

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Szervesanyag alapú tápanyagpótló készítmények
fejlesztése és hatásainak vizsgálata modell és
szabadföldi körülmények között**

Tóth Florence Alexandra

Témavezető: Dr. habil. Nagy Péter Tamás
egyetemi docens



DEBRECENI EGYETEM

Táplálkozás- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola

Debrecen, 2024

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

Az elmúlt évtizedekben a túlnépesedés problémája világviszonylatban egyre inkább központi kérdéssé vált, amely mellett, a jövő mezőgazdasága számára központi kérdés a klímaváltozás által okozott környezeti változások, szélsőségek hatékony kezelésére való felkészülés. Az elmúlt évtizedek nem termőhely orientált, kiegyensúlyozatlan tápanyagpótlási gyakorlata, valamint a fokozódó klimatikus anomáliák és extrémítások a talajok degradációját, szerves anyag és tápanyag tartalmának csökkenését, vízgazdálkodási tulajdonságaiknak romlását okozták. Mindezek alapján napjaink és a jövő egyre nagyobb kihívása a jó minőségű, magas tápértékű, nagy mennyiségű állati eredetű élelmiszer biztosítása. Ehhez kapcsolódóan, globális trendként figyelhető meg az elmúlt évtizedekben az állattartásban mutatkozó eltolódás a baromfitartás javára. Napjainkban a baromfi ágazat jelenleg legjelentősebb problémája éppen az, hogy a felgyorsult, megnövekedett kapacitású élelmiszertermelési ciklus jelentős mennyiségű - átalakítás nélkül használhatatlan trágyát, azaz ilyen értelemben hulladékot termel. A doktori kutatásom fő célkitűzése, hogy a nagyüzemi baromfitartásból kikerülő trágyából, megfelelő átalakítási, adalékolási eljárással kapott természetes, szervesanyagalapú talaj- és növénykondicionáló készítmények további termékfejlesztését valósítsam meg, melyek a talajélet fokozásán sok esetben reaktiválásán keresztül a talajok szerves anyag gazdálkodásának javítását, a tápanyagszolgáltató képességük fokozását képesek elérni a talaj fizikai, kémiai, vízgazdálkodási és biológiai tulajdonságainak javításával.

Kísérleteimben fermentált, adalékolt és pelletizált csirketrágyát (Bio-Fer Natur Extra: NEX) használtam, mely tulajdonságait egyrészt szuperadszorbens polimerekkel (SAP-ok, hidrogélek), másrészt agyagásványként bentonittal, javítottam. A fejlesztett termékek hatékonyságát talajkémiai és vízgazdálkodási vizsgálatokkal ellenőriztem.

Ezek alapján fontosabb célkitűzéseim a következők voltak:

- A termékfejlesztés révén olyan prototípus termék/ek előállítása és tesztelése a cél, amelyek hatékonyan használhatók a biztonságos és minőségi élelmiszer alapanyag termelésben és amelyek alkalmasak lehetnek kereskedelmi forgalomba hozatalra.

- A fejlesztett prototípus termékek, kompozitok hatásának laboratóriumi (talajinkubációs), tenyészedényes (modell) és szabadföldi kísérletekben történő vizsgálata, üzemi megfigyelések, valamint talaj- és növényanalitikai vizsgálatok révén.

- A kutatás során kapott eredmények felhasználása a precíziós mezőgazdaságban, és a környezetbarát, minőségi élelmiszer alapanyagok előállítási tapasztalatainak bővítésében.

Céljaimat úgy próbáltam megvalósítani, hogy eközben csökkentsem a baromfitartás során képződő hulladékok mennyiségét.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteimben a következő anyagok kerültek felhasználásra:

- Fermentált és adalékolt csirketrágya (Bio-fer termékcsalád (Natur Extra (NEX))
- Bentonit
- Szuperabszorbens polimerek (SAP-ok).

A fejlesztett prototípus kompozit termékek hatásainak vizsgálatára háromféle, egymástól markánsan különböző, de hazánk talajaira jellemző talajtípust választottam:

- Kovárányos barna erdőtalaj (Pallag), Lamellic Arenosol
- Mészlepedékes csernozjom talaj (Látókép), Calcic Chernozem
- Jellegtelen (futó) homoktalaj (Debrecen), Aeolic Arenos

Laboratóriumi aerob talajinkubációs és tenyészedényes kísérleteimet a DE MÉK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetében, míg a szabadföldi kísérleteket a DE MÉK AKIT Pallagi Kertészeti Kísérleti Telepén végeztem el.

A kísérletek során elvégzett talaj-, növény- és termésvizsgálatok

A kísérletek vizsgálati mintáinak analízise több helyszínen történt:

- Talaj- és levélanalízis: DE MÉK Agrárműszerközpont
- Talaj-, levél- és gyümölcsanalízis: DE MÉK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
- Antioxidáns-tartalom meghatározása: DE MÉK Agrokémiai és Talajtani Intézet

2.1. Talajinkubációs kísérletek módszertani leírása

Az elkészített kompozitok hatásait először aerob talajinkubációs kísérletekben teszteltem.

1. táblázat: Az elvégzett talajinkubációs kísérletek összefoglaló táblázata

Kísérlet	Talaj (g)	VK (%)	Időtartam (hó)	T (°C)	Ismétlés	Edényszám
I.	Debrecen Pallag (200)	60	1	25	3	40
II.	Pallag, Látókép (100)	40 és 60	1	25	3	96
III.	Pallag (500)	40 és 60	4	25	3	144

Kutatásaim során három talajinkubációs kísérletet terveztem és végeztem el a kialakított kompozitok hatásainak ellenőrzésére (1. táblázat). A kísérletekhez minden esetben szárított, szitált, <2 mm frakciójú talajt használtam.

I. Talajinkubációs kísérlet

Ebben a kísérletben a két korábban bemutatott adalékanyag mellett egy újabbat is alkalmaztam az Aegis-t a NEX termék tulajdonságainak javítására. Az egy hónapos inkubációs kísérlethez 200 g szárított humuszos homoktalajt (Pallag) használtam. A kapszulákat 2 cm mélyen helyeztem a talajba. Minden edénybe egy kapszulát helyeztem, és minden kezelést három ismétlésben alkalmaztam, VK=60%-os vízkapacitási szinten (2. táblázat).

2. táblázat: Az I. talajinkubációs kísérletben alkalmazott kezelések

Kezelések	Kompozit kezelések (N:S:B arány)
Kontroll NEX	90,0 : 0,5 :9,5
Kontroll NEX-Aegis (A)	90,0 : 1,0 :9,0
	90,0 : 1,5 :8,5
	90,0 : 2,0 :8,0

A kísérlet során az egyes edényekben lévő talajréteget kétfelé bontottam és a talajmintákat ebből a két rétegből vettem a 2. és a 4. hét után.

3. táblázat: Az I. talajinkubációs kísérletben alkalmazott kezeléskódok

Kezelés	Kezelés
A – Kontroll NEX alsó réteg	B – Kontroll NEX felső réteg
C – Kontroll NEX A alsó réteg	D – Kontroll NEX A felső réteg
E – 90,0 : 0,5 : 9,5 alsó réteg	F – 90,0 : 0,5 : 9,5 felső réteg
G – 90,0 : 1,0 : 9,0 alsó réteg	H – 90,0 : 1,0 : 9,0 felső réteg
I – 90,0 : 1,5 : 8,5 alsó réteg	J – 90,0 : 1,5 : 8,5 felső réteg
K – 90,0 : 2,0 : 8,0 alsó réteg	L – 90,0 : 2,0 : 8,0 felső réteg

Megjegyzés: A táblázatban az egyes számok a N:S:B arányokat jelzik.

II. Talajinkubációs kísérlet

Ebben az inkubációs kísérletben két különböző adalékanyagot használtam a komposztált baromfitrágya tulajdonságainak javítására Stockosorb-ot SAP-ként és bentonitot agyagásványként. A kompozitokat két különböző talajtípuson teszteltem: homokos szerkezetű barna erdőtalajon (Pallag) és csernozjom talajon (Látókép).

4. táblázat: Az II. talajinkubációs kísérletben alkalmazott kezelések

Kezelés kód	VK (%)	NEX (porított) (mg)	SAP (mg)	Bentonit (mg)
40 C (kontroll)	40	75	-	-
40 NEX	40	75	0,0375	7,5
60 C (kontroll)	60	75	-	-
60 NEX	60	75	0,0375	7,5

A talajmintákat ellenőrzött nedvességtartalom mellett (két vízkapacitási szinten (VK=40% és 60%)), 28 napig 25°C-on inkubáltam. Minden kezeléshez három ismétlés tartozott, összesen 96 minta (4. táblázat).

III. Talajinkubációs kísérlet

Ennél az inkubációs kísérletnél (5. táblázat) már két különböző SAP adalékot használtam: szintetikusként Stockosorbot (S), szerves alapúként Zeba-át (Z). A kompozitok hatásait pallagi, homokos szerkezetű barna erdőtalajon vizsgáltam. A négy hónapig tartó aerob inkubációt ellenőrzött nedvességviszonyok (VK=40% és 60%) mellett végeztem.

A kapszulák elrendezése megegyezett az előző kísérletével, de növelt talajtömeget (500g) használva. Minden kezeléshez három ismétlés és négy mintavételi időpont (havonta) tartozott. Az inkubációs kísérletben hat kezelést alkalmaztam. Az abszolút kontrollon (K) kívül öt kezelést állítottam be és alkalmaztam a kísérletben, amelyek három csoportra oszthatók:

- KT (kizárólag fermentált csirketrágyát tartalmazott),
- S csoport (fermentált csirketrágyát és S-t tartalmazott két különböző dózisban - S1 és S2),
- Z csoport (fermentált csirketrágyát és Z-t tartalmazott két különböző dózisban - Z1 és Z2),

A kezelésekben a NEX:SAP:Bentonit arányok 90:1:9, illetve 90:2:8 voltak, a kísérletben a csirke trágya mennyisége állandó volt, minden kezelésben (5. táblázat).

5. táblázat: A III. inkubációs kísérletben alkalmazott kezelések és dózisok

Kezelések	Dózis (mg/500g talaj)			
	NEX	Bentonit	S	Z
K	-	-	-	-
KT	450	-	-	-
S1	450	45	5	-
S2	450	40	10	-
Z1	450	45	-	5
Z2	450	40	-	10

A kísérlet fő célja a termékek N mineralizációra gyakorolt hatásainak vizsgálata volt. Ezért ebben a kísérletben meghatároztam a talaj teljes szén (TC) és teljes nitrogéntartalmát (TN) valamint az ásványi nitrogén mennyiségét (MN) és a talaj C/N arányát. A kumulatív MN-ből kiszámítottam a potenciálisan mineralizálható nitrogén tartalmat (PMN-t), majd a nettó mineralizációs arányt (NMR) és a nettó nitrifikációs arányt (NNR) is.

2.2. Tenyészedény kísérletek módszertani leírása

A kutatásaim második fázisaként tenyészedényes kísérleteket végeztem az elkészített kompozitok hatásainak tanulmányozására (2021-ben paradicsom, 2022-ben uborka jelzőnövényekkel). A kísérletek időtartama négy hónap volt.

Kísérleteimben az adalékolt és fermentált baromfitrágyát (BioFer Natur Extra), mint alapanyagot szuperadszorbens polimerekkel (szintetikus (SAP1-Stockosorb) és szerves (SAP2-Zeba)) valamint agyagásvánnyal (Bentonit) kevertem eltérő dózisokban (6. táblázat).

6. táblázat: A tenyészedény kísérletekben alkalmazott kezelések (2021-2022)

Kezelések	Trágya	Bentonit			Zeba
		(g/3 kg talaj)			
K	0	0	0	0	0
KT	10	0	0	0	0
S1	10	5	3	0	0
S2	10	5	6	0	0
Z1	10	5	0	0	1,8
Z2	10	5	0	0	2,7

Az így elkészített saját fejlesztésű talajjavító kompozitok hatását vizsgáltam a természetű növény biomasszatömegére, növényi pigmenttartalmára (klorofill- és karotinoid-tartalom) valamint vízhasznosítására. A kísérletekben használt edényszám minden növény esetén, kísérletenként 36-36 db volt (paradicsom: 1 jelzőnövény x 6 kezelés x 3 ismétlés x 2 talajtípus x 1VK szint = 36 edény; uborka: 1 jelzőnövény x 6 kezelés x 3 ismétlés x 1 talaj x 2VK szint = 36 edény).

A paradicsom kísérletben egy vízkapacitási szintet alkalmaztam (VK=60%), míg az uborka kísérletben két vízkapacitási szinten végeztem a vizsgálatokat (VK=60% és VK=70%), A talajok beállított nedvességtartalmát napi desztillált vizes öntözéssel biztosítottam. A kísérletekben homoktalajt (Debrecen) és kovárványos barna erdőtalajt (Pallag) használtam.

2.3. Szabadföldi kísérletek módszertani leírása (Pallag)

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Kertészettudományi Intézetének Pallagi Kísérleti Állomásán lévő gyümölcsösben végeztem. A gyümölcsöst 1 m-es sor- és 4 m-es sorköz távolságot alkalmazva 2011-ben telepítették. A fákat 3,5 m magas karcsúorsó formára nevelték (CSIHON et al., 2021). A kísérletekben M9-es alanyú 'Pinova' almafajtát (*Malus domestica Borkh.*) használtam (7. táblázat).

7. táblázat: Kezelések Pinova almafajta esetén (Pallag, 2021, 2022)

Kezelések	Dózisok (kg/fa)		
	NEX	Bentonit	SAP
K	-	-	-
KNEX	2	-	-
B1	2	0,5	-
B2	2	1,0	-
S1	2	-	0,1
S2	2	-	0,2
BS1	2	0,5	0,1
BS2	2	1,0	0,2

Minden kezelés öt-öt fát tartalmazott. A kísérletet 2021 májusában virágzás után állítottam be, és a trágyázást a következő év májusában megismételtem. Az általam kijutatott kezelések mellett az egész ültetvény a következő, éves dózisú alap trágyázást kapta: 200kg/ha Yara Crop Care N:P:K (11:11:21) két egyenlő dózisban márciusban és júniusban kijuttatva valamint további N-kiegészítést 100 kg/ha dózisban Péti só formájában. A felhasználás előtt a pelletizált csirketrágyát (Bio Fer NEX) ledaráltam, majd összekevertem az adalékokkal. A keveréket a talajba 20 cm mélységben a fák mindkét oldalán a csepegtetővonalban, a törzsektől 50-50cm távolságra helyeztem el. A kísérlet során rendszeresen talaj-, levél- és gyümölcsmintát vettem a kijuttatott készítmények hatékonyságának vizsgálatára.

2.4. Statisztikai analízis

A statisztikai elemzéseket R szoftverrel végeztem R Studio felhasználói környezetben (4.1.3. verzió) R studio agricolae csomag alkalmazásával. Az adatok normalitás vizsgálatához (Shapiro -Wilk) tesztet használtam. A különböző kezelések hatásainak kimutatása egy- és többtényezős varianciaanalízissel (Duncan, Kruskal – Wallis teszt SD= 5%) történt. A vizsgált paraméterek (SOC, SON, NO₃-N) szignifikáns különbségeinek megállapítására Statgraphics 18. szoftverrel Spearman Rank – féle korrelációs elemzést használtam (SD=5% és SD=10%).

3. EREDMÉNYEK

3.1. Termékkialakítási előkísérletek eredményei

Vizsgálataimat azzal kezdtem, hogy az alapanyag és az adalékok fizikai tulajdonságai alapján megfelelő arányú kompozit termékek állítsak elő. Ehhez meg kellett határozni a pontos keverési arányokat, amelyeket egyrészt gyártói javaslatok alapján másrészt az elvégzett tesztkísérletek alapján végeztem el.

Az elővizsgálataim eredményeit a következőkben lehet összefoglalni:

- Az egyes összetevők arányát fizikai-kémiai tulajdonságaik, alkalmazási dózisaik és hatékonyságuk határozta meg.
- Kísérleteimben alapanyagként a fermentált csirketrágyát tekintettem, ezért részarányát 90%-ra állítottam be.
- Az előkísérletek eredményei alapján leghatékonyabbnak a következő arányok bizonyultak: a bentonit részaránya mintegy 8-9 %, a szuper abszorbens polimerek részaránya 1-2 %.
- Eredményeiből megállapítottam, hogy a kapszulázott forma tekinthető a legmegfelelőbbnek a talaj inkubációs kísérletekhez.
- A kapott eredményekből megállapítottam, hogy a szuper abszorbens polimereket nem a talajfelszínen, hanem mélyebb rétegbe legalább 2-20 cm mélyre bejuttatva lehet megfelelően alkalmazni (kísérlet típustól, tesztnövénytől függően). A felszíni vagy felszín közeli alkalmazás a talajréteg kidudorodását, felszínének összetöredeződését, a készítmények hatékonyságának romlását eredményezi.
- Eredményeim rámutattak, hogy az összeállított kompozitok alkalmasak a palánták hosszantartó nevelésére, akár több héten keresztül is.

3.2. Talajinkubációs kísérletek eredményei

Megállapítható, hogy az első inkubációs kísérletben a pH értéke 7,20 -7,45 között változott a második hét után, míg 6,10-6,50 között a negyedik hét után. A kísérlet során tehát a talaj kémhatása minden kezelésben enyhén csökkenő tendenciát mutatott. Eredményeimből az is megfigyelhető, hogy a nagyobb dózisú szuper abszorbens-t tartalmazó kezelések jobban csökkentették a talaj pH értékét. Ez magyarázható azzal, hogy a SAP nemcsak a víz, hanem az oldható tápanyag-ionok megkötésére is képes (SITU et al., 2023). A talaj vezetőképessége 180-230 mS/cm között változott a második hét után, míg a kísérlet végén 130-180 mS/cm között alakult, ami enyhén csökkenő tendenciát mutat. Eredményeiből megállapítható, hogy a

kezelések a kontrollhoz képest már a második hét után csökkentették a talaj vezetőképességét. Ez a hatás azonban a kísérlet végére megszűnt, a kontroll és a kezelt minták között szignifikáns különbség a vezetőképességben nem volt mérhető egyik rétegben sem. A kapott eredmények rámutatnak, hogy a talaj nitrát-tartalma két hét után 25-65 mg/kg között, míg a kísérlet végén 20-60 mg/kg között változott.

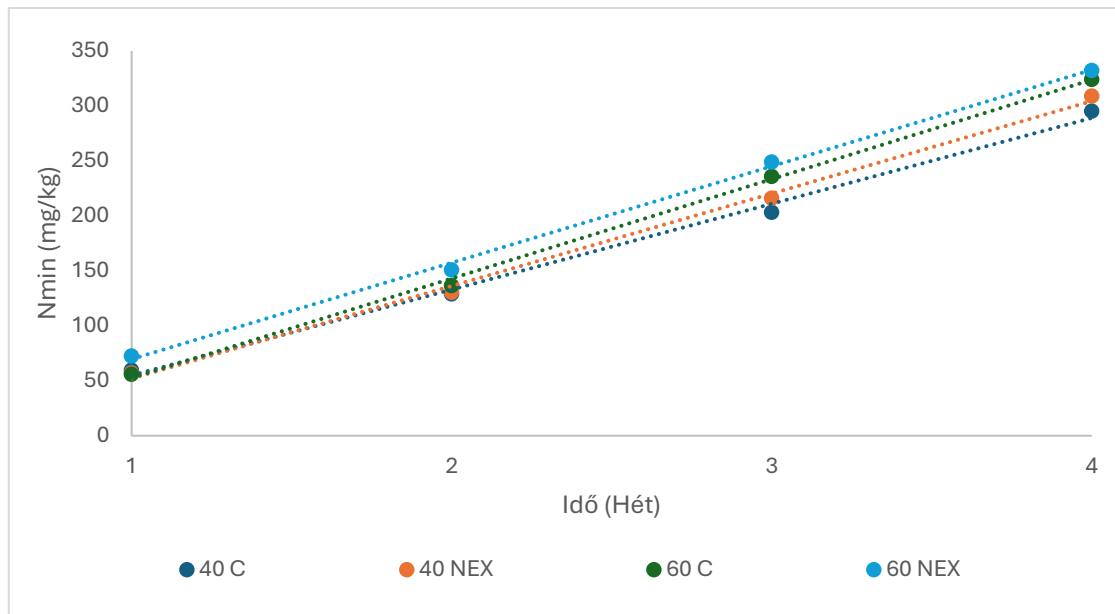
Azt tapasztaltam, hogy az adalékanyagok kedvezően hatnak a nitrát-ionok mélységi eloszlására, azaz megvédik a nitrát-ionokat a kimosódástól. Ez a hatás homoktextúrájú talajokon, ahol a nitrát-ionok mélységi elmozdulása jelentős, különösen kedvező lehet, hiszen így a gyökérszónában, azaz a fő tápanyagfelvételi zónában nagyobb közvetlenül felvehető nitrát-tartalommal lehet számolni (SISTANI et al., 2008).

A kezelések enyhén növelték a talaj ammónium-tartalmát a kontrollhoz képest, de a hatás nem volt szignifikáns. A talaj ammónium-tartalma döntően nem változott az inkubáció időszaka alatt. Az is megfigyelhető, hogy a kísérlet során a talaj nitrát-tartalma mintegy ötszöröse volt az ammónium-tartalomnak. Ez arra utal, hogy a kísérlet során a domináns forma a nitrát volt és a mineralizációs folyamatok akadálytalanul lejátszódnak adott nedvesség viszonyok között.

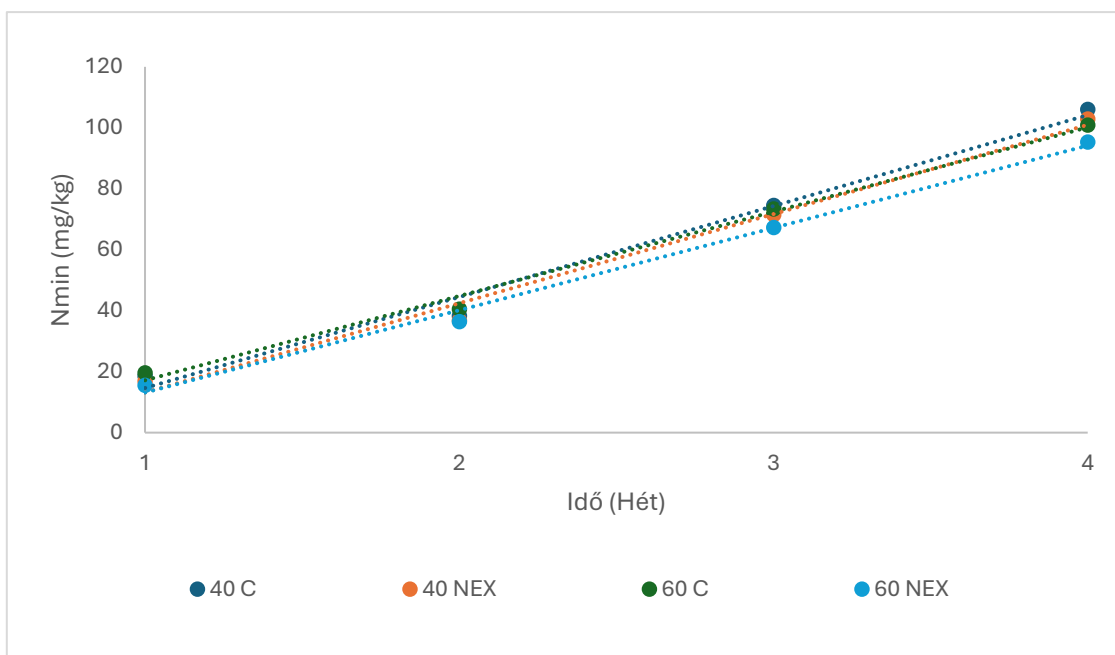
A második kísérlet eredményeiből látható, hogy a talaj nitráttartalmában a két talajtípus között jelentős különbség van. A látóképi talajban mért nitráttartalom mintegy tízszerese a pallagi talajénak, ami a két talajtípus közötti különbséggel magyarázható. Kezdetben a csernozjom talaj nitráttartalma tízszer nagyobb volt, mint a barna erdőtalajé, míg a kísérlet végére ez az arány három-négyszeresre csökkent. Ez arra utal, hogy a kisebb tápanyagtőkéjű talajon kedvezőbb hatást tudtam elérni az alkalmazott kompozit kezelés révén.

Ebben a kísérletben a csernozjom talajhoz hasonlóan a barna erdőtalajban is megfigyelhető volt a két nitrogénforma arányának eltolódása az inkubáció során, de az eltolódás mértéke a csernozjom talajhoz képest kisebb volt.

A kapott eredményeim lehetőséget teremtettek arra, hogy segítségükkel meghatározzam a talajok potenciálisan mineralizálható N (PMN) mennyiségeit (FILEP és TÓTHNÉ, 1980a; b). Az ásványi nitrogén heti képződésének ütemét mindkét talajtípus esetében lineáris összefüggéssel lehet leírni a vizsgált időszakban (1. és 2. ábra). A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a csernozjom típusú talaj nagyobb mineralizációs potenciállal rendelkezik, mint a barna erdőtalaj, köszönhetően a nagyobb tápanyag és szervesanyag tartalomnak (8. táblázat).



1. ábra: N_{min} mennyiségének alakulása az inkubációs időszak alatt a látóképi talaj esetén



2. ábra: N_{min} mennyiségének alakulása az inkubációs időszak alatt a pallagi talaj esetén

8. táblázat: A számított PMN értékei a látóképi és a pallagi talajok esetén

Kezelések	Látókép	Pallag
	PMN (mg/kg)	PMN (mg/kg)
40 C	434,78	114,65
40 NEX	588,24	188,68
60 C	1000,14	140,85
60 NEX	1428,57	256,41

A kompozit alkalmazása a barna erdőtalajban a víztartalomtól függően 64,5 és 82%-kal, a csernozjom talajban a víztartalomtól függően 35,3 és 42,8%-kal növelte a PMN értékét. Az eredmények azt mutatták, hogy a kompozit alkalmazása mindkét talajtípusban hatékonyan elősegítette a mineralizációs folyamatokat. A kapott eredmények arra utalnak, hogy jelentős nitrogénmineralizáció csak optimális talajnedvesség mellett várható. A kompozit termék különösen hatékonynak bizonyult az alacsony tápanyagszintű és alacsony mineralizációs potenciállal rendelkező talajokon, például a homokos szerkezetű talajokon.

A lineáris regressziós modell alapján a nettó mineralizációs rátát (NMR) is meghatároztam.

A csernozjom talajban a számított NMR értékek 1,14, 1,28, 1,15 és 0,38 mg N/kg talaj/nap voltak a 40 C, 40 NEX, 60 C és 60 NEX kezelések esetében. A barna erdőtalajban a számított NMR-értékek 0,46, 0,52, 0,28 és 0,44 mg N/kg talaj/nap voltak a 40 C, 40 NEX, 60 C és 60 NEX kezelések esetében.

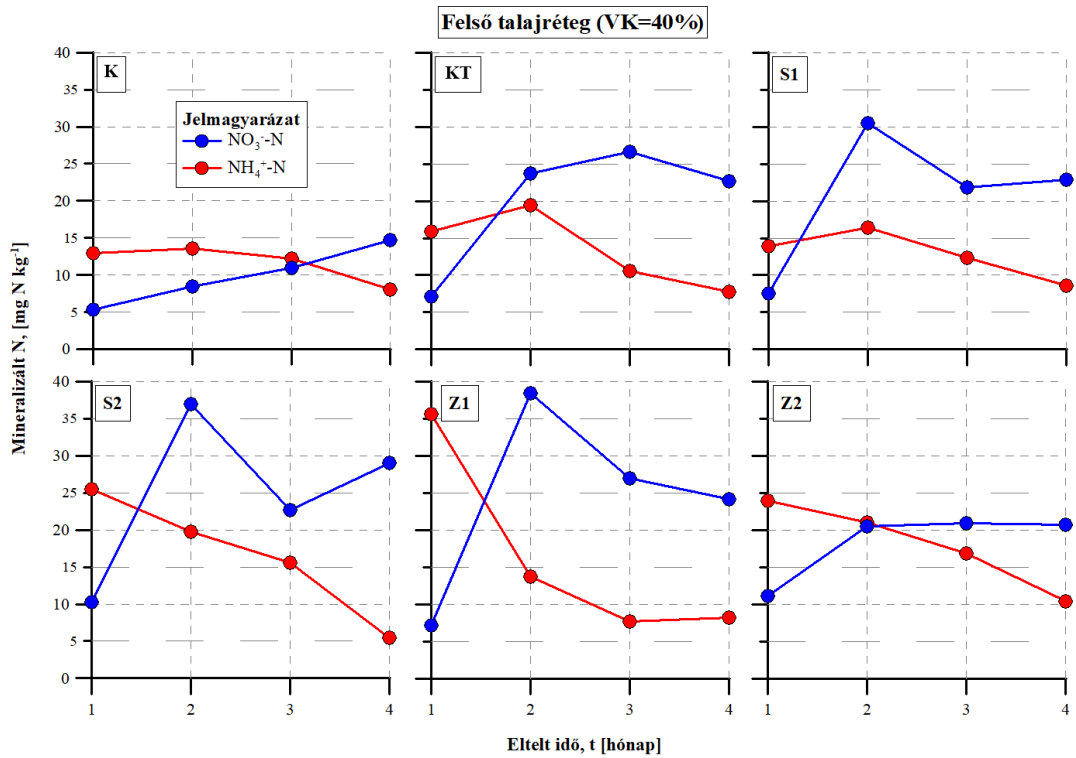
Az NMR-érték a csernozjom talaj esetében két és félszer-négyszer magasabb volt, mint a barna erdőtalaj esetében, kivéve a 60 NEX kezelést. A NEX-kezelés általában növekvő hatással volt az NMR-re, kivéve a 60 NEX-kezelést a csernozjom talajban.

A talaj szerves N-tartalmát a kísérlet végén ismét megmértem. Tartalma 2100 mg/kg volt a csernozjom talajban és 370 mg/kg a barna erdőtalajban. Ez azt jelenti, hogy a kezdeti mennyiség 60, illetve 53%-a maradt a csernozjom, illetve a barna erdőtalajban az egy hónapos inkubáció után.

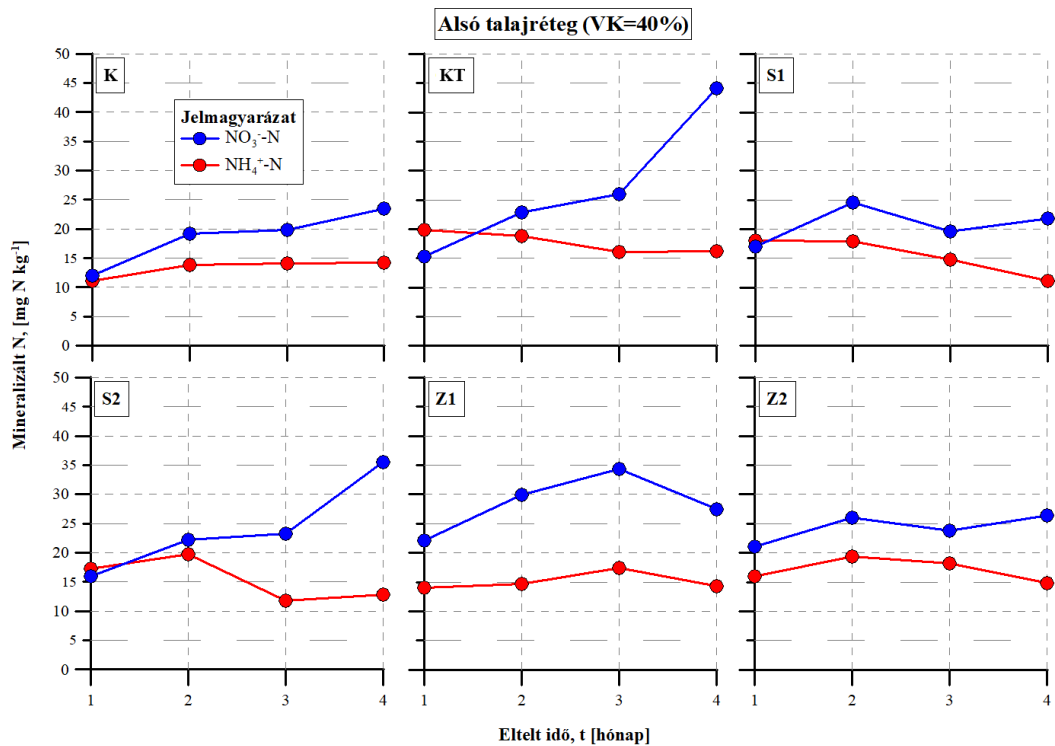
A harmadik, 4 hónap hosszú talajinkubációs kísérletben kapott eredményeim rámutattak arra, hogy a talaj $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalma csökkent, míg a $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalom minden kezelésben nőtt az inkubációs időszakban (3. és 4. ábra).

Általánosságban elmondható, hogy az $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentráció csökkenő tendenciája az $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentráció növekedésével korrelált az inkubációs időszak alatt. Ez azt jelzi, hogy a talaj-N két fő szerves formája az inkubáció során összefüggően változott, valószínűleg az előrehaladott mineralizációs folyamat miatt (CALDERÓN et al., 2004). Továbbá eredményeim rámutattak arra, hogy az $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalom változása a két réteg között a nitrát alatt maradt, ami annak köszönhető, hogy a talaj agyagrészecskék és az adalék anyagok kationcserélő helyeiken megkötötték és ideiglenesen visszatartották az ammóniumionokat.

Megállapítható, hogy az alacsonyabb vízkapacitási szintnél szignifikánsabb kezeléshatás volt megfigyelhető, ami arra utal, hogy a SAP-ok kedvezőbb hatást fejtenek ki alacsonyabb talajnedvesség-tartalom mellett (ADJUIK et al., 2022).



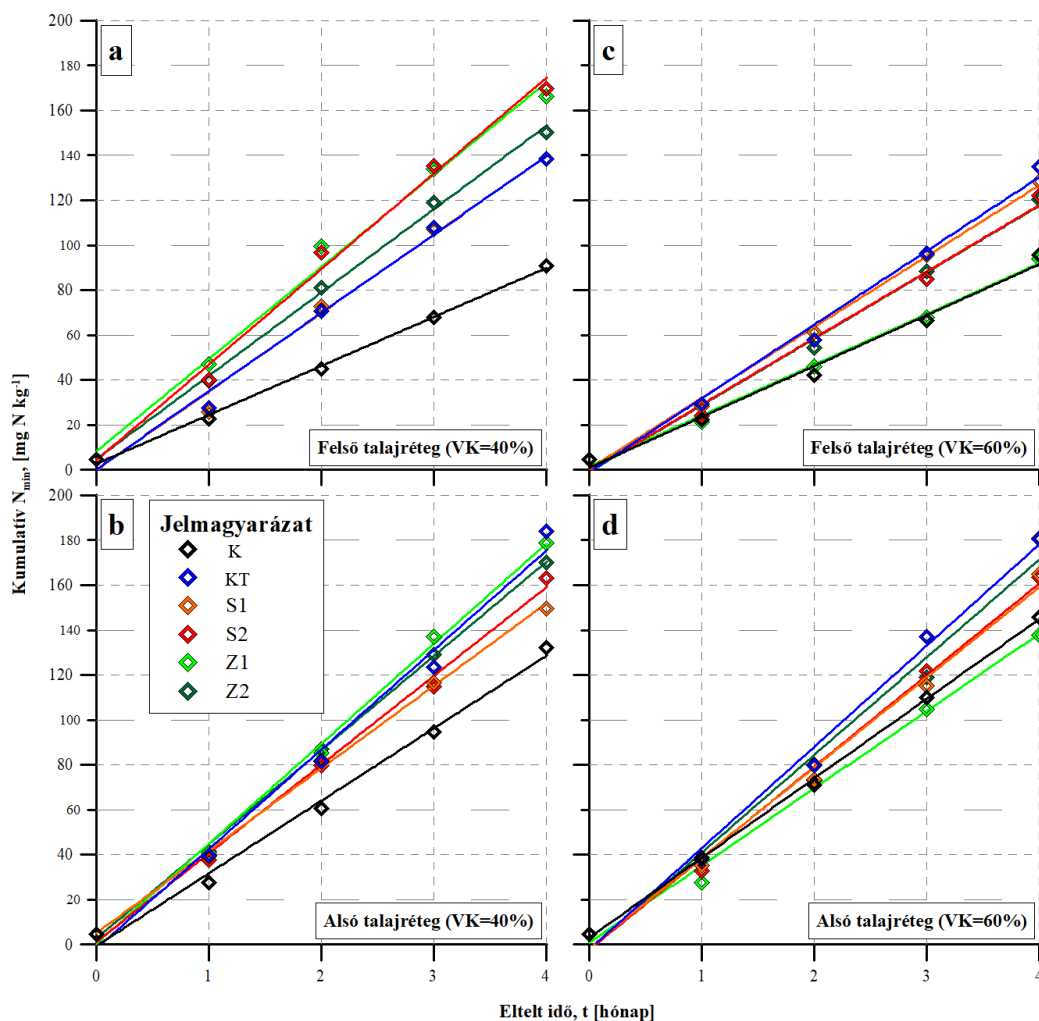
3. ábra: A kezelések hatása a talaj mineralizált N formáira (mg N/kg) a talaj felső rétegében (VK=40%)



4. ábra: A kezelések hatása a talaj mineralizált N formáira (mg N/kg) a talaj alsó rétegében (VK=40%)

Eredményeim alapján az alacsonyabb vízkapacitási szinten, a felső rétegben a kontrollhoz képest 1,5-2-szeres N_{\min} -mennyiséget kaptam, míg nagyobb víztartalom mellett ilyen különbséget nem mértem a kezelésekben a kontrollhoz képest. A kumulatív N_{\min} -értékek minden kezelésnél elérték a 140-180 mg/kg értéket a kontrollhoz képest (90-130 mg/kg) az alacsonyabb vízkapacitási szinten (5. a,b ábra).

Az eredmények lehetővé tették a talaj teljes mineralizálódott N részarányának becslését a különböző kezelésekben - azaz azt, hogy megállapítsam, hogy a teljes N-tartalom hány százaléka található szerves formában. A 112 napos inkubációs kísérlet során a mineralizálódott N mennyisége 8,14% és 15,63% között mozgott (átlagosan 11,92% volt). A csirketrágya és az adalékanyagok jelenléte a kompozitkezelésekben szignifikánsan növelte a mineralizált N mennyiségét (7,87%-ról 14,4-14,7%-ra) mindkét nedvességtartalom mellett, mindkét vizsgált rétegben a kontrollhoz képest (kivéve a Z1 kezelést).



5. ábra: A kezelések hatása a kumulatív N_{\min} értékekre a teljes inkubációs periódus alatt.

Megállapítható, hogy a kompozitok hatékonyabbak voltak kisebb vízkapacitásnál a kijuttatott rétegben. Az S2, Z1 és Z2 kezelések megnövelték a mineralizált N mennyiségét a KT kezeléshez képest 2,7, 2,4 és 1%-kal, míg az S1 azonos értéket eredményezett. Az alsó rétegben a KT és az S2, Z1 és Z2 kezelések hatékonysága nem különbözött egymástól. A KT kezelés ugyanolyan hatékonynak bizonyult, mint a kompozit kezelések magasabb nedvességtartalom mellett. Sőt, a kezelések között sem volt szignifikáns különbség, kivéve a Z1-et, amely a legalacsonyabb, 8,14, illetve 11,94 % értékeket okozta (9. táblázat).

9. táblázat: Kezelések hatása a teljes N-tartalom mineralizált részére (%).

A teljes N-tartalom mineralizált része (%)				
Kezelések	VK=40%		VK=60%	
	Felső réteg	Alsó réteg	Felső réteg	Alsó réteg
K	7,87 ^c	9,46 ^b	8,27 ^c	12,64 ^b
KT	11,99 ^b	12,88 ^a	11,70 ^a	15,63 ^a
S1	12,00 ^b	9,91 ^b	11,12 ^a	14,30 ^a
S2	14,70 ^a	11,26 ^a	10,57 ^a	14,18 ^a
Z1	14,41 ^a	12,36 ^a	8,14 ^c	11,94 ^b
Z2	13,01 ^a	11,53 ^a	10,42 ^a	15,67 ^a

Megjegyzés: Az egyes oszlopokban az azonos betűvel jelölt értékek között nincs szignifikáns különbség (P<0,05).

Eredményeim lehetővé tették a talaj PMN- és NMR-értékének becslését a különböző kezelések során (MAITLO et al., 2022). A számított PMN- és NMR-értékeket az 10. táblázat mutatja. A PMN értékek 54 és 232 mg N/kg között mozogtak az alkalmazott kezelések, a vízkapacitási szint és a mélység szerint.

10. táblázat: Kezelések hatása a számolt PMN, NMR és NNR értékekre (N mg/kg).

Felső talajréteg							
VK=40%				VK=60%			
Kezelések	PMN	NMR	NNR	Kezelések	PMN	NMR	NNR
mg N/kg				mg N/kg			
K	54 ^c	2,41 ^c	0,38 ^c	K	70 ^c	2,41 ^c	0,63 ^b
KT	64 ^c	3,64 ^b	0,74 ^b	KT	227 ^a	3,37 ^a	0,92 ^a
S1	68 ^c	3,63 ^b	0,76 ^b	S1	139 ^b	3,31 ^a	0,82 ^a
S2	192 ^a	4,65 ^a	0,91 ^a	S2	71 ^c	3,05 ^b	0,74 ^b
Z1	103 ^b	4,70 ^a	0,87 ^a	Z1	147 ^b	2,44 ^c	0,59 ^b
Z2	232 ^a	4,11 ^b	0,68 ^b	Z2	76 ^c	3,04 ^b	0,78 ^a

Alsó talajréteg

VK=40%

VK=60%

Kezelések	PMN	NMR	NNR	Kezelések	PMN	NMR	NNR
mg/kg				mg/kg			
K	55 ^c	3,33 ^c	0,69 ^b	K	61 ^d	3,85 ^c	0,85 ^b
KT	89 ^b	4,51 ^a	0,99 ^a	KT	147 ^b	4,58 ^a	1,17 ^a
S1	54 ^c	4,08 ^b	0,76 ^b	S1	208 ^a	4,10 ^b	0,95 ^a
S2	81 ^b	4,16 ^b	0,89 ^a	S2	101 ^c	4,12 ^b	0,92 ^a
Z1	109 ^a	4,65 ^a	1,04 ^a	Z1	66 ^d	3,62 ^c	0,80 ^b
Z2	73 ^b	4,50 ^a	0,89 ^a	Z2	192 ^a	4,39 ^a	1,11 ^a

Megjegyzés: Az egyes oszlopokban az azonos betűvel jelölt értékek között nincs szignifikáns különbség (P<0,05).

A legalacsonyabb értékeket a kontroll mintákban kaptam (54-70 mg N/kg). Jelentősebb kezelési hatást figyeltem meg a kijuttatási rétegben VK=40%-nál, mint az alsóbb rétegben, és magasabb vízkapacitási szintnél mindkét rétegben. A kompozitokban (S2 és Z2 kezelések) a magasabb dózisu SAP-kiegészítők 3-4-szeresére növelték a PMN-t a kontroll és a KT kezeléshez képest (10. táblázat). A Z1 kezelés kétszer annyi PMN-t eredményezett az alsó rétegben, mint a kontroll. Az S1 és Z2 kezelések háromszorosára növelték a PMN-t a kontrollhoz képest magasabb vízkapacitási szint mellett az alsó rétegben. Továbbá ezek a kezelések 50 mg/kg-mal növelték a PMN-t a KT kezeléshez képest. A felső rétegben a magasabb vízkapacitási szintnél azonban a KT kezelés eredményezte a legmagasabb PMN-értéket (227 mg N/kg).

Ezek az eredmények azt sugallták, hogy jelentős összefüggés állapítható meg a kompozit kezelések és a mineralizáció között, és hogy az alacsonyabb vízkapacitási szinten a kompozit kezelések hatékonyabbak voltak a maximális mineralizációs potenciál elérésében, mint a többi kezelés.

A táblázatból látható, hogy az NMR-értékek 2,4 és 4,7 mg/kg között változtak az alkalmazott kezelések, a vízkapacitási szint és a mélység szerint. A legalacsonyabb értékeket a kontrollban kaptam (2,41-3,85 mg/kg). Megállapítható, hogy az alkalmazott kezelések jelentősen növelték az NMR-értékét a kontrollhoz képest. A KT, Z1 és Z2 kezeléseknek volt a legnagyobb növelő hatása az NMR-re az alsó rétegben kisebb vízkapacitási szinten a kontrollhoz képest. Nagyobb vízkapacitási szinten viszont a KT és a Z2 kezelések okozták a legnagyobb NMR-értéket az alsó rétegben. A felső rétegben a leghatékonyabb kezelések az S2, Z1 kezelések voltak VK=40%-nál, illetve a KT, S1 kezelések VK=60%-nál.

A PMN és NMR értékek mellett vizsgáltam az NNR értékek alakulását is (10. táblázat). Az NNR értékek 0,38 és 1,17 mg/kg között változtak az alkalmazott kezelések, a vízkapacitás és a mélység szerint. A legalacsonyabb értékeket a kontrollban kaptam (0,38-0,85 mg/kg). A kezelések, a kontrollhoz képest kisebb vízkapacitási szint mellett mindkét talajrétegben (az S1

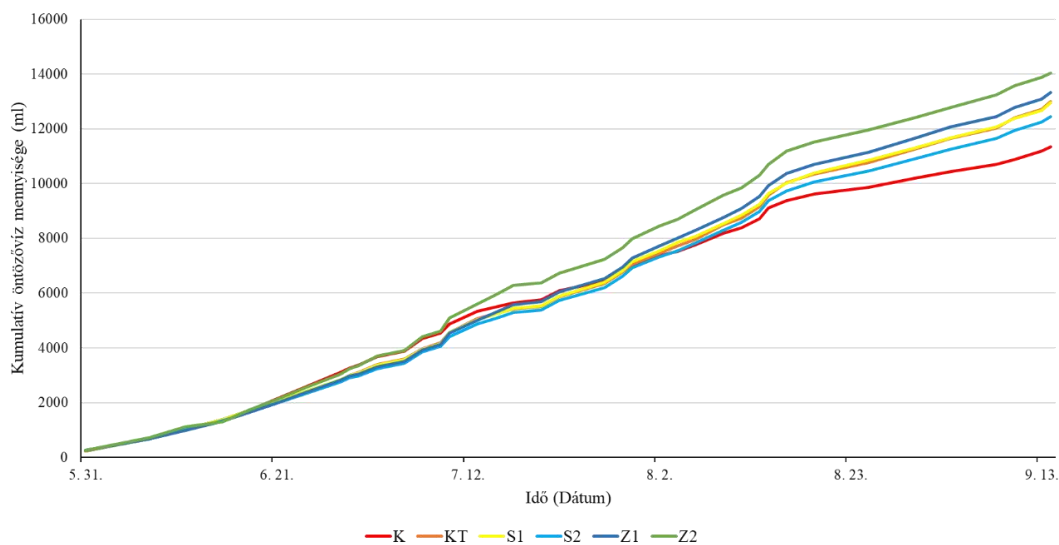
kivételével) szignifikánsan magasabb NNR-értékeket eredményeztek. Az S2 és Z1 kezelések a kontrollhoz képest közel két és félszeres NNR-növekedést eredményeztek, a KT kezeléshez képest pedig 20%-kal növekedett értéke a kijuttatási rétegben kisebb vízkapacitásnál. A kezelések nagyobb vízkapacitási szinten a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb NNR-értékeket okoztak mindkét talajrétegben (kivéve S2, Z1 a felső rétegben és Z1 az alsó rétegben). A kompozitok azonban nem eredményeztek magasabb NNR értéket ezen az vízkapacitási szinten a KT kezeléshez képest. Ez a megállapítás arra is rámutatott, hogy a kompozitok hatékonyabbak a mineralizációs folyamatban a kisebb vízkapacitási szinten.

3.3. Tenyészedényes kísérletek eredményei

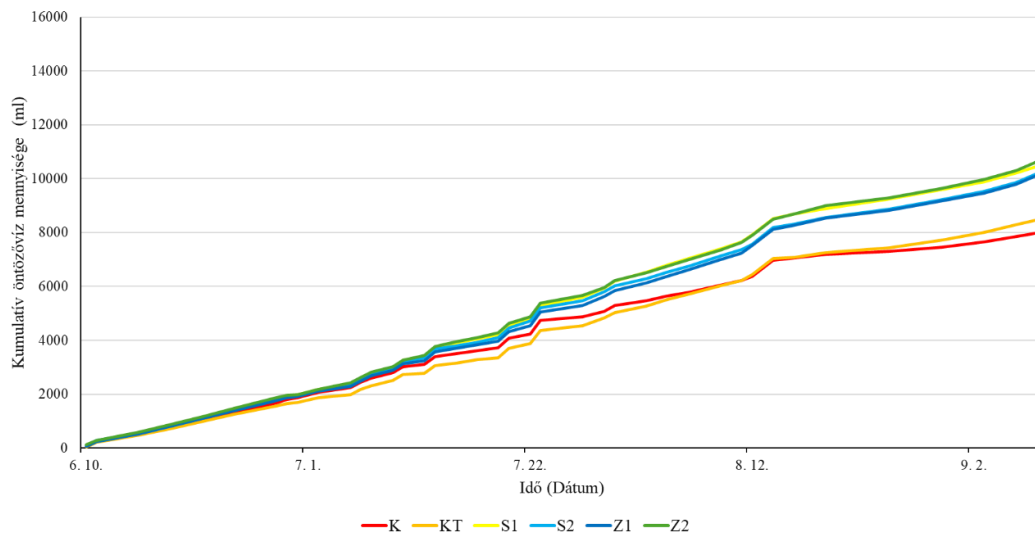
Munkám során kiemelt figyelmet szenteltem annak, hogy a fejlesztett kompozitok, mint prototípus termékek tesztelését tenyészedényes (modell) kísérletek között is elvégezzem. Az egyes kompozit kezelések hatását kontroll kezeléshez és csak csirke trágyát kapott kezeléshez hasonlítottam és vizsgáltam, hogyan hatnak ezek a kezelések a növényi növekedésre és néhány beltartalmi mutatóra, uborka és paradicsom jelzőnövény esetén.

3.3.1. Paradicsommal végzett tenyészedény kísérletek eredményei

Megállapítható, hogy mindkét talajon a kontrollhoz képest már a fermentált csirketrágya önmagában is növelte a vízfogyasztást (6. és 7. ábra).



6. ábra: A kezelések hatása a kijuttatott öntözővíz mennyiségére a pallagi talajon



7. ábra: A kezelések hatása a kijuttatott öntözővíz mennyiségére a debreceni talajon

Ezek az eredmények magyarázhatók az ezekben a kezelésekben nevelt paradicsom növények nagyobb biomassza tömegével. A fejlettebb egyedek nagyobb vízmennyiséget igényelnek - viszont ahogy majd később bemutatom - ez a megnövekedett vízfogyasztás egységnyi tömegré vetítve (fajlagos érték) kisebb mennyiséget jelentenek, hiszen a biomassza tömegnövekedés mértéke felülmúlta a vízfogyasztás növekedését.

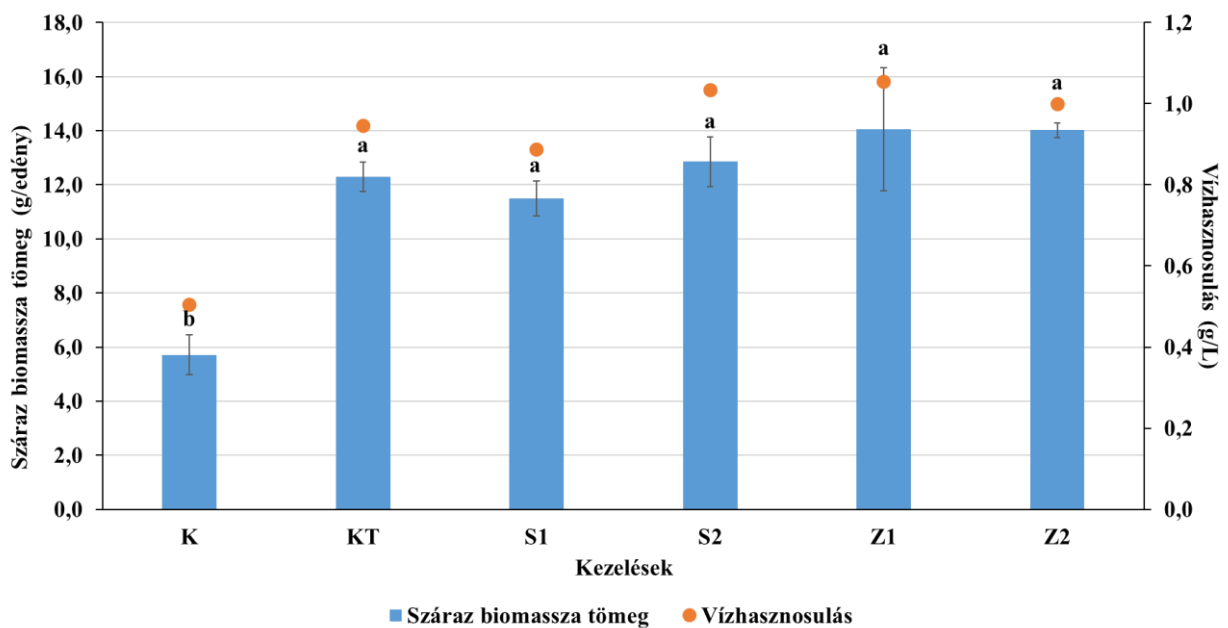
Hasonlóan a pallagi talajhoz ennél a talajnál is a legkisebb kumulált öntözővíz mennyiséget a kontroll kezelésnél kaptam. A csak trágyát kapott kezelés csak kismértékben növelte a kijuttatott öntözővíz mennyiségét. A növekedés mértéke azonban a termékkombinációk esetén átlagosan mintegy 20-25% volt nagyobb a kontrollhoz és a csirketrágyás (KT) kezeléshez képest.

A 8. ábra a kezelések hatását mutatja be a paradicsom szárazanyag tömegére és a vízhasznosulására a pallagi humuszos homoktalajon. Az ábrán látható, hogy a kontroll kezelés esetén kaptam a legkisebb értéket (5,7 g/edény) míg az alkalmazott kezelések több mint kétszeres tömegnövekedést eredményeztek (11,5-14,1 g/edény). Legnagyobb értékeket a Z1 és Z2 jelzésű kezelések esetén kaptam (14,1 és 14,0 g/edény) melyek szignifikánsan nem különböztek egymástól. Ez arra utal, hogy a szerves SAP-ot kapott kezelések voltak a legnagyobb hatással a szárazanyag tömegének a növekedésére.

Az ábrából leolvasható, hogy a vízhasznosulás mértéke jelentősen megnövekedett az alkalmazott kezelések hatására a kontrollhoz képest. Az egységnyi vízmennyiség hatására kapott száraz biomassza tömeg 0,5 grammról 0,9 - 1,05 grammra növekedett. Ez közel 100

százalékos vízhasznosulás javulást jelent, ami a napjainkra jellemző igen aszályos időjárási körülmények között rendkívül perspektivikusnak tűnik.

A víz hasznosulás mellett számítottam a növények fajlagos vízszükségletét is, ami a jelentős szárazanyag többlettel és a vízfogyasztási adatokkal összevetve jelentős fajlagos vízszükséglet csökkenést és ezáltal növekvő vízhasznosulást eredményezett. A fajlagos vízszükséglet értéke 2 l/g-ról megközelítőleg 1g/l-re csökkent, ami 50%-os vízmegtakarítást jelent. Látható, hogy a kompozit kezelések a csirke trágyás kezeléshez képest is tovább tudták csökkenteni a fajlagos vízszükséglet értékét.



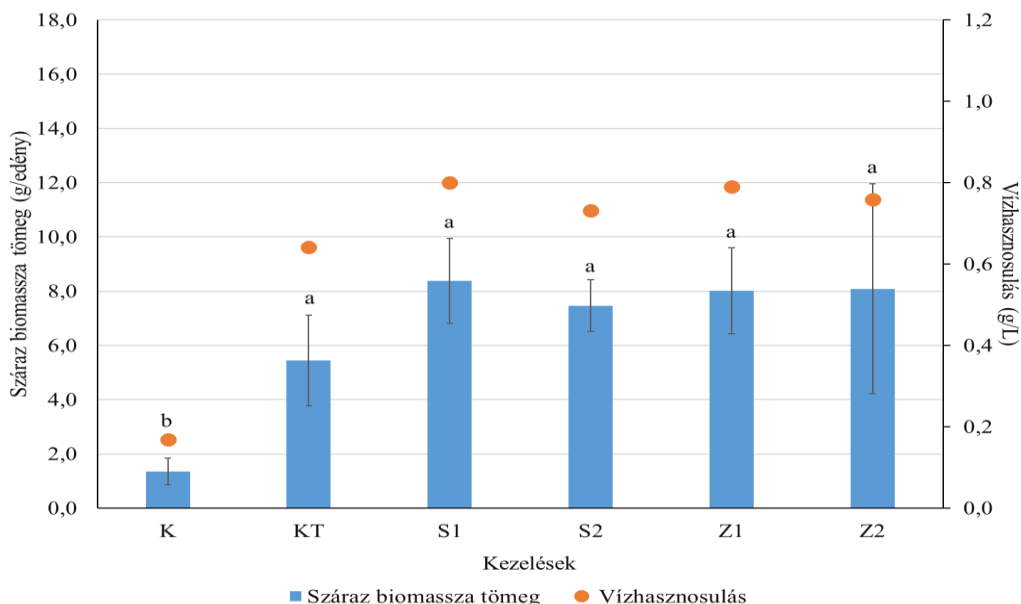
Megjegyzés: az azonos betűvel jelölt értékek között nincs szignifikáns különbség ($P < 0,05$).

8. ábra: A kezelések hatása a paradicsom szárazanyag tömegére és a vízhasznosítására a pallagi talajon

A következő, 9. ábra a kezelések hatását mutatja be a paradicsom szárazanyag tömegére és vízhasznosulására a debreceni homoktalajon. Látható, hogy ennél a talajnál a kontroll kezelés eredményezte szintén a legkisebb biomasszatömeget (1,35 g/edény). Az alkalmazott kezelések 3-5-szörös szárazanyag tartalom növekedést eredményeztek (7,46-8,37 g/edény). A kompozit kezelések a csak csirke trágyát kapott kezeléshez képest tovább növelték a paradicsom szárazanyag tömegét mintegy 0,8-1,0 grammal edényenként. A kompozit kezelések között szignifikáns különbség nem adódott, de mind a csirke trágyás, mind a kontroll kezeléshez képest növelték a paradicsom jelzőnövény szárazanyag tömegét. A vízhasznosulás hasonlóan a pallagi humuszos homoktalajon mért adatokhoz ebben a kísérletben is a kontroll esetén volt a legkisebb (0,2 g/l). A kezelések szignifikánsan növelték a vízhasznosulás mértékét mintegy

három négyszeresére (0,6-0,8 g/l). Látható, hogy a csirke trágyás kezeléshez képest a kompozit kezelések tovább növelték a vízhasznosulást 0,2 g/l értékkel. Ez azt jelenti, hogy az alkalmazott kezelésekben egységnyi tömegű víz hatására három-négyszer annyi száraz biomasszatömeg képződött, mint a kontroll mintában. Ezek az eredmények nagyon biztatóak a kompozitok alkalmazását illetően, hiszen segítségével egységnyi tömegű öntözővíz kijuttatásával többszörös termés értékek realizálhatók. Ez szabadföldi körülmények között igen komoly termés többletet eredményezhet. Természetesen eredményeimet kisparcellás és szabadföldi körülmények (üvegházi) között végzett kísérletekkel kell a jövőben alátámasztani.

Napjainkban, amikor a növénytermelés szempontjából az öntözés kardinálissá válik, különösen nagy jelentőséggel bír az olyan úgynevezett vízmegőrző technikák alkalmazása, amelyekkel jelentős mennyiségű víz kijuttatása takarítható meg. A kapott eredmények jelentősége a vízigényes zöldség és gyümölcs kultúráknál még kifejezettebb. Hiszen az utóbbi évek aszályos nyarai és sokszor csapadékszegény tavaszi, illetve őszi időszakai rávilágítanak arra, hogy érdemi (mennyiségi és egyben minőségi) termelés ezeknél a növényeknél megfelelő vízgazdálkodási gyakorlat nélkül nem lehetséges. Megállapítható, hogy a kifejlesztett és ezekben a kísérletben alkalmazott készítmények jelentősen csökkentik a vízszükségletet, növelik a vízhasznosulást illetőleg nagyobb tömegű, tetszetősebb növényeket eredményeznek, mind a kontrollhoz, mind csak a csirketrágyát kapott kezelésekhöz képest.



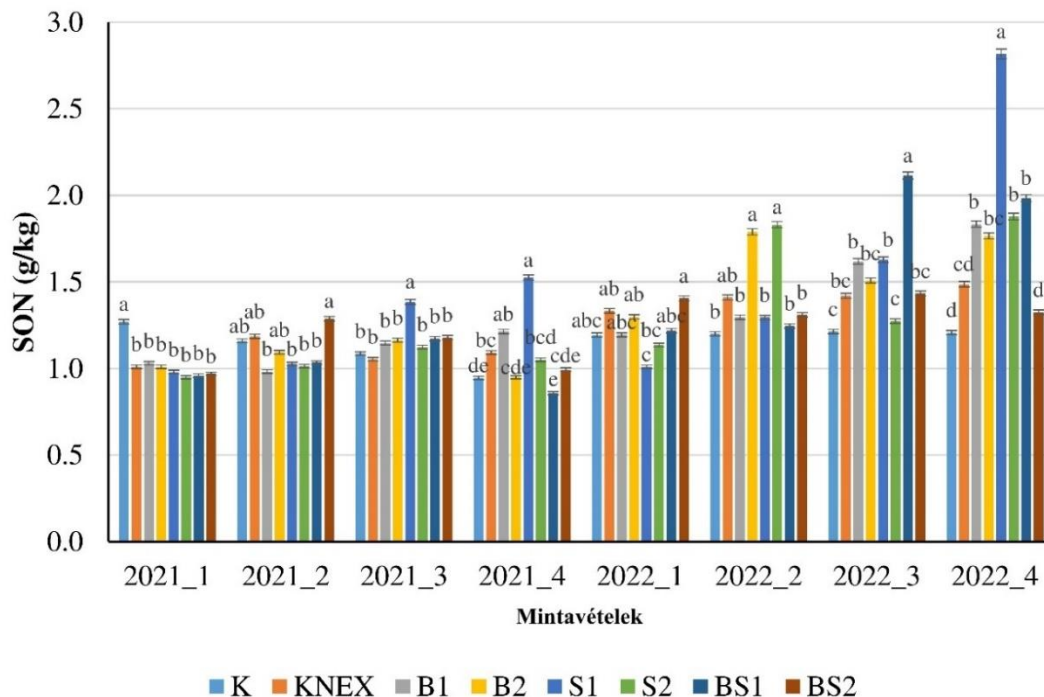
Megjegyzés: az azonos betűvel jelölt értékek között nincs szignifikáns különbség ($P < 0,05$).

9. ábra: A kezelések hatása a paradicsom szárazanyag tömegére és a vízhasznosítására a debreceni talajon

3.3. Szabadföldi kísérletek eredményei (Pallag)

Kutatásaim során, legmagasabb szintként, a kompozitok hatását szabadföldi körülmények között is teszteltem. Kísérletemet a Debreceni Egyetem Pallagi kísérleti helyszínén állítottam be egy 2011-ben telepített almaültetvényben.

Az ültetvényben két egymást követő évben teszteltem a kompozit készítményeket. A talajvizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a kompozitok az első év végére jelentősen növelték a talaj nitrát-tartalmát és befolyásolták a szerves szén- és szerves nitrogén tartalmát (WANG et al., 2013; ZHANG et al., 2022). A csirketrágya és a kompozitok nagyobb dózisa 4-9 g/kg-mal növelték a talaj szerves széntartalmát. Minden kezelés, kivéve a bentonit és a szuper abszorbens polimer alacsonyabb dózisa jelentősen (1 g/kg-ról 1,8-2,8 g/kg-ra) növelte a talaj szerves nitrogén tartalmát a kontrollhoz és a csirke trágya kezeléséhez képest ($p < 0,05$) a második év végére (10. ábra).



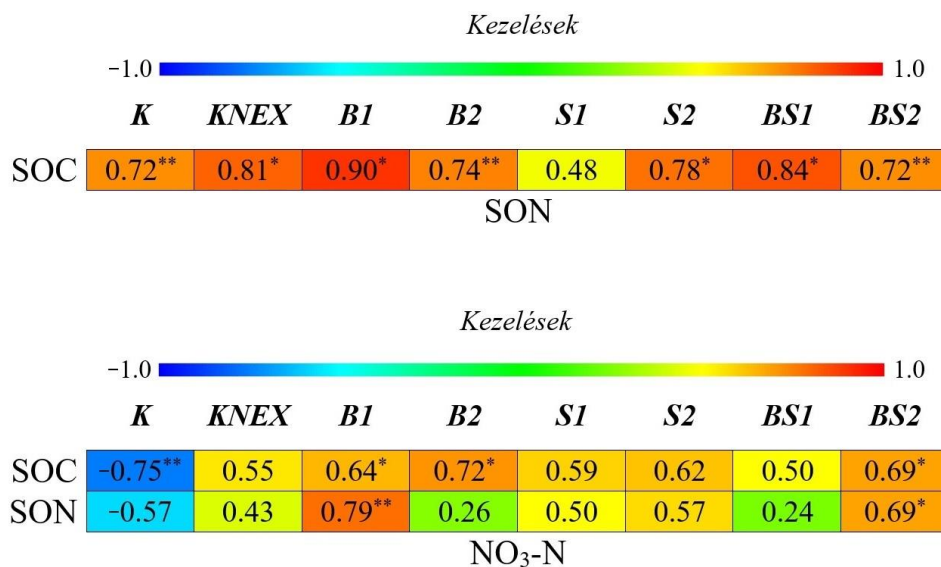
Megjegyzés: Az azonos betűvel jelölt értékek között nincs szignifikáns különbség ($P < 0,05$).

10. ábra: A kezelések hatása a SON-tartalomra a különböző mintavételi időpontokban

A talaj nitrát-tartalma folyamatosan emelkedett a kísérlet során 8-10mg/kg-ról 30-38 mg/kg-ra minden kezelés esetén kivéve a kontrollt, amelyben végig 8 mg/kg maradt. Eredményeim azonban rámutattak a megfelelő C/N arány fenntartásának, illetve esetleges javításának a fontosságára, hiszen a nitrogén mobilizáció hatékonyságát csak megfelelő C/N arány mellett lehet növelni.

Megállapítottam, hogy a talaj szerves/szervetlen nitrogén aránya jelentősen változik a kompozit kezelések hatására, ami arra utal, hogy a kompozit kezelések jelentős hatással vannak a nitrogén mineralizációjára, mobilizációjára. Mivel a kis tápanyagtőkéjű, kilúgzása hajlamos talajok esetén különösen nagy gondot jelent a megfelelő nitrogén szolgáltatás biztosítása huzamosabb időn keresztül (pl. álló kultúráknál), így az általam fejlesztett kompozitok időben elhúzódó hatásuk révén alkalmas lehetnek ilyen körülmények között a megfelelő tápanyag pótlás biztosítására.

A SOC, SON és NO₃-N közötti összefüggéseket Spearman-féle rangsorbeli korrelációk alapján a 11. ábra mutatja.



*Statisztikailag szignifikáns korrelációk 95,0%-os megbízhatósági szinten ($p < 0,05$)

**Statisztikailag szignifikáns korrelációk 90,0%-os megbízhatósági szinten ($p < 0,10$)

11. ábra: Spearman-féle rangsorbeli korrelációk a SOC, SON és NO₃-N között

A SOC és a SON paraméterek között 95,0%-os megbízhatósági szinten ($p < 0,05$) szignifikáns korrelációt találtam a KNEX, B1 és BS1 kezelésekben. SOC és SON korreláció mellett vizsgáltam a statisztikai összefüggést a NO₃-N és a SOC értékek között. Az eredmények 95,0%-os megbízhatósági szinten ($p < 0,05$) szignifikáns negatív korrelációt mutattak a kontroll kezelés esetén a NO₃-N és a SOC paraméterek között, -0,75 értékkel. Az összes többi kezelés pozitív összefüggést mutatott NO₃-N és a SOC értékek között (11. ábra). 90,0%-os megbízhatósági szinten ($p < 0,10$) a NO₃-N és a SOC értékek között azonban statisztikailag szignifikáns pozitív korrelációt csak a B1 (0,64), B2 (0,72) és BS2 (0,69) kezelések esetében kaptam. Ez arra utal, hogy ezekben a kezelésekben a növekvő szerves anyag tartalom statisztikailag is igazolható módon kedvezően befolyásolta, emelte a nitrát tartalmát a

talajoknak. A NO₃-N és a SON értékek között szignifikáns korrelációt kaptam 95,0%-os megbízhatósági szinten ($p < 0,05$) a B1 kezelés esetén (0,79). Továbbá 90,0%-os megbízhatósági szinten ($p < 0,10$) a BS2 kezelés esetén (0,69).

A levél vizsgálati adatok rámutattak, hogy a kompozitok hatékonyan növelték a levél nitrogén-, kálium-, kalcium- és magnéziumtartalmát, míg a kezeléseknek nem volt jelentősebb hatása a levél foszfor-tartalmára ($p < 0,05$) (ALI et al., 2023).

Megállapítottam továbbá, hogy minden kezelés (kivéve a bentonit alacsonyabb dózist) jelentősen, átlagosan 14-63%-kal növelte a termés hozamot a vizsgált években az alkalmazott kompozittól függően, a kontrollhoz képest. Az egyedi almatömeget illetően a bentonit kezelések 2%-kal, illetve 24%-kal növelték az egyes almák tömegét a csirketrágyás kezeléshez képest. A két év átlagában a kompozit kezelések (kivéve a szuper abszorbens polimer alacsonyabb dózist) a kontrollhoz képest 26-43%-kal, a csirketrágyás kezeléshez képest pedig 0,5-10 %-kal növelték a betakarított gyümölcsök titrálható savasságát.

A két év viszonylatában viszont megállapítható, hogy az egyes évek között jelentős különbség alakult ki a gyümölcsök polifenol-tartalmában. Fontos, hogy 2022-ben a kompozit kezelésekben mértem nagyobb polifenol-tartalmat. Ez azért jelentős, mert a 2022-es év extrém száraz körülményei a kontroll és a csirke trágyás kezelésekben csökkentették míg a többi kezelésben (kivéve B1 és BS2) növelték a polifenol tartalmat.

Eredményeim alapján a kifejlesztett kompozitok alkalmasak a talaj tápanyag-ellátásának javítására, fokozására különösen kis tápanyag-ellátottságú és rossz vízgazdálkodású, a szakszerűtlen emberi beavatkozásra érzékeny homokos talajokon. Egyensúlyozva ezzel a szélsőséges időjárási viszonyok kedvezőtlen hatásait. Mindezt úgy, hogy eközben a nagyüzemi csirketartás során melléktermékként képződő, átalakítás nélkül potenciálisan veszélyes hulladéknak minősülő trágya újra hasznosítását is szem előtt tartva. Ezáltal hozzájárulva a fenntartható mezőgazdaság és fenntartható tápanyag gazdálkodás megvalósításához. A kifejlesztett kompozit termékek különösen hatékonyak lehetnek arid és szemi-arid viszonyok között, ahol a lehullott csapadék mennyiség különösen limitált a különböző kultúrnövények tenyész időszaka alatt.

Összefoglalva a vizsgálati eredményekből levonható következtetéseket javasolható, az általam kifejlesztett kompozit termékek használata - a talajtulajdonságok javítási céljára - olyan termőhelyeken, ahol az adekvát nitrogén pótlás és/vagy mineralizációs folyamatok valamilyen okból gátoltak valamint a talaj nem rendelkezik megfelelő vízmegtartó képességgel (tipikusan kis tápanyag tőkéjű, homoktextúrájú talajok).

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Termékfejlesztési munkám során, a már kereskedelmi forgalomban kapható fermentált csirketrágya termék összetételének továbbfejlesztésével, új kompozit termékeket fejlesztettem, melyek alapanyagként fermentált csirketrágyát (90%), adalékanyagként bentonitot (8-9%) és szintetikus, illetőleg szerves alapú szuperabszorbens polimereket (1-2%) tartalmaztak.
2. A talajinkubációs kísérletek eredményei rámutattak, hogy a kifejlesztett kompozit termékek hatékonyan segítik elő a talajban lejátszódó nitrogén mineralizációs folyamatokat, különösképpen a kisebb tápanyagtőkéjű talajok esetén. A kompozitok alkalmazása a barna erdőtalajban a víztartalomtól függően 64,5 és 82%-kal, a csernozjom talajban a víztartalomtól függően 35,3 és 42,8%-kal növelték a potenciálisan mineralizálható nitrogén értékét. A csak csirketrágyát kapott kezeléshez képest a kompozitok további 1-3%-kal növelték mineralizált N mennyiségét a négy hónapos inkubáció során.
3. Tenyészedény kísérletek igazolták a kifejlesztett kompozit termékek hatását zöldségnövények esetén. Paradicsomnál a kezelések a száraztömeget 2,5-5 szörösré, míg uborkánál 1,4-1,6 szörösré növelték. A termékek használatával az egységnyi vízmennyiség hatására kapott száraz biomassza tömeg paradicsomnál 0,5 grammról 0,9-1,05 grammra, míg uborkánál 0,58 grammról 0,8 grammra növekedett. Ennek köszönhetően az öntözött kultúrákban csökkenthető a kijuttatandó öntözővíz mennyisége és/vagy az öntözés gyakorisága.
4. Az elvégzett szabadföldi kísérletek bizonyították, hogy a kifejlesztett kompozit termékek javították a homokos textúrájú barna erdőtalaj tápanyag-szolgáltató képességét. A nagyobb dózisú kompozitok jelentősen (1 g/kg-ról 1,8-2,8 g/kg-ra) növelték a talaj szerves nitrogén tartalmát a kontrollhoz és a csirketrágya-kezeléshez képest ($p < 0,05$) a második év végére. A növényvizsgálatok rámutattak, hogy kedvezően hatnak a makrotápelemek felvehetőségére, mivel szignifikánsan növelték a levél nitrogén-, kálium-, kalcium- és magnéziumtartalmát.

5. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. Az általam kifejlesztett kompozit termékek alkalmasak lehetnek kis tápanyagtőkéjű, rossz vízgazdálkodási viszonytal rendelkező talajok hatékony javítására.
2. A kifejlesztett kompozit termékek hatékonysága döntően a kijuttatási mélységre összpontosul így javasolható ezen termékek kijuttatását a gyökérszónához igazítani.
3. A kifejlesztett és tesztelt termékek hatékonysága kedvezőtlenebb vízellátottság viszonyok mellett nagyobb, így javasolható olyan területeken történő alkalmazása, ahol a talajok érzékenyek a vízellátottság problémákra és kevésbé képesek a lehullott csapadékot a gyökérszónában megtartani, illetőleg érzékenyek a kilúgzási, kimosódási folyamatokra.
4. Kísérleteim igazolták, hogy a kifejlesztett kompozit termékek kedvezően befolyásolják a talajban lejátszódó ásványosodási folyamatokat, elősegítik azok lejátszódását és ennek révén jelentősebb ásványi nitrogént tudnak a növények számára biztosítani, különösen olyan talajok esetében ahol a nitrogén mineralizáció valamilyen okból gátolt.
5. Kísérleteim rámutattak, hogy a kifejlesztett kompozit termékek nem jelentenek konkurenciát a növények tápanyagfelvételére nézve.

6. IRODALOMJEGYZÉK

1. Adjuik, T. A. – Nokes, S. E. – Montross, M. D. – Wendroth, O.: 2022. The Impacts of Bio-Based and Synthetic Hydrogels on Soil Hydraulic Properties: A Review. *Polymers* (Basel), 14(21), 4721. <https://doi.org/10.3390%2Fpolym14214721>
2. Ali, M. A. - Farag, S. G. - Sillanpää, M. - Al-Farraj, S. - El-Sayed, M. E. A.: 2023. Efficiency of Using Superabsorbent Polymers in Reducing Mineral Fertilizer Rates Applied in Autumn Royal Vineyards. *Horticulturae*, 9(4), 451. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040451>.
3. Calderón, F. J. – McCarty, G. W. - van Kessel J. A. S. – Reeves, J. B.: 2004. Carbon and nitrogen dynamics during incubation of manured soil. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 1592-1599. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1592>
4. Csihon, Á. – Gonda, I. – Holb, I. J.: 2021. Effect of a nanotechnology-based foliar fertiliser on the yield and fruit quality in an apple orchard. *International Journal of Horticultural Science*, 27. 29–32. <https://doi.org/10.31421/ijhs/27/2021/9809>
5. Filep, GY. - Tóthné Bíró, Á.:1980a. Measuring and calculation of mineralizable N stock and supply of Hungarian soils. *Agrokémia és Talajtan*, 29. 229-244. (In Hungarian)
6. Filep, GY. - Tóthné Bíró, Á.:1980b. Rapid determination of mineralizable N content of soil. *Agrokémia és Talajtan*, 29. 245-250. (In Hungarian)
7. Maitlo, A. A. – Zhang, S. – Ahmed, W. – Jangid, K. – Ali, S. – Yang, H. – Bhatti, S. M. – Duan, Y. – Xu, M.: 2022. Potential Nitrogen Mineralization and Its Availability in Response to Long-Term Fertilization in a Chinese Fluvo-Aquic Soil. *Agronomy*, 12. 1260. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061260>
8. Sistani, K. R. – Adeli, A. – McGowen, S. L. – Tewolde, T. – Brink, G. E.: 2008. Laboratory and field evaluation of broiler litter nitrogen mineralization. *Bioresource Technology*, 99. 2603–2611. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.069>
9. Situ, Y. - Yang, Y. - Huang, C. - Liang, S. - Mao, X. - Chen X.: 2023. Effects of several superabsorbent polymers on soil exchangeable cations and crop growth. *Environmental Technology & Innovation*, 30, 103126, ISSN 2352-1864. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103126>
10. Wang, X. L. - Ye, J. - Perez, P. G. - Tang, D. M. - Huang, D. F.: 2013. The impact of organic farming on the soluble organic nitrogen pool in horticultural soil under open field and greenhouse conditions: a case study. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59, 237–248. <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2013.770722>.
11. Zhang, C. - Zhao, Z. - Li, F. - Zhang, J.: 2022. Effects of Organic and Inorganic Fertilization on Soil Organic Carbon and Enzymatic Activities. *Agronomy*, 12, 3125. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123125>.

7. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/457/2024.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Tóth Florence Alexandra

Doktori Iskola: Táplálkozás- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola. Élelmiszertudományi doktori program

MTMT azonosító: 10075980

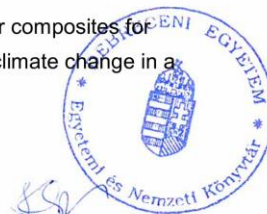
A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

1. **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Nagy, P. T.: Effects of fermented and supplemented chicken manure on the nutrient management aspects of an apple orchard.
Agrártud. közl. 1, 117-123, 2023. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/12551>
2. **Tóth, F. A.**, Yuksel, G., Tamás, J., Nagy, P. T.: Effects of organic composite fertilizer on soil nitrogen status and mineralization.
Ecocycles. 9 (3), 1-9, 2023. EISSN: 2416-2140.
DOI: <http://dx.doi.org/10.19040/ecocycles.v9i3.329>
3. **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Nagy, P. T.: Early evaluation of use of fermented chicken manure products in practice of apple nutrient management.
Agrártud. közl. 2022 (1), 195-198, 2022. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/8502>
4. **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Nagy, P. T.: Effects of fermented chicken manure products on the N mineralization rate of the soil using the incubation method.
Agrártud. közl. 2022 (1), 199-204, 2022. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/10363>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

5. **Tóth, F. A.**, Magyar, T., Tamás, J., Nagy, P. T.: Developing soil conditioner composites for enhancing nitrogen mineralization to mitigate the negative effects of climate change in a sandy soil.
Soil Science Annual. 75, 1-13, 2024. EISSN: 2300-4975.
DOI: <http://dx.doi.org/10.37501/soilsa/189547>
IF: 1.4 (2023)





6. **Tóth, F. A.**, Magyar, T., Tamás, J., Nagy, P. T.: Improving the Nutrient Management of an Apple Orchard by Using Organic-Based Composites Derived from Agricultural Waste. *Horticulturae*. 10 (2), 1-14, 2024. EISSN: 2311-7524.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae10020172>
IF: 3.1 (2023)
7. **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Csihon, Á., Nagy, P. T.: Usage of fermented chicken manure as a biofertilizer in an apple orchard. *Nat. Res. Sustain. Develop.* 11 (2), 193-204, 2021. ISSN: 2066-6276.
DOI: <http://dx.doi.org/10.31924/nrsd.v11i2.078>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

8. Nagy, P. T., **Tóth, F. A.**: Fermentált és adalékolt baromfitrágya hatása almaültetvény talajának tápanyagszolgáltató képességére.
In: Talajvédelem Különszám 2023 : Talajtani kutatás és oktatás a digitális mezőgazdaság korában. Szerk.: Makádi Marianna, Tóth Gabriella, Bertóti Réka Diána, Talajvédelmi Alapítvány : Magyar Talajtani Társaság, Miskolc, 166-178, 2023. ISBN: 9786150191775
9. **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Nagy, P. T.: Fermentált és adalékolt baromfitrágya hatása paradicsom termeszthetőségére tenyészedény kísérletben.
In: Talajvédelem, Talajtani Kutatás és Oktatás a Digitális Mezőgazdaság korában, Talajtani Vándorgyűlés Hódmezővásárhely, Talajvédelmi Alapítvány, Magyar Talajtani Társaság, SZTE Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely, 218-231, 2023. ISBN: 9786150191775

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (4)

10. **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Nagy, P. T.: Fermentált csirketrágya alapú összetett tápanyagpótló készítmény hatása az uborka növekedésére tenyészedényes kísérletben.
In: Növény és környezet:a debreceni tartamkísérletek 40 éve. Szerk.: Kakuszi-Széles Adrienn, Debreceni Egyetem MÉK Fölhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen, 66, 2023. ISBN: 9789634905400
11. Nagy, P. T., **Tóth, F. A.**: Gyümölcsültetvények precíziós tápanyagpótlásának elméleti és gyakorlati összefüggései, különös tekintettel a klimatikus anomáliákra.
In: Növény és környezet:a debreceni tartamkísérletek 40 éve. Szerk.: Kakuszi-Széles Adrienn, Debreceni Egyetem MÉK Fölhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen, 44, 2023. ISBN: 9789634905400
12. Nagy, P. T., **Tóth, F. A.**: Fermentált és adalékolt baromfitrágya hatása almaültetvény talajának tápanyagszolgáltató képességére.
In: Talajtani Vándorgyűlés : absztraktfűzet : Szegedi Tudományegyetem - Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely, 2022. szeptember 1-3, Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely, 14-15, 2022.





13. **Tóth, F. A.**, Nagy, P. T.: Fermentált és adalékolt baromfitrágya hatása paradicsom természetességére tenyészedény kísérletben.
In: Talajtani Vándorgyűlés : absztraktfüzet : Szegedi Tudományegyetem - Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely, 2022. szeptember 1-3, Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely, 14, 2022.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

14. **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Nagy, P. T.: Effect of chicken manure based composite soil conditioner on cucumber growth in small pot experiment.
In: Sustainable and Innovative Solutions in Agriculture and Food Industry (SISAF'23) One Health approach. Szerk.: Veress Szilvia, Kocsisné Papp Mariett, Stündl László, Debrecen, 64, 2023. ISBN: 9789634905356
15. Nagy, P. T., **Tóth, F. A.**: Study of effect of organic based composites on water and nutrient uptake of tomato in small pot experiment.
In: Sustainable and Innovative Solutions in Agriculture and Food Industry (SISAF'23) One Health approach. Szerk.: Veress Szilvia, Kocsisné Papp Mariett, Stündl László, Debrecen, 51, 2023. ISBN: 9789634905356
16. **Tóth, F. A.**, Kun, S., Kiss, N. É., Nagy, P. T.: Investigation of the effect of a complex substitution soil therapy preparation based on poultry manure in a soil incubation experiment.
In: Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia: A klímaváltozás kihívásai a következő évtizedekben: Előadások kivonatai és programfüzet. Szerk.: Lukács Gábor, Kormos Éva, Szent István Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 133, 2020. ISBN: 9789632699417

További közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

17. Magyar, T., Werle Vogel, F., **Tóth, F. A.**, Nagy, A., Tamás, J., Nagy, P. T.: Characterization of the biodegradation of synthetic and organic wastewater in an anaerobic tank reactor using microalgae.
Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 12 (2), 166-175, 2021. ISSN: 2062-0810.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/1848.2021.00217>
18. Gorliczay, E., Szöllősi, N., Kiss, N. É., **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Nagy, P. T.: Examination of the effect of pelleted poultry manure products on a sunflower test plant in a laboratory model experiment.
Agrártud. közl. 1 (1), 83-88, 2021. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/8477>





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (4)

19. Nagy, A., Kiss, N. É., Gorliczay, E., **Tóth, F. A.**, Szöllősi, N., Tamás, J.: Comparison of the effects of manure-based product and ammonium nitrate on maize (*Zea mays* L.).
Nat. Res. Sustain. Develop. 12 (1), 73-86, 2022. ISSN: 2066-6276.
DOI: <http://dx.doi.org/10.31924/nrsd.v12i1.091>
20. Gorliczay, E., Boczonádi, I., Kiss, N. É., **Tóth, F. A.**, Pabar, S., Biró, B., Kovács, R. L., Tamás, J.: Microbiological Effectivity Evaluation of New Poultry Farming Organic Waste Recycling.
Agriculture. 11 (7), 1-21, 2021. EISSN: 2077-0472.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture11070683>
IF: 3.408
21. Werle Vogel, F., Nagy, P. T., **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Magyar, T.: Experimental investigation of biodegradation of synthetic wastewater in an anaerobic tank reactor using microalgae.
Nat. Res. Sustain. Develop. 10 (2), 210-222, 2020. ISSN: 2066-6276.
DOI: <http://dx.doi.org/10.31924/nrsd.v10i2.056>
22. Nagy, P. T., Magyar, T., Gorliczay, E., Berta, K., **Tóth, F. A.**, Tamás, J.: Evaluation of Parameters in an Aerob Industrial Fermentation System.
Nat. Res. Sustain. Develop. 9 (2), 221-232, 2019. ISSN: 2066-6276.
DOI: <http://dx.doi.org/10.31924/nrsd.v9i2.038>

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

23. Werle Vogel, F., Nagy, P. T., **Tóth, F. A.**, Tamás, J., Magyar, T.: Biodegradation assessment of agricultural wastewater in an anaerobic tank reactor using microalgae.
In: International Symposium on Environment, Health and Safety (ISEHS) 2021: Book of Abstracts, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Debrecen, 9, 2021.
24. Damak, M., Nagy, P. T., **Tóth, F. A.**, Magyar, T.: Statistical evaluation of composting processes in an automated aerobic fermentation system.
In: International Symposium on Environment, Health and Safety (ISEHS) 2021: Book of Abstracts, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Debrecen, 11, 2021.





25. Kiss, N. É., Nagy, P. T., **Tóth, F. A.**, Gorliczay, E., Madar, L. A., Kun, S., Tamás, J.: Improving the water management properties of different soil type.

In: A klímaváltozás kihívásai a következő évtizedekben : előadások kivonatai, Szent István Egyetem, Keszthely, 54, 2020.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 7,908

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):

4,5

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2024.08.30.

