



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

SZAKDOLGOZAT

Kovács Zsolt

2024.



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Növénytermesztési-tudományok Intézet
Mezőgazdasági mérnök alapképzési szak**

**A komposzt keverésének hatása a humifikációra a hőmérséklet és
pH-érték adatok folyamatos megfigyelésével**

Belső konzulens: Dr.Gulyás Miklós egyetemi docens
intézete/tanszéke: Környezettudományi Intézet,
Talajtan tanszék,
Talajerőgazdálkodás Csoport

Külső konzulens: Kőrösi Sóti Beáta, okleveles
agrármérnök, Beszédes József
Mezőgazdasági és Műszaki Iskola-
központ, MATE zentai kihelyezett
tagozat

Készítette: **Kovács Zsolt**
Neptun-kód: EOL8KH

**Zenta
2024.**

Tartalomjegyzék

1. Bevezető.....	3
1.1. Célkitűzések.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés.....	5
2.1. A komposztálás történelme.....	5
2.2. A komposztálás.....	5
2.3. Komposztálható anyagok.....	6
2.4. Nem komposztálható anyagok.....	6
2.5. A komposztálás folyamatában jelenlévő tényezők.....	7
2.5.1. A komposztálás hőmérsékletszakaszai.....	8
2.5.2. A komposzthalom kémhatása.....	10
2.5.3. A szén és a nitrogén aránya.....	10
2.5.4. A komposzthalom nedvességtartalma.....	12
2.5.5. A szemcseméret, homogenitás.....	12
2.6. A komposzt biológiája.....	13
2.7. Komposztálók típusai.....	16
2.7.1. Nyitott komposztálási rendszerek.....	16
2.7.2. Reaktoros (zárt) rendszerek.....	17
2.8. A komposzt felhasználása.....	17
2.8.1. A komposzt hatása a talajra.....	17
3. A vizsgálatok módszerei.....	19
3.1. A komposztálás helyszíne.....	19
3.2. A komposztláda elkészítése.....	19
3.3. A komposztálók elhelyezkedése.....	20
3.4. Felhasznált alapanyagok a komposztáláshoz.....	21
3.4.1. A komposztáláshoz felhasznált alapanyagok aprítása.....	21
3.4.2. A komposztáláshoz felhasznált alapanyagok arányainak kimérése.....	22
3.5. A komposzthalom ápolása.....	22
3.5.1. A komposzthalom átforgatása.....	22
3.5.2. A komposzthalom nedveségtartalmának ellenőrzése.....	23
3.6. A komposztálási folyamat során mért adatok és használt mérőműszer.....	23
3.6.1. A mérések módja.....	24
3.6.2. A mérések időpontjai.....	25
3.6.3. A hőmérséklet mérése.....	25
3.6.4. A pH adatok mérése.....	25

3.7. Az elkészült komposztok szemcseméretének megállapítása.....	26
3.7.1. A kész komposzt szárítása.....	26
3.7.2. A szitálásra kész komposztanyag kimérése.....	26
3.7.3. A komposzt átszitálása.....	27
3.7.4. Az átszitált komposztanyag szemcseméretének vizsgálata.....	28
4. Eredmények és értékelésük.....	29
4.1. Komposztládákban mért hőmérséklet adatok.....	29
4.2. Komposztládákban mért pH adatok.....	30
4.3. A komposzthalmok szerkezeti-frakció vizsgálatának eredménye.....	31
5. Következtetések és javaslatok.....	33
6. Összefoglalás.....	34
7. Köszönetnyilvánítás.....	36
8. Irodalomjegyzék.....	37
9. Ábrajegyzék.....	40
10. Táblázatok jegyzéke.....	40

1. Bevezető

A szerbiai Környezetvédelmi ügynökség adatai alapján Szerbia területén évente 900 000 tonna feldolgozható biohulladék keletkezik, amelynek a legnagyobb része felhasználatlanul a kommunális hulladéklerakóra kerül (Agencija za zaštitu životne sredine).

Véleményem szerint a 21. század egyik nagy problémája egy szóval kifejezve a pazarlás, és az ehhez kapcsolódó folyamatosan termelődő biohulladék újrahasznosításának nem kellő hatékonysága. A megoldás a keletkező hulladék megfelelő tárolása, feldolgozása és hasznosítása. A megfelelő hulladékgazdálkodás meghatározó jelentőségű a társadalom fenntartható fejlődésében. A keletkező hulladék ártalmatlanítása és kezelése kiemelten fontos az ember és környezete megóvásának érdekében. Gazdasági és társadalmi szempontból a legelérhetőbb szerves hulladék újrahasznosítási folyamat a komposztálás.

A világszerte jelenlévő erős ökológiai válságot, jelentős részben a hagyományos mezőgazdasági termelés állandó bővítése, nem fenntartható talajhasználat, valamint a nem visszaforgatott szerves anyagok mennyisége okozza.

Lakóhelyem, Zenta város közigazgatási területe sok zöld övezettel van körülvéve. Minden ősszel a városrendezésben dolgozók gépesített eszközökkel, kevés élőmunka ráfordítással összegyűjtik a sétányok és a parkok szerves hulladékát. Egy őszi séta alkalmával megkérdeztem az ott dolgozókat, hogy mi történik a meglehetősen nagy mennyiségű zöldhulladékkal, amit összegyűjtenek. A válasz meglepő volt: „a hulladéktároló telephelyére kerül”. Esmecserénk végére mindenki egyetértett azzal, hogy hiányzik a szakmai háttér és a tenniakarás. A hulladékgazdálkodásról szóló törvény (Zakon o upravljanju otpadom) megalkotása Szerbia számára nagy előrelépést jelent a biológiai hulladékok kezelése és felhasználása érdekében. A jogszabályok folyamatos aktualizálása és a beruházások ellenére, Szerbia a többi európai országhoz képest elmarad a biohulladék újrahasznosításának a területén. Ezért is tűztem ki célul, hogy dolgozatomban a komposztálással és a benne zajló folyamatok hatásával foglalkozzon.

1.1. Célkitűzések

A dolgozatomban célja elsősorban az, hogy a környezetemet és saját családomat megismertessem a biohulladék egyszerű, de hatékony újrahasznosításának a módjával és felhasználásával. Néhány kérdés megfogalmazódott bennem a komposztálás módszerével kapcsolatban és ezekre szerettem volna kiegészítő választ kapni a dolgozatomban. Vajon nélkülözhetetlen-e a

komposzthalom átforgatása? Milyen különbségek jelentkeznek a bolygatatlan és a bolygatott halom között?

A komposzthalomban lejátszódó folyamatok során a hőmérséklet és a kémhatás alakulását követtem, valamint megfigyeltem az átalakulás, humifikáció folyamatát.

A dolgozatban a következő kérdések megválaszolását tűztem ki célul:

- Milyen hatással van a biohulladék forgatása a komposztálóban a humifikációra?
- Milyen fizikai és kémiai különbségek észlelhetők a bolygatott és a bolygatatlan kész komposzthalmok között?

A dolgozatom a biohulladék átalakulásának és paramétereinek a megfigyelésével foglalkozik. Vizsgálja az egyszerűbb és gyorsabb komposztálási folyamatok lejátszódását, valamint célja a komposztálás, mint újrahasznosító technológia népszerűsítése környezetemben.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A komposztálás történelme

A komposztálás történelme nagyon régre nyúlik vissza. I.e. 2350-ből, egy mezopotámiai városból származó írások bizonyítják azt a tényt, hogy a komposztálás az emberiség legősibb hulladék-újrahasznosító eljárása (Larum, 2019, [http1](#)). Feljegyzések találhatók az ókori Rómából, ahol a városi kertekben az elkészített trágya a föld tápanyagtartalmának megőrzésére szolgált. A középkorban főleg a gazdagabb családok kertjeiben alkalmazták, hogy növeljék növényeiknek a szükséges tápanyagot ([http1](#)). Körülbelül négyezer évvel ezelőtt az ókori Kína területén már törvények szabályozták a keletkező szerves hulladékok kezelését leírva, hogyan és miként kell a hulladékokból "forróérjesztéssel" nyert trágyával a talaj termékenységét hosszútávon fenntartani (Diaz és De Bertoldi, 2007). Az ipari forradalom beköszöntésével az emberek egyre jobban távolodni kezdtek a természettől. A városok és ipari területek kialakulásával a biohulladék kezelése is egyre nagyobb problémát okozott. Az első nagyszabású komposztáló üzemek az 1920-as években jelentek meg és a 20. század második felében terjedtek el szélesebb körben ([http1](#)).

2.2. A komposztálás

A komposztálás folyamata a latin *compositus* szóból ered, ami azt jelenti, hogy megkomponált, azaz összeállt-összetett. A komposztálás olyan folyamat, amely során szilárd szerves anyagokat bontanak le mikroorganizmusok és más biológiai szervezetek aerob körülmények között, aminek hatására stabil termék jön létre (Herceg, 2013). A folyamat eredményeként szén-dioxid, víz és hő keletkezik, a végtermék pedig a komposzt. Más szóval a komposztálás olyan biológiai folyamat, amelyben a szerves hulladék egy része gondosan ellenőrzött körülmények között lebontható (Bannick, 1988).

A komposztálást nem könnyű általánosan leírni, kifejtetni. A komposztálás a biohulladékok megfelelő kezelésének egy módja, a szerves anyagok biológiai átalakulása és stabilizálódása. A komposztálási folyamat által termelt hő hatására a biohulladékban előforduló nemkívánatos szervezetek, patogének semlegesíthetőek (Fazekas és mtsai, 2004). A komposztálási folyamat során törekednünk kell a minnél magasabb hőmérséklet elérésére, mivel csak így tudjuk semlegesíteni a komposzthalmot a nemkívánatos szervezetektől. Eredményesen csak akkor tudjuk elvégezni, ha a megfelelő összetételű biohulladékot párosítjuk elegendő nedvességtartalommal és a levegőztetéssel (Fazekas és mtsai, 2004).

2.3. Komposztálható anyagok

Komposztálható alapanyagokat nagy mennyiségben találunk a körülöttünk lévő környezetben. A mezőgazdasági termelés és az élelmiszeripari feldolgozás során keletkező hulladékok a legjelentősebbek. Emellett a különböző eredetű trágyák, lakossági szervesanyag hulladékok is nagy mennyiségben fordulnak elő (Alexa és Dér 2001). Olyan szerves hulladékok is komposztálhatók (1. ábra), mint a lakóövezetekből származó kerti hulladékok, növényi maradványok, fű és faaprítékok.



1. ábra: Komposztálható anyagok

(forrás: <http2>)

Bár a természet képes a felsorolt hulladékok biológiai stabilizálására, azok nagy és változó mennyisége miatt nehéz jó minőségű komposztot előállítani, amely termékként értékesíthető (Fazekas és mtsai, 2004). A komposztálható anyagok közül vannak lassabban és gyorsabban lebomlóak, átalakulóak.

2.4. Nem komposztálható anyagok

A komposztálható anyagok közé nem kerülhet olyan anyag, amely a természetben nem, vagy csak nagyon nehezen bomlik le, mint például: műanyag, üveg, cserép, kő, kavics, építészeti törmelékek, mosószer, konzervdoboz, toll, csont, szőr, porzsák tartalma, festékek, olaj, zsírmaradék, fertőzött, gombás és baktériumos betegségben elhalt növények, veszélyes, illetve magas nehézfémtartalmú anyagok: elem, akkumulátor (Tiffán, 2009). Otthoni komposztálás esetén, ételmaradékok lehetőleg ne kerüljenek a komposztba, bár lebomlanak, de kóbor

állatokat, rágcsálókat csalogatnak a komposztálóhoz. A nagyüzemi komposztálás folyamatába, viszont bekerülhet minden lebomló szerves anyag (Tiffán, 2009; Jukić, 2020).

2.5. A komposztálás folyamatában jelenlévő tényezők

A komposztálási folyamat több tényezőtől függhet (1. táblázat), melyek közvetve vagy közvetlenül hatással vannak a lebontó mikroorganizmusok faji összetételére és tevékenységére. Ezáltal befolyásolhatják a nehezen lebontható szerves anyagok (lignin, cellulóz, hemicellulóz) biodegradációját, az egész komposztálási folyamatot és a végtermék minőségét (Greff, 2021). Ilyen befolyásoló tényező többek között a kiindulási alapanyag minősége és összetétele, a komposztálandó anyag pH-ja, nedvességtartalma, hőmérséklete, oxigénellátottsága, porozitása, részecskemérete, valamint a szén/nitrogén aránya (C/N) (Bhatia és mtsai, 2013, Cerda és mtsai, 2018).

1. táblázat: A komposztálást befolyásoló főbb tényezők

(Forrás: Saját szerkesztés a http 3 adatai alapján)

Paraméter	Optimális érték
Hőmérséklet	Termofil szakasz során 55°C legalább 3 napig
pH	6,0-9,0
Nedvességtartalom	40-65%
Szemcseméret	Kezdeti:15 mm Végso: 0,25-2,00 mm részecskék
Kezdeti C/N arány	25-35 : 1
Szabad légtér	~ 30%
Oxigén-koncentráció	>5-7 %

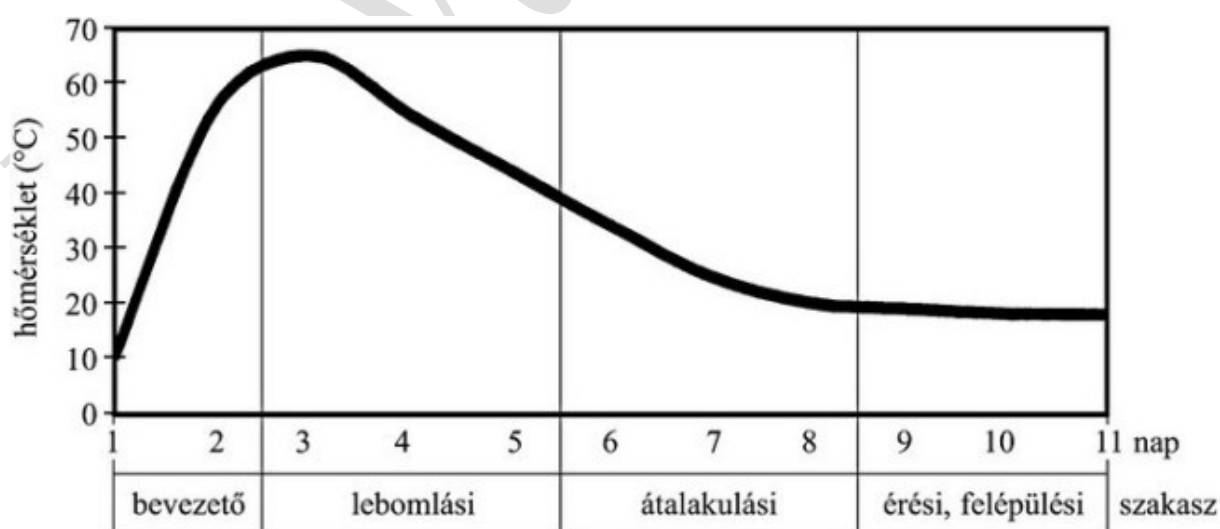
2.5.1. A komposztálás hőmérsékletszakaszai

A komposztálás mikrobiális folyamatának a kezdetéhez legalább 10°C külső hőmérséklet szükséges (Abdellah és mtsai, 2021). A komposztálási folyamat során a mikroorganizmusok lebontják a szerves anyagokat, amelyek széndioxidot, vizet, hőt és humuszt termelnek (Spiteller, 1985). Optimális körülmények között a komposztálás három fázisban zajlik le (2. ábra), de meg kell említeni egy negyedik fázist is, amely a komposzt érési szakaszára vonatkozik (Jukić, 2020). A komposztálásban sokféle élőlény vesz részt, melyek a környezet feltételeinek megfelelően lebontó, átalakító és felépítő folyamatokat hajtanak végre (Spiteller, 1985).

A komposztálás során különböző mikro- és makroorganizmusok közreműködésével a szervesanyagok egyszerű alapvegyületekre, szén-dioxidra, szulfátra, nitrátra és vízre bomlanak le.

A komposztérés exoterm folyamat. A létrejött energia hő formájában jelentkezik. Az érés ideje alatt a hőmérséklet-változás alapján négy szakaszt különíthetünk el (Mc Laughlin, 2010):

- bevezető szakasz;
- lebomlási szakasz;
- átalakulási szakasz;
- felépülési-érési szakasz;



2. ábra: A komposztalomban lejátszódó hőmérsékleti változások - szakaszok

(Forrás: Ángyán, 2003 nyomán)

Bevezető szakasz

Az első, rövid bevezető szakaszban az optimális körülmények közé kerülő mikroorganizmusok nagy sebességgel szaporodni kezdenek. A hőmérséklet a mikrobák intenzív anyagcseréjének hatására a mezofil szakaszból gyorsan termofil tartományba emelkedik. A bevezető szakasz hossza néhány óra, esetleg 1-2 nap (Alexa és Dér, 2001).

Termofil vagy lebomlási szakasz

A mezofil és termofil mikroorganizmusok között metabiózis van. A mezofilek anyagcseréje által termelt hő biztosítja a termofil flóra igényeinek megfelelő hőmérsékletet. Szervesanyag-átalakító tevékenységük során a tápanyagok jobb hozzáférhetőségét biztosítják a termofil mikroorganizmusok számára. A termofil vagy magas hőmérsékletű fázis (40°C felett), amelynek időtartama pár naptól akár hónapokig is eltarthat a komposzthalom méretétől és az anyagok összetételétől függően (Golueke, 2007).

A termofil mikroorganizmusok ebben a szakaszban a könnyebben lebomló vegyületekkel táplálkoznak (keményítők, zsírok, cukrok), az összetettebb szénforrások pedig, mint például a cellulóz és a lignin nagyobb arányban alkotják a komposztanyagot a szakasz végére. Egy másik fontos eleme ennek a fázisnak a nitrogén ammóniává alakulása, ahol a komposzthalom pH-ja lúgosodik (Golueke, 2007). A káros baktériumok és mikroorganizmusok, mint például a *Salmonella* illetve *Escherichia coli* elpusztulnak a néhány napig vagy akár hétig tartó magas hőmérséklet hatására. Ez a folyamat lehetővé teszi a komposzthalomban jelenlévő kórokozók semlegesítését. A termofil szakaszban a bomlási folyamat folytatásához szükséges a levegőztetés, hogy a mikroorganizmusok oxigénellátása kiegyensúlyozott maradjon (Šunjić, 2020).

Átalakulási szakasz

Az átalakulási szakasz több napig vagy hétig is eltarthat. A folyamatok sebessége lassul, ami a hőmérséklet jelentős csökkenésével jár. A mikroorganizmusok folyamatosan bontják a nehezen bontható vegyületeket, és megkezdődik a humuszanyagok kialakulása (Schuttig, 1990). A gombák az utolsó szakaszokban veszik át a hatalmat, amikor a komposzthalom könnyebben emészthető formává alakul át (Mc Laughlin, 2010).

Felépülési szakasz

A komposztálás utolsó szakasza a felépülési folyamat, ezt a szarvesanyag humifikálódása jellemzi, amely a végtermék sötét színét eredményezi. A komposzt hőmérsékletének további csökkenése észlelhető. Ahogy közeledik a komposzt stabilitása, aktinomiceták és gombák, amelyek az előző fázisban a kupac hidegebb széleire korlátozódtak, kezdenek dominálni és felgyorsítják a folyamatot (Mc Laughlin, 2010). A szerves anyagokból felszabadul a szén- és nitrogénforrás, a komposzt hőmérséklete ismét csökken (Jukić, 2020). Ennek a fázisnak az elején friss komposzt képződik. A többsejtű élőlények, mint például atkák, csigák, százlábúak, hangyák, rovarok, bolhák, férgek és giliszták emésztőszervi folyamatokkal bontják tovább a biohulladékot, ezáltal létrehozva az úgynevezett „komposzt csomókat”, melyek az egészséges komposzt alapját képezik (Periša, 2019). Ebben a szakaszban jelentősen nő a sugárgombák száma, amely a komposztérettség indikátora (Alexa és Dér, 2001).

Az érési fázis során a komposzthalom hőmérséklete visszatér a környezeti hőmérséklet szintjére (20-30°C), valamint a szénvegyületek kondenzációja és polimerizációja következik be, elősegítve a fulvo- és huminsavak képződését (Lerotic és mtsai, 2020).

2.5.2. A komposzthalom kémhatása

A komposztálási folyamat során általában a pH-érték 5,5 és 9 között változik. A pH-érték függ az elhelyezett biohulladék összetételétől. A komposztálás kezdeti szakaszában szerves savak halmozódhatnak fel, amelyek a baktériumok és gombák által termelt melléktermékek (Kocsis, 2005). A szerves savak tovább bomlanak, így a komposzt pH-ja emelkedik. Ennek két folyamata van, amelyek a termofil fázis során történnek: a szerves savak bomlása és párolgása, valamint az ammónia felszabadulása (Alexa és Dér, 1998).

A komposztálási folyamat későbbi szakaszaiban a pH semlegessé válik. Ez azért történik, mert az ammónia elillan a légkörbe, vagy részt vesz az új mikroorganizmusok növekedésében. A kész komposzt általában 6 és 8 közötti pH-értékkel rendelkezik (Jukić, 2020). Ha az eljárás anaerob, akkor a pH-érték eltérő lesz az említett tartománytól. Emellett a sav felhalmozódása csökkentheti a pH-t 4 vagy 5 értékre és súlyosan korlátozhatja a mikroorganizmusok aktivitását. Ilyen esetekben szükséges a komposzthalom szellőztetése, hogy a komposzt visszaálljon az elfogadható pH-értékre (Kocsis, 2005).

2.5.3. A szén és a nitrogén aránya

A szerves anyagok lebontásához a komposztálás folyamatában a legfontosabb elemek a szén (barna anyagrész) és a nitrogén (zöld anyagrész) (Alexa és Dér, 2001). A szén az energiaforrás és az alapvető építőelem, amely a mikrobiális sejtek tömegének körülbelül 50%-át teszi ki, míg a nitrogén szükséges a fehérjék, nukleinsavak, aminosavak, enzimek és koenzimek előállításához, valamint a sejtek növekedéséhez és működéséhez (Gunjević, 2018). A megfelelő komposztálás elősegítése érdekében fontos biztosítani a szükséges tápanyagok megfelelő arányát (2. táblázat), amelyek elengedhetetlenek a mikrobiológiai folyamatok megindulásához (Fazekas és mtsai, 2004). Általában azt tartják ideálisnak a komposztálás során ha a szén és a nitrogén (C:N) aránya 25-30:1 (Alexa és Dér, 2001). Alacsonyabb arányok esetén a nitrogén túlsúlyba kerülhet, és ammóniagázként elillanhat, kellemetlen szagokat okozva. Másrészt a magasabb szén arány azt jelenti, hogy a komposztban nem lesz elegendő nitrogén a mikrobapopulációk optimális növekedéséhez, így a komposzt hűvösebb marad és a lebomlás lassabban zajlik (Gunjević, 2018).

2. táblázat: A különböző típusú biohulladékok C:N aránya és jellemzői a lebonthatóság és nedvességtartalom tekintetében

(Forrás: Saját szerkesztés Milanović, 2022 nyomán)

Anyag	C:N	Lebomlási képesség	Nedvesség eredeti formában
Fű	20-40	jó	jó
Falevél	30-80	jó	közepes
Tülevelű	30	közepes	rossz
Gabonaszalma	20-30	jó	nagyon rossz
Apró faág	115	jó	közepes
Gyümölcsmaradék	20-49	jó	túl magas
Karton	200-500	jó	rossz
Fűrészpor	100-230	közepes	rossz
Kávézacc	20	jó	jó
Fakéreg	100-130	közepes	rossz
Kerti hulladék	13	jó	túl magas
Konyhai hulladék	12-20	jó	alapvetően magas
Baromfialom	13-18	jó	nagyon rossz
Szarvasmarhatrágya	20	jó	közepes
Kukoricaszár	60-73	rossz	rossz

A komposztálás előrehaladtával a C:N arány fokozatosan csökken, körülbelül 10-15:1 arányra (Lončarić és mtsai, 2015). Ez az aránycsökkenés abból adódik, hogy a mikroorganizmusok a szerves anyagok lebontásakor a szén kétharmadát szén-dioxid formájában bocsátják ki, míg a

maradék nitrogén beépül a mikroba sejtekbe. A sejtek pusztulása után a nitrogén újra felszabadul és újra felhasználhatóvá válik (Lončarić és mtsai, 2015).

A komposztálható anyagokban található nitrogén nagy része könnyen felhasználható, azonban a szén egy része olyan vegyületekben kötődhet meg, amelyek ellenállnak a biológiai lebontásnak. Viszonylag lassú lebomlásuk azt jelenti, hogy a bennük található szén nehezen lesz elérhető a mikroorganizmusok számára, ezért a folyamat elején szükséges a C:N arány növelése (Herceg, 2013). A friss szerves anyagok bomlásával keletkező humusz körülbelül 50% szenet tartalmaz és 5% nitrogént (10:1). A száraz anyagok esetében általában kb. 40-50% a szén, nedves anyagoknál 10-20%, ezért az anyag nedvességtartalma a legfontosabb tényező a szén és nitrogén arányának becslésében (Lončarić és mtsai, 2015).

2.5.4. A komposzthalom nedvességtartalma

A nedvesség a komposztálás során a kémiai reakciók és a mikroorganizmusok mozgásának a közege, a bomlás és az anyagcsere folyamatoknak a vérárama. A lebomló szerves anyagnak nedvesnek, de nem túlzottan nedvesnek kell lennie. Az otthoni komposzthalom optimális nedvességtartalma a folyamat szakaszától függően 40-60% (Dömsödi, 1989).

A megadott tartományon belül vékony vízréteg fedi a biohulladék részecskéit anélkül, hogy kitöltené a részecskék közötti és körülötte lévő légteret (pórusokat). Ha a nedvességtartalom 30% alatti, a baktériumok aktivitása gátolt, ami meleg és száraz időszakokban okozhat gondot. Másrészt a túl sok nedvesség (>65%) lassú bomlást, anaerob körülmények kialakulását, kellemetlen szagokat és a tápanyagok kimosódását eredményezheti (Epstein, 1997). Továbbá oda kell figyelnünk, ha zöld biohulladék, például friss fű teszi ki a szerves anyag jelentős részét a komposzthalomban, akkor anaerob körülmények léphetnek fel, mert a nedvességtartalom 70%-ra is emelkedhet. Ennek elkerülése érdekében szerkezeti anyag hozzáadása szükséges.

2.5.5. A szemcseméret, homogenitás

A komposztálóban elhelyezett biohulladék szemcsemérete adja meg a komposzt szerkezetét, valamint hatással van a pórusok létrehozására és a levegőztetés fenntartására (Šunjić, 2020). Az olyan komposzthalomban, ahol túlzott a tömörödés, az oxigén nem tudja átjárni a részecskéket, a laza komposzthalom viszont összeeshet és nem megfelelő feltételeket biztosít a mikrobiális folyamatok lejátszódására. A megfelelő struktúra eléréséhez különböző

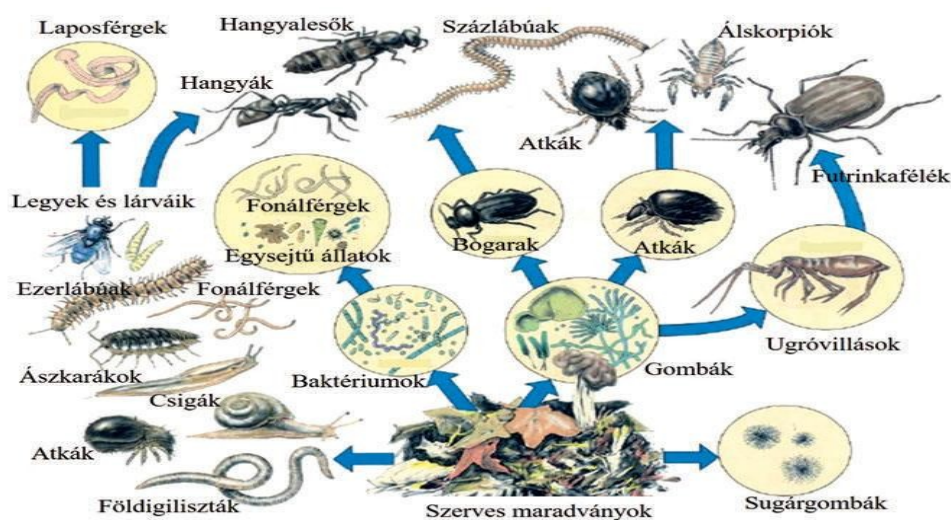
szerkezetjavító anyagokat kell hozzákevernünk, például szalmát, fásszárú nyesedéket, falevelet (Alexa és Dér, 1998).

A biohulladék mérete befolyásolja az átalakulás gyorsaságát. A megfelelő méretű szemcse 15-35 mm. A mikroorganizmusok nagyobb felületen tudnak hozzájutni az aprított hulladékhoz, ezért gyorsabb az átalakulás. A megfelelő szemcseméret kialakításához különböző aprító-, vágókészülékeket használnak. Ugyanakkor ügyelni kell, hogy a szemcseméret ne legyen túl apró, mert megnövekszik a tömörödés veszélye, valamint nem lehet megfelelően átforgatni a komposzthalmot (Šunjić 2020, Barótfi, 2000).

A szemcseméret nem mindenhol lehet azonos a komposzthalmon belül, ezért arra kell törekedni, hogy egyformán legyen összekeverve a biohulladék az átalakulás egyforma lefolyásának érdekében. A homogenitás elérése céljából növelnünk kell a komposzthalom keverésének számát, ami gazdasági szempontból nem túl kedvező (Ivančić, 2019).

2.6. A komposzt biológiája

Browne (1933) már említette, hogy a komposzthalom átalakulásában mikroorganizmusok vesznek részt. Függetlenül attól, hogy melyik komposztáló rendszert használjuk, a biológiai organizmusok fontos szerepet játszanak a biohulladék kész komposzttá történő lebontásának folyamatában. A komposztban található élőlények közül szinte mindegyik hasznos (), de Golueke (2007) szerint a legfontosabbak között a mikroszkopikus méretűek vannak, ők ugyanis már a komposztálás első szakaszában részt vesznek az átalakítási folyamatokban.



3. ábra: A komposztálás folyamatában résztvevő lebontók

(Forrás: <http> 4)

A mikroszkopikus lebontók közül a legfontosabbak a baktériumok. Ők végzik a legtöbb lebontási folyamatot a komposztban (Nemet és mtsai, 2021). A baktérium-populációk különbözőek lehetnek a komposztban, attól függően, hogy mekkora mennyiségű komposzt van jelen, milyen hőmérsékletű, mennyi levegő van jelen, milyen nedvességtartalommal rendelkezik és hol helyezkedik el a komposzthalom (Herceg, 2013).

A baktériumok felelősek a komposztban zajló legtöbb bomlási folyamatért és a hőtermelésért (Insam és mtsai, 2013). Táplálkozási szempontból a baktériumok alkotják a legváltozatosabb csoportot a szervezetek között, mivel széles körben használják az enzimeket a szerves anyagok kémiai lebontásához. A komposzthalom hőmérsékletének hirtelen csökkenése negatív hatással lehet a baktériumokra, mivel az megváltoztathatja a kémhatásukat és inaktívvá teheti vagy elpusztíthatja őket (Herceg, 2013). A második fázisban, amikor a komposztálás előrehalad, az első fázisban domináns baktériumokat más fajok váltják fel, ami a baktériumok számának jelentős csökkenését eredményezi.

A komposzthalom különböző átalakulási fázisaiban megkülönböztetünk kémiai és fizikai lebontókat.

A fizikai lebontók közé tartoznak az atkák, százlábúak, csigák, pókok, bogarak, hangyák, legyek, fonálférgek, laposférgek, orsóférgek és a földigiliszták (Milanović, 2022).

Ezek az élőlények rágnak, darálnak, szívják és harapják az anyagokat, hogy kisebb darabokra tördeljék őket, így elősegítve a mikroorganizmusok általi kémiai lebontást. A legtöbb fizikai lebontó a komposztban mezofil hőmérsékleten működik, tehát nem mindig vannak jelen a komposzthalomban.

Az atkák apró ízeltlábúak, és rokonságban állnak a kullancsokkal és pókokkal. Lehetnek ragadozók, paraziták vagy növényevők. Nagyon sok atka található a komposztban. Néhány atka elsődleges fogyasztóként szerves törmeléket, például leveleket és rothadó gallyakat fogyaszt. A másodlagos fogyasztók gombákkal vagy baktériumokkal táplálkoznak, amelyek lebontják a szerves anyagokat, míg más atkák ragadozók és támadják a fonálférgeket, rovarlárvákat és más atkákat (Ivančić, 2019). Az atkák akkor szaporodhatnak el a komposzthalomban, ha a környezet túlzottan nedves.

A százlábúak olyan szárazföldi ízeltlábúak, amelyek nedves élőhelyeken találhatók. Elhalt növényi anyagokkal táplálkoznak, és fontos szerepet játszanak azáltal, hogy lebontják és átalakítják a tápanyagokat a biohulladékokban (Mc Laughlin C, 2010).

Az aktinomiceták, protozoák és gombák fontos szerepet játszanak a komposzthalom átalakulásának a folyamatában. Ezek az organizmusok együttesen megváltoztatják a szerves hulladék kémiai összetételét, ezért kémiai lebontóknak nevezik őket. Ahogy a komposzthalom

lehül és stabilabbá válik, az aktinomiceták és gombák, amelyek az első fázisban a komposzt hidegebb részeiben voltak jelen, kezdenek dominálni és hozzájárulnak a komposzt további stabilitásához (Ivančić, 2019).

Az aktinomiceták, amelyek a baktériumok magasabb rendű formái, hasonlóak a gombákhoz; ők felelősek a komposzt jellegzetes földes illatáért. Kiemelkedő szerepet játszanak a humuszképzésben és a lebontási folyamatban, mivel képesek a szerves anyagok szénjét, nitrogénjét és ammóniáját felszabadítani, így elérhetővé téve ezeket a tápanyagokat a magasabb rendű növények számára (Insam és mtsai, 2013). Az aktinomiceták hosszú, elágazó szálakat képeznek, melyek olyanok, mint a pókháló és átnyúlnak a komposzton. Ezek a szálak a komposztálás folyamatának későbbi szakaszaiban láthatók, leginkább a komposzt külső szélén (Herceg, 2013).

A protozoonok az állati szervezet legegyszerűbb formái közé tartoznak és tevékenységük összetett a komposzthalom átalakulásának a folyamatában. Egy gramm talaj akár egymillió protozoát is tartalmazhat, míg a komposztban nem fordulnak elő ilyen nagy számban, különösen a termofil fázisban (Nemet és mtsai, 2021). A protozoonok táplálkoznak szerves anyagokkal és baktériumokkal egyaránt, ezáltal szabályozzák, mérsékelik a baktériumok számát a komposztban, élénkítve a baktériumok lebontási folyamatának időtartamát (Mc Laughlin C, 2010).

A gombák olyan szervezetek, amelyek nem rendelkeznek klorofillel, lehetnek egy vagy többsejtűek. A klorofill hiánya miatt nem képesek saját szénhidrátokat előállítani, ezért heterotróf szervezeteknek számítanak. A gombák a komposzthalomban lévő nagyobb szerves anyagok lebontásában játszanak fontos szerepet, valamint szálaikkal átszövik a komposzthalmot, kiegyensúlyozott nedvességet és szellőzést biztosítva a komposzthalomnak (Duš, 2022). A komposztálás utolsó szakaszában az aktinomiceták mellett a gombák dominálnak, a komposzt könnyen lebontható formává alakul.

2.7. Komposztálók típusai

A komposztálás módját a hulladék típusa, a rendelkezésre álló hely, a jogszabályi előírások és a gazdasági megtérülés határozza meg. A rendszerek reaktoros és nem reaktoros rendszerekre oszthatók. Ezek a rendszerek kültéren vagy beltéren is elhelyezhetők (Lerotic és mtsai, 2020).

2.7.1. Nyitott komposztálási rendszerek

A nyílt komposztáló rendszerek használata az eljárás egyszerűsége és az alacsonyabb költségek miatt elterjedtebb. E rendszerek fő hátrányai: a komposztálás során keletkező gázok elvesztése, a folyamat hosszú időtartama, amely akár 4-6 hónapig is eltarthat, a folyamatszabályozás nem kontrollálható, valamint az időjárási viszonyoknak való kitétele miatt (Šunjić, 2020).

A nem reaktoros nyitott rendszerek alapvető típusai a következők:

Nyílt prizma rendszer – a szerves hulladékot hosszú, keskeny, trapéz vagy félkör keresztmetszetű halmokba helyezik. A kupacok mérete és száma a komposztálandó hulladék mennyiségétől, a rendelkezésre álló helytől és a gépészeti berendezésektől függ (Šunjić, 2020). A halmok gyakori mechanikus forgatása szükséges a légáramlás, a fény és a hőmérséklet biztosítása, valamint a baktériumpopuláció aktiválása érdekében a stabilizáció teljes időtartama alatt. A komposzt forgatásának gyakorisága fontos szerepet játszik a mikrobák számának és az egyenletes bomlási potenciál fenntartásában a komposzt tömegének minden részében. Amikor a hulladékot átforgatják, a párolgás következtében vizet veszít. Ha szénben gazdag anyagot komposztálunk, akkor vizet kell hozzáadni, a nitrogénben gazdag, azaz magas víztartalmú anyagok komposztálásakor pedig a párologtatást érdemes előnyben részesíteni. (Kuhlman, 1990)

Levegőztetett prizma rendszer – A takart prizmában történő komposztálásnál nincs anyagkeverés. Az anyag levegőztetése a halmon keresztüli természetes vagy kényszerlevegővel történik. Ha természetes légáramlásról van szó, akkor perforált csöveket helyeznek el a kupac belsejében a komposzthalom levegőztetésére (Šunjić, 2020). A kényszerzellőztető rendszerek is perforált csöveket használnak, de ezek különböző levegőztető eszközökhöz kapcsolódnak. Ha a friss hulladékot halomra helyezzük, azt egy bioszűrőként szolgáló kész komposzt réteg borítja, így a káros gázok kibocsátása jobban kontrollálható. Ez a komposztáló rendszer egyszerű és olcsó, leggyakrabban kisebb gazdaságokban használják (Lerotic és mtsai, 2020.)

2.7.2. Reaktoros (zárt) rendszerek

A zárt térben, a levegő kényszercseréjével végzett komposztálási módszert reaktoros komposztálásnak nevezzük. A komposztáló reaktorok lehetnek függőlegesek (hőszigetelt,

keverővel, töltött ágyas) és vízszintesek (keverős és forgós) (Šunjić, 2020). A zárt rendszerek fő előnyei: a folyamat körülményi (keverés és légáramlás) szabályozásának és beállításának lehetősége, az éghajlati viszonyoktól való függetlenség, a folyamat rövidebb időtartama, a csurgalékvíz és a kilépő gázok összegyűjtése és kezelése. Ezeket a komposztálási eljárásokat a magas költségek miatt csak előkomposztálásra használják (Lerotic és mtsai, 2020).

2.8. A komposzt felhasználása

A komposztot felhasználhatjuk a mezőgazdasági termelésben, kertészetekben valamint a házikertekben. Tápanyagleadó és nedvességmegőrző tulajdonságai segítik a növények egészségesebb vegetációját.

2.8.1. A komposzt hatása a talajra

A komposztot mikrobák és különféle élőlények alkotják és építik fel. A komposzt szemcsék stabilak, tápanyagban és mikrobákban különösen gazdagok (Alexa és Dér, 2001).

A komposzt pozitívan befolyásolja a talajt, segíti a talaj nedvességtartalmának megtartását és javítja annak állapotát. Szabályozza a talaj pH-szintjét, hozzájárul a talaj pH-egyensúlyának fenntartásához, ami elengedhetetlen a növények tápanyagfelvételéhez és egészséges növekedéséhez. A komposztban lévő mikroorganizmusok segítenek a növényeknek a különféle betegségek elleni, védekezésben így azok vitalitása növekszik. A komposztálás egy zöld technológia, amely energia- és erőforrás-megtakarítást eredményez, hiszen a hulladékot nem kell elszállítani és feldolgozni (Milanović, 2022). A komposztálással visszaadjuk a környezetnek azokat a tápanyagokat, amelyeket a növények már felhasználtak, így támogatjuk a természetes körforgást (Martinez-Blanco és mtsai, 2013).

A komposzt használatának előnyei a talajszerkezet (jobb aggregáció, pórustér és vízvisszatartás) és a terméshozam vonatkozásában általában több éves használat után jelennek meg. Általában körülbelül 2% nitrogént, 0,5-1% foszfort és körülbelül 2% káliumot tartalmaz (Duš, 2022). A komposztban található nitrogén lassan és kis mennyiségben válik elérhetővé, ami csökkenti a kimosódást és meghosszabbítja az elérhetőséget a vegetációs időszakban. A viszonylag alacsony tápanyagtartalom miatt a komposztokat általában nagy mennyiségben alkalmazzák (Mc Laughlin, 2010). Ha megfelelően elkészítjük, a komposztnak nincs kellemetlen szaga, egyenletes állagú, színe sötétbarna és élénk, földes illatú, laza állapotú.

3. A vizsgálatok módszerei

3.1. A komposztálás helyszíne

A komposztálás kísérleti részét Szerbiában, Zentán a családi házunk kertjében végeztem el. A komposzthalom megfigyelése és a mérések gyakorisága miatt esett a választásom az otthoni körülmények között történő kísérlet elvégzésére, valamint, azért mert az elkészült komposztot a veteményeskertben szeretném majd felhasználni.

3.2. A komposztláda elkészítése

A komposztáláshoz saját készítésű komposztálót használtam. A komposztáláshoz félbevágott műanyag hordókat használtam, melyeknek az űrtartalma megközelítőleg 80 liter. Ezt a komposztáló formát tartóssága és funkcionalitása miatt választottam, valamint kevés barkács tudással egy funkcionális komposztládát tudtam készíteni (4. ábra), amely jól tartja a nedvességet és a hőt. A kísérletem fellállításához három komposztládát készítettem méretei alapján megegyezőket. A komposzthordó magassága 60 cm, átmérője 40 cm.

A komposzthordókat körben, egymástól 10 cm-es távolságra furatokkal láttam el a jobb légáramlat-szellőzés érdekében. A komposztálók alja nyitott, hogy a komposzthalom érintkezzen a talajjal.

A komposztáláshoz többféle komposztáló is használható. Az általam készített komposztáló méretét a komposztálandó anyagok mennyisége alapján határoztam meg. A komposzthordó alkalmas a nedvesség megtartására és a hőmérséklet fenntartására. Figyelembe vettem a komposztálandó szerves anyag mennyiségét, a rendelkezésre álló területet és időtartamot.



4. ábra: Elkészített komposztáló ládák

(forrás: saját fotó)

3.3. A komposztálók elhelyezkedése

Figyelembe véve, hogy a komposztáláshoz szükséges szerves anyagok nagy része a kertből, parkból származik (levágott fű, száraz levelek, nyúl alom, gyomok), és a keletkező komposzt visszakerülésének a helye a kert, a komposztálókat az udvar sarkán helyeztem el. A komposztálókat úgy helyeztem el, hogy körülötte sok szabad hely legyen az akadálytalan hozzáférés érdekében. Miután kijelöltem, hogy a komposztálók hova fognak kerülni, kigyomláltam a helyüket. A talaj, amelyen elhelyezkedik a komposztáló laza, jó vízelvezető és enyhén lejtős, hogy a lehulló többlet csapadék ne ragadjon meg a komposztáló alatt és körülötte. A komposztálók helyzetét a naphoz képest félárnyékos helyre tájoltam. A komposztálót egy meggyfa árnyékolja, melynek sűrű és elágazó koronája van, ami ideális hely a szél és a hőség ellen. A szél elviszi a hőt és kiszárítja a komposztálni kívánt anyagot.

3.4. Felhasznált alapanyagok a komposztáláshoz

A feldolgozandó hulladékot, amely a komposztálóba belekerült fű nyesedékből, száraz falevélből és nyúl alomból (5.ábra) állítottam össze. A felhasznált alapanyagokat a komposzt készítéshez, előre eltervezett ütemben gyűjtöttem össze. A szakirodalomban említettek alapján könnyen komposztálható és összeállítható alapanyagokra esett a választásom. A komposzthalomhoz 2022 októberében kezdtem meg az alapanyag gyűjtést, amely száraz kőrösfalevél volt, és amelyet légáteresztős zsákokban tároltam a tél folyamán.

A gyűjtést 2023 tavaszával folytattam, egy ismerősimtől aki, nyúltenyésztéssel foglalkozik az udvarában felhalmozott trágyából szereztem be a komposzthalomhoz a szerkezeti anyagot.

A komposzthalom nitrogénforrását (frissen vágott fűvet) a helyi futballpálya gondnokától tudtam beszerezni, ami mennyiségileg és minőségileg is megfelelt a komposztláda feltöltéséhez.



5. ábra: Felhasznált alapanyagok a komposztáláshoz

(forrás: saját fotó)

3.4.1. A komposztáláshoz felhasznált alapanyagok aprítása

Minden biohulladékot kisebb darabokra (2-4 cm) aprítottam, hogy a mikroorganizmusok könnyen megkezdhessék munkájukat. Az aprítást úgy végeztem el, hogy az alapanyagokat beletöltöttem külön-külön (a későbbi arányok kimérése érdekében) egy félbevágott hordóba,

majd egy elektromos kerti trimmer segítségével daraboltam a megfelelő méretre. A komposzt anyagmérete és porozitása befolyásolja a halom levegőzését, valamint a mikrobiális folyamatok gyorsaságát, ezért törekedtem, hogy az alapanyagok mérete megfelelő legyen a szakirodalomban említettekhez.

3.4.2. A komposztáláshoz felhasznált alapanyagok arányainak kimérése

A komposztáláshoz felhasznált szerves anyagokat egy otthoni műanyag edénnyel mértem ki. A szakirodalomban említettek alapján követtem a C/N arány alapanyagok összeállításának a betartását. A száraz falevelet és a gabona szalmát tartalmazó nyúl almot előzőleg a földön összekevertem. Az összekevert alapanyagból három edénnyel kiöntöttem egy rakásra, majd hozzá egy edény frissen vágott fűvet öntöttem. A folyamatot addig csináltam míg nem kaptam elegendő alapanyagot a komposztáláshoz. Az így kapott, 3:1 arányban összekevert alapanyagot töltöttem bele megegyező mennyiségben a három komposztáló ládába. Ügyeltem arra, hogy a frissen vágott fű jól el legyen keverve a szerkezeti anyagokkal, vagyis a nyúl alom és falevél keverékkel, megelőzve az összetapadást és a tömörödést, nehogy anaerob folyamatok következzenek be. A megfelelő arányok kiválasztása és betartása fontos a mikrobiális folyamatok kezdetéhez. A komposzthalom magassága elérte a 50 cm-t.

3.5. A komposzthalom ápolása

3.5.1. A komposzthalom átforgatása

A szabad levegőáramlás a folyamat előrehaladtával változik és csökken, mert tömörödik a halom, ilyenkor ügyelni kell a komposzthalom megfelelő időközönkénti átforgatására. A halom egymásra rakásakor ügyeltem a száraz és nedves anyagok arányára. Az átforgatást a hőmérséklet és a pH mérések lefolytatása után végeztem el.

A kísérletem során megjelöltem a komposztládákat és kiválasztottam, hogy közülük melyiket fogom kéthetente forgatni, négyhetente, valamint az egyik komposzthalmot egyáltalán nem forgatom. A komposztlárában elhelyezkedő biohulladék mennyisége miatt nem volt szükségem eszközökre az átforgatáshoz, kézzel átforgattam a teljes halmot mindkét komposztláda esetében. Átforgatáskor ügyeltem arra, hogy a belső részben elhelyezkedő anyag kívülre kerüljön, valamint fordítva.

3.5.2. A komposzthalom nedveségtartalmának ellenőrzése

A komposztot időnként nedvesíteni kell, különösen melegben, száraz időszakokban, így a vízforrást felfogott esővízzel vagy hálózati csapvízzel oldottam meg. A nap melege felgyorsítja a folyamatokat, míg a túl sok nap és hő kiszáríthatja a komposztot.

A komposzthalom elkészítésekor ügyeltem az optimális nedvességtartalom eléréséhez. Mivel a frissen vágott fű sok nedvességet tartalmazott, így a kezdeti fázisban nem volt szükség a komposzthalom nedvesítésére. A komposztálás során a nedvesség fontos szerepet játszik a metabolikus bomlási folyamatokban. A víz a közeg, amelyben a kémiai reakciók zajlanak, és lehetővé teszi a tápanyagok szállítását és a mikroorganizmusok mozgását a komposztban. A lebomló szerves anyagnak nedvesnek kell lennie, de nem túl nedvesnek. A szakirodalom megemlíti, hogy a komposzthalom optimális nedvességtartalma a folyamat stádiumától függően 40-60% között kell legyen. Ügyeltem arra, hogy vékony nedvességréteg kerüljön a komposztálandó anyag minden részecskéjére, viszont a megfelelő légáramlat megmaradjon a komposztládában. Ügyeltem arra, hogy a nedvességtartalom ne legyen kevesebb, mint 30%, mert akkor a baktériumok aktivitása csökken, ami problémákat okozhat meleg és száraz időszakokban. Viszont, ha túl sok nedvesség (>65%) van jelen, lassú bomlás következik be, anaerob körülmények alakulnak ki, így kellemetlen szagok keletkeznek. Mivel a komposztálás a szabadban történt, a meleg napos órák száma magas volt, a zárt komposztláda előnyei ellenére is magas volt a nedvesség elpárolgás, mint amit a csapadék pótolni tudott volna, a komposzthalmok bolygatásakor ügyeltem a megfelelő nedvességtartalom beállítására. A nem kevert komposzthalmot is nedvesítettem, a felső réteg öntözésével.

A komposzt tömegének, nedvességtartalmának a meghatározását a két forgatásban résztvevő komposzthalomnál marokpróbával végeztem. A komposzthalom közepéből egy marék komposztanyagot vettem, és enyhén összenyomtam. Ha az anyag túl száraz volt szétesett, normál nedvességtartalom esetén a komposzt tömör marad. Ha túl nedves volt a komposzt, nyomásra kifolyt a víz a kezemből.

3.6. A komposztálási folyamat során mért adatok és használt mérőműszer

A kísérletem során a külső légköri hőmérsékletet, a komposzthalom belső hőmérsékletét, valamint a kémhatást az első héten kétnaponta mértem, majd az elkövetkezendő időszakban négynaponta rögzítettem. A komposzthalmok nedvességtartalmát marokpróbával ellenőriztem, erről adatot külön nem gyűjtöttem, csak a komposztálás eredményes

lefolytatásához követtem a megfelelő nedvesség megtartását. A komposzthalom hőmérsékletét, pH-értékét egy 3/1-ben PHS 100-as mérőműszerrel követtem.

Az adatok megállapítására használt mérőműszer (3. táblázat, 6. ábra) és jellemzői:

3. táblázat: A mérőműszer jellemzői

(forrás:saját szerkesztés a <http5> adatai alapján)

Mérhető adatok	Mérhető tartomány
A talaj nedvességtartalma	száraz+, száraz, normál, magas, magas+
A környezet fényintenzitása	LOV-, LOV, LOV+, NOR-, NOR, NOR+, HGH-, HGH, HGH+
A talaj és a környezet hőmérséklete	-9-+50°C
pH érték	3,5-9,0



6. ábra: A kísérlet során használt mérőműszer

(Forrás: [http 6](http6))

3.6.1. A mérések módja

A mérőműszert előzőleg egy készen vásárolt komposzton teszteltem, hogy megtudjam milyen értékeket mutat, a kész komposzt csomagolásán feltüntetett adatok értékeihez viszonyítva. A méréseket a komposzthalmok közepén végeztem el. A bekapcsolt mérőműszert óvatosan 15 cm mélyre beleszúrtam a mért komposzthalomba, és megvártam a kijelzőn megjelenő értéket. A méréseket többször is elvégeztem egyazon kísérleti komposzthalmon, hogy pontosabb adatokat tudjak följegyezni.

3.6.2. A mérések időpontjai

A méréseket a kora esti órákban végeztem, hogy ne a nap legmelegebb időszakában történjenek. A komposztálás kezdeti szakaszában az adatokat kétnaponta mértem, majd egy hét elteltével négynaponta folytattam a méréseket. A három kísérleti komposzthalmot egyazon órában mértem meg 19:00 órakor minden esetben.

3.6.3. A hőmérséklet mérése

A komposzthalom hőmérsékletének a megállapítását az említett PHS 100-as 3/1-ben mérőműszerrel végeztem. A mérőműszer bekapcsolása előtt a hátoldalán elhelyezkedő kapcsolóval kiválasztottam a hőmérséklet értékek mérését. A készüléken lévő ON gomb megnyomásával bekacsoltam a műszert. A külső légköri hőmérsékletértéket 10 másodperc elteltével kimutatta az LCD kijelző.

Ezután a komposzthalom belső hőmérsékletének méréséhez a mérőműszer elektródáját, 15 cm mélyre beszúrtam a komposzthalom közepébe, majd amikor állandósult a kijelzett érték, leolvastam a digitális kijelzőről az értéket. Ezt a folyamatot elvégeztem mindhárom komposztládánál. A hőmérsékleti adatokat a komposzthalom összeállítása után az első két hétben kétnaponta mértem, ezt követően négynaponta követtem a hőmérséklet-változásokat. A hőmérséklet adatokat Microsoft Excel táblázatban vezettem, a külső éghajlati hőmérséklet adatokhoz párosítottam a dátumsorral ellátott komposztládjában mért értékeket.

3.6.4. A pH adatok mérése

A pH-értékek mérése hasonló módon történt mint a hőmérsékletértékek mérése. A mérőműszer hátoldalán elhelyezkedő kapcsolót átállítottam a pH-érték mérésére. A műszer elektródáját óvatosan 15 cm mélyre beszúrtam a komposzthalom közepébe, majd megvártam míg a digitális kijelzőn megjelent az érték. A méréseket többször is elvégeztem egy komposztládán, hogy minél pontosabb értékeket tudjak kapni. A pH-értékek mérését a hőmérsékleti adatokkal azonos időpontban végeztem el, az első két hétben kétnaponta, majd négynaponta mértem az értékeket. A mért pH adatokat egy Microsoft excel táblázatban vezettem a dátumsor külön megjelölésével.

3.7. Az elkészült komposztok szemcseméretének megállapítása

3.7.1. A kész komposzt szárítása

A megjelölt három komposztládából egyenként egy műanyag konyhai mérőlapáttal megközelítőleg 2 liter kész komposztanyagot mértem ki. A komposztáló hordó kivágott fedelének tetejére (7. ábra) kihelyeztem a kimért komposztanyagot, majd azt napos, szellős helyen szárítottam. A szárítás 5 napig tartott. A szárítás alatt többször átforgattam a komposztot, hogy minél egyenletesebben száradjon.



7. ábra: A komposztminták szárítása
(forrás:saját fotó)

3.7.2. A szitálásra kész komposztanyag kimérése

A száraz komposztanyagot egy otthoni konyhai Colossus (gramm mértékegységben) márkájú mérleg (8.ábra) segítségével mértem ki. A mérlegre ráhelyeztem egy műanyag edényt, majd lenulláztam a tömeget a mérlegen. Ezután mindhárom száraz komposztmintából 400 g komposztot mértem ki a műanyag edénybe, hogy elegendő mennyiség álljon rendelkezésemre a szitálás elvégzésére.



8. ábra: Száraz komposzt kimérése a szitáláshoz
(forrás:saját fotó)

3.7.3. A komposzt átszitálása

A kimért száraz komposztot belehelyeztem az 5 részből álló szitaedénybe (). Az edény alsó része egy tároló, erre kerül a legkisebb lyukátmérőjű, 0,1 mm-es szita, ezután következik rá a 0,5 mm-es átmérőjű szita, az 1 mm-es szita, majd a 2 mm-es szita, és a legvégén az edény teteje.

A komposztot az edény tetejére a 2 mm átmérőjű szitára öntöttem. Ezután lefedtem az edényt, majd oldalsó és felső mozdulatokkal ráztam, amíg át nem szűrődött minden frakcióméret a szitákon. Megközelítőleg 10 percig tartott egy komposzthordó mintájának az átszitálása.

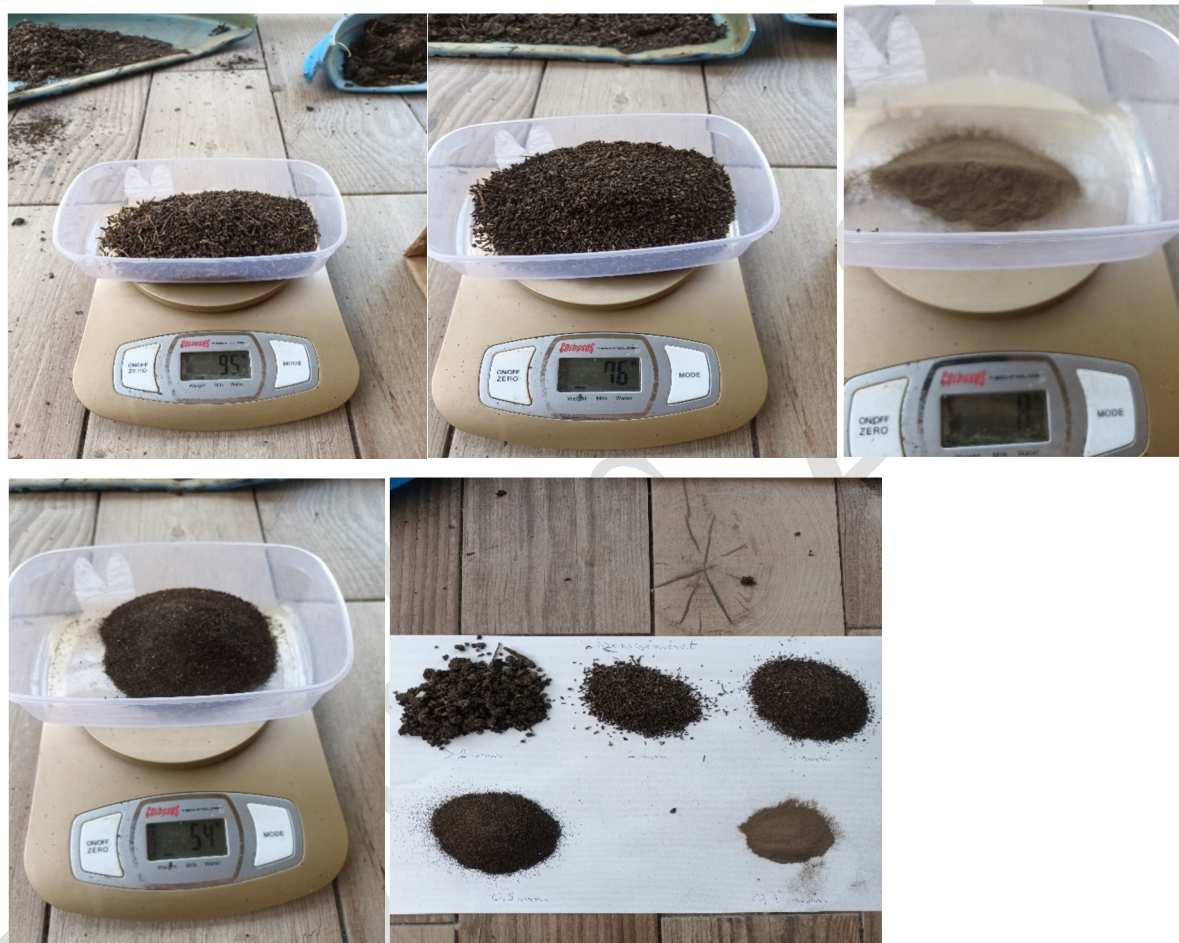
A komposzt frakciószerkezete a szitálás és a gravitáció hatására a 2 mm-es szitán átszűrődve leestek az 1 mm-es szitára majd a 0,5 mm-es szitára ezután a 0,1 mm-es szitán átszűrődve az edény aljára.



9. ábra: A komposzt frakcióméret megállapítására használt szita
(forrás: saját fotó)

3.7.4. Az átszitált komposztanyag szemcseméretének vizsgálata

A komposzt átszitálása végén eltávolítottam a szitaedény fedelelet, a felső részen fennmaradt 2 mm-nél nagyobb komposztszemcséket kiöntöttem a műanyag edénykébe, majd az otthoni konyhamérlegen (gramm mértékegységben) lemértem a komposzt frakció tömegét (10. ábra). Ugyanezzel a módszerrel lemértem minden szitaedény-részben fennmaradt komposzt frakció tömegét. Egy Microsoft Word táblázatot készítettem, amelybe rögzítettem és összesítettem az adatokat.



10. ábra: A komposzt frakciószemcse méretei, szitálás után
(forrás: saját fotó)

4. Eredmények és értékelésük

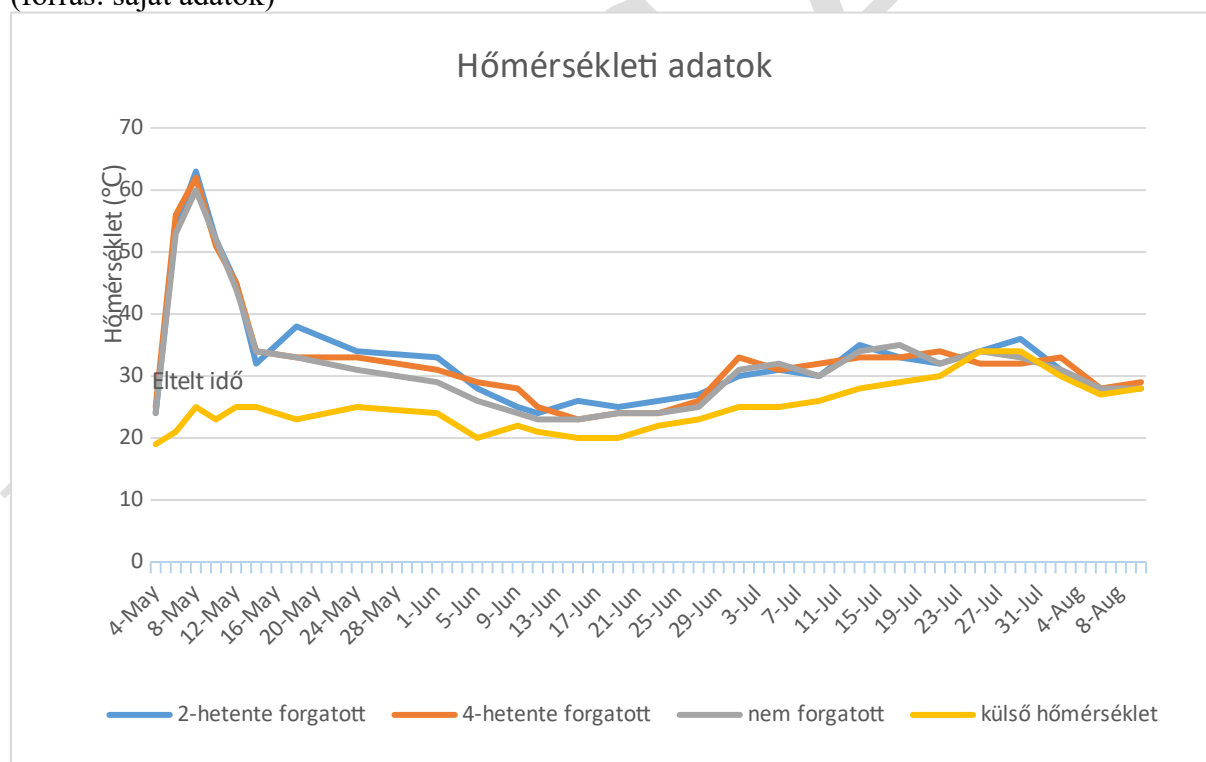
A vizsgálatom során törekedtem a pontos adatok és mérések rögzítésére, a nap egyazon szakaszában történő mérésekre, mindhárom komposztláda esetében. A kísérletemet felosztottam a három komposztládában mért adatok vizsgálatára és elemzésére, valamint a forgatás hatását a komposzthalom strukturális átalakulására.

4.1. Komposztládákban mért hőmérséklet adatok

A komposzthalom összeállítása, keverése és a komposztálóba való 2023. május 4-én történt meg. Az első napon mindhárom komposzthalom belső maghőmérséklete 4-5 °C-kal magasabb volt a külső hőmérséklethez képest. A komposzthalom a második napra, vagyis 24 óra elteltével elkezdett intenzíven melegedni, ami a mikrobák gyors elszaporodásának és anyagcseréjének az eredménye. A három kísérleti komposzt hőmérsékletének változását és egymáshoz viszonyított különbségeit a (4. táblázat) mutatja be:

4. táblázat: Hőmérséklet-változás a komposztálás alatt

(forrás: saját adatok)



Mindhárom kísérleti komposzthalomban jól mérhető termofil fázis alakult ki.

A komposzthalmok hőmérséklete a második napra elérte az 54 °C, 56 °C, 53 °C hőmérsékletet, majd a negyedik napra a maximális 60 °C feletti értékeket. A komposzthalmok

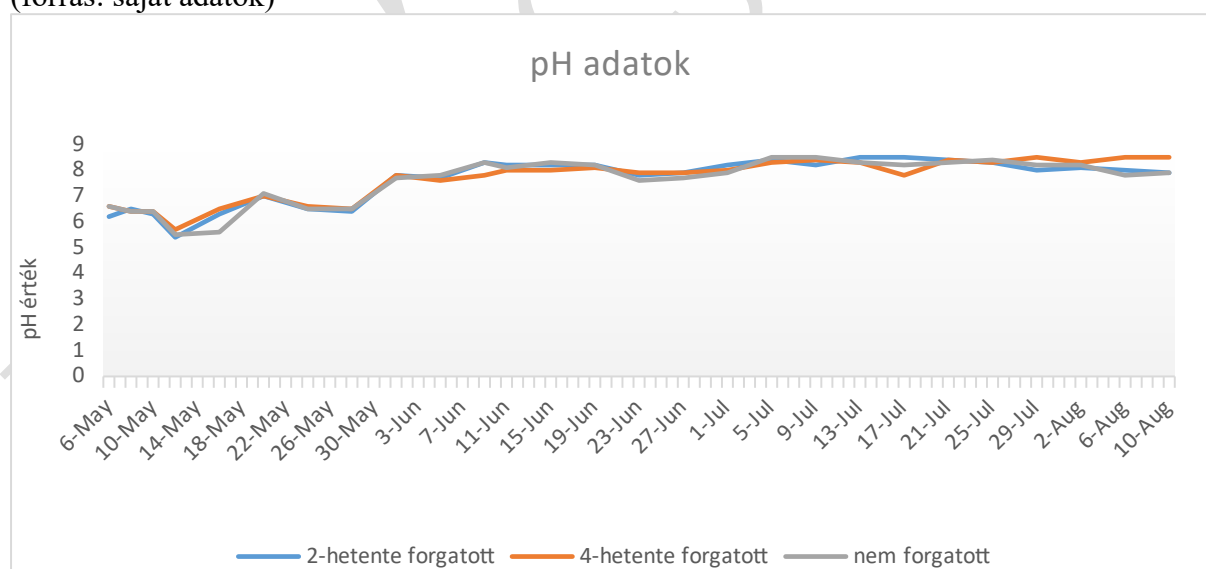
termofil szakaszának a hossza 4-5 napig tartott, majd mindhárom komposztláda esetében elkezdett csökkenni a hőmérséklet. A kéthetente forgatott (kék trendvonalall jelölt (4. táblázat) komposzthalom átforgatására május 18-án került sor. Az átforgatás után enyhe, 4°C-os hőmérséklet emelkedés ment végbe a komposzthalomban, a bolygatatlan komposzthalmokhoz képest. Az oxigén és a komposzthalom tetejéről bekerülő új szervesanyag mennyiség megnövelte a mikrobiális tevékenységet a forgatott komposzthalomban. A komposzthalmok hőmérséklet csökkenése az 5. napon következett be. Ezután a külső meteorológiai hőmérséklethez képest 7-9°C volt nagyobb a komposzthalmok maghőmérséklete. A komposzthalmok és a külső légköri hőmérséklet különbség a komposztálás 12. hetéig volt megfigyelhető, ezután a komposzthalmokban megkezdődött a stabilizálódás, melynek következtében felvették a külső légkör hőmérséklet értékeit.

4.2. Komposztládákban mért pH adatok

A pH-értékek mérése egyidőben történt a hőmérséklet adatok mérésével, ugyanazon a napon és időpontban. A komposzthalmokban mért pH adatokat az (5. táblázatban) hasonlítottam össze.

5. táblázat: pH-érték változások a komposztálás során

(forrás: saját adatok)



A kezdeti szakaszban a komposzthalmok pH-ja csökkent, mindhárom komposztládaiban a pH 5,4 és 6,2 között alakult. Ez a csökkenés annak köszönhető, hogy a mikroorganizmusok anyagcsere folyamatában több CO₂ és sav termelődött. A pH érték a 8. napon volt a legalacsonyabb mindhárom kísérleti komposztládaibanál.

A nyolcadik nap után a pH-érték lassan emelkedésnek indult mindhárom kísérleti komposzthalomnál. A 4. héten a mérések alapján következtetni lehetett, hogy a baktérium-állomány a komposzthalomban ammóniát állít elő, ugyanis a szerves nitrogén és a fehérje hidrolízise során a pH emelkedni kezdett 6,4-ről 7,8-ra.

A 7. héten mért adatok alapján a komposzthalmokban a pH stabilizálódni kezdett, az értékek 7,9-től 8,4-ig változtak. A komposzthalmokból több ammónia szabadult fel, ez okozta a magas, 8,3 körüli pH-értékeket a kísérleti komposzthalmoknál. A kísérleti komposzthalmok az érési fázisban 7,9 és 8,5 közötti értékeket mutattak, amely a komposzt stabilizálódását jelezte.

4.3. A komposzthalmok szerkezeti-frakció vizsgálatának eredménye

A komposzt szemcseméretének megállapításával összegezhető a komposzt érettségének az állapota, valamint a komposztanyag humifikációjának a sikeressége. A három komposztládából vett minták értékelését a (6. táblázatban) mutatom be:

6. táblázat: A komposztok szemcseméretének összegzése

(forrás:saját adatok és szerkesztés)

Szemcseméret /mennyiség	2 hetente forgatott komposzthalom	%-ban kifejezve	4 hetente forgatott komposzthalom	%-ban kifejezve	Nem forgatott komposzthalom	%-ban kifejezve
>2mm	197g	49.25%	139g	34.75%	284g	71%
1-2mm	79g	19.75%	96g	24%	44g	11%
0,5-1mm	62g	15.5%	74g	18.5%	36g	9%
0,1-0,5mm	54g	13.5%	78g	19.5%	33g	8.25%
<0,1mm	8g	2%	13g	3.25%	3g	0.75%
Összesen:	400g	100%	400g	100%	400g	100%

Az elkészített összegzett táblázatból jól látható, hogy a kéthetente forgatott komposzthalom 2 mm-nél nagyobb szemcsemérete a mért mennyiség felét teszi ki. A 2 mm és a 0,5 mm közötti szemcseméret arányosan oszlik meg. A négyhetente forgatott komposzthalomban a legészrevehetőbb a strukturális átalakulás, a szemcseméret arányosan oszlanak meg a mért mintában. A 2 mm feletti komposzt szemcseméret a vizsgált mennyiség 1/3-a, valamint a 2 mm és a 0,5 mm közötti szemcseméret mennyisége arányosan található a vizsgált mennyiségben. A nem forgatott komposzthalom szerkezeti összetétele nagyban különbözik az előző kettő forgatott komposzthalomhoz viszonyítva. A 2 mm feletti szemcseméret

meghaladja a vizsgált mennyiség felét, valamint a többi mért frakcióméretnek sem arányos az eloszlása.

A forgatásban résztvett komposzthalmok színe barnává-sötétbarnává alakult át, állaga morzsás szivacsos lett, szaga a természetes föld szagával megegyezővé alakult át. A bolygatatlan halomban nagyobb komposzt-csomósodás jött létre, színét a sárgás, barnás, földes szín jellemzi, szaga nem mindenhol arányos földszag, viszont rothadásra utaló kellemetlen szagot nem észleltem.

Elmondható, hogy mindhárom kísérleti komposzthalomnál megtörténtek a kezdeti szakaszban lejátszódó folyamatok, amelyeket a szakirodalom is említ. A komposzthalmok egyforma összetételéből adódóan a mért és rögzített adatok nem sokban tértek el egymástól, viszont megfigyelhető és mérhető volt a forgatásban résztvevő halmok és a nem forgatott halom közötti eltérés. A strukturális átalakulás a két forgatott komposzthalomnál nagyon jól észrevehető volt, viszont a bolygatatlan komposzthalom átalakulása nem teljes mértékben valósult meg, ennek oka, hogy a lebontó élőlények számára nem ugyanolyan mértékben voltak elérhetők a komposzthalom összetevői, valamint a levegő és a nedvesség.

A forgatott komposzthalmoknál egyenletes mértékben történt meg a nedvesség és a levegő áramoltatása, nem történt tömörödés, míg a bolygatatlan halomnál az aerob folyamatok lassabban tudtak lejátszódni az enyhe tömörödés és a nem egyenletes nedvességhezáférés miatt.

A biológiai lebontók mindhárom komposzthalomban megfigyelhetőek voltak, viszont eltérő létszámban.

5. Következtetések és javaslatok

A mért hőmérsékleti és kémhatás adatok mindhárom kísérleti halomnál megfeleltek az átalakuláshoz szükséges körülményeknek.

A három kísérleti komposzthalom hőmérséklet adatai nem tértek el egymástól számottevően, ez a komposzthalom azonos összetételének és mennyiségének tudható le.

A kémhatás enyhén eltérő mért adatokat adott a forgatott és a bolygatatlan komposzthalmok között. Következtetéseim alapján a bolygatatlan komposzthalomnál a nedvesítés nem arányosan oszlott meg, mivel a nedvesség vagy csak a felső vagy az alsó részét érte a halomnak. Ezért az átalakulás nem tudott arányosan megtörténni a komposzthalom minden részében, a mikrobák nem jutottak azonosan eloszló és megfelelő mennyiségű nedvességhez és oxigénhez. A kísérleteim során megfigyeltem, hogy a komposzthalom forgatása a strukturális átalakulást és a humifikációs folyamatot észrevehetően meggyorsította. A komposzt átalakulása az irányított körülmények között megfelelt a szakirodalomban említett folyamatoknak.

Mindhárom kísérleti komposztláda esetében lejátszódtak az átalakuláshoz szükséges folyamatok, viszont a forgatott komposzthalmoknál gyorsabban és egyenletesebben mentek végbe a folyamatok, mint a bolygatatlan halomnál. A bolygatatlan komposzthalom legszembetűnőbb eltérése a két forgatott komposzthalomhoz viszonyítva az volt, hogy a bolygatatlan halom külső részei, ahol a nedvességvesztés leginkább észlelhető volt, nem mentek végbe a strukturális átalakulások.

Észrevételeim és a mérések alapján elmondható, hogy a két bolygatott komposzthalom strukturális átalakulása nem különbözik nagy mértékben egymástól. A forgatás gyakorisága nem, vagy csak csekély mértékben hatott ki a két forgatásban résztvevő komposzthalom humifikációjára és szemcseméret alakulására. Mindezek alapján elmondható, hogy a komposzthalom forgatása lehetővé teszi az átalakulási és lebomlási folyamatok gyorsabb és egyenletesebb lejátszódását, és a nedvesség szétoszlását a komposzthalmon belül, amely fontos a mikrobiális folyamatok kialakulásához.

A továbbiakban szeretném a vizsgálataimat folytatni annak érdekében, hogy megtudjam az előállított komposzt mennyisége és minősége, hogyan hat ki a növények növekedésére. A dolgozatomban leírtakkal és tanultakkal, ha nem is a világot, de a kertemet biztosan meg fogom menteni.

6. Összefoglalás

Szakedolgozatom ötletét az adta, hogy szerettem volna a jövő generációt, környezetemet és saját családomat megismertetni a komposztálással, mint a biohulladék egyszerű, de hatékony újrahasznosításának módjával és felhasználásával. Ismertetem a komposztálás szerepét, amely gazdasági és társadalmi szempontból a legelérhetőbb szerves hulladék újrahasznosítási folyamat.

A szakirodalmi áttekintésben a komposztálás történelmi múltját, a komposztálódás folyamatát, és a benne lejárló átalakító és lebontó tényezőket, valamint felhasználását mutatom be. A komposztálás egy fenntartható mezőgazdasági gyakorlat, amely csökkenti az energiaköltségeket a hulladékfeldolgozási folyamat során, és csökkenti a nem megújuló természeti erőforrások felhasználását.

Szakedolgozatom a biohulladék átalakulásának és paramétereinek a megfigyelésével foglalkozik. Vizsgálja az egyszerűbb és gyorsabb komposztálási folyamatok lejátszódását, valamint célja a komposztálás, mint újrahasznosító technológia népszerűsítése környezetemben.

Kísérletemben a komposzthalomban lejátszódó folyamatokat, a hőmérséklet és a kémhatás alakulását követtem, valamint megfigyeltem az átalakulás, humifikáció folyamatát. Elsősorban arra voltam kíváncsi, hogy hogyan hat a komposzthalom keverése, bolygatása a komposztálódási folyamat lejátszódására és a végtermék tulajdonságaira.

A kísérletet saját kertemben végeztem, egyszerű eszközöket használtam (műanyaghordó, konyhai mérleg, szitakészlet, digitális kézi hőmérséklet és pH-érték mérő). A komposztálóba fűnyesedék, száraz falevél és nyúlalom keveréke került. Az alapanyagok adagolásánál ügyeltem a megfelelő C/N arány betartására. A kísérletem során a külső légköri hőmérsékletet, a komposzthalom belső hőmérsékletét, valamint a kémhatást mértem. Az adatokat az első héten kétnaponta, majd az elkövetkezendő időszakban négynaponta rögzítettem. A komposzthalmok nedvességtartalmát marokpróbával ellenőriztem. Három komposztládában komposztáltam: az elsőt kéthetente forgattam, a másodikat négyhetente, a harmadik pedig bolygatatlan volt. A kész komposztot szárítottam, szitálással megállapítottam az egyes frakcióméret arányát.

A három kísérleti komposzthalom hőmérséklet adatai nem tértek el egymástól számottevően, ez a komposzthalom azonos összetételének és mennyiségének tudható le.

A kémhatás enyhén eltérő mért adatokat adott a forgatott és a bolygatatlan komposzthalmok között. Következtetéseim alapján a bolygatatlan komposzthalomnál a nedvesítés nem arányosan oszlott meg, mivel a nedvesség vagy csak a felső vagy az alsó részét érte a halomnak. Ezért az átalakulás nem tudott arányosan megtörténni a komposzthalom minden részében, a mikrobák nem jutottak azonosan eloszló és megfelelő mennyiségű nedvességhez és oxigénhez. A kísérletem során megfigyeltem, hogy a komposzthalom forgatása a strukturális átalakulást és a humifikációs folyamatot észrevehetően meggyorsította. Észrevételeim és a mérések alapján elmondható, hogy a két bolygatott komposzthalom strukturális átalakulása nem különbözik nagy mértékben egymástól. A forgatás gyakorisága nem, vagy csak csekély mértékben hatott ki a két forgatásban résztvett komposzthalom humifikációjára és szemcseméret alakulására. Mindezek alapján elmondható, hogy a komposzthalom forgatása lehetővé teszi az átalakulási és lebomlási folyamatok gyorsabb és egyenletesebb lejátszódását, és a nedvesség szétozlását a komposzthalmon belül, amely fontos a mikrobiális folyamatok kialakulásához. A forgatott kísérleti komposzthalmok mind színben, mind tapintásban eltérnek a nem forgatott komposzthalomtól.

7. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék őszinte köszönetet mondani mindazoknak, akik támogattak és segítettek a szakdolgozatom elkészítésében.

Először is szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Dr. Gulyás Miklósnak egyetemi docensnek, aki útmutatással látott el a folyamat során.

Köszönettel tartozom továbbá külső konzulensemnek, Kőrösi Sóti Beáta tanárnőnek, aki értékes tanácsokkal és szakmai támogatással hozzájárult a szakdolgozatom elkészítéséhez.

Köszönöm a családomnak és barátaimnak a támogatást és biztatást, amit az írás folyamán kaptam tőlük.

Hálás vagyok a Magyar Agrár- és Élettudományi egyetemnek a zentai Konzultációs Központnak, hogy lehetőséget biztosítottak számomra a képzés elvégzésére, valamint a szakdolgozat elkészítésére.

Végül, de nem utolsó sorban, köszönettel tartozom, hogy a kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „A körforgásos gazdaság megvalósíthatósága a honvédelmi tevékenységek során” című, TKP2021-NVA-22 azonosítószámú Témaerületi Kiválósági Program támogatásával valósult meg, a Körforgásos Gazdaság Elemző Központ (KGEK) vezetésével.

8. Irodalomjegyzék

1. Abdellah, Y.A.Y., Li, T.Z., Chen, X., Cheng, Y., Sun, S.S., Wang, Y., Jiang, C., Zang, H.L., Li, C.Y. (2021): Role of psychrotrophic fungal strains in accelerating and enhancing the maturity of pig manure composting under low temperature conditions. *Bioresource Technology*. 320:124402.
2. Alexa L., Dér S.: (2001) Szakszerű komposztálás: Elmélet és gyakorlat Profikomp könyvek, Gödöllő, Profikomp Kft., 264 p.
3. [Alexa L., Dér S.:\(1998\) A komposztálás elméleti és gyakorlati alapjai, Bioszaktanácsadó Bt., Gödöllő.](#)
4. Ángyán József.: (2003) Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai., Mezőgazda Kiadó
5. Bannick, C.G.: (1988) Untersuchungen über den Stickstoffeinbau in die Huminstoffmatrix während der Kompostierung in einem Laborkomposter.Mitteln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 56:119-123
6. Barótfi I.:(2000) Környezettechnika, Mezőgazda kiadó, Budapest.
7. Bhatia, A., Madan, S., Sahoo, J., Ali, M., Pathania, R., Kazmi, A.A. (2013): Diversity of bacterial isolates during full scale rotary drum composting, *Waste Management*, 33:1595-1601.
8. Browne, C.A. (1933): The spontaneous heating and ignition of hay and other agricultural products, 77:223-229.
9. Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea, T., Sánchez, A. (2018): Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresource Technology*. 248:57-67.
10. Dömsödi, J. (1989): Talajjavítás és komposztálás a házikertben. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 56, 91-92.
11. Diaz, L. F., De Bertoldi, M. (2007): History of composting. In *Waste management series* (Vol. 8, pp. 7-24), Elsevier
12. Duš L.: (2022) Kućno kompostiranje biootpada – najstariji način recikliranja, Diplomski rad, Sveučilište Sjever, Koprivnica.
13. Epstein, E. (1997): *The Science of composting*, Technomic Pub. Co., Lancaster PA, 487 p.

14. Fazekas B., Pitás V., Thury P., Kárpáti Á. (2004): Komposztálás <https://dtk.tankonyvtar.hu/handle/123456789/7714>
15. Gunjević, R. (2018): Učinkovitost biodinamičkog uzgoja biljaka. Diplomski rad, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
16. Golueke, C., Bidlingmaier, W., De Bartolodi, M., Diaz, L. (2007): Compost Science and Technology, Elsevier, 25-48.
17. Herceg, N. (2013): Okoliš i održivi razvoj, Synopsis d.o.o., Zagreb
18. Ivančić, A. (2019): Karakterizacija materijala i biorazgradnja procesom kompostiranja, Diplomski rad, Metalurški fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
19. Insam, H., Riddech, N., Klammer, S. (Eds.). (2013): Microbiology of composting, Springer Science & Business Media.
20. [Kocsis I. \(2005\): Komposztálás, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.](#)
21. Kuhlman, L. R. (1990): Windrow composting of agricultural and municipal wastes, Resources, Conservation and Recycling, 4(1-2), 151-160.
22. Larum, D. (2019): How old is composting: Learn about the origins of composting, Zagreb, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:115:434875> (letöltve:2023.10.12.)
23. Lerotić, D., Smoljko, I. (2020): Priručnik "Kompostiranje – tamo gdje otpad prestaje biti smeće". Kemijsko – tehnološki fakultet u Splitu, Split
24. Lončarić Z., Parađiković N., Popović B., Lončarić R., Kanisek J. (2015): Gnojidba povrća, organska gnojiva i kompostiranje: Organska gnojiva , 2: 62-94.
25. Martinez-Blanco, J. és munkatársai (2013): Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. Agronomy for Sustainable Development. Preuzeto sa stranice: https://www.researchgate.net/publication/254257460_Compost_benefits_for_agriculture_evaluated_by_life_cycle_assessment_A_review (2022.05.11.)
26. Ministarstvo zaštite životne sredine - Agencija za zaštitu životne sredine (2023). <http://www.sepa.gov.rs/>
27. Milanović, Z. (2022): Biološki postupci i gospodarenje otpadom. TEHNOEKO, 99 (2022/3) <https://www.tehnoeko.com.hr/7374/Bioloski-postupci-i-gospodarenje-otpadom> (02.06.2022.), (letöltés: 2023.05.17.)
28. Mc Laughlin, C. (2010): Composting, Alpha, Penguin group

29. Nemet, F., Perić, K., Lončarić, Z. (2021): Microbiological activities in the composting process—A review. *Columella—Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 8(2), 41-53.
30. Periša, J. (2019): Uloga i značaj kompostiranja u održivoj poljoprivredi, Završni rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek
31. Schuttig, A. (1990): *Umwelt Biotechnologie*. Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln, 298 p.
32. Šunjić, A. M. (2020): Analiza procesa kompostiranja biootpada, Diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, Split
33. Spiteller, M. (1985): Beiträge zur Struktur und Dynamik von Huminstoffen. *Göttinger Berichte* 84.
34. Tiffán D. (2009): Komposztálás, szakdolgozat, Pécs, <https://polc.ttk.pte.hu/nemetb/8-SzkDolg-2009-TiffanDora-komposztalas.pdf> (letöltés:2022.11.28.)
35. [Zakon o upravljanju otpadom \("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010, 14/2016, 95/2018 - dr. zakon i 35/2023\)](#)

Internetes források:

1. http 1:Compost Magazine, The Fascinating Story of an Ancient Science, Forrás: compostmagazine.com/compost-history/ (letöltés: 2023.11.20.)
2. http 2:https://www.nkp.hu/tankonyv/technika_es_tervezes_5_nat2020/lecke_03_048 (letöltés: 2023.11.19)
3. http 3:<https://www.slideserve.com/tuvya/komposzt-l-s-s-energetikai-c-l-hasznos-t-s> (letöltés: 2023.10.12)
4. http 4: <https://agrarium7.hu/cikkek/1499> (letöltés: 2023.08.08)
5. http 5: <https://www.labtube.rs/product/ph-metar-pocket-za-zemljiste-phs100/> (letöltés: 2023.09.01)
6. http 6: <https://www.labtube.rs/product/ph-metar-pocket-za-zemljiste-phs100/> (letöltés: 2023.09.01)

9. Ábrajegyzék

1. ábra: Komposztálható anyagok.....	7
2. ábra: A komposzthalomban lejátszódó hőmérsékleti változások - szakaszok.....	9
3. ábra: A komposztálás folyamatában résztvevő lebontók.....	14
4. ábra: Elkészített komposztáló ládák.....	21
5. ábra: Felhasznált alapanyagok a komposztáláshoz.....	22
6. ábra: A kísérlet során használt mérőműszer.....	24
7. ábra: A komposztminták szárítása.....	27
8. ábra: Száraz komposzt kimérése a szitáláshoz.....	28
9. ábra: A komposzt frakcióméret megállapítására használt szita.....	28
11. ábra: A komposzt frakciószemcse méretei, szitálás után.....	29

10. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A komposztálást befolyásoló főbb tényezők.....	8
2. táblázat: A különböző típusú biohulladékok C:N aránya és jellemzői a lebonthatóság és nedvességtartalom tekintetében.....	12
3. táblázat: A mérőműszer jellemzői.....	23
4. táblázat: Hőmérséklet-változás a komposztálás alatt.....	30
5. táblázat: pH-érték változások a komposztálás során.....	31
6. táblázat: A komposztok szemcseméretének összegzése.....	32

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kovács Zsolt

A Hallgató Neptun kódja: EOL8KH

A dolgozat címe: **A komposzt keverésének hatása a humifikációra, a hőmérséklet és pH-érték adatok folyamatos megfigyelésével**

A megjelenés éve: 2024

A konzulens intézetének neve: Környezettudományi Intézet

A konzulens tanszékének a neve: Talajtan tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

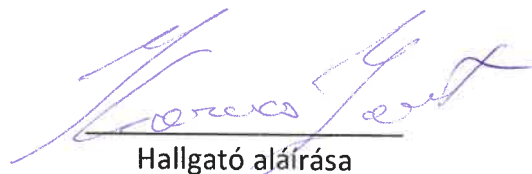
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Zenta, 2024.04.18.



Hallgató aláírása

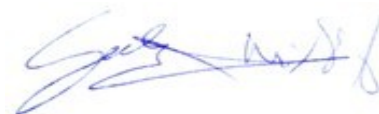
NYILATKOZAT

Kovács Zsolt (hallgató Neptun azonosítója: EOL8KH) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / **nem javaslom**.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Gödöllő, 2024. április 18.



belső konzulens