

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Geleley Simon Péter**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Állattenyésztési Tudományok Intézet**

**Agrármérnöki osztatlan képzés**

**Szarvasmarha komposzt és szarvasmarha komposzt pellet  
összehasonlító vizsgálata különös tekintettel a talaj és növény  
elemtartalmára**

**Belső konzulens:** Dr. Gulyás Miklós  
egyetemi docens

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Környezettudományi Intézet  
Talajtani Tanszék

**Készítette:** Gelety Simon Péter

**Gödöllő**

**2024**

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés és célkitűzések.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Szakirodalmi áttekintés.....</b>	<b>7</b>
2.1. A talaj .....	7
2.2. A talaj szerkezetromlása és a talajművelés hatása.....	8
2.3. A komposztról és komposztálásról általánosságban .....	10
2.4. Komposzt érettsége és a csírázási index.....	12
2.5. Humuszanyagok képződése.....	13
2.6. Szennyezett talajok komposzttal történő feljavítása.....	14
2.7. Komposzt fitotoxicitásának csökkenése a lebomlási folyamatok során.....	15
2.8. Komposztálási technológiák.....	20
2.9. A nitrogén vegyületekben bekövetkező változások a komposztálási folyamat alatt.....	21
2.10. Üvegházhatású gázok kibocsátása a komposztálás során.....	22
2.11. Komposzt hatása a talaj térfogattömegére.....	23
2.12. A komposzt hatása az aggregátum-stabilitásra.....	23
2.13. A komposzt hatása a vízmegtartó képességre és a beszivárgásra.....	24
2.14. A komposzt hatása a talaj kémiai tulajdonságaira és a tápanyagtartalomra .....	25
2.15. A komposzt hatása a talajok kationcsere-kapacitására.....	26
2.16. A komposzt hatása a talaj pH értékére és a pufferkapacitásra.....	27
2.17. A komposzt hatása a vízfelhasználásra .....	27
2.18. A komposzt hatása a talaj biológiai tulajdonságaira .....	28
2.19. A komposzt alkalmazásának hatása a növények termésmennyiségére és minőségére.....	29
<b>3. Anyag és módszer .....</b>	<b>31</b>
3.1. A talaj .....	31
3.2. A komposzt.....	31
3.3. Kísérlet .....	32
3.4. Talajok vizes és kálium-kloridos pH-jának meghatározása potenciometriásan .....	35
3.5. Az összes karbonáttartalom (szénsavas mész) meghatározása Scheibler-módszerrel.....	35
3.6. A talaj Arany-féle kötöttségi számának ( $K_A$ ) meghatározása kézi keveréssel .....	36
3.7. Vízben oldható összessó-tartalom meghatározása .....	37
3.8. A talaj ásványi nitrogéntartalmának meghatározása .....	37
3.9. A talaj könnyen oldható $P_2O_5$ - $K_2O$ -tartalmának meghatározása ammónium-laktát (AL-) módszerrel .....	38
3.10. E4/E6 meghatározása .....	40
3.11. Biológiai aktivitás mérése (OxiTopos vizsgálat).....	40

3.12.	A humuszminőség vizsgálata frakcionálás nélkül, optikai módszerekkel, Hargitai szerint ..	40
<b>4.</b>	<b>Eredmények .....</b>	<b>41</b>
4.1.	A növények fejlődése .....	41
4.2.	Talajminták laboreredményei .....	45
4.3.	A 2. héten vágott növényminták laboreredményei .....	55
4.4.	A 4. héten vágott növényminták laboreredményei .....	56
4.5.	AT4 eredmények .....	57
4.6.	Korreláció vizsgálat .....	58
<b>5.</b>	<b>Következtetések és javaslatok .....</b>	<b>60</b>
<b>6.</b>	<b>Összefoglalás .....</b>	<b>61</b>
<b>7.</b>	<b>Köszönetnyilvánítás.....</b>	<b>62</b>
<b>8.</b>	<b>Irodalomjegyzék .....</b>	<b>63</b>
<b>9.</b>	<b>Táblázatok és ábrák jegyzéke.....</b>	<b>70</b>
<b>10.</b>	<b>Melléletek.....</b>	<b>71</b>
<b>11.</b>	<b>Nyilatkozatok.....</b>	<b>72</b>
11.1.	Hallgatói nyilatkozat .....	72
11.2.	Konzulensi nyiltkozat.....	73

## 1. Bevezetés és célkitűzések

A komposzthasználat fontossága és lehetősége napjainkban egyre fontosabbá kezd válni. A 2021 végén elkezdődött, majd a 2022-ben tetőzött nagyon magas műtrágya árak világosan megmutatták a gazdálkodók számára, hogy valamilyen alternatívát kell találni a műtrágyák, ha nem is a teljes kiváltására, de pótlására, esetleg kiegészítésére mindenképpen. Ameddig 2021 második negyedévében a 34%-os ammónium-nitrát átlagos ráfordítási ára 89 790 forint volt tonnánként, ezzel szemben 2022 utolsó negyedévében ez az ár 368 990 forint volt. Kicsivel több, mint egy év alatt, az ár megnégyszereződött. Ez nem volt másképp a 8-21-21%-os NPK esetében sem. Ennél a műtrágyánál 2021 második negyedévében 133 990 forint, míg a 2022-ben megállapított legmagasabb átlagár 398 210 forint volt. Ebben az esetben majdnem háromszoros volt az áremelkedés. Az utóbbi időszakban elkezdett csökkenni a műtrágya ára, de még így is többszöröse az árrobbanást megelőző összegeknek. A jelenleg legfrissebb rendelkezésre álló adatok alapján 2023 második negyedévében a 34%-os ammónium-nitrát ára 196 900 forint, míg a 8-21-21 %-os NPK komplex műtrágya ára 282 030 forint volt (KSH, 2023). Az orosz-ukrán háborúnak is köszönhető bekövetkezett hirtelen, drasztikus áremelkedés fokozódni látszik, de gazdasági szakértők szerint nem valószínű, hogy az árrobbanást megelőző értékre fog csökkenni. A piac teljesen bizonytalan a háborús konfliktus által okozott geopolitikai feszültség miatt. A feszültség a pénzpiacokra is hatással van, befolyásolhatja a pénzügyi szektor szereplőit, ezzel az árak kiszámíthatatlan ingadozását idézve elő. A műtrágya ára mellett, természetesen minden inputanyagának növekedett az ára. A növényvédő szerek is drágábban szerezhetőek be és ez az üzemanyag esetében sincsen másképp.

A 2022-es évet mindezek mellett az aszály is rendkívül megnehezítette. Komárom-Esztergom vármegyében kapcsolatban állok több gazdálkodóval. Az a személyes tapasztalatom, hogy rengeteg kukoricatáblát nem is érte meg learatni, ezért a gazdálkodók vagy besilózták, vagy lezúzták a növényállományt. A nyári betakarítás során is rendkívül alacsony termések születtek, ámbár azok kimagasló minőségben. A nagyon magas bekerülési költségek, de az alacsony terméseredmények ellenére is, a magas felvásárlási árak köszönhetően a 2022-es évben a gazdák profitot tudtak realizálni a nyári betakarítást követően. Habár sokszor az ott keletkezett haszon sem bizonyult elégnek ahhoz, hogy csökkentsék az őszi betakarítás során realizálódott veszteségeket. Ezt követően a felvásárlási árak az ukrán gabona Európai Unióba importálásának köszönhetően lezuhantak. Miután több tagország jelezte ellenvetését ezzel a

döntéssel kapcsolatban, egy időre beszüntették az ukrán mezőgazdasági termékek Európai Unióba való behozatalának az engedélyét. Magyarországon és Európában ekkora már rengeteg, a keleti szomszédunktól származó kétes eredetű, rendkívül rossz minőségű gabona volt a tárolókban, így az elkésett döntés miatt nem jött meg a várt áremelkedés. 2022-es év őszi vetéseinél sok gazda már jelentősen csökkentette a műtrágya adagokat vagy rosszabb esetben egyáltalán nem is juttattak ki műtrágyát, nem vásároltak fémzárolt vetőmagot, a fajták esetében megfogytak saját maguknak szükséges mennyiséget, majd azt vetették vissza. Mivel az üzemanyag felhasználáson jelentősen nem tudtak csökkenteni, mert a gépi munkákat el kell végezni, továbbá a növényvédő szerekben sem lehetett spórolni, mert az adott kezeléseket el kell végezni, hogy legyen elfogadható mennyiségű és minőségű termés, ezért a gazdálkodók jelentős többsége a műtrágya adagok csökkentésével próbálták meg a költségeik mérséklését. Természetesen voltak gazdaságok, ahol a döntéshozók bíztak a korábban beállt magas felvásárlási árban és ezért nem csökkentették a kijuttatandó műtrágya mennyiségét a rekord magas műtrágya árak ellenére sem.

A 2023-as év az időjárási viszonyokat tekintve ideálisnak bizonyult a nagy területen termesztett növénykultúrákra nézve, ennek ellenére hasonlóan nehéz év ez is a gazdálkodók számára. A magas, majdnem rekord közeli terméseredmények ellenére is, az inputanyagok magas árának köszönhetően a bekerülési költség rendkívül magas volt. Ebből kifolyólag sok termelő csak éppen hogy az önköltségi áron vagy az alatt tudta értékesíteni a terményét. Belátható, hogy ilyen piaci körülmények között, aki még nem csökkentette le a műtrágyaadagját az innentől kezdve biztosan mérsékelni fogja, valamint aki már korábban csökkentette, annak sem lesz lehetősége újra kijuttatni azt a mennyiséget, amennyit a remélt terméshez a növények igényelnének. Ha a mezőgazdasági termelés jövedelmezősége csökken, az először a kisebb gazdaságokat fogja anyagi nehézségbe szorítani. A bevételek csökkenése gyengíti a gazdaságokat, kiszolgáltatottá válnak, tőkeerősségük csökken. Nyereség hiányában a gazdálkodónak nem lesz lehetősége újabb beruházásokat végbevinni, nem tudják fejleszteni a technológiájukat és gépparkjukat. Hosszú távon ennek rendkívül káros következményei lehetnek, hiszen a termelés hatékonysága csökken és ezzel párhuzamosan a versenyképességre is negatív hatással lesz. A versenyképesség csökkenésével más országokhoz képest ahol alacsonyabbak a termelés költségei, jelentős versenyhátrányba kerülnek a hazai mezőgazdasággal foglalkozó vállalkozók. A vidéki élet alapja a mezőgazdaság, a vidékfejlesztésre nagy hangsúlyt fektet az Európai Unió. Amennyiben a mezőgazdasági termelés egyre nehezebben folytatható eredményesen, az a vidék elnéptelenedését okozhatja és

az országot jelentősen importfüggővé tenné, aminek komoly, beláthatatlan gazdasági és társadalmi következményei lehetnek.

Az istállótrágya egy remek lehetőség lenne a műtrágyahasználat kiegészítésére, pótlására, de sajnos jelenleg hazánkban nincs annyi haszonállat, amennyi elegendő mennyiségű trágyát termelne a művelt területek trágyázásához. Az elkövetkezendő évek sem reményteljesek, ezért ebben a helyzetben, meglátásom szerint fel fog értékelődni a komposztálás és a komposzt felhasználása a mezőgazdaságban. A komposztok megfelelő lehetőséget nyújthatnak ahhoz, hogy csökkentett műtrágya kijuttatással is megfelelő mennyiségű termés legyen realizálható. A komposztok a műtrágyák részleges helyettesítésének alternatív megoldásai lehetnek. Mindamelllett, hogy alacsonyabb költségen állítható elő, ezáltal olcsóbban beszerezhető, sokszor más gazdasági ágazatok melléktermékéből is előállítható. Az ökonómiai megközelítésen túl, a talajaink rossz kultúrállapotának javításában és termékenységüknek hosszú távú fenntartásában lehet nagyon fontos jelentősége a komposztok használatának. Európai Unió célkitűzés, hogy 2030-ra a műtrágyahasználatot 20%-kal kell csökkenteni, míg az ökológiai gazdálkodás arányát 20%-kal növelni kell. Ezt csak úgy lehet elérni, ha a műtrágyák helyett találunk más alternatívát a talajaink tápelem-tartalmának viszonylag rövid időn belül történő feltöltésére, visszapótlására. Erre lehet, az egyik megoldás a komposzthasználata. Az egyre nagyobb mennyiségben keletkező zöldhulladék erőművi hasznosításának csökkentését, a frakciók osztályozását követően az apróbb mérettartomány hatékony komposztálhatóságának a lehetőségét is érdemes fontolóra venni a jövőben. Fontos megjegyezni, hogy a 2019/1009 Európai Unió rendelet, megnyitja az Európai Unió egységes piacát, azon terméknövelő termékek számára, amelyekre a harmonizációs szabályok ezidáig nem vonatkoztak, mint például: a talajjavító anyagok, szerves trágyák, szerves-ásványi trágyák, inhibitorok, természetközégek és növényi biostimulánsok. Ennek a rendeletnek köszönhetően a komposztok, mint talajjavító anyagok szabadon áramolhatnak az Unió országokon belül, bár hosszabb távra való szállítmányozásuk valószínűleg nem rentábilis. A komposztok használatának az ökonómiai előnyeinek felül rengeteg ökológiailag pozitív hatással is rendelkezik. Manapság egyre több gazdálkodót kezd el foglalkoztatni a talajaik állapota. Sajnos hazánkban kevés gazda lehet elégedett az általa művelt talajok kultúrállapotával. A talajok a szerkezetromlásának, a szerves széntartalom csökkenésének, és a szerves anyagok hiányának köszönhetően, az utóbbi években tapasztalt klimatikus viszonyok mellett, a talajok egyre kevésbé fogja tudni átsegíteni a termesztett növényeket a stresszhatásokkal tüzdelte vegetációs periódusokon. A CO<sub>2</sub> légkörben mért koncentrációjának növekvő tendenciája miatt, a

mezőgazdaságban is egyre fontosabbá válik, hogy a talaj szén mérlegét a megkötés irányába toljuk el és ne a kibocsátást indukáljuk tovább a jövőben.

A diplomamunka kísérletem célja, hogy válaszokat kapjunk arra, hogy a sima komposztnak valamint a pelletált formájának, van-e valamilyen pozitív vagy esetleg negatív hatása rövidtávon, a talajra és az azon fejlődő növényekre, laboratóriumi körülmények között. Választ keresek arra, hogy a két komposztforma hatásában van-e különbség. Ezekre a kérdésekre a válaszokat a talaj kémiai paramétereinek és a humuszfrakciók arányának vizsgálatán keresztül tervezem megválaszolni, majd növényesztekkel kívánom ellenőrizni az eredmények valódiságát. OxiTop-os vizsgálatokkal pedig azt szeretném vizsgálni, hogy az aerob mikrobák aktivitása, hogyan változik komposzt hozzáadás hatására.



## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1. A talaj

A talaj a mezőgazdaság egyik legfontosabb természeti erőforrása, mely nemcsak a növénytermesztés alapjául szolgál, hanem élőhelyet biztosít különböző állatoknak, növényeknek, mikroorganizmusoknak és nem utolsósorban az embernek. A talaj a szárazföldi ökoszisztémák egyik legjelentősebb stresszcsökkentő rendszerének tekinthető, gondoskodik a növények víz- és tápanyagellátásáról, valamint az elhalt állati és növényi maradványok lebontásáról, melyet a benne élő organizmusok hajtanak végre (Füleky, 1988). A talaj feladatainak hiánytalan ellátásához elengedhetetlen a megfelelő talajszerkezet megléte. A talaj annak köszönhetően tudja biztosítani a talaj élővilágának, a termesztett növényeknek és növényzetnek, a megfelelő talajökológiai feltételeit, hogy olyan ásványi és kémiai összetételű részecskék halmaza, melyek méretükben, alakjukban és térbeli elrendeződésükben különbözőek. Ezzel lehetővé teszi a víz a levegő valamint a növények számára felvehető formában lévő tápanyagok egyidejű jelenlétét (Várallyay, 1999). A talaj egy négy fázisú polidiszperz rendszer, amely tartalmaz szilárd, folyadék és gáz fázis mellett egy negyedik fázist is, mégpedig a biológiai fázist, amely a talajban élő élőlények összességét jelenti. A talaj képes a vele közvetlen vagy közvetetten kapcsolatban álló élő szervezetek, mint például a termesztett növényeink, talajökológiai igényeit többé kevésbé kielégíteni, mindezt úgy, hogy közben minőségi romlások nem megy keresztül és állagában sem változik. A talaj feltételesen megújuló természeti erőforrás. A talaj a termékenységen felül rendelkezik egy regenerációs képességgel is, amit angolról fordítva „talajrugalmasságnak” nevezhetünk. A talaj termékenysége fenntartható és akár javítható. A helytelen talajhasználat negatív, talajra és környezetre gyakorolt hatásai, például a talajtermékenység csökkenése, a talajdegradációs folyamatok, hatékonyan megelőzhetőek, elkerülhetőek, vagy mérsékelhetőek bizonyos határokig (Várallyay, 2003). A talaj feltételesen megújítható természeti erőforrás, mely nemzeti vagyonunk 1/5-ét képezi (Kádár, 1998). A talaj megújulása önmagától nem megy végbe. Ehhez folyamatos és tudatos erőfeszítésre van szükség, melynek központi elemei a talajvédelem, a megfelelő agrotechnika, az észszerű földhasználat és melioráció (Várallyay, 2000). Amennyiben ezeknek a végrehajtása tudatosan történik, a talaj hosszútávon is képes fenntartani multifunkcionalitását. A talajkészletünk nemzetünk közös kincse, nem csupán emberi generációkhoz kötött, mivel már az emberiség léte előtt is jelen volt, és minden generációnak a felelőssége, hogy megőrizze és fenntartsa termékenységét, annak érdekében, hogy a jelenkori szükségleteket is kielégítse, és továbbra is rendelkezésre álljon a jövő generációk számára (Németh, 2002). A mezőgazdaság

egyik legrégebbi és legfontosabb gyakorlata a szerves trágyázás és komposztálás. Ennek hatása sokrétű, és az alapanyagok teljes egésze gyakorlatilag a mezőgazdasági területen önállóan előállítható (Kismányoky, 1993).

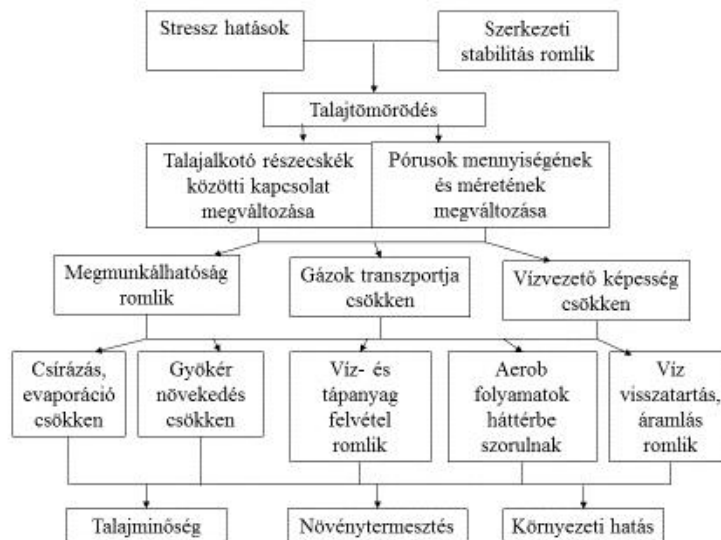
A talaj minősége szempontjából sok másik tulajdonsága mellett az egyik legfontosabb a szerves anyag tartalma. A szerves anyag tartalom kulcsfontosságú szerepet játszik a talajtermékenység fenntartásában. A szerves széntartalom és a talaj fizikai tulajdonságai között szoros korreláció figyelhető meg (Kröschens, 2010). A talajok szerves anyag tartalma alapvető fontosságú a termőképesség, a tápelemkörforgalom, a talaj szűrési és pufferolási képessége és a biológiai aktivitás szempontjából. Az európai talajok mintegy 75 milliárd tonna szerves szén tartalmaznak, ami 275 milliárd tonna CO<sub>2</sub>-nak felel meg (EU, 2011). Az európai CO<sub>2</sub> emisszió éves szinten 4 milliárd tonna, így fontos, hogy talajaink szerves szén tartalmát nemcsak, hogy megőrizzük, hanem növeljük. Bidló és munkatársai (2014) megfigyelésiből kiderül, hogy művelésváltás hatására, szántóföldeken történő erdősítések esetén, nem csak a biomasszában kötődik meg a CO<sub>2</sub>-ot, hanem hosszabb távon a talaj szerves anyag tartalma így a megkötött szén mennyisége is növekszik. A talajok szerves szén mennyiségének csökkenését tovább fokozza az erózió és a sivatagosodás. Mindezekből látszik, hogy a szerves anyag tartalom nagyon fontos a talajok értékmérő tulajdonságaiban és a klímaváltozás szempontjából sem elhanyagolható tényező. Ezért nagyon fontos, hogy a talajok szerves anyag tartalmának csökkenését minimalizáljuk, megakadályozzuk, mert komplexitásából adódóan, sok akár nem várt következménye is lehet.

## 2.2. A talaj szerkezetromlása és a talajművelés hatása

A tömörödés a talaj szerkezetének illetve a szerkezet leromlásának az egyik mutatója. Amennyiben a talajunk tömörödött több folyamat is akadályozva van benne. A porozitásviszonyok kedvezőtlen irányba fognak eltolódni, a víz levegő arány nem lesz megfelelő, és ezáltal a mikrobiológiai aktivitás is jelentősen csökken, melynek hiányában a szerkezet nem lesz tartós és a beéredés is gátolt. Tömörödöttséget mind természetes, mind pedig mesterséges úton is elő lehet idézni. A mesterséges tényezők a műveléssel függenek össze. A problémát a nem megfelelő időben, nem ideális körülmények között, nem megfelelő munkaeszközzel, hanyag minőségben végzett művelés jelenti. A munkavégzés során a munkát végző gépek nagy tömegüknek köszönhetően jelentősen tömöríthetik a talajt, a nedvességviszonyoktól függően akár 30-60 cm mélységig is. Egy adott művelőeszközzel, ha a munkavégzéséhez megfelelőnél nagyobb talajnedvesség mellett történik a művelés, az eszköz jelentős mértékben tömöríti és keni a talajt. A tömörödött talajban a biológiai folyamatok

lelassulnak, a folyadék és anyagáramlás lelassul, ezáltal a talaj funkcióinak ellátásában csökkenés fog jelentkezni. Az 1. ábra a különböző stressz faktorok által kialakított talajtömörödés következményeit szemlélteti a talajminőség, növénytermesztési jelentőség és környezetre gyakorolta hatás alapján.

1. ábra: Különböző stressz faktorok hatása a talajra  
 Forrás: (Beke , et al., 2019)



Az ábrából látszik, hogy a talajtömörödést kiválthatja a szerkezeti stabilitás negatív irányba történő változása, valamint különböző stressz hatások. Ha a tömörödés kialakult, hatására megváltozik a talajalkotó részecskék kapcsolata továbbá a pórusok mérete és mennyisége is csökkenteni fog, aminek következtében a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai jelentős mértékben romlanak (Lipiec, et al., 2003). A talaj vízbefogadó képessége csökken, vízvezető képessége romlik. A tömörödés mélységében a vízbeszívargás lassul, a mélyebbről a kapillaritásnak köszönhetően felfelé szivárgó nedvesség útja is akadályozva lesz. A talajban lévő gázok transzportfolyamatai is lassulnak a tömörödés hatására. A talaj megmunkálhatósága romlik, a munkavégzés hatékonysága csökken. A gyökerek a tömörödött réteget nehezen vagy egyáltalán nem tudják áttörni, a növények szárazságtűrő képessége romlik, ezáltal egy szárazabb aszályosabb periódust sokkal nehezebben vészelnek át, mivel gyökereik nem hatolnak le abba a mélységbe ahol ilyen időszakban még megfelelő mennyiségű nedvesség található. Ez a tömörödött lemezessé vált réteg nem csak a szárazságok idején okozhatnak problémát, hanem a nagy mennyiségű csapadék esetén is, amikor pedig nem tud megfelelő gyorsasággal beszívárogni a víz, az megáll, pangó víz keletkezik, és a növényekben elindul a Pasteur-effektus. A talajban lévő gázok transzportfolyamatai lassulásának következtében az oxigén

jelenléte egyre csökkenni fog, aminek eredményeképpen az aerob folyamatok háttérbe szorulnak, levegőtlen talajban ahol teljes oxigénhiány van teljesen meg is állnak. Ezen hatások együttesének köszönhetően romlik a talajminőség, degradációs folyamatok indulhatnak meg, és a termelői oldalról megközelítve, csökken a termés. Minden kétséget kizáróan megállapítható, hogy a talajművelés közvetve és közvetlenül is befolyásolja a talaj képződési és pusztulási folyamatait. A legfontosabb teendő a kiváltó okok megszüntetése és talaj regenerációjának segítése a rendelkezésre álló lehetőségekkel (Beke , et al., 2019).

Talajművelés hatására megváltozik annak térfogattömege és pórustérfogata is. A két mutatószám egy adott időpillanatról ad számszerű értékelést. Talaj bolygatásának hatására az ellenállása is változik. A műveletlen vagy tömörödött talaj pórustérfogata maximum 40%, térfogattömege minimum  $1,5 \text{ g/cm}^3$ , ellenállása 2,5 MPa egészen 5,5 MPa terjedhet. Lazítóval végzett művelés hatására a talajellenállás 0,5-2,5 MPa közötti értékre csökken, miközben a pórustérfogat 50% fölé emelkedik, térfogattömege pedig  $1,2 \text{ g/cm}^3$ -re vagy annál alacsonyabb értékre csökken. Egy talaj akkor tekinthető tömörödöttnek, ha ellenállása meghaladja a 2,5 MPa-t, térfogattömege pedig az  $1,5 \text{ g/cm}^3$ -t, vagy ha az összporozitása kisebb, mint 40% (Birkás, 1997). A talajműveléssel közvetlenül változtatjuk meg a talaj fizikai állapotát. Lehet kedvező és kedvezőtlen hatása is, továbbá a művelés hatására kialakított talajállapot változásának időtartama is különböző lehet (Schmidt, et al., 1998) . Schmid és munkatársai (2017) kísérleteik során arra a megállapításra jutottak, hogy komposzttrágyázott kezelésekkel szemben azokban az esetekben ahol csak talajművelést alkalmaztak, a gyepnövényzet két év leforgása után már nem erősödött meg. Sumono és munkatársai (2018) romtalajokon végzett kísérleteik során bizonyosodott be a komposztok romtalajokra gyakorolt pozitív hatása.

### 2.3. A komposztról és komposztálásról általánosságban

A komposztálás a hulladékártalmatlanítás és hulladékhasznosítás egyik módszere, mely során a nagy mennyiségű szerves anyag aerob mikroorganizmusok segítségével és hőtermelés közben lebomlik (Kerényi , 1990). Vermes (1998) szerint a komposztálás olyan biológiai folyamat, mely a hulladékok, melléktermékek kiindulási anyagokból stabil, természetes úton tovább már nem bomló humuszszerű termék alakul ki a folyamat végeredményeként. Különösen kertészeti kultúrákban alkalmazzák régebb óta. A komposzt talajtani jelentősége és pozitív tulajdonságai annak köszönhetőek, hogy a megfelelő komposztálás során olyan anyagi rendszer jön létre mely gazdag humuszban és ásványi anyagokban. Ezen felül hozzájárul a tápanyagok gyorsabb feltáródásához és segíti a víz és a tápanyagok megkötését is. A különböző szerves anyagok komposztálása már több ezer éve ismert tevékenység az emberiség számára

(Szabó & Vágó , 2010). A komposztálás aerob körülmények között végbemenő szervesanyag-tartalmú, olykor hulladéknak minősülő anyagok ártalmatlanításának az alkalmazott módszere. A komposztálás egy olyan aerob folyamat, amely a mikroorganizmusok tevékenységén alapszik. A folyamat során szerves anyagok lebontása történik szerves és szervesetlen vegyületekre, miközben hő képződik. Az anyagcsere folyamatok során képződő hő a komposzt mátrixában reked, ami a komposzt belsejében a hőmérséklet emelkedését eredményezi (Williams, et al., 1992). Fogalmának meghatározása nehéz, különböző szakirodalmak különbözőképpen írják le a fogalmat. A komposztálás egy ember által irányított és szabályozott aerob folyamat, melyben a szerves anyagok lebontását, átalakítását mikroorganizmusok végzik és a folyamat végeredményeként nagy humintartalmú vegyületek jönnek létre (Dunst, 1991). Robert (2003) meghatározásának értelmében a komposzt olyan mikroorganizmusok által biodegradált végtermék, aminek valamilyen biológiai úton bontható szerves anyag volt a kiindulási alapja. Kárpáti (2002) szerint a komposztálás a szerves anyagok biológiai lebomlását követő stabilizálódás, mely a bomlási folyamatok során létrejött hő hatására a végtermék gyorsabb előállítását biztosítja. Ennek köszönhetően, hogy a szerves anyagok stabilizálódása termikus folyamat végeredményeképpen jön létre, a komposzt alapjában megtalálható csírázásra kész magok nagy része elveszíti csírázási képességét, elpusztulnak a káros patogén szervezetek, de a spóra alakú is rendelkező élőlények képesek fennmaradni a magas hőmérséklet ellenére is. A káros patogén szervezetek hő hatására való elpusztulása leginkább a szennyvíziszapból készült komposztok esetén kulcskérdés. A nehézfém-tartalom kivételével az egyéb előnytelen tulajdonságait a magas hőmérsékletnek és az aerob folyamatoknak köszönhetően elveszíti, miközben olyan humuszanyagok jönnek létre, amelyek a talaj számára fontosak (Uri, 2007). Filep (1999) szerint a komposztálás egy olyan folyamat, mely aerob körülmények között zajlik és mely során a mikroorganizmusok aktivitásának köszönhetően, az összetett szerves vegyületek egyszerű alapvegyületekké alakulnak át. Miszerint azokból az anyagokból, amelyek nem ásványosodtak, humuszanyagok jönnek létre, és mindemellett víz, szén-dioxid, nitrát és szulfát keletkezik. Fogarty és Touvinen (1991) négy fő részre osztották a komposztálási folyamatokat a hőmérsékletváltozás tekintetében, miszerint, megkülönböztethetünk mezofil, termofil, hűtési és érési szakaszokat. Ezen folyamatok lényegében megegyeznek a természetben, a talajban maguktól is lejátszódó humifikációval és mineralizációval.

A komposztálás dinamikus, biológiai és aerob folyamat, amely során az organikus anyag egy termofil fázison keresztül stabilizálódik, amelyet a biológiai lebomlás fejlődése segít elő, és kialakulása közvetlenül a mikroorganizmusok aktivitásától függ. Azokat a

paramétereket, amelyek befolyásolják a kialakulását, érését, megfelelően kell beállítani és figyelni kell a komposztálás során. A leggyakoribb ellenőrzési paraméterek a hőmérséklet, páratartalom, pH, C/N arány és a szemcseméret (Petric, et al., 2012). A folyamat megfelelő ellenőrzése hozzájárul egy stabil, tárolható és szállítható végső termék előállításához, amely alkalmas talaj javítására. A komposzt végtermék javítja a talaj jellemzőit, növelve a beszivárgást, a vízmegtartó és hőtároló képességet, ezzel biztosítva a növények számára az ideálisabb feltételeket (Wei & Liu, 2005). A komposztokban értékes tápanyagok találhatóak, mind a mikroorganizmusok, mind a növények számára, függetlenül a kiindulási anyagoktól, feltételezve, hogy az érési folyamat megfelelően megy végbe (Goyal, et al., 2005). Azonban fontos figyelembe venni, hogy mi a komposztálás alapanyaga és a kiindulási anyag igényeihez kell a körülményeket megfelelően beállítani (Goyal, et al., 2005). A nem megfelelően végzett komposztálási folyamat, stabilizálatlan szerves anyagot, éretlen komposztot eredményez, amely negatívan hathat a talaj tulajdonságaira és a növények növekedésére. Kórokozók forrása is lehet, valamint a fitotoxicitás által okozhat károkat a növényzetben (Cui, et al., 2017). A komposztok előnyös tulajdonságai elsősorban a bennük található humuszsavaknak köszönhető. A komposztot leggyakrabban a növények növekedésének a serkentéséhez, fokozásához használják (Luo, et al., 2018).

#### 2.4. Komposzt érettsége és a csírázási index

A komposzt minősége szoros összefüggésben van annak stabilitásával és érettségével. Az érettséget, a hatékony felhasználhatóságot a komposztok fitotoxicitási tulajdonságain keresztül lehet értékelni. A stabilitás az organikus anyagok ellenállása a komposztban a további mikrobiális lebomlással szemben, ez nem egyenértékű az érettséggel. A két jellemző gyakran korrelál, mivel a stabilitás azt jelzi, hogy hiányzik a biológiai bomlásra képes anyag, ami több fitotoxikus anyagot is magába foglal (Oviedo-Ocaña, et al., 2015).

A fitotoxicitás értékelésének egyik leggyakrabban alkalmazott módszere a csírázási index meghatározása (Barral & Paradelo, 2011). A módszer egyszerűsége, gyorsasága és alacsony költsége, valamint alkalmazhatósága bármilyen végterméken előnyösebbé teszi, más meghatározási módszerekkel szemben. Mindazok ellenére is elterjedt, hogy néhány tanulmány megkérdőjelezte a csírázási index eredmények értelmezését, mert különböző eljárásokat alkalmaznak (Luo, et al., 2018). Széles körben alkalmazzák komposztálási üzemeltetési problémák felismerésére, valamint a végső komposzt minőségének validálására (Barral & Paradelo, 2011). Ha a komposztálás során az érés folyamata megfelelően megy végbe, az segít

a fitotoxicitás megszüntetésében, mindamelllett, hogy olyan végterméket kapunk, amely fitostimuláló hatással rendelkezik (Selim, et al., 2012).

A komposztálás egyre fontosabb eszköze az Európában egyre nagyobb hangsúlyt kapó körforgásos gazdasági modellben és az ipari komposztáló létesítmények száma is folyamatosan nő Európában (Razza, et al., 2018). Nagy különbségek vannak az ipari és a kisüzemi léptékű komposztálás között. A kisüzemi esetében könnyű a folyamat ellenőrzése és megfelelő kezelés esetén kiváló végeredmény születhet, ezzel szemben az ipari komposztálás során is magas minőségű komposztok állíthatóak elő, de a termékek összetételében és jellemzőiben általában nagy szórás jelentkezik (Barrena, et al., 2014). Számos egyszerű lehetőség, mint például csírázási tesztek alkalmazása segíthet a komposzt minőségének monitorozásában, ezáltal segítve a komposztáló létesítmény működési gyengeségeinek a kiszűrésében és javításában. A komposzt csírázási indexének, mint értékmutató számnak a legtöbb európai országban, a kereskedelmi forgalomba hozatalhoz, törvényben meghatározott értéket kell elérnie (Cesaro, et al., 2015). Természetesen ezenkívül más fizikai, kémiai és biológiai jellemzők szükségesek a kapott komposzt teljes körű értékeléséhez (Azim, et al., 2017), amelyek összefüggésben lehetnek a csírázási indexszel (Luo, et al., 2018).

Ana és munkatársai (2020) kutatásai megerősítik a csírázási index hatékonyságát a komposztálás teljesítményének monitorozására és termék minőségének ellenőrzésére, annak ellenére, hogy a komposztok jellemzőinek magas szórása tapasztalható az ipari létesítményekből származó komposztok esetében. Azonban, ahhoz hogy biztonságosan lehessen a komposztokat alkalmazni, egyéb ellenőrzési paramétereket is figyelembe kell venni. Kutatásukból kiderül, hogy a szennyvíziszapból, vagy állati trágyából vagy az olívaolaj készítése során keletkező melléktermékből készült komposztok esetében a fitotoxicitás a hűlési fázisban, vagy a komposztálás végén megszűnt. Ezzel szemben a kommunális hulladékból szelektált szerves anyagokból vagy egyéb feldolgozás során keletkező növényi melléktermékből készült komposztok nem veszítették el fitotoxicitásukat. Az egyik esetben a nehézfém tartalom, a másik esetben a magas pH volt a felelős a fitotoxicitás fennmaradásáért.

## 2.5. Humuszanyagok képződése

A komposztálás során a humifikáció szokatlan formája megy végbe, melynek során humuszanyagok képződnek a kiindulási szerves anyagokból aerob körülmények között kémiai és biológiai folyamatoknak köszönhetően (Bannick, 1988). A komposztálás végeredményeként humuszanyagok jönnek létre (Riess & Klages-Haberkern, 1993). Rochus (1978) kutatása bebizonyította, hogy az érés kezdetén elindul a posztmortális (humuszanyagok) szerves

anyagok képződése. A komposztálás második részében a fulvósav tartalom megemelkedik, majd még ugyanennek a szakasznak a végére le is csökken a mennyisége. Az ezt követő termofil fázisban lesz jelentős a huminsav képződése. A komposztálás során végbemenő folyamatok sokkal gyorsabban végbemennek, mint a talajban, ez elsősorban a magas hőmérsékletnek köszönhető, mivel 10 °C-os hőmérséklet emelkedés hatására a biokémiai folyamatok sebessége 2-3 szorosára gyorsul. Kísérletek alapján bebizonyosodott, hogy a termofil szakaszban képződik a humuszanyagok döntő többsége (Bannick & Ziechmann, 1991). Az érés előrehaladtával a humuszanyagok mennyisége is növekszik, de 55 °C-os hőmérséklet felett leáll a humifikáció. Ez a mikroorganizmusok működésével hozható összhangba, hiszen ezeknek a szervezeteknek a működése ennél magasabb hőmérsékleten leáll. Az nagy molekulatömegű szerves anyagok később, míg a kisebb molekulatömegűek korábban bomlanak le. Erre a következtetésre Inbar és munkatársai (1988) akkor jutottak, amikor marhatrágyából készült komposztot érés során vizsgáltak és megfigyelték, hogy a fulvosavak mennyisége a 40. naptól nem növekszik. A komposzt érettségének megállapítására alkalmas lehet a fulvo- és huminsavak mennyiségének a meghatározása, hiszen ezek aránya az érés előrehaladtával folyamatosan változik. Az érés előrehaladtával a huminsavak mennyisége növekszik, ezzel ellentétben a fulvosavak mennyisége csak a 40. napig növekszik, később egyre kevesebb lesz. A huminsav tartalom és minőség különböző alapanyagokból készült komposztoknál eltérő. Abban az esetben amikor biohulladék volt az alapanyag a huminsav tartalma és minősége is magasabb volt, mint fenyőkérekből készült komposzt esetén.

## 2.6. Szennyezett talajok komposzttal történő feljavítása

A hőmérséklet-változás hatására a mikrobák aktivitása összetétele és aránya is változik a komposztokban. A légzési aktivitás növekedésének eredményeképpen emelkedik a hőmérséklet. A magasabb hőmérsékletet a mezofil mikroorganizmusok kevésbé tűrik, így megkezdődik a termofil mikroorganizmusok nagyobb arányú felszaporodása a komposztban. A 45-65 °C-os hőmérsékleti tartományban történik a mikrobiális lebontás és a biomassza kialakulásának a jelentős része (Fogarty & Tuovinen, 1991). Miután a bontható és a mikrobák számára felhasználható szerves szén nagyobb része lebomlott, a mikrobiális aktivitás csökken, ennek köszönhetően a hőmérséklet is lassan csökkeni fog, amely ismét a mezofil mikroorganizmusok számára fog kedvezni. Az aerob lebontó folyamatok hatékonyabb lebontást tesznek lehetővé, mint az anaerob folyamatok, ezért a legtöbb komposztálási rendszerbe többletanyagot is szoktak hozzáadni a kiindulási anyaghoz (faforgács, szalma),



ezzel segítve a szabadabb gázáramlást a közegben, valamint csökkentheti a túlzottan nagy nedvességtartalmat.

## 2.7. Komposzt fitotoxicitásának csökkenése a lebomlási folyamatok során.

A fitotoxicitás többféleképpen jelentkezhethet, a csírázás késleltetéseként, a növényi növekedés gátlásaként vagy bármilyen más káros hatásként melyet specifikus fitotoxinok vagy nem megfelelő növekedési körülmények okoznak (Baumgarten & Spiegel, 2004). Ez a fogalom, a komposztok jellemzésére alkalmas lehet, ezzel kifejezve a komposztnak azt a tulajdonságát, ami negatívan befolyásolja a növények fejlődését. Fitotoxicitásnak hívhatjuk a növények normál növekedési és megjelenési mintájától való káros eltéréseket, egy adott anyagra adott válaszként (OECD, 2006). A komposztok egyik legfontosabb, minőségét meghatározó tulajdonsága a fitotoxicitás, hiszen ha ez a tulajdonsága nem megfelelő, akkor egyéb beltartalmi mutatói hiába kiválóak, alkalmatlan lesz a talajok javító és termésmenvelő célú alkalmazására. Néhány toxikus elemet analitikai módszerek segítségével lehet azonosítani, mely mérések sokszor költségesek és időigényesek, valamint lehetnek olyan váratlan szennyező anyagok a komposztban, amelyeket a rutinanalízisek során nem észlelnek. Továbbá sok mérgező vegyület szinergiáját és antagonizmusát analitikai eljárásokkal nem lehet mérni (Emino & Warman, 2004). Általánosságban elmondható, hogy a csírázási index értékei a komposztálási folyamatok előrehaladtával egyre nagyobb értékeket mutattak, ahogyan azt baromfitrágya komposztálásában (Young, et al., 2016) és más állati trágyákban is tapasztalták (Huang, et al., 2017). Ezt a tendenciát szennyvíziszap és a települési szilárd hulladék szerves frakciójának közös komposztálásában is kimutatták (Zhang, et al., 2018).

A sertéstrágya hasonló beltartalmi tulajdonságokkal rendelkezik, mint a hagyományos szerves trágya komposztok, magas a szerves anyag tartalmuk és a tápanyagtartalmuk. (Tiquia, 2003). Egy kiváló újrahasznosítható erőforrásként kell rá tekinteni, hiszen alkalmas a talajok trágyázására és kondicionálására is. Előnyös tulajdonságai ellenére azonban, figyelni kell a használatára, kijuttatására, hogy elkerüljük a nem kívánt hatásokat. Fontos megismernünk a végső komposztált termék jellemzőit annak érdekében, hogy okszerű legyen a felhasználása. A sertéstrágyánál az egyik problémát a benne található magas nehézfém koncentráció jelenti, elsősorban réz és cink van jelen benne nagyobb mennyiségben, valamint a sók és a túlzott mennyiségű ammónium. (Cang, et al., 2004). Az éretlen trágyában jellemzően túl nagy mennyiségben felhalmozódnak más, negatív hatással bíró anyagok, mint például az etilén, ammónia, fenolos anyagok és szerves savak (Gómez-Brandón, et al., 2008). Mindezek ismeretében kijelenthető, hogy a komposztok felhasználhatóságának szempontjából az egyik

legfontosabb minőségi tulajdonsága az érettsége, különösen akkor, ha ezeket magas előállítási értékkel bíró kertészetekben szeretnénk alkalmazni. A komposztálás folyamata hozzájárulhat a fitotoxikus vegyületeknek az érés során végbemenő csökkenéséhez. A komposztálás technológiájától, mint például a forgatás gyakorisága és a nedvességtartalom beállítása, nagyban befolyásolják a komposztálási folyamatot és az érési sebességet. Az oxigénellátás, aerob folyamat lévén, kulcsfontosságú bármely komposztálási folyamatban, az egész folyamat alatt szükséges fenntartani a megfelelő oxigénellátást, hogy az ne váljon korlátozó tényezővé. A prizmás komposztálás során a szellőztetést gyakran a sor felkeverésével biztosítják, és a forgatás során az anyag aprózódik, keveredik így az új felületek megnyílásának köszönhetően a mikrobiális tevékenység gyorsabban végbe tud menni, ezáltal felgyorsítva a komposztálási folyamatot (Tiquia, et al., 2005). A nedvességtartalom szintén kritikus tényező, mivel összefüggésben áll a gázcserével és a baktériumok szaporodására és élettevékenységére is hatással van. Nincsen előre meghatározott optimális forgatási gyakoriság, mert jelentős mértékben változik a kiindulási anyag összetételétől, ennek meghatározása általában tapasztalat alapján történik (Liang, et al., 2003).

Az alábbiakban Tiquia (2010) kísérleti eredményeit fogom ismertetni, melyben sertéstrágya komposzt fitotoxicitását vizsgálták kerti cickafark (*Lepidium sativum* L.) növény segítségével. Azért erre a növényre esett a választása, mert ez bizonyult a legérzékenyebbnek számos szennyező forrással szemben, mint például a szennyvíziszap, a hulladék komposztok, élelmiszerhulladékok és nehézfémekkel szennyezett talajok (Dubova & Zarin, 2004).

*A komposztálás folyamata:* A sertéstrágya fitotoxicitásának megszüntetésére történő kísérletben a trágyát prizmákban komposztálták. Összesen 12 darab készült, melyek 2 méteres átmérőjű alapon helyezkedtek el és 1,5 méter magasságig voltak felpúpozva. Mindezek egy komposztáló csarnokban lettek elhelyezve. A komposztálási stratégiák különböző komposztüzemek és állattenyésztő telepek gyakorlata, valamint a szakirodalomban meghatározottak alapján történtek (Rynk, et al., 1992). A komposztálás során a hőmérsékletet forgatás után mérték 60 cm-es mélységben. A hőmérséklet monitorozását hetente kétszer végezték. Minden rendből 5 hőmérsékleti mérést végeztek. A halmok forgatását homlokrakodóval végezték. Az 1. sor minden második nap forgatásra került, míg a többi sor csak minden negyedik nap lett megforgatva, keverve a folyamat során. A komposztálás kezdetekor mind a 12 prizma komposzt kiindulási termék nedvességtartalmát 50-70%-ra állították be. Teljesen nem lehetett homogéneen beállítani a nedvességet, hiszen a rakodógéppel való keverés nem tette lehetővé a tökéletes keveredést. A 4., 5. és a 6. prizma komposzt nedvességtartalmát a 15., 32. és a 63. napon 50%, 60% illetve 70%-osra állították be. A 9. és a

12. halmokét minden héten 60%-ra állították be a komposztálás végéig. A nedvességtartalmat, víz hozzáadásával állították be a tervezett értékekre. Minden prizma tömegét, sűrűségét és nedvességtartalmát figyelembe vették ahhoz, hogy a lehető legpontosabb eredményt kapják a hozzáadandó vízmennyiség tekintetében. Azoknál a prizmáknál, amelyeknél a korábbiakban nem esett szó a nedvesség beállítás módjáról, azokban az esetekben az első napi nedvesség beállítást nem követte több ilyen művelet. A komposztálási folyamatok 74 és 126 napig tartottak, attól függően, hogy az adott prizmák hőmérséklete mikor csökkent a külső környezet hőmérsékletére. Az első naptól kezdve, hetente egyszer mintákat vettek az egyes prizmák öt véletlenszerű részéről, egészen a komposztálási folyamat lezárultáig. Ezeket a prizmából, egy időben vett mintákat, homogenizálták és egy összetett mintát hoztak belőle létre. A mintákon kémiai és mikrobiológiai vizsgálatokat végeztek.

*Kivonatok készítése és fitotoxicitás teszt:* A minták vízbázisú minták voltak, melyeket úgy készítettek el, hogy a komposztból vett anyagot vízzel 1:10 tömegarányban keverték, majd egy órán keresztül rázatták, ezt követően szűrőpapíron leszűrték. A fitotoxicitás biotesztet magcsíráztatási technikával végezték (Zuconi, et al., 1981) . Eszerint a módszer szerint a komposztból készült kivonatot magokkal inkubálták 22 °C-on, 5 napig, fénytől elzárt helyen. 5 nap elteltével vizsgálták a csírázott magok számát és a gyökerek hosszát. A kontrollt desztillált vízben csírázó és fejlődő növények jelentették, ahol szintén vizsgálták a csírázási százalékot és a gyökérfejlődést is. USEPA meghatározása (1982) szerint a csírázás akkor tekinthető eredményesnek, hogyha az elsődleges gyökér hossza eléri a legalább 5 mm-es hosszt.

A sertéstrágyából vett mintákból különböző méréseket végeztek. Megmérték a benne található összes salétromsavat ( $\text{HNO}_3$ ) és a vízben oldható réz és cink koncentrációját, melyet atomabszorpciós spektrofotometriával végeztek. Az össze szén és nitrogén tartalmat, aminek a mérését CHN analizátorral végeztek, és az elektromos vezetőképességen felül nitrit és nitrátion koncentrációt is mértek. A trágya huminsav és fulvosav frakcióját is elemezték (Swift, 1996).

*Komposztálási kezelések eredményei:* Mind a 12 prizma hőmérsékleti tulajdonságai némileg különbözőek voltak. A trágya kiindulási hőmérsékleteik 31 °C és 51 °C között alakultak. A komposztálás kezdeti fázisában a hőmérsékletek hamar megemelkedtek. 2-4 nap alatt mindegyik prizma elérte a termofil, 55 °C-os hőmérsékletet. A legmagasabb hőmérsékleteket a 4. és az 5. prizmában mérték (69 °C), itt a csúcshőmérséklet eléréséhez csupán 4-7 napra volt szükség, ellentétben a többi prizmával, ahol a legmagasabb hőmérséklet eléréséhez minimum 10 és maximum 21 napra volt szükség. A 4. és 5. prizmában a csúcshőmérséklet meghaladta a 65 °C-ot és ezeknél a kezeléseknél volt a leghosszabb termofil fázis, tehát itt volt a legtöbb ideig 55 °C-ot meghaladó hőmérséklet a prizmákban, mégpedig 45

napon keresztül. Az az időtartam amennyi idő alatt visszahűltek a környezet hőmérsékletére nagy szórást mutatott a különböző halmok között. A 3. prizma 126 nap alatt érte el a környezeti hőmérsékletet, míg a 10-12. prizmákban ahol a nedvességet állandó 60%-on tartották, 56 nap alatt hűlt vissza a külső környezet hőmérsékletére. (Tiquia, 2010)

*Fitotoxicitás vizsgálata:* Mind a 12 prizmára végzett csírázási eredmények azt a trendet mutatták, hogy a komposztálási idő előrehaladtával, csökkent a fitotoxikus hatás, tehát a csírázási százalék nőtt. A komposztálás kezdeti szakaszában a *Lepidum sativum* L. csírázása és gyökérnövekedése drasztikusan alacsony értékeket mutatott. A csírázási százalék 0 és 43 % között alakult, ebből lehet arra következtetni, hogy az éretlen, komposztálatlan sertéstrágya erősen fitotoxikus hatású. A 9-12. prizmákból való mintákban a komposztálás kezdetekor a *Lepidum sativum* magok egyáltalán nem csíráztak. A komposztálás előrehaladtával folyamatosan nőtt a csírázási százalék, annyira, hogy a komposztálás végére 80-100 %-ig terjed ezekben a prizmákban. Érdekes megfigyelést tettek a kísérlet során, miszerint azok a prizmák, amelyekben, kezdetben a legalacsonyabb volt a csírázási százalék, a komposztálási folyamat végére ezekben lett a legmagasabb. Ezek azok a prizmák voltak, amelyekben a nedvességet hetente 60%-os értékre állították be. (Tiquia, 2010)

A fitotoxicitás vagy a növények gyenge fejlődése több tényező együttes hatásától függ: például lehet a magas mikrobiális aktivitás miatti alacsony oxigénszint, a felhalmozódott toxikus vegyületek, a magas C:N arány miatt kialakuló nitrogén immobilizációja, a magas ammónia koncentráció, valamint nehézfémek és ásványi sók jelenléte miatt (Epstein, 1997). Ezek a tényezők egyidejűleg befolyásolják a magcsírázást és növényi fejlődést, ezért nehéz megállapítani, hogy melyik paraméter okozza a legnagyobb befolyást. A sertéstrágya a többi használlathoz képest nagyobb arányban tartalmaz rézet és cinket, mert ez fontos elem a takarmányukban, azonban az ürülékükben is jelentős mennyiség marad belőle vissza (Hanharam & O'Grady, 1968). A kísérlet során a réz és cink maximális koncentrációja 660 és 930 µg/g volt. A szerves vegyületek viszonylagos nagy mennyisége miatt ezeknek a fémeknek a jelentős része szerves vegyületekhez kötődik, így a növények számára nem hozzáférhetőek (Walker, et al., 2004). A sertéstrágyában találhatóak magas koncentrációban nitrogén vegyületek is, mivel a táplálékkal bevitt nitrogén gyakran a vizelettel ürül (Tiquia, et al., 2000). Közülük sok elpárolog ammóniaképződés útján, jelentős részük azonban mikrobiális folyamatok révén, mint például ammonifikáció, nitrifikáció és denitrifikáció, során átalakulnak (Tiquia, 2002). A nitrogén immobilizációja a magas C:N aránnyal és magas ammónia koncentrációval hozzájárul a komposzt fitotoxicitásához (Epstein, 1997). Más fitotoxicitás kísérletekkel ellentétben, ebben a kísérletben a C:N arány és az elektromos vezetőképesség nem

befolyásolta fordítottan arányosan a magcsírázást és a gyökérfejlődést. A magas C:N aránnyal rendelkező komposztok a talajba történő bekeverést követően a nitrogén immobilizációját okozhatja (Hoitink & Boehm, 1999). Az alacsony C:N arányúak bekeverése pedig ammónium toxicitást (Epstein, 1997). Különböző szakirodalmak, különböző ideális C:N arányt határoznak meg, de ezek általában 12 és 25 között változnak (Brewer & Sullivan, 2003). Ebben a kísérletben a trágyákból vett minták 12 és 27 közötti C:N aránnyal rendelkeztek, és a komposztálási folyamat során a C:N arány csökkenésével fordítottan arányosan nőtt a komposztmintákban mért csírázási százalék. Az elektromos vezetőképesség megadja a komposztban található oldható ionok koncentrációját, vagyis a sótartalmat. A növény sótűrésétől függően a túlzott sótartalom közvetlenül okozhat fitotoxicitást (Mengel, et al., 2001). Jelen tanulmányban az elektromos vezetőképességek 1,2 és 3,4 mS cm<sup>-1</sup> között változtak. *Lepidum sativum* esetében végzett biotesztek eredményeiből kiderül, hogy 10 mS cm<sup>-1</sup> feletti értéke esetén voltak felelősek a fitotoxicitásért, tehát az oldható sók koncentrációja jelen kísérlet esetében nem esik a fitotoxikus tartományba.

Tiquia és Tam (1998) szerint a csírázási értékek erősen függhetnek a komposztban található vízben oldható anyagoktól. A vízoldható kémiai paraméterek közül az oldható réz és cink valamint az NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N volt a leginkább negatív hatással a csírázásra. (Munzurogul & Geckli, 2002). Kimutatták, hogy a fémek jelentős késleltetést okozhatnak a csírázásban és jelentősen korlátozhatják a növekedés intenzitását. Ahogy a vízoldható réz és cink, valamint az NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N koncentrációja csökken a komposztálás során, úgy a csírázási százalék és a növekedési erély növekszik. (Zucconi, et al., 1981). Tiquia és Tam (1998) a GI indexet, (a csírázás százalékos arányára és a csírázás sebességére vonatkozó mutatószám) vették alapul a fitotoxicitás megszűnésének mutatójaként a vizsgált komposztok esetében. Ebben a kísérletben a többváltozós regressziós elemzés eredményei azt mutatták, hogy az NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N volt a legfontosabb kémiai tényező, amely befolyásolta a *Lepidum sativum* L. fitotoxicitását. A tanulmány eredményeként az a megállapítás született, hogy az ammónium által okozott fitotoxicitás a komposztálás során csökkenthető, vagy teljesen meg is szüntethető.

Az alábbi kísérletben, annak ellenére, hogy a különböző prizmák, eltérő kezeléseket kaptak, a komposztálási folyamatok nagyon hasonló változásokon mentek keresztül, a hőmérséklet és a kémiai összetevők tekintetében, annyi eltéréssel, hogy a különböző változásoknak a lefolyási sebessége volt eltérő, a változó kezelések függvényében. A tanulmányban alkalmazott kezelési stratégiák befolyásolták a komposztálás sebességét, az érés idejét és a fitotoxicitás megszűnését. A leghatékonyabb komposztálási stratégiának ebben a

kísérletben az bizonyult, amikor a komposztot állandó 60%-os nedvességtartalmon tartották, 4 napos forgatási gyakoriság mellett. Ebben az esetben a fitotoxicitás 56 nap alatt megszűnt.

## 2.8. Komposztálási technológiák

A komposztálást, technológiáját tekintve két nagy csoportba lehet osztani. A levegőztetett prizmakomposztálást és a félig zárt komposztálási rendszereket tudjuk megkülönböztetni.

A levegőztetett prizmakomposztálás az aerob mikrobákra alapszik. Ezeknek a mikroorganizmusoknak állandóan és megfelelő mennyiségű oxigénre van szükségük a prizmán belül, hogy életműködéseik zavartalanul működjenek. A levegő bejutására több megoldás is rendelkezésre áll. A legelterjedtebb technológia az, amikor perforált csöveket helyeznek be a komposztba, vagy különböző csatornákat hoznak létre a komposztprizmában, amelyen keresztül a légcseré lehetővé válik. A levegőt leggyakrabban egy automatikusan működő ventilátorral juttatják be a levegőztetőbe. Érzékelők vannak elhelyezve a komposztba, amelyek mérik a hőmérsékletet és az oxigéntartalmat, amint valamelyik érték eléri a beállított határértéket a ventilátor bekapcsol. Ennél a komposztálási technológiánál az elhelyezést követően, a prizma forgatására, keverésére, az elhelyezést megelőző keverésen kívül, nem kerül sor. A levegőztetett prizmakomposztálás legmodernebb fajtája az, amikor egy szemi-permeábilis membránnal zárttá teszik a rendszert. Amennyiben a féligáteresztő membránnal fedett komposztban az automata levegőztetőnek köszönhetően megfelelő oxigéntartalom és hőmérséklet áll rendelkezésre, a komposztálási folyamat tökéletesen végbemegy. A mikroorganizmusok oxigénellátásáról az aktív levegőztető rendszer gondoskodik. A visszacsatoláson alapuló levegőztető a komposztban automatikusan mért hőmérséklet és oxigéntartalom alapján kezdi meg a működését és állítja le azt. A rendszer a zárt mivoltát, a féligáteresztő membránnal való fedettségének köszönheti, lehetővé teszi a gázcserét, de a nedvességet, és a hőt visszatartja, valamint csökkenti a kellemetlen szaghatást. A prizmák kialakításánál korlátozó tényezőként hat a membrán mérete. Általában a prizma magassága nem haladja meg a 3,5 métert, a szélessége a 12 métert, a hosszúsága pedig maximum 48 méter. Az érés időtartama 4 hét, mely alatt az automatizált levegőztető végzi a levegőztetést. A korábban alkalmazott levegőztetett prizmakomposztálási rendszerekkel ellentétben az újabb szemi-permeábilis membránnal fedett érő anyagban túlnyomás van, így nem alakulnak ki anaerob részek a prizmában (Aleksza & Dér, 2001).

A félig zárt rendszereknél a komposztálni kívánt anyagmennyiséget silófolyosókba ömlesztik, amelyek levegőztetővel és a keverést, forgatást automatikusan végző eszközzel

vannak felszerelve. Ezeket a silófolyosókat gyakran melegházakban vagy oldalról akár nyitott csarnokokban helyezik el, az időjárási ráhatások csökkentése végett. Az érési folyamat során keletkező szaghatások semlegesítésére biofilterek használatával van lehetőség. (Aleksza & Dér, 2001). Ez a technológia üzemeltetési szempontból bonyolultabb a membránfóliás rendszerhez képest, hiszen itt az anyag keverése miatt az érési folyamat alatt is van feladat a komposztal.

## 2.9. A nitrogén vegyületekben bekövetkező változások a komposztálási folyamat alatt

Az érési folyamat alatt a különböző szerves anyagokban található nitrogén vegyületekből, az aerob mikrobáknak működésének köszönhetően a folyamat végére olyan stabilabb szerves anyagokat kapunk, amelyek a humuszanyagokra hasonlítanak (Paré, et al., 1998). A nitrogén több különböző szerves és szervetlen vegyületek formájában van jelen a komposztokban, amelyben a lejátszódó kémiai folyamatok szempontjából nagyon fontos szerepet töltenek be. A komposztálandó anyagok nitrogéntartalma nagy szórást mutat, főleg abban az esetben, ha településekről összegyűjtött komposztálható hulladékról van szó. A települési biohulladék összetételét jelentősen befolyásolja a település szerkezete, az évszak, valamint a gyűjtési struktúra. (Krogmann, 1994).

Az első lényeges bekövetkező változás a szerves nitrogénvegyületekben, azoknak a mineralizációja, melyben végbemegy az ammonifikáció. Az ammonifikáció alatt heterotróf mikroorganizmusok ammóniummá alakítják át a nitrogént. Az ammonifikáció folyamata mind aerob mind anaerob körülmények között is végbemegy. Az aminosavakból az ammónia eltávolítása dezaminálással történik. Ez kétféle módon történhet: 1. direkt oxidatív dezaminálás, 2. a transzaminálás kombinációja a glutamát oxidatív dezaminálásával. A következő fontos lépés a nitrifikáció. Ezt a folyamatot már csak kizárólag aerob körülmények között tud végbemenni, hiszen obligát kemolitotautotróf szervezetek végzik. A nitrifikációt végző mikrobák számára energianyerő folyamat. A nitrifikáció két lépésben játszódik le.

### 1. Ammónia oxidációja



### 2. Nitrit oxidációja



A harmadik folyamat egy redoxfolyamat, melyben, a legtöbb élőlény számára felvehetetlen, légkörben található  $\text{N}_2$  fixálása történik. Prokarióta szervezetek a nitrogenáz enzimrendszeren

keresztül képesek szintetizálni. A folyamat eredményeként a nitrogén két atomjához három-három hidrogén fog kapcsolódni, így két mól ammónia keletkezik. (Kovács, 2019)

## 2.10. Üvegházhatású gázok kibocsátása a komposztálás során

A komposztálás során háromféle gáz keletkezik, aminek jelentősége van az üvegházhatás kialakításában. Fontos megjegyezni, hogy az üvegházhatás alapvetően nem egy negatív dolog, hiszen enélkül a Föld átlaghőmérséklete a jelenlegi 15 °C helyett, körülbelül mínusz 15 °C lenne. A korábban említett három üvegházhatású gáz a CO<sub>2</sub>, a CH<sub>4</sub> és a N<sub>2</sub>O. A szén-dioxidhoz képest a metán huszonegyszer, míg a dinitrogén-oxid háromezertízszer hatékonyabb üvegházhatású gáz. Ezáltal a metán és a dinitrogén-oxid sokkal kisebb mennyiségben is képes nagy hatással lenni a globális klímaváltozásra. Egy 1997-es tanulmányban kétféle komposztkezelési eljárást hasonlítottak össze. Az egyik kezelést gyakran forgatták, aktívan szellőztették, a másik esetben pedig passzívan folyt a szellőztetése a komposztnak. Abban az esetben, amikor a komposztálás aktív szellőztetéssel történt 401 kg CO<sub>2</sub>-C Mg<sup>-1</sup>, ahol pedig passzívan zajlott a levegőztetés komposztálás közben ott 240 kg CO<sub>2</sub>-C Mg<sup>-1</sup> szabadult fel (Hao, et al., 2001). Egy 2004-es kutatás alapján megállapították, hogy a felszabaduló szén legnagyobb arányban CO<sub>2</sub> formában szabadul fel, míg CH<sub>4</sub> formájában csak kevesebb, mint az összes felszabaduló szén 6%-a. Azonban a metán nettó hozzájárulása az üvegházhatás fokozásához mégis nagyobb volt, mivel 21-szer hatékonyabb a szén-dioxidnál a hővisszatartó képessége. Egy későbbi kutatás során Hao és munkatársai (2005) azt vélték felfedezni, hogy foszfor-gipsz hozzáadás hatására, állati trágya komposztálása során, az üvegházhatású gázok kibocsátása 58%-kal csökkent. Ez főként a metán csökkent kibocsátásának köszönhető. A metán termelődésének csökkenése a foszfor-gipsznek volt köszönhető. Miközben a metánkibocsátás jelentősen csökkent, mindeközben a kén-tartalom a foszfor-gipsz hozzáadásának köszönhetően növekedett. A foszfor-gipsznek a dinitrogén-oxid termelődésére nem volt szignifikáns hatása, viszont a komposzt pH-jával negatívan korrelációban állt. Sommer és munkatársai (2004) több különböző technológiával végeztek méréseket a komposztok érése során bekövetkező gázkibocsátásokkal kapcsolatban. Különböző módszerekkel végzett mérések között 12-22% eltérés volt, ezért arra következtettek, hogy a gázkibocsátások mérése mérési technikától függ és hangsúlyozták, hogy a pontosításhoz további validálásra van szükség. Azonban, ha végig azonos módszerrel folyik a vizsgálat, akkor a változásokból és a különböző mérések közötti eltérésekből jól leolvashatóak a trendek.



## 2.11. Komposzt hatása a talaj térfogattömegére

A komposzt alkalmazása általában kedvezően befolyásolja a talajszerkezetet. Ezt annak köszönhetően éri el, hogy alacsony sűrűségű szerves anyagot juttatunk a talaj szervesetlen frakciójához, ezáltal csökken a talaj térfogattömege. Ez a pozitív hatás az esetek döntő többségében megfigyelhető és általában a porozitás növekedésével jár együtt, ami a szerves és szervesetlen anyagok kölcsönhatásainak eredményeképpen javul. (Amlinger, et al., 2007). Brown és Cotton (2011) a kutatásukban megfigyelték, hogy a komposzt kijuttatásának függvényében a talaj térfogattömege fordított arányban csökken vagy növekszik. Az alacsony térfogattömeg a megnövekedett pórustérre enged következtetni. A szerves frakció kisebb tömegű, mint a talajban található ásványi frakciók. Ennek eredményeként a szerves frakció növekedése csökkenti a talaj tömegsűrűségét (Brown & Cotton, 2011).

## 2.12. A komposzt hatása az aggregátum-stabilitásra

A talaj szerkezetét általában a részecskék, aggregátumok és pórusok mérete valamint térbeli eloszlása határozza meg. A talajrészecskék térfogata és a pórustérfogat befolyásolja a talaj átjárhatóságát, mind a levegő, mind a gyökerek számára. Általánosságban elmondható, hogy minél tömörebb egy talaj, annál kedvezőtlenebbek a talajviszonyok a növény növekedése szempontjából. A komposzt alkalmazásával a talaj aggregátum-stabilitása leginkább agyag és homoktalajokon növelhető. Pozitív hatás várható a mikroaggregátumok és az új, alacsony molekulatömegű makroaggregátumok kialakulásának elősegítésében is. A makroaggregátumokat főként gombahifák, finom gyökerek, gyökérszőrök és magas arányú, könnyen lebomló poliszacharidokkal rendelkező mikroorganizmusok stabilizálják (Amlinger, et al., 2007). Az ásványok és oxidok mellett a hajszálgyökerek, a hifahálózat, valamint a gyökér- és mikrobiális váladékok is jelentősen hozzájárulnak a mikroaggregátumok kialakulásához. Mindezekon felül a kijuttatott komposzt mennyisége, a komposzt érettsége, az alkalmazás gyakorisága is befolyásolja a hatásukat, de legfőképp azok a talajtípusok határozzák meg a komposzt hatását, amelyekre ki fogják juttatni. Boujaila és Sanaa (2011) kutatásából az derült ki, hogy a trágyából vagy a háztartási hulladékból készülő komposztok alkalmazása jelentős mértékben növelte a talajok szerkezetének stabilitását. Ezt a pozitív hatást a komposztálás hatására bekövetkező szervesanyag-tartalom növekedésével és megnövekedett mikrobiális aktivitással magyarázták (Amlinger, et al., 2007).

### 2.13. A komposzt hatása a vízmegtartó képességre és a beszivárgásra.

A talaj vízbefogadó képességét műveléssel lehet javítani (Lipiec, et al., 2006), kiváltképpen akkor, ha a területre szerves trágya esetleg komposzt kijuttatása is történt (Bazzoffi, et al., 1998). Olson és munkatársai (2013) kutatásaiból kiderült, hogy a városi parkok tömörödött talajainak vízbefogadó képességét csak mélyműveléssel, elhagyva a komposzt kijuttatását, hosszútávon nem lehetett fenntartani. Somerville és munkatársai (2018) is az előzőekhez hasonló megfigyelésre jutottak, amikor fák növekedését vizsgálták tömörödött városi talajokon komposzt kijuttatása mellett. A talajban található víz mennyisége függ attól a vízmennyiségtől, amely képes a talajba beszivárogni és attól, hogy abból mennyit képes a talaj megtartani. A talaj víztartó képessége általában a részecskemérettől, a szerkezettől és a talaj szervesanyag-tartalmától függ. Az agyagos talajok magasabb mátrixpotenciálja és kisebb pórusmérete miatt általában jelentősen több vizet tudnak megkötni, mint a homokos talajok. Brown és Cotton (2011) rámutattak arra, hogy általában a talajok textúrája a fő tényező, amely befolyásolja a vízmegőrző képességet, azonban a szerves szén növekedése jelentős szerepet játszik a talaj víztartó képességének javításában. Ezenkívül kutatásaikból kiderült, hogy a komposzt hatása a vízmegtartó képesség tekintetében, durvább szerkezetű talajokon jelentős javulást hozott, míg finomabb szerkezetű talajokon a vízmegtartó képesség kismértékű, vagy semmilyen javulást nem eredményezett. A víz beszivárgási sebességét is vizsgálták, ahol azt az eredményt kapták, hogy a komposzt hozzáadása, a vizsgált talajok mindegyikén növelte a víz beszivárgási sebességét a kontrollhoz képest. További szerzők (Bouajila & Sanaa, 2011) hasonló eredményeket publikáltak, miszerint a nagy szervesanyag-tartalmú komposztok alkalmazása jobb víz beszivárgást tesz lehetővé. Eredményeikben az látható, hogy komposzt és trágya 120 tonna/hektáros alkalmazása mellett jelentősen javult a beszivárgás, a kontrollhoz képest. A beszivárgás sebessége is nőtt. A gyorsabb beszivárgás kevesebb elfolyással, jobb légzéssel és javult öntözési hatékonysággal társul (Daniel & Bruno, 2012). A víz beszivárgási sebessége jelentősen függ a talaj textúrájától is, hasonlóan a víztartó képességhez. A tanulmányban a legnagyobb javulásokat a víztartó képességben a durva textúrájú vagy homokos talajok esetében lehetett tapasztalni, míg a beszivárgási sebesség a finom textúrájú talajok esetében mutatta a legnagyobb javulást (Brown & Cotton, 2011). A talajokra kijuttatott komposztált szarvasmarha trágya pozitív hatást mutatott, javította a beszivárgást és akár 20%-kal csökkentette az elfolyt víz mennyiségét (Ramos & Martinez-Casnovas, 2006). A komposzt hozzáadásának következtében javuló talajszerkezet hatására csökkenthető az erózió mértéke, amely a gyorsabb beszivárgásnak, a nagyobb víztartó képességnek és a

megnövekedett aggregátum-stabilitásnak köszönhető. Amlinger és munkatársai (2007) szerint, kísérleti próbák egyértelmű összefüggést mutattak ki a talaj szervesanyag-tartalom növekedése, a talaj sűrűségének csökkenése, valamint a víz által lemosott talaj és az elfolyt víz mennyisége között. Strauss (2003) öt éven át tartó kísérletének eredményeiből kiderült, hogy a talajerózió 67%-os csökkenést, az elfolyt víz mennyisége 60%-os csökkenést, míg a talaj szervesanyag-tartalma 21%-os növekedést mutatott a kontrollparcellához képest.

## 2.14. A komposzt hatása a talaj kémiai tulajdonságaira és a tápanyagtartalomra

A komposztok jelentős mennyiségű, értékes tápelemeket tartalmaznak, ideértve a nitrogén, foszfor, kálium, kalcium, magnézium, kén és további mikro és makroelemek. A tápelem tartalom, valamint más fontos kémiai tulajdonságok, mint például a C/N arány, a pH-érték és az elektromos vezetőképesség, a komposzt kiindulási alapanyagaitól és az komposztkezelési technológiától is függ. A tápelemtartalmán felül sok más pozitív tulajdonsággal rendelkezik, amely a talajoknak és az azokon természetien kívánt növényeknek előnyt jelent. Soheil és munkatársai (2012) egy kísérletben városokból származó szerves hulladékból készített komposzt hatását vizsgálták a talaj és a kukoricánövény tekintetében egy tenyészedényes kísérletben. Ennek a kísérletnek az eredményeként megállapították, hogy a talajban rendelkezésre álló N, P és K mennyisége, valamint a mikrotápanyag/nehézfém koncentrációi növekedtek. Az eredmények azt mutatták, hogy a növényekben a kijuttatott komposzt mennyiségének növekedésével növekedett a N, P, és K tartalom, valamint a mikrotápelemek koncentrációja. A háztartásokból származó szerves hulladék komposzt használata szignifikánsan növelte a makro és mikrotápelemek koncentrációját, emellett jelentős hatással volt a nehézfémek koncentrációjára is. A komposztok alkalmazásánál nagy figyelmet kell szentelni a komposzt beltartalmi értékeire, figyelembe kell venni egyes elemek esetleges túlzott mennyiségét és toxicitását, valamint a sótartalmát, mert ezek akár kedvezőtlenül is megváltoztathatják a talajok tulajdonságait, ami a termések csökkenéséhez vezethet. A komposztokban általában nagy az ionkoncentráció, ha néhány ion koncentrációja túlzottan nagy, akkor azok kedvezőtlenül változtatják meg a talaj sótartalmát (Soheil, et al., 2012). Brown és Cotton (2011) tanulmányából kiderült, hogy a komposzttal kezelt talajokban a növények számára felvehető tápanyagok koncentrációja hasonló mértékben növekedett, mint a műtrágyával kezelt talajoknál, a kontroll csoportokhoz képest. Abdel-Rahman (2009) kísérletében azokat a kezeléseket hasonlította össze ahol 0 tonnát, 5 tonnát, 10 tonnát juttatott ki komposztból hektáronként, majd betakarítás után vizsgálták a termés tápelemtartalmát. A mérésekből kiderült, hogy az N, P és K tápelemek tartalma az összes komposzttal kezelt

parcellában nagyobb volt, mint a kontroll területeken, a legnagyobb növekedést a tápelemtartalomban azokon a parcellákon tapasztalta ahol 10 tonna volt a hektáronkénti kijuttatott mennyiség. A komposztkezelés hatására a mikroelemek felvétele is növekedett, mint például a réz, mangán és cink (Amlinger, et al., 2007). Bouajila és Sanaa (2011) beszámolója alapján a kijuttatott komposzt mennyiségétől függően a szerves nitrogén szintjében szignifikáns növekedést eredményezett, a minél nagyobb kijuttatott mennyiség. Fontos megjegyezni, hogy a komposztoknak, a laborokban mért tápanyagtartalma, nem 100%-ban vehető fel a növények számára. Ennek az az oka, hogy a szerves mátrixban lévő különböző kémiai kötések és vegyületek formájuk miatt a növények számára felvehetetlen formában vannak jelen. Ezek az immobilizációk idővel megszűnnek, a tápelemek feltárodnak (Tayebeh, et al., 2010). Ennek köszönhetően a komposzttal végzett trágyázás hatása hosszabb ideig tart a tápanyagok lassú és fokozatos felszabadulása miatt (Seran, et al., 2010). A komposztok ezért sokkal jobban ellenállnak a kimosódásnak. Különösen a komposzt nitrogén trágyázási hatása korlátozott a lassú mineralizációs folyamatok és a mikrobiális immobilizáció miatt (Tayebeh, et al., 2010). A biológiailag lebomló szerves hulladékok komposztálása utáni mezőgazdasági felhasználás elősegíti a talajok szervesanyag-tartalmának növelését, a talajszerkezet javulását, és közvetetten hozzájárul a szénveszteség csökkentéséhez, ami a klímaváltozás miatt nem elhanyagolható szempont.

## 2.15. A komposzt hatása a talajok kationcsere-kapacitására

A kationcsere-kapacitás egy nagyon fontos mutató a talajok minőségének értékeléséhez. Megmutatja, hogy egységnyi tömegű talaj, adott pH-n, mennyi kationt tud kicserélhető formában megkötni, ezáltal megadja a kolloidok felületén lévő negatív töltések mennyiségét. Agegnehu és munkatársai (2014); Abdel-Rahman (2009) valamint Mohammad és munkatársai (2004) bebizonyították, hogy a komposztok alkalmazása növeli a kationcsere-kapacitást. Mohammad és munkatársai (2004) tanulmányukban a komposztok alkalmazásának hatását vizsgálták, 0 kijuttatott tonnától 120 tonnáig hektáronként. Azt kapták eredményül, hogy minél nagyobb a kijuttatott mennyiség, annál jobban növekedett a talaj kationcsere-kapacitása. Amlinger és munkatársai (2007) szerint a talaj szerves anyaga, kb. 20 és 70 % közötti intervallumon járul hozzá a talaj kationcsere-kapacitásához. Abszolút értékben a szerves anyagok átlagos töltése 300 és 1400 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> között változik, ez az érték sokkal magasabb, mint bármely más szerves anyag kationcsere-kapacitása.

## 2.16. A komposzt hatása a talaj pH értékére és a pufferkapacitásra.

A talaj pH értéke a talaj savasságát vagy lúgosságát jelzi. A pH az oxónium ionok anyagmennyiség koncentrációjának tízes alapú negatív logaritmus. A növénytermesztés szempontjából egy nagyon fontos talajtulajdonság, mert különböző növények termesztéséhez eltérő pH értékekre az ideálisak. Egyes tápanyagok felvehetőségét is tudja befolyásolni a kémhatás. A komposztok alkalmazása általában növeli a pH-t, mivel gazdag a kalcium, magnézium és kálium alkalikus kationokban, amelyeket a szerves anyagokból származó mineralizáció során szabadítanak fel (Agegnehu, et al., 2014) és (Daniel & Bruno, 2012). Éppúgy, ahogy a rendszeresen alkalmazott komposzt fenntartja vagy javítja a talaj pH-ját (Abdel-Rahman, 2009) és (Soheil, et al., 2012). Azonban néhány ritka esetben tapasztalható pH csökkenés komposztos kezelést követően (Mohammad, et al., 2004). Kluge (2006) is megerősítette, hogy még mérsékelt komposztmennyiség alkalmazása esetén is jelentős mértékben növelhető az alacsony pH-jú talajok kémhatása, ezáltal közelítve a semleges pH-hoz. Komposztal kezelt talajok tápanyagtartalma és pH-ja növekszik, miközben a potenciálisan toxikus nehézfémek mennyisége csökken, ezért kiválóan alkalmas szennyezett savanyú talajok rekultivációjának elősegítésében (Farrel & Jones, 2010), (Lima, et al., 2018), (Brennan & Acosta-Martinez, 2018).

## 2.17. A komposzt hatása a vízfelhasználásra

A fenntartható mezőgazdaság fő célja, hogy a hatékony termelés mellett a lehető legalacsonyabbra csökkentse a környezetre gyakorolt negatív hatásokat. Különösen fontos a vizekre és a talajokra gyakorolt kártékony hatások mérséklése. Fontos a talaj degradációjának megállítása, amely a tápanyagvesztés és a szerves anyagok gyors csökkenését okozza, aminek következtében a talaj minősége és a termékenysége is csökken. Az egyik nagy problémát a talajaink degradációjában az jelenti, hogy ezzel együtt a talaj vízvisszatartó képessége is csökken. Az elmúlt években a talaj szerves anyagának vízhez való kötődési képessége fontos kutatási téma lett. A komposzt nagy előnye a műtrágyákkal szemben, hogy olyan pozitív többlettulajdonságokkal rendelkezik, amilyen tulajdonságok a műtrágyák esetében nem állnak rendelkezésre (Adugna, 2018). Először is szerves anyagot juttat a talajba, ami javítja a víz kölcsönhatását a talajjal. Homokos talajok vízháztartását jelentősen tudja javítani, ezáltal növelve azokon a talajokon termesztett növények szárazságtűrését és a termésbiztonságot. Az agyagos talajokon növeli a porozitást, ezzel csökkentve a pangó víz kialakulásának esélyét. A komposztok mezőgazdasági célú felhasználása különösen olyan homokos talajokon eredményez nagy javulást, amelyeknek alacsony a víz- és tápanyagmegkötő

képessége (Laila, 2011). A komposztok a talaj szervesanyag-tartalmának növelésével javíthatják a talaj vízmegkötő képességét (Brown & Cotton, 2011). Mohammad és munkatársai (2004) kísérletükben bebizonyították, hogy amint a kijuttatott komposzt mennyiségét 0 tonnáról 120 tonnáig fokozatosan növelték hektáronként, úgy nőtt a talajban megkötött víz mennyisége. Brown és Cotton (2011) kimutatták, hogy a talaj vízmegkötő képessége pozitív összefüggést mutat a talaj szerves anyag tartalmával és negatív összefüggést mutat a talaj sűrűségével. A közölt eredményekből az derült ki, hogy a komposzttal kezelt talajok vízmegtartó képessége átlagosan 1,57 szerese volt a kontroll talajokénak. Zemanek (2011) szintén megerősítette, hogy az 50 tonna/hektár és a 100 tonna/hektár mennyiségű komposzt pozitív hatással van a talaj vízmegőrző képességére, függetlenül a talaj típusától, a növényborítottságtól és az eső mennyiségének esetleges befolyásától. A 100 tonnás kezelés hosszabb ideig tartotta a magasabb nedvességtartalmat az 50 tonnás kezeléshez képest. Noah és munkatársai (2010) vizsgálatában a komposzt és a műtrágyák hatását vizsgálta a vízhasználat hatékonysága tekintetében kukorica növényen. A komposzttal kezelt talajok esetében a növényeknek a vízre irányuló igényének kielégítése jelentős jobban ki volt elégítve, mint a műtrágyával kezelt talaj estében. Ebből arra lehet következtetni, hogy a komposzttal kezelt talaj vízmegtartó képessége javult a műtrágyával kezelt talajéhoz képest. Ez azért van, mert a komposzt növeli a talaj szerves anyag tartalmát, ezáltal pedig a víztartó kapacitást is (Brown & Cotton, 2011). Zemanek (2011) kimutatta, hogy komposzttal kezelt homokos talaj növelte a víz és trágyahasználat hatékonyságát. Noah és munkatársai (2010) is megfigyelték, hogy a nitrogénnel dúsított komposzt javította a termesztett növények vízfelhasználási hatékonyságát 11%-kal, ami 4-szer nagyobb volt a műtrágyás és a kontroll kezeléshez képest.

## 2.18. A komposzt hatása a talaj biológiai tulajdonságaira

A komposztok használatának egyik nagy előnye, hogy serkenti a talajban élő mikro- és makroszervezetek élettevékenységét. Ezek az organizmusok nagyon fontos szerepet töltenek be a talajban, hiszen alapját képezik egy egészséges talaj kialakulásának, fennmaradásának. A komposzt serkentő hatással van mind a komposzt alapanyagában lévő mikrobiális szervezetekre, mind a talajban élő mikrobákra (Adugna, 2018). Brown és Cotton (2011) kísérletéből kiderült, hogy a komposzttal kezelt talajokban nőtt a mikrobiális aktivitás a kontroll talajokhoz képest. Megfigyelték, hogy 2,23-szor volt nagyobb a mikrobiális aktivitás, mivel a komposztban található szerves anyagok és más értékes tápelemek tápanyagot biztosítottak a mikroorganizmusok számára. Paul (2003) végzett egy hosszú távú kísérletet, melyben komposzt és műtrágya hatását vizsgálta a talajbiológiai aktivitásra, megfigyeléseiből kiderült,

hogy a mikrobiális aktivitás a komposzttal kezelt talajok esetében növekedett. A növekedés nem csak az aktivitásukban volt mérhető, hanem a mikroorganizmusok változatosságában is jelentkezett, a komposztos kezelések esetében. Általában a szerves vegyületek két csoportja felelős a mikrobiális aktivitásért: A könnyen bomló szerves vegyületek átmenetileg növelhetik a mikrobiális aktivitást, míg a mikrobiális biomassza tartós növekedése a stabil, nehezen bomló szerves anyagok mennyiségétől függ (Paul , 2003). A komposztnak fontos szerepe lehet a talajon élő kórokozók és kártevők elleni küzdelemben is (Mehta, et al., 2014).

## 2.19. A komposzt alkalmazásának hatása a növények termésmennyiségére és minőségére

Komposztrágyázással a növények fejlődése serkenthető és vele hasonló terméseredmény elérése lehetséges, mint műtrágyázással, úgy, hogy közben növeljük a raktározott szén mennyiségét a talajban (Baldi, et al., 2018). Azáltal, hogy a komposztok jótékony hatással vannak a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaira, hozzájárulnak a termesztett növények termésbiztonságának, minőségének és mennyiségének növeléséhez (Tayebeh, et al., 2010), (Amlinger, et al., 2007). Tartamkísérletekből kiderült, hogy a tisztán komposzt alkalmazása esetén a terméshozamok többnyire alacsonyabbak voltak az ásványi műtrágyákhoz képest, legalább az első években (Agegnehu, et al., 2014), (Amlinger, et al., 2007). Ez a jelenség a komposztban található tápanyagok lassú felszabadulásával magyarázható a mineralizáció során. Mohammad és munkatársai (2004) kísérletükben komposzt használatát tesztelték a szintetikus műtrágyák alternatívjaként a terméshozam növelése és a mezőgazdaság fenntarthatóságának érdekében. A kísérletet egy száraz és egy nedves évben végezték el. A száraz évből származó terméshozamok a kijuttatott komposztmennyiség növelésével egyenes arányban nőttek. Azonban a nedves évből származó adatokban azt mutatták, hogy a maximálisan kijuttatott 120 tonna/hektáros kezelésnél alacsonyabbak voltak a termések, mint az 50 tonna/hektáros mennyiségnél. Az eredményeket azzal magyarázták, hogy a nagy dózisu kezeléseknél a növények a vegetatív növekedési szakaszban fejlődtek jobban, majd később a generatív szakaszban nem volt akkora potenciál ezeknél a kezeléseknél (Mohammad, et al., 2004). Egy másik tanulmány szerint a kukorica termése jelentősen nőtt a kontroll kezeléshez képest, 107 és 124 %-kal, miután 5 és 7 tonna mennyiségű komposztot alkalmaztak (Laila, 2011). Ezenkívül a komposzt növeli a növények számára felvehető tápanyagok mennyiségét a talajban, ezáltal serkentve a gyökérnövekedést és a növény által felvehető tápanyagok mennyiségét, ami a növény gyorsabb növekedését eredményezi (Soheil, et al., 2012). Abdel-Rahman (2009) szintén azt jelentette, hogy 5 tonnás hektáronkénti komposztos kezelés a cirok

termésmennyiségét 45%-kal növelte a kontroll parcellákhoz képest, míg azokon a parcellákon ahol 10 tonnás hektáronkénti mennyiséget juttattak ki, ez a növekmény csak 19%-os volt. A komposztok nem csupán a növények termésbiztonságát és a termésmennyiséget növelik, hanem termés minőségét is pozitívan befolyásolja (Soheil, et al., 2012). Abdel-Rahman (2009) megfigyelte, hogy a kukorica beltartalmi mutatói javultak a komposzt alkalmazási arányának növekedése következtében. Tayebah és munkatársai (2010) kísérleteikben megfigyelték, hogy komposztnak jelentős hatása van a mag fehérjetartalmára is. A műtrágyákhoz képest a komposzt sokkal lassabban fejt ki tápanyagszolgáltató képességét, mert a benne lévő tápanyagok feltáródása lassú folyamat, ezért fennállhat az a helyzet, hogy csak komposzttal kezelt talajokon, a növények tápanyaghiányban szenvednek. A komposzttal a tápelemeket a talajba juttattuk, csak azok egyelőre a növények számára felvehetetlen formában vannak ott jelen. Ezért a műtrágyák és a komposztok alkalmazásának ötvözése lehet a megoldás a termelékenység növelésére. Az ilyen felhasználás hozzájárul a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak, valamint a talaj szerves anyagának és tápanyag ellátottságának javításához. Seran és munkatársai (2010) azt vizsgálták, hogy az ajánlott műtrágya mennyiségének a felével és komposzt 4 tonna/hektáronkénti arányával, megfelelő mennyiségű termés realizálható-e. Abban az esetben, amikor a növények tápanyagigényének felét műtrágyával, a másik felét komposzttal elégítették ki, a kontroll kezeléshez képest 129%-os volt a növekedés (Agegnehu, et al., 2014). Tayebah és munkatársai (2010) műtrágyák és szerves trágyák hatását vizsgálták búza növényen. A kísérlet végeredményeként megkapták, hogy magasabb hozam érhető el szerves illetve szervetlen trágyák kombinált használata mellett, úgy hogy mindeközben a beltartalmi mutatók nem romlanak. Tanulmányaik eredményéből kiderül, hogy a szükséges nitrogénmennyiség 30%-át lehet komposzttal helyettesíteni, úgy hogy a búza beltartalmi mutatói még ne csökkenjenek. A továbbiakban részletezett kutatási eredmények Szabó Anita és Vágó Imre (2010) kutatásaiból származnak. Kísérletükben komposzt-talaj bekeverési arányának hatását vizsgálták a talaj-növény rendszerben. Komposztot homokkal keverték össze 25%-75%-os arányban és tápközegen fejlődő jelzőnövény zöldtömegét mérték. Ebben az esetben, amikor 25%-os volt a komposzt aránya, a zöldtömeg hatszor nagyobb volt, mint a kontroll homoktalajon. Kimutatták, hogy a tápközeg széntartalma is egyenesen arányosan változott a bekevert komposzt mennyiségétől függően, azonban a különböző komposzt dózisok nem mutattak szignifikáns eltérést a növény C-tartalmával kapcsolatban, hiszen a növény a levegő CO<sub>2</sub>-tartalmából elégíti ki C iránti igényét.



### 3. Anyag és módszer

#### 3.1. A talaj

A kísérletemhez a talajt a Komárom-Esztergom vármegyében elhelyezkedő Csolnok község határain belül gyűjtöttem (47.682896, 18.709188), mint ahogy az a 2. ábrán is látható, egy nagy szántóföldi művelés alatt álló tábláról.

2. ábra: A talajvételi pont elhelyezkedése térképen  
(Forrás: Google térkép, 2024)



A talajt a száradását követően átszitáltam. Kiválogattam belőle a szár és gyökérmaradványokat, le nem bomlott szerves anyagtól mentessé tettem a talajt. Ezt követően daráló segítségével ledaráltam a talajt, majd homogenizáltam.

#### 3.2. A komposzt

A kísérletemben használt szarvasmarha trágya komposzt, egy kereskedelmi forgalomban jelenleg is kapható terméskövelő anyag. A kézhez kapott laboreredményeket, amelyek egy külső laborból származnak, az 1. és 2. táblázat szemlélteti.

1. táblázat: A felhasznált komposzt laboreredményei  
(Forrás: saját szerkesztés)

Vizsgálat	Mértékegység	Eredmény
Száranyag -tartalom	m/m%	82,4
pH-H <sub>2</sub> O		7,29
Térfogattömeg (kg/dm <sup>3</sup> )	kg/dm <sup>3</sup>	0,48
Szemcseméret <20 mm	%	100
Vizoldható összes só	m/m% sza	6,48
Szervesanyagtartalom 600 °C	m/m% sza	51,4
Összes N	m/m% sza	1,37
Összes foszfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	m/m% sza	1,58
Összes kálium (K <sub>2</sub> O)	m/m% sza	2,23
Összes kalcium	m/m% sza	5,5
Összes magnézium	m/m% sza	0,73
Összes arzén (As)	mg/kg sza	2,23
Összes kadmium (Cd)	mg/kg sza	0,31
Összes kobalt (Co)	mg/kg sza	2,00
Összes króm (Cr)	mg/kg sza	18,3
Összes réz (Cu)	mg/kg sza	44,1
Összes higany (Hg)	mg/kg sza	0,33
Összes nikkel (Ni)	mg/kg sza	11,9
Összes ólom (Pb)	mg/kg sza	5,57
Összes szelén (Se)	mg/kg sza	1,17

2. táblázat: A felhasznált komposzt fémtartalom vizsgálat eredményei  
(Forrás: saját szerkesztés)

Fémtartalom vizsgálat	Mértékegység	Eredmény
B	mg/kg sza	26,9
Fe	mg/kg sza	6180
Mn	mg/kg sza	427
Mo	mg/kg sza	1,82
S	m/m %	1,67
Zn	mg/kg sza	225

Megnézve a kapott értékeket, jól látható, hogy minden érték megfelel a forgalomba hozatali engedélyben meghatározottaknak (36/2006.(V.18) FVM rendelet a terméskövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról).

### 3.3. Kísérlet

Az első kísérletemet 2023. szeptember 28-án állítottam be. A kísérletem célja, hogy összehasonlítsam különböző komposztformák hatását a talajra és a rajta fejlődő növényekre. A

kísérletem során sima komposzttal és komposzt pellettel kezelt talajokat vizsgáltam. A vizsgálatot 28 napra állítottam be, ahol a 14-ik napon elvégeztem az addig megnőtt növényzet visszavágását. A kísérletet négy ismétlésben állítottam be. A két kezelésből és a kontrollból valamint az ismétlésszámból adódik, hogy 12 darab cserépedényben zajlott a kísérlet. A cserepek 12 centiméteres átmérőjű lefelé keskenyedő, az aljukon lyukas, műanyag edények. Az edényeket elláttam a megfelelő címkével, a könnyebb azonosíthatóság érdekében. Mindegyik edénybe 500 gramm talajt precízen kimértem. Mielőtt a talajt belehelyeztem volna az edénykébe, mindegyiknek az aljára szűrőpapírt helyeztem, hogy az alsó lyukakon ne folyjon ki a talaj. Figyelembe véve a 170 kg/ha-os kijuttatható nitrogén hatóanyag mennyiséget kiszámoltam, hogy az edényben lévő talajfelületre, hány gramm komposzt juttatható ki. A számolás végeredményeként megkaptam, hogy 5 gramm komposztot kell kimérnem mind a sima mind a pelletált variációból. Miután pontosan kimértem a mennyiségeket, a megfelelő tenyészedénybe helyeztem őket. Ezt követően talajba 1-2 cm mélyen bekevertem a komposztot. A bekeverést követően elkezdtem kimérni a fűmagkeverékből 2 grammokat. A fűmagkeverék 3 különböző fajt tartalmazott. A legnagyobb, 50 %-os arányban nádképű csenkeszt (*Festuca arundinacea*), 35 %-os arányban angolperjét (*Lolium perenne*), legkisebb arányban, 15 %-ban pedig vörös csenkeszt (*Festuca rubra*). Mielőtt a fűmagokat elvettem volna, a talajokat desztillált vízzel kellőképpen belocsoltam, addig, hogy a cserepek alján lévő szűrőpapír is átnedvesedjen. Ezt követően a már korábban kimért 2 gramm fűmagot egyenletesen rászórtam a talajfelszínre, majd egy kis mennyiségű desztillált vízzel megöntöztem a magokat. A növények berohadásának megelőzése végett, az öntözést nem naponta végeztem, hanem a talaj nedvességtartalmától függően.

0. nap (09.28).: A vetés napja.

4. nap (10.02).: A növények kelése ekkorra már elkezdődött. A kontroll csoport cserepeiben jóval több növény volt számlálható, mint a komposztos kezeléseknél. A pelletes kezelés elmaradt a sima komposztos kezeléshez képest.

6. nap (10.04).: A kikelt növények szépen fejlődtek, de a kikelt magok számában a komposztos kezelések nem érték utol a kontroll ismétléseit.

12. nap (10.10).: A növények magassága már a cserép magasságával csaknem megegyező, A pelletes kezelés van a legnagyobb elmaradásban, a sima komposztos kezelés kissé le van maradva a kontrollhoz képest. A kontroll ismétléseinél tapasztalható volt, hogy 1-2 szál növény elkezdett száradni és megdőlni.

14. nap (10.12.): Ezen a napon történt meg a növényállomány levágása. A levágás közben tapasztaltam, hogy a kontroll talajokon fehér penészgyep látható.

19. nap (10.17.): A penészgyep a többi talajon is megjelent, a cserepekben 1-2 szál növény kivételével, a többi megállt a növekedésben, száradásnak indultak.

24. nap (10.22.): Az állományok teljesen összeszakadtak, elszáradtak. A növények elhalása miatt, a kísérletet leállítottam.

A második kísérletemet 2023. november 7-én állítottam be, ugyanazokkal a paraméterekkel, amikkel az első beállítása történt. Az öntözések gyakoriságát, csökkentettem, ezzel próbálva megelőzni, az ismételt megfertőződést.

0. nap (11.07.): A vetés napja.

2. nap (11.09.): A magok csírázása még nem indult meg. Mivel a talaj elég nedves volt, így öntözésre nem volt szükség.

6. nap (11.13.): A magok elkezdtek kikelni, egyes növények már elérték az 2-3 cm-es magasságot. A pelletált komposztos kezelések jól láthatóan le voltak maradva a sima komposzttal kezelt és a kezeletlen ismétlésekhez képest.

7. nap (11.14.): A kikelt magok, ezáltal a növényállomány sűrűségét tekintve, a kontroll csoport szemmel láthatóan a másik két kezelés előtt járt. A sima komposzttal kezelt ismétlések kicsit, míg a pelletált komposzttal kezelt ismétlések jóval le voltak maradva a kontrollhoz képest.

13. nap (11.20.): A két kezelés eddigre nagyjából utolérte a kontrollcsoportot. Ezen a napon volt, hogy az első penészgyepet észrevettem a kontrollcsoport 2. ismétlésén. A cserép alatt a tálcán is összefüggő penészgyep volt felfedezhető, így a továbbiakban az összes tenyészedényt rácsra helyeztem, hogy alattuk is biztosítva legyen a megfelelő szellőzés, ezzel megpróbálva megelőzni a többi kezelés megfertőződését.

14. nap (11.21.): Ezen a napon végeztem el a növényállomány levágását. Az ollóval történő vágást a cserép szélének magasságában végeztem, majd a levágott mintákat papírzacskóba helyeztem. A levágott növények szárítószekrényben szárításra kerültek.

20. nap (11.27.): A gombás fertőzés a többi kezelésre is áttért. A különböző cserepek mindegyikében felfedezhető pár darab növény, amelyik pusztulásnak indult. A korábbiakban mutakozó gyors fejlődési ütem jelentősen alábbhagyott.

28. nap (12.05.): Egyes ismétlések teljesen elpusztultak, fejlődésben teljesen megálltak, fejlődés nem volt tapasztalható a 8 nappal korábbi állapothoz képest. Azok, amelyek nem pusztultak el teljesen azok sem növekedtek tovább. Ezen a napon történt a növényállomány teljes leszedése a cserepekből és külön zacskókba helyezése, majd szárítása. A különböző ismétlések talajainak szétszedése, levegőn szárítása, mozsárban őrlése, a minták homogenizálása és az esetlegesen talajban maradt szár és gyökérmaradványok eltávolítása.

#### 3.4. Talajok vizes és kálium-kloridos pH-jának meghatározása potenciometriásan

A pH-t direkt potenciometriás módszerrel határoztam meg. Üvegelektóddal végeztem a mérést, hiszen itt a pH-értéktől függő potenciálváltozás egy vékony üvegmembrán két oldala között jön létre. Valamint az üvegelektród másik nagy előnye a mérőelektrodokkal ellentétben, hogy nem befolyásolják a mérés közben az oldatban lejátszódó oxidáló vagy redukáló hatások.

A pH-t 1:2,5 talaj – víz arányú illetve 1:2,5 talaj – 1 mol/l-es KCl arányú szuszpenzióban határoztam meg.

a, pH (H<sub>2</sub>O) méréséhez műanyag laborkémcsövekbe, kimértem mindegyik talajból 5-5 grammot. Miután gondosan kimértem a talajokat, mindegyik mintára 12,5 ml desztillált vizet öntöttem. Az edények lezárását követően a talajszuszpenziót alaposan felráztam és legalább 12 órán át sav- és lúgmentes levegőjű helységben állni hagytam.

b, pH (KCl) mérésénél az előzőekben leírtak szerint jártam el, azzal a különbséggel, hogy a desztillált víz helyett, 1 mol/l-es KCl-ot adagoltam.

A mérés menete: A műszer kalibrálását és ellenőrzését követően, a talajszuszpenziókat a méréshez megfelelő hőmérsékletűre állítottam. Az üvegelektrodot minden mérést megelőzően desztillált vízzel leöblítettem, az aktuálisan mérni kívánt talajszuszpenziót a mérés előtt felráztam, majd az üvegelektrodot belemerítettem. A pH-értékeket 2 perces várakozást követően leolvastam és feljegyeztem.

#### 3.5. Az összes karbonáttartalom (szénsavas mész) meghatározása Scheibler-módszerrel

A CaCO<sub>3</sub>-ban kifejezett összes karbonáttartalmat kalciméterrel határoztam meg. A mérés alapelve: A talajra híg sósavat juttatunk, majd a fejlődő szén-dioxid-gáz térfogatából számítjuk ki a CaCO<sub>3</sub> mennyiségét. Az alábbi kémiai reakció folyamat játszódik le:



A módszer a talajban található összes karbonátot méri, nem tesz különbséget a jelenlévő karbonátformák között.

Szükséges eszközök: Scheibler-féle kalciméter (a  $\text{CO}_2$  elnyelés megakadályozására 10%-os NaCl-al feltöltve)

Szükséges vegyszerek, oldatok: szükség van 10%-os sósavra (HCl) a reakcióhoz, 10%-os nátrium-kloridra (NaCl) a kalciméter feltöltéséhez, amihez még hozzáadunk 0,5 mol/l-es  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -et valamint 2 cm<sup>3</sup> metilvörös indikátort.

Az üveglapra helyezett kiskanálnyi mintára sósav csepegtetését követően erős pezsgést tapasztaltam, ezért a reakcióedénybe a továbbiakban 1 gramm talajt mértem ki. A savtartó csövecskébe 15 cm<sup>3</sup> 10 %-os HCl-ot öntöttem, majd a reakcióedényt gumidugóval lezártam. A készülék háromfuratú csapját olyan helyzetbe állítottam, hogy a készülékben található levegő egyelőre szabadon áramolhasson kifelé valamint befelé. A folyadéknívót a magasba emelt szintezőpalack csapjának nyitásával addig emeltem, amíg az U alakú cső, beosztásos szárában a zárófolyadék a skálán jelzett 0 pontig nem ér. Ezt követően elzártam a szintezőpalack és az U alakú cső közötti csapot. A háromfuratú csapot ezután úgy fordítottam, hogy a reakcióedény és a készülék légtere összeköttetésben legyen. A reakcióedény megdöntésével a sósav a bemért talajra jut és megkezdődik a  $\text{CO}_2$  képződés. A  $\text{CO}_2$  fejlődését mágneses automata keverővel segítetttem elő. Az összekötő csap segítségével az U csőben a zárófolyadék szintjét folyamatosan csökkentettem, így a folyadék felesleges része az alacsonyabba helyezett nivóedénybe jut. A folyadékszint csökkentésénél ügyeltem arra, hogy az U cső beosztás nélküli szárában a folyadéknívó valamivel mindig magasabban volt, mint az ellenkező oldalú, beosztással rendelkező, szárában. A reakciót 5 perc gépi keverés után tekintettem befejezettnek. A reakció lejátszódását követően a folyadéknívót a két csőben kiegyenlítettem, majd leolvastam a fejlődött  $\text{CO}_2$  gáz térfogatát.

### 3.6. A talaj Arany-féle kötöttségi számának ( $K_A$ ) meghatározása kézi keveréssel

Az Arany-féle kötöttséget az úgynevezett fonalpróbával lehet meghatározni. 100 gramm légszáraz talajhoz, addig kell vizet adagolni ameddig el nem éri a talaj a megfelelő állapotot. A víz fogyása cm<sup>3</sup>-ben kifejezve az Arany-féle kötöttségi szám.

A vizsgálatra előkészített légszáraz talajokból mérlegben 100-100 grammnyit kimértem porcelán tálakba. Állandó keverés mellett bürettából kis részletekben addig adagoltam hozzájuk a desztillált vizet, ameddig először egyenemű, csomómentes képlékeny pépet nem kaptam. A víz további adagolását addig folytattam, ameddig a pép el nem érte a képlékenység felső határát. Ezt fonal próbával állapítottam meg. A képlékenység felső határát akkor éri el a pép, amikor a

keverőkanál pépbe nyomását követő hirtelen kihúzás után egy „talajfonal” keletkezik, amely elszakad és a kihúzott kúp hegye visszahajlik. Ezek után a bürettárolól leolvastam a fogyott víz mennyiségét.

### 3.7. Vízben oldható összesség-tartalom meghatározása

A módszer elve.: Vízrel telített talajpépnek, a képlékenység felső határán mérjük az elektromos vezetőképességét. A pép készítése közben a talajban található sók oldhatóságuknak megfelelően oldatba mennek és ionjaikra disszociálnak a folyadékfázisban. Az oldatban lévő ionok mennyisége a disszociáció fokától és az oldott anyag koncentrációjától függ.

A méréseket konduktométerrel végeztem. Előzetesen 2 mm-es szitán átengedett, légszáraz talajhoz addig adagoltam vizet, ameddig a képlékenység felső határát el nem érte. Az ismert kapacitású merülőelektrodót a talajpépbe helyeztem, úgy, hogy az ne érjen az edényhez, mert attól mérési elégtelenség lépne fel. Ezt követően leolvastam a vezetőképességét valamint megmértem a talaj hőmérsékletét. Az oldatok vezetőképességét a fajlagos vezetőképességgel definiálják. Ez ellenállásból és a fajlagos vezetőképességből számítható ki.

### 3.8. A talaj ásványi nitrogéntartalmának meghatározása

A talajmintákból híg sóoldat (KCl) segítségével kivonatokat készítettem, majd vízgőzdesztilláló készülékben meghatároztam az  $\text{NH}_4^+$  és  $\text{NO}_3^-$  tartalmat. Elsőnek az  $\text{NH}_4^+$ -N-t határoztam meg majd utána az  $\text{NO}_3^-$ -N +  $\text{NH}_4^+$ -N-t. A kettő különbségéből megkaptam a  $\text{NO}_3^-$ -N mennyiségét.

*Meghatározás menete:* 40 gramm talajt mérlegben bemértem, majd rázóedénybe raktam. Mérőhengerből 100 ml 1%-os KCl oldatot öntöttem hozzá. A talajszuszpenzió elkészítéséhez 1 órán keresztül forgó rázógéppel rázattam. A rázatást követően a talajszuszpenziót leszűrtem.

*$\text{NH}_4^+$ -N tartalom meghatározása:* A desztilláló lombikba 20 ml szűrlet pipettázását követően, 6 ml 33%-os NaOH-ot adok, majd kevés desztillált vízzel az üveg falán maradt oldatot belemosom. A szedő ágon Erlenmeyer-lombikba, melyben gyűjtöm a desztillátumot, 20 ml 1,5%-os bórsav oldatot pipettázok, melyhez 1-2 csepp keverékindikátort adok. A desztillálást követően a zöld színű desztillátumot, 0,005 M-os  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oldattal, kékesszürke színig titrálom. Ezt követően a fogyásból ki tudom számolni a talaj  $\text{NH}_4^+$ -N tartalmát.

*$\text{NO}_3^-$ -N tartalom meghatározása:* A desztilláló lombikba 20 ml szűrletet pipettázok, majd hozzáadok 10 ml 20%-os  $\text{FeSO}_4$  és 1 ml 10%-os  $\text{CuSO}_4$  oldatot. Ezután kevés desztillált vízzel leöblítem az edény falát és hozzáadok 6 ml 33%-os NaOH-ot majd ismét desztillált vízzel leöblítem az edény falát. A szedő ágon Erlenmeyer-lombikba 20 ml 1,5%-os bórsav oldatot pipettázok, melyhez 1-2 csepp keverékindikátort adok, ebbe gyűjtöm a desztillátumot. A

desztillálást követően a zöld színű desztillátumot, 0,005 M-os  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oldattal, kékesszürke színig titrálom. Ezt követően a fogyásból ki tudom számolni a talaj  $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$  tartalmát.

### 3.9. A talaj könnyen oldható $\text{P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ -tartalmának meghatározása ammónium-laktát (AL-) módszerrel

Szükséges vegyszerek, oldatok:

Hígított AL-oldat: A talajkivonatok készítéséhez alkalmanként frissen 10-szeres hígítást kell készíteni tömény AL-oldatból. A pH-t a felhasználása előtt meg kell mérni. Fontos, hogy 3,65 és 3,75 között kell lennie.

Kénsavas ammónium-molibdenát: Az oldatot sötét üvegben, szobahőmérsékleten lehet tárolni.

Ónklorid oldat: 1g  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -t 15ml cc. HCl-ban felfőzöm 100 ml-es normál lombikba és adok hozzá 35-40 ml desztillált vizet, majd a folyó csapvíz alatt lehűtöm.

Ónklorid-aszkorbinsavas oldat (aszkorbinsavra 1%): az előbb elkészített kihűlt oldatba 1 g aszkorbinsavat oldok fel, majd jelre állítom. A mérés napján kell készíteni, hogy friss legyen.

*A meghatározás menete:* A talajkivonat készítése Egnér-Riehm-Domingó szerint: 2 mm-es szitán átengedett, légszáraz talajból, gyorsmérleggen 2,5 grammot Falcon csövekbe bemérek. Ezt követően 50 ml 10x-es hígítású ammónium-laktát-acetát (AL)-oldatot ráöntök és 2 órán keresztül forgó rázógépből szobahőmérsékleten rázatom. A rázatás befejezését követően azonnal hamu- és P-mentes szűrőpapíron leszűröm.

*P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mérés:* A szűrletből 5 ml-t 50 ml-es lombikba pipettázok. Ezt követően hozzáadok 20 ml kénsavas ammónium-molibdenátot, majd 2 ml frissen készített aszkorbinsavas ónkloridot adok hozzá, végül desztillált vízzel jelre állítom. Fél óra várakozás után 660 nm-es hullámhosszon mérem.

*K<sub>2</sub>O mérés:* Az elkészült szűrletből 10 ml-t pipettázok 25 ml-es lombikba, majd oxálsavval jelig töltöm. Egy éjszakán át állni hagyom, majd a leülepedett csapadék feletti tiszta oldat  $\text{K}_2\text{O}$  tartalmát lángfotométerrel mérem.

Mérések során a mintákkal egyidőben a standard oldatok emisszióját, illetve extincióját is meghatározom. A talaj  $\text{P}_2\text{O}_5$ , illetve  $\text{K}_2\text{O}$  tartalmát a kalibrációs görbéről lehet leolvasni.

*Gépek melyekkel a méréseket végeztem:* Fotometriás mérés – Spekol 221

Mindenekelőtt ajánlatos a hulladékgyűjtő kanná ellenőrzése, hogy nincs-e tele valamint a cső a helyén van-e. Ezt követően áramot adok és bekapcsolom a fotométert és a kompresszort. Miután a gép bekapcsolt, beállítom a hullámhosszt, ami foszfor esetében 660 nm, majd



bekapcsolom az emisszió, szaggató és rés gombokat. Desztillált vízzel alaposan átmosom a rendszert, majd a vak mintával beállítom a „0” értéket.

#### Lángfotométeres mérés – Jenway Pfp7

A műszer üzembe helyezéséhez először a főkapcsolót kell bekapcsolni és bőséges mennyiségű friss desztillált vizet kell abba a főzőpohárba rakni, amelybe a mintafelszívó kapilláris merül. Ezt követően ellenőrizni kell, hogy a készülék mögött található szifonból a hulladékot elvezető műanyagcső akadálytalanul elvezeti-e a porlasztási hulladék-oldatot az ennek a tárolására szolgáló üvegpalackba, amely a műszer alatt található. Ha mindezeket rendben találtuk, ki lehet nyitni a PB gázpalack nyomáscsökkentőjének a szelepét és a „Fuel” gombbal be kell állítani hogy a gázkeverék PB gázban gazdag legyen, majd várakozás nélkül meg kell nyomni az „Ignition” szikráztató kapcsolót. Ezt a gombot mindaddig nyomva kell tartani, ameddig a kijelző sarkában meg nem jelenik az „FLM” jelzés. Ekkor a lángkürtő ablakán keresztül fényes, sárga színnel lobogó lángot kell észlelni. Ezután a „Fuel” gomb segítségével lehet állítani a láng összetételét, cél hogy sztöchiometrikusra állítsuk. Ezt úgy állíthatjuk, be hogy addig tekerjük visszafelé a gombot ameddig a láng színe halvány, kékes színűre nem vált. A „Filter select” váltóval ki lehet választani a színszűrőt. Az üzembe helyezett készüléket hagyni kell 15-20 percig bemelegedni.

A mérést úgy kell megkezdeni, hogy desztillált vízre a „Blank” forgatógombbal beállítom a nulla kijelzést. Ekkor tulajdonképpen vakérték-korrekciónak hajtok végre, aminek eredményeképpen a méréseknél a továbbiakban a kalibrációs egyenes a nulla pontból fog kiindulni. A továbbiakban az oldatok váltásakor nem szükséges a desztillált vizes öblítést alkalmazni, azonban mindig meg kell várni a leolvasásnál azt, hogy a kijelzett érték megállapodjon. Ezek után a műszer érzékenységét kell beállítani, alapvetően azért, hogy még a legtöményebb kalibráló oldatra kapott fényintenzitás értéke is a kijelzhető tartományba essen. Ezt a beállítást úgy kell elvégezni, hogy a legtöményebb kalibráló oldatot beporlasztva a „Sensitivity coarse/fine” gombokat addig kell forgatni, amíg a kijelzőn kb. 1500-1800 értéket nem jelez. Ezt követően ismétellen ellenőrizni kell desztillált víz segítségével, hogy a vakérték még mindig nulla, ha ez esetleg eltér, akkor a „Blank” gombbal ismétellen be kell állítani. Innentől kezdve a műszer mérésre kész, a koncentráció növekvő sorrendjében beporlaszthatjuk a kalibráló oldatokat.

### 3.10.E4/E6 meghatározása

A vizes huminanyagok és fulvosavak jellemzésére az optikai sűrűség vagy az oldatok 465 és 665 nm-en mért abszorbanciájának arányát használják (Yang & Xing, 2009). A talajok UV-VIS spektrumait egy exponenciális függvénnyel lehet leírni, amelyből az adott pontokon mért adatokból származó arány információt nyújt a huminanyagok és fulvosavak eloszlásáról.

A talajkivonatokat módosított Stevenson módszerrel készítettem, mely szerint, 0,5 M NaOH és 0,5 NaF-dal kell a kivonatokat elkészíteni (Sebők, et al., 2023). Mindkét oldat esetén 5-5 gramm talajt mértem ki. Majd a mintákat homogenizálás céljából 4 órán keresztül rázattam. Ezt követően 10 percig centrifugáltam, majd szűrőpapíron keresztül leszűrtem. A teljes spektrális elemzést egy Shimadzu 1900i UV-VIS spektrofotométerrel a 450-800 nm tartományban 1 nm felbontással végeztem el. Az E4/E6 számításához két hullámhosszon mért abszorbancia értéket használtam. A 465 nm-es mérési értéket elosztottam a 665 nm-es abszorbancia értékekkel (Helms, et al., 2008).

### 3.11. Biológiai aktivitás mérése (OxiTopos vizsgálat)

Az OxiTop által alkalmazott manometrikus mérési elv lényege, hogy az aerob biológiai bontás során felszabaduló CO<sub>2</sub>-t a gáztérben abszorberrel megkötődik és az így kialakuló vákuum a BOI értékkel arányos. A mérésem során NaOH-ot használtam abszorbernek.

A vizsgálathoz a talajmintákat addig nedvesítettem ameddig csomómentes képlékeny pépet nem kaptam. Ezt követően, azonos térfogatú csészéket a talajjal megtöltöttem, majd a csészékből a mintákat egy üveg edénybe helyeztem, melynek a tetejét a készülékkel lezártam úgy, hogy az OxiTop tartóóra NaOH volt helyezve. Azokból a talajmintákból, amelyek nem fértek bele a csészébe, szárítószekrényben történő szárítást követően megmértem a száraz tömegüket.

### 3.12. A humuszminőség vizsgálata frakcionálás nélkül, optikai módszerekkel,

#### Hargitai szerint

*A meghatározás elve:* NaOH oldatban elsősorban a kedvezőtlenebb tulajdonságú humuszfrakciók oldódnak. A nagy molekulájú, kalcium-ionokhoz kötött humuszanyagok a NaF-os oldószerrel kerülnek kivonásra. A humuszstabilitási számot, a két oldószerrel kivont oldatokon elvégzett fotométeres mérésből kapott eredmények, egymáshoz viszonyításból kapjuk. Ezzel jellemezhető a valódi humuszanyagok és a kisebb humifikációs fokú, átalakulóban lévő szerves anyagok aránya. Ha a humuszstabilitási számot elosztom az összes humusztartalommal, akkor a humuszstabilitási koefficienset kapom.

## 4. Eredmények

### 4.1. A növények fejlődése

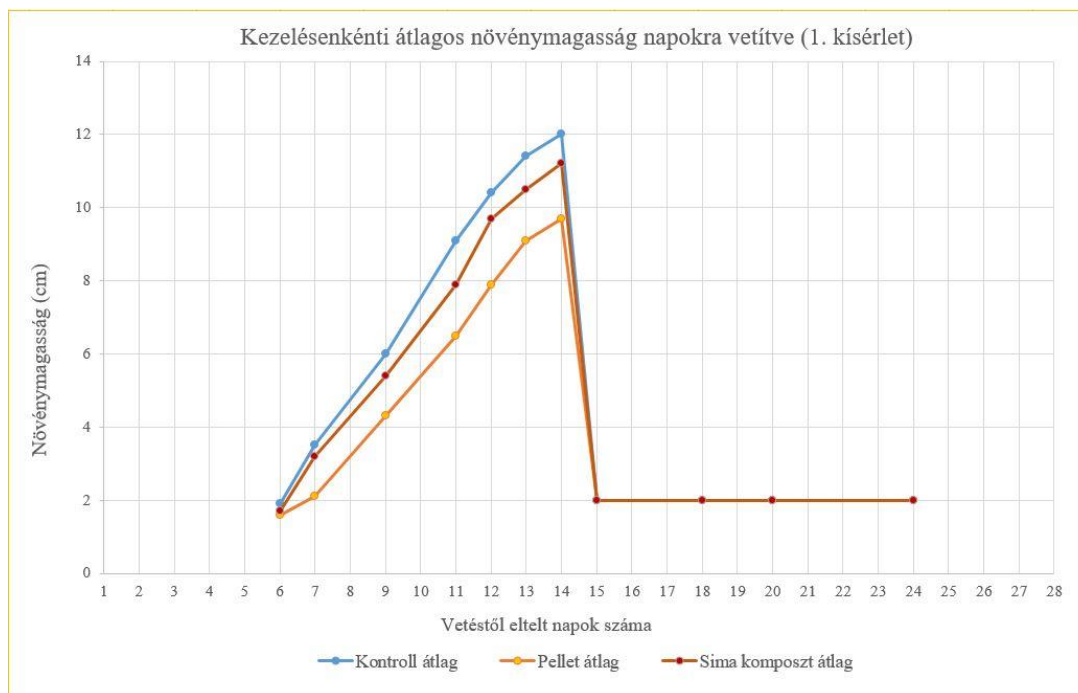
Először az első kísérlet értékelhető eredményeit mutatom be. A növények magasságának fejlődését az 3. táblázaton keresztül szemléltetem. Az átlagos magasságokat a különböző kezelések ismétléseiben található növények magasságainak számtani átlagaként kaptam. Vízszintesen a vetéstől eltelt napok száma, függőlegesen a kezelésenkénti átlagos magasságok láthatóak cm-ben kifejezve.

3. táblázat: Növénymagasságok, adott naponként (1. kísérlet)  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	6.	7.	9.	11.	12.	13.	14.	15.	18.	20.	24.
Kontroll átlag	1,9	3,5	6	9,1	10,4	11,4	12	2	2	2	2
Pellet átlag	1,6	2,1	4,3	6,5	7,9	9,1	9,7	2	2	2	2
Sima komposzt átlag	1,7	3,2	5,4	7,9	9,7	10,5	11,2	2	2	2	2

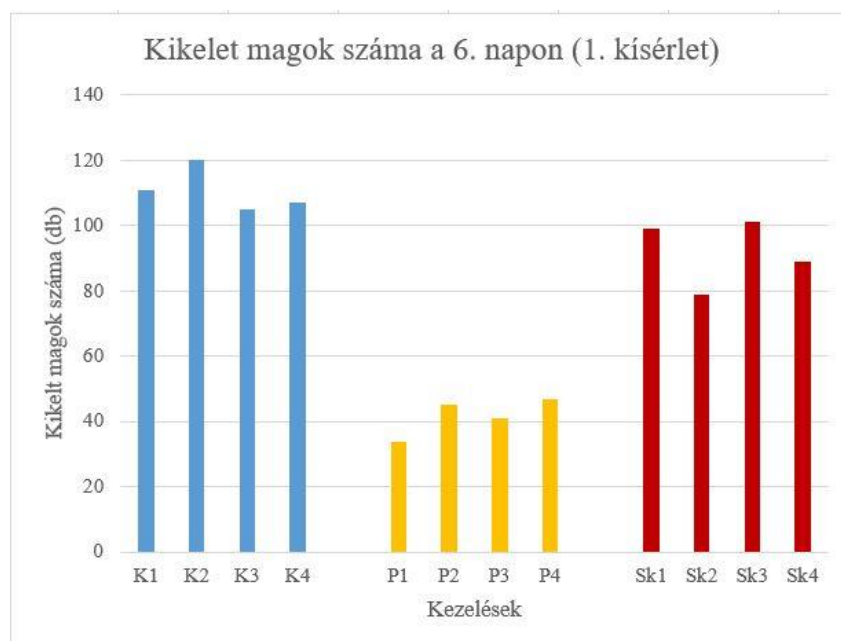
A táblázat adataiból látható, hogy a komposztos kezelés hatására a növények kezdeti fejlődése gátolt, lassabb. A sima komposztnak nincs akkora mértékű gátló hatása, mint a pelletált formájának. Ennek lehetséges okait a későbbiekben fogom tárgyalni. Az 3. táblázat adatait a 3. ábrán diagram segítségével szemléltetem. A vonaldiagramon tökéletesen látszik, hogy fejlődésben egyik komposztos kezelés sem előzte meg a kontrollt, a kísérlet időtartama alatt. A növények vágása a 14. napon történt miután lemértem az aktuális magasságukat, ezért csökken a magasság a 15. napra 2 cm-re. A gombás fertőzés hatására a vágást követően csak 1-2 szál növény növekedése folytatódott, de ezek olyan kis számban voltak jelen, hogy az átlagot nem tudták elmozdítani nagyobb érték irányába. A növények egyre gyorsabb tendenciát mutató száradása és a fejlődésben való megrekedése miatt, a 24. napon kénytelen voltam leállítani a kísérletet.

3. ábra: Kezelésenkénti átlagos növénymagasság (1. kísérlet)  
(Forrás: saját munka)



Nem csak a növekedés intenzitásában volt különbség a kezelések között, hanem a csírázás és ezáltal a kelés sebességében is. A 4. ábrán a vetéstől számított 6. napon kikelt növények számát szemléltetem.

4. ábra: Kikelt magok száma a kísérlet 6. napján (1. kísérlet)  
(Forrás saját munka)



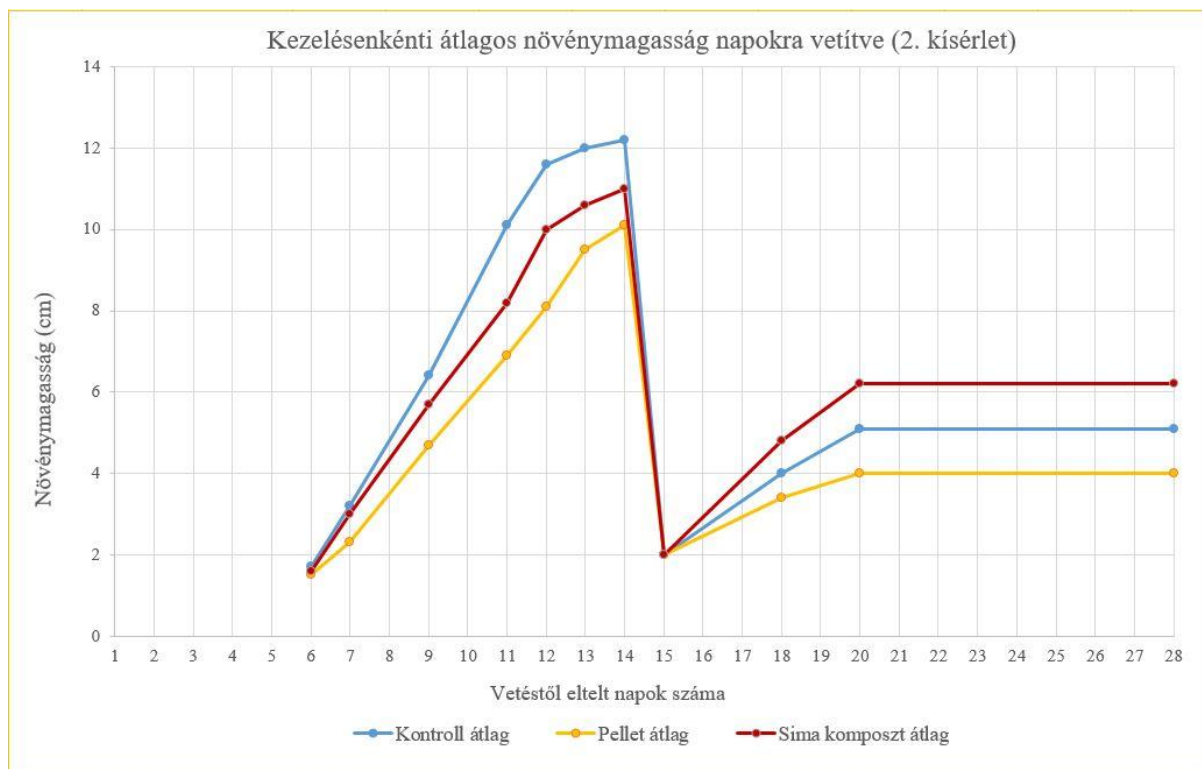
A második, 4 hétig tartó tenyészedenyes kísérletem során a növények magasságának fejlődése a 4. táblázatban feltüntetett adatoknak felelnek meg. A táblázat függőleges tengelyén a kezelések átlagai láthatóak cm-ben kifejezve, a vízszintes tengelyen pedig a vetéstől eltelt napok száma.

4. táblázat: Növénymagasságok, adott naponként (2. kísérlet)  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	6.	7.	9.	11.	12.	13.	14.	15.	18.	20.	28.
Kontroll átlag	1,7	3,2	6,4	10,1	11,6	12	12,2	2	4	5,1	5,1
Pellet átlag	1,5	2,3	4,7	6,9	8,1	9,5	10,1	2	3,4	4	4
Sima komposzt átlag	1,6	3	5,7	8,2	10	10,6	11	2	4,8	6,2	6,2

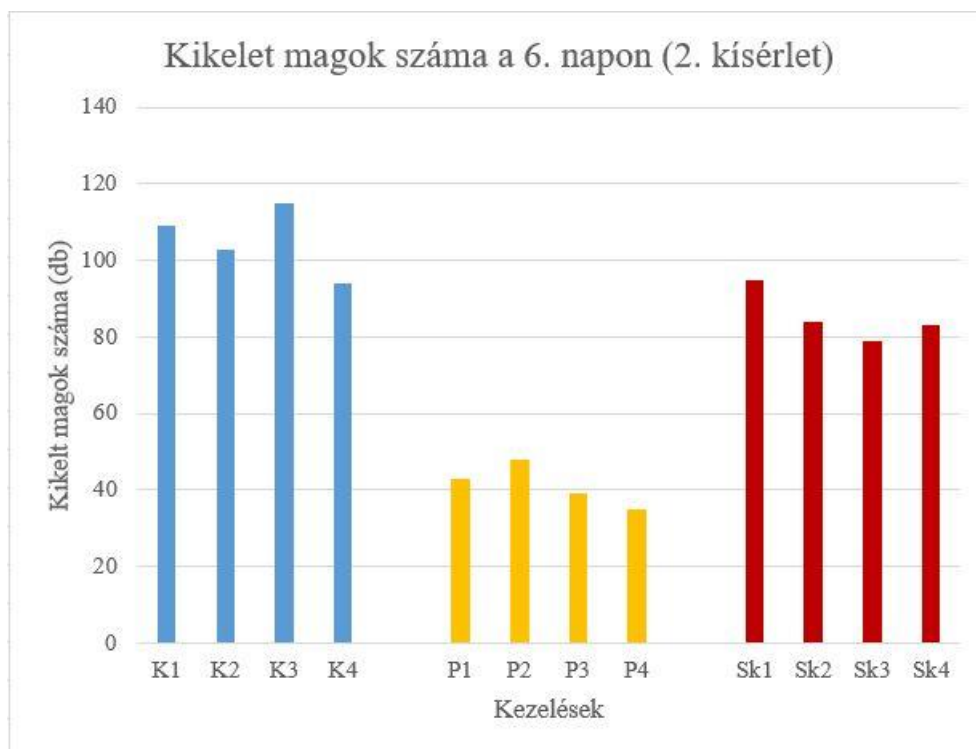
A 14. nap azért van feltüntetve pirossal, mert ezen a napon történt meg a növényállomány levágása, az ott feltüntetett adat, a vágást megelőző magasságot jelzi. A táblázatban szereplő adatokat az 5. ábrán láthatón vonaldiagram segítségével tettem szemléletesebbé. Fontos megjegyezni, hogy a 13. napon vettem észre először penészgyepet a kontrollcsoport 2. ismétlésén. Azonban mindegyik kezelés növekedési tendenciája már a 12. naptól csökkenni kezdett. Egyértelműen látszik a vonalak dőlésszögéből, hogy a vágást követően a növekedés üteme szintén alacsonyan maradt. Valószínűleg ekkora már a fertőzés az összes kezelést érintette, csak a látható felületeken még szemmel észrevehető penészgyepet ilyenkor még nem tapasztaltam, de 1-2 szál növény elhalása már utalt a fertőzés jelenlétére. A 20. napon már az összes tenyészedenyben szemmel jól látható penészgyep jelent meg, annak ellenére, hogy az öntözések számát tovább csökkentettem és a cserepeket rácsra helyeztem, a megfelelőbb alsó szellőzés érdekében. A 20. naptól a kísérlet utolsó, 28. napjáig a növények a fejlődésben teljesen megálltak, sok belőlük elpusztult. A diagramon jól látható, hogy a vágást követően a növekedés üteme és mértéke már nem a kontroll esetén volt a legnagyobb, hanem a sima komposzttal kezelt ismétléseknél. Ez több dologgal is magyarázható. Az egyik lehetőség, hogy mivel a fertőzést először a kontroll kezelésem vettem észre, így az előrehaladottabb stádiumban volt akkor, amikor még a sima komposzttal kezelt edényekben nem volt akkora mértékű a megbetegedés. A másik lehetőség, hogy a komposzttal való kezelés hatására a talaj és a rajta fejlődő növények ellenállóképessége nagyobb volt, mint a kezeletlen kontroll esetén, így a növények, ha nem is sokkal, de tovább ellen tudtak állni a megfertőződés okozta stressznek.

5. ábra: Kezelésenkénti átlagos növénymagasság (2. kísérlet)  
(Forrás: saját munka)



Mint a diagramon látható, a kontroll ismétlések növényeit gyorsabb fejlődés jellemezte a kísérlet 14. napjáig. Az elért nagyobb növénymagasság, valamint az intenzívebb fejlődés azzal magyarázható, hogy a komposztal kezelt ismétlések később keltek ki a kontrollhoz képest. A 6. napon kikelt növények számát a 6. ábrán, diagramon keresztül szemléltetem. A kontroll esetében a kísérlet 6. napján átlagosan 105 kikelt növény volt. Ez a pelletált komposztos kezelés esetén 41, a sima komposztos kezelés esetén 85 növény volt átlagosan. Az, hogy a komposztos kezelésen átesett talajokon késleltetett volt a csírázás, nagy valószínűséggel azzal magyarázható, hogy azokon, a megnövekedett sótartalom nehezítette a magvak csírázását. A komposzt nagy sótartalma abból adódik, hogy szarvasmarha trágyából készült. A szarvasmarhák sok nyalósót fogyasztanak, melynek eredményeként a trágyájuk sótartalma is magasabb lesz, más haszonállatokéhoz képest. A 2. kísérlet 6. napján számolt csírázási adatai nagyban nem térnek el az 1. kísérlet ugyanezen napján vett számokkal. A tendencia mindkét kísérlet esetén ugyanaz volt. A kontroll kelt a leggyorsabb ütemben, azt követte a sima komposztos kezelés, majd végül a pelletes.

6. ábra: Kikelt magok száma a kísérlet 6. napján (2. kísérlet)  
(Forrás: saját munka)



#### 4.2. Talajminták laboreredményei

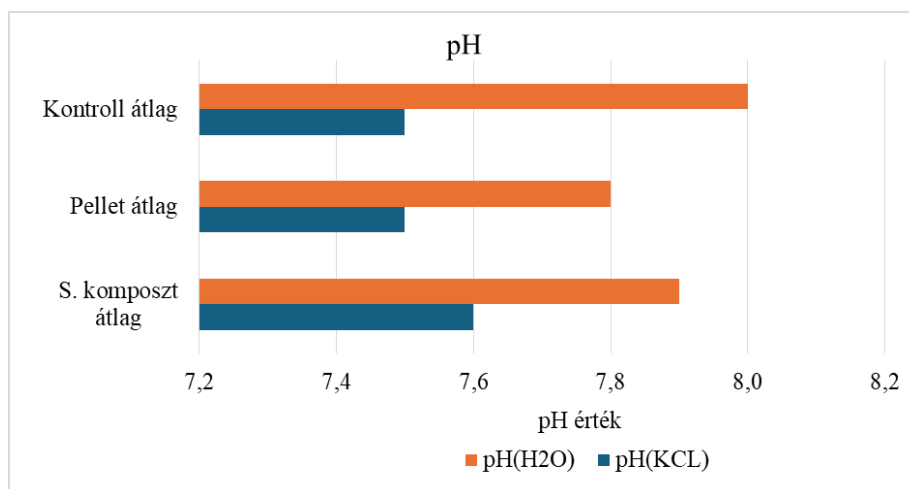
A kísérlet befejeztét követően a talajminták laborvizsgálatokon estek át. Az eredmények a statisztikai számítások pontossága miatt három tizedesjegy-pontossággal vannak kiírva. Ez a később megtalálható eredményközlő táblázatok döntő többségénél így szerepel. A táblázatban szereplő átlagértékek a kezelések ismétléseinek átlagai. A kapott eredményekre 5 %-os varianciaanalízist futtattam le SPSS 29 program segítségével.

A pH mérést elvégeztem H<sub>2</sub>O-val és KCl-dal is. Ezek eredményei az 5. táblázatban láthatóak. A vizes pH(H<sub>2</sub>O) mérés esetén pár tizeddel magasabb értékeket kapunk, mint a KCl-os méréseknél. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a komposzttal való kezelés hatására a pH nem változott, nem volt szignifikáns eltérés a kezelések között. Mindegyik minta esetén enyhén lúgos a pH. A pH eredményeit a 7. ábrán diagramon keresztül szemléltetem.

5. táblázat: pH mérés eredményei mindkét oldószerrel  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	pH (KCl) átlag	Szórás	pH (H <sub>2</sub> O) átlag	Szórás
Kontroll	7,525	0,050	7,975	0,050
Pellet	7,550	0,058	7,750	0,191
Sima komposzt	7,575	0,050	7,875	0,050

7. ábra: A kezelések pH eredményei diagramon ábrázolva  
(Forrás: saját munka)



A CaCO<sub>3</sub>% tartalomról, kijelenthető, hogy nagy a minták CaCO<sub>3</sub> tartalma. Ez már a mérések elvégzésekor is látható volt, mert a talajmintához sósav adagolás hatására nagyon intenzív pezsgést tapasztaltam. A CaCO<sub>3</sub>% mérés eredményeit az 6. táblázat tartalmazza. Ennél a minőségi paraméternél is kijelenthető, hogy szignifikáns különbséget nem okozott a komposzttal való kezelés.

6. táblázat: CaCO<sub>3</sub>% tartalom mérés átlageredményei  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	CaCO <sub>3</sub> % átlag	Szórás
Kontroll	20,955	1,856
Pellet	21,582	0,351
Sima komposzt	21,525	0,248

A talajok kötöttségét az Arany-féle kötöttségi szám segítségével határoztam meg. Ennek eredményeit a 7. táblázat szemlélteti. A kezelések eredményei közötti nagy hasonlóság arra enged következtetni, hogy a különböző kezelések nem befolyásolták a talaj kötöttségét.

7. táblázat: Arany-féle kötöttségi szám átlageredményei  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	K <sub>A</sub> átlag	Szórás
Kontroll	31,25	0,50
Pellet	31,50	0,58
Sima komposzt	31,75	0,50

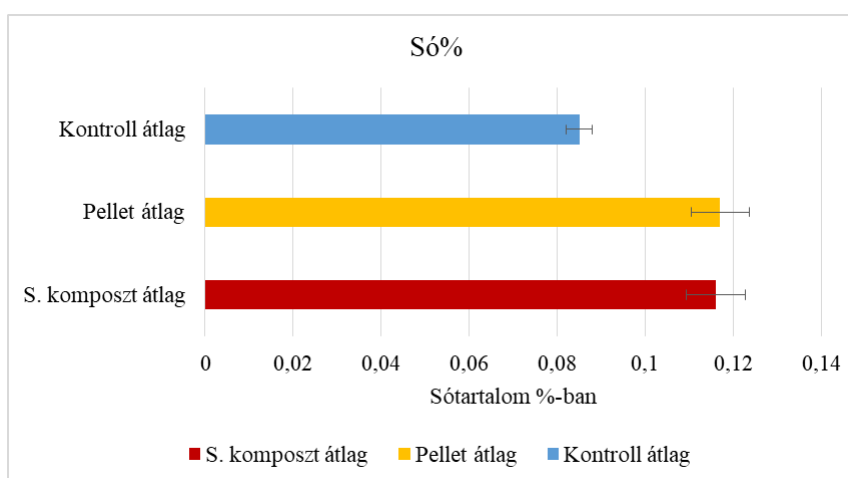


A 8. táblázatban látható, hogy a minták sótartalmában már tapasztalható némi változás, mind a pelletált, mind pedig a sima komposztos kezelés hatására. Kis szórások mellett a kontroll ismétlések sótartalma átlagosan 0,085 %, ezzel szemben a pelletált komposzttal való kezelés átlaga 0,117 %, a sima komposztos kezelés átlaga 0,116 %. Habár még ez a sótartalom is csak a gyengén sós kategóriába esik (Filep, 1999). Ennél a minőségi paraméternél statisztikai számítások is alátámasztották a kezelések közötti szignifikáns különbséget. Kijelenthető, hogy a sótartalom a komposztos és a pelletes kezelés hatására is növekedett. A sótartalom változást a 8. ábrán keresztül kívánom szemléletesebbé tenni.

8. táblázat: A kezelések átlag sótartalma %-ban kifejezve  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	Só % átlag	Szórás
Kontroll	0,085	0,003
Pellet	0,117	0,007
Sima komposzt	0,116	0,007

8. ábra: Átlag sótartalmak %-ban kifejezve  
(Forrás: saját munka)



A 9. táblázatban megtalálható humusztartalmakból az olvasható ki, hogy a 4 hetes kísérlet időtartama alatt nem befolyásolta a humusztartalmat a komposzt hozzáadása, annak formájától függetlenül. A kontroll esetében nagy szórás mellett 2,21 %-os humusztartalom figyelhető meg, a másik két kezelés esetén kisebb szórás mellett jelentkeznek az átlagértékek. A kezelések hatására, változás a humusztartalomban nem volt megfigyelhető.

9. táblázat: A kezelések átlag humusztartalma %-ban kifejezve  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	Humusz % átl.	Szórás
Kontroll	2,208	0,362
Pellet	2,045	0,093
Sima komposzt	2,225	0,205

A foszfortartalmat ammónium-laktát kivonószer segítségével határoztam meg. Ennek eredményei a 10. táblázatban találhatóak. Az átlagokra rápillantva megfigyelhető egy olyan trend, hogy a sima komposztos kezelés esetén jóval megnövekedett a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom. A sima komposztos kezelések eredményei között azonban nagy szórás jelentkezik, ezért így nem jelenthető ki biztonsággal, hogy a növekmény a kezelés hatására alakult-e ki, vagy a mérés pontatlanságából adódik. Statisztikai számítások is megerősítették, hogy szignifikáns különbség nem volt a kezelések hatására

10. táblázat: Átlag P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom a különböző kezeléseknél  
(Forrás: saját munka)

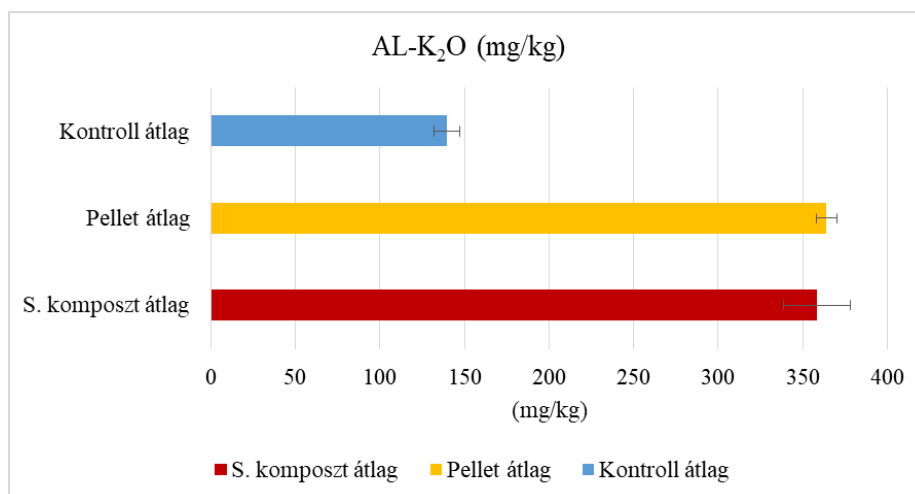
Kezelések	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) átl.	Szórás
Kontroll	269,500	10,247
Pellet	276,000	15,748
Sima komposzt	317,500	54,391

A kálium esetén már egyértelműen látni, hogy a komposztos kezelés mindkét formája jelentősen megnövelte a káliumtartalmat. Ezt a kijelentést statisztikai számítások is megerősítették. Ennek az eredményeit a 11. táblázatban tüntettem fel. A pelletált, valamint a sima komposztos kezelés között jelentős különbség nem tapasztalható, így kijelenthető, hogy a két forma azonos mértékben növelte a káliumtartalmat. A káliumtartalom változását a 9. ábrán diagramok segítségével is bemutatom.

11. táblázat: Átlag K<sub>2</sub>O tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	Al-K <sub>2</sub> O (mg/kg) átl.	Szórás
Kontroll	139,500	7,506
Pellet	363,750	6,076
Sima komposzt	358,250	19,721

9. ábra: AL-K<sub>2</sub>O tartalom kezelési átlagonként  
(Forrás: saját munka)



A kalciumtartalmak eredményei a 12. táblázatban láthatóak. Az eredményekre rápillantva enyhe növekedő trend figyelhető meg kezelések hatására, de ez szignifikáns különbséget nem okozott.

12. táblázat: Átlag Ca-tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

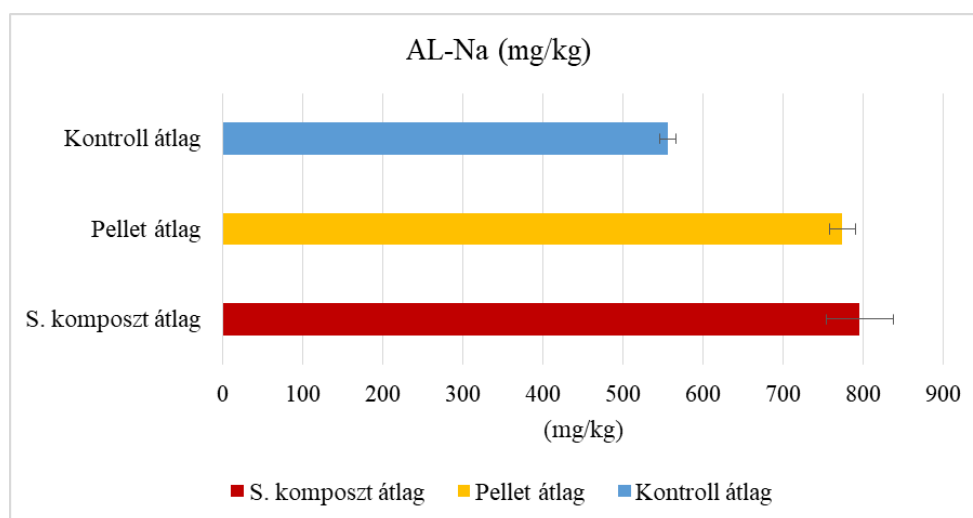
Kezelések	Al-Ca (mg/kg) átlag	Szórás
Kontroll	9961,250	67,992
Pellet	10020,000	140,276
Sima komposzt	10108,750	153,091

A nátriumtartalmak a 13. táblázat adataiból olvashatóak ki. Jól látható, hogy a nátriumtartalom a sima komposztos kezelés hatására növekedett a legnagyobb mértékben, a pelletált formával kezelt esetben nem volt akkora mértékű a növekedés. Azonban mindkettő szignifikánsan eltér a kontroll kezeléstől. A két komposztforma között nem volt szignifikáns különbség. A nátriumtartalom növekedését a 10. ábrán diagramon is szemléltetem.

13. táblázat: Átlag Na-tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	Al-Na (mg/kg) átlag	Szórás
Kontroll	556,250	10,079
Pellet	774,000	16,166
Sima komposzt	795,500	42,067

10. ábra: Na-tartalom növekedés a különböző kezeléseknél  
(Forrás: saját munka)



A magnéziumtartalom esetén nem tapasztalható jelentős változás. Az átlagok némi eltérést mutathatnak, de ez a szórások nagysága miatt nem tekinthető a különböző kezelések hatására bekövetkezett változásnak. Az erre vonatkozó eredmények a 14. táblázatban találhatóak.

14. táblázat: Átlag Mg-tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	Al-Mg (mg/kg) átlag	Szórás
Kontroll	979,000	113,246
Pellet	1019,750	119,030
Sima komposzt	1025,250	84,279

A réztartalmat salétromsav segítségével határoztam meg. A kapott eredményeket a 15. táblázatban tüntettem fel. A mérések adataiból az derül ki, hogy a komposzttrágyázás a kísérletem esetében nem befolyásolta a talaj réztartalmát.

15. táblázat: Átlag Cu-tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	HNO <sub>3</sub> -Cu (mg/kg) átl.	Szórás
Kontroll	5,397	0,176
Pellet	5,333	0,124
Sima komposzt	5,368	0,137

A vastartalmat szintén salétromsavas eljárással határoztam meg. Ebben az esetben is hasonló eredmény született, mint a réznél. A komposztkezelés nem volt hatással a talaj

vastartalmára. Az átlagokban látható eltérések a nagy szórásoknak köszönhetőek. A mérések eredményeit a 16. táblázat szemlélteti.

16. táblázat: Átlag Fe-tartalom a különböző kezeléseknél  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	HNO <sub>3</sub> -Fe (mg/kg) átl.	Szórás
Kontroll	1112,250	156,227
Pellet	1280,250	117,848
Sima komposzt	1298,500	93,326

Ezeket a méréseket elvégeztem a mangántartalomra is. Ennek az eredményeit a 17. táblázat tartalmazza. A kontrollok és pelletek esetén látható nagyobb szórás ellenére is kijelenthető, hogy a mangántartalmat a pelletált, illetve sima komposztos kezelés is szignifikánsan növelte.

17. táblázat: Átlag Mn-tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	HNO <sub>3</sub> -Mn (mg/kg) átl.	Szórás
Kontroll	207,950	23,959
Pellet	252,900	23,551
Sima komposzt	247,525	6,830

Méréseket végeztem a cinktartalmat illetően is, melynek az eredményei a 18. táblázatban találhatóak. Az eredmények túl nagy szórásából fakadóan nem jelenthető ki, hogy a kezelések hatására, bármilyen változás is történt volna ezt a paramétert illetően.

18. táblázat: Átlag Zn-tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	HNO <sub>3</sub> -Zn (mg/kg) átl.	Szórás
Kontroll	7,803	1,687
Pellet	7,801	1,233
Sima komposzt	8,862	0,330

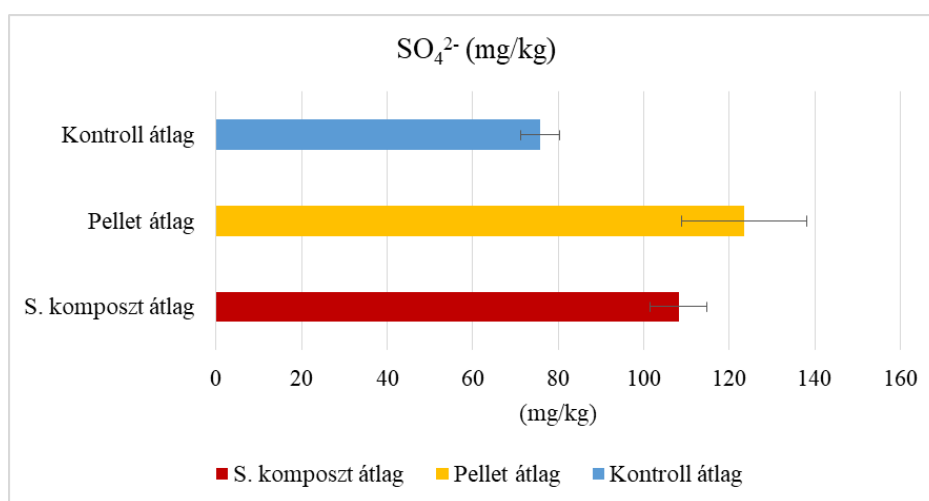
A szulfáttartalom is meghatározásra került a mintákból. A 19. táblázat adataiból jól látható, hogy a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> tartalomban a kezelések hatására növekedés lépett fel. A szulfáttartalom mindkét komposztos kezelés hatására növekedett, de a pelletált forma esetén nagyobb mértékben. Szignifikáns különbség csak a két komposztos kezelés és a kontroll között volt, a

különböző komposztformák szignifikánsan nem befolyásolták a szulfáttartalmat. A szulfáttartalom változása a 11. ábrán diagramon keresztül szemléltetve tekinthető meg.

19. táblázat: Átlag  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/kg) átlag	Szórás
Kontroll	75,750	4,573
Pellet	123,500	14,572
Sima komposzt	108,250	6,652

11. ábra:  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalom változása a kezelések hatására  
(Forrás: saját munka)



Az ammónium-ion formájában lévő nitrogéntartalom is növekvő trendet mutatott a kezelt talajokon. A mérések eredményeit a 20. táblázaton keresztül szemléltettem. A pelletált komposzttal való trágyázás hatására nem volt akkora a növekmény, mint a sima komposztos kezelés esetén. Azonban biztosan nem jelenthető ki, hogy ez a változás a komposzttal való kezelés hatására történt, mert szignifikáns különbséget nem mutattak a statisztikai számítások.

20. táblázat: Átlag  $\text{NH}_4\text{-N}$  tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/kg) átlag	Szórás
Kontroll	52,113	5,040
Pellet	54,008	7,804
Sima komposzt	57,460	5,657

A nitrát-ion formájában található nitrogén tartalom érdekesen alakult a kezelések hatására, ezeket az adatokat a 21. táblázat tartalmazza. A szórásokat figyelembe véve is

megfigyelhető, hogy a pelletes kezelések után növekedett meg legnagyobb mértékben a NO<sub>3</sub>-N tartalom, de szignifikáns eltérés itt sem figyelhető meg.

21. táblázat: Átlag NO<sub>3</sub>-N tartalom a különböző mintákban  
(Forrás: saját munka)

<b>Kezelések</b>	<b>NO<sub>3</sub>-N (mg/kg) átlag</b>	<b>Szórás</b>
Kontroll	7,383	3,825
Pellet	16,603	4,961
Sima komposzt	9,240	6,273

A talajmintákból mért CNS eredményeit a 22. táblázatban tüntettem fel. A három elem közül egyedül a nitrogén esetében van szignifikáns eltérés a kezelések között. Ott a pellet és a sima komposzt között mutatkozik a statisztikai számítások által megerősített szignifikancia. A szénre és a kénre végzett ilyen jellegű számítások nem jeleztek különbséget a kezelések között.

22. táblázat: A talajra vonatkozó CNS kezelésenkénti átlageredményei  
(Forrás: saját munka)

<b>Kezelések</b>	<b>N% átlag</b>	<b>Szórás</b>
Kontroll	0,093	0,005
Pellet	0,090	0,000
Sima komposzt	0,105	0,010
<b>Kezelések</b>	<b>C% átlag</b>	<b>Szórás</b>
Kontroll	3,795	0,031
Pellet	3,775	0,024
Sima komposzt	3,875	0,095
<b>Kezelések</b>	<b>S% átlag</b>	<b>Szórás</b>
Kontroll	0,010	0,000
Pellet	0,010	0,000
Sima komposzt	0,010	0,000

A Hargitai szerinti humuszminőség vizsgálat eredményei a 23. táblázatban vannak megjelenítve. A kapott értékek annál nagyobbak minél inkább kedvező minőségű, igazi humuszanyagok vannak túlsúlyban a talajban. A 0,1 érték láptalajok, réti talajok, podzolos barna erdőtalajok humuszanyagait jelenti. Az 1,0 érték a hazai barna erdőtalajok, Ramann-féle barnaföldek humuszanyagait jelentik. A mintákból kapott eredmények a két érték között, közelítve az 1-et, helyezkednek el. Az adatokból megfigyelhető egy trend miszerint a sima komposztos kezelés némileg növeli a humuszstabilitási koefficiensét.

23. táblázat: Humuszstabilitási koefficiens értékei kezelésenként  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	Humuszstabilitási koefficiens	Átlag
Kontroll 1	0,756	0,798
Kontroll 2	0,687	
Kontroll 3	1,022	
Kontroll 4	0,728	
Pellet 1	0,819	0,804
Pellet 2	0,643	
Pellet 3	0,879	
Pellet 4	0,875	
Sima komposzt 1	1,070	0,894
Sima komposzt 2	0,819	
Sima komposzt 3	0,849	
Sima komposzt 4	0,839	

Az E4/E6 eredményei a 24. táblázatban szerepelnek. Mind a NaOH-os mind pedig a NaF-os kivonószer eredményei láthatóak a táblázatban. Annál jobb a huminanyagok és fulvosavak minősége, minél alacsonyabb érték vesz fel az E4/E6. Az esetemben kapott számok alapból magas értékeknek számítanak, ez az alacsony humuszminőségre enged következtetni. A NaOH-os oldószer esetén nem tapasztalható különbség a kezelések között, a NaF-os esetében viszont igen. A sima komposztos kezelés értékei már számottevően alacsonyabbak a kontroll ismétléseihez képest.

24. táblázat: E4/E6 eredmények a különböző minták esetén  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	E4/E6(NaOH)	Átlag (NaOH)	E4/E6 (NaF)	Átlag (NaF)
Kontroll 1	20,60	20,60	17,30	16,12
Kontroll 2	21,00		17,50	
Kontroll 3	21,40		13,17	
Kontroll 4	19,40		16,50	
Pellet 1	20,00	20,48	13,67	15,73
Pellet 2	19,33		18,25	
Pellet 3	21,20		15,60	
Pellet 4	21,40		15,40	
Sima komposzt 1	20,50	19,25	14,14	13,90
Sima komposzt 2	19,29		13,14	
Sima komposzt 3	16,56		14,00	
Sima komposzt 4	20,67		14,33	



### 4.3. A 2. héten vágott növényminták laboreredményei

A 14. napon levágott növények először átestek egy szárításon, majd utána végeztem el rajtuk a méréseket. A nitrogénre vonatkozó méréseim adatai a 25. táblázatban olvashatóak. A megkapott N %-okból és a szárított növényi tömegekből adódik a N tömege. Az adatokból látható, hogy nincs jelentős különbség a kezelések között, de a kontroll ismétléseinél egy pár tizeddel, századdal magasabb N-tartalmak voltak tapasztalhatóak.

25. táblázat: 2. heti növénymintákból mért N-tartalom eredményei  
(Forrás: saját munka)

Kezelés	N%	N% Átlag	N% Szórás	Szárított növényi tömeg (g)	N tömege (g)	N tömeg átlag	N tömeg szórás
Kontroll 1	6,41	6,67	0,15	0,25	0,0160	0,0167	0,0009
Kontroll 2	6,77			0,24	0,0162		
Kontroll 3	6,77			0,27	0,0183		
Kontroll 4	6,71			0,24	0,0161		
Pellet 1	6,34	6,46	0,10	0,24	0,0152	0,0144	0,0021
Pellet 2	6,42			0,27	0,0173		
Pellet 3	6,62			0,20	0,0132		
Pellet 4	6,45			0,18	0,0116		
Sima komposzt 1	6,42	6,56	0,08	0,25	0,0161	0,0152	0,0014
Sima komposzt 2	6,61			0,26	0,0172		
Sima komposzt 3	6,58			0,21	0,0138		
Sima komposzt 4	6,61			0,21	0,0139		

A széntartalomra vonatkozóan is elkészültek ezek az adatok, amelyeket a 26. táblázat mutat be. A széntartalom esetén is az a tendencia figyelhető meg, mint a nitrogéntartalom esetén, a kontroll eredménye nem sokkal, de ismét felülkerekedett a két komposztos kezelésen.

26. táblázat: 2. heti növénymintákból mért C-tartalom eredményei  
(Forrás: saját munka)

Kezelés	C%	C% Átlag	C% Szórás	Szárított növényi tömeg (g)	C tömege (g)	C tömeg átlag	C tömeg szórás
Kontroll 1	40,57	40,07	0,31	0,25	0,1014	0,1002	0,0049
Kontroll 2	40,06			0,24	0,0961		
Kontroll 3	39,89			0,27	0,1077		
Kontroll 4	39,75			0,24	0,0954		
Pellet 1	38,91	39,20	0,28	0,24	0,0934	0,0872	0,0133
Pellet 2	39,12			0,27	0,1056		
Pellet 3	39,11			0,20	0,0782		
Pellet 4	39,66			0,18	0,0714		
Sima komposzt 1	38,96	39,09	0,14	0,25	0,0974	0,0909	0,0087
Sima komposzt 2	39,01			0,26	0,1014		
Sima komposzt 3	39,04			0,21	0,0820		
Sima komposzt 4	39,33			0,21	0,0826		

A kén tartalomra végzett ilyen jellegű vizsgálatoknak az eredményei a 27. táblázatban találhatóak. Változás itt sem volt tapasztalható, a már előzőleg a másik két elemnél megfigyelt trend tekintetében. A kén tartalom itt is a kontrollok esetén mutatta a legmagasabb értékeket.

27. táblázat: 2. heti növénymintákból mért S-tartalom eredményei  
(Forrás: saját munka)

Kezelés	S%	S% Átlag	S% Szórás	Szárított növényi tömeg (g)	S tömege (g)	S tömeg átlag	S tömeg szórás
Kontroll 1	0,51	0,46	0,03	0,25	0,0013	0,0012	0,0001
Kontroll 2	0,45			0,24	0,0011		
Kontroll 3	0,45			0,27	0,0012		
Kontroll 4	0,44			0,24	0,0011		
Pellet 1	0,43	0,43	0,01	0,24	0,0010	0,0009	0,0002
Pellet 2	0,43			0,27	0,0012		
Pellet 3	0,42			0,20	0,0008		
Pellet 4	0,42			0,18	0,0008		
Sima komposzt 1	0,45	0,44	0,00	0,25	0,0011	0,0010	0,0001
Sima komposzt 2	0,44			0,26	0,0011		
Sima komposzt 3	0,44			0,21	0,0009		
Sima komposzt 4	0,44			0,21	0,0009		

#### 4.4. A 4. héten vágott növényminták laboreredményei

Ugyanazokat a méréseket elvégeztem a 4. héten vágott növényeken is, mint a 2. héten vágottakon. A második vágáskor a zöldtömegek jóval alacsonyabbak voltak a gombás fertőzés okozta fejlődésleállás miatt. Fontos megjegyezni, hogy pont a penészes megfertőződésből kifolyólag nagyon fals biomassa eredmények születtek és ez befolyásolta a mért értékeket. A kísérlet végén vágott növényekből mért nitrogéntartalom eredményei a 28. táblázatban találhatóak. A nitrogéntartalomban jelentős különbségek itt sem jelentkeztek a kezelések között.

28. táblázat: 4. heti növénymintákból mért N-tartalom eredményei  
(Forrás: saját munka)

Kezelés	N%	N% Átlag	N% Szórás	Szárított növényi tömeg (g)	N tömege (g)	N tömeg átlag	N tömeg szórás
Kontroll 1	5,1	5,3	0,23	0,15	0,0077	0,0051	0,0020
Kontroll 2	5,7			0,11	0,0063		
Kontroll 3	5,19			0,07	0,0036		
Kontroll 4	5,37			0,05	0,0027		
Pellet 1	5,08	5,5	0,28	0,09	0,0046	0,0043	0,0003
Pellet 2	5,6			0,08	0,0045		
Pellet 3	5,86			0,07	0,0041		
Pellet 4	5,61			0,07	0,0039		
Sima komposzt 1	4,97	5,1	0,36	0,13	0,0065	0,0055	0,0012
Sima komposzt 2	4,62			0,15	0,0069		
Sima komposzt 3	5,44			0,07	0,0038		
Sima komposzt 4	5,49			0,09	0,0049		

A széntartalom mérés eredményeit a 28. napon vágott növényekből a 29. táblázat szemlélteti. A szórásokat is figyelembe véve, szignifikáns különbség nem látható a kezelések között.

29. táblázat: 4. heti növénymintákból mért C-tartalom eredményei  
(Forrás: saját munka)

Kezelés	C%	C% Átlag	C% Szórás	Szárított növényi tömeg (g)	C tömege (g)	C tömeg átlag	C tömeg szórás
Kontroll 1	35,36	35,0	0,21	0,15	0,0530	0,0333	0,0137
Kontroll 2	34,9			0,11	0,0384		
Kontroll 3	34,94			0,07	0,0245		
Kontroll 4	34,81			0,05	0,0174		
Pellet 1	32,69	34,4	1,19	0,09	0,0294	0,0265	0,0019
Pellet 2	33,79			0,08	0,0270		
Pellet 3	35,22			0,07	0,0247		
Pellet 4	35,72			0,07	0,0250		
Sima komposzt 1	31,87	33,0	1,85	0,13	0,0414	0,0357	0,0084
Sima komposzt 2	30,59			0,15	0,0459		
Sima komposzt 3	34,89			0,07	0,0244		
Sima komposzt 4	34,73			0,09	0,0313		

A kéntartalomra végzett ilyen jellegű mérésekből kapott adatokat a 30. táblázatban tüntettem fel. A kéntartalom tekintetében a kontroll esetén jelentkező nagy szórásnak köszönhetően itt sem lehet kijelenteni biztosan, hogy a változás a komposztkezelés hatására következett be.

30. táblázat: 4. heti növénymintákból mért S-tartalom eredményei  
(Forrás: saját munka)

Kezelés	S%	S% Átlag	S% Szórás	Szárított növényi tömeg (g)	S tömege (g)	S tömeg átlag	S tömeg szórás
Kontroll 1	0,73	0,54	0,11	0,15	0,0011	0,0006	0,0003
Kontroll 2	0,53			0,11	0,0006		
Kontroll 3	0,45			0,07	0,0003		
Kontroll 4	0,45			0,05	0,0002		
Pellet 1	0,42	0,42	0,02	0,09	0,0004	0,0003	0,0000
Pellet 2	0,45			0,08	0,0004		
Pellet 3	0,42			0,07	0,0003		
Pellet 4	0,4			0,07	0,0003		
Sima komposzt 1	0,5	0,46	0,03	0,13	0,0007	0,0005	0,0002
Sima komposzt 2	0,44			0,15	0,0007		
Sima komposzt 3	0,42			0,07	0,0003		
Sima komposzt 4	0,46			0,09	0,0004		

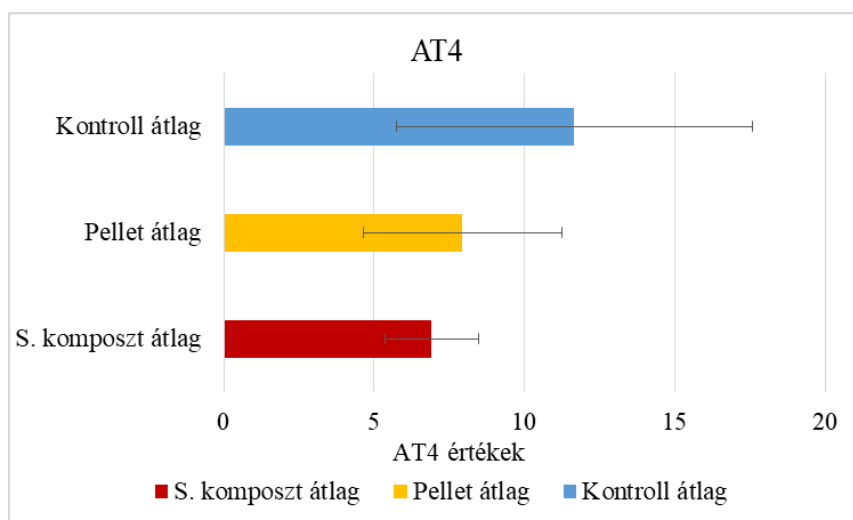
#### 4.5. AT4 eredmények

A légzésintenzitás értékeit a 31. táblázatban tüntettem fel. Az értékek nagyon nagy szórást mutatnak, a kezelések között statisztikailag különbség nem mutatható ki. Az AT4 érték a kontroll esetén is viszonylag magas biológiai aktivitást mutatott ezért a komposzt és pellet adagolás ezt várhatóan növelni fogja hosszú távon. A kapott eredményeket a 12. ábrán diagram segítségével ábrázoltam.

31. táblázat: Átlag AT4 értékek kezelésként  
(Forrás: saját munka)

Kezelések	AT4 átlag	Szórás
Kontroll	11,650	5,920
Pellet	7,940	3,309
Sima komposzt	6,920	1,550

12. ábra: AT4 átlagértékek kezelésként  
(Forrás: saját munka)



#### 4.6. Korreláció vizsgálat

A fejezet végén kívánom tárgyalni a talaj különböző fizikai és kémiai tulajdonságai közötti korreláció vizsgálat eredményeit. A most tárgyalásra kerülő eredmények, a „Mellékletek” fejezetben, a 32. táblázatban találhatóak. Az SPSS-ben végzett korreláció vizsgálatból kiderül, hogy gyenge negatív korreláció mutatkozik a pH(H<sub>2</sub>O) és a só % valamint a pH(H<sub>2</sub>O) és a szulfáttartalom között. A CaCO<sub>3</sub> tartalom és a humusztartalom között erős negatív korreláció van. A sótartalom több paraméterrel is kapcsolatban áll. Nagyon szoros pozitív korrelációban áll mind az AL-K<sub>2</sub>O-dal, mind pedig az AL-Na-mal, valamint erős pozitív kapcsolatban áll a szulfáttartalommal is. Ez azzal magyarázható, hogy vagy a nátrium vagy a kálium, szulfát formájában található meg a komposztban illetve a talajban. A legtöbb kapcsolat az AL-K<sub>2</sub>O esetén figyelhető meg. A káliumtartalom szoros pozitív kapcsolatban áll a nátriumtartalommal, a szulfáttartalommal és a mangántartalommal. Ezeknél valamivel gyengébb, de szintén pozitív korreláció van a kálium és a vastartalom között. A nátriumtartalom a már korábbiakban említettek felül szoros pozitív korrelációban áll a mangántartalommal és a szulfáttartalommal. A vastartalom és a mangántartalom között szintén szoros pozitív

kapcsolat figyelhető meg. Ennél valamivel gyengébb, de szintén pozitív kapcsolat figyelhető meg a mangántartalom és a szulfáttartalom között. Szoros pozitív kapcsolat mutatkozik a foszfortartalom tekintetében a nitrogénnel és szénnel. A nitrogén és a szén között nagyon szoros pozitív korreláció tapasztalható. A szulfáttartalom és a nitrát formájában található nitrogéntartalom is pozitívan korrelálnak.

## 5. Következtetések és javaslatok

A komposztokkal kapcsolatos szakirodalmakban végzett elmélyülésemnek és a saját kísérletem eredményeinek köszönhetően, egy átfogó képet sikerült kapnom a talajok komposzttal való kezeléseinek hatásáról. Kijelenthető, hogy ha csak önmagában komposztrágyázást végzünk, azzal nem lehet akkora terméseredményeket elérni, mint műtrágyázással. Úgy gondolom, hogy az a megoldás, ha szerves és szervesetlen trágyákat kombinálva alkalmazunk. Ezáltal csökkenthető a kijuttatandó műtrágyaadag, és a komposztos kezelés hatására pedig serkenthető a talajélet és növelhető a talaj makro és mikroelem tartalma. A jövőben a környezetvédelem és a fenntarthatóság szempontjából nagyon fontos lesz a körforgásos gazdálkodás elterjedése, aminek egy nagyon lényeges eleme lehet a komposztrágyázás. A komposztok előállításával rengeteg mellékterméket tudunk értékes terméskövelő anyaggá alakítani. Ezen a jótékony hatásán felül, a talajaink javításában nagyon fontos szerepet tud betölteni, mivel alkalmazásának hatására fokozódik a talajélet és a szervesanyag-tartalom is növekszik. A rövid ideig tartó labor körülmények között beállított kísérletem során a komposzt és a komposzt pellet között szignifikáns különbséget hatásukban nem találtam. A pelletált forma a gazdálkodás szempontjából előnyösebb, hiszen mozgatása és kijuttatása is egyszerűbb, ebből kifolyólag a termelők ebben a formában jobban preferálják. Fontos hangsúlyozni azonban, hogy mint a kísérletem eredményeiből kiderült, az általam használt terméskövelő anyag a növények kezdeti fejlődését lelassította, azonban a betegségekkel szemben való toleranciáját valamelyest növelte. Mindenképpen megjegyzendő, hogy a komposztok lassan fejtik ki pozitív hatásukat, olyan gyors beavatkozásra és hatásra, mint a műtrágyák esetén megszokhattuk, nem szabad számítani. Több éven át tartó komposztrágyázás azonban bizonyosan növelni fogja az adott területen termesztett növények termését és a stresszhatásokkal szembeni ellenállóképességét, valamint a talajtulajdonságokat is javítani fogja.

Kísérletem során a rövid időtartamból és a növények megfertőződéséből adódóan a jövőben mindenképpen érdemes lenne ilyen jellegű kísérletet beállítani, hogy a komposztos kezelések lassabb kezdeti fejlődésének okait jobban fel lehessen tárni, valamint hogy a kezdeti lassabb fejlődés a termésmennyiségben és minőségben megmutatkozik-e.

## 6. Összefoglalás

A „Bevezetés és célkitűzés” című fejezetben a műtrágyahasználat és a komposzthasználat aktualitását boncolgatom. Megfogalmazom, hogy miért van relevanciája a komposzthasználatnak, majd kitűzöm a célokat, amelyeket a diplomadolgozatommal szeretnék elérni.

A dolgozatom „Anyag és módszer” elnevezésű fejezetében tárgyalom a talaj származásának a helyét, melyen a kísérletem zajlott. Ismertetem a komposzt laboreredményeit, majd a kísérletem beállításának módját és a különböző eseményeket, kezeléseket, melyek a kísérletemmel történtek. A fejezet további részében leírásra kerülnek a módszerek, amik alapján a laborban elvégeztem a különböző méréseket. A módszerek, amelyek ismertetésre kerülnek: Talajok vizes és kálium-kloridos pH-jának meghatározása potenciometriásan; Az összes karbonáttartalom (szénsavas mész) meghatározása Scheibler-módszerrel; A talaj Arany-féle kötöttségi számának ( $K_A$ ) meghatározása kézi keveréssel; A vízben oldható összessó-tartalom meghatározása; A talaj ásványi nitrogéntartalmának meghatározása; A talaj könnyen oldható  $P_2O_5$ - $K_2O$ -tartalmának meghatározása ammónium-laktát (AL-) módszerrel; E4/E6 meghatározása; Biológiai aktivitás mérése (Oxitopos vizsgálat); A humuszminőség vizsgálata frakcionálás nélkül, optikai módszerekkel, Hargitai szerint.

Az „Eredmények” fejezetben először a kísérlet során megfigyelt növények fejlődési tendenciáját ismertetem, diagramok segítségével. Ezt követően a laboreredmények leírására kerül sor. Először a talajmintákon mért paraméterek, majd utána a vágott növényeken végzett vizsgálatok eredményei kerülnek ismertetésre. Majd a légzésintenzitás és a korreláció vizsgálat eredményei találhatóak.

A „Következtetések és javaslatok” című részben a szakirodalmi áttekintés és a kísérletem eredményeinek ismeretében teszek megállapításokat, valamint javaslatokat a komposztrágyázással kapcsolatban.

## **7. Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Gulyás Miklósnak a fáradozásaiért, a kitüntető bizalmáért, támogatásáért, jó tanácsaiért, mellyel segítette ennek a dolgozatnak az elkészülését. Külön szeretnék köszönetet mondani Dr. Takács Anitának és Dr. Sebők Andrásnak a labormunkákban nyújtott segítségükért, mellyel nagyban segítették a munkám elkészülését. Szeretném megköszönni mindenkinek a munkáját, akik idejüket nem sajnálva hozzásegítettek a diplomamunkám elkészüléséhez.

Köszönöm szüleimnek és családtagjaimnak, akik tanulmányaim során mindvégig támogattak. Valamint köszönettel tartozom mindazoknak, akik szakmai fejlődésemhez nagyban hozzájárultak.

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „A körforgásos gazdaság megvalósíthatósága a honvédelmi tevékenységek során” című TKP2021-NVA-22 azonosítószámú Tématerületi Kiválósági Program támogatásával valósult meg, a Körforgásos Gazdaság Elemző Központ (KGEK) vezetésével.



## 8. Irodalomjegyzék

- Abdel-Rahman, G., 2009. Impact of compost on soil properties and crop productivity in the Sahel North Burkina Faso. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 6(2), pp. 220-226.
- Abdel-Rahman, G., 2009. Impact of compost on soil properties and crop productivity in the Sahel North Burkina Faso.. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 6(2), pp. 220-226.
- Adugna, G., 2018. A review on impact of compost on soil properties, water use and crop. *Agricultural Science Research Journal*, 4(3), pp. 93-104.
- Agegnehu, G., vanBeek, C. & Bird, M., 2014. Influence of integrated soil fertility management in wheat and teff productivity and soil chemical properties in the highland tropical environment.. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Issue 14.
- Aleksza, L. & Dér, S., 2001. *Szakszerű komposztálás, elmélet és gyakorlat*. Gödöllő: ismeretlen szerző
- Amlinger, F. és mtsai., 2007. *Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils*., Ausztria: Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management.
- Ana, B., Castellano, S., López, J. & Juan, A., 2020. Comparative analysis of phytotoxicity and compost quality in industrial composting facilities processing different organic wastes. *Journal of Cleaner Production*, 252. kötet, pp. 120-125.
- Azim, K. és mtsai., 2017. *Composting parameters and compost quality: a literature review*, Organic Agriculture: ismeretlen szerző
- Baldi, E. és mtsai., 2018. Effect of compost application on the dynamics of carbon in a nectarine orchard ecosystem. In: *Science of The Total Environment*. hely nélkül: ismeretlen szerző, pp. 918-925.
- Bannick, 1988. Untersuchungen über den Stickstoffeinbau in die Huminstoffmatrix während der Kompostierung in einem Laborkomposter.. In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*. hely nélkül: ismeretlen szerző, pp. 119-123.
- Bannick & Ziechmann, W., 1991. Huminstoffbildung während. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, pp. 233-236.
- Barral, M. T. & Paradelo, R., 2011. *A review on the use of phytotoxicity as a compost*, Dynamic Soil, Dynamic Plant: ismeretlen szerző
- Barrena, R., Font, X., Gabarrell, X. & Sánchez, A., 2014. *Home composting versus industrial composting: Influence of composting system on compost quality with focus on compost stability*, Waste Management: ismeretlen szerző
- Baumgarten, A. & Spiegel, H., 2004. Phytotoxicity (Plant tolerance). *Horizontal* 8.
- Bazzoffi, P. és mtsai., 1998. The effect of urban refuse compost and different tractor tyres on soil physical properties, soil erosion and maize yield. *Soil and Tillage Research*, 48. kötet, pp. 275-286.
- Beke, D., Pólyáné Hanusz, B. & Németh-Torkos, S. A., 2019. Biológiai úton lebomló szerves hulladékok komposztálása és a komposztok hasznosulása a talajban. *Tér gazdaság ember*, 3(7), pp. 127-143.

- Bidló, A. és mtsai., 2014. : Telepített kocsánytalan tölgy és akác fiatalosok hatása a talaj szénkészletére néhány dunántúli erdőtelepítés példáján. *Erdészettudományi Közlemények*, 4(2), pp. 121-133.
- Birkás, M., 1997. *A talajlazítás szükségességének okai és technológiai feltételei..* Gödöllő, ismeretlen szerző
- Bouajila, K. & Sanaa, M., 2011. Effects of organic amendments on soil physico-chemical and biological. *Journal of Materials and Environmental Science*, Issue S1, pp. 458-490.
- Bouajila, K. & Sanaa, M., 2011. Effects of organic amendments on soil physico-chemical and biological. *J. Mater. Environ. Sci.*, 2. kötet, pp. 485-490.
- Brennan, E. & Acosta-Martinez, V., 2018. Soil microbial biomass and enzyme data after six years of cover crop and compost treatments in organic vegetable production. *Data in Brief*, 21. kötet, pp. 212-227.
- Brewer, L. & Sullivan, D., 2003. Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings.. *Compost Science & Utilization*, Issue 11, pp. 96-112.
- Brown, S. & Cotton, M., 2011. Changes in Soil Properties and Carbon Content Following Compost Application: Results of On-farm Sampling. *Compost Science and Utilization*, Issue 19, pp. 88-97.
- Cang, L., Wang, Y., Zhou, D. & Dong, Y., 2004. Heavy metals pollution in poultry and livestock feeds and manures under intensive farming in Jiangsu Province.. *Journal of Environmental Sciences*, pp. 371-374.
- Cesaro, A., Belgiorno, V. & Guida, M., 2015. *Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use*, Resources, Conservation and Recycling: ismeretlen szerző
- Cui, H.-Y. és mtsai., 2017. *Assessment of phytotoxicity grade during composting based on EEM/PARAFAC combined with projection pursuit regression*, Journal of Hazardous Materials: ismeretlen szerző
- Daniel, F. & Bruno, G., 2012. Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration. *Management of Organic Waste*, p. 925.
- Dubova, L. & Zarin, D., 2004. Application of toxkit microbiotests for toxicity assessment in soil and compost.. *Environmental Toxicology*, Issue 19, pp. 274-279.
- Dunst, G., 1991. *Kompostierung*. Graz-Stuttgart: ismeretlen szerző
- Emino, E. & Warman, P., 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Science and Utilization*, Issue 12, pp. 342-348.
- Epstein, E., 1997. *The Science of Composting..* Boca Raton: CRC Press.
- EU, ( K., 2011. *Boden: Der verborgene Teil des Klimazyklus*. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union.
- Farrel, M. & Jones, D., 2010. Use of composts in the remediation of heavy metal contaminated soil.. In: *Journal of Hazardous Materials*. hely nélk.: ismeretlen szerző, pp. 575-582.
- Filep, G., 1999. A szikes talajok kémiai jellemzői közötti összefüggések. *Agrokémia és talajtan*, 4. kötet, pp. 419-427.

- Filep, G., 1999. *Talajtani alapismeretek I. Általános talajtan*. 64. (Kari Jegyzet) szerk. Debrecen: DATE Mezőgazdaságtudományi Kar.
- Fogarty, M. A. & Tuovinen, H. O., 1991. Microbiological degradation of pesticides in yard waste composting.. In: *Microbiological Reviews*. hely nélk.: ismeretlen szerző, pp. 225-233.
- Füleky, G., 1988. *A talaj*. Budapest: Gondolat Könyvkiadó.
- Gómez-Brandón, M., Lazcano, C. & Domínguez, J., 2008. *The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure*, Chemosphere: ismeretlen szerző
- Goyal, S., Dhull, S. K. & Kapoor, K. K., 2005. *Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity*, Bioresource Technology: ismeretlen szerző
- Hanharam, T. & O'Grady, J., 1968. Copper supplementation of pig diets: the effect of protein level and zinc supplementation on the response to added copper.. *Animal Production*, Issue 10, pp. 423-432.
- Hao, X., Chang, C., Larney, F. J. & Travis, G. R., 2005. The effect of phosphogypsum on greenhouse gas emissions during cattle manure composting. *Journal of Environmental Quality*, 34(3), pp. 774-781.
- Hao, X., Chang, C., Larney, F. & Travis, G., 2001. Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting.. *Journal of Environmental Quality*, pp. 376-386.
- Helms, J. R., Stubbins, A., Ritchie, J. D. & Minor, E. C., 2008. Absorption Spectral Slopes and Slope Ratios as Indicators of Molecular Weight, Source, and Photobleaching of Chromophoric Dissolved Organic Matter. *Limnology and Oceanography*, 53(3), pp. 955-969.
- Hoitink, H. & Boehm, M., 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon.. *Annual Review Phytopathology*, Issue 37, pp. 427-446.
- Huang, J. és mtsai., 2017. *Chemical structures and characteristics of animal manures and composts during composting and assessment of maturity indices*, PLoS One: ismeretlen szerző
- Inbar, Y., Chen, Y., Hadar, Y. & Verdonck, O., 1988. Composting of agricultural wastes for their use as container media: Simulation of the composting process. *Biological Wastes*, 26(4), pp. 247-259.
- Kádár, I., 1998. *Savanyú talajok meszezésének szükségessége teljes körű állami támogatással*.. Mosonmagyaróvár: PATE-MTK.
- Kárpáti, Á., 2002. *Komposztálás, szennyvíziszap rothasztás és komposztálás, ismeretgyűjtemény*. Veszprém: Veszprémi Egyetem.
- Kerényi, E., 1990. Környezetvédelem. In: *Műszaki Értelmező Szótár*. Budapest: Akadémia Kiadó, pp. 7-16.
- Kismányoky, T., 1993. Szervestrágyázás. In: *Földműveléstan*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, pp. 203-236.
- Kluge, R., 2006. *Key benefits of compost use for the soil-plant system*. Brussels, In: Ecologically Sound Use of Biowaste in the EU.
- Kovács, D., 2019. *A komposztálás folyamatának nyomonkövetése új vizsgálati módszer alkalmazásával*. Gödöllő: Szent István Egyetem Környezettudományi Doktori Iskola.
- Krogmann, U., 1994. *Kompostierung – Grundl agen zur Einsammlung und behandlung von bioabfällen unterschiedlicher zusammensetzung*.. hely nélk.: Hamburger Berichte.

- Kröschens, M., 2010. Importance of Soil Organic Matter (SOM) for Biomass Production and Environment (a review). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 48(2), pp. 89-94.
- KSH, (. S. H., 2023. *A mezőgazdasági ráfordítások átlagárai, negyedévente, hely nélk.: ismeretlen szerző*
- Laila, A. K. M., 2011. Significance of Applied Cellulose Polymer and Organic Manure for Ameliorating Hydro-physico-chemical Properties of Sandy Soil and Maize Yield.. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6), pp. 23-35.
- Liang , C., Das, K. & McClendon, R., 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology*, 86(2), pp. 131-137.
- Lima, J. Z., Raimondi, I., Schalch, V. & Rodrigues, V. G., 2018. Assessment of the use of organic composts derived from municipal solid waste for the adsorption of Pb, Zn and Cd. *Journal of Environmental Management*, 226. kötet, pp. 386-399.
- Lipiec, J., Arvidsson, J. & Murer, E., 2003. Review of modelling crop growth, movement of water and chemicals in relation to topsoil and subsoil compaction.. *Soil and tillage Research*, Issue 73, pp. 15-29.
- Lipiec, kus, J., Stowinska-Juriewicz, J. & Nosalewicz, A., 2006. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods.. In: *Soil and tillage Research*. hely nélk.:ismeretlen szerző, pp. 210-220.
- Luo, Y. és mtsai., 2018. *Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects*, Waste Management: ismeretlen szerző
- Mehta, M. C., Palni, U., Franke-Whittle, H. I. & Sharma, K. A., 2014. Compost: Its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases.. In: *Waste Management*. hely nélk.:ismeretlen szerző, pp. 607-622.
- Mengel, K., Kirkby, E., Kosegarten, H. & Apple, T., 2001. *Principles of Plant Nutrition*. hely nélk.:ismeretlen szerző
- Mohammad, H. G., Denney, M. J. & Iyekar , C., 2004. *Use Composted Organic Wastes as Alternative to Synthetic Fertilizers for Enhancing Crop Productivity and Agricultural Sustainability on the Tropical Island of Guam*. Brisbane, 13th International Soil Conservation Organization Conference.
- Munzurogul, O. & Geckli, H., 2002. Effects of metals on seed germination, root elongation, and coleoptile and hypocotyl growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*.. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, Issue 43, pp. 203-2013.
- Németh, T., 2002. *Agrokémia jelentősége a többfunkciós növénytermesztésben..* Martonvásár, ismeretlen szerző
- Noah, A., Olufunke , C., Ofsu-Budu, K. & Ofsu-Anim, J., 2010. Effect of N-enriched co-compost on transpiration efficiency and water-use efficiency of maize (*Zea mays* L.) under controlled irrigation. *Agricultural Water Management*, 97(7), pp. 995-1005.
- OECD, O. f. E. C. a. D., 2006. *OECD Guidelines for the Testing of Chemicals Test No. 208: Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test*. Paris: OECD Publishing.
- Olson, N. C., Gulliver, J. S., Nieber, J. L. & Kayhanian, M., 2013. Remediation to improve infiltration into compact soils. *Journal of Environmental Management*, 117. kötet, pp. 85-95.

- Oviedo-Ocaña, E. R. és mtsai., 2015. *Stability and maturity of biowaste composts derived by small municipalities: Correlation among physical, chemical and biological indices*, Waste Management: ismeretlen szerző
- Paré, T., Dinel, H., Schnitzer, M. & Dunontet, S., 1998. Transformations of carbon and nitrogen during composting of animal manure and shredded paper.. *Biology and Fertility of Soils*, Issue 26, pp. 173-178.
- Paul, M., 2003. Long-term effects of manure compost and mineral fertilizers on soil biological activity as related to soil structure and crop yield.. In: F. Amlinger, S. Nortcliff & Weinfurter K., szerk. *Beneficial Effects of Compost Application on Fertility and Productivity of Soils*. Bécs és Brüsszel: European Commission, pp. 22-23.
- Petric, I., Helić, A. & Avdić, E. A., 2012. *Evolution of process parameters and determination of kinetics for co-composting of organic fraction of unicipal solid waste with poultry manure*, Bioresource Technology: ismeretlen szerző
- Ramos, M. C. & Martinez-Casnovas, J. A., 2006. Erosion rates and nutrient losses affected by composted cattle manure application in vineyard soils of NE Spain. *CATENA*, 3(68), pp. 177-185.
- Razza, F., D'Avino, L., L'Abate, G. & Lazzeri, L., 2018. *The Role of Compost in Bio-waste Management and Circular Economy*, Designig Sustainable Technologies, Product and Policies: ismeretlen szerző
- Riess, P. & Klages-Haberkern, S., 1993. Qualitätskriterien für Kompost.. *Entsorgungspraxis Spezial*, 9.
- Robert, S., 2003. *Kompost, Erde, Düngung*. München: BLV Verlagsgesellschaft GmbH.
- Rochus, W., 1978. Die Ausbildung des Humuskomplexes im Verlauf der Verrottung von Siedlungsabfälle. In: *Mitteilungen der deutschen bodenkundlichen gesellschaft*. Göttingen: ismeretlen szerző, pp. 79-86.
- Rynk, R. és mtsai., 1992. *On Farm Composting Handbook*.. New York: Cornell University.
- Schmid, C., Murphy, J. & Murphy, S., 2017. Effect of tillage and compost amendment on turfgrass establishment on a compacted sandy loam. *Journal of Soil and Water Conservation*, 72. kötet, pp. 55-64.
- Schmidt, R., Szakáll, P., Kerekes, G. & Bene, L., 1998. A talajok tömörödöttségének vizsgálata művelőutas cukorrépa-termesztési technológia alkalmazása esetén.. In: *Cukorrépa. hely nélkül*.: ismeretlen szerző
- Sebők, A. és mtsai., 2023. A hígítás hatása a talaj szervesanyag-minőség vizsgálatára az UV-VIS spektrumban. *Journal of Central European Green Innovation*, 11(3), pp. 3-13.
- Selim, S. M., Zayed, M. S. & Atta, H. M., 2012. *Evaluation of phytotoxicity of compost during composting process*, Nature nad Science: ismeretlen szerző
- Seran, T. H., Srikrishnah, S. & Ahamed, M. M. Z., 2010. Effect of different levels of inorganic fertilizers and compost as basal application on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *The Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), pp. 64-70.
- Silva, M. E. F., Lemos, L. T., Nunes, O. C. & Cunha-Queda, A. C., 2014. *Influence of the composition of the initial mixtures on the chemical composition, physicochemical properties and humic-like substances content of composts*, Waste Management: ismeretlen szerző

- Soheil, R. és mtsai., 2012. EFFECTS OF COMPOSTED MUNICIPAL WASTE AND ITS LEACHATE ON SOME. *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 2(6), pp. 801-814.
- Somerville, P. D., May, P. B. & Livesley, S. J., 2018. Effects of deep tillage and municipal green waste compost amendments on soil properties and growth in compacted urban soils. *Journal of Environmental Management*, 277. kötet, pp. 365-374.
- Sommer, G. S., McGinn, M., Hao, X. & Larney, F. J., 2004. Techniques for measuring gas emissions from a composting stockpile of cattle manure. *Atmospheric Environment*, 38(28), pp. 4643-4652.
- Strauss, P., 2003. Runoff, Soil erosion and related physical properties after 7 years of compost application. In: *Applying Compost-Benefits and Needs*. Vienna and Brussels: European Commission, pp. 219-224.
- Sumono-Loka, S., Nasution, D. & L., S., 2018. Revamping of entisol soil physical characteristics with compost treatment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.*, 122. kötet, p. art. no. 012090.
- Swift, R., 1996. Organic matter characterization.. In: *Soil Science Society of America*. Wisconsin: ismeretlen szerző
- Szabó, A. & Vágó, I., 2010. A komposzt-talaj bekeverési arányának hatása a talaj-növény rendszer abiotikus és biotikus paramétereire. *Agrártudományi közlemények*.
- Tayebeh, A., Abass, A. & Seyed, A. K., 2010. Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat. *Australian Journal of Crop Science*, 4(6), pp. 384-389.
- Tiquia, M. S., 2003. Evaluation of organic matter and nutrient composition of partially decomposed and composted spent pig litter.. In: *Environmental Technology*. hely nélk.: ismeretlen szerző, pp. 97-107.
- Tiquia, M. S. és mtsai., 2005. Bacterial community structure on feathers during composting as determined by terminal restriction fragment length polymorphism analysis of 16S rDNA genes.. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Issue 67, pp. 412-419.
- Tiquia, S., 2002. Microbial transformation during composting.. In: H. Insam, N. Riddech & S. Klammer, szerk. *Microbiology of Composting*. Berlin Heidelberg: ismeretlen szerző, pp. 237-245.
- Tiquia, S., 2010. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. *Chemosphere*, Issue 79, pp. 506-512.
- Tiquia, S. M. & Tam, N. F., 1998. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. *Bioresource Technology*, 65(1-2), pp. 43-49.
- Tiquia, S., Richard, T. & Honeyman, M., 2000. Effects of windrow turning and seasonal temperatures on composting of hog manure from hoop structures.. *Environmental Technology*, Issue 21, pp. 1037-1046.
- Uri, Z., 2007. *Települési szennyvíziszapok természetű növényekre és talajra gyakorolt hatásának vizsgálata*. Debrecen: Debreceni Egyetem.
- USEPA, U. E. P. A., 1982. *Seed germination/Root elongation toxicity test*. Washington DC, USA: Office of Toxic Substances.
- Várallyay, G., 1999. A talajfizika gyakorlati alkalmazásai a fenntartható talajhasználatban.. *Gyakorlati Agroforum*, 7(10), pp. 4-7.

- Várallyay, G., 2000. *A korszerű agrár-környezetvédelem talajtani alapjai*.. Siófok, ismeretlen szerző, pp. 4-7.
- Várallyay, G., 2003. *Növényi tápanyagellátás és a talaj vízgazdálkodása*.. Gödöllő, ismeretlen szerző
- Vermes, L., 1998. *Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- Walker, D., Clemente, R. & Bernal, M., 2004. Contrasting effects of manure and compost on soil pH, heavy metal availability and growth of *Chenopodium album* L. in a soil contaminated by pyritic mine waste. *Chemosphere*, Issue 54, pp. 215-224.
- Wei, Y. & Liu, Y., 2005. *Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study*, *Chemosphere*: ismeretlen szerző
- Williams, R. T., Ziegenfuss, P. S. & Sisk, W. E., 1992. Composting of explosive and propellant contaminated soils under therophilic and mesophilic conditions. *Journal of Industrial Microbiology*, pp. 137-144.
- Yang, K. & Xing, B., 2009. Adsorption of fulvic acid by carbon nanotubes from water. *Environmental pollution*, 157. kötet, pp. 1095-1100.
- Young, B. J. és mtsai., 2016. *Development of phytotoxicity indexes and their correlation with ecotoxicological, stability and physicochemical parameters during passive composting of poultry manure*, *Waste Management*: ismeretlen szerző
- Yuan, L., Jie, L., Guangming, Z. & Ming, C., 2018. Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects. *Waste Management*, 71. kötet, pp. 109-114.
- Zemanek, P., 2011. Evaluation of compost influence on soil water retention. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LIX. kötet, pp. 227-232.
- Zhang, D. és mtsai., 2018. *Performance of co-composting sewage sludge and organic fraction of municipal solid waste at different proportions*, *Bioresource Technology*: ismeretlen szerző
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M. & De Bertoldi, M., 1981. Evaluating toxicity of immature compost.. *BioCycle*, Issue 22, pp. 54-57.

## 9. Táblázatok és ábrák jegyzéke

1. táblázat: A felhasznált komposzt laboreredményei	32
2. táblázat: A felhasznált komposzt fémtartalom vizsgálat eredményei	32
3. táblázat: Növénymagasságok, adott naponként (1. kísérlet)	41
4. táblázat: Növénymagasságok, adott naponként (2. kísérlet)	43
5. táblázat: pH mérés eredményei mindkét oldószerrel	45
6. táblázat: CaCO <sub>3</sub> % tartalom mérés átlageredményei	46
7. táblázat: Arany-féle kötöttségi szám átlageredményei	46
8. táblázat: A kezelések átlag sótartalma %-ban kifejezve	47
9. táblázat: A kezelések átlag humusztartalma %-ban kifejezve	48
10. táblázat: Átlag P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tartalom a különböző kezeléseknél	48
11. táblázat: Átlag K <sub>2</sub> O tartalom a különböző mintákban	48
12. táblázat: Átlag Ca-tartalom a különböző mintákban	49
13. táblázat: Átlag Na-tartalom a különböző mintákban	49
14. táblázat: Átlag Mg-tartalom a különböző mintákban	50
15. táblázat: Átlag Cu-tartalom a különböző mintákban	50
16. táblázat: Átlag Fe-tartalom a különböző kezeléseknél	51
17. táblázat: Átlag Mn-tartalom a különböző mintákban	51
18. táblázat: Átlag Zn-tartalom a különböző mintákban	51
19. táblázat: Átlag SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> tartalom a különböző mintákban	52
20. táblázat: Átlag NH <sub>4</sub> -N tartalom a különböző mintákban	52
21. táblázat: Átlag NO <sub>3</sub> -N tartalom a különböző mintákban	53
22. táblázat: A talajra vonatkozó CNS kezelésenkénti átlageredményei	53
23. táblázat: Humuszstabilitási koefficiens értékei kezelésenként	54
24. táblázat: E4/E6 eredmények a különböző minták esetén	54
25. táblázat: 2. heti növénymintákból mért N-tartalom eredményei	55
26. táblázat: 2. heti növénymintákból mért C-tartalom eredményei	55
27. táblázat: 2. heti növénymintákból mért S-tartalom eredményei	56
28. táblázat: 4. heti növénymintákból mért N-tartalom eredményei	56
29. táblázat: 4. heti növénymintákból mért C-tartalom eredményei	57
30. táblázat: 4. heti növénymintákból mért S-tartalom eredményei	57
31. táblázat: Átlag AT4 értékek kezelésenként	58
32. táblázat: Korreláció vizsgálat eredményei	71
1. ábra: Különböző stressz faktorok hatása a talajra	9
2. ábra: A talajvételi pont elhelyezkedése térképen	31
3. ábra: Kezelésenkénti átlagos növénymagasság (1. kísérlet)	42
4. ábra: Kikelt magok száma a kísérlet 6. napján (1. kísérlet)	42
5. ábra: Kezelésenkénti átlagos növénymagasság (2. kísérlet)	44
6. ábra: Kikelt magok száma a kísérlet 6. napján (2. kísérlet)	45
7. ábra: A kezelések pH eredményei diagramon ábrázolva	46
8. ábra: Átlag sótartalmak %-ban kifejezve	47
9. ábra: AL-K <sub>2</sub> O tartalom kezelési átlagonként	49
10. ábra: Na-tartalom növekedés a különböző kezeléseknél	50
11. ábra: SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> tartalom változása a kezelések hatására	52
12. ábra: AT4 átlagértékek kezelésenként	58



# 10. Mellékletek

32. táblázat: Korreláció vizsgálat eredményei  
(Forrás: saját munka)

	pH (KCl)	pH (H <sub>2</sub> O)	CaCO <sub>3</sub> %	K <sub>2</sub> O	Si %	Humusz %	AL- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)	AL-Ca (mg/kg)	AL-Na (mg/kg)	AL-Mg (mg/kg)	HNO <sub>3</sub> - Cu (mg/kg)	HNO <sub>3</sub> - Fe (mg/kg)	HNO <sub>3</sub> - Mn (mg/kg)	HNO <sub>3</sub> - Zn (mg/kg)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg)	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	N [%]	C [%]	S [%]
Pearson Correla tion	1	0,364	-0,17	0,333	0,345	0,281	0,475	0,375	0,551	0,476	-0,146	0,106	0,149	0,149	-0,137	0,232	-0,036	0,058	0,29	0,249	
Pearson Correla tion		1	-0,245	0,121	-0,580*	0,27	0,062	-0,547	0,328	-0,442	0,151	-0,319	0,164	0,29	-0,153	-0,584*	-0,302	0,29	0,164	0,1	
Pearson Correla tion			1	0,444	0,21	-0,568**	0,085	0,284	0,21	-0,678*	0,331	-0,24	0,212	0,483	0,134	0,372	-0,085	0,429	0,212	0,077	
Pearson Correla tion				1	0,377	0,31	0,377	0,398	0,21	-0,418	0,192	0,128	0,497	0,483	0,097	0,494	-0,085	0,499	0,483	0,497	
Pearson Correla tion					1	0,116	0,468	0,406	0,016	-0,241	0,215	0,293	0,278	0,357	0,165	0,326**	0,274	0,491	0,357	0,324	
Pearson Correla tion						1	0,505	0,261	0,509	0,176	0,479	0,467	0,428	0,428	-0,015	0,102	-0,333	0,278	0,428	0,428	
Pearson Correla tion							1	0,414	0,509	0,176	0,479	0,467	0,269	0,269	0,179	0,241	-0,085	0,491	0,269	0,269	
Pearson Correla tion								1	0,491	-0,016	0,215	0,211	0,147	0,147	0,161	0,102	-0,085	0,499	0,147	0,147	
Pearson Correla tion									1	-0,016	0,192	0,211	0,147	0,147	0,161	0,102	-0,085	0,499	0,147	0,147	
Pearson Correla tion										1	0,176	0,211	0,147	0,147	0,161	0,102	-0,085	0,499	0,147	0,147	
Pearson Correla tion											1	0,549	0,303	0,303	0,467	0,454	-0,434	0,153	0,303	0,303	
Pearson Correla tion												1	0,549	0,303	0,467	0,454	-0,434	0,153	0,303	0,303	
Pearson Correla tion													1	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	
Pearson Correla tion														1	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	
Pearson Correla tion															1	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	
Pearson Correla tion																1	0,809**	0,809**	0,809**	0,809**	
Pearson Correla tion																	1	0,809**	0,809**	0,809**	
Pearson Correla tion																		1	0,809**	0,809**	
Pearson Correla tion																			1	0,809**	
Pearson Correla tion																				1	
Pearson Correla tion																					1
Pearson Correla tion																					

# 11. Nyilatkozatok

## 11.1. Hallgatói nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /  
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

### NYILATKOZAT

#### a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Gelety Simon Péter
A Hallgató Neptun kódja:	ZRLKLM
A dolgozat címe:	Szarvasmarha komposzt és szarvasmarha komposzt pellet összehasonlító vizsgálata különös tekintettel a talaj és növény elemtartalmára
A megjelenés éve:	2024
A konzulens intézetének neve:	Környezettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Talajtani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat 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 mindenkori 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: Gödöllő, 2024.04.17.



Hallgató aláírása

## 11.2.Konzulensi nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat  
III. Hallgatói Követelményrendszer  
III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat  
6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /  
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója  
4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

### NYILATKOZAT

Geletey Simon Péter (név) (hallgató Neptun azonosítója: ZRLKLM)  
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a  
hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai  
szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: Gödöllő, 2024.04.17.



belső konzulens