés növényei tartalmazták, nyilván a kicsi tömegük miatt, míg a legkisebb P-koncentráció az 1. feltárásnál volt mérhető. A második vágásnál ettől kicsit eltérő képet nyertünk, hiszen kissé lecsökkent a P-tartalom a legtöbb kezelésben (0,22% körüli értékre), míg tovább növekedett a nagyon kicsi hozamú 7. és 8. kezelés növényeinek P-koncentrációja (0,6%). A felvett foszfor mennyisége a 3. feltárás esetében volt a legnagyobb, nagy valószínűséggel a fiatal csirkemellcsontokba még kevésbé beépült foszfor kénsavas oldhatósága miatt. A 7. kezelésben mértük a legkisebb P-tartalmat. A második vágáskor általában kevesebb volt a felvett foszfor mennyisége és emellett a komposzttal kezelt talajokon termesztett növények több foszfort vettek fel, mint a feltárt csontlisztes kezelések növényei, hiszen a szerves anyagban kötött foszfor csak a szerves anyag mineralizációjának megindulása után vált felvehetővé, ami a második vágás idejére kezdődött el.

A tenyészedény-kísérletek eredményeit összegezve megállapítható, hogy a különböző módon feltárt csontlisztekkel, illetve a komposzttal talajba juttatott foszfor tápelem közel azonosan hasznosult az angolperje növények számára. Az egyetlen különbség az, hogy a komposztokban lévő P-tartalom valószínűleg a lassabb feltáródás miatt volt a növények számára hosszabb ideig hozzáférhető. Az egyes csontliszt feltárások között a növények P-ellátása szempontjából nem volt jelentős különbség, talán csak a csontliszt kénsavas kezelése (8. kezelés) maradt el a többitől.

Összefoglalás

A csontok eredeti állapotukban trágyázási célra alkalmatlanok, mert anyaguk a talajban majdnem teljesen oldhatatlan, így az növényi tápanyagot nem képezhet. Az ásványi savak a csont vízoldható foszfortartalmát megnövelik. Hazánkban évente közel 10 ezer tonna csonthulladék képződik. Célszerű olyan korszerű és környezetbarát csontfeltárási technológiát kidolgozni, melynek terméke talajjavító trágyaszorként használható.

Munkánk célja az eltérő kezeléssel feltárt, ill. az üzemi körülmények között előállított csontlisztek komposztálhatóságának vizsgálata, valamint a komposztok és a csontlisztek növényi növekedésre és P-felvételre gyakorolt hatásának tanulmányozása volt. Laboratóriumi körülmények között csontfeltárási kísérleteket állítottunk be kereskedelmi csontok, ill. üzemi csontliszt felhasználásával. Elvégeztük a csontok vizes feltárását, különböző hőmérsékleten, csont/víz aránynál, illetve különböző hőtartási idővel. További kezelést alkalmaztunk eltérő koncentrációjú citrom- ill. tömény salétrom- és kénsavval különböző hőmérsékleten, csont/sav aránynál és hőtartási időnél.

Modell-üzemi körülmények között elvégeztük az ipari csontliszt komposztálását három nyersanyag-összetételben, almos csirketrágya, csontliszt és csontlé felhasználásával. A különböző eljárással feltárt csontlisztek felvehető foszfor elemtartalmát növényi teszttel, angolperje növényvel értékeltük klímakamrában. A főtt cson-

tok citrom- és kénsavas kezelésével a vízdoldható P-tartalom a vízzel kezelt csontokhoz képest a sav mennyiségével arányosan növekedett. A salétromsavas kezeléssel előállított csontlisztek vízdoldható P-tartalma a vízzel feltárthoz képest közel 30-szorosára növekedett (0,32–8,51 mg/100 mg). A tenyészedény-kísérletek eredményeit összegezve megállapítható, hogy a csontliszttel, ill. a komposzttal talajba juttatott foszfor tápelem közel azonosan hasznosult az angolperje növények számára. Az egyetlen különbség az volt, hogy a komposztokban lévő P-tartalom valószínűleg a lassabb feltáródás miatt a növények számára hosszabb ideig hozzáférhető. Az egyes csontliszt feltárások között a növények P-ellátása szempontjából nem volt jelentős különbség, talán csak a csontliszt kénsavas feltárása (8. kezelés) maradt el többi kezelés hatékonyságától. A angolperje által felvett P-mennyiség alapján megállapíthatjuk, hogy csontok komposztálásával (Komposzt I, II. és III. kezelés) kedvező P-szolgáltató képesség érhető el. Ez jó esélyt teremt a hulladékként jelentkező csontok agronómiai felhasználására.

A kutatási munka az NKFP 4/005/2001 számú program keretén belül folyt.

Kulcsszavak: csontliszt, savas feltárás, komposzt, foszfor-felvehetőség, vízdoldható foszfortartalom

Irodalom

- ANONYMUS, 1856. Trágyázási kísérletek. Gazdasági lapok VIII./12. III. 20. 136–138. és XIII., III. 27. 153–154.
- COMMISSION REGULATION (EC) No 1234/2003 Official Journal of the European Union. 1.173/6–13
- CSERHÁTI S. & KOSUTÁNY T., 1887. A trágyázás alapelvei. Országos Gazdasági Egyesület Könyvkiadó Vállalat. Budapest.
- HEGEDŰS M., SCHMIDT J. & RAFAI P., 1998. Állati eredetű melléktermékek hasznosítása. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- KÁDÁR I., 1995. A talaj–növény–állat–ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. MTA TAKI Kiadványa. Budapest.
- LIEBIG, JUSTUS V. (1840–1876). Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. (Szerk.: KÁDÁR IMRE, 1996) MTA TAKI. Akaprint. Budapest.
- VKS, 2001. A zöldhulladék-gazdálkodás során keletkező komposztok és erjesztési maradékanyagok minőségi tulajdonságai. Verband Kompostwerke Schweiz. www.kompostverband.ch; vks-Richtlinie 2001. Schönbühl-Urteren.

Érkezett: 2005. október 19.

Effects of Treatment and Composting on Use of Bones as Fertilizers

¹D. KOVÁCS, ²G. KARDOS and ¹G. FÜLEKY

¹Department of Soil Science and Agrochemistry, Szent István University, Gödöllő and

²Central Food Research Institute (KÉKI), Budapest

Summary

Bones are not suitable as fertilizers in their original state because their components are almost completely insoluble in the soil, making them unavailable to plants. Mineral acids increase the water-soluble phosphorus content of bones. Approximately 10,000 t bone is produced as waste in the Hungarian food industry each year. The most practical solution would be to elaborate a modern, environment-friendly bone processing technology with an end-product that could be used as a soil-ameliorant fertilizer.

The aim of the work was to analyze the compostability of bonemeal produced using various technologies, and to study the effect of composts and bonemeal on plant growth and phosphorus uptake. In laboratory experiments bones and bonemeal were subjected to aqueous digestion with various temperatures, bone/water ratios and heat treatment durations. Treatment was also made with various concentrations of citric, cc. nitric and cc. sulphuric acid, again with various temperatures, bone/acid ratios and treatment times.

Industrial bonemeal was composted under model conditions using three raw material compositions: poultry manure with litter, bonemeal, and the water used in the bonemeal production technology. The available P content of the bonemeal produced with the various technologies was investigated in plant tests, using English ryegrass grown in a growth chamber. When boiled bones were treated with citric and sulphuric acid, the water-soluble P content increased proportionately with the acid quantity, compared with that of bones treated only with water. The water-soluble P content of bonemeals produced using nitric acid treatment was 30 times that of the control (0.32–8.51 mg/100 mg). The results of the pot experiments revealed that the P introduced into the soil with bonemeal was utilized by ryegrass to almost the same extent as that originating from compost. The only difference was that the P content of composts was available to the plants for a longer period, probably due to slower release. The rate of P release from the various types of bonemeal did not differ greatly, though treatment with sulphuric acid was slightly less efficient than the other treatments. It can be seen from the quantities of P absorbed by ryegrass that favourable P supplies can be achieved through the composting of bones.

Table 1. Parameters of the bone-digesting technologies (KÉKI, 2003). (1) Experiment code. (2) Temperature, °C. (3) Time, min. (4) Digesting agent (1:2). a) water; b) 20% citric acid; c) 1 N sulphuric acid; d) 2 N sulphuric acid; e) 10% citric acid; f) 70% sulphuric acid; g) 65% nitric acid. *Note:* Cs: chicken breastbone from the retailing trade; S: pork bones from the retailing trade; Ü: industrial bonemeal made from pork bones from the slaughterhouse.

Table 2. Nitric acid treatment and neutralization of boiled pork bones (S) and industrial bonemeal (Ü) (KÉKI, 2003). (1) Sample code. (2) Pre-treatment. II. S. Digestion 1: Boiling for 60 min at 135 °C, mincing. II. S. Digestion 2–5: Boiling for 60 min at 135

°C, mincing, digestion with 65% nitric acid. II. Ü. Digestion 1: Boiling for 90 min at 130 °C, mincing. II. Ü. Digestion 2–7: Boiling for 90 min at 130 °C, mincing, digestion with 65% nitric acid. (3) Treatment. II. S. Digestion 1: 100 g pre-treated pork bone + 50 ml 65% nitric acid. II. S. Digestion 2–5: Digestion 1 + 20, 25, 30 or 35 ml 60% KOH. II. Ü. Digestion 1: 100 g bonemeal + 30 ml water + 50 ml 65% nitric acid. II. Ü. Digestion 2–7: Digestion 1 + 10, 20, 30, 40, 50 or 60 ml 60% KOH. *Note:* see Table 1.

Table 3. Results of laboratory analysis on compost samples taken after the composting of bonemeal and the water used in bonemeal processing (SZIE TALT, 2003). (1) Sample code. Compost I, II, III. a) LSD_{5%}. (2) Dry matter, %. (3) Organic matter, %. (4) C/N ratio.

Table 4. Total nutrient content of the materials used in the pot experiment. (1) Raw material. a) Control (soil with poor fertility); b) Commercial compost: I, II and III; c) bonemeal (pork, industrial digestion); d) LSD_{5%} (digestion + bonemeal); e) LSD_{5%} (total). (2) “Total” nutrient content, %. (3) N supplementation, carbamide. (4) K supplementation, 40% KCl, g/700 g soil.

Table 5. Water-soluble phosphorus contents recorded after bone digestion (mg P/100 mg bonemeal). (1) Experiment code. (2) P content. a) LSD_{5%}. *Note:* *for digestion method see Table 1.

Table 6. Water-soluble phosphorus contents (mg P/100 mg bonemeal) and pH recorded after the nitric acid treatment and KOH neutralization of boiled pork bones (A) and industrial bonemeal (B) (KÉKI, 2003). (1) Sample code. a) superphosphate; b) LSD_{5%}. (2) Water-soluble P content. *Note:* *for digestion method see Table 2.

Table 7. Mass and phosphorus content at the 1st and 2nd cut of the ryegrass plants grown in the pot experiment (SZIE-TALT, 2003). (1) Treatment. a) Control (soil); b) Control + compost; c) Compost I, II, III; d) Bonemeal; e) LSD_{5%}. (2) Green mass, g. (3) Dry matter mass, g. (4) Phosphorus, %. (5) Phosphorus uptake, mg/pot. *Note:* *for digestion method see Table 1.