

Biogázüzemi fermentlé felhasználásának talajtani hatásai

Makádi Marianna¹ – Tomócsik Attila¹ – Orosz Viktória¹ – Lengyel József² –
Márton Árpád¹

¹ Debreceni Egyetem AMTC Kutató Központ, Nyíregyháza

² Bátortrade Kft., Nyírbátor

E-mail: makadim@nykk.date.hu

Összefoglalás

2005-ben tenyészedényes kísérletet állítottunk be a nyírbátori Regionális Biogáz Üzemben képződő fermentlé, mint tápanyag-utánpótló szer alkalmazásának, alkalmazása talajtani hatásainak tanulmányozására. A vizsgálatokat 80 L-es, földbe süllyesztett műanyag zsákokban, humuszos homok és réti talajon állítottuk be. A tesztnövény kukorica (*Zea mays* L.) volt. A fermentlét összes-N tartalma alapján, a növény nitrogén-igényének megfelelően, az itt bemutatott vizsgálatokban három részletben elosztva juttattuk ki a talajra. Néhány tenyészedényben 10, 20 és 30 t/ha-nak megfelelő bentonitot kevertünk a felső 20 cm-es talajrétegbe, és így kezeltük fermentlével. Talajmintát a betakarítás után, minden év októberében vettünk a tenyészedények 0-20, 20-40 és 40-60 cm-es rétegeiből. A felső rétegből pH-t, hidrolitos aciditást, humusztartalmat, a vízzoldható összes só mennyiségét, AL-oldható P-és K-tartalmat mértünk, míg az összes-N, a NO₃-N és NH₄-N mennyiségét mindhárom rétegben vizsgáltuk. Az eredmények azt mutatják, hogy a fermentlé kedvezően hat a növények fejlődésére, a termés mennyiségére. A növények jól hasznosítják a kijuttatott tápanyagot, felhalmozódást nem találtunk. Az alkalmazott dózisban a három év alatt nem tapasztaltunk káros folyamatokat a talajokban, de a pH kismértékű csökkenése, a sótartalom ingadozása további vizsgálatokat igényel.

Summary

The effect of digestate as a nutrient source on different soil parameters was examined in a field pot experiment. The digestate was originated from the Regional Biogas Plant located in the city of Nyírbátor. 80 Ls plastic bags were filled with sand and meadow soil and pots were sunk into the soil. The test plant was maize (*Zea mays* L.). The digestate was used on the bases of its N-content, according to the plant demand. In this experiment we divided the calculated quantity of the digestate into three portions. Some pots were amended with bentonite equal to 10, 20 and 30 t ha⁻¹ doses in the top 20 cm layer of the soil prior to the treatment with the digestate. Soil samples were collected from the 0-20, 20-40 and 40-60 cm soil layers in October each year, after harvest of the crop was completed. pH, hydrolytic acidity, humus- and water soluble salt content, AL-soluble P and K were measured in the 0-20 cm layer, while the total-N, NO₃-N, NO₂-N and NH₄-N were measured in each of the three soil layers. The results show, that the digestate application has a positive effect on the growth of plants and the crop yield. Nutrients from digestate are utilized with high efficiency by the plants, therefore no accumulation was found in our experiments. We have not experienced any

harmful effect in the soil after three years of continuous application of the digestate. However, a small decrease of pH and a slight fluctuation in water soluble salt content was found, which require further examinations.

Bevezetés

A növények tápanyag-ellátását szerves és műtrágyával biztosíthatjuk. A szerves trágya kedvező hatása a talaj szerkezetére, a benne lévő tápanyagok folyamatos feltáródása 2-3 éven át biztosít tápanyagot a növények számára. A műtrágya adagok jól kiszámíthatóak és a növény számára legkedvezőbb időpontban juttathatók ki, ezzel szemben előállításuk nem tekinthető környezetkímélő tevékenységnek, könnyen túladagolhatóak, és a talajszerkezetet sem javítják, sőt tartós alkalmazásuk a talajok elsavanyodásához vezet. Ez különösen érzékenyen érintheti az eredetileg is savanyú nyírségi homoktalajokat.

A biogázüzemi fermentlé enyhén lúgos kémhatású anyag, mely – biológiai eredeténél fogva – komplex tápanyagnak tekinthető, hiszen makro- és mikroelemeket, nyomelemeket, szerves vegyületeket egyaránt tartalmaz (SHULZ & EDER, 2001). A fermentlé alkalmazásával szemben a következő elvárásaink vannak:

- alkalmazásával biztosíthatjuk a termesztett növény számára szükséges összes tápanyagot;
- alkalmazása során ne csökkenjen a talaj tápanyagtökéje, de túladagolás se következzen be (pl. nitrátosodás);
- rendszeres alkalmazása ne indítson el a talajban káros folyamatokat (pl. savanyodás);
- a növény igényeihez igazodva lehessen alkalmazni.

A felsorolt elvárásokkal kapcsolatban csak kevés irodalmi adatot találtunk (QI et al., 2005, BANIK & NANDI, 2004), a kérdés ismerete pedig indokolt lenne, hiszen 2008-ra 37 biogáz üzem építését engedélyezték Magyarország területére. Ezek mérete különböző, összességében azonban azt jelenti, hogy jelentősen megnő a képződő fermentlé mennyisége, amit folyamatosan el kell tudni helyezni a termőföldön. A biogáz üzemeket általában 20 évre tervezik, azaz ennyi éven át folyamatos lesz a fermentlé felhasználása tápanyag-utánpótlásra. Ezért tehát nem mindegy, hogy a fermentlé, mint tápanyag-utánpótló szer, milyen alkalmazási módon éri el a legkedvezőbb hatást a termés mennyiségére és minőségére, illetve fontos tudnunk, hogy folyamatos alkalmazása során milyen változásokat okozhat a talaj kémiai, fizikai és biológiai tulajdonságaiban.

Munkánkban a Nyírbátorban működő biogáz üzemben képződő fermentlével 2005-2007 között végzett szabadföldi tenyészedényes kísérleteink eredményeit mutatjuk be, melyekkel a fentebb megfogalmazott kérdésekre keressük a választ.

Anyag és módszer

A szabadföldi tenyészedényes kísérletet 2005 tavaszán állítottuk be a nyírbátori biogáz üzem területén. A tenyészedényekhez 80 L-es műanyag zsákokat használtunk, melyeket a földbe süllyesztettünk, és az eredeti rétegsorrendben megtöltöttünk három rétegben kitermelt humuszos homok és réti talajjal. A tesztnövény mindhárom évben kukorica (*Zea mays* L.) volt.

Az alkalmazott fermentlé mennyiséget a növény nitrogén igényének megfelelően, a fermentlé össz-N tartalma alapján számoltuk ki, és az itt bemutatott kezelésekben három részre elosztva juttattuk ki a tenyészedények talajára. Mivel a fermentlé jelentős mennyiségű vizet is tartalmaz, ezért összehasonlításként a fermentlével azonos mennyiségű vízzel is kezeltünk tenyészedényeket.

Korábbi munkáinkban azt tapasztaltuk, hogy öntözött területen a homoktalaj szántott rétegébe kevert bentonit hatására nőtt a termés mennyisége, ezért olyan tenyészedényeket is beállítottunk, ahol a talaj felső 20 cm-ébe 10, 20 és 30 t/han-nak megfelelő mennyiségű bentonitot kevertünk, majd ezeket az edényeket is kezeltük fermentlével.

A fermentlé fő kémiai mutatói a következők: pH: 8,06; sűrűség (kg/m^3): 1025; összes szárazanyag (m/m%): 1,18; összes N (m/m%): 0,37; összes P (mg/kg): 274,5; K (mg/kg): 736,4; Ca (mg/kg): 538,8 az eredeti anyagban.

A talajmintákat minden év októberében, a betakarítás után gyűjtöttük, kezelésenként 4-4 tenyészedényből. Az általános talajfizikai és -kémiai vizsgálatokat a 0-20 cm-es rétegből származó mintákból, míg a 0-20, 20-40 és 40-60 cm-es rétegekből össz-N, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ és $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentrációkat mértünk a DE AMTC Agrár-Műszerközpontjában a Magyar Szabvány leírásai szerint.

Az eredményeket SPSS programcsomaggal, egytényezős varianciaanalízissel, Tukey-tesztel és kétmintás t-próbával értékeltük ki $p < 0,05$ szinten.

Eredmények és értékelésük

A talaj felső 20 cm-es rétegének vizsgálata

A vizsgált két talajtípus egymástól alapvetően különbözik mind fizikai, mind kémiai és biológiai sajátágaiban, így a kezelések hatását a két talajtípuson külön-külön értékeltük ki. A réti talajnak magasabb a pH-ja, a makro- és mikroelem tartalma, nagyobb a biológiai aktivitása, mint a humuszos homoktalajnak, ezért a külső beavatkozások hatását jobban tudja tompítani. Ezt a tompító hatást egy adott éven belül tapasztaltuk az egyes kezelések között, mert a réti talajon kezeléshatást csak néhány esetben tudtunk kimutatni. Ellenben ha a három év alatt bekövetkező változásokat vizsgáltuk és

összehasonlítottuk a 2005-ben mért eredményeket a 2007-es adatokkal, akkor azt tapasztaltuk, hogy a réti talajon nagyobb volt a változás intenzitása, a különbség sok mért paraméterre statisztikailag igazolható volt.

A talaj fizikai tulajdonságai közül mértük a kémhatás és a hidrolitos aciditás változását a három éves kezelési időszak alatt. Az eredményeket az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat. A kezelt talajok kémhatásának és hidrolitos aciditásának változása (átlag±szórás)

Év	Kezelés	pH H ₂ O		pH KCl		y ₁	
		Homok	Réti	Homok	Réti	Homok	Réti
2005	K	6,31±0,12	8,25±0,07	5,46±0,15	7,62±0,07	4,73±0,50	-
	F	6,82±0,79	8,29±0,08	5,88±0,92	7,60±0,10	2,83±2,05	-
	V	6,19±0,10	8,27±0,5	5,24±0,13	7,64±0,07	4,61±0,58	-
	FB10						
	FB20	6,29±0,47	8,26±0,01	5,74±0,52	7,68±0,02	2,06±0,97	-
2006	K	6,27±0,15	8,13±0,05	4,91±0,27	7,38±0,11	7,19±0,63	-
	F	6,29±0,16	8,16±0,07	5,13±0,17	7,39±0,04	8,50±3,85	-
	V	6,35±0,33	8,17±0,02	5,19±0,28	7,41±0,04	6,56±0,85	-
	FB10	6,03±0,36	8,19±0,09	5,01±0,42	7,39±0,03	11,75±3,21	-
	FB20	6,08±0,58	8,21±0,06	5,15±0,69	7,38±0,01	11,88±4,70	-
2007	K	6,40±0,28	7,64±0,09	5,59±0,29	7,06±0,15	6,56±1,07	1,82±0,42
	F	6,25±0,32	7,67±0,03	5,45±0,37	7,09±0,07	6,72±1,03	1,60±0,33
	V	6,38±0,15	7,70±0,06	5,52±0,30	7,14±0,01	5,94±1,04	1,47±0,35
	FB10	6,42±0,26	7,72±0,04	5,54±0,25	7,14±0,04	6,10±1,08	1,40±0,16
	FB20	6,25±0,13	7,67±0,13	5,46±0,05	7,14±0,07	6,80±1,11	1,52±0,41

K: kontroll, F: fermentlé, V: víz, B10: 10 t/ha bentonit, B20 20 t/ha bentonit

Varianciaanalízissel az egyes éveken belül kezeléshatást nem tudunk kimutatni. Az egyes kezeléseknél 2005-ben és 2007-ben mért adatokat t-próbával ($p < 0,05$) összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy homoktalajon a kémhatás csökkenése nem szignifikáns. A kontroll (K), a fermentlé (F) és a vizes (V) kezelés hatására a talaj hidrolitos aciditása szignifikánsan nőtt 2007-re. Réti talajon is a kémhatás csökkenését és a hidrolitos aciditás növekedését tapasztaltuk a harmadik év végére, és ezek a változások minden kezelésben statisztikailag igazolhatóak voltak (t-próba, $p < 0,05$).

Az eredményekből látható, hogy a két talajtípus a kémhatás és hidrolitos aciditás szempontjából a várttal ellentétesen viselkedett, hiszen hosszabb távon folyamatos, tendenciózus változást éppen a réti talajnál tapasztaltunk. A fermentlé kémhatásából kiindulva a talaj pH-jának növekedését vártuk a kezelések hatására. A tapasztalt savanyodás oka a fermentlében lévő különféle, a reaktortérben működő baktériumok által részben bontott szerves anyagok (pl. galluszsav) talajbéli polikondenzációja, szerves és ásványi kolloidokhoz történő

kapcsolódása és átalakulása (TOMBÁ CZ et al., 1998, TOMBÁ CZ et al., 1999). Mivel a réti talajnak nagyobb a szerves és ásványi kolloid tartalma, ezek a folyamatok ott erőteljesebbek, és ez idézi elő a réti talaj homokhoz viszonyítva nagyobb mértékű savanyodását.

A 2. táblázatban a humusz % és a vízdoldható összes só % mérési eredményeit tüntettük fel. Humusztartalmuk alapján a talajok nitrogénellátottsága az éves ingadozás és a kezelések hatására a közepes és jó kategóriákban (DEBRECZENI, 1979) mozog mindkét típusban. Az egyes években a fermentlé kezelés hatására nem tapasztaltuk a humusztartalom statisztikailag igazolható növekedését. A talaj szerves szén és nitrogéntartalmának változása lassú folyamat (JENKINSON et al., 1994), mert kedvező nedvesség- és hőmérsékleti viszonyok között, semleges körüli talajkémhatás esetében nem halmozódik fel nagyobb mennyiségű szerves anyag (STEFANOVITS, 1975), így nem is várható, hogy a fermentlé alkalmazása jelentősebb változást eredményezzen a kezelt talajok humusztartalmában. Fontos szempont azonban, hogy az agrotechnikai beavatkozások hatására ne csökkenjen a talaj szerves anyag tartalma. A 2005 és 2007 között tapasztalt változásokat az alábbiakban foglalhatjuk össze: homoktalajon egyik kezelés esetében sem tapasztalható szignifikáns változás. Ezzel szemben réti talajon a humusztartalom változása statisztikailag igazolható, a változás a vizes kezelés (V) kivételével növekedést jelent, amit valószínűleg a nagyobb gyökértömeg bomlása eredményezett.

2. táblázat. A kezelt talajok humusz és vízdoldható összes-sótartalmának változása (átlag±szórás)

Év	Kezelés	Humusz %		Vízdoldható összes só %	
		Homok	Réti	Homok	Réti
2005	K	1,08±0,21	1,30±0,22	0,003±0,001	0,008±0,001
	F	1,14±0,34	1,29±0,19	0,003±0,002	0,008±0,001
	V	0,96±0,27	1,25±0,14	0,003±0,001	0,008±0,001
	FB10				
	FB20	1,42±0,29	1,18±0,21	0,003±0,001	0,008±0,000
2006	K	0,92±0,40	1,78±0,24 ^{ab}	0,002±0,000	0,004±0,001
	F	1,41±0,42	1,74±0,17 ^{ab}	0,003±0,001	0,005±0,001
	V	1,11±0,37	2,14±0,23 ^b	0,004±0,001	0,007±0,004
	FB10	1,67±0,27	1,75±0,094 ^{ab}	0,003±0,001	0,004±0,000
	FB20	1,73±0,53	1,61±0,28 ^a	0,003±0,001	0,005±0,000
2007	K	1,13±0,26	1,62±0,09	0,003±0,001	0,009±0,001
	F	1,25±0,36	1,91±0,16	0,005±0,001	0,010±0,001
	V	1,22±0,46	1,73±0,22	0,004±0,001	0,009±0,001
	FB10	1,38±0,27	2,16±0,52	0,004±0,001	0,010±0,001
	FB20	1,32±0,17	1,97±0,13	0,004±0,001	0,010±0,001

K: kontroll, F: fermentlé, V: víz, B10: 10 t/ha bentonit, B20 20 t/ha bentonit
a, b index: Tukey-teszt szerinti szignifikancia csoportok (p<0,05).

A vizsgált talajok sótartalma minimális, az értékek alapján a nem sós kategóriába tartoznak (FILEP, 1999). A fermentlé azonban jelentős mennyiségű vizet is tartalmaz, ezért – az öntözéshez hasonlóan – érdemes figyelemmel kísérni a talaj sótartalmában esetlegesen bekövetkező változásokat. Az egyes éveken belül a fermentlé és víz kezelés hatására is csak minimális változást tapasztaltunk, a további évek vizsgálatával tudjuk eldönteni, hogy ez eredményezi-e a sótartalom növekedését a későbbiek folyamán.

2005-2007 között a homoktalajon egyik kezelés esetében sem tapasztalható szignifikáns változás a sótartalomban. Réti talajon az összes sótartalom nőtt a K és FB20 kezelésekben, a többinél a növekedés nem igazolható statisztikailag, tehát nem lehet egyértelműen kijelenteni, hogy a fermentlé növelte az összes só tartalmat ebben a kísérletben.

A fermentlé alkalmazásának elsődleges célja a növények tápanyag-ellátásának biztosítása. Ezért vizsgáltuk a tenyészidőszak végén a talajban lévő makroelemek mennyiségének változását. A 3. táblázatban az AL-oldható foszfor- és káliumtartalmának mért értékeit mutatjuk be.

A foszfor- és káliumtartalom a fermentlével történő kezelésben évről-évre folyamatosan nőtt, a kezelés hatása a harmadik évben statisztikailag is igazolható volt. A bentonittal is kezelt talajokban a kontrollhoz képest nem tapasztaltunk tápanyag-feldúsulást, sőt minimális csökkenést mértünk. A foszforellátottság zömmel az igen jó kategóriába esik, míg a káliumellátottság gyenge vagy közepes mindkét talajon (DEBRECZENI, 1979).

3. táblázat. A kezelt talajok AL-oldható PK-tartalmának változása (átlag±szórás)

Év	Keze-lés	P ₂ O ₅ (mg/kg)		K ₂ O (mg/kg)	
		Homok	Réti	Homok	Réti
2005	K	277,3±27,2	230,0±14,0	101,9±29,3	119,3±3,4
	F	268,5±12,9	216,5±7,3	101,6±20,4	129,4±9,8
	V	266,0±16,5	222,3±10,0	83,4±6,0	119,7±2,8
	FB10				
	FB20	251,0±13,1	232,5±10,5	88,9±9,7	127,1±2,6
	2006	K	202,0±34,7	217,5±44,5	81,5±16,2
F		255,0±53,5	244,3±41,2	121,4±32,0	163,9±24,7
V		239,3±42,2	194,8±12,3	101,2±18,7	152,7±15,7
FB10		221,3±48,5	188,0±5,8	96,2±15,2	163,6±14,8
FB20		218,5±26,4	233,8±77,0	95,5±9,1	154,8±9,1
2007		K	215,8±25,5 ^a	202,3±29,6 ^a	86,9±16,5 ^a
	F	310,8±62,6 ^b	271,5±14,0 ^b	164,8±542,1 ^b	188,9±13,4
	V	208,7±8,1 ^a	205,3±20,0 ^a	82,1±6,0 ^p	148,8±8,6
	FB10	201,0±8,4 ^a	193,8±3,9 ^a	84,30±13,6 ^b	150,4±9,7
	FB20	197,8±14,1 ^a	181,0±5,7 ^a	83,0±13,6 ^b	162,9±38,0

K: kontroll, F: fermentlé, V: víz, B10: 10 t/ha bentonit, B20 20 t/ha bentonit

a, b index: Tukey-teszt szerinti szignifikancia csoportok (p<0,05).

Homoktalajon a kontroll (K), a vizes (V) és a bentonit+fermentálás (FB20) tenyészedények talajában mind a P-, mind a K-tartalom csökkent a kísérlet első három éve alatt. Ezzel szemben a fermentáléval kezelt tenyészedényekben (F) nőtt a növények számára felvehető foszfor és kálium mennyisége. A P már 2005 végén is az igen jó kategóriában volt, a K-ellátottság pedig közepesről jóra növekedett. A bentonit alkalmazása csökkentette a növények számára felvehető P és K mennyiségét az agyagásványon történő megkötődés miatt (FILEP, 1999).

Réti talajon a foszforellátottság minden kezelésben romlott, kivétel a fermentlé, ahol szignifikáns növekedést mértünk. A káliumellátottság ezzel ellentétben minden kezelésben javult 2007 végére.

Nitrogén-formák változása a talajmélységgel

A növényi tápanyagok túladagolása, vagy a növények számára nem a megfelelő időpontban történő alkalmazása a tápanyagok – elsősorban a nitrát-ionok – kimosódását, a talajvíz szennyezését okozhatja. Ez különösen gondot jelent a homok fizikai féleségű talajokon, ahol a víz és a benne oldott tápanyagok gyorsan kimosódhatnak (STEFANOVITS et al., 1999). Ezért megvizsgáltuk, hogy a tenyészedények 0-20, 20-40 és 40-60 cm-es rétegében hogyan alakulnak a különböző nitrogén-formák koncentrációi a fermentlé alkalmazása után. Az összes-N-tartalmakat a 4-5. táblázatban tüntettük fel.

STEFANOVITS (1975) csoportosítása szerint az össznitrogén-tartalom alapján a homoktalaj nitrogénnel gyengén ellátott. Fermentlé alkalmazása hatására megnőtt az össz-N tartalom, és az így kezelt talajok közepes N-ellátottságúvá váltak, ami a növénytermesztés számára kedvezőbb. A 0-20 cm-es talajrétegben az első két évben a fermentlé kezelés szignifikánsan megemelte az össz-N-tartalmat, míg 2007-ben ez a növekedés már statisztikailag nem volt igazolható. A mélyebb rétegekben az össznitrogén-tartalom az irodalmi adatokkal egybehangzóan csökkent (NÉMETH, 1996), kezeléshatást nem tudtunk kimutatni, bár a fermentlével kezelt talajok össznitrogén-tartalma némileg magasabb a kontrollban mért értékeknél.

2005 és 2007 között a kontroll és a vizes kezelés talajának össz-N-tartalma tulajdonképpen állandó maradt. A fermentlével kezelt talajban statisztikailag nem igazolható növekedés mérhető, míg az FB10 és FB20 kezelésekből minimális csökkenést tapasztaltunk. A mélyebb talajrétegekben statisztikailag igazolható változás a három év alatt egyik kezelésben sem mutatható ki.

A réti talaj a Stefanovits-féle csoportosítás szerint nitrogénnel közepesen ellátott. A talaj felső rétegében a fermentlé hatása csak 2006-ban igazolható, ellenben a mélyebb talajrétegekben a fermentlé össznitrogén-tartalmat növelő hatása 2007-ben már statisztikailag is igazolható. 2005 és 2007 között itt is csak a fermentlével kezelt talajnál találtunk igazolható növekedést a 0-20 cm-es talajréteg össznitrogén-tartalmában. A 20-40 cm-es talajréteg össz-N-tartalma a fermentlé-kezelésben (F) nőtt meg a harmadik év végére. A 40-60 cm-es

talajrétegben a K és FB20 kezelésben tapasztaltuk az össz-N-tartalom növekedését.

4. táblázat. Homoktalaj összes-nitrogén tartalmának változása (átlag±szórás)

Év	Kezelés	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
2005	K	0,093±0,013 ^a	0,082±0,018	0,061±0,013
	F	0,103±0,09 ^{ab}	0,099±0,034	0,076±0,061
	V	0,094±0,016 ^a	0,097±0,019	0,061±0,020
	FB10			
	FB20	0,124±0,012 ^b	0,101±0,021	0,049±0,014
	2006	K	0,085±0,007 ^a	0,076±0,027
F		0,140±0,013 ^b	0,080±0,020	0,081±0,028
V		0,108±0,025 ^{ab}	0,059±0,005	0,055±0,014
FB10		0,129±0,090 ^b	0,073±0,041	0,053±0,003
FB20		0,130±0,028 ^b	0,092±0,016	0,069±0,026
2007		K	0,091±0,016	0,078±0,017
	F	0,127±0,026	0,105±0,032	0,050±0,013
	V	0,092±0,008	0,070±0,011	0,050±0,004
	FB10	0,117±0,015	0,094±0,010	0,073±0,034
	FB20	0,110±0,002	0,088±0,013	0,057±0,013

K: kontroll, F: fermentlé, V: víz, B10: 10 t/ha bentonit, B20 20 t/ha bentonit
a, b index: Tukey-teszt szerinti szignifikancia csoportok (p<0,05).

5. táblázat. Réti talaj összes-nitrogén tartalmának változása (átlag±szórás)

Év	Kezelés	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
2005	K	0,150±0,010	0,117±0,016	0,089±0,003
	F	0,146±0,008	0,120±0,013	0,094±0,009
	V	0,146±0,007	0,117±0,010	0,090±0,004
	FB10			
	FB20	0,155±0,006	0,121±0,009	0,090±0,002
	2006	K	0,144±0,010 ^{ab}	0,122±0,008 ^{ab}
F		0,158±0,009 ^b	0,103±0,012 ^a	0,097±0,020
V		0,142±0,003 ^a	0,109±0,004 ^{ab}	0,084±0,002
FB10		0,148±0,003 ^{ab}	0,131±0,005 ^b	0,095±0,007
FB20		0,146±0,004 ^{ab}	0,117±0,018 ^{ab}	0,095±0,005
2007		K	0,149±0,008	0,130±0,007 ^{ab}
	F	0,167±0,006	0,144±0,007 ^b	0,093±0,007 ^{ab}
	V	0,145±0,005	0,127±0,009 ^a	0,085±0,005 ^{ab}
	FB10	0,147±0,006	0,131±0,003 ^{ab}	0,095±0,004 ^b
	FB20	0,157±0,021	0,133±0,006 ^{ab}	0,096±0,013 ^b

K: kontroll, F: fermentlé, V: víz, B10: 10 t/ha bentonit, B20 20 t/ha bentonit
a, b index: Tukey-teszt szerinti szignifikancia csoportok (p<0,05).

A tenyészedényes kísérletben nem vettük figyelembe a talaj eredeti tápanyagtartalmát, hanem mindkét talajra a növény számára szükséges, az irodalomban megadott tápanyagmennyiséget (FÜLEKY, 1999) juttattuk ki a fermentlével. A kijuttatott mennyiséget a kevés tápanyagot tartalmazó homoktalajon felvették a növények, míg a tápanyaggal jobban ellátott réti talajon a felesleg lefelé mozdult el. Az üzemi méretekben történő alkalmazásnál ezért mindenképpen a talaj-növény rendszert kell alapul venni, és az általunk készített tápanyag-gazdálkodási rendszer is a táblák egyébként nagyon heterogén talajának tápanyag-ellátottságán és a növény N-igényén alapszik.

A növények a nitrogént nitrát- és ammónium-ion formájában tudják hasznosítani (FILEP, 1999), ezért nagy jelentőségű, hogy a fermentlé összes nitrogéntartalmának mintegy 70%-a $\text{NH}_4\text{-N}$ formában van jelen.

Homoktalajon a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyiségében kezeléshatás nem mutatkozik az egyes években a vizsgált talajmélységekben. A 0-20 cm-es rétegben a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége 3,04-22,2 mg/kg között változik, de nagy az adatok szórása. 2005-höz viszonyítva 2007 októberére minden kezelésben lecsökkent a mennyisége mindhárom talajmélységben, ami arra utal, hogy a növények felvették a kijuttatott tápanyag mennyiségét.

Régi talajon kezeléshatást szintén nem tapasztaltunk az egyes években, a felső szintben az értékek 3,56-9,44 mg/kg között változnak. 2005 és 2007 között statisztikailag igazolható változás nincs, de itt – ellentétben a homok talajjal – minimális növekedés figyelhető meg a kontrollon kívül minden kezelésben, pl. a fermentlé kezelés esetében a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyiségének átlaga 4,48-ról 4,83 mg/kg-ra nőtt.

A talajmélységgel párhuzamosan a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége mindkét talajon csökken, a tendencia megegyezik az irodalmi adatokkal (NÉMETH, 1976).

Az ammónium-nitrogén ($\text{NH}_4\text{-N}$) mennyiségi eloszlására a $\text{NO}_3\text{-N}$ -hez hasonló tendenciák érvényesek mindkét talajtípuson. $\text{NO}_2\text{-N}$ nem, vagy minimális mennyiségben volt kimutatható.

Következtetések

A tenyészedényes kísérletben a biogázüzemi fermentlé, mint tápanyag-utánpótlásra felhasználható anyag, alkalmazásának első három évéből származó eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy alkalmazási dózisát mindenképpen a talaj tulajdonságai és a növény tápanyagigénye alapján kell megállapítani.

A fermentlé tápanyagait a tesztnövények jól hasznosítják, ami a terméseredményekben is megmutatkozott a vizsgálatok során.

A három éves adatsorokból a talajban zajló káros folyamatokat nem tudtunk kimutatni, de a pH tendenciózusan megjelenő lassú csökkenése mindenképpen további vizsgálatokat igényel, mert a fermentlé általunk vizsgált paramétereit alapján ezt a változást nem tudjuk magyarázni. Feltételezéseink szerint a

kérdésre a választ a fermentlében található szerves molekulák vizsgálata adhatja meg.

Irodalomjegyzék

- BANIK, S. & NANDI, R. (2004): Effect of supplementation of rice straw with biogas residual slurry manure on the yield, protein and mineral contents of oyster mushroom. *Industrial Crops and Products* **20**. 311-319.
- DEBRECZENI B. (1979): Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 298-300.
- FILEP GY. (1999): Talajtani alapismeretek I. Általános talajtan. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen.
- FÜLEKY GY. (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- JENKINSON, D.S., BRADBURY, N.J. & COLEMAN, K. (1994): How the Rothamstedt Classical Experiments have been used to develop and test models for the turnover of carbon and nitrogen in soil. In: Long-term experiments in Agricultural and Ecological Sciences. (Eds.: LEIGH, R.A. & JOHNSTON, A.E.) Chapter 17. 117-138. CAB International, Wallingtonford.
- NÉMETH T. (1976): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest.
- QI, X., ZHANG, S., WANG, Y. & WANG, R. (2005): Advantages of the integrated pig-biogas-vegetable greenhouse system in North China. *Ecological Engineering* **24**. 177-185.
- SCHULZ, H. & EDER, B. (2001): Biogas – Praxis. Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg.
- STEFANOVITS P. (1975): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- STEFANOVITS P., FILEP Gy. & FÜLEKY Gy. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p.199.
- TOMBÁ CZ, E., SZEKERES, M., BARANYI L. & MICHELI E. (1998): Surface modification of clay minerals by organic polyions. *Colloids and Surfaces A*, **141**. 379-384.
- TOMBÁ CZ, E., FILIPCSEI, G., SZEKERES, M. & GINGL, Z. (1999): Particle aggregation in complex aquatic systems, *Colloids and Surfaces, A*, **151**. 233-244.