



DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR

**NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI TUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:

Győri Zoltán DSc
a mezőgazdasági tudomány doktora

Témavezető:

Győri Zoltán DSc
a mezőgazdasági tudomány doktora

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**KÜLÖNBÖZŐ SZERVES HULLADÉKOK ÉS KEZELÉSÜK UTÁN
KELETKEZETT TERMÉKEK KÉMIAI VIZSGÁLATA**

Készítette:

Simándi Péter
doktorjelölt

DEBRECEN

2008

1. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

A talajtermékenység megőrzésének egyik fontos eleme a szervesanyag-gazdálkodás megfelelő szintje. A hulladékban lévő szerves anyag megfelelő feldolgozás után részben pótolhatja a talajerő-gazdálkodás szerves anyag hiányát.

A hulladékból készült komposzt sokféle, tulajdonságát meghatározza az eredete. Beszélhetünk iszap, élelmiszeripari hulladék, zöld hulladék stb. komposztról. Az istállótrágya minősítésére használt paraméterek szükségesnek, de kevésnek bizonyulnak a komposztok minősítésénél. A makroelem vizsgálatok (N, P, K), C/N arány nem elégségesek a komposzt tulajdonságainak leírásához, ki kell egészíteni ezeket más paraméterekkel (TOC, respiráció, biomassa C, N stb.) is. Még napjainkban sem rendelkezünk a komposzt minősítésének olyan kidolgozott módszerével, amely helyesen ítélné meg a komposzt mezőgazdasági értékét.

A talaj minőségének megőrzése alapvető kötelességünk. Ha nem megfelelő minőségű komposztot juttatunk ki a környezetbe, nem csak a terméshozam, de a talaj minősége is romlik. Ezért fontos szempont a kiindulási anyagok és a komposztálási technológiák helyes megválasztása és kivitelezése.

A dolgozatban kémiai paraméterekkel követem nyomon hazánkban a két legelterjedtebb komposztálási technológiát:

- prizmás és
- aktív levegőztetési rendszert.

A komposztálás idejét és a keletkezett komposzt minőségét nem csak a technológia befolyásolja, hanem a kiindulási anyagban lévő szerves vegyületek minősége és mennyisége, pl. lignin, cellulóz mennyisége és szerkezete. Vizsgáltam, hogy a viszonylag nagy lignintartalmú keverék degradálása gyorsítható-e fizikai beavatkozással, azaz hőkezeléssel.

A komposztálás befejezése után az anyag-átalakulási folyamatok nem fejeződnek be a prizmában. A humifikáció tovább folytatódik, ami a végtermék értékét módosíthatja. Vizsgálatokat végeztem arra vonatkozóan, hogy az eltérő kiindulási anyagokból, de azonos technológiával készült, közel hasonló tápanyag-tartalommal rendelkező komposztok eltérnek-e csírázási indexben, respirációban, C és N forgalomban stb. a talajra történő kijuttatás után. Ezeknek a paramétereknek a megállapítása azért szükséges, hogy meghatározhassuk, milyen arányban szükséges keverni a komposztot a talajjal.

Méréseim során többféle komposzt illetve zöld hulladék összehasonlítását végeztem azzal a céllal, hogy megállapítsam, mennyire határozza meg a kiindulási anyagkeverék a termék minőségét.

A különböző komposztálási technológiák folyamatainak, a kész komposztok minőségének vizsgálatával világszerte nagyon sokan foglalkoznak. Dolgozatomban az általam választott egységes szisztéma, a C-N forgalom alapján kerestem az összefüggéseket a két legáltalánosabban elterjedt komposztálási technológia folyamataiban, illetve a már érettnak nyilvánított, kereskedelmi forgalomba került, de eltérő kiindulási anyagokból előállított komposztok aerob és anaerob körülmények közötti felhasználásában, valamint arra is kitértem vizsgálataim során, hogy hőkezeléssel meggyorsíthatók-e a lebontási folyamatok.

A dolgozat fő célkitűzése, választ kapni az alábbi kérdésekre:

- Hogyan játszódnak le az anyagátalakulási folyamatok a különböző kiindulási anyagokból eltérő komposztálási technológiával készülő komposztokban a gyártás során (szén, nitrogén forgalom)?
- Mennyire térnek el egymástól a keletkezett komposztok jellemző minőségi mutatói?
- Milyen hatása van a magas lignin és cellulóz tartalmú zöld hulladékok hőkezelésének a humifikációs és mineralizációs folyamatokra? A komposztálás helyettesíthető-e a nyersanyagok magas hőmérsékletű előkezelésével?
- Hogyan viselkednek a talajban a kész komposztok aerob és anaerob körülmények között?

2. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI

A mezőgazdasági nyersanyagok feldolgozása során milliárd tonnányi mennyiségben keletkeznek melléktermékek. Ezeknek a természetben történő elhelyezése ma már elképzelhetetlen. Ehelyett visszaforgatásukra (reciklizálás), hasznosításukra kell törekedni, pl. a mezőgazdaságban növénytáplálásra, talajjavításra. A növényi maradványok hasznosítása a tápanyag-gazdálkodás fontos elemévé vált. A szerves melléktermékek biológiai módszerekkel átalakíthatók: a talaj humusztartalmát növelő komposzt, vagy (pl. a szennyvízből) biogáz állítható elő; a sörgyári maghulladékból pedig takarmány vagy takarmányadalék (SÁGI, 1995). A növényi maradványok bejuttatása a talajba megváltoztathatja a mikrobiológiai folyamatokat, ezáltal felvehető tápanyagok keletkeznek és növekszik a talaj termőértéke (MISHRA, B. et al., 2002; NAKAMURA et al., 2003). A szerves anyagok talajba juttatásával kettős cél érhető el: a szennyezőanyagok ártalommentes elhelyezése és a talaj termékenységének növelése (KISMÁNYOKY, 1993). Ily módon a műtrágya- és más (pl. ásványi energiaráfordítási) kiadások csökkenthetők, a talaj humusztartalma növekszik, miáltal javul a talajok szerkezete, tápanyag-szolgáltató képessége, hő- és vízgazdálkodása.

A mezőgazdaságban az egyik leggyakoribb eljárás a komposztálás (RÁKOSI és SÁGI 1982). A komposztálás a természetben mikroorganizmusok hatására aerob körülmények között lejátszódó spontán végbemenő biológiai, kémiai, fizikai folyamat, majd az érés során a szerves anyagokból nagy molekulájú humin vegyületek épülnek fel (DUNST, 1991). A folyamat során a szerves anyag stabilizálódik, a mineralizáció és humifikáció során a mikrobiális metabolitokból ártalmatlan, stabil homogén végtermék keletkezik (GRAY és BIDDLESTONE, 1981; VIEL et al., 1987). A komposztálás során a különböző organizmusok közreműködésével a komposztálandó anyag egyszerű alapvegyületekre, széndioxidra, szulfátra, nitrátra és vízre bomlik le, illetve a nem mineralizálódott szerves anyagokból humusz anyagok keletkeznek (GLATHE et al., 1985). Azt is mondhatjuk, hogy a komposztálás emberi irányítás melletti humuszgyártás (JÓCSIK, 1962; ALEXA és DÉR, 1998).

A komposztálás lehetőséget teremt a hulladékokban levő szerves anyagok egyéb más módon nem hasznosítható visszaforgatására. Elkomposztálhatók pl. élelmiszeripari, háztartási, mezőgazdasági hulladékok, papír származékok, szennyvíziszap, fanyesedék, stb. A komposztálás alatt ásványi foszfát adagolással növelhető a komposzt foszfor tartalma, így kielégíthető a növények foszforigénye is (GANGULY et al., 2005).

A mikrobák élettevékenységéhez tápanyagra van szükség, amit a szerves vegyületekből nyernek. A két legfontosabb tápanyag a szén és a nitrogén. A lebomlás gyorsaságát a levegő és a megfelelő nedvességtartalom mellett a lebontandó anyag szén és nitrogéntartalma határozza meg (KUTZNER és JÄGER, 1994; FISCHER és JAUCH, 1999). A C és a N hányadosának (C/N) alakulása befolyásolja a komposztálás folyamatát és a végtermék minőségét. A C/N hányados csak egy jó viszonyszám (BARBARIKA et al., 1985), ami az anyagban levő összes szén és nitrogén mennyiségére utal, viszont a mikrobák számára csak a felvehető forma a meghatározó (INUBUSHI et al., 2001). A komposztálás során a C/N arány folyamatosan változik. A C/N arány csökkenhet a hozzáadott műtrágya nitrogéntartalma, vagy a magas nitrogéntartalmú szerves hulladékok, mint pl. a szennyvíziszap vagy csirketrágya következtében (IRANZO et al., 2004). A lecsökkent C/N arányú komposzt biztonságosan kijuttatható a talajba a tápanyagok immobilizációja és fitotoxicitása nélkül.

A mikrobák oxigénszükségletüket két forrásból nyerhetik: a levegőben levő oxigénből és a szerves vegyületek oxigéntartalmából.

Komposztálás szempontjából az első eset jöhet szóba, amit korhadásnak is nevezünk. Ebben az esetben az aerob mikrobák a szerves vegyületeket eloxidálják és a CO₂ mellett egyszerűbb vegyületek is keletkeznek hő felszabadulása mellett (NAKASAKI és OHTAKI, 2002).

A minél hatékonyabb oxidáció szempontjából fontos, hogy az oxigén a részecskék belsejébe is eljusson, ezért a prizma anyagának morzsásnak, fellazított szerkezetűnek kell lenni. Ezt sok esetben mesterséges beavatkozással, keveréssel kell biztosítani. A komposztálás sebessége többek között az anyag degradációjától és az oxigén transzport sebességétől függ. Általában az oxigéntranszport a determináló tényező (HAMELERS, 1995). A folyamatos átforgatás és levegőztetés megakadályozza a túlzott felmelegedést is. A magasabb hőmérséklet hatására beindul az intenzívebb párolgás, ami a nedvességtartalom csökkenéséhez vezet.

Ha a komposztálás során a rendszer nem jut elég levegőhöz, anaerob viszonyok alakulnak ki, miáltal a mikrobák oxigénigényüket a szerves vegyületek redukciójával fedezik. Ebben az esetben bűzös szag keletkezik, ami a keletkező ammónia, kénhidrogén illetve metántermelődésre vezethető vissza. Ez a folyamat a rothadás.

Korhadás és rothadás egyaránt lejátszódik a komposztálás során. A halom szélén az aerob, míg belsejében az anaerob folyamatok az uralkodóak. Fontos, hogy a két fo-

lyamat egyensúlya mindvégig megmaradjon. Ezt kellő időben végrehajtott forgatással és a prizma nedvesítésével lehet elérni (FORRÓ, 1998).

A mikrobák élettevékenységük zavartalan működéséhez nedvességre van szükségük. A nedvességtartalom hiánya, illetve bősége jelentősen befolyásolja a mikroorganizmusok aktivitását, ezáltal hatással van a szerves anyag degradáció mértékére és a kialakuló hőmérsékletre. Optimális érték nehezen határozható meg, mert a nedvességtartalom nagymértékben függ az anyagi minőségtől, anyagmennyiségtől és a légjárhatóságtól (HAUG, 1993). Az alsó határ 30-40, a felső 50-70 tömeg % körül ingadozik.

A komposztok felhasználhatósága érettségüktől és stabilitásuktól függ. Az érettségen a komposztok fizikai, kémiai és biológiai stabilitását értik (MATHUR et al., 1993a.). 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 a respirációs hányada, ami összefüggésben van az oldható szerves anyaggal (GOLUEKE, 1986; IANNOTTI et al., 1994). A komposzt érettségének a kimutatása nem könnyű feladat.

A komposzt érettségének megállapítására használt leggyakoribb módszereket öt csoportba szokták foglalni: fizikai, kémiai, mikrobiológiai vizsgálatok, növények biológiai vizsgálatai és a szerves anyag humifikálódásának tanulmányozása (JIMÉNEZ és GARCIA, 1989).

A komposztok érettségének jellemzésére a legáltalánosabb módszer a C/N arány vizsgálata az érés kezdetén és a végén (SENESI és BRUNETTI, 1996). Általánosságban a kezdeti 30 körüli értékről az érés végére 20 alá csökken. Az érett komposzt ideális értéke 10 körüli (MATHUR, 1991).

A komposzt fitotoxicitásával széles körben foglalkoznak. Több cikk jelent meg az éretlen komposzt csírázást gátló és növekedést csökkentő hatásáról (ZUCCONI et al. 1981b). Általában a magcsírázási és a növény-növekedési tesztet alkalmazzák. A fő hátránya ezeknek a módszereknek az időigényesség. DE VLEESCHAUWER et al. (1981) rámutattak, hogy a rövid szénláncú zsírsavak felelősek a friss és éretlen komposzt fitotoxicitásáért. ZUCCONI et al., (1981a) közölték az ismeretlen összetételű fitotoxin jelenlétét a lebomló szerves anyagban.

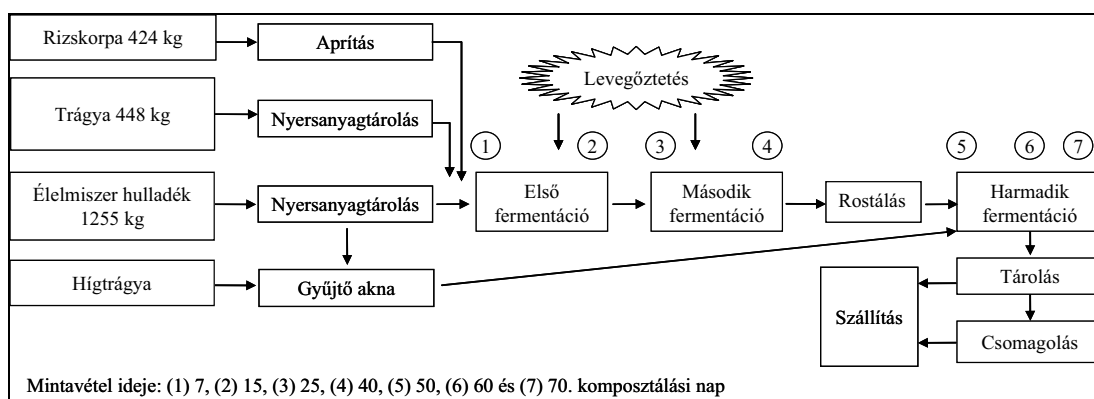
3. A KUTATÁS MÓDSZEREI

A vizsgálatok kísérleti részét 2003-2004-ben Japánban, a Chiba Egyetem Kertészeti Fakultásának Talajtani Laboratóriumában végeztem. Az eredmények értékelése, a matematikai statisztikai számítások a Tessedik Sámuel Főiskola Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar Mezőgazdasági Kémia és Talajtani Tanszékén történt. Minden vizsgálatot 3 ismételtsben végeztem.

3.1. Komposztálási technológiák

3.1.2. Yamagata komposzt (aktív levegőztetett)

Előállítása aerob körülmények között folyamatos keveréssel történt, melyet egy automata berendezés végzett. Felhasznált nyersanyagok: rizskorpa, trágya, élelmiszerhulladék (1. ábra).

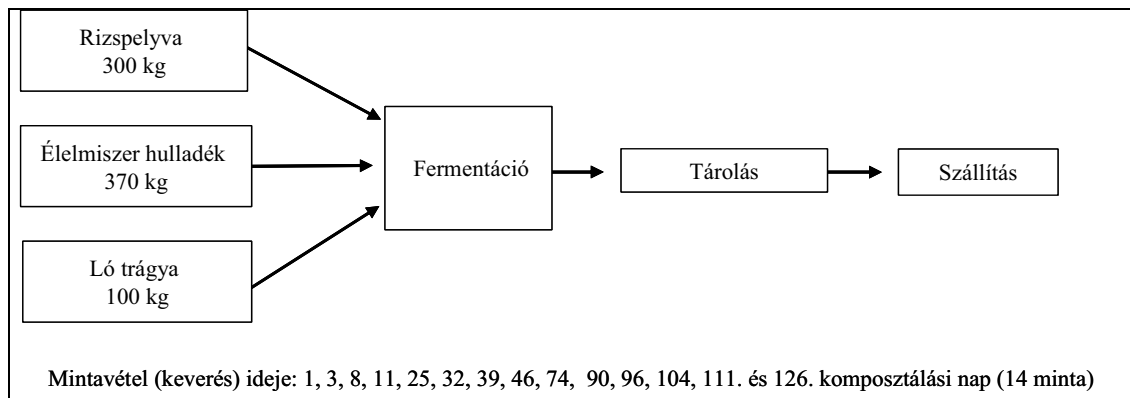


1. ábra. Yamagata komposzt előállításának sematikus ábrája a mintavétel helyének és idejének bemutatásával*

3.1.2. Shimoduma komposzt (prizmás eljárás)

Előállítása szemiaerob körülmények között periodikusan ismétlődő manuális keveréssel történt. Felhasznált nyersanyagok: rizspelyva, élelmiszer hulladék, lótrágya (2. ábra).

*Forrás: a tézisekben található ábrák mindegyike az alkalmazott technológia és a mérések alapján készített saját ábra.



2. ábra. Shimoduma komposzt előállításának sematikus ábrája a mintavétel helyének és idejének bemutatásával

3.2. Növényi maradványok hőkezelése

A növényi maradványok: fű, diófa és fenyőfa nyesedék hőkezelését az Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd. által készített berendezésben végeztem. A folyamat magas hőmérsékleten (207 °C) és nagy nyomáson (1,7 MPa) 30 percen keresztül tartott. A kezelés során a növényi anyagok térfogata csökkent, valamint a keletkezett folyadékfázist összegyűjtöttem, és a további kísérletekben felhasználtam.

Nem kezelt növényi minták: a légszáraz mintákat feldaraboltam, majd további kísérletekben felhasználtam.

3.3. Kezeletlen és hőkezelt minták vizsgálata

Felhasznált anyagok: hőkezelt és kezeletlen fű, fenyő és diófa nyesedék, Chiba Light-color Andosol talaj.

A növénytípusokat (kezelt és kezeletlen) a talajjal 1:6 tömegarányban összekevertem, majd a keveréket műanyag zacskóba tettem és 10 héten keresztül aerob körülmények között 25 °C-on sötétben inkubáltam. A kezdeti nedvességtartalmat a talaj vízkapacitásának 64,4%-ára állítottam be. A talaj konstans nedvességtartalmát minden héten mérés útján beállítottam.

Kontrollnak növényi maradványok nélküli talajt használtam. Mintavételezés az 1., 2., 4., 7. és a 10. héten történt.

Annak tisztázására, hogy a vízgőzzel történő előkezelés hogyan változtatta meg a két fa és a fű természetes bomlását, három kéttényezős kísérletet állítottam be (fű, fenyő, dió + kontroll).

A kísérletek kezelése a következők.

Fizikai kezelés

„A” tényező: a_1 kezeletlen
 a_2 hőkezelt

Növények

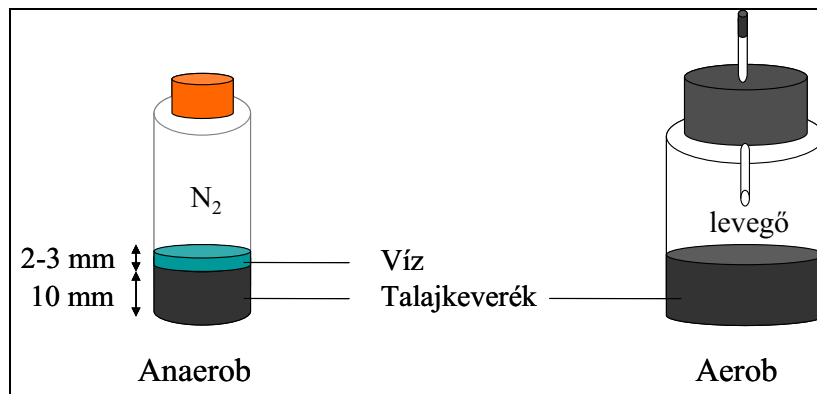
„B” tényező: kezelések időtartamai
 b_1 : 1. hét
 b_2 : 2. hét
 b_3 : 4. hét
 b_4 : 7. hét
 b_5 : 10. hét

3.4. Anaerob inkubáció

A kísérlet megkezdése előtt mindhárom komposztfajtából 3-3 ismételtsben a fent megadott arányban homoktalajjal 10-10 gramm keveréket készítettem. Kontrollnak Chiba Light-color Andosol talajt használtam. Az inkubációs edény térfogata 123 cm^3 volt. Induláskor a kísérlet egész időtartamának (12 hét) megfelelő összes mintát bemértem és sötét helyen 25 °C -on inkubáltam. Hetente vettem ki az esedékes mintákat és teljes mennyiségüket felhasználtam a vizsgálatokhoz (pH, EC, TOC, NO_3^- -N, NH_4^+ -N). A gázok (CO_2 és CH_4) vizsgálata, mintavételezése a minta feletti gáztérből történt (3. ábra).

3.5. Aerob inkubáció

A kísérlet megkezdése előtt mindhárom komposztfajtából 3-3 ismételtsben a fent megadott arányban homoktalajjal 250-250 gramm keveréket készítettem. Kontrollnak Chiba Light-color Andosol talajt használtam. A nedvességtartalmukat közel azonosra állítottam be (A: 22,9%, B: 22,0%, C: 24,3% és a *kontroll talaj*: 20,3%). Az inkubációs edény térfogata 860 cm^3 volt. Induláskor bemértem az edényekbe a 250-250 gramm mintákat és hetente 10-10 grammot vettem ki belőlük a különböző vizsgálatokhoz (pH, EC, TOC, NO_3^- -N, NH_4^+ -N). A nedvességtartalmat minden alkalommal tömegméréssel ellenőriztem, és ha szükséges volt, víz hozzáadásával visszaállítottam az eredeti értékre. Az aerob feltételek biztosítása érdekében a mintavételezés után több órán keresztül szabadon hagytam a mintát és csak utána zártam le ismét. A gázok (CO_2 és CH_4) vizsgálata, mintavételezése a minta feletti gáztérből történt. Az inkubációt 25 °C -os sötét helyen végeztem (3. ábra).



3. ábra. Inkubációs kísérletek kialakítása anaerob és aerob körülmények között

3.5. Alkalmazott analitikai vizsgálatok

Mikrobiális biomassza szén (MBC) és nitrogén (MBN) meghatározása

Vízoldható szén és nitrogén meghatározása

pH meghatározása

Száraz anyag meghatározása

Vezetőkéesség meghatározása (EC)

Szerves savak meghatározása

Nitrát ion meghatározása (NO_3^- -N)

Ammónium ion meghatározása (NH_4^+ -N)

Csírázási index meghatározása (GI)

CO_2 -C mérése

CH_4 -C mérése

Szén, nitrogén és C/N arány meghatározása

Holocellulóz meghatározása

Cellulóz meghatározása

Lignin meghatározása

Nyersrost-tartalom meghatározása

Variancia analízis

4. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

A szerves hulladékok hasznosításának egyik legelterjedtebb eljárása a komposztálás. A világon többféle technológia került kidolgozásra. A szerves anyag tulajdonságaihoz igazodva kell a módszereket megválasztani, mivel a végtermék minősége függ a kiindulási anyagkeveréktől, az alkalmazott eljárásoktól és a kettő kölcsönhatásától. A dolgozatban a C-N formák változásain keresztül hasonlítottam össze két technológiát, mértem három komposzt talajbani reakcióit, valamint azt vizsgáltam, lehet-e helyettesíteni a biodegradációt fizikai beavatkozással.

4.1. Technológiai minősítési kutatások

A vizsgált két anyagkeverék fizikai különbözősége miatt (levegőzés, légjárhatóság, hőkapacitás, stb.) a komposztálás feltételei eltérőek. A kisebb nedvességtartalmú rendszernél forgatással (prizmás komposztálás), a magasabb nedvességtartalomnál légbefúvással biztosítottam az oxidáció feltételeit (aktív levegőztetett komposztálás).

A két technológia közötti különbséggel, a komposztálás idejével, költség alakulásával, helyigényével, beruházás-igényével több munka is foglalkozik. Kevesebb a vizsgálati eredmény a végtermék összehasonlításában. A kész komposztok minőségi különbsége nem érhető meg az anyagátalakulási folyamatok, konkrétan a C-N forgalom elemzése nélkül. A C vegyületek átalakulási folyamatait – összes C, CO₂, – karbonsavak (hangyasav, ecetsav, citromsav, tejsav, valeriánsav) mérésével követtem nyomon.

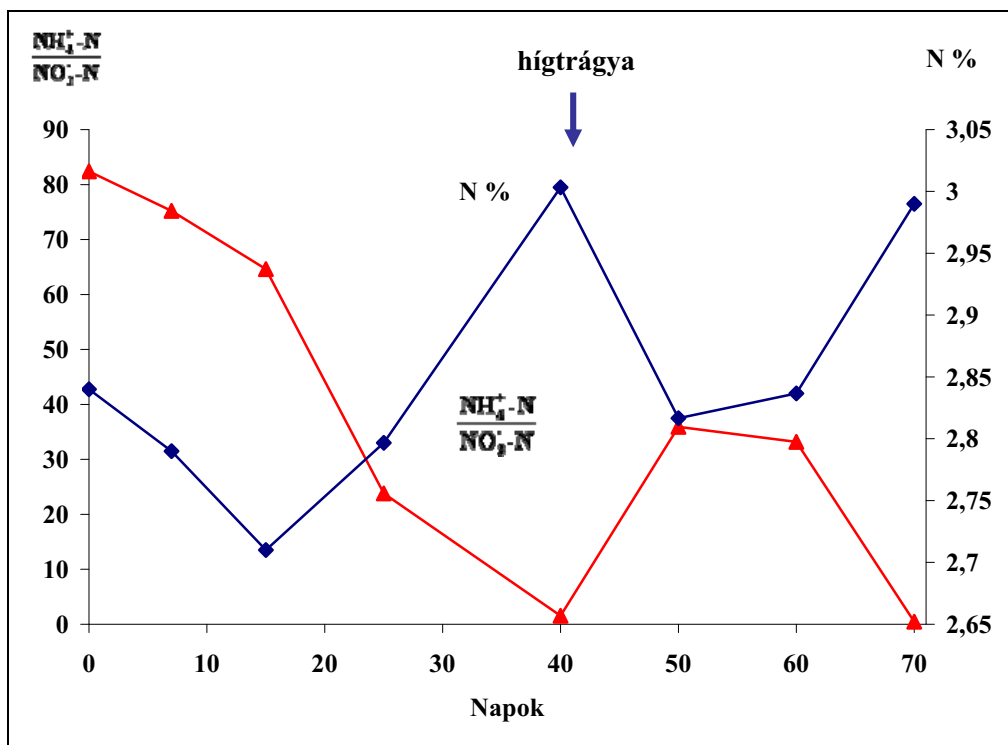
A N vegyületek változásainak elemzésére a következő nitrogénformákat mértem: összes N, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N. A technológiák összehasonlításakor vizsgáltam: a csírázási index, az összes só, a pH paramétereket is.

A két technológia az anyagátalakulási folyamatok tekintetében a következőkben leírtak alapján különbözik egymástól.

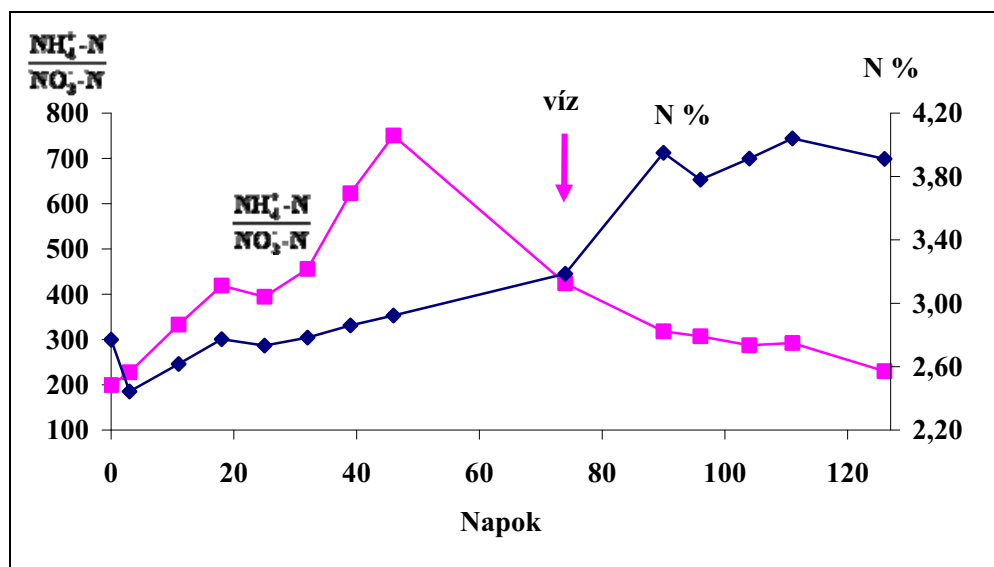
Az *aktív levegőztetett rendszer* jobb levegő-ellátottságot biztosít. Ennek következménye, hogy rövidebb idejű a komposztálás (kb. fele), a könnyen bomló C nagyobb hányadban távozik CO₂ formában a légterbe. A karbonsavak mennyisége kicsi, a magvak csírázását gátló körülmények alig érvényesülnek. Az $\frac{\text{NH}_4^+ - \text{N}}{\text{NO}_3^- - \text{N}}$ arány kicsi, vagyis biztosított a nitrifikáció lezajlása (4. ábra).

A *prizmás komposztálás* során az anyagátalakulási folyamatok szakaszosak. Ennek az az oka, hogy a szálas, levegőzöttséget biztosító cellulóz egy része

mineralizálódik, a kazal bezömul, a levegő kiszorul. Ezt jól jelzi a respiráció kisebb sebessége, a karbonsavak nagyobb koncentrációja, valamint az $\frac{\text{NH}_4^+ - \text{N}}{\text{NO}_3^- - \text{N}}$ arány, mely többszöröse az aktív levegőztetett módon előállított komposztnak (5. ábra).



4. ábra. Az összes-N és $\frac{\text{NH}_4^+ - \text{N}}{\text{NO}_3^- - \text{N}}$ változása a Yamagata komposztálási technológiában



5. ábra. Az összes-N és $\frac{\text{NH}_4^+ - \text{N}}{\text{NO}_3^- - \text{N}}$ változása a Shimoduma komposztálási technológiában

A karbonsavak és a magasabb mineralizálható hányad bomlása révén elhúzódó respiráció lerontja a csírázási %-ot is.

A két technológia végterméke abban tér el egymástól, hogy a kiindulási paraméterek gyorsabban és nagyobb mértékben változnak az aktív levegőztetett rendszernél. A prizmás komposztálásnál az anyagátalakulás szakaszos. Az aerob szakaszok közé anaerob szakaszok iktatódnak, mely megnöveli a kevésbé humifikálódott frakció részarányát.

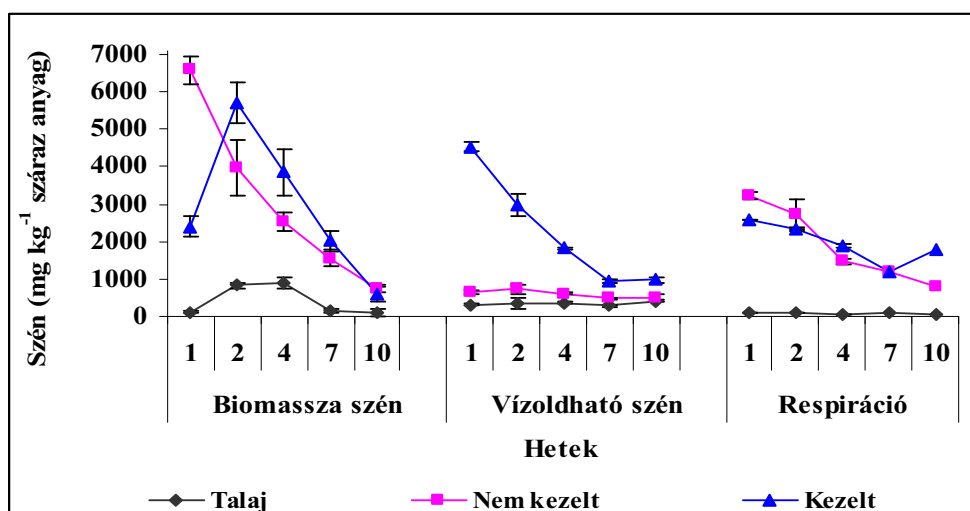
4.2. A C-N formák átalakulásának vizsgálatához végzett kísérletek

A hulladékok szerves anyagaiból a legtöbb esetben nem állítható össze olyan komposztálódni képes keverék, amelyben elegendő a biológiailag lebontható hányad. A fás növények hulladéka (faforgács, ágak), valamint az előregedett lágy szárú növények nagyobb arányú lignintartalommal, kisebb mennyiségű zsírral, cukorral és fehérjével rendelkeznek. Ezt még fokozza, ha glükozidok, alkaloidák, vagy egyéb olyan mikrobiális anyagok kerülnek az anyagkeverékbe, amelyek az enzimes lebontást késleltetik, lelassítják (pl. diólevél, gyantát tartalmazó fűrészpor stb.). Ilyen esetben szükség lehet olyan fizikai beavatkozásokra, amelyek megváltoztatják a C formák arányait, a cellulózrostok felületének elektromos töltését, vagyis megbontjuk a cellulóz, lignin, egyéb szerves vegyületek kémiai stabilitását.

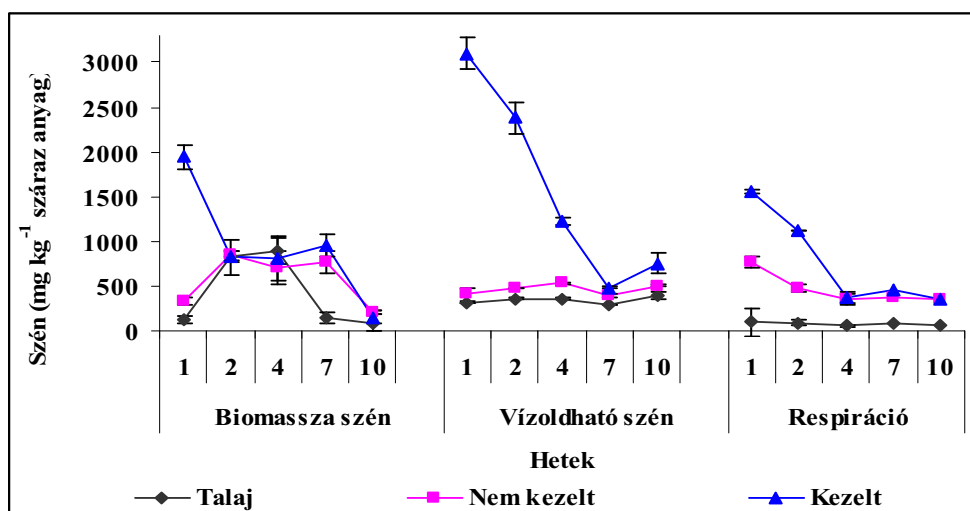
A forró víz képes a holocellulóz átalakítására, vagyis a szénhidrátok oldhatósági viszonyainak megváltoztatására. Fű, fenyő és dió esetében végeztem vizsgálatokat oly módon, hogy a kezelt szubsztrátot talajhoz kevertem. A talaj mikrobaközössége által létrehozott változásokat kémiai paraméterekkel követtem nyomon.

A C-forgalmat a következő mutatók: összes C, biomassza C, vízdoldható C, respirációs C; a N-átalakulásokat: összes N, biomassza N, vízdoldható N, mineralizálható N, NH_4^+ -N, NO_3^- -N változása jelezte.

A vizsgálataim szerint a cellulóztartalom a forró vizes kezelés hatására csökkent, viszont a könnyen mobilizálható C-hányad növekedett. A fahulladék esetében a vízdoldható C-tartalom változását követi a respiráció. A fűnél ez a kapcsolat gyenge. Ez a cellulóz szerkezeti különbségével és a fű alacsonyabb C/N arányával magyarázható (6., 7. ábra).



6. ábra. Fű szén formáinak változása az idő függvényében



7. ábra. Fenyő szén formáinak változása az idő függvényében

Megvizsgáltam, hogy matematikai statisztikai vizsgálatok alátámasztják-e eddigi megállapításaimat. Vizsgáltam a különböző kezelési idők közötti összefüggéseket, a kezelések (kezeletlen, kezelt) hatását a különböző folyamatokra és adott kezelésein belül a vizsgálati idők (hetek) kölcsönhatásait.

Biomassza C: a *fű* esetében nem volt szignifikáns különbség a kezelések között ($P=0,291$), viszont szignifikáns különbség volt a kezelési idők között és adott kezelésein belül a vizsgálati idők (hetek) egymásra hatásában ($P<0,001$). Mind a *fenyő*, mind a *dió* vonatkozásában mindhárom esetben szignifikáns különbséget kaptam ($P<0,001$), viszont a fenyőnél a 2. 4. és 10. héten ($P_2=0,701$, $P_4=0,054$ és $P_{10}=0,200$), a diónál a 10. héten ($P_{10}=0,987$) nem volt szignifikáns különbség a kezelések között.

Vízoldható szén: mindhárom kezeletlen és kezelt minta esetében (*fű*, *fenyő* és *dió*) mindhárom hatás vonatkozásában szignifikáns különbséget találtam a kapott eredm-

nyek alapján ($P < 0,001$). A kezeletlen fűnél és fenyőnél viszont a kezelési időpontokat összevetve ($P_{fű} = 0,007$, $P_{Fenyő} = 0,006$) az eltérés kicsit nagyobb.

Respiráció: a fű esetében nem volt szignifikáns különbség a kezelések között ($P = 0,507$), viszont szignifikáns különbség volt a különböző kezelési idők között és adott kezeléson belül a vizsgálati idők (hetek) kölcsönhatásaiban ($P < 0,001$). Mind a fenyő, mind a dió vonatkozásában mindhárom esetben szignifikáns különbséget kaptam ($P < 0,001$), viszont a fenyőnél a 10. héten ($P_{10} = 0,664$), a diónál a 7. és a 10. héten ($P_7 = 0,055$ és $P_{10} = 0,031$) nem volt szignifikáns különbség a kezelések között

A fű és a fahulladékok közötti eltérés különösen szembeütő a N formák esetében. A fűben lévő N zömmel mobilizálható. NH_4^+ -N-ben nincs különbség, a NO_3^- -N ellenben magas a fűnél. Az alacsony NH_4^+ -N arra mutat, hogy a nitrifikáció feltételei adottak.

4.3. Komposzt hatása a homoktalaj C-N forgalmára

A komposztok talajtermékenységekben betöltött szerepének vizsgálatára legalkalmasabbak a homoktalajok. A talaj-komposzt kölcsönhatást optimális nedvességtartalomnál lehet mérni. Több információt ad az a vizsgálat, amikor a homoktalajt vízhiányos, vagy telített állapotban mérjük, mivel a homok szélsőséges vízgazdálkodású – gyorsan telítődik és gyorsan ki is ürül. Kísérletek bizonyítják, hogy telített állapotban a szerves anyaggal dúsított homok redoxpotenciálja lényegesen lecsökken a kontrollhoz képest, mivel a maradék oxigént elvonja a szerves anyag bomlása.

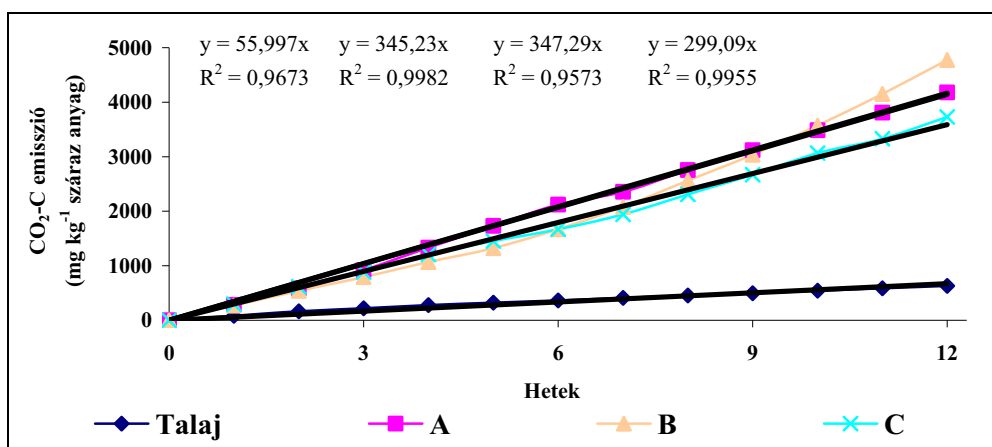
Az alacsony nedvességtartalmú homok esetében a szerves anyag képes N-t szolgáltatni, mivel a mineralizáció hőmérsékletfüggése realizálódik.

A homoktalaj-komposzt kölcsönhatását C forgalmi vizsgálatokkal követtem nyomon. Inkubációs kísérletben mértem a C-formák közül a CO_2 -C-ot, CH_4 -C-t, vízdoldható C-t. A N formák közül a NO_3^- -N-t és NH_4^+ -N-t, az alapvizsgálatok közül az EC-t és a pH-t.

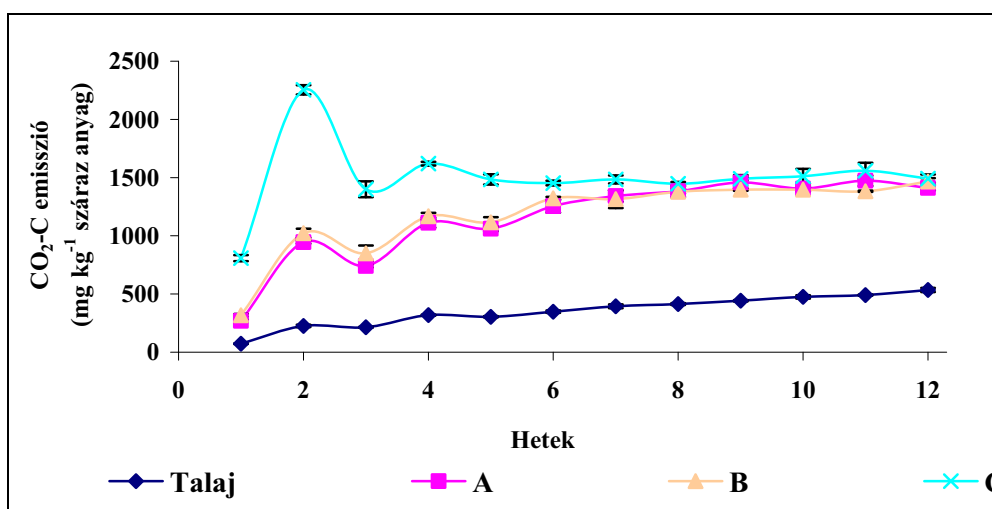
Vizsgálati eredményeim szerint a legmagasabb vízdoldható C tartalmat abból a komposztból mértem, amelyet zömmel állati trágyából (78%-os) állítottak elő. Ez a komposzt rendelkezett a legnagyobb N-tartalommal is.

A CO_2 -C és a CH_4 -C mérések jól jelzik az anaerob és aerob viszonyok hatását. CO_2 -C fejlődés kumulatív értékei aerob körülmények között lineáris függvénnyel leír-

hatók (8. ábra). Anaerob feltételek mellett ettől lényegesen eltérő eredményeket mutatnak a gázvolumetrikus mérések (9. ábra).



8. ábra. CO₂-C keletkezése aerob körülmények között



9. ábra. CO₂-C keletkezése anaerob körülmények között

A CH₄-C fejlődés aerob feltételek mellett csak az inkubáció kezdeti szakaszaiban jelentős. Anaerob körülmények között a CH₄-C értékei kifejezettebben utalnak a komposztok különbségére, mint a CO₂-C görbék.

Aerob körülmények között homoktalajban a NH₄⁺-N forma 1/10-e a NO₃⁻-N formának. Anaerob viszonyok esetében közel azonosak a mennyiségek. Aerob viszonyoknál NH₄⁺-N és NO₃⁻-N időben eltolódva adnak maximum görbét, anaerob körülmények esetében nem fedezhető fel semmilyen törvényszerűség a két forma egymáshoz való viszonyában.

5. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ, ILLETVE ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI

1. A prizmás komposztálási technológiával előállított szerves anyag gyengébb minőségű (kevésbé érett és stabil), mint az aktív levegőztetett eljárás során létrehozott.
2. Fanyesedék hulladékok esetében a hőkezelés kiválthatja a komposztálás folyamatát. Ez költségmegtakarítást jelenthet. A füveknél e módszer alkalmazása nem vezetett eredményre.
3. A komposzt minősítésénél célszerű minőségi osztályokba sorolni a készterméket, mivel a kiindulási anyagok különbségeit a feldolgozási technológia nem tudja kompenzálni.
4. Összefüggés mutatható ki a vízzoldható szerves C tartalom és a $\text{CO}_2\text{-C}$ között. Ennek minél szorosabb korrelációja jó mutatója a komposztálás sikerének.
5. Az $\frac{\text{NH}_4^+ - \text{N}}{\text{NO}_3^- - \text{N}}$ paramétert célszerű alkalmazni a komposzt minősítésénél. Ha ez az érték kicsi (~ 2), akkor jó minőségű a komposzt. Ha értéke nagy, akkor a komposzt gyengébb minőségű, mivel a nitrifikáció feltételei hiányosan teljesültek.
6. A C/N arány a mineralizáció potenciáljára utal. A $\frac{\text{vízzoldható C}}{\text{mineralizálható N}}$ aránnyal jobban jellemezhető a komposztálás kémiai feltétele.
7. A kis molekulatömegű karbonsavak mérésével összehasonlíthatók a komposztálási technológiák.
8. Mérések bizonyítják, hogy a kiindulási anyag pH-ja befolyásolja a végtermék nitrogéntartalmát. Minél alacsonyabb a pH, annál több nitrogén kötődik meg $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ formában a részben humifikálódott szerves anyagon.
9. A vizsgálati eredmények szerint célszerű a komposztot a mineralizáció befejezése után minél hamarabb kijuttatni, mivel az anyagátalakulási folyamatok nem fejeződtek be. A tárolás során nitrogénvesztességgel kell számolni.

6. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

Az önkormányzatok, valamint azok a szennyvíztisztító telepek, amelyek komposztálással oldják meg a szerves anyag mezőgazdasági hasznosítását, a beruházásokhoz pályázati pénzeket vesznek igénybe. A megvásárolt komposztálási technológia sok esetben kevéssé igazodik a hulladék szerves anyag tulajdonságaihoz. A kísérletek azt bizonyítják, hogy megfelelő hatékonyság akkor jön létre, ha a komposztálandó hulladék szerves anyaga és a technológia összhangban van egymással. A vizsgálatok arra hívják fel a figyelmet, hogy célszerű a technológiához kialakítani a hatékony szubsztrát keveréket. A nagyobb nedvességtartalmú keverékek sikerebben komposztálhatók aktív levegőztetéssel. Ha a szerves hulladék összetétele (fű-, fanyesedék arány) változó, a prizmás komposztálást célszerű alkalmazni, mivel a komposztálás folyamatában menet közben módosításokat lehet végrehajtani.

A keresztény kultúrkörben karácsony után nagy mennyiségű fenyő hulladék keletkezik. Ennek feldolgozása többféle módon történhet. Egyik lehetséges eljárás lehet, ha a felaprított fenyőt nyomás alatt vízgőzzel kezeljük az erre kialakított berendezésben, ami megfelel egy közepes nyomáson történő nedves oxidációs eljárásnak, amit a hulladékkezelésben elterjedten alkalmaznak. Az így keletkezett anyag közvetlenül talajba keverve gyorsabban bomlik, mint a kiindulási anyag. Kisebb nyomáson és alacsonyabb hőmérsékleten végezve a kezelést, a folyamat során kapott anyag rövidebb idő alatt elkomposztálható.

A komposztálási technológiáknál az a cél, hogy minél rövidebb idő alatt, minél jobb minőségű komposztokat állítsunk elő. Ebből adódóan a különböző kiindulási anyagokból és eltérő technológiával készült komposztok minősége nagyon heterogén, ezért nagyon fontos szempont azok egységes minősítése. A komposztok minősítésénél rendszerint a száraz és szerves anyag tartalmát, C/N arányt és a tápanyag mennyiségét vesszük számításba. A helyesebb megítélés megkövetelné a vízdoldható szerves széntartalom, a respiráció és a csírázási index paraméterek meghatározását is. Méréseim szerint a $\frac{\text{vízdoldható C}}{\text{mineralizálható N}}$ aránnyal jobban jellemezhető a komposztálás kémiai feltétele, mint a C/N aránnyal.

7. A DOLGOZAT TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK LISTÁJA

MEGJELENT SZAKCIKKEK

1. KOCSIS I. – **SIMÁNDI P.** – SELMECZY J. (1997): Gázvolumetrikus C meghatározási módszerek a szervesanyagok talajerőgazdálkodási felhasználásánál. I. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok. Mezőtúr. 1997. október 29-30. 248-253. p.
2. KOCSIS I. - DARÓCZI S. - **SIMÁNDI P.** (1997): Légjárhatóság-mérés homoktalajon. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok Kiadványa Karcag. 1997. június 12-13. 102-103. p.
3. **SIMÁNDI P.** – CSIZMARIK G. – INUBUSHI K. – BOROSSAY J. (1999): Mikrobiális lebontás halastavak, víztározók kiszáradó üledékében. 42. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés kiadványa. Veszprém 1999. jún. 28-30. 174-179. p.
4. KOCSIS I. - **SIMÁNDI P.** - FÓRIZS K. (2001): Alternatívák a humuszvizsgálatban XLIII. „Georgikon Napok” 2001. II. kötet. 891-895. p.
5. KOCSIS I. – **SIMÁNDI P.** – BABÁK GY. (2001): Nedvességtartalom hatása a hőgazdálkodási paraméterekre. XLIII. „Georgikon Napok” 2001. II. kötet. 1023-1028. p.
6. **SIMÁNDI P.** – KOCSIS I. – FÓRIZS K. (2002): Szerves anyag vizsgálati módszer továbbfejlesztési lehetősége. Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés Nemzetközi Konferencia. Debrecen, 2002. június 6-8. II. kötet, 299-302. p.
7. **SIMÁNDI P.** – KOCSIS I. – FÓRIZS K. (2002): Szerves hulladékok oxidálása laboratóriumi körülmények között. „Tessedik Sámuel Jubileumi Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Tudományos Napok” Szarvas, 2002. augusztus 29-30. I. kötet, 36-37. p.
8. **SIMÁNDI P.** – KOCSIS I. (2002): Talajszuszpenzió fotometriás vizsgálata. „Tessedik Sámuel Jubileumi Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Tudományos Napok” Szarvas, 2002. augusztus 29-30. I. kötet, 244-245. p.
9. FÓRIZS, K. – TURZA, S. – KOCSIS, I. – **SIMÁNDI, P.** – FORRÓ, E. (2002): Multivariate assessment of some micro-elements in soils of low organic matter content by near infrared spectroscopy. 10th International Trace Element Symposium. Budapest. 83-91. p.

10. GERE, P. E. – BÉRCZI, B. – **SIMÁNDI, P.** – WITTMANN, GY. – DOMBI, A. (2002): Simultaneous determination of hydrogenperoxid and organic hydroperoxides in water. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, Vol. 82, No. 7, 443-450. p.
11. **SIMÁNDI, P.** – TAKAYANAGI, M. – USHIWATA, S. Y. – INUBUSHI, K. (2003): Comparison of Organic Acid Production in Composts Prepared by Different Methods. (A különböző komposztálási eljárások során előállított komposztok karbonsavtartalmának összehasonlítása.) *Tessedik Sámuel Főiskola, Tudományos Közlemények*, **3**(1): 113-123. p.
12. **SIMÁNDI, P.** – TAKAYANAGI, M. – INUBUSHI, K. (2004): Changes in the pH of Various Composts are Dependent on the Production of Organic Acids. The 6th International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH Aug. 1-5, 2004. Sendai, Japan, *Proceedings*, 374-375. p.
13. **SIMÁNDI, P.** – TAKAYANAGI, M. – INUBUSHI, K. (2005): Changes in the pH of Two Different Composts are Dependent on the Production of Organic Acids. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **51**(5): 771-774. p.
14. MOMMA, N. – YAMAMOTO, K. – **SIMÁNDI, P.** – SHISHIDO, M. (2006): Role of organic acids in the mechanisms of biological soil disinfestation (BSD). *J Gen Plant Pathol*, **72**: 247-252. p.
15. **SIMÁNDI, P.** – KOCSIS, I. – TAKAYANAGI, M. – INUBUSHI, K. (2007): A szén és nitrogénforgalom tanulmányozása aktív levegőztetett és prizmás komposztálási technológiákban. *Tessedik Sámuel Főiskola, Tudományos Közlemények*, Tom. 7. No. 1. I. kötet 141-152. p.

ELŐADÁSOK

1. **SIMÁNDI P.** (1999): Szerves anyagok bomlásának gázvolumetrikus mérése. Tudomány Napja alkalmából tartott tudományos ülés a DATE MVKFK-n, Szarvas.
2. **SIMÁNDI P.** (2000): Szerves anyagok (műanyag, papír) kémiai bonthatóságának gázanalitikai vizsgálata. Tudomány Napja alkalmából tartott tudományos ülés a TSF MVKFK-n, Szarvas.
3. **SIMÁNDI P.** (2005): A szén és nitrogénforgalom tanulmányozása különböző komposztálási technológiákban (Study of Carbon and Nitrogen Balance during Different Composting Processes). Socrates-Erasmus Teaching Mobility projekt keretében 10 órás előadássorozat a KATHO-Katholieke Hogeschool Zuid-West-Vlaanderen-en. 2005. 09. 21-2005. 09. 28.

4. **SIMÁNDI P.** (2006): Komposztban lejátszódó anyagátalakulási folyamatok. Tudomány Napja alkalmából tartott tudományos ülés a TSF MVKFK-n, Szarvas.

JEGYZETEK

1. **SIMÁNDI P.** (2002): Alkalmazott kémia. PHARE jegyzet. Tessedik Sámuel Főiskola, Mezőgazdasági, Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas. 204. p.
2. **RÁCZ I-né – SIMÁNDI P.** (2002): Laboratóriumi kémiai gyakorlatok. PHARE jegyzet. Tessedik Sámuel Főiskola, Mezőgazdasági, Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas. 214. p.