

Komposzt keverési-arány meghatározásának módszertani kidolgozása

Hunyadi Gergely

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma,
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási
Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen
ghunyadi@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A komposzt-alapanyagok meghatározott arányú keverése alapvetően meghatározza a komposztálás folyamatát. A gyakorlatban a tényleges keverés nem egyezik meg a C/N arány alapján számolt keverési aránnyal, és a tényleges keverési arány visszaellenőrzésére lehetőség nincs. A hatékony lebontás alapfeltétele a homogén prizma kialakítása. A prizma homogenitásának meghatározására kidolgozott hatékony módszer eddig nem ismert.

Kutatásunk során szennyvíziszapból és repceszárból kialakított különböző komposztkeverékek reflektancia értékeit vizsgáltuk.

Vizsgálataink alapján felállítottunk egy olyan regressziós egyenletet, amely 5%-os hibahatáron belül teszi lehetővé a keverési arány meghatározását, ezáltal lehetőséget biztosít a prizma homogenitásának ellenőrzésére, valamint azonnali beavatkozást tesz lehetővé.

Kulcsszavak: szennyvíziszap, komposzt, reflektancia, homogenitás

SUMMARY

The mixing rate of the compost raw materials basically determines the procedure of degradation. In most cases, in practice the real mixing ratio is not equal with the counted ratio – which based on the C/N ratio – and the check of the fulfilled mixing is not possible.

The homogeneity of the prism is also one of the fundamentals of the effective degradation process. There is no available method to determine the homogeneity of the compost prism.

During our research we examined the reflectance values of different compost mixtures where sewage sludge and rape-straw were used as raw materials.

According to our results we built up a regression model which gives the ability to determine the mixing rate (in 5% margin of error) and makes possible to check the homogeneity of the prism together with the access of immediate action.

Keywords: sewage sludge, composting, reflectance, homogeneity

BEVEZETÉS

A hazai nagyszabású szennyvíztisztítási és csatornázási program részeként egyre nagyobb területeket csatolnak a csatornahálózatba, növelve ezzel a keletkező szennyvíz mennyiségét, a helyi, illetve regionális szennyvíztisztítók kihasználtságát. A megnövekedett kezelendő vízmennyiség a tisztítás

során keletkező iszap mennyiségét is pozitívan befolyásolja.

Az Európai Unió deponálási irányelve előírja a depóniákban elhelyezett hulladék szerves összetevőinek – így a szennyvíziszapnak – a csökkentését. Ez az Unió tagállamaiban előmozdította a komposztálás elterjedését, elterjesztését, így a minőségi paraméterek fejlesztését is. Az Unió keleti bővítését követően a hulladékokból létrehozott másodlagos termékek piaca is kibővült. Nagy kereslet mutatkozik a kedvező beltartalmi értékekkel rendelkező tápanyagpótló termékek iránt. Az egységes kereskedelmet és a termékek megítélését egy átfogó minősítési rendszer teheti lehetővé.

A szennyvíziszap kiváló komposztalapanyag, kedvező tápanyagtartalma nagymértékben nem változik a degradáció során (Tamás, 1998), de mezőgazdasági alkalmazhatóságát magas nehézfém-tartalma jelentősen korlátozhatja (Tamás, 1990; Simon et al., 2000; Kovács és Fülek, 2007).

A szennyvíziszap komposztálása nem kizárólag hulladékártalmatlanítási eljárás, hanem célja egy olyan kezelés, amely a termelődő szennyvíziszap térfogatát csökkenti, szervesanyag-tartalmát stabilizálja, ráadásul a tápanyag-gazdálkodásban kedvező tulajdonságokkal rendelkező végterméket eredményez (Uri et al., 2005; Kanat et al., 2006; Banegas et al., 2007).

A komposztok felhasználhatósága érettségüktől és stabilitásuktól függ. Az érettségen a komposztok fizikai, kémiai és biológiai stabilitását értik (Mathur et al., 1993). A komposztok eltérő érettsége azon alapul, hogy a különböző összetevők hogyan cserélődnek ki, főleg az oldható komponensek – az oldható szén, az oldható frakció C/N és respirációs hányada (Golueke, 1986).

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

Az optimális degradációs körülmények meghatározásának alapját a kiindulási anyagok helyes megválasztása jelenti (Aleksza és Dér, 1998). A degradációs folyamatot, illetve a termelődő toxikus gázok mennyiségét, a termelődés ütemét a komposzt-receptúra – azaz a kiindulási anyagok keverési aránya

–, valamint a megfelelő előkezelési technológiák alkalmazása jelentősen befolyásolják (Kocsis, 2005; Smith és Hughes, 2004).

A komposztprizma homogenitása szintén kihat a degradáció sebességére, a folyamat hatékonyságára (Golueke és Diaz, 1996).

Homogén prizmában a lebomlás intenzitása egyöntetű a prizma egészében, a prizma méretétől függetlenül. A homogén körülmények kialakítása azonban nehézségekbe ütközik: a keverések számának növelése nélkülözhetetlen, ez azonban jelentős költséget jelent (Amlinger et al., 2004).

Maga a homogenitás meghatározása sem egyszerű, hiszen nincsen olyan kidolgozott, hatékony eljárás, amely megbízható eredményt ad. A homogenitás meghatározására legtöbb esetben a szemcseeloszlás-vizsgálatot alkalmazzák (Haug, 1993).

A szemcseeloszlás-vizsgálat kiváló alapját képezi a homogenitás meghatározásának, de nagyszámú mintavételezés és nagymennyiségű minta szükséges. A minták kiértékelése nem gazdaságos és időigényes.

A homogenitás ellenőrzése történhet nedvességtartalom, hőeloszlás, gázeloszlás és C/N arány meghatározásával is (Hunyadi et al., 2009).

Az alapanyagok megválasztásakor általában a szennyvíziszap a kiindulási anyagok 50%-át adja. A további 50%-ot az adalékanyagok, legtöbb esetben fűrészpor, szalma, fanyesedék, fűapríték adja. A keverési arányok előzetes meghatározását követően a tényleges keverés azonban sok esetben pontatlan (Cekmecelioglu et al., 2005).

Kutatásunk célja egy olyan gyors és könnyen alkalmazható módszer kidolgozása, amely lehetőséget nyújt a tényleges keverési arány visszaellenőrzésére. Az új módszer segítségével megvalósítható a komposzt homogenitásának vizsgálata is, amely azonnali beavatkozásra ad lehetőségét.

A kutatás során szennyvíziszap és repceszár keverékét használtuk. A komposztkeverék tényleges keverési arányára – egy kísérletsort követően – a minták reflektanciájából következtettünk.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatok során a komposztkeverék kialakításához szennyvíziszap és repceszár alapanyagokat használtunk. Az alapanyagok felhasználásával egy keverési sort állítottunk össze, amely során a repce arányát fokozatosan az összetérfogat 10%-ával növeltük. A keverést kétszer végeztük háromszoros ismétléssel (összesen 6 mérés). Az egyes keverési arányú mintákból a statisztikai elemzések érdekében 10 mintát vettünk. A keverési sort az 1. ábra szemlélteti.

A kutatás során a tömegarányok helyett térfogataránnyal számoltunk, mivel a gyakorlatban is a térfogatarányos keverést használják elsősorban.

A reflektancia meghatározásához ALTA II. terepi, hordozható spektrofotométert alkalmaztunk. A műszer feszültségkülönbségek alapján mér.

A készülék hátulján a különböző színspektrumok előállítására különböző színű izzók szolgálnak (Burai et al., 2008). A készülék az 1. táblázat szerinti színspektrumokban képes mérni.

1. ábra: A beállított keverési arányok

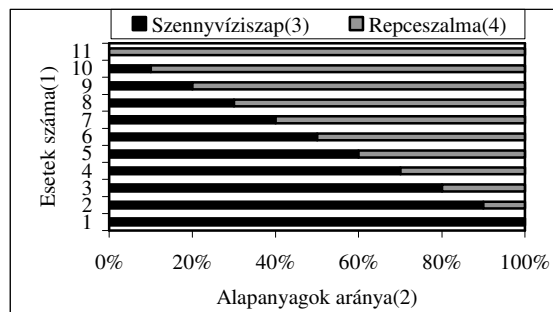


Figure 1: The set mixing rates

number of cases(1), mixing rates(2), sewage sludge(3), rape-straw(4)

1. táblázat

Mérhető színtartományok és a hozzá tartozó hullámhosszok

Színtartomány(1)	Hullámhossz(2)
Kék(3)	470 nm
Cián(4)	525 nm
Zöld(5)	560 nm
Sárga(6)	585 nm
Narancs(7)	600 nm
Vörös(8)	645 nm
Sötétvörös(9)	700 nm
Infravörös 1(10)	735 nm
Infravörös 2(11)	810 nm
Infravörös 3(12)	880 nm
Infravörös 4(13)	940 nm

Table 1: The measurable color spectrums and wave-length color spectrum(1), wavelength(2), blue(3), cyan(4), green(5), yellow(6), orange(7), red(8), deep red(9), infrared 1(10), infrared 2(11), infrared 3(12), infrared 4(13)

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 – mérni fehér papíron. A vakpróba standard mérései szintén fehér lapon történnek az egyes hullámhosszokon.

Az egyes hullámhosszokhoz tartozó reflektancia értéket az alábbi képlet segítségével számíthatjuk ki (1. egyenlet):

1. egyenlet: A reflektancia számítás egyenlete

$$R = \left[\frac{\text{Minta feszültség (V)(1)} - \text{„Dark” feszültség (V)(2)}}{\text{Standard feszültség (V)(3)} - \text{„Dark” feszültség (V)(2)}} \right] * 100$$

Equation 1: Equation of reflectance sample voltage(1), dark voltage(2), standard voltage(3)

A kutatás részét képezte a nedves komposztminták, valamint a tömegállandóságig szárított minták reflektancia értékeinek összehasonlítása is. A szárítást szárító szekrényben végeztük 105 °C-on.

Az adatok kiértékeléséhez SPSS 15. statisztikai szoftvert használtunk.

EREDMÉNYEK

A kutatás során vizsgáltuk, hogy az egyes keverési arányoktól függően hogyan változnak a reflektancia értékek.

A 2. ábra a 100% iszap, 50-50% iszap-repce, illetve a 100% repce keverési arányokhoz tartozó reflektancia görbéket mutatja. Az x-tengelyen a hullámhossztartományok, az y tengelyen pedig a reflektancia értékek láthatók %-ban kifejezve. Az ábrán látható, hogy a nagyobb arányú repceszalma felhasználás minden egyes hullámhosszon magasabb reflektancia értéket eredményezett. Az ábrán megfigyelhető, hogy a görbék alakja hasonló, jellemző pontokat emelhetünk ki. A jellemző pontokon (kiemelten) azonos emelkedés, illetve csökkenés figyelhető meg.

2. ábra: A reflektancia változása a hullámhossz függvényében

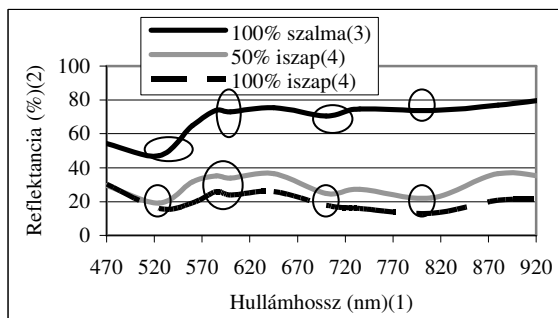


Figure 2: Changes of reflectance according to the wave-length
wave-length(1), reflectance(2), straw(3), sludge(4)

Vizsgáltuk, hogy a reflektancia értékek mennyiben változnak az egyes hullámhossztartományokon a keverési arány függvényében.

A 3. ábra a 470-600 nm között színtartományokhoz tartozó reflektanciaérték-változásokat szemlélteti a szennyvíziszap arányától függően. Az ábrán látható, hogy az iszap mennyiségének növelésével minden hullámhossztartományon csökken a reflektancia.

Az egyes hullámhosszokhoz tartozó értékek nehezen különíthetők el, ezért statisztikai feldolgozások alapján kerestük azokat a spektrumokat, ahol a legjobban elválaszthatók az egyes keverési arányokhoz tartozó reflektancia értékek. A Tukey-teszt alapján elmondható, hogy az infravörös tartományokban (735-940 nm hullámhosszú spektrumokban) szignifikánsan 7 csoport különíthető el a 11 keverési arány között.

Az azonban megállapítható, hogy 70-100% szennyvíziszap arány minden hullámhossz tartományban egy csoportba esik, azaz egyik hullámhossz tartományban sincsen szignifikáns különbség a 70, 80, 90 és 100%-os szennyvíziszap arány esetében, ezek a keverési arányok nem különíthetők el egymástól. Az egyes görbék jellegzetes pontjai hasonló, közel azonos pontban helyezkednek el.

Vizsgálataink során elemeztük a frissen bekevert és a tömegállandóságig szárított minták reflektanciája közötti különbségeket is.

3. ábra: Reflektancia változása az egyes hullámhosszokon

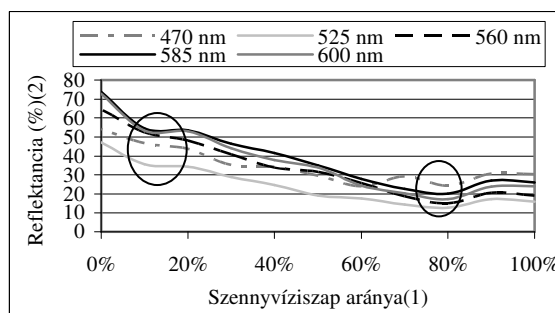


Figure 3: Changes of reflectance on different wave-lengths
sludge rate(1), reflectance(2)

Az 4. ábra a 100% iszap, 50-50% iszap és repceszalma, valamint a 100% repceszalma nedves és száraz mintáihoz tartozó reflektancia görbéjét szemlélteti. Az ábrán látható, hogy az egyes keverési arányok esetében a száraz minták reflektancia értékei magasabbak, mint a nedves mintáké.

4. ábra: Száraz és nedves minták reflektanciájának összehasonlítása a hullámhossz függvényében

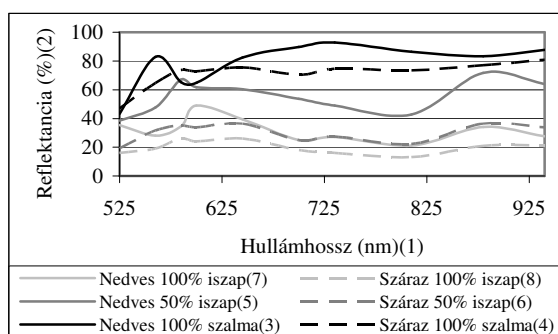


Figure 4: Reflectance values of wet and dry samples according to the wave-length
wave-length(1), reflectance(2), wet 100% straw(3), dry 100% straw(4), wet 50% sludge(5), dry 50% sludge(6), wet 100% sludge(7), dry 100% sludge(8)

Hasonló képet mutat, ha az egyes hullámhosszhoz tartozó nedves és száraz minták reflektancia-értékeit a keverési arány függvényében vizsgáljuk. A száraz minták reflektanciája ebben az esetben is magasabb.

A száraz minták esetében is csökken a reflektancia a szennyvíziszap arányának növekedésével. A száraz minták esetében azonban a csökkenés kiegyenlített. A Tukey-teszt alapján a száraz minták esetében is a 735-940 nm közötti hullámhossztartomány javasolt a minták kiértékelésére.

A grafikus elemzést követően elvégeztük a száraz és nedves adatok regressziós vizsgálatát is, amely kimutatta, hogy a nedvességtartalom befolyásolja a reflektancia értéket, melyet a 0,62 r² érték is igazol.

A regressziós vizsgálat is alátámasztja, hogy a száraz minták esetében magasabb a reflektancia értéke a hullámhossztartománytól függetlenül.

A keverési sort követően megvizsgáltuk, hogy a reflektancia mérés alkalmazható-e ismeretlen keverésű minták keverési arányának meghatározására. Ehhez meghatározott hullámhossztartományokból számított regresszió-analízist vettünk alapul. A regresszió-számítást követően felállítható egy olyan regressziós egyenlet, amelyből a mért reflektancia-értékek felhasználásával a kiindulási keverési arány meghatározható. A hullámhossztartományok külön kezelése nem vezetett eredményre. Bár a készített regressziós modell felállítható, a számítás azonban pontatlan. Ennek megfelelően, illetve a statisztikai értékelések során tapasztaltak alapján több hullámhossztartomány együttes regressziós analízisével állítható fel egy olyan modell, ami erre a célra alkalmazható. Az előzetes Tukey-teszt alapján megállapított infravörös színspektrumokat alkalmaztuk a modellünkben.

A regressziós analízis r² értéke 0,646 volt, ami elfogadható értéknek minősül. A koefficiensre vonatkozó táblázat alapján elmondható (2. táblázat), hogy a modellben szereplő hullámhosszok koefficiens értékei az előre megállapított 5%-os szignifikancia szinten belül esnek, azaz a regressziós modell alkalmazható. A regressziós modell eleget tesz az alkalmazhatósági feltételeknek is (homogenitás, normál eloszlás függetlenség).

2. táblázat

A regresszió-analízis során kapott koefficiensek

	Nem standardizált koefficiensek(2)		Stand. Koeff.(3)	t	Sig.(4)
	B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
(Kons.)(1)	85,939	1,407		61,073	,000
735 nm	,395	,088	,312	4,473	,000
810 nm	-,939	,106	-,694	-8,822	,000
880 nm	-,183	,076	-,148	-2,407	,016
940 nm	-,341	,086	-,281	-3,963	,000

Table 2: The coefficients given by the regression analysis constant(1), unstandardized coefficients(2), standardized coefficients(3), significance(4)

A kapott táblázat alapján az alábbi lineáris regressziós egyenletet írhatjuk fel (2. egyenlet):

2. egyenlet: A minta keverési arányának számítási egyenlete

$$\text{Minta keverési aránya}(1)=85,539+0,395*(\text{mr}735)-0,939*(\text{mr}810)-0,183*(\text{mr}880)-0,341*(\text{mr}940)$$

ahol:

- mr735: 735 nm mért reflektancia (%) (2)
- mr810: 810 nm mért reflektancia (%) (3)
- mr880: 880 nm mért reflektancia (%) (4)
- mr940: 940 nm mért reflektancia (%) (5)

Equation 2: Equation of mixing rate determination

sample mixing rate(1), measured reflectance on 735 nm(2), measured reflectance on 810 nm standard voltage(3), measured reflectance on 880 nm(4), measured reflectance on 940 nm(5)

A kapott reflektancia-egyenlet visszaellenőrzése során megállapítottuk, hogy 60% feletti szennyvíziszap tartalom esetén nem mutat elfogadható eredményt (Tukey-teszthez hasonlóan). A 60%-os szennyvíziszap aránynál alacsonyabb keverési arányok esetében 5%-on belüli volt az eltérés a tényleges arányhoz képest, ami lehetővé teszi a modell alkalmazását a gyakorlatban.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A komposzt-alapanyagok meghatározott arányú keverése alapvetően meghatározza a komposztálás folyamatát. A gyakorlatban a tényleges keverés nem egyezik meg a C/N arány alapján számolt keverési aránnyal, és a tényleges keverési arány visszaellenőrzésére lehetőség nincs.

Az általunk vizsgált reflektancia mérési módszer egy új lehetőséget jelenthet a keverési arány visszaellenőrzésére, illetve ezen keresztül a komposztprizma homogenitásának vizsgálatára is.

Kutatási eredményeink alapján megállapítható, hogy szennyvíziszap-repceszár komposztkeverék vizsgálatára az infravörös színtartományok a legalkalmasabbak, 60%-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 határfokának elérése érdekében – a keverékben a szennyvíziszap aránya nem haladja meg az 50%-ot.

A repceszár 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.

Statisztikai analízisek segítségével felállítható egy olyan modell, amely lehetőséget biztosít az ismeretlen keverési arányú minták összetételének meghatározására a reflektanciamérést követően. A kidolgozott regressziós egyenlet 5%-os hibahatáron belül alkalmazható. A felírt modell segítségével a komposztprizma különböző pontjaiból vett minták elemzésével vizsgálhatjuk a prizma homogenitását, így azonnali beavatkozást tesz lehetővé.

IRODALOM

- Aleksza L.-Dér S. (1998): A komposztálás elméleti és gyakorlati alapjai. Bio-Szaktanácsadó Bt. Gödöllő
- Amlinger, F.-Favoino, E.-Pollak, M. (2004): Heavy metals and organic compounds from wastes used as organic fertilisers. Compost – Consulting and Development, Technical Office for Agriculture, Austria, 60-65.
- Banegas, V.-Moreno, J. L.-Moreno, J. I.-García, C.-León, G.-Hernández, T. (2007): Composting anaerobic and aerobic sewage sludges using two proportions of sawdust. Waste Management, 27. 1317-1327.
- Burai P.-Lénárt C.-Kovács E.-Nagy A.-Tamás J. (2008): Hiperspektrális légi távérzékelési adatok és laboratóriumi spektrofotometriás klorofill-tartalom összefüggés-vizsgálata. [In: VIII. Magyar Biometria és Biomatematikai Konferencia, Összefoglalók gyűjteménye.] Corvinus Egyetem, Budapest, 37.
- Cekmecelioglu, D.-Demirci, A.-Graves, R. E.-Davitt, N. H. (2005): Applicability of optimised in-vessel food waste composting for windrow systems. Biosystems Engineering, 91. 4. 479-486.
- Golueke, G. G. (1986): Compost research accomplishments and needs. BioCycle, 27. 4. 40-43.
- Golueke, C. G.-Diaz, L. F. (1996): Historical review: composting and its role in municipal waste management. In: Bertoldi M.-Sequi P.-Lemmes B.-Papi T. (eds.). The Science of Composting. Part 1, Blackie, Glasgow, 3-14.
- Guardia, A. D.-Petiot, C.-Rogeu, D.-Druilhe, C. (2008): Influence of aeration rate on nitrogen dynamics during composting. Waste Management, 28. 575-587.
- Haug, R. T. (1993): The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers, 3-10.
- Hunyadi G.-Bíró T.-Mézes L.-Tamás J. (2009): A komposzt-homogenitás vizsgálatának új lehetőségei szennyvíziszap alapú komposztprizmák esetében. Acta Agraria Debreceniensis. In press
- Kanat, G.-Demir, A.-Ozkaya, B.-Bilgili, M. S. (2006): Addressing the operational problems in a composting and recycling plant. Waste Management, 26. 1384-1391.
- Kocsis I. (2005): Komposztálás. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest, 43-44.
- Kovács, N.-Füleky, Gy. (2007): Heavy metal sorption of Compost materials. Cereal Research Communications, 35. 653-656.
- Mathur, S. P.-Owen, G.-Dinel, H.-Schinitzer, M. (1993): Determination of Compost Biomaturity I. Literature Review. Biological Agriculture and Horticulture, 10. 65-85.
- Petróczi F.-Késmárki I. (2003): A komposztálás jelentősége. Acta Agronomica Óváriensis, 45. 2. 203-213.
- Simon L.-Prokisch J.-Győri Z. (2000): Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica nehézfém-akkumulációjára. Agrokémia és Talajtan, 49. 247-255.
- 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.
- Tamás J. (1990): Újabb lehetőségek a szennyvíziszap elhelyezés káros hatásainak csökkentésére. Debreceni Agrártudományi Egyetem. Tudományos Közlemények. Debrecen. 223-230.
- Tamás J. (1998): Szennyvíztisztítás és szennyvíziszap-elhelyezés. Debreceni Agrártudományi Centrum. Debrecen. 1-170.
- Uri Zs.-Lukácsné Veres E.-Kátai J.-Simon L. (2005): Települési szennyvíziszapok hatása a talaj mikroorganizmusaira és enzimaktivitására. Agrokémia és Talajtan, 54. 439-450.