

Innovatív tápanyag-megőrzési technika alkalmazása a kertészeti gyakorlatban

NAGY PÉTER TAMÁS – TÓTH FLORENCE ALEXANDRA

Debreceni Egyetem MÉK

Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedekben az aszály okozta termés kiesés jelentős veszteséget okozott a gazdálkodók számára. Ezért kiemelten fontos feladat a kutatók számára, hogy olyan innovatív megoldásokat találjanak, amelyek képesek enyhíteni a termés kiesés okozta veszteségeket és sikeresen alkalmazhatók a mezőgazdasági gyakorlatban.

Célunk az volt, hogy a nagyüzemi baromfitartásból kikerülő veszélyes hulladéknak minősülő csirketrágyát átalakítás után tovább adalékolva olyan kompozit termékeket állítsunk elő, amelyek növelik a talaj szervesanyag-tartalmát és kedvezően hatnak a mineralizációs folyamatokra.

Adalékanyagként a fermentált csirketrágyához szuperabszorbens polimert adtunk két különböző dózisban és vizsgáltuk hatásukat a talajparaméterekre. A kapott eredményeket a kontroll és a csak csirketrágyát kapott kezelésekhez hasonlítottuk.

Hathetenkénti talajvizsgálatokkal ellenőriztük az alkalmazott kezelések hatását.

Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a kompozit termékek hatékonyan növelik a talaj szervesanyag-tartalmát a kontrollhoz képest, míg a csak csirketrágyát kapott kezelések esetén nem kaptunk szignifikáns különbséget.

Eredményeinkből megállapítható, hogy a kompozitok az idő előre haladtával egyre nagyobb mértékben növelik a talaj szerves nitrogén-tartalmát és kedvezően hatnak a mineralizációs folyamatokra is.

Gyenge tápanyag szolgáltató képességgel rendelkező homoktextúrájú barna erdőtalajon a kezelésekben 140-170 mg/kg nitrát tartalmat mértünk a feltalajban.

Ez megerősíti azt az elképzelést, hogy ezek a kompozit termékeknek elsősorban kis tápanyag tőkájú és kis szervesanyag-tartalmú talajok esetén hasznosak a mineralizáció fokozására.

Kulcsszavak: szuperabszorbens polimer, szervestrágya, tápanyagpótlás

Innovative nutrient conservation techniques in horticultural practice

P. T. NAGY – F. A. TÓTH

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management,
Institute of Water and Environmental Management, Debrecen

Summary

In recent decades, drought-induced crop losses have caused significant losses for farmers. Therefore, it is an urgent task for researchers to find innovative solutions that can mitigate crop losses and can be successfully applied in agricultural practice.

Our aim was to transform chicken manure from large-scale poultry farming, which is considered hazardous waste, into composite products by further additions that increase soil organic matter content and have a positive effect on mineralisation processes.

In our experiments, superabsorbent polymers were added as additives to the fermented chicken manure in two different doses (S1 and S2) and their effects on soil parameters were investigated. The results obtained were compared with the control (K) and chicken manure only (KNEX) treatments.

Soil analyses were carried out every six weeks to check the effect of the treatments applied. The results obtained showed that the composite products were effective in increasing soil organic matter content compared to the control.

Our results show that the composite products increase the soil organic nitrogen content over time and have a positive effect on mineralization processes.

In brown forest soils with a poor nutrient supply capacity and a sand texture, we measured a nitrate content of 140–170 mg/kg in the topsoil in the treatments.

This confirms the idea that these composite products are useful for enhancing mineralization and increasing water retention, especially in soils with low nutrient sources and low organic matter content.

Keywords: superabsorbent polymer, organic manure, nutrient supply

Bevezetés

Az aszály valamint a talajok szervesanyag-tartalmának folyamatos csökkenése egyre növekvő és globális problémát okoz világszerte. Ma már nyugodtan kijelenthető, hogy ezek a legjelentősebb terméskorlátozó tényezők a mezőgazdaságban. Európának különösen a déli és keleti területein, míg világviszonylatban különösen Kínában jelentősek az aszálykárok, amelyek nem megfelelő szervesanyag-tartalommal párosulva különös gondot okoznak a gazdálkodók számára (*Bai et al. 2010, Panagos et al. 2013*). Ez a kijelentés sajnos hazánkra is egyre inkább érvényes (*Bakucs et al. 2020, Tóth et al. 2023*). A növekvő vízhiány egyre nagyobb kihívást jelent a mezőgazdaság számára, amely jelenleg a teljes vízfelhasználás több mint 70%-át teszi ki (*Wang et al. 2002*). Ugyanis a vízhiány a tápanyagok felvételén keresztül alapvetően befolyásolja a termés mennyiségi és minőségi viszonyait. Továbbá az egyre erősödő környezetvédelmi megfontolások előírásainak megfelelően olyan integrált víz- és tápanyaggazdálkodási rendszer kidolgozása szükséges, amely magában foglalja a víztakarékos öntözést és az optimalizált a szervesanyag-pótlásra egyre nagyobb hangsúlyt fektető tápanyag-gazdálkodási technikákat (*Wang et al. 2002, Tóth et al. 2024*).

Ezeknek az igényeknek megfelelően olyan anyagok (szuperadszorbens polimerek - SAP-ok és szervesstrágyák) együttes alkalmazása indokolt, amelyek nemcsak a vízmegtakarítás, hanem a tápanyagpótlás egyszerű és hatékony módjának bizonyulnak (*Tóth et al. 2024*).

Az elmúlt években a SAP-ok hatásait, a vízmegtartás mechanizmusát, szerkezetüket rengeteg kutatás vizsgálta (*Abd El-Rehman et al. 2004, Burke et al. 2010, Malik et al. 2023, Tóth et al. 2024*).

A SAP-ok olyan háromdimenziós szerkezettel rendelkeznek, amely a bennük lévő keresztkötésű makromolekulák hidrofil csoportjai révén képesek a talajnedvességet felszívni és visszatartani (*Abd El-Wahed és Ali 2013, Saini et*

al. 2020). Így a SAP részecskék a talajoldattal történő érintkezést követően az eredeti méretüket akár több százszorosára is duzzasztják (*Gaikwad et al. 2017, Ahmed és Fahmy 2019*). A mezőgazdasági gyakorlatban leggyakrabban olyan SAP-okat használnak, amelyek duzzadási foka 400–600 g/g tartományban van.

A kutatások rámutattak, hogy a SAP-ok alkalmazása csökkenti a talaj penetrációt, növelik a talajok vízmegtartó képességét (*Busscher et al. 2009*) és a talaj aggregációját, valamint segítik a talaj szerves anyagainak védelmét (*Goebel et al. 2005, John et al. 2005*).

A SAP-ok szerkezetükből adódóan képesek az ismételt duzzadásra illetve zsugorodásra, amely folyamatok révén a szuperadszorbens pozitív hatással van a talaj szerkezetére (*Sojka et al. 2007*), mivel ezek a folyamatok növelik a beszivárgási sebességet, csökkentik a térfogatsűrűséget és javítják a talaj levegőztetését (*Demitri et al. 2013, Montesano et al. 2015*).

A SAP-ok nagy előnye, hogy a párolgási veszteség mérséklésével növelik a víz- és tápanyag-felhasználás hatékonyságát, továbbá elősegítik a mélyebb talajrétegekbe történő víz beszivárgást és védenek a tápanyag kimosódása ellen (*Saini et al. 2020, Patra et al. 2022*).

A környezetvédelmi megfontolások valamint a GREEN DEAL prioritásaival összhangban a szintetikus polimerek helyett ma már egyre nagyobb mértékben alkalmaznak természetes pl. poliszacharid polimereket a környezet biztonsága, a költséghatékonyság és a biológiai lebonthatóság miatt (*Ahmed és Fahmy 2019*).

Mivel a SAP-ok használata csökkenti a talaj tömörödési hajlamát, gátolja az eróziót és a víz felszíni lefolyását, valamint növelik a talaj levegőztetését így nő a talaj mikrobiális aktivitása, fokozódik szervesanyag-tartalma és nő tápanyagfeltáró képessége is (*Abd El-Rehman et al. 2004, Burke et al. 2010*).

További súlyos gondot jelent a gazdálkodóknak a talajok romlása, szervesanyag-tartalmuk folyamatos és fokozatos csökkenése, amire az Európai Bizottság már 2002-ben felhívta a figyelmet és a talaj csökkenő szervesanyag-tartalmában látta a talajromlás legfontosabb okát, különösen Dél- és Kelet-Európában. Éppen ezért az EIP-AGRI program különösen nagy hangsúlyt fektetett az olyan jellegű kutatásokra, amelyek révén megakadályozható a talajromlás okozta szén- és nitrogénveszteség, a talajvízzel való kimosódás és az erózió.

Köztudott, hogy a talajok szervesanyagpótlásának legjobban bevált módszere a különféle állati szervesanyagok alkalmazása. A kijutott szervesanyagok kedvezően befolyásolják a talajok porozitását, szerkezetét, hidraulikus vezetőképességét

így javítva a víz és ezzel együtt a tápanyagok bejutását és mozgását a talajba (Amanullah et al. 2010).

Ennek értelmében a szuperabszorbens polimerek használata és kombinálása szervesanyag-tartalmú anyagokkal (szervestrágyák) potenciálisan ígéretes és viszonylag könnyen megvalósítható technológiai eszköze lehet a növénytermesztés termelékenységének a növelésére, főként aszályos körülmények között, kis szervesanyag-tartalmú talajok esetén (Tóth et al. 2024).

Célunk ennek megfelelően az volt, hogy olyan terméknövelő kompozitokat állítsunk elő SAP és szervestrágya kombinációjával, amelyek révén a fentebb említett problémák orvosolhatók.

Anyag és módszer

A szuperabszorbens polimerből és szervestrágyából kialakított kompozitok hatásainak tanulmányozására kísérletet állítottunk be egy alma (*Malus domestica* Borkh. 'Pinova') ültetvényben a Debreceni Egyetem Pallagi kísérleti telepén (47°25'28" É 21°38'31" K) (1. ábra).

A fákat 2011-ben telepítették, M9 alanyon, 4 m×1 m sor, illetve tőtávolsággal, 3,5 m magas karcsú orsóra nevelve. A gyümölcsösben csepegtető öntözőrendszer működik, a növényvédelmi gyakorlat pedig az integrált növényvédelem elvein alapul (Csihon et al. 2021).

A vizsgálati helyszínen lévő meteorológiai állomás adatai alapján a 2022-es évben az éves csapadékmennyiség 500 mm volt, ami alapján az mondható, hogy a vizsgált év rendkívül száraz volt és súlyos aszályal terhelt. Ugyanis a havi csapadékösszeg többnyire 5 mm és 80 mm között változott és a fő vegetációs időszakban (április és szeptember hónapok között) a lehullott csapadékmennyiség mindössze 312 mm volt.

A homokos textúrájú, kis szervesanyag-tartalmú és rossz vízgazdálkodású talajon a kísérletben saját fejlesztésű talajjavító kompozitokat használtunk a talaj szervesanyag-tartalmának növelése és talaj vízgazdálkodásának javítása érdekében. Ezek a kompozitok a Baromfi Coop Kft. által gyártott fermentált csirketrágya (Natur Extra (NEX)) mint alapanyag, valamint szintetikus SAP mint adalékanyag keverékéből álltak. A NEX fő összetevőit az 1. táblázat mutatja be.

1. ábra. A pallagi kísérlet helyszíne



Forrás: *Google Earth*

Figure 1. Location of the experiment in Pallag. Source: *Google Earth*

1. táblázat. A Bio-Fer Natur Extra termék fő összetevői

Komponensek (1)			
(m/m%)		(mg/kg)	
Nitrogén (2)	5,5	Vas (9)	545,00
Foszfor (P ₂ O ₅) (3)	3,0	Mangán (10)	374,00
Kálium (K ₂ O) (4)	2,5	Molibdén (11)	3,66
Kalcium (5)	6,0	Cink (12)	367,00
Magnézium (6)	0,5	Réz (13)	53,30
Kén (7)	1,0	Bór (14)	31,40
Nedvességtartalom (8)	12,0	pH (15)	7,20

Forrás: *Net1*

Table 1. Main components of the Bio-Fer Natur Extra. (1) Components, (2) Nitrogen, (3) Phosphorus (P₂O₅), (4) Potassium (K₂O), (5) Calcium, (6) Magnesium, (7) Sulphur, (8) Moisture content, (9) Iron, (10) Manganese, (11) Molybdenum, (12) Zinc, (13) Copper, (14) Boron, (15) pH, Source: *Net1*

Szintetikus szuperabszorbens készítményként Stockosorb-ot használtunk, ami egy térhálósított akrilamid és kálium-poliakrilát kopolimer (EVONIK Nutrition & Care GmbH). A kísérletben alkalmazott kezelések összetételét a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat. *Alkalmazott kezelések összetétele*
(Pallag, 2022)

Kezelések (1)	Dózisok (kg/fa) (2)	
	NEX	SAP
K	-	-
KNEX	2	-
S1	2	0,1
S2	2	0,2

Table 2. Composition of the applied treatments (Pallag, 2022). (1) Treatments, (2) Doses (kg per tree)

A NEX dózisa minden kezelésnél azonos volt. Az adalékanyag dózisékat a gyártó ajánlásai és korábbi tapasztalatok alapján határoztuk meg (Tóth *et al.* 2023). Minden kezelést öt-öt fával állítottunk be. A kijuttatást 2022 májusában végeztük el. A kompozit készítményeket a fő gyökérszónában alkalmaztuk, ahol maximalizálhatják a víz- és tápanyag-ellátottságot, ezért a kompozitokat 20 cm mélységben juttattuk ki a talajba a fák mindkét oldalán a csurgó vonala mentén. Az abszolút kontroll (K) kezelés mellett három kezelést használtunk, az első csak fermentált csirketrágyát kapott (KNEX), a második szuperabszorbens polimert kisebb dózisban (S1), a harmadik pedig szuperabszorbens polimert nagyobb dózisban (S2).

A kísérletek beállítása előtt talajvizsgálatokat végeztünk az ültetvény talajának főbb paramétereinek meghatározása végett, amely során a talajmintákban vizsgáltuk a főbb tápanyagok mennyiségét annak érdekében, hogy meghatározzuk a talaj kiindulási tápanyag-állapotát (3. táblázat).

Később, a kísérlet során rendszeresen talajmintákat vettünk az egyes kezelési parcellákból, hogy nyomon követhessük a kezelések hatásait. A talajmintákat 2022-ben májustól szeptemberig gyűjtöttük, hetente időközönként, minden kezelés estén külön-külön (pl. a 2022_1 az első, a 2022_2 pedig a második

talajmintavétel időpontját jelenti, és így tovább). Az első talajmintát az éves trágyázás előtt vettük.

3. táblázat. A kísérletekhez felhasznált talajok fontosabb paramétereit

Paraméter (1)	Barna erdőtalaj (Pallag) (2)
pH (KCl) (3)	6,14
K _A (4)	26
Vízben oldható összes só (m/m)% (5)	<0,02
Szénsavas mész (m/m)% (6)	<0,10
SOM-tartalom (m/m)% (7)	1,15
P ₂ O ₅ (mg/kg) (AL) (8)	108,30
K ₂ O (mg/kg) (AL) (9)	263,00
NO ₃ ⁻ (mg/kg) (KCl) (10)	44,50
NH ₄ ⁺ (mg/kg) (KCl) (11)	13,12
Mg (mg/kg) (KCl) (12)	180,00
Mn (mg/kg) (EDTA) (13)	195,00
Zn (mg/kg) (EDTA) (14)	4,12
Cu (mg/kg) (EDTA) (15)	3,40
Szerves Nitrogén (m/m%) (16)	0,096
Homok (17)	85,98%
Por (18)	9,00%
Agyag (19)	6,02%

Megjegyzés: az AL, a KCl és az EDTA a Magyar Szabvány (MSZ 20135:1999) szerinti talajkivonószerek.

Table 3. Main parameters of the soils used for the experiments. (1) Parameters, (2) Brown forest soil (Pallag), (3) pH (KCl), (4) Arany's Plasticity Index (K_A), (5) Total amount of water-soluble salt (m/m)%, (6) Calcareous lime (m/m)%, (7) SOM content (m/m)%, (8) P₂O₅ (mg/kg) (AL), (9) K₂O (mg/kg) (AL), (10) NO₃⁻ (mg/kg) (KCl), (11) NH₄⁺ (mg/kg) (KCl), (12) Mg (mg/kg) (KCl), (13) Mn (mg/kg) (EDTA), (14) Zn (mg/kg) (EDTA), (15) Cu (mg/kg) (EDTA), (16) Organic nitrogen (m/m)%, (17) Sand, (18) Dust, (19) Clay, Note: AL, KCl and EDTA are soil extractants according to the Hungarian Standard (MSZ 20135:1999).

A talajmintákat kézi botfúróval vettük a talaj 0–40 cm-es rétegéből.

A talajvizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrárműszerközpontjában végezték a következő módszerekkel. A talaj pH-értékét elektrokémiai módszerrel (WTW pH 3110) mérték.

A talaj szervesanyag-tartalmát (SOM) Walkley-Black módszerrel (Perkin-Elmer Analyst 300), míg a szerves nitrogéntartalmát az össznitrogén-tartalomból (meghatározva Kjeldahl-módszerrel (VELP DKL 20)) számították az ásványi formák mennyiségének kivonása után. A talaj nitrát-nitrogén (NO₃-N) tartalmát spektrofotometriás módszerrel (FOSS FIASTAR 5000) határozták meg KCl kivonatból. A talaj foszfor (P), kálium (K) és magnézium (Mg) tartalmát ICP-OES módszerrel (Thermo Fisher iCAP 7400) elemezték; AL kivonatból (P, K) és KCl kivonatból (Mg).

Eredmények értékelése, következtetések

A Pallagi talaj főbb paramétereit a 3. táblázat foglalja össze. A gyümölcsös talajtípusa barna erdőtalaj volt, főleg homokos-agyagos textúrával (Lamellic Arenosol). Kémhatása gyengén savanyú, míg kötöttsége a talajtípusnak megfelelően kis érték volt ($K_A=26$). Az ültetvény alacsony makro- és mikrotápanyag-tartalommal és viszonylag kis szervesanyag-tartalommal rendelkezett. Az ásványi nitrogénformák mennyisége a talajtípusnak megfelelően alakult és döntően a nitrát dominancia jellemezte.

A mért kis szervesanyag-tartalom és tápanyagkészlet valamint a csekély vízmegtartó képesség indokoltá tette a szervesanyagpótló készítmények alkalmazását.

Vizsgálataink során arra voltunk kíváncsiak, hogy a kijuttatott kompozitok, hogyan hatnak a talaj szerves anyag tartalmára, szerves nitrogén készletére illetőleg az ásványosodott nitrogén (nitrát) mennyiségére.

A talaj SOM-tartalmának alakulását a kezelések függvényében mutatja be a 2. ábra. Adatainkból látható, hogy minden kezelésben a talaj SOM-tartalma enyhén növekedett, ami szezonális változásra utal. A növekedés mértéke legkisebb a kontroll kezelés esetén volt (0,3%). A többi kezelés esetén ez a növekedés kezeléstől függően 0,6 és 1,1% között változott. Ez arra utal, hogy a kezelések növelték a talaj szervesanyag-tartalmát és a kontrollhoz képest az S1 kezelés kivételével mindegyik kezelés szignifikáns kezeléshatást okozott. A növekedés már az első mintavételnél jelentkezett és később az év további részében tartóssá vált (2. ábra).

2. ábra. A kezelések hatása a talaj SOM tartalmára (m/m%)
(Pallag, 2022)

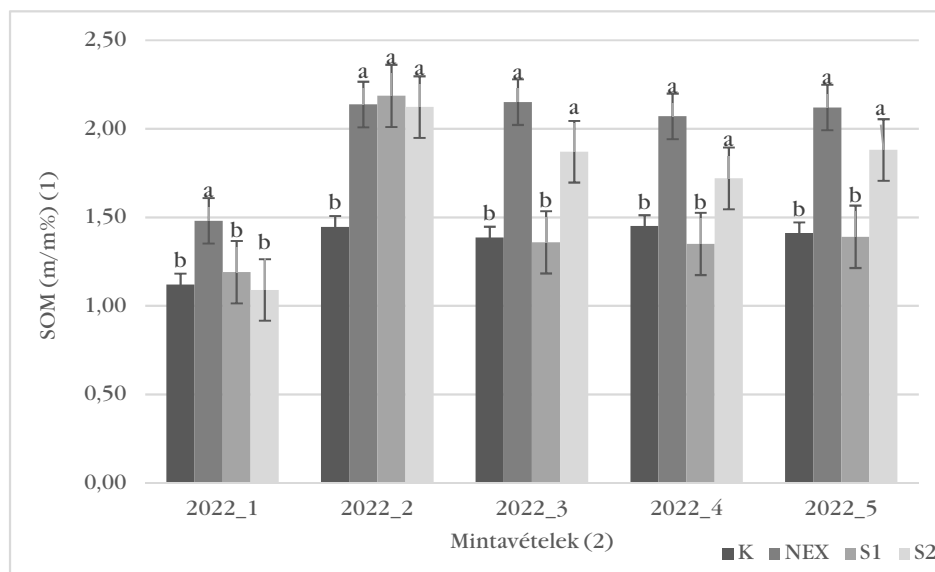


Figure 2. Effect of treatments on soil SOM content (m/m%) (Pallag, 2022). (1) SOM (m/m%), (2) Samplings

A kezelések hatását a talaj szerves nitrogéntartalmának alakulására a 3. ábra mutatja be. Látható, hogy a kijuttatást követő az első mintavétel esetén az egyes kezelések között nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget. A második mintavétel esetén a kontrollhoz képest azonban már mindegyik kezelés növelte a talaj szerves nitrogéntartalmát. Megállapítható, hogy ez a különbség az idő előre haladtával egyre markánsabbá vált. A kompozit kezelések kifejezetten kedvező hatást mutattak és az év végére már szignifikáns különbséget mutattunk ki mind a kontrollhoz, mind a csak csirketrágyát kapott kezeléshez képest (3. ábra).

Megfigyelhető, hogy a kontroll parcellánál a szerves nitrogéntartalom 0,10-0,12 mg/kg között változott az egész vizsgálati periódusban. A kezelések esetén pedig 0,11 és 0,28 mg/kg között változott. Kiugróan nagy értéket mértünk a szeptemberi mintavétel esetén az S1 kezelésben. Adatainkból megállapítható, hogy a kezelések 40-70%-kal növelték a talaj szerves

nitrogéntartalmát, ami különösen fontos frakció, mivel mennyisége meghatározó a talajban lejátszódó nitrogén mineralizáció szempontjából (Nagy 2004).

3. ábra. A kezelések hatása a talaj szerves nitrogéntartalmára (m/m%)
(Pallag, 2022)

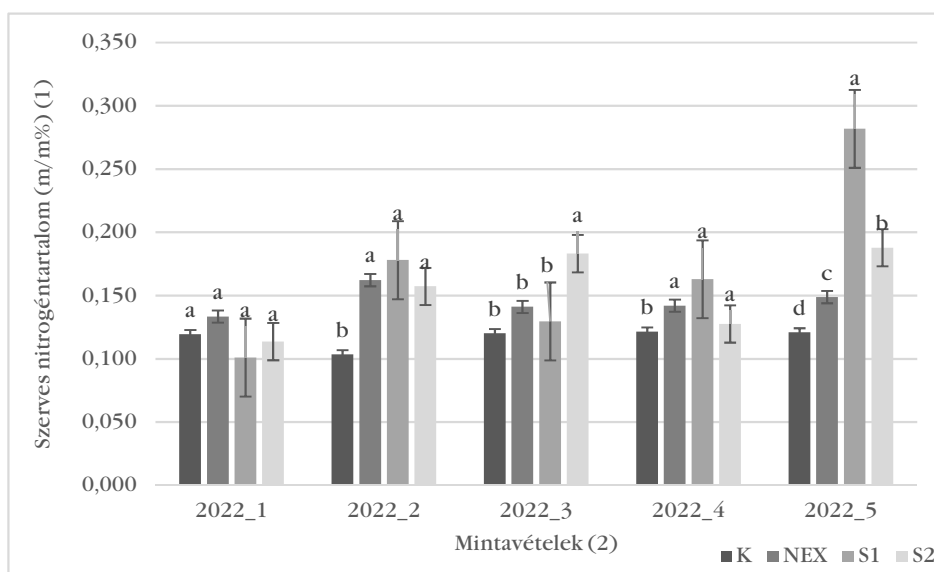


Figure 3. Effect of treatments on soil organic nitrogen (m/m%) (Pallag, 2022). (1) Organic nitrogen content (m/m)%, (2) Samplings

A kezelések hatását a talaj nitráttartalmának alakulására a 4. ábra mutatja be. Az ábrából leolvasható, hogy a kontroll kezelés esetén az első mintavételnél kiugróan nagy értéket kaptunk, később ez az érték jelentősen csökkent és 29–34 mg/kg között változott. A többi kezelés viszont nagyon jelentősen megnövelte a mineralizálódott nitrogén mennyiségét, hiszen értéke kezeléstől függően 140 és 170 mg/kg között változott. A kezelések között szignifikáns különbséget nem sikerült kimutatni.

4. ábra. A kezelések hatása a talaj nitráttartalmára (mg/kg)
(Pallag, 2022)

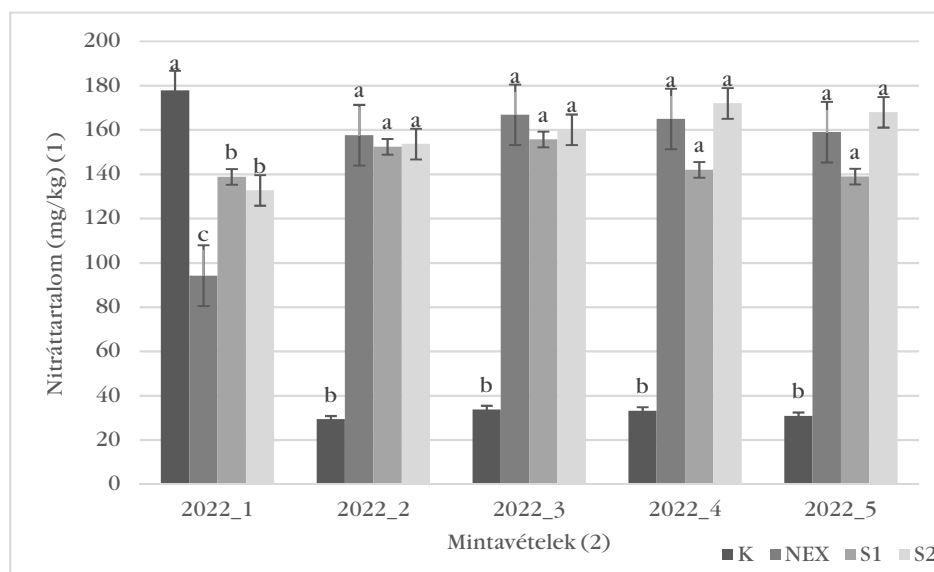


Figure 4. Effect of treatments on soil nitrate (mg/kg) (Pallag, 2022). (1) Nitrate content (mg/kg), (2) Samplings

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedekben az aszály okozta termés kiesés jelentős veszteséget okozott a gazdálkodók számára. Ezért kiemelten fontos feladat a kutatók számára, hogy olyan innovatív megoldásokat találjanak, amelyek képesek enyhíteni a termés kiesés okozta veszteségeket és sikerrel alkalmazhatók a mezőgazdasági gyakorlatban.

Célunk az volt, hogy a nagyüzemi baromfitartásból kikerülő veszélyes hulladéknak minősülő csirketrágyát átalakítás után tovább adalékolva olyan kompozit termékeket állítsunk elő, amelyek növelik a talaj szervesanyag-tartalmát és kedvezően hatnak a mineralizációs folyamatokra.

Adalékanyagként a fermentált csirketrágyához szuperabszorbens polimert adtunk két különböző dózisban és vizsgáltuk hatásukat a talajparaméterekre. A kapott eredményeket a kontroll és a csak csirketrágyát kapott kezelésekhez hasonlítottuk.

Hathetenkénti talajvizsgálatokkal ellenőriztük az alkalmazott kezelések hatását.

Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a kompozit termékek hatékonyan növelik a talaj szervesanyag-tartalmát a kontrollhoz képest, míg a csak csirketrágyát kapott kezelések esetén nem kaptunk szignifikáns különbséget.

Eredményeinkből megállapítható, hogy a kompozitok az idő előre haladtával egyre nagyobb mértékben növelik a talaj szerves nitrogén-tartalmát és kedvezően hatnak a mineralizációs folyamatokra is.

Gyenge tápanyag szolgáltató képességgel rendelkező homoktextúrájú barna erdőtalajon a kezelésekben 140–170 mg/kg nitrát tartalmat mértünk a feltalajban, szemben a kontroll 30–33 mg/kg értékével. Ez megerősíti azt az elképzelést, hogy ezek a kompozit termékeknek elsősorban kis tápanyag-tökéjű és kis szervesanyag-tartalmú talajok esetén hasznosak a mineralizáció fokozására.

IRODALOM

- Abd El-Rehman, H. A.–Hegazy, E. S. A.–Abd El-Mohdy, H. L.:* 2004. Radiation synthesis of hydrogels to enhance sandy soils water retention and increase performance. *Journal of Applied Polymer Science*. 93: 1360–1371. <https://doi.org/10.1002/app.20571>
- Abd El-Wahed, M. H.–Ali, E. A.:* 2013. Effect of irrigation systems, amounts of irrigation water and mulching on corn yield, water use efficiency and net profit. *Agricultural Water Management*. 120. 31: 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.06.017>
- Ahmed, S.–Fahmy, A.:* 2019. Applications of natural polysaccharide polymers to overcome water scarcity on the yield and quality of tomato fruits. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 10. 4: 199–208. <https://dx.doi.org/10.21608/jssae.2019.36727>
- Amanullah, M. M.–Sekar, S.–Muthukrishnan, P.:* 2010. Prospects and potential of poultry manure. *Asian Journal of Plant Sciences*. 9: 172–182. <https://doi.org/10.3923/ajps.2010.172.182>
- Bai, W.–Zhang, H.–Liu, B.–Wu, Y.–Song, J.:* 2010. Effects of super-absorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles. *Soil Use and Management*. 26. 3: 253–260. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00271.x>

- Bakucs, Z.-Fertő, I.-Vigh, E.:* 2020. Crop productivity and climatic conditions: Evidence from Hungary. *Agriculture*. 10. 9: 1-12. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090421>
- Burke, D. R.-Akay, G.-Bilsborrow, P. E.:* 2010. Development of novel polymeric materials for agroprocess intensification. *Journal of Applied Polymer Science*. 118. 6: 3292-3299. <https://doi.org/10.1002/app.32640>
- Busscher, W. J.-Bjorneberg, D. L.-Sojka, R. E.:* 2009. Field application of PAM as an amendment in deep-tilled US southeastern coastal plain soils. *Soil & Tillage Research*. 104: 215-220. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2009.02.009>
- 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>
- Demetri, C.-Scalera, F.-Madaghiele, M.-Sannino, A.-Maffezzoli, A.:* 2013. Potential of cellulose-based superabsorbent hydrogels as water reservoir in agriculture. *International Journal of Polymer Science*. ID: 435073. <https://doi.org/10.1155/2013/435073>
- Gaikwad, G. S.-Vilhekar, S. C.-Mane, P. N.-Vaidya, E. R.:* 2017. Impact of organic manures and hydrophilic polymer hydrogel on conservation of moisture and sunflower production under rainfed condition. *Advance Research Journal of Crop Improvement*. 8. 1: 31-35. <http://www.researchjournal.co.in/online/ARJCI.htm>
- Goebel, M. O.-Bachmann, J.-Woche, S. K.-Fischer, W. R.:* 2005. Soil wettability, aggregate stability, and the decomposition of soil organic matter. *Geoderma*. 128: 80-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.016>
- John, B.-Yamashita, T.-Ludwig, B.-Flessa, H.:* 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*. 128: 63-79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.013>
- Malik, S.-Chaudhary, K.-Malik, A.-Punia, H.-Sewhag, M.-Berkesia, N.-Nagora, M.-Kalia, S.-Malik, K.-Kumar, D.-Kumar, P.-Kamboj, E.-Ahlawat, V.-Kumar, A.-Boora, K.:* 2023. Superabsorbent Polymers as a Soil Amendment for Increasing Agriculture Production with Reducing Water Losses under Water Stress Condition. *Polymers*. 15. 1: ID: 161. <https://doi.org/10.3390/polym15010161>
- Montesano, F. F.-Parente, A.-Santamaria, P.-Sannino, A.-Serio, F.:* 2015. Biodegradable Superabsorbent Hydrogel Increases Water Retention Properties of Growing Media and Plant Growth. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 4: 451-458. ISSN 2210-7843, <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.052>

- Nagy P. T.*: 2004. Trágyázás hatása a talajok mobilis N-formáira tartamkísérletekben. PhD disszertáció. Debreceni Egyetem.
- Net1*: Bio-Fer Natur Extra – Fermentált Baromfitrágya. <https://bio-fer.hu/bio-fer-natur-extra/>
- Panagos, P.-Hiederer, R.-Van Liedekerke, M.-Bampa, F.*: 2013. Estimating soil organic carbon in Europe based on data collected through an European network. *Ecological Indicators*. 24: 439–450. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.020>.
- Patra, S. K.-Poddar, R.-Brestic, M.-Acharjee, P. U.-Bhattacharya, P.-Sengupta, S.-Pal, P.-Bam, N.-Biswas, B.-Barek, V.-Ondrisik, P.-Skalicky, M.-Akbar Hossain, A.*: 2022. Prospects of Hydrogels in Agriculture for Enhancing Crop and Water Productivity under Water Deficit Condition. *International Journal of Polymer Science*. ID 4914836, 15 p <https://doi.org/10.1155/2022/4914836>
- Saini, A. K.-Patel, A. M.-Saini, L. H.-Malve, S. H.*: 2020. Growth, phenology and yield of summer pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) as affected by varied application of water, nutrients and hydrogel. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*. 2. 3: 248–252. Online ISSN: 2664-7133.
- Sojka, R. E.-Bjorneberg, D. L.-Entry, J. A.-Lentz, R. D.-Orts, W. J.*: 2007. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. *Advances in Agronomy*. 92: 75–162. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(04\)92002-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(04)92002-0)
- Tóth, F.-Tamás, J.-Nagy, P.*: 2023. Effects of fermented and supplemented chicken manure on the nutrient management aspects of an apple orchard. *Agrártud. Közl.* 1: 117–123. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/12551>
- Tóth, F.-Magyar, T.-Tamás, J.-Nagy, P.*: 2024. Improving the Nutrient Management of an Apple Orchard by Using Organic-Based Composites Derived from Agricultural Waste. *Horticulturae*. 10. 2: 1–14. <https://www.mdpi.com/2311-7524/10/2/172#>
- Wang, H. X.-Liu, C. M.-Zhang, L.*: 2002. Water-saving agriculture in China: an overview. *Advances in Agronomy*. 75: 135–171. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(02\)75004-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(02)75004-9)

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Nagy Péter Tamás – Tóth Florence Alexandra

Debreceni Egyetem MÉK

Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Debrecen

Böszörményi út 142.

H-4032

*nagyp@agr.unideb.hu