

**BAROMFITRÁGYA ALAPÚ KOMPOSZT SZUSZPENZIÓ
HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA KÁPOSZTA (*BRASSICA
OLERACEA* L. CONVAR. *CAPITATA* PROVAR. *CAPITATA*
DUTCH) TESZTNÖVÉNNYEL**

Edit Gorliczay^{1} – Nikolett Éva Kiss¹ – Attila Nagy¹ – János Tamás¹*

*¹Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet*

**Corresponding author, edit.gorliczay@agr.unideb.hu*

Abstract

Compost teas are watery extracts of composted materials that are used to control plant diseases and on crop fertilization. In this work, we tested the nutrient replenishment effect of a broiler and hen manure-based non-aerated compost tea on two soil types (Arenosol, slightly humous Arenosol), with cabbage (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* provar. *capitata* Dutch) as a test plant, at one water capacity level (Field Capacity 70 w/w%), with harvesting times of four and eight weeks. The trends in leaf number, wet weight (g), total length (cm), F_v/F_m , F_v/F_o , total chlorophyll ($\mu\text{g/g}$) and total carotenoids ($\mu\text{g/g}$) were investigated. Based on the results of the pot experiments, significant differences ($p < 0.05$) were observed between the control and compost suspension treated plants in terms of the parameters studied and harvest times. The treatments resulted in a higher number of leaves, and this strong foliage growth is probably the

result of nitrogen overdose. F_v/F_m and F_v/F_o were determined to determine the stress on the plants, which indicated that high potassium concentrations affected the photosynthetic apparatus. For total chlorophyll and carotenoid content ($\mu\text{g/g}$), lower values were measured for plants treated with suspensions, which can be explained by antagonism between potassium and magnesium ions.

Keywords: poultry manure, cabbage, pot experiment, compost tea

Összefoglalás

A komposzt szuszpenziók a komposztált anyagok vizes kivonatai, amelyeket a növényi betegségek elleni védekezésre és tápanyagutánpótlásra használnak. Jelen tanulmányban egy brojler- és tyúktrágya alapú komposzt szuszpenzió, mint tápanyag-utánpótlásra alkalmas folyékony termék hatását vizsgáltuk két talajtípuson (homoktalaj, humuszos homoktalaj), káposzta (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* provar. *capitata* Dutch) teszt növényvel, egy vízkapacitási szinten (VK_{sz} 70%), négy- és nyolchetes betakarítási idővel. Vizsgáltuk a levélszám (db), nedves tömeg (g), teljes hajtáshossz (cm), F_v/F_m , F_v/F_o , összes klorofill- ($\mu\text{g/g}$) és az összes karotinoid-tartalom ($\mu\text{g/g}$) alakulását.

A tenyészedényes kísérletek eredményei alapján elmondható, hogy a kontroll és a komposzt szuszpenziókkal kezelt növények vizsgált paraméterei, valamint a felszámolási idők között szignifikáns különbségek voltak kimutathatók ($p < 0,05$). A kezelések hatására nagyobb levélszámot kaptunk, és ez az erőteljes lombnövekedés valószínűsíthetően a nitrogén-túladagolás hatása. A növényeket érő stressz meghatározásához az F_v/F_m , valamint az F_v/F_o értékeket meghatároztuk, melyek alapján elmondható, hogy a magas kálium-koncentráció hatással volt a fotoszintetikus apparátus működésére. Az összes klorofill- és karotinoid-tartalom ($\mu\text{g/g}$) esetén az szuszpenziókkal kezelt növények esetében alacsonyabb értékeket mértem, mely a kálium és magnézium ionok közötti antagonizmussal magyarázható.

Kulcsszavak: baromfitrágya, komposzt szuszpenzió, káposzta, tenyészedényes kísérlet

Bevezetés

Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezetének (a továbbiakban: FAO) előrejelzései szerint a világ népessége 2050-re eléri a 9,1 milliárd főt (FAO, 2012). A világ gyorsan növekvő népességéhez az élelmiszertermelésnek is növekednie kell akár 70%-kal is annak érdekében, hogy megfelelően biztosítani tudják az élelmiszer-ellátást, ugyanis kisebb, vagy változatlan kiterjedésű földterületeken kell a növekvő mennyiségű élelmiszert megtermelni (EUFIC, 2015). A globális népességnövekedés együtt jár azzal is, hogy a baromfi- és tojástermelés a globális állati fehérjefogyasztás egyre nagyobb hányadát teszi ki (Narrod et al., 2007; Kumar and Patyal, 2020). Az elmúlt évtizedekben az állattenyésztésben gyors változások történtek: a sertéshús 61%-át, a baromfi- és tojástermelés 81%-át, a tojás 86%-át intenzív gazdaságokban állítják elő (MacLeod et al., 2012). A baromfitenyésztésben bekövetkező intenzifikáció miatt a hulladékok és melléktermékek mennyisége is jelentősen megnőtt, különösen nagy mennyiségben keletkezik szerves trágya. Az állattenyésztésben a keletkező trágya (istállótrágya, hígrágya) melléktermék, de versenyképes hasznosításához elengedhetetlen, hogy tárolása, kezelése korszerű, környezetkímélő módon történjen, majd a mezőgazdasági talajokra történő hasznosítása se okozzon környezeti terhelést (Varga et al., 1975). A hazai broiler- és tojótelepeken a baromfitartás során keletkező almos, illetve alományag nélküli trágyából az előkezelés, feldolgozás során egy korlátlan ideig eltartható fermentált, szerves tápanyag utánpótlására alkalmas termék keletkezik. Brake (1992) és Haga (1999) szerint az almos trágya kezelésének egyik módja a komposztálás, mely növeli a nyers almos trágya minőségét és csökkenti a kijuttatásból eredő környezeti kockázatot (Wang et al., 2019). A komposztálás során a szerves anyagok átalakulnak, s a folyamat végeredményeként biztonságos és stabil melléktermék (komposzt) állítható elő, mely a műtrágyához hasonlóan

kijuttatható a szántóföldekre (Li et al, 2013). Haug (1993), valamint Bueno et al, (2007) szerint a komposztálás olyan biológiai folyamat, amely a szerves hulladékokat, melléktermékeket szabályozott körülmények között átalakítja, s melynek végeredményeképp létrejött termék a talajkondicionálásban, tápanyag-visszapótlásban alkalmazható. A komposztálási folyamat során a trágya térfogata és tömege csökken, (Tiquia and Tam, 1998), valamint a tápanyagok és a szerves anyagok stabilizálódnak (Michel et al, 1996). A komposzt azonban nem csak végtermék, hanem alapanyag is lehet, melyből olyan új termék állítható elő, mint a komposzt szuszpenzió (komposzt tea). A komposzt tea a komposzt vizes kivonata (Riggle, 1996). A komposzt szuszpenziók előállítása mellett szól az, hogy növeli a talajok biológiai aktivitását, mikroelemekben gazdag, a komposzthoz viszonyítva könnyebben feltárható formába kerülnek a tápanyagok, a szerves trágya hagyományos módon történő kijuttatása limitált, valamint a precíziós technológiákban a pontos kijuttatása nehéz, ezért a komposzt szuszpenziók alkalmazásával megoldható az egyenletes kijuttatás (emellett kezelése könnyebb) talaj- és levéltrágyaként (Eudoxie and Martin, 2019; Noble and Coventry, 2005). Minősége, összetétele függ a kiindulási anyag (komposzt) összetételétől, eredetétől, érettségétől, a komposztálás időtartamától (Weltzien, 1992), illetve befolyásoló tényezőként hat a tárolási és az oldási idő is (Al-Dahmani et al, 2003; Yohalem et al., 1994).

A fentiek alapján az volt a célunk, hogy meghatározzuk egy baromfi- és tyúktrágya alapú komposzt szuszpenzió optimális termesztéstechnológiai paramétereit talaj-növény rendszerben, különböző dózisok és talajtípusok alkalmazásával káposzta tesztnövényre.

Anyag és módszer

A laboratóriumi kísérleti vizsgálatokat a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Szervesanyag Kutató Központjában végeztem.

Komposzt szuszpenzió előállítása

A komposzt szuszpenzió előállítása során az Ingham (2005) által meghatározott és kulcsfontosságúnak vélt paramétereket vizsgáltam. Ezek a komposzt:víz aránya, az oldási idő, az oldási hőmérséklet, a keverés és annak intenzitása. Ezen tényezők hatással vannak az előállított szuszpenzió paramétereire. Az előállított komposzt szuszpenzió esetén vizsgáltuk a kémhatás, fajlagos vezetőképesség, illetve tápanyagtartalom alakulását (NPK). A komposzt szuszpenzió szerves kémiai paraméterei, valamint a vizsgálati növény tápanyagigénye alapján kiválasztottuk azt az oldatot, melyek hatását öntözött formában teszteltem. Korábbi vizsgálataink alapján bebizonyítottuk (Gorliczay et al, 2021), hogy a baromfi- és tyúktrágya alapú komposzt szuszpenzió pozitívan hatott a fehér édes paprika (*Capsicum annuum* L.) összes klorofill tartalmára ($\mu\text{g/g}$) és jelen tanulmányban is szeretnénk volna egy korábban tesztelt komposzt szuszpenzióval azonos összetételű szuszpenzió hatását vizsgálni. Az oldat kémiai jellemzőit az 1. táblázatban ismertetem.

1. táblázat. A tesztelt komposzt oldat kémiai jellemzői

<i>Paraméterek</i>	<i>1:10 KVA, 24h oldási idejű, 20°C oldási hőmérsékletű komposzt szuszpenzió</i>
<i>pH</i>	7.16
<i>EC* (mS/cm)</i>	6.27
<i>NO₃⁻ (mg/l)</i>	815.55
<i>NH₄⁺ (mg/l)</i>	317.77
<i>PO₄³⁻ (mg/l)</i>	268.88
<i>K⁺ (mg/l)</i>	1444.44

*Fajlagos elektromos vezetőképesség (mS/cm)

A választott komposzt szuszpenziók töménysége, illetve a vizsgálati növény igényei miatt az szuszpenziót ötszörös hígításban juttattam ki a tesztnövényre. A tesztelt szuszpenzióban a foszfát a minimumban lévő tápanyag, azonban a tápanyagigény a fenológiai fázistól függően más és más: a generatív szakaszban fontos a kálium túlsúly a nitrogénnel szemben (N:K aránya

1:1,5), ugyanis ezen makroelemek megfelelő arányával tartható fenn a vegetatív-generatív egyensúly. Hodossi et al. (2010) szerint ha a tápanyagok jelentős része vízzoldható formában van jelen a talajban, akkor a növény tápanyagellátásában részt vesz.

Komposzt szuszpenzió tesztelése

A komposzt szuszpenziók természetstechnológiai alkalmazhatóságának teszteléséhez tesztnövényként a fejes káposztát (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* provar. *capitata* Dutch) választottuk. A tenyészedényes kísérletek beállítása Mézes et al. (2015) alapján történt. A kísérletben alkalmazott beállításokat a 2. táblázatban mutatom be.

2. táblázat: A komposzt szuszpenzió tesztelése során alkalmazott kísérleti beállítások

<i>Tesztnövény</i>	<i>Fejes káposzta (Brassica oleracea L. convar. capitata provar. capitata Dutch)</i>
<i>Talajtípusok</i>	Humuszos homok, homok
<i>Vízkapacitás szint</i>	VK _{sz} 70%
<i>Komposzt oldat mennyisége</i>	Heti egyszeri és kétszeri öntözés

A káposztát azért választottuk, mert a komposzt szuszpenzió tesztelésekor elsősorban gazdasági haszonnövénnyel szeretnénk volna foglalkozni, valamint olyan növényt szeretnénk volna a kísérletbe bevinni, mely feltétel nélkül öntözhető. A futóhomok- vagy jellegtelen homoktalajt és a humuszos homoktalajt azért választottuk, mert a Baromfi-Coop Kft. takarmánytermesztő területei az Alföldön találhatóak, és az Alföld (elsősorban az Észak-Alföld, illetve a Nyírség) egyik jellemző talajtípusa a gyenge termőképességű homoktalaj. A választott talajok a World Base Reference of Soil Resources (a továbbiakban WRB) alapján az „Arenosols” (Homoktalajok) kategóriába tartoznak. Ezen kategóriába tartozó talajokra jellemző az alacsony víztartó képessége és magas a vízáteresztő képessége, valamint alacsony tápanyagtartalommal rendelkeznek, s mindezen okok miatt gyorsan alakul ki vízstressz, mely a kutatásom egyik vizsgálati tényezője volt (FAO, 2015). A szabadföldi vízkapacitás (VK_{sz}) 70%-át (mely a szántóföldi technológiáknál magasabb vízkapacitás szintet jelent) egyrészt a választott

tesztnövény miatt választottam, másrészt pedig azért, mert palántázáskor – különösen gyökérváltáskor – a növények érzékenyek a vízellátottságra, s így a kísérletemben „luxus” vízellátottságra törekedtem. A VKsz 70% a zárt, üvegházi termesztésben biztosítható, ugyanis szántóföldön az öntözési fordulóknak alacsonyabb vízkapacitás szintet eredményeznek egy üvegházi technológiákkal szemben, valamint szántóföldi körülmények között a szabadföldi vízkapacitás 70%-os értéke nem tartható.

Elvégzett vizsgálatok, alkalmazott eszközök

A tesztnövények betakarítása 4 illetve 8 hét után történt, s az alábbi paramétereket vizsgáltuk meg:

- növények magassága: mindkét tesztnövény esetében a talaj felszínétől a legerősebb hajtás csúcsáig mértük meg a növények magasságát vonalzóval;
- virágszám, természsám, levélszám;
- nedves és száraz hajtástömeg;
- terméstömeg, természsám, természhossz (Slezák, 2001 alapján);
- növényi stressz mérése (F_v/F_m , F_v/F_o értékének meghatározása): A növényi stressz méréséhez az Opti-Sciences cég által kifejlesztett OS30p+ típusú klorofill fluorométert alkalmaztuk. Ezen hordozható készülékkel meg tudtuk határozni – kalibráció után – a növények leveleire csíptetve az F_v/F_m értékét, mely korrelál a szén-asszimilációval mind a C3-as, mind a C4-es növények esetén, valamint az F_v/F_o értékét, melynek korrelációja nem bizonyított a karbon asszimilációval, azonban mint stressz detektálására alkalmas paraméter, érzékenyebb, mint az F_v/F_m parameter (Guidi et al, 2019). Az F_v/F_m arány számításához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m \quad (1)$$

ahol:

F_v = változó fluoreszcencia szintje

F_m = maximális fluoreszcencia (telítési fényimpulzus hatására mért fluoreszcencia)

F_0 = alap fluoreszcencia szintje

Az F_v/F_m egy normalizált arány, melyet Kitajima-Butler (1975) fejlesztett ki, s a növényi stressz mérésének egyik leggyakrabban használt módszere. Maxwell-Johnson (2000) alapján az F_v/F_m értéke egészséges vegetáció esetén 0,79 és 0,89 között van, ennél alacsonyabb érték esetén a növényt stressz éri.

- klorofill- és karotinoid-tartalom meghatározása: a friss növényi mintákat (levélmintákat) 80%-os aceton és kvarchomok segítségével mozsárban homogén állapotúra roncsoltuk, majd 10 ml-es centrifugacsövekben HETTICH ROTOFIC 32A típusú centrifugában 3 percig 3000 fordulat/perc ülepítettük. A centrifugacsövek felső részében lévő tiszta oldatból 2,5 ml-t kvarcküvetába pipettáztunk, majd SECOMAN Anthelie Light II. UV-VIS spektrofotométerrel mértük meg a növényi kivonatok abszorbanciáját 470, 644 és 663 nm hullámhosszon. Azért ezt a három hullámhosszt választottuk a spektrofotométeres mérésekhez, mert a 80%-os aceton oldatban 663 nm-en a klorofill a-nak, 645 nm-en a klorofill b-nek, még a karotinoidoknak 440-470 nm hullámhossz tartományban van fényelnyelési maximumuk (Allaga és Palánki, 1997). A mérések előtt minden esetben zéró kalibrációt végeztünk 80%-os acetonnal. A kapott abszorbancia értékekből Droppa et al, (2003) képlete alapján számítottuk ki az összes klorofill-tartalom értékét:

$$KL_{A, B} = (20,2 * A_{644} + 8,02 * A_{663}) * V/w \quad (2)$$

ahol:

$KL_{A, B}$ = klorofill A és B $\mu\text{g/g}$ -ban egy gramm friss tömegre vonatkoztatva

A_{644} , A_{663} = 644 nm-en és a 663 nm-en mért abszorbancia értéke

V = folyékony szövetkivonat térfogata (ml)

w = friss növényi szövetminta tömege (g)

A karotinoid-tartalom számításához Lichtenthaler et al, (1983) által meghatározott összefüggést alkalmaztuk:

$$KA = (1000 * A_{470} - 3,27 * (12,21 * A_{663} - 2,81 * A_{644}) - 104 * (20,13 * A_{644} - 5,03 * A_{663})) * V/w \quad (3)$$

ahol:

KA = karotinoid-tartalom $\mu\text{g/g}$ -ban egy gramm friss tömegre vonatkoztatva

$A_{470,663,644}$ = 470, 663 és 644 nm-en mért abszorbancia értéke

V = folyékony szövetkivonat térfogata (ml)

w = friss növényi szövetminta tömege (g)

Eredmények statisztikai elemzése

A statisztikai elemzéseket R szoftver alkalmazásával R Studio felhasználói környezetben végeztük el (R Core Team, 2017). A különböző kezelések közti statisztikai különbségek vizsgálatára egytényezős varianciaanalízist végeztünk (Duncan-teszt vagy Kruskal-Wallis teszt) ($p < 0,05$). A vizsgált paraméterek közötti összefüggések feltárására Pearson-féle korrelációs mátrixot készítettünk.

Eredmények és értékelésük

Homoktalaj esetén kapott eredmények

A káposzta (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* provar. *capitata* Dutch, fajtája: Autumn Queen F1) tesztnövény esetén kétféle talajjal dolgoztunk: homoktalajjal és humuszos homoktalajjal. A homoktalajon nevelt káposzta esetén kapott eredményeket négy és nyolc hetes betakarítás esetén a 3. táblázatban mutatjuk be.

3. táblázat: Homoktalaj esetén kapott eredmények 4 és 8 hetes betakarítási idő esetén

	Kezelés	Levélszám (db)	Hajtás- hossz (cm)	Teljes zöldtömeg (g)	F_v/F_m	F_v/F_o	Összes klorofill- tartalom ($\mu\text{g/g}$)	Összes karotinoid- tartalom ($\mu\text{g/g}$)
4 hetes fel- számolás	Kontroll	11,66ab $\pm 0,50$	9,66c $\pm 0,28$	4,86c $\pm 0,50$	0,77a $\pm 0,01$	3,37a $\pm 0,22$	1481,30a $\pm 113,89$	243,21a $\pm 7,54$
	1. dózis	11,66ab $\pm 0,57\text{ab}$	10,50abc $\pm 0,00$	5,86b $\pm 0,63$	0,77a $\pm 0,01$	3,53a $\pm 0,23$	1394,28a $\pm 68,07$	250,89a $\pm 14,22$
	2. dózis	13,00ab $\pm 2,00$	10,00bc $\pm 0,86$	6,80b $\pm 0,88$	0,77a $\pm 0,01$	3,44a $\pm 0,19$	1528,28a $\pm 49,33$	267,94a $\pm 21,48$
8 hetes fel- számolás	Kontroll	10,00b $\pm 1,73$	10,16abc $\pm 1,04$	4,74c $\pm 0,23$	0,72a $\pm 0,04$	2,68a $\pm 0,59$	1197,52a $\pm 269,88$	190,68a $\pm 69,37$
	1. dózis	14,00a $\pm 2,82$	13,33ab $\pm 3,05$	9,27ab $\pm 4,11$	0,76a $\pm 0,02$	3,25a $\pm 0,48$	1441,31a $\pm 54,41$	241,35a $\pm 17,37$
	2. dózis	14,00a $\pm 1,00$	11,66a $\pm 0,57$	11,48a $\pm 3,26$	0,77a $\pm 0,01$	3,45a $\pm 0,23$	1308,28a $\pm 306,88$	200,59a $\pm 68,73$

*az azonos betűvel jelölt kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p < 0,05$)

Levélszám esetén a 4. heti betakarításnál nem voltak statisztikailag igazolható különbségek a kezelések között, azonban a 8. hétre már a kontroll és a kezelt növények között szignifikáns különbségek voltak. Négy hetet követően a 2. dózis, nyolc hetet követően pedig mind az 1., mind pedig a 2. dózis eredményes volt levélszám, teljes hossz és teljes zöldtömeg tekintetében. A fotoszintetikus apparátus két állapotjelzője az F_v/F_m és az F_v/F_o hányadosok, melyeket a fotoszintetikus elektrontranszpor állapotát jellemző paraméterek közé sorolhatjuk (Kéris-Schmidthoffer, 2018). Meghatározásukhoz Figureyelembe vettem az alap fluoreszcenciát (vagy O-pontot) (F_o), majd adott fényimpulzus után mértem meg a maximális fluoreszcenciát (F_m) illetve a változó fluoreszcenciát (F_v), s ezután számítottam az F_v/F_m hányadost. Björkmann-Demming és Adams (1987) szerint az F_v/F_m hányados értéke $\sim 0,832$ azon növények esetében, amelyek optimális fejlődési körülmények között növekednek, fejlődnek, Veres et al, (2012) búza esetében vizsgálták, hogy a változó kijuttatási idejű és adagú nitrogén-trágyázás hatására hogyan változik a növények F_v/F_m értéke, azaz a potenciális fotokémiai aktivitása. Eredményeik alapján a kontroll esetén az F_v/F_m értéke $\sim 0,74$ alakult, még a nagyobb nitrogén adagok hatására nem növekedett arányosan az F_v/F_m értéke, ugyanis ha a növény túl sok nitrogént kap, a fotokémiai aktivitás csökken. Esetünkben az F_v/F_m értéke mindegyik kezelés és betakarítási idő

esetén 0,72-0,77 között alakult, és szignifikáns különbségek nem voltak a kezelések, valamint a betakarítási idők között. Az F_v/F_o értékek esetén sem tudunk szignifikáns különbségeket kimutatni sem a kezelések, sem pedig a betakarítási idők között. A legalacsonyabb F_v/F_o értéket a nyolc hetes kontrollok esetén mértem ($2,68 \pm 0,59$), amely kezelés esetén a legalacsonyabb F_v/F_m értéket is mértünk ($0,72 \pm 0,04$), mely a növényekben korai stressz jeleit tudtuk ily módon kimutatni, amely a tápanyaghiánnyal, elsősorban foszforhiánnyal magyarázható.

Az összes-klorofill-tartalom esetén nincsenek szignifikáns különbségek a négy és a nyolc hetes betakarítások között ($p < 0,05$), ezzel szemben mégis megfigyelhető, hogy a negyedik és nyolcadik heti betakarítások átlagos értékei eltérnek egymástól. A negyedik heti betakarítások során $1467,95 \pm 77,09 \mu\text{g/g}$, még a nyolcadik heti betakarítás során $1315,70 \pm 210,35 \mu\text{g/g}$ volt az összes klorofill-tartalom, mely alapján megállapítható, hogy a betakarítási idők között csökkent a klorofill-tartalom ($-152,25 \mu\text{g/g}$). A nyolcadik heti betakarítás 2. dózisaán kívül mindegyik kezelés meghaladta a kontroll összes-klorofill-tartalmát, a legmagasabb összes-klorofill-tartalmat a negyedik heti betakarítás 2. dózisa esetén mértem ($1528,29 \pm 49,33 \mu\text{g/g}$). Az összes-karotinoid-tartalom ($\mu\text{g/g}$) esetén sincsenek szignifikáns különbségek a különböző kezelések és a betakarítási idők között. Az összes-klorofill tartalomhoz hasonlóan ebben az esetben is a legmagasabb karotinoid-tartalmat a negyedik heti betakarítás 2. dózisa esetén kaptam ($267,94 \mu\text{g/g}$), még a legalacsonyabb értéket a nyolcadik heti betakarítás 2. dózisa esetén ($200,59 \mu\text{g/g}$). Az összes karotinoid-tartalom átlagos értékeit tekintve elmondható, hogy az összes klorofill-tartalomhoz hasonlóan ezen paraméter esetében is csökkenés figyelhető meg a betakarítási idők között ($-43,40 \mu\text{g/g}$). A negyedik heti betakarítás során $254,01 \pm 14,41 \mu\text{g/g}$, még a nyolcadik heti felszámolás során $210,87 \pm 51,82 \mu\text{g/g}$ volt az átlagérték. Hegazy et al, (2015) és Kopsell et al, (2007) vizsgálatai szerint a magasabb összes karotinoid mennyisége

a nagyobb trágyaadagokkal, illetve a növény által nagyobb mennyiségben felvehető nitrogén adagokkal magyarázhatók.

Humuszos homoktalaj esetén kapott eredmények

A humuszos homoktalajon nevelt káposzta esetén kapott eredményeket négy és nyolc hetes betakarítás esetén a 4. táblázatban mutatjuk be.

4. táblázat: Humuszos homoktalaj esetén kapott eredmények 4 és 8 hetes betakarítási idő esetén

	Kezelés	Levélszám (db)	Teljes hossz (cm)	Teljes zöldtömeg (g)	F_v/F_m	F_v/F_o	Összes klorofill- tartalom ($\mu\text{g/g}$)	Összes karotinoid- tartalom ($\mu\text{g/g}$)
4 hetes fel- számolás	Kontroll	15,33a $\pm 1,52$	12,50ab $\pm 0,50$	16,10a $\pm 2,53$	0,77a $\pm 0,01$	3,55a $\pm 0,18$	1481,57b $\pm 298,07$	268,68a $\pm 35,04$
	1. dózis	16,66a $\pm 0,57$	11,83ab $\pm 2,02$	15,00a $\pm 2,57$	0,76ab $\pm 0,01$	3,32ab $\pm 0,09$	1534,68b $\pm 103,09$	283,05a $\pm 13,97$
	2. dózis	16,00a $\pm 1,73$	13,33a $\pm 1,04$	15,33a $\pm 0,95$	0,77a $\pm 0,01$	3,43a $\pm 0,14$	1315,65bc $\pm 179,19$	270,97a $\pm 28,79$
8 hetes fel- számolás	Kontroll	9,66b $\pm 1,15$	13,66a $\pm 1,04$	16,21a $\pm 1,44$	0,74ab $\pm 0,02$	2,96ab $\pm 0,27$	992,44c $\pm 283,56$	165,09b $\pm 105,91$
	1. dózis	8,66b $\pm 1,25$	13,33a $\pm 2,98$	14,94a $\pm 2,98$	0,75ab $\pm 0,00$	3,13ab $\pm 0,05$	2218,47a $\pm 143,12$	181,10ab $\pm 22,55$
	2. dózis	8,33b $\pm 0,50$	11,00b $\pm 3,89$	9,11b $\pm 3,89$	0,71b $\pm 0,08$	2,44b $\pm 1,19$	1440,98b $\pm 132,16$	250,09ab $\pm 31,94$

*az azonos betűvel jelölt kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p < 0,05$)

A négy hetes felszámolást követően a káposztákra pozitív hatással volt a komposzt oldat mellyel öntöttünk, ugyanis levélszám és teljes hossz esetén az 1. dózis, illetve a 2. dózis bizonyult eredményesnek. Teljes zöldtömeg tekintetében a kontroll volt a legjobb. A nyolcadik heti felszámoláskor azonban azt tapasztaltuk, hogy a kezelésekre a káposzták rosszul reagáltak, s minden vizsgált paraméterben elmaradtak a kezelt növények a kontrolltól, statisztikai szempontból pedig az 1. dózis a kontrollal azonos statisztikai csoportba sorolható, a levélszám az egyetlen olyan paraméter, ahol a negyedik heti kezelés és a nyolcadik heti kezelés statisztikailag egy-egy csoportot alkot. A F_v/F_m értékekről elmondható, hogy a negyedik és a nyolcadik heti eredmények közel azonosan alakultak, mindössze két kezelés és a negyedik heti

kontroll esetén szignifikánsak a különbségek, jelentős csökkenés sem a kezelések között, sem pedig a kontrollhoz viszonyítva nem volt megfigyelhető. Ezen eredmények megegyeznek a Ludmerszki (2013) által kapott eredményekkel, ugyanis az F_v/F_m adatokban nem kapott szignifikáns különbségeket, csak a kezelés első hetében, azt követően a kezelés nem befolyásolta az F_v/F_m értékek alakulását. A legalacsonyabb F_v/F_m és F_v/F_o értéket a nyolcadik heti felszámolás 2. dózisa esetén mértem, amelyből arra következtettünk, hogy a komposzt oldat magas kálium-tartalma befolyásolja a PSII rendszer működését a növényben, s így hatással van az F_v/F_m értékek alakulására is. Najjar et al, (2018) jutott hasonló következtetésre, amikor a sóstressz hatását vizsgálták *Medicago truncatula* tesztnövényre. Eredményeik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a kontroll esetén az F_v/F_m érték 0,77-0,79 között alakult, még a magas koncentrációjú NaCl-oldattal öntözött növények esetén az F_v/F_m értéke szignifikánsan csökkent, s az F_v/F_m értéke mindössze 0,57-0,65 között alakult. Ezek alapján elmondható, hogy a sóstressz a PSII rendszer funkciójának csökkenéséhez vezet.

Az összes klorofill-tartalom esetén elmondható, hogy a legnagyobb értéket a nyolcadik heti felszámolás 1. dózisa esetén mértem ($2218,47 \pm 143,12 \mu\text{g/g}$). A kontroll klorofill-tartalmát a negyedik és nyolcadik heti felszámolás esetén is csak az 1. dózis klorofill-tartalma tudta meghaladni, és ezen kezelések statisztikailag is szignifikánsan különböznek a kontrolltól, még az többi kezelés a kontrollal azonos statisztikai csoportba sorolható. A felszámolási idők átlagos összes klorofill-tartalmát Figureyelmbe véve elmondható, hogy a negyedik heti felszámolás során $1443,96 \pm 193,45 \mu\text{g/g}$, még a nyolcadik heti felszámolás során $1550,63 \pm 186,28 \mu\text{g/g}$ volt, mely a két felszámolási idő közötti klorofill-tartalom növekedésre utal ($+106,93 \mu\text{g/g}$).

Az összes karotinoid-tartalomról elmondható, hogy a nyolcadik heti felszámolás 1. dózisa esetén mértem a legmagasabb összes klorofill-tartalmat, s ezen kezelés esetében mértem a legalacsonyabb összes karotinoid-tartalmat ($165,09 \pm 105,91 \mu\text{g/g}$). Statisztikailag az összes

klorofill-tartalomhoz hasonló eredményeket kaptunk, ugyanis a nyolcadik heti felszámolás és a kontroll egy-egy csoportot alkot, még a többi kezelés (statisztikailag) szintén egy csoportot. A felszámolási időnkénti összes karotinoid-tartalomról elmondható, hogy a negyedik heti felszámoláskor $274,23 \pm 25,93 \mu\text{g/g}$, még a nyolcadik heti felszámoláskor $198,76 \pm 53,46 \mu\text{g/g}$ volt, mely paraméter csökkenése Figureyelhető meg ($-75,47 \mu\text{g/g}$) a homoktalajon végzett kísérlethez hasonlóan.

Korrelációs vizsgálat eredménye

A komposzt szuszpenzió tesztelése során mért paraméterek közötti kapcsolat feltárásához Pearson-féle korrelációs mátrixot alkalmaztunk ($p < 0,05$). Értékeltem a levélszám (db), teljes hajtáshossz (cm), teljes zöldtömeg (g), F_v/F_m , F_v/F_o , összes klorofill- ($\mu\text{g/g}$) és az összes karotinoid-tartalom ($\mu\text{g/g}$) közötti kapcsolat alakulását homoktalaj és humuszos homoktalaj esetén (5. táblázat).

5. táblázat: A vizsgált paraméterek esetén kapott korrelációs mátrix

	Levélszám	Teljes hajtáshossz	Nedves tömeg	F_v/F_m	F_v/F_o	Összes klorofill-tartalom ($\mu\text{g/g}$)	Összes karotinoid-tartalom ($\mu\text{g/g}$)
Levélszám	1						
Teljes hajtáshossz	0,17	1					
Nedves tömeg	0,34*	0,71*	1				
F_v/F_m	0,50*	0,02	0,26	1			
F_v/F_o	0,53*	0,04	0,24	0,99*	1		
Összes klorofill-tartalom ($\mu\text{g/g}$)	-0,05	0,12	0,13	0,18	0,16	1	
Összes karotinoid-tartalom ($\mu\text{g/g}$)	0,52*	-0,07	0,03	0,33	0,34*	0,33	1

* $p < 0,05$ esetén szignifikáns korreláció

A korrelációkat vizsgálva elmondható, hogy a legtöbb esetben a levélszám és a vizsgált paraméterek között szignifikáns összefüggések vannak. A levélszám és a nedves tömeg között 0,34; a levélszám és az F_v/F_m , F_v/F_o paraméterek között 0,50 illetve 0,53; még a levélszám és az összes karotinoid-tartalom között 0,52-es korrelációs együttható értéket kaptunk.

Következtetések

A tenyészedényes kísérletek eredményei alapján elmondható, hogy a kontroll és a komposzt szuszpenziókkal kezelt növények vizsgált paraméterei, valamint a felszámolási idők között szignifikáns különbségek voltak kimutathatók ($p < 0,05$). A kezelések hatására nagyobb levélszámot kaptam, s ez az erőteljes lombnövekedés valószínűsíthetően a nitrogén-túladagolás hatása. A növényeket érő stressz meghatározásához az F_v/F_m , valamint az F_v/F_o értékeket meghatároztam, melyek alapján elmondható, hogy a magas kálium-koncentráció hatással volt a fotoszintetikus apparátus működésére. Klorofill- és karotinoid-tartalom esetén a komposzt szuszpenziókkal kezelt növények esetében alacsonyabb értékeket mértem, mely a rossz tápanyagellátottság, kálium és magnézium ionok közötti antagonizmussal magyarázható.

Összességében elmondható, hogy a komposzt szuszpenzióban lévő vízben oldott sók növelik a talajoldat fajlagos vezetőképességét. Ez a magas sótartalom a növényekre is negatív hatást gyakorolhat. A magas sótartalom okozta stressz a fotoszintetikus rendszerre (PSII rendszer) gyakorolt hatásairól szóló eredmények azonban ellentmondásosak. Egyes vizsgálatok azt mutatták, hogy a sóstressz gátolhatja a PSII aktivitását (Hasegawa et al., 2000; Munns, 2002; Ashraf, 2004), míg más vizsgálatok szerint a sótartalomnak nincs hatása erre a paraméterre (Morales et al., 1992; Abadía et al., 1999). Jamil et al. (2007) vizsgálataik során NaCl-oldatot juttattak ki növekvő koncentrációban, s eredményeik alapján a cukorrépa és a káposzta növekedése szignifikánsan csökkent a sókezelés hatására. A gyökér és a hajtás száraz tömege, valamint a levélfelület szignifikánsan csökkent a sókoncentráció növekedésével. Emellett vizsgálták az F_v/F_m hányados (azaz a PSII maximális kvantumhozamának) alakulását is, és az eredmények azt mutatták, hogy sem a cukorrépa, sem a káposzta esetén a kontrollhoz viszonyítva nem mutathatók ki a sóstressz hatásai.

Mindkét talaj esetében megfigyelhető, hogy az összes klorofill- és karotinoid-tartalom a 8. heti felszámolásakor csökkent a 4. héthez képest. Ez a tendencia valószínűleg azzal magyarázható, hogy a tápanyagok remobilizációja a levelekben a szénmegkötésben részt vevő enzimek lebomlásával jár, ami viszont a fotoszintetikus kapacitás csökkenését okozza (Hörtensteiner és Feller 2002). A klorofillal ellentétben a karotinoidok lebomlása a legtöbb növényfajban nem teljes (Biswal 1995), ami az egy klorofillra jutó karotinoidok arányának növekedését okozza.

A fenntartható gazdálkodás szempontjából a komposzt szuszpenziók növénykondicionáló stressztoleranciát növelő hatása is figyelemreméltó, amelyet egy termesztési rendszerbe építve csökkenthetjük a kémiai környezetterhelést a mezőgazdaságban.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a GINOP-2.2.1-15-2017-00043 azonosítószámú, „Többcélú organikus biofermentum termékcsalád kidolgozása és piaci bevezetése” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalom

Al-Dahmani, J. H., Abbasi, P. A., Miller, S. A., Hoitink, H. A. J. 2003. Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions. *Plant Disease Journal* **87**, 913–919. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.8.913>

Allaga, J., Szántóné-Palánki, E. 1997. Növényélettani gyakorlatok. Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Növénytani és Növényélettani Tanszék. Keszthely. 129 p.

Biswal, U. C., Biswal, B., Raval, M. K. 2003. Chloroplast biogenesis from proplastid to gerontoplast. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp 155–242. ISBN: 978-9048164158.

Björkmann, O., Demming-Adams, B. 1987. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. *Planta* **170**, 489-504. <https://doi.org/10.1007/BF00402983>

Brake, J. D. 1992. A Practical Guide for Composting Poultry Litter. *MAFES Bulletin*, p. 981.

Bueno, P., Tapias, R., López, F., Díaz, M. J. 2009. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. *Bioresource Technology* **99**. 5069–5077. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.087>.

Droppa, M., Erdei, S., Horváth, G., Kissimom, J., Mészáros, A., Szalai, J., Kosáry, J. 2003. *Növénybiokémiai és élettani gyakorlatok*. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem. Budapest. 88 p.

Eudoxie, G., Martin, M. 2019. Compost Tea Quality and Fertility. In M. Larramendy, S. Soloneski (Eds.), *Organic Fertilizers - History, Production and Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86877>

European Food Information Council (EUFIC) 2015. Annual report. <https://www.eufic.org/en/images/uploads/files/AnnualReport2015.pdf>

Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), WFP, IFAD. 2012 *The State of Food Insecurity in the World 2012*. Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition. Rome, FAO.

Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 2015. *World reference base for soil resources 2014*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome.

Gorliczay, E., Boczonádi, I., Kiss, N. É., Tóth, F. A., Pabar, S. A., Biró, B., Kovács, L. R., Tamás, J. 2021. Microbiological Effectivity Evaluation of New Poultry Farming Organic Waste Recycling. *Agriculture* **11**. 683. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070683>

- Guidi, L., Piccolo, E. L., Landi, M. 2019. Chlorophyll Fluorescence, Photoinhibition and Abiotic Stress: Does it make any difference the fact to be a C3 or C4 species? *Frontiers in Plant Science* **10**. 174. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00174>.
- Haga, K. 1999. Development of composting technology in animal waste treatment – review. *Asian – Australian Journal of Animal Science* **12** (4). 604–606. <https://doi.org/10.5713/ajas.1999.604>
- Haug, R. T. 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. ISBN 9780873713733.
- Hegazy, M. I., Hussein, E., Salama, A. S. A. 2015. Improving physico-chemical and microbiological quality of compost tea using different treatments during extraction. *African Journal of Microbiology Research* **11**. 763–770. <https://doi.org/10.5897/AJMR2014.7324>
- Hodossi, S., Kovács, A., Terbe, I. (Eds.) 2010. *Szántóföldi Zöldségtermesztés; Mezőgazda Kiadó: Budapest, Hungary, 355p.*
- Hörtensteiner, S., Feller, U. 2002. Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of Experimental Botany* **53**. 927–937. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.927>
- Ingham, E. R. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual*. US Printings, Soil Foodweb Incorporated, Oregon.
- Kéri-Schmidthoffer, I. 2018. Alga szuszpenziók hatása árpa csíranövények fotoszintetikus aktivitására és *Hordeum spontaneum* drought responsive 4 gén termelésére. <https://tud.sze.hu/images/%C3%9ANKP/20182019/tanulm%C3%A1nyk%C3%B6tet/K%C3%A9ri-Schmidthoffer%20Ildik%C3%B3.pdf>
- Kitajima, M., Butler, W. L. 1975. Quenching of chlorophyll fluorescence and primary photochemistry in chloroplasts by dibromothymoquinone. *Biochimica et Biophysica Acta* **376**. 105-115. [https://doi.org/10.1016/0005-2728\(75\)90209-1](https://doi.org/10.1016/0005-2728(75)90209-1).

- Kopsell, D. A., Kopsell, D., E., Celentano, C. J. 2007. Carotenoid Pigments in Kale are Influenced by Nitrogen Concentration and Form. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **87**(5). <https://doi.org/10.1002/jsfa.2807>
- Kumal, A., Patyal, A. 2020. Impacts of intensive poultry farming on 'one health' in developing countries: Challenges and remedies. *Exploratory Animal and Medical Research* **10**. 100–111.
- Li, Y., Zhang, R., Liu, G., Chen, C., He, Y., Liu, X. 2013. Comparison of methane production potential, biodegradability, and kinetics of different organic substrates. *Bioresource Technology* **149**. 565–569. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.063>.
- Lichtenthaler, H. K., Wellbum, A. R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. **603**. 591–592. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>.
- Ludmerszki, E. 2013. A kukorica csíkos mozaik vírus (MDMV) okozta stressz hatásának vizsgálata csemegekukoricánál S-metilmetionin előkezelése esetén. XXXI. OTDK Biológia Szekció. Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai Tanszék. 33. p.
- MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B., Steinfeld, H. 2012. *Greenhouse Gas Emissions from Pig and Chicken Supply Chains – A Global Life Cycle Assessment*; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy. E-ISBN 978-92-5-107944-7.
- Maxwell, K., Johnson, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany* **51**. 345:659-668. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>
- Mézes, L., Nagy, A., Gálya, B., Tamás, J. 2015. Poultry feather wastes recycling possibility as soil nutrient. *Eurasian Journal of Soil Science*. **2147–2149**. 244–252. <http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2015.4.244-252>

- Michel, F. C., Forney, L. J., Huang, A. J. F., Drew, S., Czu, P. M., Lindeberg, J. D., Reddy, C. A. 1996. Effects of tuning frequency, leaves to grass mix ratio and windrow vs pile configuration on the composting of yard trimmings. *Compost Science and Utilization* **4**. 26–43. <https://doi.org/10.1080/1065657X.1996.10701816>.
- Najar, R., Aydi, S., Sassi-Aydi, S., Zarai, A., Abdelly, C. 2018. Effect of salt stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Medicago truncatula*. *Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* **153**(1). 88–97. <https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1461701>.
- Narrod, C., Tiongco, M., Costales, A. 2008. Global poultry sector trends and external drivers of structural change. In *FAO Animal Production and Health Proceedings, Proceedings of the International Poultry Conference on Poultry in the 21st century: Avian influenza and beyond*, Bangkok, Thailand, 5–7 November 2007; Thieme, O., Pilling, O., Eds.; FAO: Rome, Italy, 2008.
- Noble, R.; Coventry, E. 2005. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: A review. *Biocontrol Science and Technology* **15**. 3–20. <https://doi.org/10.1080/09583150400015904>
- R Core Team 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Riggle, D. 1996. Compost teas in agriculture. *BioCycle* **37**. 65–67.
- Slezák, K. A. 2001. Fehér termésű paprika sótűrése. Doktori értekezés. Szent István Egyetem Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék.
- Tiquia, S. M., Tam, N. F. Y. 1998. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. *Bioresource Technology* **65**. 43–49. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00024-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00024-8).

Varga, J., Dorogi, I., Kolonics, Z., Kubó, S. 1975. Mezőgazdasági hulladékok hasznosítása, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 174. p.

Veres, Sz., Seres, E., Kiss, L., Zsombik, L. 2012. Eltérő idejű és mennyiségű nitrogén trágyázás hatása a búza fiziológiai paramétereire. In: Nagy, Z. B. (szerk.) (2012): LVIII. Georgikon Napok: Felmelegedés, ökolábnyom, élelmiszerbiztonság. 462 p. Keszthely, Magyarország Pannon Egyetem Georgikon Kar, 449–453.

Wang, Q., Awasthi, M. K., Zhang, Z., Wong, J. W. C. 2019. Sustainable Composting and Its Environmental Implications. Sustainable Resource Recovery and Zero Waste Approaches. 115–132. ISBN: 978-0-444-64200-4.

Weltzien, H. C. 1992. Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. In: Andrews, J. H. - Hirano, S. S. (Eds.) 1992. Microbial Ecology of Leaves. Springer Verlag, New York. 430–450. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3168-4_22.

Yohalem, D.S., Harris, R.F., Andrews, J.H. 1994. Aqueous extracts of spent mushroom substrate for foliar disease control. Compost Science and Utilization 2:67–83. ISSN: 1065-657X.