

Gulyás Miklós - Béres András - Aleksza László - Füleky György

Biogázüzemi erjesztési maradékok mezőgazdasági értéke

Miklós Gulyás, András Béres, László Aleksza, György Füleky: The agricultural value of the rest of the biogas fermentation

Summary

Following the international trends great numbers of biogas plants were opened during the last few years in Hungary. However this issue presents a number of new questions, including the subsequent use of anaerobic fermentation residues. This endproduct can be applied as fertilizer. Chemical properties of digestate are correspond to the Hungaroan Regulations. Digestate contains high amount of nitrogen which is present mainly ammonium form and this form can cause root depression and lower germination rates. High ammonium and mineral salt content of digestate increased the water soluble salt content of soil. The added amount of NH_4-N transformed to NO_3-N while disengage hidrogen ions from the bond. This process caused the decreasing pH. Humus content determination did not show changes. Long term experiments are needed to recognise detail effects.

Keywords: anaerobic digestate, pot experiment, nutrient management

ÖSSZEFOGLALÁS

A külföldi tendenciákat követve fokozatosan nő a hazai biogáz üzemek száma. Ezáltal a folyamat végén jelentős mennyiségű erjesztési maradékról kell gondoskodni. A fermentálás végén visszamaradó erjesztési maradék értékes alapanyag a talajok tápanyag-utánpótlására. A melléktermék kémiai vizsgálatából látható, hogy az megfelel a jogszabályokban előírtaknak. A nagy adagú kezelések az angolperje fejlődésében depressziót okoznak. Ezt a fajta gátló hatást a magas ammónia tartalom okozza. A kezelésekkel nagy mennyiségű ammónia só kerül a talajokba, melynek hatására megnő a talajok só tartalma. Ugyanakkor a nagy mennyiségű hozzáadott ammóniából, az átalakulási folyamatok során felszabaduló H^+ ionok miatt a talaj kémhatása csökkenő tendenciát mutat. A humusztartalomban nem tapasztaltunk változást. Hosszú távú szabadföldi kísérletek szükségesek a hatások részletes megismeréséhez.

Kulcsszavak: biogázüzemi erjesztési maradék, tenyészedény kísérlet, tápanyag-utánpótlás

BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Hazánkban évente jelentős mennyiségű szerves melléktermék „hulladék” keletkezik a mezőgazdaságban, élelmiszeriparban és a hulladékgazdálkodás területén. A szerves hulladékok hasznosítására számtalan megoldás létezik. Azonban egyre hangsúlyosabb ezen anyagok energetikai hasznosítása egy biogáz erőműben. A lebontási folyamat során képződő metán mellett értékes erjesztési maradék is keletkezik, mely a leggyakrabban alkalmazott technológiák esetében folyékony halmazállapotú. Az üzemekben ez az anyag folyamatosan és nagy mennyiségben keletkezik, de mezőgazdasági potenciálja az ismereteink hiányossága és a jelenlegi bonyolult szabályozási és jogszabályi háttér miatt még nincs teljesen kiaknázva. Korábbi kísérleti tapasztalatok alapján nem csak tápanyag-utánpótlásra alkalmazható, de célszerűen kijuttatva a növények növekedését és fejlődését jelentősen serkenti. Magas nedvességtartalmának köszönhetően szerepet játszhat bizonyos szántóföldi kultúrák nedvesség utánpótlá-

sában is. A biogázüzemi erjesztés esetében alkalmazott alapanyagok, technológiák és műszaki megoldások igen eltérőek, így a képződött erjesztési maradék minősége szintén nagyon változó. Az anyag jellemzői alapvetően befolyásolják felhasználhatóságát és hasznosulását a mezőgazdaságban.

A termesztett növények nem egyformán reagálnak az erjesztési maradékkal történő öntözésre, egyes fajok érzékenyek (szója, napraforgó), míg mások kevésbé érzékenyek (gabonák, kukorica) ugyan abban a fejlődési fázisban. A tenyészedényes, kisparcellás és üzemi kísérletekben az erjesztési maradékkal kezelt területeken nőtt a növények termés mennyisége, nagyobbra nőttek a növények, javultak a minőségi mutatók, pozitívan hatott a területek tápanyagtartalmára, mikrobiológiai tevékenységre [1], [2], [3], [4], [5].

Kutatásunk során az erjesztési maradékok talajra (tápanyagtartalom, fizikai tulajdonságok, toxikus elemtartalom) és növényekre gyakorolt hatását (fitotoxicitás) vizsgáltuk tenyészedényes kísérletben, melynek eredményeit felhasználva szabadföldi kísérleteket végzünk. Munkánk egyik legfontosabb célja, hogy bebizonyítsuk a keletkező fermentum nem okoz környezeti problémát. Körültekintő használatával talajaink állapota, termékenysége megőrizhető illetve javítható, ezáltal a termesztett növények mennyisége növelhető. A megszerzett ismeretek segítséget nyújtanak a jogi szabályozás megfogalmazásának és a jelenleg hulladékként számon tartott melléktermék értékes, tápanyagutánpótlásra alkalmas anyag lehet.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletekhez szükséges erjesztési maradék mintákat az ELMIB csoporthoz tartozó Green Balance Kft. dömsödi biogáztelepén szereztük be (szennyvíziszapot is tartalmaz). Az üzem 2007-es átadásakor az ország harmadik legnagyobb, mezőgazdasági hulladékot hasznosító biogáz üzeme volt. A létesítmény a különböző hulladékok (szennyvíziszap, különböző mosóvízek, mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladé-

kok, szerves trágya, hígtrágya, felfőzött húspép (ATEV), használt étolaj, stb.) környezetbarát hasznosításával körülbelül háromezer család ellátására elegendő villamos energiát állít elő. A mintagyűjtést az utótárolóból, homogenizált állapotban végeztük.



1. ábra: A dömsödi biogázüzem és az utótároló
(Fotó: Gulyás Miklós)

A tenyészedényes növényesztetekhez, illetve a vizsgálatainkhoz felhasznált talajminták a Szent István Egyetem Szárítópusztai Növénytermesztési Tanüzemének területéről származtak. A szárítópusztai terület (Gödöllői-dombság) adottságait figyelembe véve jellemző talajtípusa az erdőtalaj, mely homokos szövettel párosul. A talajra döntően a nagy szemcseméret (2–0.02 mm), a kevés ásványi és szerves kolloid, az ezzel összefüggésben lévő gyenge víz- és tápanyag-gazdálkodási tulajdonságok jellemzik. Fizikai tulajdonságai szoros párhuzamot mutatnak a kedvezőtlen tulajdonságú talajokéval, így a talajtulajdonságokra és növényekre gyakorolt hatások markánsabban jelentkezhetnek. A talajminta a felső 0–30 cm-es szántott rétegből (Ap) származik.

A talajmintát felhasználásig hűvös (+5 °C) és száraz helyen tároltuk. Felhasználás előtt a növényi részekről megtisztított talajt légszáraz állapotban (22–24 °C) ledaráltuk 2 mm-es rostabetétet használva, és homogenizáltuk.

Az erjesztési maradék analitikai vizsgálata mellett meghatároztuk a kezelt talajok humusz és

szerves szén tartalmát Tyurin szerint, a pH-t, só tartalmát, NH₄-N és NO₃-N tartalmát [6].

A növények fejlődésének megfigyelésére és a kísérlet befejeztével a gyökérzet megvizsgálására angolperjét (*Lolium perenne*) vetettünk 500 cm³-es edényekbe. A biotesztekben a növényi fejlődés vizsgálására angolperjét (*Lolium perenne*) vetettünk tenyészedényekbe, mivel tapasztalataink szerint az angolperje ideális jelzőnövény, az erjesztési maradékok, komposztok esetében, gyors növekedése és érzékenysége miatt. A kísérlet különböző fázisaiban többféle kezelést állítottunk be változó fermentlé adagokkal, melynél mindig a Nitrát Direktívában meghatározott N értéket (170 kgN ha⁻¹) vettük alapul. A kezeléseket a kötöttségnek megfelelő 60%-os nedvességtartalomra állítottuk be, a szükséges folyadékot a nedvesítéshez desztillált vízzel pótoltuk. A kísérlet időtartama alatt súlyra történt az tenyészedények öntözése.

Eredményeinket MS Excelben variancia analízis segítségével értékeltük.

A Szárítópusztai talajból a következő kezeléseket állítottuk be 3 ismétlésben:

- 2010-ben végzett kísérletek:
 - *Kontroll: 200g talaj*
 - 1.kezelés: 200g talaj – 42,5 kg ha⁻¹ N
 - 2.kezelés: 200g talaj – 85 kg ha⁻¹ N
 - 3.kezelés: 200g talaj – 127,5 kg ha⁻¹ N
 - 4.kezelés: 200g talaj – 170 kg ha⁻¹ N
- 2011-ben végzett kísérletek:
 - *Kontroll: 200g talaj*
 - 1.kezelés: 200g talaj – 25 kg ha⁻¹ N
 - 2.kezelés: 200g talaj – 50 kg ha⁻¹ N
 - 3.kezelés: 200g talaj – 75 kg ha⁻¹ N
 - 4.kezelés: 200g talaj – 100 kg ha⁻¹ N

VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

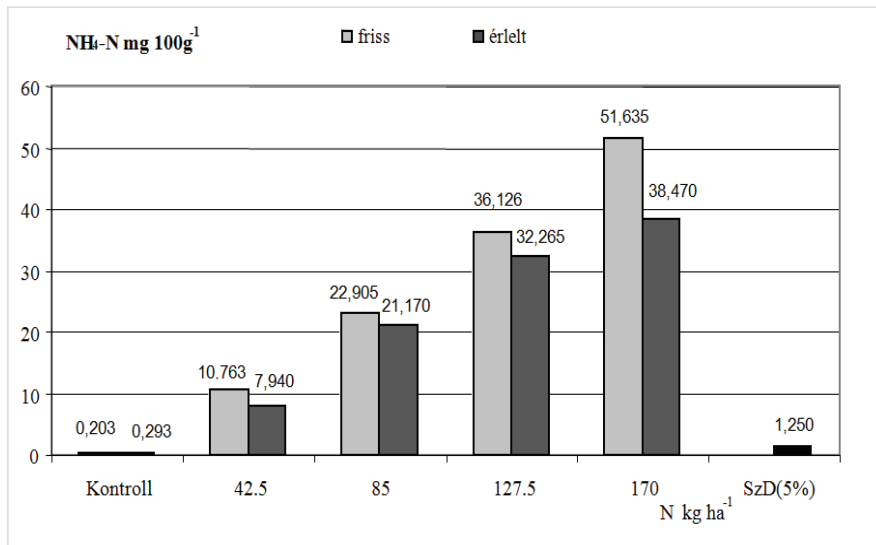
Paraméter	Eredmény	sz. mg kg ⁻¹	Határérték 50/2001 iszap
pH	7,51		
Sűrűség g/l	995		
össz. sza. m/m %	5,04		
össz. szerva.	3,28		

m/m %			
ö N mg/l	5276	104682,54	
ö P mg/l	1420	28174,60	
ö K mg/l	657	13035,71	
Al mg/l	321	6369,05	
As mg/l	0,173	3,43	75
Ca mg/l	2920	57936,51	
Cd mg/l	0,035	0,69	10
Co mg/l	0,415	8,23	50
Cr össz. mg/l	1,07	21,23	1000
Cr (VI) mg/l	0,052	1,03	1
Cu mg/l	8,41	166,87	1000
Fe mg/l	547	10853,17	
Hg mg/l	0,006	0,12	10
Mg mg/l	451	8948,41	
Mn mg/l	14,7	291,67	
Mo mg/l	0,233	4,62	20
Ni mg/l	0,983	19,50	200
Pb mg/l	1,01	20,04	750
S mg/l	510	10119,05	
Zn mg/l	37,7	748,02	2500

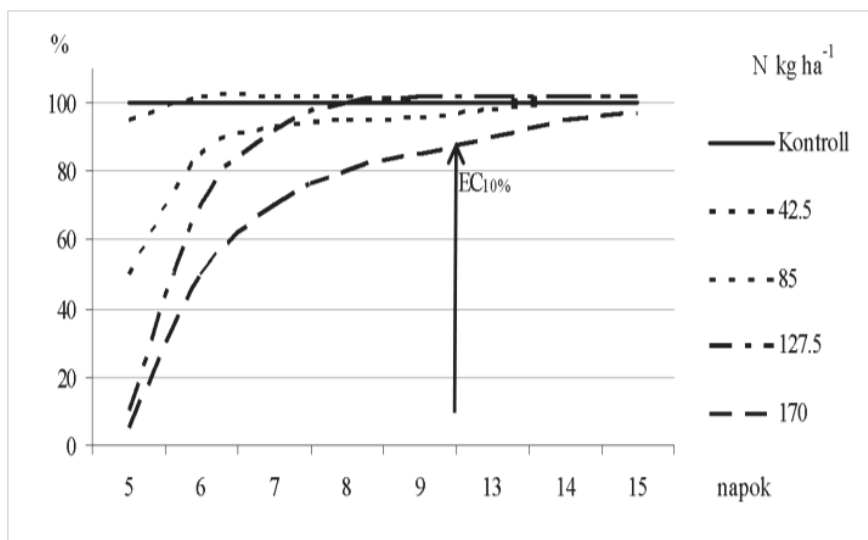
1. táblázat: Az erjesztési maradék vizsgálati eredményei

A létesítményből kikerülő erjesztési maradék szárazanyag-tartalma alacsony, kémhatása enyhén lúgos. Az anaerob kezelésen átesett hulladékok nitrogén tartalma magasabb, mint aerob kezelés után [7], mivel az értékes nitrogén nem tud távozni a rendszerből. Technológiából adódóan ennek számottevő része a könnyen hozzáférhető NH₄-N. Azonban a tárolás és kijuttatás során jelentős lehet az NH₄ veszteség [8]. Az eredményekből látható, hogy mind makro- mind mikroelemekből is kimagasló tartalommal rendelkeznek. A tápanyagok meghatározó része a folyadékfázishoz kötődik, így a talajba keverve a növények számára közvetlenül hozzáférhető, hasznosíthatóvá válik.

A rozsdabarna erdőtalajhoz kevert (2010) erjesztési maradék magas ammónium tartalma miatt a kezelése hatására megnőtt a talaj ammónium-ion tartalma, mely az átalakulási folyamatoknak köszönhetően az érlelési periódus végére (20 nap) szignifikánsan csökkent (2. ábra). Ezzel egyidejűleg, a növények számára felvehető nitrát mennyisége növekszik a talajban.



2. ábra: Az ammónium-ion mennyiségének változása a tenyészidőszak alatt

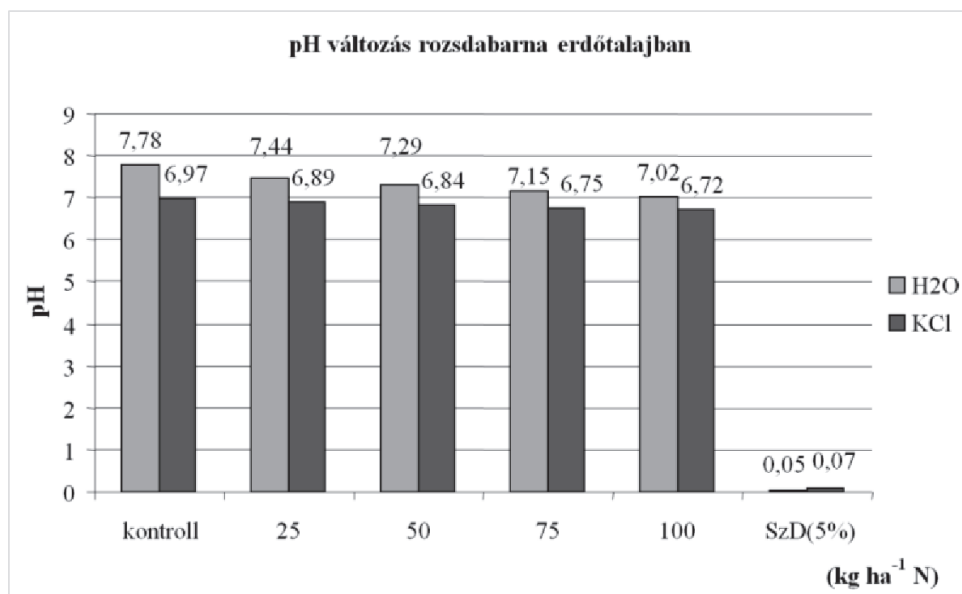


3. ábra: Erjesztési maradék hatása a teszt növények fejlődésére

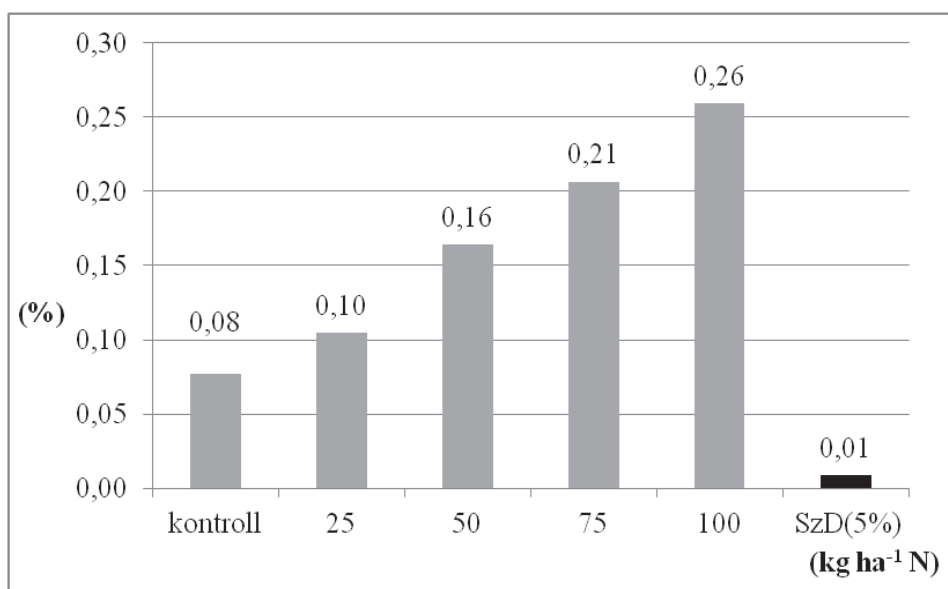
A magas ammónia tartalom miatt fokozott figyelmet kell fordítani a talajba való bedolgozásra, hiszen a hasznosítható nitrogén nagy része a nem megfelelő kezelés, alkalmazás során veszendőbe mehet [8], [9].

A biotesztek (2010) során feljegyeztük a növények fejlődését (átlagos magasság, borítottság) a kezelések hatására, melyet százalékos formában értékeltünk. A kezelések korai időszakban megfigyelhető, hogy a kis adagú kezelések korábban kifejtik kedvező hatásukat, míg a nagy adagok kezdetben depressziót, fejlődésben való elmaradást okoznak a teszt növényeken. A 20 napos tenyészidőszak végére a különbségek minimalizálódtak, megszűntek (3. ábra).

2011-ben végzett kísérleteink eredményei megerősítették korábbi tapasztalatainkat. Az erjesztési maradék lúgos kémhatású, az nagy mennyiségben tartalmaz ammóniát, amelyből az átalakulási folyamatok során felszabaduló H⁺ ionok miatt a talaj kémhatása csökkenő tendenciát mutat. A variancia analízis kimutatta, hogy az ismétléseknek nem volt hatása, azonban a kezelések volt hatása (p=0,1%). 5 %-os hibaválósínúség mellett kijelenthető, hogy a kontrollhoz viszonyítva és a kezelések esetében is egymáshoz viszonyítva szignifikánsan csökkent a H₂O-os pH (SZD5%=0,05). A KCl-os pH esetében a variancia analízis megerősítette eredményeimet (4. ábra)



4. ábra: Kezelések hatása a talajok kémhatására



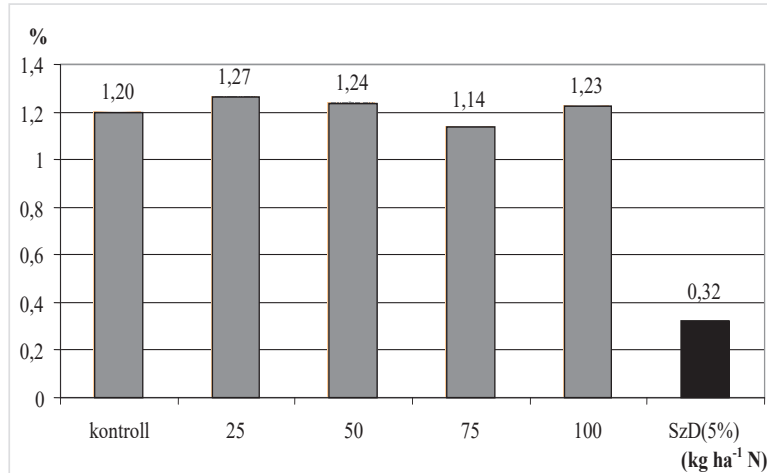
5. ábra: Kezelések hatása a talaj sótartalmának változására

A kezelésekkel nagy mennyiségű ammónia és egyéb só kerül a talajba, melynek hatására megnő a talaj sótartalma. Az analízis eredményeiből kiderült, hogy az ismétléseknek nem volt hatása, azonban a kezelések volt ($p=0,1\%$). 5 %-os hibavalószínűség mellett kijelenthető, hogy a kezelések hatására a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan nőtt a talaj sótartalma ($SzD5\%=0,01$). A kezelések hatására a nem sós kategóriából a gyengén sós tartományba mozdult el a talaj sótartalma (5. ábra).

A Tyurin módszerrel mért H% (6. ábra) esetében a variancia analízis kimutatta, hogy az ismétléseknek és a kezelések sem volt hatása. 5 %-os hibavalószínűség mellett nem tapasztalunk szignifikáns változást a talaj H%-ban semelyik esetben sem ($SzD5\%=0,32$). Az eredményektől függetlenül, azonban kijelenthetjük, hogy az erjesztési maradékok rendszeres alkalmazásával, folyamatos szervesanyag utánpótlást is végzünk, melynek hatását csak hosszú

távú vizsgálatok során lehet teljes mértékben felfedni.

Szervestrágyázás hatására a talajok fizikai, kémiai paraméterei javulnak, biológiai aktivitása nő, mely csökkentheti a művelés energia-szükségletét ezáltal a költségeket.



6. ábra: Humusztartalom változás a kezelések hatására (Tyurin-módszer)

KÖVETKEZTETÉSEK

Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az erjesztési maradék oldott formában tartalmazza a tápelemeket, amihez így a növények könnyen hozzáférhetnek és fel tudnak venni a talajból. A kezelések hatására szignifikánsan nőtt a talajok ammónium-

ion tartalma a kontrollhoz viszonyítva. Az alacsonyabb adagú kezelések korábban kifejtik kedvező hatásukat, míg a nagy adagok kezdetben depressziót, fejlődésben való elmaradást okoztak a tesztnövényeken. Azonban a kezelések közti különbségek lecsökkentek, eltűntek, a tenyésztő végére a növények számára rendelkezésre álló könnyen felvehető tápanyagoknak köszönhetően. Megállapítható továbbá az is, hogy bár az erjesztési maradék lúgos kémhatású, a talaj kémhatása csökkenő tendenciát mutatott a rövid tenyésztőszak alatt laboratóriumi körülmények között. A kezelések hatására szignifikánsan nőtt a sótartalom. A humusztartalomban statisztikailag igazolható változások nem történtek.

Eredményeink és az irodalmi adatok tükrében megállapíthatjuk, hogy az erjesztési maradék mezőgazdasági felhasználása több szempontból is indokolt, azonban a felhasználás módja, helye, ideje befolyásolja annak gazdaságosságát. Hosszú távú szabadföldi vizsgálatokra a hazai gyakorlatban jelenleg nincs példa, csupán néhány éves kísérletek vannak. Fontos ezen kísérletek fenntartása és művelése a tartós hatások vizsgálatához.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1.] 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.
- [2.] MAKÁDI, M., TOMÓCSIK, A., LENGYEL, J., MÁRTON, Á (2008b): Problems and success of digestate utilization on crops. *Proceedings of the Internationale Conference ORBIT 2008, Wageningen, 13-16 October, 2008. CD-ROM (ISBN 3-935974-19-1)*
- [3.] QI, X., ZHANG, S., WANG, Y. & WANG, R. (2005): Advantages of the integrated pigbiogas-vegetable greenhouse system in North China. *Ecological Engineering* 24. 177-185.
- [4.] TOMÓCSIK A., MAKÁDI M., OROSZ V., BOGDÁNYI ZS. (2007a): Biogázüzemi fermentlé hatása a silókukorica (*Zea mays* L.) termésére és beltartalmi mutatóira. Első nemzetközi környezettudományi és vízgazdálkodási konferencia, Szarvas, 2007. október 18-20. *TSF Tudományos Közlemények, 2007 (7):1. 1. kötet, p.163-168.*

- [5.] VÁGÓ I., MAKÁDI M., KÁTAI J., BALLÁNÉ KOVÁCS A. (2008): A biogáz gyártás melléktermékének hatása a talaj néhány kémiai tulajdonságára. Talajvédelem, Supplementum. Talajtani Vándorgyűlés, Nyíregyháza. p. 555-560.
- [6.] BUZÁS I. (szerk.), 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyve 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- [7.] ARNOTT M. (1982): The biogas / biofertilizer business handbook. Peace Corps, Information Collection and Exchange p. 59-70
- [8.] CROLLA A. (2010): Assessment of Environmental Impacts from On-farm Manure Digesters. Digestate and biogas utilisation – practices and perspectives, 27th May 2010, Copenhagen, Denmark
- [9.] CSATHÓ P. (2002): Környezetkímélő növénytáplálás. Szent István Egyetem Gödöllő p.181-188