
Különböző komposztok mikrobiológiai és kémiai jellemzése

Dienes Éva

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Talajtani és Mikrobiológiai Tanszék, Debrecen

ÖSSZEFOGLALÁS

A komposztálás problémája a környezetvédelemben és a mezőgazdaságban napjainkban előtérbe került. A komposztálás során felhasznált szerves anyagok jelentősen csökkentik a hulladék-lerakókba kerülő anyagok mennyiségét.

A folyamat végén keletkező érett komposzt a mezőgazdaságban hasznosítható talajtakarásra, mulcsozásra, valamint szerves trágyaként tápanyag utánpótlásra.

A komposztálás során felhasznált nyersanyagok összetétele, a környezeti tényezők és a technológia (forgatás, nedvesítés) alapvetően meghatározzák a folyamat fizikai, kémiai, biológiai paramétereit, ezáltal a keletkezett végtermék, a komposzt minőségét, ami a felhasználhatóság szempontjából kulcskérdés.

A kísérlet során különböző összetételű nyersanyagok komposztálási folyamatát kísértük nyomon a hőmérséklet, nedvességtartalom, pH, szervesanyag-tartalom, széntartalom, nitrogéntartalom mérésével, valamint a baktériumok összcsiraszámának, a mikroszkopikus gombák számának, az ammonifikáló- és a cellulózbontó mikroorganizmusok számának meghatározásával. A komposztálási folyamatot heti átforgatással, valamint szükség szerinti nedvesítéssel (nedvességtartalom 40-60%) irányítottuk.

Növényi eredetű nyersanyagokhoz (kukoricaszár, borsószalma, paradicsomszár és termés, gyom) friss istállótrágyát adtunk (0%, 35%, 50%, 65%, 100%) úgy, hogy a komposzt prizma végső mérete egy köbméter legyen.

A komposzt hőmérsékletnek változását a külső hőmérséklethez viszonyítva vizsgáltuk, amíg a két érték közel azonos lett. A nedvességtartalom az esetek többségében az előírt 40-60 tömeg %-os tartományban maradt.

A kezdeti gyengén savas-semleges pH semleges-gyengén lúgosá változott (pH: 6,93-8,02) a lebontási folyamatokban felszabaduló ammónia következtében, majd a folyamat végére kismértékben csökkent a humuszanyagok képződése során.

A komposztálás folyamán a mikroorganizmusok hatására a szerves anyagok mineralizációja ment végbe, melyet a szervesanyag-tartalom csökkenése jelzett. A szerves kötési széntartalom a folyamat során fokozatosan csökkent a mikroorganizmusok energia felhasználó tevékenysége következtében.

Az össz. nitrogén tartalom értékei július közepéig emelkedő értéket mutattak, majd folyamatos csökkenés volt megfigyelhető.

A szén/nitrogén arány kiindulási magasabb értékei június-augusztusban csökkentek a minimumra, majd kismértékben emelkedett a folyamat végére.

A baktériumok számának vizsgálata során az első három hetes, valamint a júniustól szeptemberig tartó időszakban mértünk magasabb értékeket. A cellulózbontó baktériumok száma az első három hónapban volt a legnagyobb, az ammonifikáló baktériumoké pedig a május végétől szeptemberig terjedő időszakban.

A mikroszkopikus gombák száma a folyamat második felében, júliustól volt jelentős.

SUMMARY

Composting of agricultural waste is considered particularly important from the point-of-view of environmental protection. Degradation of organic substance results in a significant reduction of waste volume.

The end product of the composting process, mature compost, can be used as soil coverage against excess loss of wastes, for mulching, for organic manure etc. The problem of composting has come into limelight in environmental studies and in agriculture.

The quality of the mature compost is determined by physical, chemical and biological parameters of the composting process which, in turn, depend on initial composition of the raw materials, the technology, e.g. regular mixing and moistening and on environmental factors. Quality is the key question in compost use.

We studied the composting process in compost windrows of different raw material composition. We measured temperature, humidity content, pH, organic substance content, nitrogen and carbon content.

We counted the number of bacteria, microscopic fungus, ammonifying and cellulose decomposing microorganisms. We directed the composting process with turning weekly (to provide oxygen) and watering (to provide humidity content 40-60%).

We set up windrows of 1 m³ volume from dry plant substances (cornstalk, pea straw, tomato stalk and crop, weeds) and cow manure not older than 1 week. The cow manure was used at ratios of 0%, 35%, 50%, 65% and 100%, respectively.

We measured changes in compost temperature relationship with outside temperature until they were almost the same. Humidity was 40-60% in most cases.

At the beginning of the process, pH was slightly acidic-neutral; it later becomes neutral-slightly alkaline (pH: 6.93-8.02) as ammonia is liberated from proteins.

At the end of the process, pH decreased again, due to humification.

Organic substance content decreased as microorganisms mineralized them. Organic carbon content decreased gradually due to microorganisms used it as an energy.

Total nitrogen content increased until middle of July and decreased gradually until then.

The carbon/nitrogen rate were higher in the beginning, it decreased until July-August and increased by smaller degree until end of the process.

The number of bacteria was higher in the first three weeks and between June-September. The number of cellulose degrading bacteria was the highest in the first three months, the number of ammonifying bacteria was the highest from the end of May until September.

The number of microscopic fungus was significant in the second part of process, after July.

BEVEZETÉS

A komposztálás problémája napjainkban előtérbe került. Ez részben a mezőgazdasági termelés környezetkímélő, természetes anyagok alkalmazásához való közelítésének köszönhető. A kérdés másrészt környezetvédelmi jelentőségű, ui. ily módon a hulladékok mennyisége jelentősen csökkenthető. Az Európai Unió országaiban jelenleg törvények tiltják az 5%-nál nagyobb szervesanyag-tartalmú hulladékok hulladék-lerakókba történő deponálását, szabályozzák azok kezelését és komposztálását. A helyben történő hulladék-ártalmatlanítás EU csatlakozásunk, felzárkózásunk szempontjából kulcskérdés.

A talajerő utánpótlás szempontjából fontos a keletkezett végtermék, az érett komposzt jó minősége, amelyet a komposztálás során felhasznált nyersanyagok összetétele, a környezeti tényezők és a technológia (forgatás, nedvesítés) határoz meg alapvetően, a folyamat fizikai, kémiai, biológiai paramétereinek befolyásolásán keresztül.

Kísérletünk során a kiindulási anyagok összetételét változtattuk, különböző arányban hozzáadott friss istállótrágyával. Megfigyeltük, mértük milyen hatással van a kiindulási anyagok összetétele a folyamat fizikai, kémiai, biológiai paramétereire. Figyelemmel kísértük a környezet (hőmérséklet) és a technológia (forgatás, nedvesítés) befolyásoló hatását is.

A fizikai, kémiai paraméterek közül mértük a minta hőmérsékletét, nedvességtartalmát, pH-ját, szervesanyag-tartalmát, széntartalmát, nitrogén-tartalmát. A biológiai vizsgálatok során a mikroorganizmusok számát határoztuk meg (baktériumok öszcsiraszáma, mikroszkopikus gombák száma, ammonifikáló- és cellulózbontó mikroszervezetek száma).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A komposztálási kísérletet a DE ATC MTK Kertészeti Tanszékének bemutatókertjében, a laboratóriumi vizsgálatokat a DE ATC MTK Talajtani és Mikrobiológiai tanszékén végeztük.

Komposztminták: Növényi eredetű nyersanyagokhoz (kukoricaszár, borsószalma, paradicsomszár és termés, gyom) friss istállótrágyát adtunk a következők szerint:

1. minta: 65%
2. minta: 0%
3. minta: 50%
4. minta: 35%
5. minta: 100%

A minták végső mérete mindegyik minta esetén egy köbméter volt.

A komposztminták belső hőmérsékletét a felső, a mag és az alsó zónában talajhőmérővel naponta mértük (Alexa és Dér, 1998).

A nedvességtartalmat naponta marokpróbával ellenőriztük (Alexa és Dér, 1998), s az abszolút száraz minta százalékában adtuk meg. A megfelelő oxigénellátást a durvább összetételű komposzt

alapanyagok jelenléte, valamint a heti átforgatások biztosították. Mértük a pH-t (Filep, 1995), a szervesanyag-tartalmat (Búzás, 1988) a szén- és a nitrogéntartalmat (Filep, 1995). A mikroszkopikus gombák és a baktériumok öszcsira számának meghatározását lemezöntéssel végeztük (Helmecci és Szabó, 1991), az ammonifikáló- és a cellulózbontó mikroszervezetek meghatározásánál Pochon módszerét alkalmaztuk (Szegei, 1979).

A pH mérés során a desztillált vizes pH-t elektrometriásan vizsgáltuk. A szervesanyag-tartalmat az izzítási veszteségből számítottuk. 5 g, előzetesen szárítószekrénybe helyezett (3 óra, 105 °C) és exsikkátorban visszahűtött, analitikai mérlegel visszamért mintát porcelán tégelyben izzító kemencébe helyeztük (5 óra, 600 °C), majd exsikkátorban visszahűtöttük, és az analitikai mérlegel lemért izzítási maradékból kiszámítottuk az izzítási veszteséget, ami a szervesanyag-tartalom adjá meg. A szén-tartalmat a szervesanyag-tartalom százalékában adtuk meg (a szerves anyag 58%-a). A nitrogén-tartalmat Kjeldahl módszerével mértük: légszáraz mintából 0,05 g-ot Erlenmeyer lombikba vittünk, 2,5 cm³ 20%-os krómsav és 5 cm³ tömény kénsav hozzáadása után a minta megzöldüléséig roncsoltuk. Lehűlés után az elegyet Parnas-Wagner készülékbe mostuk, és 20 cm³ 50%-os NaOH oldat jelenlétében desztilláltuk. A desztillátumot 0,005 M H₂SO₄-oldattal visszatitáltuk, és a fogyott mennyiségből kiszámítottuk a minta nitrogén-tartalmát.

A mikroszkopikus gombák és a baktériumok öszcsiraszáma meghatározása: 2,5 g mintát 247,5 ml steril csapvizet tartalmazó Stohman palackba mértünk, és egy órán át rázattuk, majd steril csapvizet tartalmazó Erlenmeyer-lombikokban hígítási sort készítettünk. A hígításokból (gombák 4-5-ös, baktériumok 6-7-es) 1-1 ml-t steril Petri-csészékbe mértünk két ismétlésben. A baktériumok számára húsleves-agar, gombák számára pepton-glükóz agar táptalajt adtunk hozzá.

A mintákat termosztátban tenyésztettük (26 °C), majd telepszámlálással kiértékeljük.

A cellulózbontó- és ammonifikáló mikroorganizmusok meghatározása Pochon módszerével: 2,5 g mintát 247,5 ml steril csapvizet tartalmazó Stohman palackba mértünk és egy órán át rázattuk, majd steril csapvizet tartalmazó Erlenmeyer-lombikokban hígítási sort készítettünk.

A hígításokból (cellulózbontók: 3, 4, 5, 6, ammonifikálók: 6, 7, 8, 9) 1-1 ml-t hígításonként öt steril táptalajt tartalmazó kémcsőbe pipettáztunk (cellulózbontók táptalaja: 1000 ml desztillált víz, 1 g K₂HPO₄, 0,1 g CaCO₃, 0,3 g MgSO₄, 0,1 g NaCl, 2 ml 5%-os FeCl₃, 2,5 g NaNO₃, és szűrőpapírcsik kémcsőenként; ammonifikálók táptalaja: 1000 ml desztillált víz 10 g Beef Extract, 10 g Pepton, 5 g NaCl, 150 g zselatin).

Termosztátban (26 °C) két hétig tenyésztjük, majd a pozitív csövek száma alapján a McCarty féle táblázatból kapott karakterisztikus számból kiszámítottuk a cellulózbontó és az ammonifikáló mikroszervezetek számát.

EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

A komposzt hőmérsékletét a külső (levegő) hőmérsékletéhez viszonyítva mértük. A vizsgálatot addig folytattuk, amíg a komposzt belső (mag) hőmérséklete a külső hőmérséklettel közel azonos lett (Dienes, 2002). A hőmérsékleti görbe lefutása megfelelt a szakirodalmi adatoknak (Lampkin, 1990).

A kezdeti gyengén savas-semleges pH a szakirodalmi adatoknak megfelelően (Lampkin, 1990) semleges-gyengén lúgossá változott (pH: 6,93-8,02) a lebontási folyamatokban felszabaduló ammónia következtében, majd a folyamat végére kismértékben csökkent a humuszanyagok képződése során (pH: 6,59-7,6).

A legnagyobb szerves trágya tartalmú 1-es és 5-ös minta (szerves trágya tartalom: 1-es minta 65%; 5-ös minta 100%) pH-ja a többi minta értékeinél végig alacsonyabb maradt. A 3., 50% szerves trágya tartalmú minta pH-ja az 1-es és 5-ös mintákéhoz hasonlóan alacsony értékekről indult, majd a kisebb szerves trágya tartalmú 2-es és 4-es minta (0%, 35%) értékeinek megfelelően alakult (1. ábra).

Az 50% és ennél kisebb szerves trágya tartalmú minták esetén a több növényi eredetű struktúrányag jelenlétének köszönhetően, jobb volt az oxigénellátás, több ammónia keletkezett, míg az ennél magasabb szerves trágya tartalmú minták esetén helyenként fellépő anaerob körülmények a szerves savak kialakulásának kedveztek, ami a pH csökkenésében is megmutatkozott.

A nedvességtartalom az esetek többségében az előírt 40-60 tömeg %-os tartományban maradt.

Az össz. nitrogén tartalom kezdeti értékei július közepéig emelkedő értékeket mutattak, majd folyamatos csökkenés volt megfigyelhető. A 3. számú (50% szerves trágya tartalmú) minta esetén az értékek emelkedése az augusztusi mintavételig tartott.

Az össz. nitrogén tartalom a kontroll (2-es) minta kivételével közel azonos szintről indult. A legmagasabb értékeket végig a savanyúbb pH-jú minták (1-es és 5-ös) esetén mértünk. Legjobban a magasabb (gyengén lúgos) pH-jú, 50% szerves trágya tartalmú 3. minta értékei csökkentek (2. ábra).

A komposztálás során a mikroorganizmusok hatására a szerves anyagok mineralizációja ment végbe, melyet a szervesanyag-tartalom csökkenése jelzett (Dienes, 2002). A szerves kötésű szénttartalom a folyamat során a kezdeti értékekből kiindulva (27,993-46,877 g/100 g) fokozatosan csökkent és a kontroll (2-es) minta kivételével lényegesen alacsonyabb értéket ért el a vizsgálat végére (19,003-29,8091 g/100 g). A szerves kötésű szénttartalom a mikroorganizmusok tevékenységéhez szolgáltatott energiát (3. ábra).

A szén/nitrogén arány (C/N) kiindulási magasabb értékei (g/100 g) június-augusztusban csökkentek a minimumra, majd a kezdeti mérésekhez közeli értékekig emelkedtek a folyamat végére. A június-augusztusi alacsonyabb értékek az ebben az időszakban mért magas nitrogén-tartalommal voltak kapcsolatban (4. ábra).

A baktériumok összcisraszama a komposztálás elején hirtelen megnőtt, a június-augusztusi időszakban volt a legnagyobb. Az értékek októberig csökkentek, majd a novemberi mintavétel alkalmával ismét magasabb értéket mutattak. A 3. minta szeptemberi kiugró értéke mintavételi vagy mérési hibából adódhatott (5. ábra).

A cellulóz bontó baktériumok legnagyobb számban a komposztálási folyamat első három hónapjában voltak jelen. Számuk augusztus közepétől novemberig terjedő időszakban stagnált. A 3. minta értékei ebben az időszakban a többi minta fölött maradtak (6. ábra).

Az ammonifikáló baktériumok száma a május végétől szeptemberig tartó időszakban kifejezett csúcsot mutatott (25×10^6 - 900×10^6 db/g; júliusban 350×10^6 - 900×10^6 db/g), ez előtt ($1,4 \times 10^6$ - 25×10^6 db/g) és után ($2,5 \times 10^6$ - 35×10^6 db/g) számuk lényegesen alacsonyabb volt, amit az ebben az időszakban mért magasabb össz. nitrogén értékek is alátámasztottak.

A mikroszkópikus gombák száma a vizsgált időszak második felében, a júliusi mintavételt követően ugrott meg lényegesen, a csúcserkékek szeptemberben voltak mérhetőek (1895×10^3 - $3897,5 \times 10^3$ db/g). A folyamat végére számuk csökkent, de a kiindulási értékeknél még ekkor is lényegesen magasabb volt (1195×10^3 - $2512,5 \times 10^3$ db/g).

A hőmérséklet mérésével a komposztálási folyamat nyomon követhető. A komposzt belső, (mag) hőmérsékletét mutató görbe kezdeti, termofil (lebomlás), mezofil (átalakulás), és poikilotherm (érés) szakaszra bontható (Alexa és Dér, 1998), melyet a külső (levegő) hőmérsékletéhez viszonyítottunk és addig vizsgáltuk, amíg a komposzt belső (mag) hőmérséklete ezzel közel azonos nem lett (nyolc hét) (Dienes, 2002).

A nedvességtartalomnak a mikroorganizmusok zavartalan működéséhez a minták tömegéhez viszonyított 40-60 tömeg %-os tartományban kell maradnia (Alexa és Dér, 1998), amit az esetek többségében a mérési eredmények is igazoltak.

A pH változása a komposztálási folyamat során a szakirodalmi adatok szerint jellegzetes képet mutat. A folyamat elején a kezdeti gyengén savas-semleges pH kismértékben csökken a szerves savak miatt, majd a komposzt szerves anyagainak mikrobiális lebontása következtében képződő felszabaduló ammónia hatására a pH megemelkedik, gyengén lúgossá változik, a folyamat végére csökken a humuszanyagok képződése során (Lampkin, 1990).

A kísérlet során a kontroll minta kivételével a kezdeti gyengén savas-semleges pH kezdeti csökkenése nem volt kimutatható, valószínűleg ezen szakasz rövidege és az első mintavétel későbbi időpontja miatt. Az ammónia következtében emelkedő és a humuszanyagok képződése során csökkenő tendenciát a pH mérési eredményei alátámasztották.

A nagyobb szerves trágya tartalmú 1-es és 5-ös (65%-100%) minták esetén a többi mintától eltérően a pH jórészt a semleges-gyengén savanyú

tartományban maradt, valószínűleg a szerves savak fokozottabb jelenléte és a helyenként fellépő anaerob körülmények miatt.

Az 50% szerves trágya tartalmú 3. minta pH-ja az 1-es és 5-ös számú mintákéhoz hasonlóan gyengén savanyú értékekről indul, de a folyamat során feltehetően a jobb levegőzöttség miatt a kisebb szerves trágya tartalmú mintákéhoz hasonló magasabb pH értéket ér el.

Az össz. nitrogén tartalom mérése során a szerves kötésű nitrogén összes mennyiségét mutatjuk ki. A különböző nitrogénformákat a mikroorganizmusok tevékenységük során saját testük anyagaivá építik be, ezzel magyarázható a komposzt össz. nitrogén tartalmának növekedése július közepéig. Ezt követően az össz. nitrogén tartalom folyamatosan és jelentősen csökken, ami a baktériumok pusztulásával, a csurgalékvízzel a komposztból talajba kerülő nitrogénnel magyarázható. A komposztban maradó szerves nitrogénvegyületek a humuszanyagokba épülnek be aerob körülmények között gombák által termelt fenol-oxidázok hatására, melyet a mikroszkópikus gombák számának a júliusi mintavételt követő jelentős emelkedése is alátámaszt.

A szerves kötésű szén tartalom a komposztálási folyamat során jelentős és folyamatos tendenciájú csökkenést mutat.

Ez a tendencia azzal magyarázható, hogy a széntartalmú szerves anyagok bontása során a mikroorganizmusok élettevékenységükhöz nyerne energiát. A folyamat végterméke, a széndioxid pedig a levegőbe távozik. A szerves széntartalmú vegyületek köztes lebontási termékei a humuszanyagok képződésében vesznek részt, mint alapanyagok a komposzt érése során.

A komposzt összeállításakor mért szén/nitrogén arány (C/N) a kezdeti értékekhez képest június-augusztusra jelentősen csökken. Ez a tendencia a szerves kötésű széntartalomnak a mikroorganizmusok energianyerő folyamataiban történő hasznosítással és a baktériumok ebben az időszakban mérhető magas számával magyarázható.

A baktériumok száma a komposztálás elején hirtelen megnőtt, mely a könnyen bontható szerves anyagok jelenlétének köszönhető. Számuk ezt követően csökken, mivel ezek az anyagok elfogynak. Ez az első növekedési időszak viszonylag rövid, mintegy három hétre tehető.

A baktériumok száma a június-augusztusi időszakban a legnagyobb. A mikroorganizmusok ekkor a nehezebben hozzáférhető szén és nitrogén vegyületeket bontják. Ezek átalakítása hosszabb időt vesz igénybe, az előző számnövekedési időszaknak ez mintegy négyszerese.

Ezt követően számuk csökken, ami a hozzáférhető szerves anyagok mennyiségének csökkenésével, a szerves kötésű szén és nitrogén vegyületek nehezen hozzáférhető humuszanyagokká történő szintetizálásával magyarázható.

A cellulózbontó baktériumokat az első három hónapban mértünk a legnagyobb mennyiségben. A felhasznált nyersanyagok nagy mennyiségben tartalmaznak cellulózt, melyen a cellulózbontó baktériumok gyorsan elszaporodnak. A vizsgált komposztálási időszak további részében a cellulózbontás kisebb számú baktériummal, egyenletes szinten folyik.

A harmadik minta esetén a cellulózbontó baktériumok száma augusztus közepétől végig a többi mintáénál magasabb. Ez valószínűleg a kedvező 50%-os szerves trágya tartalomnak köszönhető.

Az ammonifikáló baktériumok a május végétől szeptemberig terjedő időszakban tevékenykednek a legnagyobb mennyiségben, amit a nitrogéntartalom ebben az időszakban mért magasabb értékei is mutatnak.

A mikroszkópikus gombák száma a júliusi mintavételt követően, a vizsgált időszak második felében emelkedik meg számottevően. Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy a mikroszkópikus gombák a szerves anyagok lebontásán túl, enzimeik (fenol-oxidázok) segítségével a humuszanyagok szintézisében is részt vesznek, ami erre az időszakra tehető.

1. ábra: A pH változása a komposztálás során

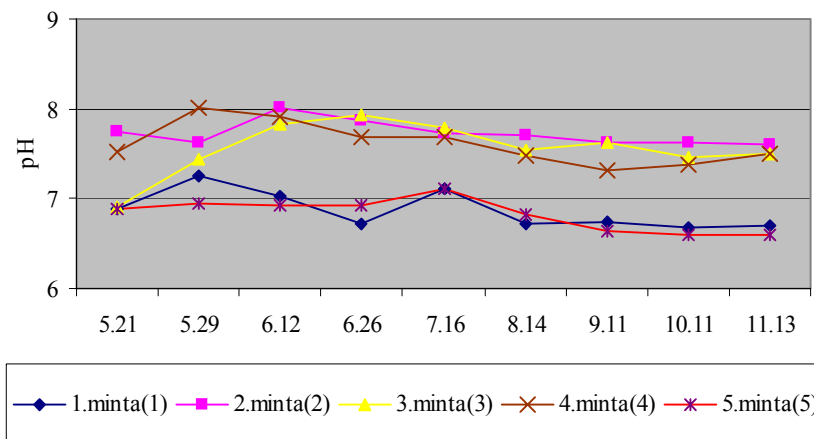


Figure 1: Changes of pH values during the composting time sample 1(1), sample 2(2), sample 3(3), sample 4 (4), sample 5(5)

2. ábra: Az össz. nitrogéntartalom változása a komposztálás során

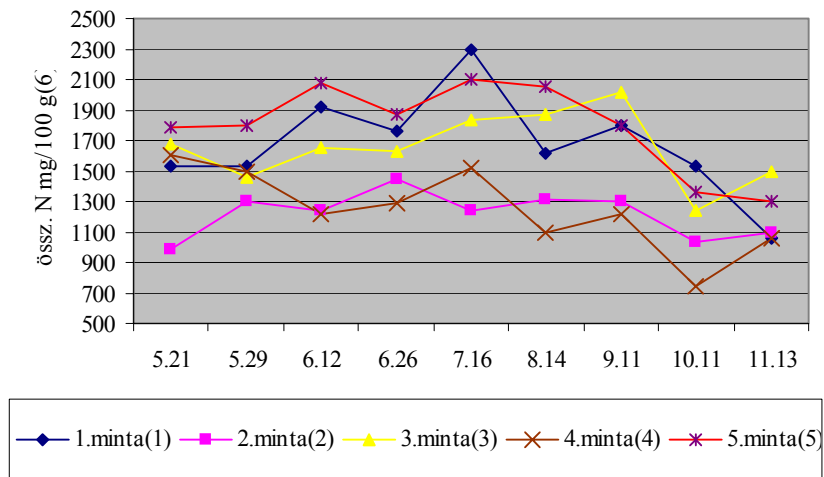


Figure 2: Changes of total nitrogen content during the composting time
sample 1(1), sample 2(2), sample 3(3), sample 4 (4), sample 5(5), total nitrogen content mg/100 g(6)

3. ábra: A szerves kötésű széntartalom változása a komposztálás során

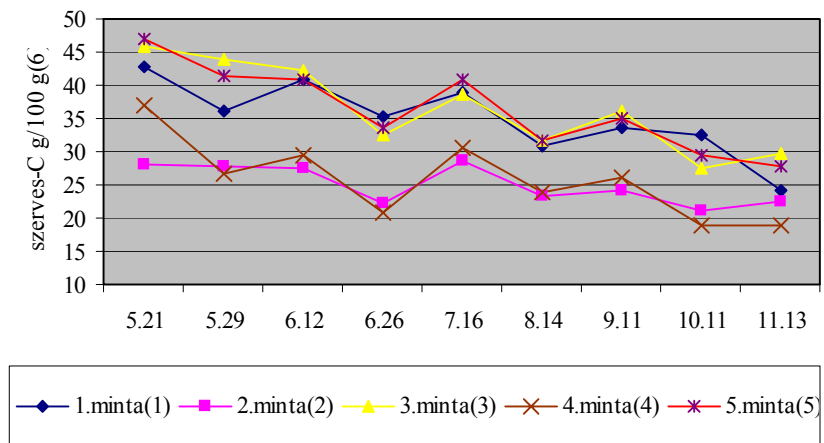


Figure 3: Changes of organic carbon content during the composting time
sample 1(1), sample 2(2), sample 3(3), sample 4 (4), sample 5(5), organic carbon content g/100 g(6)

4. ábra: A szén/nitrogén arány változása a komposztálás során

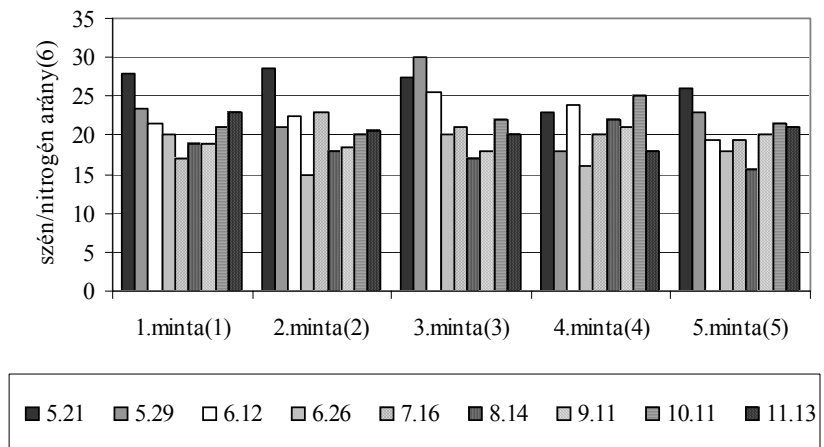


Figure 4: Rate of carbon/nitrogen content during the composting time
sample 1(1), sample 2(2), sample 3(3), sample 4 (4), sample 5(5), rate of carbon/nitrogen content(6)

5. ábra: A baktériumok összciszámának változása a komposztálás során

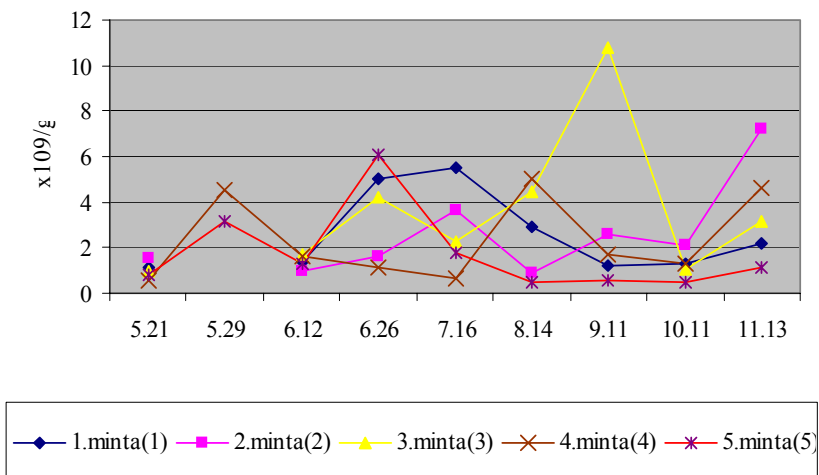


Figure 5: Changes of the total number of bacteria during the composting time sample 1(1), sample 2(2), sample 3(3), sample 4 (4), sample 5(5)

6. ábra: A cellulózbontó baktériumok számának változása a komposztálás során

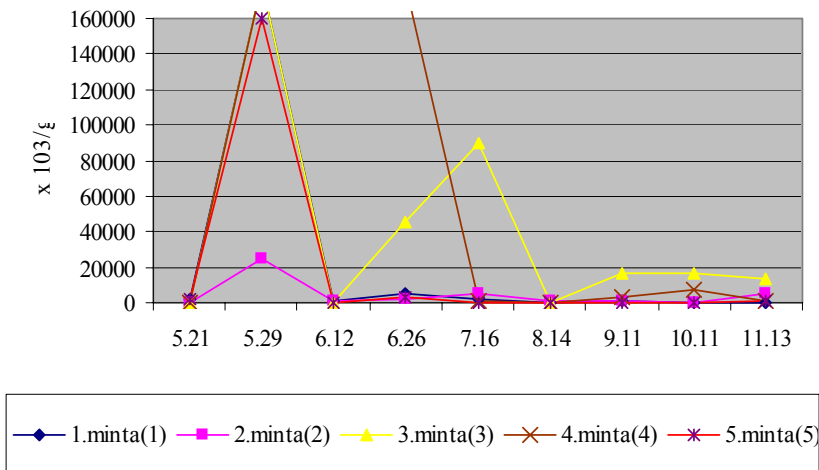


Figure 6: Changes of number of cellulose decomposing bacteria during the composting time sample 1(1), sample 2(2), sample 3(3), sample 4 (4), sample 5(5)

IRODALOM

- Alexa L.-Dér S. (1998): A komposztálás elméleti és gyakorlati alapjai. FVM Bio-Szaktanácsadó Bt., Budapest, 136.
- Búzás I. (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 242.
- Dienes É. (2002): Különböző összetételű komposztok fizikai, kémiai, mikrobiológiai jellemzése. Agrártudományi közlemények, II. 15-18.
- Filep Gy. (1995): Talajvizsgálat. DATE MTK Talajtani- és Mikrobiológiai Tanszék, Debrecen, egyetemi jegyzet, 156.
- Helmecci B.-Szabó A. (1991): Mikrobiológiai gyakorlatok. DATE MTK Talajtani- és Mikrobiológiai Tanszék, Debrecen, egyetemi jegyzet, 119.
- Kocsis I. (1998): Komposztálás. DATE Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas, főiskolai jegyzet, 153.
- Lampkin, N. (1990): Organic Farming. Press Books and Videos, United Kingdom, 715.
- Szegi J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 310.