

Aerob biológiai hulladékkezelési módszerek vizsgálata, különös tekintettel a komposztálási folyamatra vonatkozóan

Juhász Csaba – Hunyadi Gergely

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Debrecen
juhasz@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az utóbbi évek Európai Unió előírásai egyértelműen fogalmazzák a tekintetben, hogy a biológiailag kezelhető hulladékokat a mezőgazdaságban kell használni. A szerves hulladékok minőségi jellemzői azonban gyakran lehetetlenné teszik a közvetlen felhasználást, előkezelést igényelnek. Az előkezelés lehetőségét adja a komposztálás. A folyamat során a szerves hulladék a környezetre kockázatot jelentő tulajdonságait elveszíti, míg végtermékként a mezőgazdaságban felhasználható tápanyagforrást (komposztot) eredményez. A hatékony komposzt-előállítás elengedhetetlen feltétele a lebomlási folyamat nyomon követése, értelmezése. Kutatásaink során olyan mérési módszereket vizsgálunk (gázkoncentrációs és reflektancia vizsgálatok, hőterképezés), amelyek költség és időtakarékos megoldási lehetőséget biztosítanak a degradáció közvetlen elemzésére.

Kulcsszavak: komposztálás, reflektancia, hőterképezés, gázmérések

SUMMARY

In recent years the regulations of the EU unambiguously determine that the biodegradable wastes should be used in agriculture. The characteristics of the organic wastes in most cases make the direct utilization impossible, they need pre-treatment before use. One treatment solution of these wastes is composting. During composting the organic wastes lose their hazardous characteristics and we gain a final product, the compost, which can be used in agriculture as organic fertilizer. The main conditions of effective composting are the follow and understand of the degradation process. During our research we examined different measuring methods (gas concentration and reflectance measurements, temperature mapping) that makes a cost and time effective possibility to directly analyze the degradation.

Keywords: composting, reflectance, temperature mapping, gas measurements

BEVEZETÉS

Az 1990-es évek elején bekövetkezett politikai, gazdasági és társadalmi rendszerváltás jelentős változásokat hozott a mezőgazdaságban, melynek következményeként lényegesen átalakult a mezőgazdaság tulajdonosi és üzemi szerkezete. A korábbi nagyüzemeket tömegesen váltották fel a mikro-, kis- és középvállalkozások, egyéni gazdálkodók, amely a birtoktulajdon felaprózását eredményezte (Molnár és Farkasné, 2003).

A tulajdonviszonyok megváltozásával eltávolodott egymástól a mezőgazdaság két fő ágazata a növénytermesztés és az állattenyésztés, amely az egyes vállalatok jövedelmezőségét tovább rontotta. A hatékonyság meggyengülése az állatállomány drasztikus visszaesésével párosult. Az 1970-es évekhez képest mind a szarvasmarha-állomány, mind a sertésállomány több mint 40%-kal csökkent (Baranyai és Takács, 2007).

Az állatállomány negatív változása maga után vonta a szervesanyag mennyiségének csökkenését is. A '70-es években évente körülbelül 15 millió tonna szervesanyagot használtak fel. Ez az érték 2000-re 5 millió tonnára csökkent (KSH, 2000). A '90-es évek elejéig ezt a változást a műtrágyahasználat térhódítása is fokozta. A növekvő műtrágya-mennyiségek terméshatásuk mellett azonban kihatnak a talaj tulajdonságaira, illetve a talajéletre is.

A gazdasági növények tápanyag-igényéhez igazított műtrágyaadagok ugyanis a növény igényeit fedezhetik, de hosszú távon nem járulnak hozzá a talaj szervesanyag-tartalmának fenntartásához. Ráadásul a ki-

juttatandó hatóanyag megtervezésekor nem vesszük figyelembe a talajban élő mikroorganizmusok tápanyag-igényét sem, amelyek így a talaj tartalékaiból kénytelenek fedezni szükségleteiket – ezzel is csökkentve a talaj tápanyagbázisát, tápanyag-szolgáltató képességét. A szerves vegyületek, humuszanyagok kivonása a talaj tulajdonságainak romlásához, a talaj degradációjához vezethet, ami akár a mezőgazdasági művelés ellehetetlenítését is eredményezheti (Dobos, 1993).

A fent említett következmények elkerülésének érdekében, valamint a talajok kedvező tulajdonságainak fenntartásához elengedhetetlen a szerves anyagok pótlása. A szervesanyag-igény biztosításának egyik lehetőségét adja a komposztálás. Az alapanyagok helyes megválasztásával, a degradációs folyamatok kontrollálásával, a meghatározó paraméterek folyamatos ellenőrzésével stabil, a tápanyag-visszapótlásban felhasználható végterméket nyerhetünk (Filep, 1999). A komposztálás széles alapanyag bázisa ráadásul lehetővé teszi – szigorú feltételek betartása mellett – különböző szerves hulladékok ártalmatlanítását is.

A komposztálás hatékonyságát elsősorban a degradálható anyaghoz adott adalékanyagok mennyisége és összetétele (fűrészpor, fanyesedék, búzaszalma, nádapríték stb.) határozza meg. Az adalékanyagok mellett a komposzt homogenitása, szemcseeloszlása, oxigénháztartása, nedvességtartalma, valamint C/N aránya is befolyásolja a végtermék minőségét (Petróczi és Késmárki, 2003; Bueno et al., 2007; Guardia et al., 2008).

A degradációs folyamatot, illetve a termelődő toxikus gázok mennyiségét, a termelés ütemét a komposzt-keverék – azaz a kiindulási anyagok keverési aránya – valamint a megfelelő előkezelési technológiák alkalmazása jelentősen befolyásolják (Kocsis, 2005; Smith és Hughes, 2004).

A degradációs folyamatot meghatározó tényezők folyamatos ellenőrzése lehetővé teszi a lebomlás kontrollálását. A leggyakoribb esetben a hőmérséklet változásait vizsgálják, de a nedvességtartalmat és a C/N arányt is ellenőrzik. Az oxigén mennyiségének vizsgálata általában az intenzív technológiák esetében valósul meg. A különböző elemek koncentrációját a kiindulási anyagok, valamint a végtermék esetében vizsgálják. Bizonyos paraméterek (pl. pH, szecseceloszlás, elemtartalom) mérése gyakran laboratóriumi körülmények között valósul meg, így a mérés és a prizma helye elkülönül egymástól, ami nem biztosít azonnali beavatkozási lehetőséget.

Az elmúlt évek fontosabb kutatásai során alkalmazott mérési módszereket a 1. ábra foglalja össze.

1. ábra: A komposztálást befolyásoló tényezők és mérési lehetőségeik

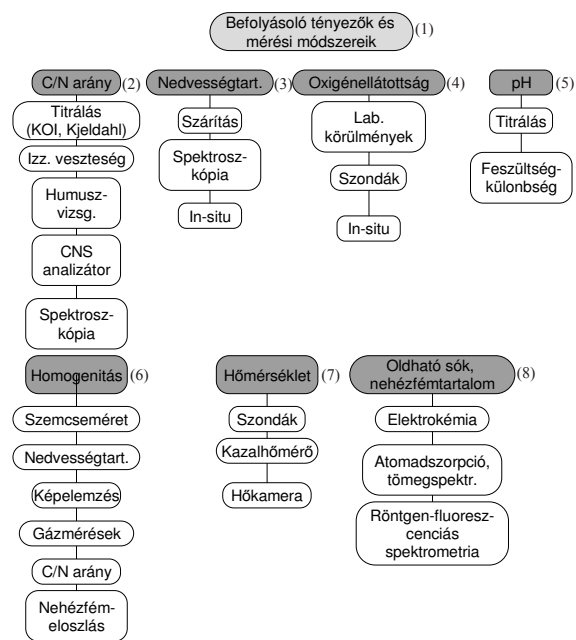


Figure 1: Factors affecting composting and their measurement alternatives

Influential factors and their measurement methods(1), C/N ratio(2), Titration (KOI, Kjeldahl), Incandescence loss, Humus analysis, CNS analyser, Spectroscopy, Moisture content(3), Drying, Spectroscopy, On-site, Oxygen supply level(4), Laboratory circumstances, Probes, On-site, pH(5) Titration, Voltage difference, Homogeneity(6), Grain size, Moisture content, Image analysis, Gas measurements, C/N ratio, Heavy metal distribution, Temperature(7), Probes, Stack thermometer, Thermographic camera, Soluble salts, heavy metal content(8), Electrochemistry, Atomic adsorption, mass spectroscopy, X-ray fluorescence spectrometry

A komposztálási technológiák széles palettája érhető el mind a hazai, mind a nemzetközi gyakorlatban, ezért elsősorban nem új technológiai megoldások kidolgozása lehet a cél, hanem az alkalmazott eljárások

további fejlesztése, hatékonyabbá tétele, illetve közel állandó minőségű végtermékek előállítására. A hatékonyság növelésének érdekében elengedhetetlen a degradációs folyamatok minél részletesebb és pontosabb ismerete. Ehhez olyan mérési módszerekre van szükség, melyek gyorsan, gazdaságosan és közvetlenül a komposztalomból nyernek információt.

Kutatócsoportunk a felszíni hőmérséklet vizsgálatára, a komposztprizmában lévő pórúság összetételének meghatározására, valamint a reflektancia alkalmazhatóságára vonatkozóan végez kutatásokat, módszertani fejlesztéseket.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatásaink során különböző adalékanyag hozzáadásával kialakított, szennyvíziszapra alapozott, nyílt prizmás komposztálási technológiát vizsgáltunk. A kísérleti prizmák a debreceni A.K.S.D. Városgazdálkodási Kft. telephelyén lettek kialakítva. A szennyvíziszap mellett adalékanyagként fanyesedéket, fűrészpport, búzaszalmát, illetve repceszalmát használtunk fel.

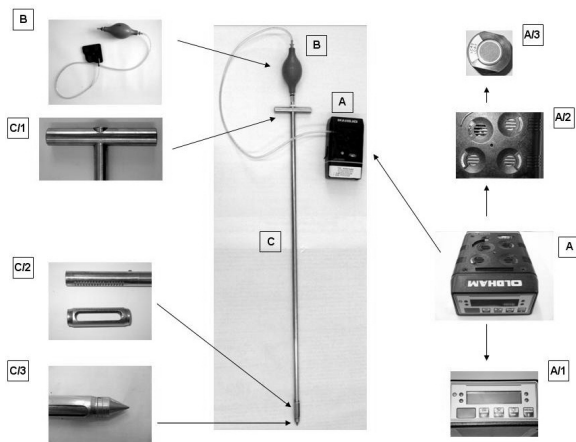
A pórúslevegő összetételének vizsgálata

A pórúslevegő összetétele egyrészt információt nyújt a degradáció hatékonyságáról, másrészt lehetőséget biztosít a komposzt homogenitásának ellenőrzésére és a komposzt erétségének meghatározására. A gyakorlatban általában a zárt technológiák esetében csak az oxigén koncentrációját ellenőrzik, azonban a széndioxid és az oxigén mennyiségének együttes ismerete képet ad az aerob/anaerob viszonyokról. Ha a méréseket az ammónia és metán koncentrációjának meghatározásával is kiegészítjük, akkor még pontosabban elemezhetjük a degradáció hatékonyságát.

A mérés eszközhátterét az OLDHAM MX 21, azaz egy terepi, hordozható kültéri multigáz érzékelő műszer adja (2. ábra, [A]). Az eszköz által mérhető gázok négy kategóriába sorolhatóak: éghető gázok, toxikus gázok (szén-monoxid, hidrogén-szulfid, klór, ammónia, stb.) és oxigén. Egyidejűleg 4 különböző gázt (2. ábra, [A/2]) – egy éghetőt és három szabadon választottat – képes érzékelni speciális érzékelő cellák segítségével (2. ábra, [A/3]), melyek egy-egy csatornának felelnek meg. A kapott eredményt alfanumerikus kijelző jelzi ki (2. ábra, [A/1]), toxikus gázok esetén cm^3/m^3 -ben, éghető gáz esetén pedig térfogatszázalékban. A mérés elve infravörös fénytörésen alapul. A műszer szivattyú rendszerrel, egy gáz-befecskendező fedéllel van felszerelve (2. ábra, [B]), így a nehezen hozzáférhető helyeken is képes a gázmennyiséget érzékelni.

A mérőműszer kiegészítésére volt szükség, hogy lehetőség legyen a komposztprizma gázkomponens-koncentrációjának közvetlen mérésére (2. ábra, [C]). Ez egy, az intézetünk által kifejlesztett, speciális rozsdamentes, saválló acélból készült mérőrúd, melynek belső átmérője 14 mm, maximális mérési mélysége 1,5 m. A könnyebb alkalmazás érdekében a mérőrúd hegyben végződik (2. ábra, [C/3]), és egy speciális markolattal van ellátva (2. ábra, [C/1]). A szennyeződések elkerülése érdekében a szondarúd vége szűrővel fedett (2. ábra, [C/2]).

2. ábra: OLDHAM MX 21 hordozható gáz analizátor



Jelmagyarázat: A: OLDHAM MX 21 gáz analizátor; A/1: Alfa-numerikus LCD kijelző; A/2: A műszer teteje (4 érzékelő cella a 4 gáz érzékeléséhez); A/3: Érzékelő cella; B: Szivattyú rendszer; C: MÉRŐRÚD; C/1: Speciális markolat; C/2: A mérőrúd hegyes vége; C/3: Speciális fém szűrő

Figure 2: OLDHAM MX 21 portable gas analyser

Legend: A: OLDHAM MX 21 gas analyser; A/1 alphanumeric LCD display; A/2: Top of the instrument (4 sensor cells for sensing the 4 gases); A/3: Sensor cell; B: Pump system; C: Measurement rod; C/1: Special grip; C/2: Pointed end of the measurement rod; C/3: Special metal filter

Hőkamera alkalmazhatósága a komposzt vizsgálataira

A felszíni hőmérséklet vizsgálatára a hazánkban legtöbbször alkalmazott nyílt prizmás komposztálási technológia esetében lehetőség van a hőkamera alkalmazására (3. ábra).

3. ábra: PYROLATER 12 típusú hőkamera



Figure 3: PYROLATER 12 thermographic camera

A kamera külső acél tokjában egy 7800 elemből álló, (320×240-es rácselrendezésű) hűtést nem igénylő mikrobolométer szenzor található. Az érzékenysége átlagosan 0,05 °C. Mérési tartománya -20 és 120 °C közötti, de optimális működési hőmérséklete -15 és 60 °C között van (Nagy, 2005).

A reflektancia alkalmazhatósága a komposzt vizsgálatára

A reflektancia egyrészt a komposzt keverési arányának meghatározására, másrészt a lebomlási folyamat és komposztérettség értékelésére alkalmazható. A reflektancia vizsgálat abban az esetben jelenthet hatékony megoldást, ha a mintavételezés és a mérés helye egymástól nem különül el, azaz közvetlenül nyerhetünk információt a prizmából. A terepi mérést teszi lehetővé például az ALTA II hordozható spektrofotométer (4. ábra).

4. ábra: ALTA II hordozható, terepi spektrofotométer



Figure 4: ALTA II portable field spectrophotometer

A műszer különböző színspektrumokban mér 470–940 nm között. Az egyes színek előállítására a készülék hátuljába beépített izzók szolgálnak.

A reflektancia kiszámításához szükséges az egyes hullámhosszon mért feszültségértékek mérésén kívül egy úgynevezett „dark” feszültség ismerete is. A „dark” feszültség-értéket a műszer alapállapotában – színspektrum kiválasztása nélkül – méri fehér papíron. A vakpróba standard mérései szintén fehér lapon történnek az egyes hullámhosszokon.

EREDMÉNYEK

A póruslevegő összetételének vizsgálata

A berendezés alkalmas egyszerre 4 gáz vizsgálatára, így egy időben mérhető a póruslevegő oxigén, széndioxid, ammónia és metántartalma. A degradáció hatékonyságának értékeléséhez célszerűbb az oxigén és a széndioxid együttes kezelése. Az oxigén/szén-dioxid arány egy olyan dimenzió nélküli szám, amely megadja, hogy a pórusokat kitöltő gázkeverékben a szén-dioxid mennyisége hányad része az oxigénnek. Az arányszám segítségével nemcsak a két gáz viszonyát vizsgálhatjuk, hanem átfogóbb képet kaphatunk az aerob-anaerob degradációs viszonyokról is. Az anaerob körülmények kialakulását az ammónia, illetve a metán növekedő mennyisége is alátámasztja.

A komposzt pórusterében jelenlévő gázok mennyiségét számos paraméter befolyásolja (nedvességtartalom, hőmérséklet, C/N arány, homogenitás, stb.),

azonban egyértelműen megállapítható, hogy a degradáció végső szakaszában a póruster gázösszetétele állandó. Ennek alapján a belső gáztér szén-dioxid- és ammónia-tartalmának fokozatos csökkenése utal a komposzt érettségére, illetve stabilitására.

Az ammónia, szén-dioxid és oxigén változását leíró görbék alapján a komposztálásra jellemző négy érési stádiumot nem tudjuk élesen elkülöníteni, azonban a degradáció végső szakaszára jellemző folyamatos ammónia és szén-dioxid-csökkenés az érett komposzt kialakulására utal. Célszerű tehát a gázméréseket a lebomlás utolsó szakaszában sűríteni. A gázok folyamatos mérése tehát nem a komposztérettség vizsgálata, hanem a homogenitás, valamint az aerob/anaerob viszonyok feltárása miatt javasolt.

Hőkamera alkalmazhatósága a komposzt vizsgálatára

A komposztálási folyamat hatékonyságának egyik leggyakrabban alkalmazott vizsgálati módszere a komposzthalom belső hőmérsékletének mérése. A mérés általában kazalhőmérővel, vagy hőmérőszondákkal történik. A módszer jól alkalmazható a degradáció nyomon követésére, ugyanakkor jelentős hátrányt jelent, hogy a mérés pontszerűen történik, ezért ahhoz, hogy képet kapjunk a prizma egészéről célszerű a pontsűrűséget növelni. Ráadásul a kazalhőmérős vizsgálatok nem teszik lehetővé a felszíni hőmérséklet értékelését sem.

A hőkamerával készített felvételek kiértékelésekor szembetűnő, hogy a felszín egyes pontjai között jelentős hőmérséklet-különbségek alakulnak ki (5. ábra).

5. ábra: Az eltérő hőmérsékletű pontok kialakulása a komposztprizma felszínén (°C)

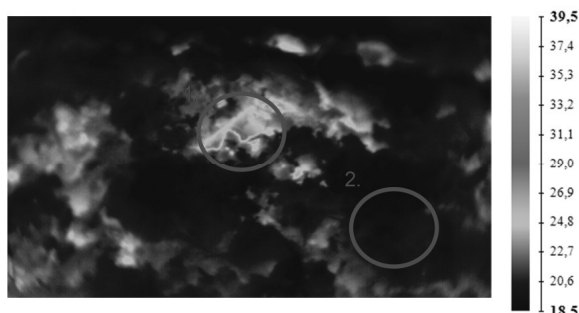


Figure 5: Formation of points of different temperature on the surface of the compost prism (°C)

Ezek az eltérések elérhetik akár a 15–20 °C-os értéket is. A hőkamera alkalmazásának célja egyrészt a felszín vizsgálata, másrészt pontosan ezeknek a különbségeknek a feltárása volt. A gyors kiértékelési lehetőséget biztosító hőkamera alkalmazása akkor válhat gazdaságossá, ha feltárjuk ezeknek a hőeltéréseknek az okait, hogy olyan módszereket váltsunk fel vele, amelyek mérése költséges, vagy időigényes.

A hőkamera segítségével képet kaphatunk azokról a pontokról, ahol az adott komposzthalomnak valamely tulajdonsága eltér. Az eltérés okainak feltárásához mintát vettünk az eltérő és a felületre általánosan jellemző hőmérsékletű pontokból, és meghatároztuk azok szer-

vesanyag-tartalmát, C/N arányát és nedvességtartalmát. A felszíni hőmérséklet csak az izzítási veszteséggel mutatott szoros összefüggést, amely alapján megállapítható, hogy a hőmérsékletet befolyásolta a komposzt szervesanyag-tartalma. Közvetve a C/N arány és a nedvességtartalom is összefüggésbe hozható a felszín hőmérsékletével, amely alapján megállapíthatjuk, hogy az eltérő hőmérséklet a nem megfelelő keverés eredménye. A hőkamera alkalmazásával, az eltérő hőmérsékletű pontok feltárásával nincs szükség a teljes prizma átkeverésére.

Megvizsgáltuk, hogy a felszín hőmérsékletének eloszlása milyen módon befolyásolja a belső rétegek hőmérsékletét. A felszíni hőmérséklet eloszlása hatással van a prizma belső hőmérsékletére is az alkalmazott adalékanyag felhasználásától függően. A fanyesedékel kialakított prizmák esetében kialakul egy 20–30 cm vastag kéreg, aminek hatására a belső hőmérséklet nem igazodik a felszín hőváltozásaihoz. A búzaszalmával, vagy a prizma szerkezetét kevésbé stabilizáló alapanyaggal beállított prizma belső hőmérséklete 60 cm-es vastagságig szorosan összefügg a felszín hőmérsékletével.

A reflektancia alkalmazhatósága a komposzt vizsgálatára

A keverési arány meghatározása esetében a vizsgálat alapján a különböző alapanyagok eltérő fényvisszaverési tulajdonsága adja; a sötét színű alapanyagok (pl. szennyvíziszap) más reflektancia mutatóval rendelkeznek különböző hullámhosszokon, mint a világos színű alapanyagok (pl. fűrészpor, szalma). A komposztkeverékek vizsgálatára az infravörös színtartományok a legalkalmasabbak, 60 v/v%-nál magasabb szennyvíziszap arány esetében azonban, nincsen elkülöníthető különbség a keverési arányra vonatkozóan egyik hullámhosszon sem. Ez számottevően nem befolyásolja a mérési módszer alkalmazhatóságát, ugyanis a gyakorlatban – a komposztálási folyamat maximális hatásfokának elérése érdekében – a keverékben a szennyvíziszap aránya nem haladja meg az 50 v/v%-ot.

A világosabb adalékanyag arányának növekedése a reflektancia növekedését vonta maga után. A nedvességtartalom negatívan befolyásolja a reflektanciát, azaz a szárítást követően a reflektancia nő. A módszer száraz és nedves minták esetében is alkalmazható, azonban a nedves minták elemzésekor nincs szükség a szárítás folyamatára, így közvetlenül a prizmából vett minták elemzésére nyílik lehetőség.

A reflektancia-analízis hatékonyan és gyorsan alkalmazható a komposztérettség meghatározására szennyvíziszapra alapozott nyílt prizmás komposztálási technológia esetén. Célszerű azonban a hőmérséklet mérése mellett párhuzamosan elvégezni, így a két eljárás együttes alkalmazásával biztosabb eredményt kapunk az érettségi állapotra vonatkozóan. A mérések gyakoriságát a degradációs folyamat második szakaszában (25. naptól) célszerű növelni, mert a reflektancia növekedését, majd újbóli csökkenését tapasztalva következtethetünk a humuszanyagok beépülésére, az érett komposzt kialakulására (6. ábra).

6. ábra: A reflektancia változása a tartózkodási idő során

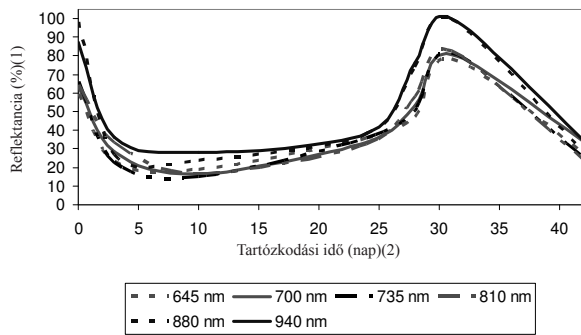


Figure 6: Change of reflectance during the stay
Reflectance (%) (1), Stay (2)

A trendet vizsgálva a reflektancia-értékek alapján a szerves anyagok degradációját a hőmérséklethez hasonlóan szintén négy folyamatra bonthatjuk. Az értékek változását a szerves anyagok eltérő fényvisszaverő tulajdonsága adja. A folyamat kezdeti szakaszában nagy mennyiségű, hosszú szénláncú, bonyolult szerves vegyület áll rendelkezésre, melyet a magas reflektancia is mutat. A második szakaszban az intenzív degradáció révén egyszerűbb vegyületek képződnek, amelyet az alacsonyabb reflektancia is alátámaszt. A harmadik szakaszban a humuszanyagok beépülésével ismét összetett szerves vegyületek képződnek, melynek hatására a reflektancia megemelkedik. A folyamat végén a humuszanyagok beépülésével a reflektancia egy közel állandó értékre csökkent, ami a komposzt érettségére utal.

A degradációs folyamat vizsgálata során a reflektancia alkalmazhatóságának alapját a szerves vegyületek szerkezete, illetve a vizsgált komposztanyag színe adja. A bonyolultabb szerves vegyületek fényvisszaverő tulajdonsága eltér az egyszerűbb vegyületekétől, reflektanciájuk nagyobb, így a folyamat kezdeti szakaszában (a kiindulási bonyolult szerves anyagoknak köszönhetően), illetve a folyamat végéhez közeledve (a humuszvegyületek kialakulása révén) nagyobb reflektancia értékekkel kell számolni. A degradáció végterméke

a komposzt, egy földszerű, sötét színű anyag, melynek reflektancia értéke alacsonyabb, mint a kiindulási alapanyagoké.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A hatékony komposztkészítés, illetve a termékorientált komposztálás megvalósításának elengedhetetlen feltétele a lebomlási folyamat ismerete, illetve a folyamatra ható tényezők vizsgálata. A paraméterek nyomon követésével, illetve kontrollálásával befolyásolhatjuk a lebomlás hatékonyságát, illetve a végtermék minőségét. A cél, olyan mérési módszerek alkalmazása, illetve fejlesztése, amelyek ezeknek a paramétereknek (elsősorban a hőmérséklet, illetve a póruster gázkomponensei) közvetlen, in situ módon történő ellenőrzését teszik lehetővé, ugyanis a laboratóriumi vizsgálatok esetében eltávolodik egymástól a mintavételezés, illetve a mérés ideje.

A hőkamera és hőfelvételek alkalmazása információt nyújt a nyílt prizmas technológia esetében kialakított prizma felületéről, így feltárhatóak azok a pontok, ahol eltérő lebomlási folyamatok zajlanak. A hőkamera alkalmazása költséges, ezért alkalmazása több telep összefogása esetén javasolt.

A póruster gázösszetételének vizsgálata az aerob/anaerob viszonyokról ad tájékoztatást. Bár eszközigénye speciális, zárt technológia esetén jól automatizálható, ráadásul az oxigén jelenlétének vizsgálata mellett lehetőség van a homogenitás, illetve a komposztérettség vizsgálatára is.

A reflektancia, mint eljárás a komposzt keverési arányának, valamint homogenitásának ellenőrzése mellett lehetőséget biztosít a komposzt érettségének ellenőrzésére is, ugyanakkor a méréseket célszerű a hőmérséklet, esetleg a gázösszetétel vizsgálatával kiegészíteni, illetve a folyamat végső szakaszában sűríteni. Célszerű lenne a jövőben a reflektancia mellett az abszorbanancia értékeket vizsgálni, így még hatékonyabban határozhatnánk meg a komposzt érettségét, illetve a végtermék stabilitását.

IRODALOM

- Baranyai Zs.–Takács I. (2007): A rendszerváltás hatása a mezőgazdasági termelés hatékonyságára Magyarországon. AVA Nemzetközi Konferencia. Debrecen. Konferencia CD. 1–15.
- Bueno, P.–Tapias, R.–López, F.–Díaz, M. J. (2007): Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. *Bioresource Technology*. 99: 5069–5077.
- Dobos E. (1993): Talajtan–Talajvédelem. Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány. Miskolc. 34.
- Filep Gy. (1999): Talajtani alapismeretek I. Általános talajtan. DATE Mezőgazdaságtudományi Kar. Debrecen. 64.
- Guardia, A. D.–Petiot, C.–Rogean, D.–Druilhe, C. (2008): Influence of aeration rate on nitrogen dynamics during composting. *Waste Management*. 28: 575–587.
- Kocsis I. (2005): Komposztálás. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 207.
- KSH (2000): Magyar Statisztikai Évkönyv. 1999. Budapest.
- Molnár J.–Farkasné Fekete M. (2003): A makrogazdasági környezet néhány meghatározó elemének hatása az agrárgazdaságra. Birtokviszonyok és mérőhatékonyság. Agroiinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest. 9–26.
- Nagy T. (2005): A termokamera, avagy a csörgökígyó stratégiája II. Tanulmány a Hexium Műszaki Fejlesztő Kft. részére. Hexium Kft. Budapest.
- Petróczi F.–Késmárki I. (2003): A komposztálás jelentősége. *Acta Agronomica Óváriensis*. 45. 2: 203–213.
- Smith, D. C.–Hughes, J. C. (2004): Changes in maturity indicators during the degradation of organic wastes subjected to simple composting procedures. *Biology and Fertility of Soils*. 39: 280–286.

