

# Innovatív állattenyésztési technológia a mezőgazdasági eredetű üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére

*Gorliczay Edit<sup>1</sup> – Tamás János<sup>2</sup> – Bárány László<sup>3</sup> –  
Pápai Petra<sup>4</sup> – Szöllősi Nikolett<sup>5</sup>*

## Bevezetés

Az intenzív mezőgazdaság, különösen az állattenyésztés egyik nagy problémája az aránytalan birtokméret és földhasználat miatt nagy mennyiségben keletkező istállótrágya, amely mellékterméknek tekinthető. Az istállótrágya szervesanyag- és baktériumtartalma fontos szerepet játszik a talajélet kialakulásában, emellett jelentősen befolyásolja a talaj fizikai-kémiai tulajdonságait, közvetve annak víz- és tápanyag-szolgáltató képességét. Biostimuláló anyagokat és hormonokat tartalmaz, amelyek hozzájárulnak a növények növekedéséhez és fejlődéséhez (LOCH–KISS 2010). Ugyanakkor a szerves trágya jelentős légköri C- és N-emisszió forrása is lehet. A trágyából származó nitrogénkibocsátásnak négy jellemző formája van: ammónia ( $\text{NH}_3$ ), dinitrogén ( $\text{N}_2$ ), a dinitrogén-oxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) és nitrát ( $\text{NO}_3^-$ ). Az ammónia a baromfitrágyában lévő húgysav mikrobiális lebomlása során keletkezik (ZHAO et al. 2016). A trágya spontán mineralizációra képes (KOC SIS 2005), ezért általában valamilyen módszerrel kezelik, hogy minimalizálják a nitrogénvesztést, amely kezelés nélkül akár 71–88% is lehet (OGUNWANDE 2008). A komposztálás jó alternatívát jelenthet a trágya kezelésére, ugyanis a folyamat során a trágya térfogata és a kellemetlen szagok kibocsátása csökken (TIQUIA–TAM 1998). Pagans és munkatársai (2006) komposztvizsgálatai alapján az  $\text{NH}_3$ -kibocsátás a termofil szakaszban ( $>45^\circ\text{C}$ ) exponenciálisan nőtt, míg Matsuda és munkatársai (2002) eredményei alapján a magas pH, a forgatás (levegőztetés) intenzitásának növelése az ammóniaemissziót is növeli. A levegőztetés intenzitásának növelése és a szűk C/N arány azt eredményezi, hogy az alacsony széntartalom miatt a nitrifelhalmozódás a későbbiekben ammónia-kibocsátáshoz vezet (HELLEBRAND–KALK 2001).

A kutatásunk célkitűzése az volt, hogy a mélyalmos baromfitartásból származó trágya minőségét elemezzük az aerob fermentációs folyamat során oly módon, hogy a keverést

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet. E-mail: [edit.gorliczay@gmail.com](mailto:edit.gorliczay@gmail.com)

<sup>2</sup> Egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.

<sup>3</sup> Baromfi-Coop Kft.

<sup>4</sup> Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.

<sup>5</sup> Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.



minimalizáltuk, csak a bekeveréskor nedvesítettük, és zárt tartályokban komposztáltuk az anyagokat. A cél az volt, hogy megvizsgáljuk: a keverés és a zárt körülmények milyen folyamatokat indukálnak a komposztban.

## 1. Anyag és módszer

### 1.1. Kísérleti beállítások

A kísérletek beállítását és a laboratóriumi vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetében végeztük. A zárt kísérletek 16 liter térfogatú tartályokban állítottuk be. Mindegyik kísérleti beállítás esetén a tartózkodási idő 4 hét volt.

1. táblázat:

*Az alkalmazott komposztálási kísérleti beállítások*

Kísérleti beállítások	A bekevert anyagok mennyisége
Kontroll (K1, K2, K3, K4)	7 kg baromfitrágya + 0 kg adalékanyag
1tf% biochar/zeolit/zabszalma/faforgács	7 kg baromfitrágya + 0,07 kg adalékanyag
3tf% biochar/zeolit/zabszalma/faforgács	7 kg baromfitrágya + 0,21kg adalékanyag
5tf% biochar/zeolit/zabszalma/faforgács	7 kg baromfitrágya + 0,35 kg adalékanyag
7tf% biochar/zeolit/zabszalma/faforgács	7 kg baromfitrágya + 0,49 kg adalékanyag
9tf% biochar/zeolit/zabszalma/faforgács	7 kg baromfitrágya + 0,63 kg adalékanyag

A kísérletek során felhasznált baromfitrágya 6 hetes rotációban nevelt fehér húshasznú brojler csirkéktől származott.

## 2. A vizsgálatokhoz alkalmazott módszerek, eszközök

A baromfitrágya és az adalékanyagok komposztálása során a következő paramétereket vizsgáltuk: nedvesség- és szárazanyag-tartalom (tömeg%), hőmérséklet (°C), kémhatás, vezetőképesség (mS/cm), humusz aromás magjainak kondenzációs foka (E4/E6 arány), gázösszetétel (cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).

A nedvesség- és szárazanyag-tartalom, valamint a 60 tömeg%-ig történő nedvesítéshez szükséges víz mennyiségének meghatározásához a mintákat 105°C-on tömegállandóságig szárítottuk (MSZ EN 21420-18:2005), majd meghatároztuk a szárazanyag-tartalmát.

A tömegállandóságig szárított minták kémhatása (pH(dH<sub>2</sub>O)) és vezetőképessége (EC) az 1:9 hígítási aránnyal beállított oldatban került meghatározásra 24 órás rázatáson (Ed-mund Böhler KS-15) történő rázatást követően HANNA HI 2550 kombinált mérőműszer segítségével. A kémhatás és vezetőképesség meghatározását követően a szuszpenziót szűrő-papíron átszűrtük, és a szűrletből Secoman Anthelie Light II. UV-VIS spektrofotométerrel mértük meg a szuszpenzió abszorbanciáját 465 nm (E4) és 665 nm (E6) hullámhosszon. Az E4/E6 arányt, amely a humusz aromás magjainak kondenzációs foka, a humuszérettséget jellemző mutatóként veszik figyelembe (APARNA et al. 2008).

A hőmérséklet és a gázösszetétel mérését a tartályok tetején kialakított furaton keresztül végeztük el. A gázkoncentráció méréséhez Oldham BM25 típusú multigáz-analizátort és 20JF1-TCVS-ammóniaérzékelőt, míg a hőmérséklet méréséhez Testo 925 típusú PT100-as hőmérőt használtunk.

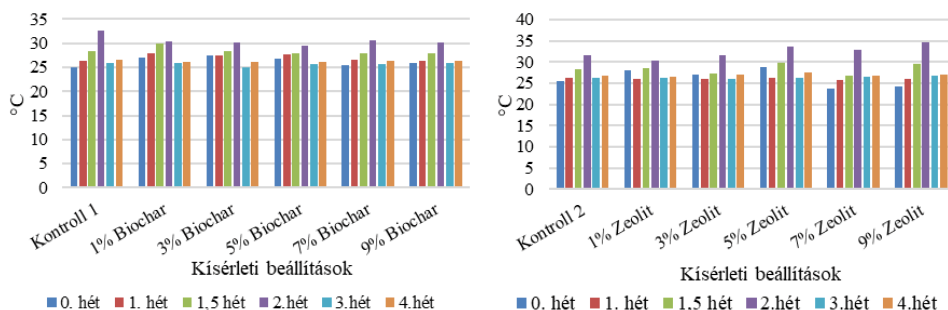
Az egyes adalékanyagok és bekeverési arányok esetén az ammóniakoncentráció-csökkenés számszerűsítése a kísérlet négy hete alatt mért átlagos ammóniakoncentráció kontrollhoz történő viszonyításával történt.

### 3. Eredmények és értékelésük

#### 3.1. A hőmérséklet alakulása

A hőmérsékletet 4 naponta mértük meg mindig azonos időpontban. Vizsgálataink során megfigyeltük, hogy az egyes kezelések esetében a hőmérséklet maximális értéke 24–34°C között volt.

A kezdeti hőmérséklet a biochar és a zeolit esetében 25–27°C között alakult (1. A és B ábra). Ezt követően egy erőteljesebb felmelegedés következett, amelynek során a hőmérséklet 30–34°C közé emelkedett. A harmadik és negyedik hétre a komposzt hőmérséklete mindkét adalékanyag esetében viszonylag stabil volt, 25–27°C közötti.



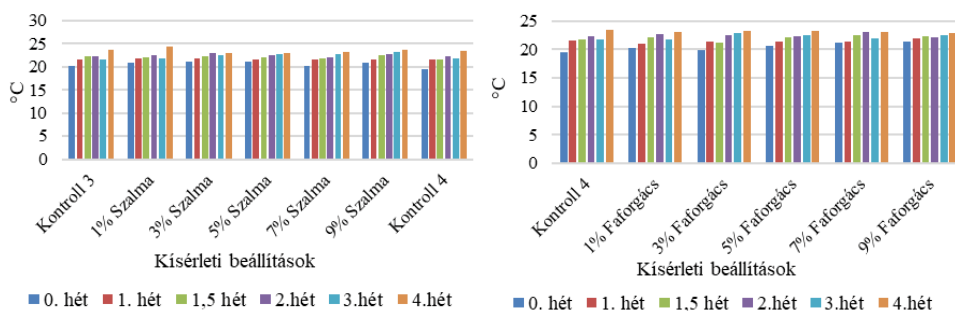
1. ábra

A: A hőmérséklet alakulása biochar bekeverése esetén;

B: A hőmérséklet alakulása zeolit bekeverése esetén

Forrás: a szerző szerkesztése

A szalma és a faforgács adalékanyagánál (2. A és B ábra) a hőmérséklet az első három vizsgálati hétben kiegyenlített volt, 21–22°C között változott. A negyedik hétre 23–24°C közé emelkedett a hőmérséklet. A szalma és a faforgács esetében az 5tf%-os bekeveréstől kezdve a hőmérséklet egyenletesen emelkedett.



2. ábra

A: Hőmérséklet alakulása szalma bekeverése esetén; B: Hőmérséklet alakulása faforgács bekeverése esetén

Forrás: a szerző szerkesztése

A hőmérséklet alakulásáról összességében elmondható, hogy egyik adalékanyag és bekeverési arány esetében sem érte el a hőmérséklet a szakirodalomnak megfelelő 50–55°C közötti értéket. A fermentációs folyamat elindulásához 20–25°C-ra van szükség, ennek alapján a kísérletem során a komposzt korhadása elindult, azonban a termofil fázis elérését követően a hőmérséklet hamar visszaesett.

### 3.2. A kémhatás alakulása

Mind a négy adalékanyag esetében ioncserélt vizes és kálium-kloridos szuszpenziójú oldat kémhatását mértük. A kétféle szuszpenzióban mért kémhatás értékei csak néhány tizedesjegy-pontossággal tértek el, ezért a továbbiakban csak az ioncserélt vizes szuszpenzióban mért kémhatás értékeit ismertetjük.

A kémhatás vizsgálata nagyon fontos szempont a komposztálás során, ugyanis a pH eltolódásával anaerob körülmények alakulnak ki, így a baktériumok és patogén mikroorganizmusok elszaporodhatnak. Az optimális pH-érték 6–7,5 között változik.

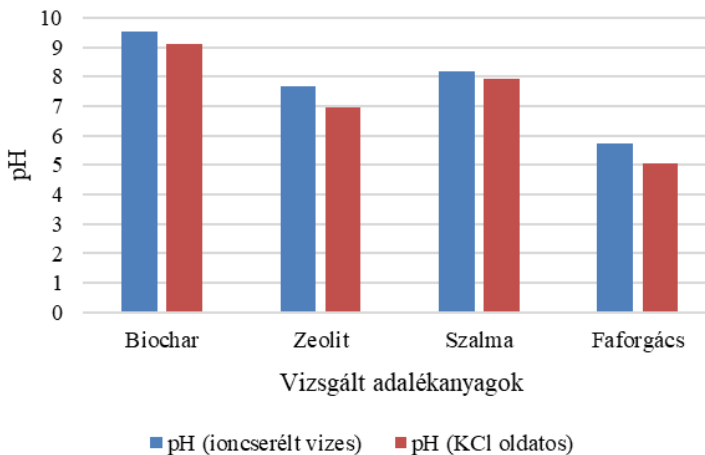
A biocharrel kezelt komposztok esetében a kontroll1 és az 1tf% kezelés esetében a kémhatás mind a négy hét alatt azonos, kiegyenlített volt, pH-értéke 6,14–6,28 között alakult, tehát savanyú volt a kémhatás, amely kedvezőtlen körülményeket teremtett az aerob fermentációhoz. A többi bekeverési arányt (3,5,7,9tf%) vizsgálva elmondható, hogy a kémhatás ezen tartályokban is savanyú értéket mutatott, azonban a 2tf% gipsz bekeverésével a kémhatás a harmadik héttől növekedni kezdett, s a pH 7,5–8,2 között alakult. Ebben az esetben a komposzt lúgos kémhatásúvá vált. A negyedik hétre az értékek csökkentek ugyan, de továbbra is a lúgos kémhatás felé mozdultak. Elmondható, hogy az 5tf%, a 7tf% és a 9tf% adalékanyaggal bekevert komposztok savanyú talajok javítására alkalmasak, ugyanis magas pH-val rendelkeznek.

A zeolit esetében hasonlóan alakultak az értékek, mint a biochar bekeverésénél. Az első két hétben a kémhatás savanyú volt (pH 5,9–6,2), s ez az intervallum a kontroll2 és az 1tf%

zeolit bekeverése esetén nem is változott. Ez az alacsony pH-érték a rövid szénláncú szerves savak (tejsav, ecetsav) jelenlétének köszönhető (AMEEN et al. 2016). A gipsz bekeverésével a kísérlet 3. hetétől a kémhatás lúgos volt (pH 7,0–7,7). A szalma és a faforgács bekeverésével az értékek hasonlóan alakultak, azonban ezen két adalékanyag esetén a 2tf% gipsz komposzthoz történő hozzáadása sem emelte az értékeket pH 7 fölé.

Összességében a kémhatás alakulásáról megállapítható, hogy minél több adalékanyag volt a trágyába bekeverve, annál magasabb volt a kémhatás a kontrollhoz viszonyítva. Továbbá elmondható, hogy ezen paramétert vizsgálva biochar esetében az 5tf%-os, zeolitos komposzt során a 7tf%-kal kevert minta, a szalmát figyelembe véve a 9tf% bekeverési arányú, míg faforgács esetében a 7tf% és a 9tf%-os komposztált baromfitrágya a megfelelő. Ennek alapján ezek a minták talajjavító hatással rendelkezhetnek savanyú kémhatású talajokon.

A komposztok bekeverése előtt megmértük az alkalmazott adalékanyagok kémhatását, amely a 3. ábrán látható.



3. ábra

*Adalékanyagok kémhatásának alakulása*

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Vizsgálataim során megfigyeltem, hogy a biocharral, illetve a zeolittal kezelt almos baromfitrágya kémhatása magasabb volt, mint a szalmával és faforgáccsal kezelt komposztálási kísérleté. Ennek egyik oka, hogy a biochar és zeolit – mint adalékanyag – kémhatása is magasabb a faforgácséval szemben.

### 3.3. A vezetőképesség alakulása

Kocsis (2011) vizsgálatai alapján 0,5–5,5 mS/cm között változik az érett komposzt vezetőképességének optimális értéke. Ezen megállapítás révén elmondható, hogy egyik bekeverési arány sem érte el az optimumot, mert ennél nagyobb értékeket mértünk.

A kontrollhoz viszonyítva a 9tf% biocharral kevert komposzt volt a legmegfelelőbb, mert itt volt a legkisebb a vezetőképesség vizsgált negyedik hét végére.

A zeolit esetében az első héthez képest a negyedik hétre nőttek a vezetőképesség értékei. Az első héten kapott értékek közül kiugróan magas volt az 1% zeolittal bekevert baromfitrágya, az 5tf% zeolittal kevert trágya ehhez képest alacsony. A negyedik hétre a legmagasabb értékű szintén az 1tf%-os bekeverési aránnyal rendelkező komposzt volt. A kontrollhoz viszonyítva szintén a 9tf%-os baromfitrágya volt a legjobb, ugyanis a negyedik hétre e komposztban mértük a legkisebb értéket. Szalma bekeverésének hatására is hasonló tendencia figyelhető meg, mint az többi adalékanyagnál: a 9tf%-os bekeverés értéke volt a legkisebb az első héten (4,6 mS/cm), valamint az utolsó héten is (11,90 mS/cm). A többi bekeverési arány esetén nem tapasztaltam nagy eltérést a kontrollhoz képest, amelynek vezetőképessége 9,55 és 11,29 mS/cm között alakult a négy hét alatt. Faforgács bekeverésével a vezetőképesség is minimális volt az egyes bekeverési arányok és a kontroll között.

### 3.4. E4/E6 arány alakulása

A mérés során a humusz minőségét a 465 nm és 665 nm hullámhosszúságú fény alkalmazása esetében mért extinkciók hányadosának (E4/E6) értéke jellemzi.

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a biocharral kezelt komposzt esetében egyik bekeverési arány sem éri el a megfelelő (3–5) értéket. Ennél az adalékanyagnál észrevehető, hogy a kisebb (1tf% és 3tf%) bekeverési arányú minták voltak a legközelebb a szakirodalmakban meghatározott értékekhez. Kovács–Füleky (2016) szerint a komposzt humuszérettségének a komposztálási folyamat előrehaladtával csökkenést kell mutatnia. Haddad és munkatársai (2015) olívapogácsát és szarvasmarhatrágyát komposztáltak, s eredményei alapján a komposztálás 80. napjáig az abszorbancia értéke csökkent, majd a 150. napig egy növekedési fázis volt megfigyelhető.

A zeolitos komposzt esetében sem éri el az E4/E6 arány a 3–5 értéket, ugyanis míg az első héten 2,83–3,57, a negyedik héten 1,00–1,90 között alakult az érték. Azonban ennél az adalékanyagnál a kontrollt figyelembe véve és ahhoz viszonyítva az értékeket, a nagyobb (5tf% és a 7tf%) bekeverési arányok mutattak nagyobb csökkenést, 5tf% esetén a csökkenés -2,57, 7tf% esetén pedig -2,46 volt. Mindegyik bekeverés esetében csökkenő tendenciát mutattak a minták a negyedik hét végére, de ezek a kontrollhoz képest kisebb mennyiségben.

A szalmabekeverés során az abszorbanciaértékek ugyan csökkenést mutattak, de nem volt nagy eltérés a kontrollhoz képest. A legnagyobb csökkenést az 5tf%-os szalmával történő kezelés esetén mértük (-1,15).

Faforgács trágyához történő hozzáadása esetében a kontrollhoz képest az összes bekeverési arány csökkenő tendenciát mutatott. Ezt a csökkenést legnagyobb mértékben a 7tf%-os kezelésben számoltam (-1,32).

Az E4/E6 arány értékének csökkenése a komposztálás első szakaszaiban azzal magyarázható, hogy a szerves anyagok mineralizációja következett be, amelyet az érési fázisban a humuszmolekula-komplexek növekedése követ (SENESI–MIANO–BRUNETTI 1996).

### 3.5. Az ammóniakoncentráció-csökkentés

Az ammóniakoncentráció csökkenésének számszerűsítését az egyes adalékanyagok esetén úgy számítottuk ki, hogy a kontrollhoz viszonyítottuk a kísérlet során kezelésenként kapott átlagos gázkoncentráció-értékeket.

Mindegyik kísérleti beállítás esetén elmondható, hogy az adalékanyagok arányának növelésével az ammóniakoncentráció-csökkenés mértéke nőtt (2. táblázat).

2. táblázat

*Az ammóniakoncentráció-csökkentés mértéke*

Kísérleti beállítások	Az ammóniakoncentráció-csökkentés mértéke
9tf% zeolit	87,10%
9tf% szalma	79,50%
9tf% biochar	79,20%
9tf% faforgács	69,04%

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A legnagyobb ammóniakibocsátás-csökkentést mindegyik adalékanyag esetében a 9tf%-os bekeverés esetén értünk el. A zeolit kötötte meg a legtöbb ammóniát, s ezáltal bebizonyítottuk a szakirodalmakban is közölt ammóniakibocsátás csökkentő hatását (3. táblázat).

3. táblázat

*A zeolit ammóniakoncentráció-csökkentésének mértéke*

Az ammóniakoncentráció csökkentésére használt anyag	CSIBA–VOJTELA–BELLUS 2013	KITHOME–PAUL–BOMKE 1999	GORLICZAY 2015	JUHÁSZ 2016
5% zeolit	86,11%	35-90%	82,95%	37,16%

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Mérési eredményeink alapján elmondható, hogy a bekevert adalékanyagok hozzáadásával nőtt az ammóniamegkötés mértéke is. Az adalékanyagok szempontjából vizsgálva az eredményeket megállapítható, hogy a vizsgálat négy hete alatt a zeolit baromfitrágyához történő keverése csökkentette a legnagyobb mértékben az ammónia mennyiségét. A zeolit az első héten nagy mennyiségű (közel 90 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) ammóniát kötött meg, míg a másik három adalékanyag átlagosan 45 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>-t. A zeolit – szerkezete révén – kiváló adszorpciós képességgel bír. A biochar és a szalma által elért ammóniakoncentráció-csökkenés is nagymértékű volt, ez a két adalékanyag közel azonos mértékben csökkentette az ammóniakoncentráció értékét. A biochar nagy szárazanyag-tartalma révén nedvszívó hatással bír, nagy fajlagos felülete és szerkezete során felfogja a keletkező gázokat, tehát az ammóniát is.

#### 4. Az eredmények összegzése

A kutatásunk során mélyalmos brojler baromfitrágyát komposztáltunk zeolit, biochar, szalma és faforgács különböző arányú bekeverésével annak érdekében, hogy a trágya komposztálása során felszabaduló ammóniakibocsátás-csökkentés mértékét számszerűsítsük, valamint hogy a vizsgált paraméterek (hőmérséklet, kémhatás, vezetőképesség, E4/E6 arány, gázösszetétel) alkalmasak-e a komposzt érettségének meghatározására.

A hőmérséklet változásáról elmondható, hogy a komposzt egyik adalékanyag és bekeverési arány esetében sem érte el a szakirodalmakban meghatározott 50–55°C körüli értéket, amely a kis komposztméretnek, a külső léghőmérséklet erős befolyásoló hatásának, valamint a keverés hiányának köszönhető.

A kémhatásról összességében elmondható, hogy a komposztminták kémhatásértéke mind az ioncserélt vizes, mind pedig a KCl-oldatos szuszpenzió esetén az adalékanyagok bekeverési arányának növekedésével nőtt.

A vezetőképesség tekintetében megfigyelhető volt, hogy az első héten mindegyik minta esetében alacsony volt az értéke, azonban a negyedik hét végére minden bekeverés esetében növekedés volt megfigyelhető. Ez a tendencia nem ideális a növénytermesztési technológiák esetén.

Összességében a humuszérettség alakulásáról megállapítható, hogy biocharral történő kezelés esetében az 1tf%-os és a 3tf%-os, a zeolitot figyelembe véve az 5tf%-os és a 7tf%-os komposzt, szalma esetében az 5tf%-os minta, faforgácsot vizsgálva pedig a 7tf%-os trágya bizonyult megfelelőnek, mert ezek értéke nagymértékben csökkent.

Az ammóniakoncentráció-csökkentés szempontjából mind a négy vizsgált adalékanyag megfelel a kitűzött céloknak, azonban kiemelkedik a zeolit, ugyanis már 2tf%-os arányban történő bekeverése esetén 69%-os ammóniakoncentráció-csökkentés érhető el.

A továbbiakban javasoljuk a faforgács mint komposzt-adalékanyag tesztelését, ugyanis ez az adalékanyag csökkentette a legkisebb mértékben az ammóniát, viszont a komposztálás mint faiparimelléktermék-hasznosítási mód jó alternatíva lehet. Emellett javasoljuk a komposztálási kísérletek beállítását más adalékanyagok alkalmazásával (például alumínium-szulfáttal, kálium-kloriddal), valamint félüzemi nyílt prizmás komposztálási kísérletek beállítását a legjobbnak bizonyult adalékanyag-dózisokra alapozva.

#### Felhasznált irodalom

- AMEEN, A. – AHMAD, J. – RAZA, S. (2016): Effect of pH and Moisture Content on Composting of Municipal Solid Waste. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Vol. 6. No. 5. 35–37.
- APARNA, C. et al. (2008): Technigues for the Evaluation of Maturity for Composts. *Waste Management*, Vol. 28. No. 10. 1773–1784.
- CSIBA A. – VOJTELA T. – BELLUS Z. (2013): Baromfitrágya-feldolgozás lehetőségei az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése érdekében. *Mezőgazdasági Technika*, 54. évf. 7. sz. 12–14.
- GORLICZAY E. (2015): *Baromfitrágya előkezelése biochar és zeolit felhasználásával*. Diplomadolgozat. Debrecen, Debreceni Egyetem MÉK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet.



- HADDAD, G. – EL-ALI, F. – MOUNEIMNE, A. H. (2015): Humic Matter of Compost: Determination of Humic Spectroscopic Ratio (E4/E6). *Current Science International*, Vol. 4. No. 1. 56–72.
- HELLEBRAND, H. – KALK, W. (2001): Emission of Methane, Nitrous Oxide, and Ammonia from Dung Windrows. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Vol. 60. No. 83. 83–87.
- JUHÁSZ E. K. (2016): *Zeolit, biochar, búza és szudánifű szalma hatásának vizsgálata a baromfi almos trágya komposztálási folyamataira*. Diplomadolgozat. Debrecen, Debreceni Egyetem, MÉK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet.
- KITHOME, M. – PAUL, J. W. – BOMKE, A. A. (1999): Reducing Nitrogen Losses During Simulated Composting of Poultry Manure Using Adsorbents or Chemical Amendments. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 28. No. 1. 194–201.
- KOCSIS I. (2005): *Komposztálás*. Budapest, Szaktudás.
- KOCSIS I. (2011): *Komposztálás, biogáztermelés*. Gödöllő, Szent István Egyetem.
- KOVÁCS D. – FÜLEKY Gy. (2016): A komposztérettség és meghatározásának módszerei – Szemle. *Agrokémia és talajtan*, Vol. 65. No. 1. 135 – 160. DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/0088.2016.65.1.9>
- LOCH J. – KISS Sz. (2010): *Agrokémia BSc hallgatók számára*. Debrecen, Debreceni Egyetemi.
- MATSUDA, J. et al. (2002): *Ammonia Emissions from Composting of Livestock Manure. Proceedings of the 1st International Conference on Greenhouse Gases and Animal Agriculture*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Inc.
- OGUNWANDE, G. et al. (2008): Nitrogen Loss in Chicken Litter Compost as Affected by Carbon to Nitrogen Ratio and Turning Frequency. *Bioresource Technology*, Vol. 99. No. 16. 7495–7503.
- PAGANS, E. et al. (2006): Ammonia Emissions from the Composting of Different Organic Wastes: Dependency on Process Temperature. *Chemosphere*, Vol. 62. No. 9. 1534–1542.
- SENESI, N. – MIANO, T. M. – BRUNETTI, G. (1996): Humic-like Substances in Organic Amendments and Effects on Native Soil Humic Substances. In PICCOLO, A. ed.: *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Elsevier Science. 531–593. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-81516-3.X5000-2>
- TIQUIA, S. M. – TAM, N. F. Y. (1998): Elimination of Phytotoxicity During Cocomposting of Spent Pig-manure Sawdust Litter and Pig Sludge. *Bioresource Technology*, Vol. 65. No. 1–2. 43–49. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00024-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00024-8)
- ZHAO, L. W. et al. (2016): Ammonia Concentrations and Emission Rates at a Commercial Poultry Manure Composting Facility. *Biosystems Engineering* Vol. 150. 69–78. DOI: [www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2Fj.biosystemseng.2016.07.006](http://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2Fj.biosystemseng.2016.07.006)