

### **Biomassza hamu alkalmazhatóságának vizsgálata talajsavanyúság javítására**

*Czinkota Imre, Fekete György, Gulyás Miklós, Tolner László, Sebők András, Köles Péter*

*Szent István Egyetem, Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar, Környezettudományi intézet, Talajtani és Agrokémiai Tanszék  
E-mail: [imre.czinkota@gmail.com](mailto:imre.czinkota@gmail.com)*

#### **Összefoglalás**

A savanyú talajok javítására régóta alkalmazott módszer a meszezés, mely apró szemcsés  $\text{CaCO}_3$ -ot alkalmaz. A karbonátos reakciók eredményeként a talajban kalcium ionok dúsulnak fel a hidrogén ionok helyett és gáz állapotú szén-dioxid keletkezik, mely ásványi eredetű mészke használata esetén az üvegházhatást erősíti. Abban az esetben, ha erre a célra, - az energiatermelés melléktermékeként mindenképpen keletkező - hamut használjuk, egyrészt növelhetjük a talaj kálium és foszfor tartalmát, másrészt nem kerül további szén-dioxid a levegőbe, mivel az égés során keletkező fém (Ca, K, Na, Mg...)-oxidokból a levegő szén dioxidjának megkötésével képződnek karbonátok. Kísérleteinkben megvizsgáltuk a hamu lúgosságát különböző vizes kioldások esetében. Az eredmények alapján kiszámítottuk a savanyúság csökkentő hatást. Vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy mind a hamu, mind extraktumai a megfelelő, általunk megállapított technológiai megoldások betartásával alkalmasak a talaj savanyúságának csökkentésére és a talaj kálium szolgáltatásának növelésére.

#### **Summary**

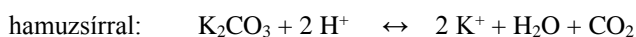
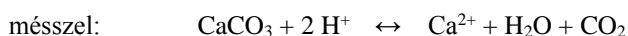
The liming - the process of decreasing the soil acidity, by  $\text{CaCO}_3$  - is classic method used by soil remediation. In our experiments, we used small lime particle which slowly dissolved by soil solution, then reacting with hydrogen ions. As the result of this reaction some carbon dioxide gas is produced, that mixes with the gases in the atmosphere, and increase the green house effect. There are at least two advantages for use some biomass ash to decrease of soil acidity instead of lime. First of all, the usage of the alkali components of biomass, - the produced carbon dioxide ash - is originated from the atmosphere by photosynthesis or chemical reactions, while the lime originated carbon dioxide is originated from fossil sources. Second of all, the advantages of ash treatment is the chemical composition of biomass ash, which is containing almost all macro and micro nutrient element in almost equal composition as the plant require them except the nitrogen, unfortunately. In our experiments, we investigated the alkali properties of biomass ash in different water - ash composition solution. Then we calculated the equal amount of ash and lime. After the soil liming experiment, we measured the kinetics of neutralizing effect of lime and ash. Based on our result the parameters of ash neutralizing method can be calculated and the strong initial alkali effect of ash can be treated.

#### **Bevezetés**

Az írásbeliség kezdete előtt is köztudott volt, hogy a fa- illetve egyéb növényi termékek hamuja jelentős mennyiségben tartalmaz lúgos összetevőket, ezért előszeretettel

használták olyan feladatokra, ahol valamit lúgosítani, vagy savasságát csökkenteni kellett. Ilyen például a szappanfőzés, vagy mosás. A szerves anyagok égésekor a biomassza ásványi anyag tartalma, a nitrogén és kén kivételével, melyek az atmoszférába távoznak gáz formájában, oxidok formájában visszamarad a hamuban, ilyen pl. CaO, K<sub>2</sub>O, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CuO, ZnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>. A különböző magas hőmérsékleten (500-1000 °C) stabil oxidok a lehűlés közben reagálnak a levegő széndioxid tartalmával és részben, vagy egészben karbonátokká alakulnak. Az erős bázisképző alkáli és alkáli földfém karbonátok vizes oldásuk során lúgosan hidrolizálnak, innen ered az ősi felismerés – a hamu lúgos. Ez a hidrolitikus lúgosság a szénsavas mész, CaCO<sub>3</sub> esetében nem észlelhető, mivel vizes oldhatósága nagyon kicsi. Ez rögtön egy alapvető különbség a hamu és mész, mint talaj adalék használhatósága között. A hamu túladagolásával, legalábbis átmenetileg, káros mértékben is tudjuk lúgosítani talajainkat, míg szénsavas mész tetszőleges túladagolása esetén sem emelkedik a talaj pH értéke 8-9 fölé.

A talaj savanyúsának csökkenése az alábbi reakció szerint megy végbe:



A hamuzsíros reakcióhoz hasonló játszódik le az összes hamuban található alkáli és alkálifém karbonáttal.

Látható, hogy a széndioxid keletkezése természetes velejárója a talaj savanyúság csökkentésének. Az alapvető különbség a kétféle savanyúság csökkentő anyag között, hogy a valahonnan kibányászott fosszilis mészkő, valamely régmúlt kor légköréből kivont széndioxidot juttatja légkörbe, míg a hamu esetében a közelmúltban (akár néhány nappal előző égetéskor) kivont széndioxid jut vissza a légkörbe. Ebből következik, hogy mérleget vonva az üvegházhatás szempontjából a meszezés egyértelműen növeli a légkör széndioxid koncentrációját, míg a hamu alkalmazása nem befolyásolja azt.

A szakirodalom számos kutatásról számol be, amikor valamilyen biomassza hamut alkalmaznak a talajon savanyúság csökkentő, vagy tápanyagtartalom növelő céllal. DEMEYER et al., (2001) összefoglaló munkájában elemzi a fahamu összetételét, és alkalmazhatóságát a talaj savasságának csökkentésében. Külön kiemeli a hamu alkalmazásának alumínium és mangán toxicitás csökkentésében. Érdekes adalékként megemlíti, hogy erdei környezetben nem jelent nagy hátrányt a hamu nitrogénhiánya, ugyanis ez a tápelem a légköri ülepedéssel jelentős mértékben pótlódik. Számos szerző kiemeli, hogy a savanyúság csökkentése mellett a növények foszfor Ca, K és Mg tartalma szignifikánsan növekedett a hamu kezelés hatására (ETIEGNI et al., 1991; CLAPHAM & ZIBILSKE, 1992; KREJSL & SCANLON, 1996; VANCE, 1996).

OHNO és munkatársai több cikkben foglalkoztak a szénsavas mész és hamu egyenértékűségének vizsgálatával, leírják az inkubációs vizsgálatot, mint alkalmas módszert az ekvivalencia megállapítására, megállapítják, hogy jelentős mértékű a hamu pozitív hatása a növények foszfor, kálium és magnézium felvételére, azonban tényleges matematikai modellekkel nem dolgoztak a savanyúság csökkentés és tápanyagtartalom növekedés vizsgálatokor. OHNO & ERICH (1990); OHNO (1992); OHNO & ERICH (1993) és HUANG et al., (1992) szabadföldi kísérletekkel igazolták a hamu kedvező hatását a talaj savanyúságára és tápanyag szolgáltató képességére.

Jelen tanulmány a hamu – talaj kölcsönhatás talajkémiai és kinetikai vizsgálatát tűzi ki célul, hogy az egyes részfolyamatok és a folyamatok időbeli lefolyásának megismerése

## **Biomassza hamu alkalmazhatóságának vizsgálata talajsavanyúság javítására**

alapján tudatosan, az esetleges károkozást kikerülve tudjuk használni a biomassza hamut, mint talaj savanyúság csökkentő és ezzel egy időben tápanyag szolgáltatást növelő adalékként.

### **Anyag és módszer**

Kísérleteink során csertölgy tűzifa hamuját használtuk, melyet a 0,5 mm-es szitán átszitáltuk, majd a szitán áthullott frakciót keveréssel homogenizáltuk.  $\text{CaCO}_3$  forrásként 96 %-os 0,5 mm-es szitán áthulló mészkő őrleményt használtunk.

A kísérletekhez szükséges talajminták a SZIE Szárítópusztai Növénytermesztési Tanüzemének területéről származnak, a savanyítás csökkentési kísérlethez az enyhén savanyú legfelső (Ap) szintet használtuk. Talajtípusa: *homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj (Luvic Calcic Phaeozem)*. A használt talajsint néhány alapvető paramétere az 1. táblázatban látható.

#### **1. táblázat A kísérletekhez használt talaj néhány jellemző tulajdonsága**

<b>Vizsgált paraméter</b>	<b>Mértékegység</b>	<b>Érték</b>
<b>mélység</b>	(cm)	0-30
<b>humusz</b>	%	0.49
<b><math>\text{CaCO}_3</math></b>	%	-
<b>pH</b>	$\text{H}_2\text{O}$	5,54
<b>pH</b>	KCl	4,24
<b>CEC</b>	$\text{cmol kg}^{-1}$	12,2
<b>Összes só</b>	%	0,028
<b>AL-<math>\text{P}_2\text{O}_5</math></b>	$\text{mg kg}^{-1}$	111
<b>AL-<math>\text{K}_2\text{O}</math></b>	$\text{mg kg}^{-1}$	119
<b>Homok %</b>	2-0,02 mm	78
<b>Vályog %</b>	0,02-0,002 mm	9
<b>Agyag %</b>	<0,002 mm	13
<b>hy</b>		0,08
<b><math>\text{K}_A</math></b>		21.5

#### **A hamu vizsgálata oldható lúgosság szempontjából**

- 40 ml desztillált vízhez rendre 10, 5, 2, 1, 0,5, 0,1 g hamut adagoltunk,
- majd kémcsőrázóval tíz percig rázattuk.
- A rázatás után 994 1/sec fordulatszámon 10 percig centrifugáltuk.
- A tiszta oldat 10 ml-es részét metilnarancs indikátor jelenlétében 0,005  $\text{mól/dm}^3$  koncentrációjú kénsavval titráltuk.

### Talaj érleléses vizsgálata

- Bemértünk 50 – 50 g talajt szárítópusztai rozsdabarna erdőtalaj mintájából.
- Az egyikhez 1 g CaCO<sub>3</sub>-ot, a másikhoz 7,14 g (a lúgosság egyenértékre kalkulált mennyiség) biomassza égetéséből származó hamut kevertünk.
- Mind a két kezeléshez adtunk 20-20 ml vizet. A mintákból minden nap 5 g száraz talajnak megfelelő mennyiségű talajt vettünk ki (gyakorlatban 7 g nedves). Ehhez 50 ml vizet adtunk és megmértük a szuszpenzió pH-ját.
- Ezután centrifugálással leválasztottuk a szilárd frakciót (4000 fordulat percenként, 30 percen át), majd a folyadék fázist leszűrtük, a szűrletet hűtőben tároltuk, a mérésig
- A pH és savanyúság vizsgálatokat a hamunál leírt módon végeztük.

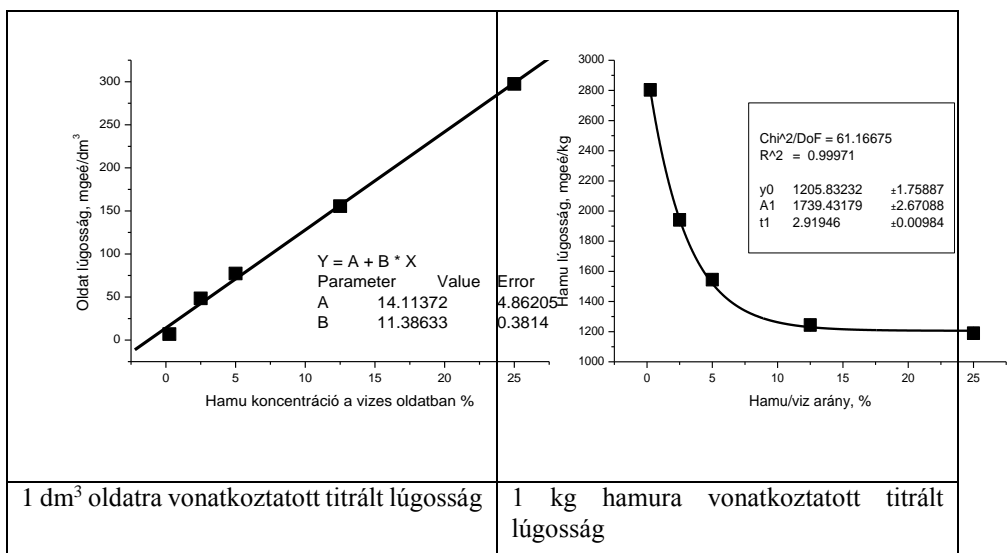
### Eredmények és értékelésük

#### A hamu vizsgálata oldható lúgosság szempontjából

A szakirodalomban említett összehasonlító elemzések mellet vizsgálatainkban a hamu-víz illetve hamu-talaj kölcsönhatás, időbeli folyamatait elemeztük.

Az 1. ábrán láthatók vizes hamu kivonatok titrálási eredményei:

Jól látható a baloldali ábrán hogy az oldat lúgossága a hamu koncentráció növekedésével lineárisan növekszik ( $R^2=0,987$ ), ez arra utal, hogy a hozzáadott hamutartalommal közel arányos a lúgosító hatás, vagyis a hamuból koncentrációjával arányos mennyiségű lúgosító anyag oldódik ki adott mennyiségű vízben. (könnyen oldható formák).



1. ábra. A hamu-víz keverékek oldat fázisában titrálható lúgosság.

A jobboldali ábra értelmezéséhez azt kell feltételeznünk, hogy a hamuban levő lúgosodást okozó vegyületek nem oldódnak teljes mértékben és korlátlanul vízben, hiszen a növekvő

## **Biomassza hamu alkalmazhatóságának vizsgálata talajsavanyúság javítására**

---

hamu/víz % csökkenő értékeket eredményez. Az illesztett exponenciális függvény alapján (mely tökéletesen illeszkedik,  $R^2=0,9997$ ) megállapíthatjuk, a következőket:

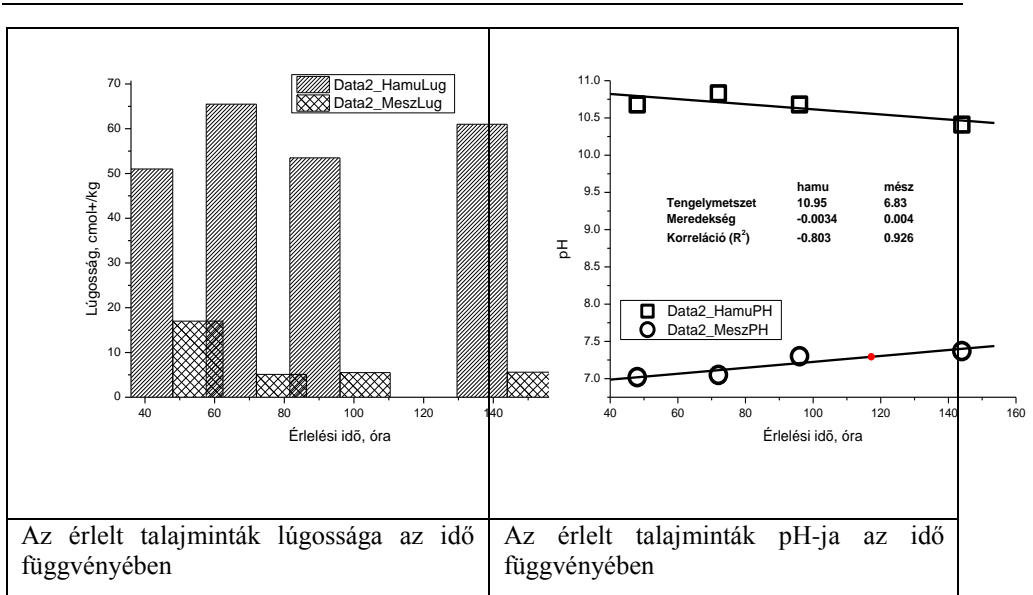
- Növekvő hamu koncentráció esetében a függvény aszimptotikusan tart a 1206 mgé/kg értékhez, vagyis feltételezhetjük, hogy ez a végtelen (igen nagy) hamukoncentráció esetében is csak legfeljebb ennyi lúgosító anyag oldható ki a hamuból
- Végtelen hígítás, azaz zérushoz tartó koncentráció érték esetén a kioldható lúgosító anyag mennyisége  $1206+1739= 2945$  mgé/kg, valószínűleg ez az érték az, amely a talajba kijuttatva savanyúság csökkentő hatást fejt ki (a későbbi kísérletek alapján elmondhatjuk, hogy ennél nagyobb mértékű a savanyítást csökkentő hatás, ugyanis a végtelen hígításban is oldhatatlan  $\text{CaCO}_3$  tartalmat ezzel a módszerrel nem sikerült megmérni.)
- A  $t_{1/2}$  paraméterből kiszámítható a felezési koncentráció, melynek értéke  $\ln 2 \cdot 2,92 = 2,02$  ez azt jelenti, hogy az oldható lúgosító hatás 2 százalék növekedés hatására csökken felére.
- A fenti vizsgálatok a hamu közvetlen, esetleg káros vízoldható lúgosító hatására vonatkoztak. További vizsgálatainkban a talaj savanyúságára gyakorolt hatásokat elemeztük.

### ***A talaj érleléses vizsgálata:***

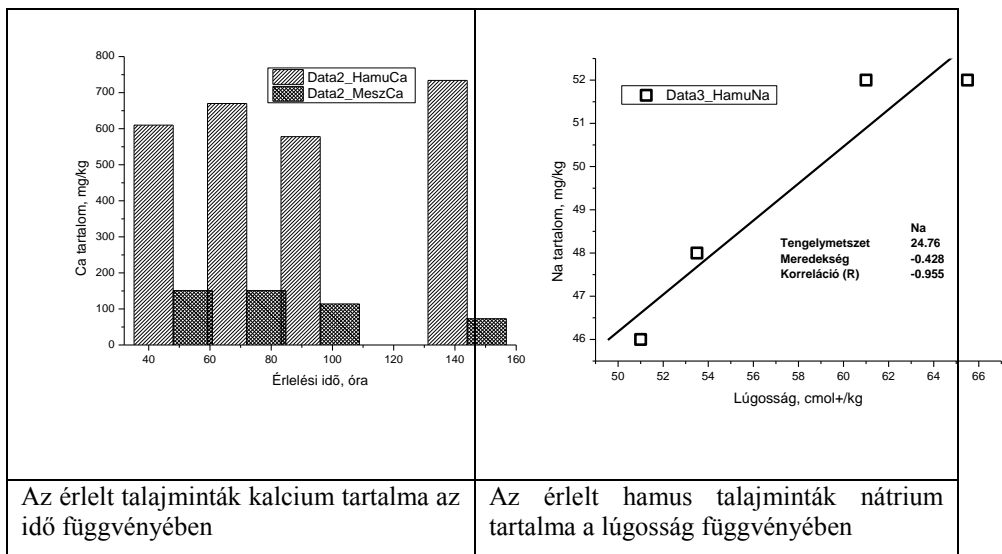
A 2. ábrán láthatók talajérlelési kísérletek lúgosság és pH eredményei:

A baloldali ábráról látható, hogy a hamuval kezelt talaj lúgossága jelentős hibával, de közel állandó értéken van, amely azt jelenti, hogy lúgosság már az első mintavétel előtt is beállt a közel egyensúlyi értékre. Erre az eredményre a hamu oldható, és ezért szinte azonnal ható lúgosító anyag tartalmának ismeretében számítani lehetett. A mésszel kezelt talajminta esetében a kezdeti nagyobb lúgosság az idő előrehaladtával csökken, vagyis a lassan oldódó apró mészszemcsék kb. három nap elteltével már elreagálnak a talaj savanyúságot okozó ionjaival.

A jobboldali ábrán érdekes különbség látható a kétféle savanyúság csökkentő anyag talajra gyakorolt hatásán. Szemmel látható, és az illesztett egyenesek paraméterei is mutatják, hogy mésszel kazalt talajon a pH folyamatosan növekszik, azaz a lassan oldatba menő mészszemcsék fokozatosan és lassan reagálnak a talaj savanyúságot okozó ionokkal. A hamu hatására viszont sokkal magasabb értékről induló, de csökkenő pH-t tapasztalunk, ez egyértelműen annak tudható be, hogy a könnyen oldódó lúgos hatású anyagok szinte azonnal elreagáltak a talajoldatban található savanyúságot okozó ionokkal, majd a talajszemcsék felületéről lassan oldatba kerülő rejtett savanyúságot okozó ionok oldatba kerülésével az erősen lúgos pH csökken az idő függvényében.



2. ábra. A talajérlelési kísérletek lúgosság és pH eredményei:



3. ábra. A talajérlelési kísérletekben mért kalcium és nátrium tartalom

A 3. ábrán talajérlelési kísérletekben mért kalcium és nátrium tartalom látható. A bal oldali ábrán látható kalcium tartalom azt mutatja, hogy a hamu hatására jelentősen nagyobb a talaj vízoldható kalcium tartalma, mint a meszes kezelésnél. Ez arra utal, hogy a hamuban a kalcium nem teljes mértékben vízoldhatatlan kalcium-karbonát formájában van jelen, hanem más, vízben könnyen és gyorsan oldódó sója is előfordul.

## **Biomassza hamu alkalmazhatóságának vizsgálata talajsavanyúság javítására**

---

A jobb oldali ábrán a hamu kezelés egyik legnagyobb problémáját láthatjuk, vagyis azt, hogy a hamu lúgossága jól korrelál a hamu nátrium tartalmával, vagyis a hamu savanyúság csökkentő hatásáért jelentős mértékben a szódatartalom tehető felelőssé. Ezt a tényt mindenképpen figyelembe kell venni abban az esetben, amikor szikes, vagy szikesedéssel veszélyeztetett talajokon alkalmazunk hamut, mint savanyúságcsökkentő anyagot.

### **Következtetések**

- A hamuból a mennyiségével arányos vizes oldható lúgosító anyag szabadul fel, azonban méréseink alapján azt kell feltételeznünk, hogy a hamuban levő lúgosodást okozó vegyületek nem oldódnak teljes mértékben és korlátlanul vízben, hiszen a növekvő hamu/víz arány csökkenő oldott lúgosító anyag értékeket eredményez.
- A hamuval kezelt talaj lúgossága jelentős hibával, de közel állandó értéken van, amely azt jelenti, hogy lúgosság már az első mintavétel előtt is beállt a közel egyensúlyi értékre, ami jelentősen nagyobb a meszes kezelésnél mértéknél, viszont a mésszel kezelt talajminta esetében a kezdeti nagyobb lúgosság az idő előrehaladtával csökken.
- A mésszel kezelt talajon a pH folyamatosan növekszik, azaz a lassan oldatba menő méssz szemcsék fokozatosan és lassan reagálnak a talaj savanyúságát okozó ionokkal. A hamu hatására viszont sokkal magasabb értékről induló, de csökkenő pH-t tapasztalunk.
- A hamu hatására jelentősen nagyobb a talaj vízdoldható kalcium tartalma, mint a meszes kezelésnél. Ez arra utal, hogy a hamuban a kalcium nem teljes mértékben vízdoldhatatlan kalcium-karbonát formájában van jelen, hanem más, vízben könnyen és gyorsan oldódó sója is előfordul.
- A hamu lúgossága jól korrelál a hamu nátrium tartalmával, vagyis a hamu savanyúság csökkentő hatásáért részben a szódatartalom tehető felelőssé

### **Irodalomjegyzék**

- DEMEYER A., VOUNDI NKANA J.C. & VERLOO M.G. (2001): Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview *Bioresour. Technol.*, 77. p.287–295 [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00043-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00043-2)
- ETIEGNI L., CAMPBELL A.G. & MAHLER R.L. (1991): Evaluation of wood ash disposal on agricultural land. I. Potential as a soil additive and liming agent *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 22. p. 243–256
- CLAPHAM W.M. & ZIBILSKE L.M. (1992): Wood ash as a liming amendment. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 23. p. 1209–1227
- HUANG H., CAMPBELL A.G., FOLK R. & MAHLER R.L. (1992): Wood ash as a soil additive and liming agent for wheat. *Field studies Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 23. p. 25–33
- KREJSL J.A. & SCANLON T.M. (1996): Evaluation of beneficial use of wood-fired boiler-ash on oat and bean growth. *J. Environ. Qual.*, 25. p. 950–954
- VANCE E.D. (1996): Land application of wood-fired and combination boiler ashes: an overview. *J. Environ. Qual.*, 25. p. 937–944

OHNO T. (1992): Neutralization of soil acidity and release of phosphorus and K by wood ash. *J. Environ. Qual.*, 21. p. 433–438

OHNO T. & ERICH M.S. (1990). Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 32. p. 223–239

OHNO T. & ERICH M.S. (1993): Incubation-derived calcium carbonate equivalence of papermill boiler-ashes derived from sludge and wood sources. *Environ. Pollut.*, 79. p. 175–180