

FÖLDIGILISZTA (LUMBRICIDAE) EGYEDSZÁM ÉS BIOMASSZA VIZSGÁLAT FÁS SZÁRÚ ENERGETIKIA ÜLTETVÉNYBEN

Bakti¹ Beatrix, Simon Barbara², Gyuricza Csaba³

¹: Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvényszerű Fatermesztési Osztály, Püspökladány

²: Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, Gödöllő

³: Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő
E-mail: baktib@erti.hu

KIVONAT

A fosszilis energiahordozók könnyen kitermelhető készleteinek fogyásával, és a folyamatosan emelkedő szén-dioxid kibocsátással összefüggő globális felmelegedéssel világszerte előtérbe került a biomassza energetikai célra történő hasznosítása. Olyan növénykultúrát tekintünk energiaültetvénynek, amelyet elsődlegesen biomassza-termelés és energetikai felhasználás céljából telepítettek. Fontos, hogy a tűzifa mellett egyre inkább a kevésbé értékes szántóföldi területeken is termelhessünk energetikai alapanyagot fás szárú ültetvényekkel, amelynek fontos környezetvédelmi aspektusai is vannak, mint például a talajvédelem, vagy a légköri szén megkötése. A rövid vágásfordulójú fás szárú energetikai ültetvényekben telepíthető alapfajok közül (ld. 45/2007 (VI. 11.) FVM RENDELET) - nagy hozama és energiaszolgáltató-képessége miatt - kiemelkedik hazánkban a kosárfonó fűz (*Salix viminalis* L.) vagy „energiafűz”. Az egyenletesen nagy hozam elérésére képes állomány kialakításához megfelelő mértékű és kiegyensúlyozott tápanyag-ellátásra van szükség a talajban. Azokon a termőterületeken, ahol energetikai célra történő termesztés folyik, kedvező lehetőség kínálkozik az egyébként korlátozásokkal elhelyezhető szerves és szervesetlen hulladékok, melléktermékek elhelyezésére, hasznosítására is.

A Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn kedvezőtlen termőhelyi körülmények között csernozjom barna erdőtalajon 2007-ben fás szárú energianövényekkel állítottunk be kísérletet. A kísérletben öt fűzfajta (Tora, Tordis, Inger, Sven, Csala), illetve négy nyárfajta (AF2, Pegaso, Sirio, Monsivo), valamint három növénytáplálási szint (kontroll, műtrágya, szennyvíziszap komposzt) hatását vizsgáltuk.

Arra kerestünk választ, hogy kétéves vágásfordulóban melyik tápanyagkezelés, illetve melyik fajta biztosítja a legnagyobb biomasszát és hogy miként változik a talajállapot. A talajállapot minősítését talajfizikai (talajjellenállás, talajnedvesség-tartalom, térfogattömeg), talajkémiai (pH (H₂O), pH (KCl), szervesanyag-tartalom) és talajbiológiai (földigiliszta egyedszám és biomassza tömeg) paraméterek mérésével végeztük el. A talajlakó élőlények (edaphon) közül a földigiliszták vizsgálata kiemelt jelentőségű, mert a talaj ökoszisztémában betöltött szerepük a mérsékelt égövben bizonyított, továbbá a talaj biológiai és fizikai állapotának jelentős indikátorai.

Kulcsszavak: energiaültetvény, biomassza, fűz, talaj, földigiliszta

BEVEZETÉS

A biomasszából származó energia megközelítőleg 10,3 százalékát teszi ki a globális elsődleges energiaellátásnak (International Energy Agency, 2015). A termelők körében növekvő érdeklődés van az intenzív erdőgazdálkodás, főként a rövid vágásfordulójú energiaültetvények létrehozása iránt. A lágy- és fás szárú energianövények hő- és villamosenergia célú termesztése elsősorban a hagyományos takarmány- és élelmiszer növények számára kedvezőtlen termőhelyeken jöhet számításba (Tamás, 1997). Több százezer hektárra tehető azon szántóterületek nagysága, amelyeken nehezen garantálható a jövedelmezőség hagyományos növényekkel (Gyuricza et al., 2011). Ezek a területek alkalmasak fás szárú energianövény termesztésére. Vannak olyan fafajok (pl.: *Populus* sp., *Salix* sp.), melyek e kedvezőtlen termőhelyi adottságokat is elviselik, ezért ott is telepíthetők, ahol más mezőgazdasági növények termesztése gazdaságtalanná vált (Barkóczy et al., 2007). Az erózióknak kitett területeken a rövid vágásfordulójú ültetvények telepítése kiváló talajvédő funkciót lát el, mert egész éves talajfedettség érhető el, ezért a fás szárú energiaültetvények létesítése a vidék népességének megőrzésén túl, a lakosság számára jövedelmező mezőgazdasági tevékenység lehet a jövőben. (Gyuricza, 2007).

A fűz gyorsan és erőteljesen sarjadzik, 2-4 méter hosszú szálvesszői – termőre fordulás után – akár évente betakaríthatóak. A vesszőhozamot (mely elérheti a 10-12 t szárazanyag/ha/év értéket), számos tényező mellett, a tápanyagellátás is jelentősen befolyásolja. Az egyenletesen nagy hozam elérésére képes állomány kialakításához megfelelő mértékű és kiegyensúlyozott tápanyag-ellátásra van szükség a talajában (Blaskó, 2008; Gyuricza, 2011; Smart & Cameron, 2012).

Mivel a fűz és a nemesnyár akár 15-20 éven át is folyamatosan egy helyben termeszthető az energiaültetvényekben, ezért a betakarítási ciklusok után gondoskodnunk kell a talajok rendszeres tápanyag-utánpótlásáról (Gyuricza, 2011; Smart & Cameron, 2012). Az energianövények biomassza hozama szerves trágyákkal, különféle talajba kijuttatott adalékanyagokkal, valamint biohulladékokkal és melléktermékekkel is serkenthető (Smart & Cameron, 2012; Dimitriou et al., 2006; Park et al., 2005). Mezőgazdasági és erdőszeti hasznosítás esetén a szennyvíziszap jelentősen hozzájárul a talajok szervesanyag-tartalmának növeléséhez, továbbá kedvezően hat a talajok fizikai és kémiai tulajdonságaira. Azokon a termőterületeken, ahol energetikai célra történő termesztés folyik, kedvező lehetőség kínálkozik az egyébként korlátozásokkal elhelyezhető szerves és szervesetlen hulladékok, melléktermékek (pl. szennyvíziszap, szennyvíziszap komposzt, hígtrágya, hamu, stb.) elhelyezésére, hasznosítására is.

A szennyvíziszapok körütekintő mezőgazdasági felhasználása fokozhatja a talajok termékenységét és pozitív hatást gyakorolhat a termésátlagra (Szlávik et al., 1984; Szili-Kovács, 1985; Simon & Szente, 2000; Haidekker, 2002). A települési szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosítása során nagy mennyiségű hasznos szerves anyag és a

növények által közvetlenül felhasználható tápanyag (főleg nitrogén, foszfor és mikroelem) kerül a talajba (Soler Rovira et al., 1996; Vermes, 2003).

A szennyvíziszap-kezelés a talajfauna egy részét stimulálja, ami a populáció egyedszámában is megnyilvánul. Az iszap dekompozíciójában domináns szervezetek a nematodák (Abrams & Mitchel, 1980), populációméretük a szennyvíziszap-kezelés hatására növekszik, és ezzel párhuzamosan nő az iszap lebontási aránya. Az iszapkezelés gyakran növeli a földigiliszták (Lumbricidae) és televényférgék (Enchytraeidae) populációméretét is (Curry, 1976). A földigilisztáknak elsőrendű szerepe van az iszap talajba keverésében (Stevenson, B.G. et al., 1984). A talaj megváltozott ökológiai feltételei miatt a talajfauna összetétele jelentősen megváltozhat.

A talajban élő állatok (mikro- és mezofauna) aktív szerepet játszanak a szennyvíziszap szervesanyag-tartalmának lebontásában, másrészt a szennyvíziszap-hatás, mint többtényezős ökológiai faktor, a talaj-zoocönózisok összetételének megváltozását eredményezheti. A talajlakó élőlények (edaphon) közül a földigiliszták vizsgálata kiemelt jelentőségű, mert a talaj ökoszisztémában betöltött szerepük a mérsékelt égövben bizonyított és a talaj biológiai állapotának jelentős indikátorai (Satchell 1983, Lee 1985).

Jelen tanulmányunkban egy kedvezőtlen adottságú termőhelyen beállított fás szárú energiaültetvényben mért talajfizikai (talajellenállás) és –biológiai (földigiliszta aktivitás), vizsgálatok eredményeit mutatjuk be.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletet a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában állítottuk be 2007-ben. A kísérleti tábla talaja csernozjom barna erdőtalaj (WRB: Luvic Chernozem). A degradációs folyamatok következtében közepes termőrétegű, gyengén humuszos változat alakult ki. A terület erózió veszélyeztetett, a talaj fizikai félesége homokos vályog, amely tömörödéssre érzékeny. A talaj felső 20 cm-es rétegében 54% homok, 26% vályog és 20% agyagfrakciót találhatók. A feltalaj (0-35 cm) agyagtartalma 26%, vízvezető képessége jó, az altalaj gyenge. A feltalaj humusztartalma gyenge, ugyanúgy, mint N-ellátottsága. Kálium- és foszfor ellátottsága megfelelő. A kísérleti tér talajának 2009-es alapvizsgálati adatait az *1. táblázat* tartalmazza.

Genetikai talajsintek	Mélység (cm)	pH (H ₂ O)	KA	CaCO ₃ %	Humusz %	Összes N AL-P ₂ O ₅ AL-K ₂ O		
						(mg/kg)		
Asz	0-40	6,76	30	0,00	1,32	16,8	371,1	184,0
B	40-60	7,08	40	0,00	1,04	11,9	33,0	112,0
Bt	60-70	7,66	61	0,00	0,88	12,0	123,0	127,1
C	70-100	8,10	60	5,57	0,54	16,8	107,5	110,8

1. táblázat. A kísérleti terület fontosabb talajtani adatai (Gödöllő, 2009)

A kísérlet kéttényezős véletlenblokk elrendezésű három ismétlésben. A kísérletben öt különböző fűz fajtát, illetve klónt (*Sven*, *Inger*, *Tordis*, *Tora*, *Csala*), valamint négy nyárfajtát (*AF2*, *Pegaso*, *Sirio*, *Monsivo*) termesztünk. Valamennyi fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági kezelést állítottunk be: 1) tápanyag nélküli, kontroll kezelés; 2) nitrogén műtrágya (ammónium-nitrát) tavasszal (50 kg/ha); 3) felszintakarás nedves szennyvíziszap komposztal (50 t/ha). A szennyvíziszap komposzt és a műtrágya kijuttatása 2 évente május elején a sorokba történt (1. ábra). A települési szennyvíziszap komposztot (48-56% szárazanyag-tartalom a kijuttatáskor) a ProfiComp. cégcsoport állította elő Gödöllőn.



1. ábra: Kijuttatott szennyvíziszap komposzt az ikersorok között (Gödöllő, 2014)

Az alkalmazott technológia ikersoros, a sortávolság 70 cm, az ikersorok között 2,5 m távolságot hagytunk, ami a gépi munkákat könnyíti meg (1. ábra). A sorokon belül a dugványokat 40 cm tőtávolságra telepítettük. Dugványozás céljára 20 cm hosszúságú, egyéves, gyökér nélküli hajtásrészeket használtunk fel. A telepítés kézzel történt április közepén. A vegetációs időszak során kémiai gyomszabályozást végeztünk a sorokban, a sorközökben talajmaróval, két alkalommal történt mechanikai gyomszabályozás. A kártevők és kórokozók elleni kémiai védekezésre nem volt szükség.

A talajállapot minősítését talajfizikai (talajjellenállás, talajnedvesség-tartalom, térfogattömeg), talajkémiai (pH(H₂O), pH(KCl), szervesanyag- tartalom) és talajbiológiai (földigiliszta egyedszám, biomassza és morfortípus) paraméterek mérésével végeztük el.

Az energiaültetvényben mindkét fajból kiválasztottuk az eddigi (2007-2016) adatok alapján a leggyorsabban növekvő fajtákat. Fűz esetén a legjobb növekedési eréllyel bíró svéd nemesítésű *Inger*-t választottuk, míg a nyár esetben a *Sirio*-t. Egy mintavételi időpontban a különböző tápanyag-kezeléseknek megfelelően két helyen vettünk mintát két ismétlésben az ikersorok között. A mintavétel a téglalap alakú parcellák átlói mentén 9 mintavételi pontban történt, két mélységben: 0-15 cm és 15-30 cm-en. Az azonos mélységből begyűjtött talajminták összekeverésével átlagmintákat képeztünk, s a laboratóriumi vizsgálatokat elvégeztük.

A földigiliszta egyedek talajból történő kinyerése alapvetően két eljárással történhet (ISO 23611-1:2006). Az egyik az úgynevezett kézi válogatás (Bretscher 1896), a másik módszer valamilyen oldat segítségével úzi ki az egyedeket a talajból. Mi a kézi válogatás módszerét alkalmaztuk a földigiliszták megmintázására. A földigiliszták mintázását 2015 és 2016 között évente kétszer, tavasszal (április-május) és ősszel (szeptember-október) végeztük. A mintázási pontokon először eltávolítottuk a talaj felszínét borító növényzetet és növényi maradványokat. Ezután kimértük a 25 x 25 cm méretű mintagödörök helyét, majd ásóval 25 cm mélységű talajmintát vettünk, amit az előkészített PVC zsákra tettünk. A PVC zsákon lévő talajt kézzel gondosan átmorzsoltuk és belőle minden földigilisztát kiszedtünk. A műanyag palackokba (250-500 ml) kezelésként külön gyűjtött egyedeket alkoholban (70%-os etanol) helyeztük, majd laboratóriumba szállítottuk. Minimum fél, maximum 24 óra eltelte után áthelyeztük őket két hétre 4%-os formalinba fixálás céljából. A végleges tartósítás 70%-os etanolban történt. Ezután az egyedeket méret szerint osztályoztuk és lemértük a tömegüket (biomassza). Végül az ismert területről begyűjtött egyedeket 1 m² területre vonatkoztattuk.

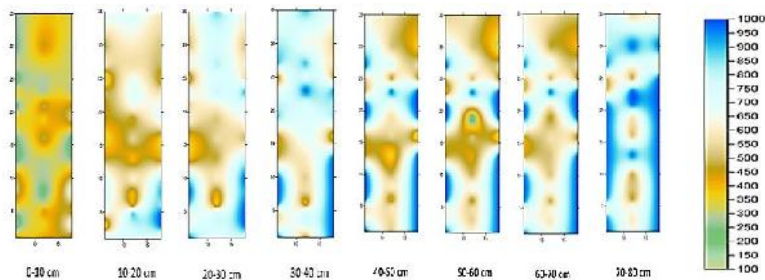


2. ábra: Földigiliszta mintavételi eljárás főbb lépése (Gödöllő, 2016)

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

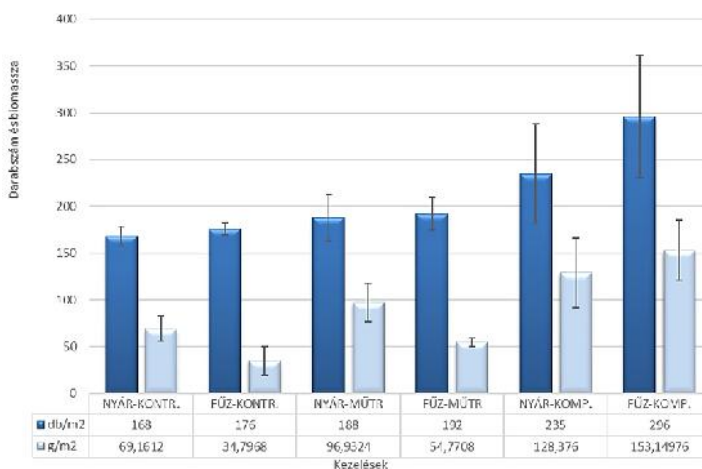
A talajművelési gyakorlatban talajellenállást a talajállapot megállapítására használják (Birkás, 2009). Ennek oka egyrészt a mérés gyors kivitelezhetősége, másrészt segítségével jól meg lehet becsülni a talaj aktuális fizikai állapotát, valamint a lazító művelés szükségességét (Murer et al., 1991).

A penetrációs vizsgálatok adatai alapján megállapíthatjuk (3. ábra), hogy a felső 10 cm-ben 100-250 kilopond/cm² közötti értékeket kaptunk, ami azt jelenti, hogy a talaj legfelső rétege laza szerkezetű, jó levegő-, és vízgazdálkodású, továbbá kedvezően lazult. A 20-30 cm-es rétegben már magasabb értékeket mértünk és a terület szélső részeinél 650-800 kilopond/cm² közötti értékeket is mértünk, ami már tömör, kötött rétegre utal. Ebben a rétegben nagy valószínűséggel eketalp réteg képződött, mert az ez alatt lévő 40-50 cm-es, illetve az 50-60 cm-es mélységben 200-450 kilopond/cm² közötti méréseket kaptunk, főleg a kísérleti terület középső és keleti sarkában. Az általunk vizsgált legmélyebb rétegben (70-80 cm) erősen tömör réteget találhatunk (900-1000 kilopond/cm²), ami főképp a terület szélső részénél mértünk.



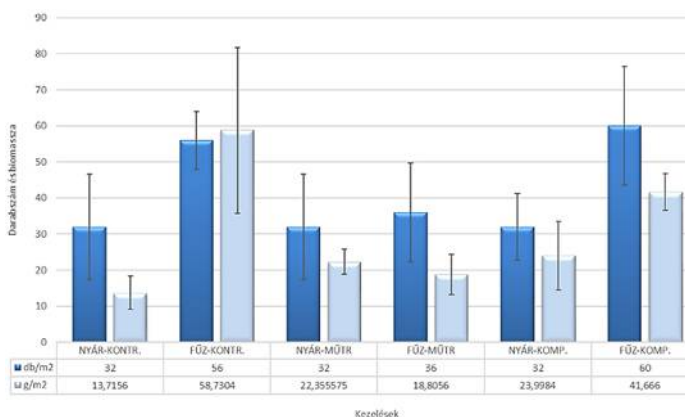
3. ábra: Penetrációs vizsgálat eredményei Surfer 10 geoinformatikai programmal ábrázolva (kilopond/cm²) (Gödöllő, 2016)

A földigiliszta egyedszám és biomassza összehasonlítás vizsgálati eredményeit (2015 tavaszi, illetve őszi mintavételek 1 m²-re vetített átlag egyedszámát és biomasszatömegét) a 4. és az 5. ábra mutatja.



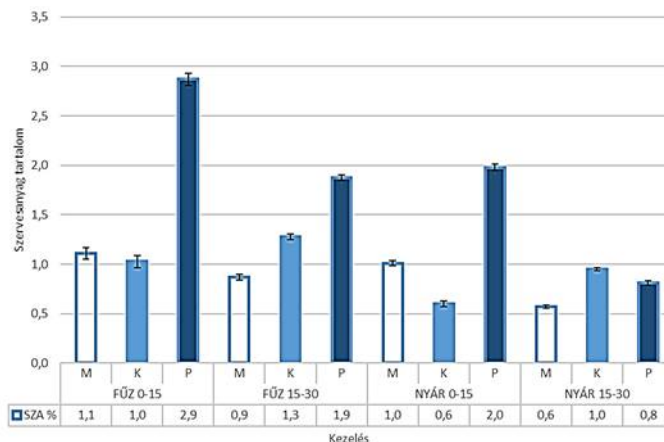
4. ábra: Földigiliszták átlag biomassza tömege (g) és egyedszám (db) 1m²-re vetítve (Gödöllő, 2015 tavasz)

Az ábrákon látható, hogy a tavaszi mintavétel során statisztikailag nagyobb földigiliszta egyedszámot mértünk, mint az őszi mintavétel során, aminek oka a vizsgálati év rendkívül száraz nyara volt. Az ábra jól mutatja, hogy a tavaszi időpontban vett minták közül a komposzttal kezelt terület átlag földigiliszta egyedszáma (235 db/m², 296 db/m²), illetve átlag biomassza tömege (128,4 g/m², 153,1 g/m²) volt a legnagyobb. Ennek az lehet az oka, hogy a komposzttal kezelt részen, nedvesebb és szervesanyagban gazdagabb a talaj, illetve az ültetvény sorai között a bolygatatlan terület kiváló élőhelyet biztosít a földigiliszta populációk számára. Az ősszel mért adatok esetében is a komposzttal kezelt területen mértük a legnagyobb értékeket (60 db/m², 41,7 g/m²). Az őszi mintázás esetében mind a földigiliszta darabszám, mind a biomassza értékek hasonló eredményt mutattak a műtrágyás, illetve a kontroll területen.



5. ábra: Földigiliszták átlag biomassza tömege (g) és egyedszám (db) 1m²-re vetítve (Gödöllő, 2015 őszi)

A szerves anyag mennyiségét Walkley és Black (1934) módszerével vizsgáltuk meg (6. ábra). A minták légszáraz és abszolút száraz (105 °C) nedvességtartalmát tömegméréssel határoztuk meg (Buzás, 1988).



6. ábra: A talajminták szervesanyag-tartalma (Gödöllő, 2014)

A talajminták szervesanyag tartalma esetében megállapíthatjuk, hogy a legmagasabb értékeket a kísérleti terület szennyvíziszap komposztal borított részéből vett mintákban mértük. A talaj felső rétegében 0-15 cm-es mélységében volt a legmagasabb a szervesanyag-tartalom: 2,9%. A legkisebb értéket a nyárasban, műtrágyás kezelés esetén, 15-30 cm-es mélységben mértük, mely mindösszesen csupán 0,6% volt.

Megállapítható, hogy a komposztal kezelt területen mért nagyobb szervesanyag-tartalom mellett mértük a legnagyobb földigilisztá egyedszámot és biomassza mennyiséget egyaránt. Az irodalmi adatok (Edwards, 1994; Coleman et al., 2004) és saját méréseink alapján megállapíthatjuk, hogy a földigiliszták előnyben részesítik a nagy szerves anyag tartalmú területeket. A szennyvíziszap komposztal kezelt területen tapasztalható nagyobb földigilisztá aktivitás okai, hogy a talajfelszínen hagyott jelentős mennyiségű növényi maradvány megőrzi a nedvességet (nedvességmegőrző) és egyben növeli a talaj szervesanyag-készletét (4. ábra). A földigiliszták számára elegendő táplálékforrás és a minimális bolygatás eredménye a zavartalan élettér és a horizontális, illetve vertikális járatrendszer kialakulása. A földigiliszták keverő és járatrendszer készítő tevékenységének köszönhetően a pórusrendszer fejlett és a talaj erősen szerkezetes kitűnően morzsás szerkezetű. Megállapítható továbbá, hogy az évszakok periodicitása, valamint az adott évszak időjárási viszonyai is nagymértékben befolyásolják a földigiliszták aktivitását. A kutatások eredményei ez esetben is megegyeztek az irodalmi adatokkal (Pacs et al., 1990).

KÖVETKEZTETÉS

A kedvezőtlen, növénytermesztés számára más módon gazdaságosan nem hasznosítható termőhelyek többsége alkalmas energetikai faültvények telepítésére. A beruházás költséges, ezért lényeges, hogy minden termőhelyre az adott viszonyok között legnagyobb produktummal rendelkező faj, illetve fajta kerüljön.

A talajellenállás értéke az energetikai faültvény kísérletben meghaladta a hagyományos forgatásos és forgatás nélküli művelésben mért szintet, azonban ezek az értékek a több nemzetközi közleményben korábban leírt eredményeket erősítik meg, amelyek alapján középtávon fás szárú energiaültvényekben a fizikai és biológiai talajállapot javulása érhető el.

Magyarországon több százezer tonna mennyiségben képződik szennyvíziszap, amely komposztálva az energianövények tápanyag-visszapótlására használható fel. A komposzttal kezelt parcellákon bizonyítottuk, hogy a talaj nedvességvesztése mérséklődik, ami segíti a növényeket az esetleges szárazabb periódusok átvészelésében, továbbá megőrzi vagy javítja a talaj kedvező fizikai, biológiai állapotát, amit a földgiliszta átlagos egyedszámának és biomassza tömegének értékei, valamint e területek szervesanyag-tartalma egyaránt alátámasztott.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a Földművelésügyi Minisztérium támogatásával valósulhatott meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- ABRAMS, B.I. & MITCHELL, M.J (1980): Role of nematode-bacterial interactions in heterotrophic systems with emphasis on sewage sludge decomposition. *Oikos*. 35. 404–410.
- BARKÓCZY, ZS. – CSERNYI R.- IVELICS R. (2007): Energetikai faültvények tervezése és kivitelezése. Kézirat. Sopron.
- BIRKÁS, M. – STINGLI, A. – FARKAS, CS. – BOTTLIK, L. (2009): Összefüggés a művelés eredetű tömörödés és a klímakárok között. *Növénytermelés* 58. 3. 5-26.
- BLASKÓ L., (2008). Energianövények termesztése, termőhelyi alkalmasság, felhasználhatóság. In: CHLEPKÓ T. (szerk.) *Megújuló Mezőgazdaság. Tanulmányok a zöldenergia termeléséről és hasznosításáról gondolkodóknak*. Magyar Katolikus Rádió, Budapest. 167-207.
- BRETSCHER, K. (1896): Die Oligochaeten von Zürich. *Rev. Suisse Zool.* 3, 499–532.
- BUZÁS I. (1988): Talaj és agrokémiai vizsgálati módszertan 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- COLEMAN, D. C., CROSSLEY, JR. D. A., HENDRIX, P. F. (2004). *Fundamentals of soil ecology*. Second Edition. Elsevier Academic Press, Oxford, 169-181
- CURRY, J.P. (1976): Some effects of animal manures on earthworms in grassland. *Pedobiologia*. 16. 425–438.

- DIMITRIOU, I., ERIKSSON, J., ADLER, A., ARONSSON, P., VERWIJST, T., (2006): Fate of heavy metals after application of sewage sludge and wood-ash mixtures to short-rotation willow coppice. *Environmental Pollution* 142: 160-169.
- EDWARDS, C. E. (ed.) (1994). *Earthworm ecology*. CRC Press, Washington D.C., Second Edition
- GYURICZA CS. - HEGYESI J. - KOHLHEB N. (2011): Rövid vágásfordulójú fűz (*Salix* sp.) energiaültetvény termesztésének tapasztalatai és életciklus-elemzésének eredményei. *Növénytermelés*, (60.2) 45-66.
- GYURICZA Cs. (2011): Fás szárú energianövények termesztése (5.). *Növénytaplálás energiaültetvényekben*. Agrofórum, 2011. március: 92-96.
- GYURICZA, CS. (2007): Cultivating woody energy crops for energetic purposes. *Biowaste*. 2. 4. 25-32
- HAIDEKKER B., (2002): A szennyvíziszap-felhasználás előnyei és veszélyei. *Környezetvédelmi Füzetek*. BME OMIKK. Budapest.
- LEE, K.E. (1985): *Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use*. Academic Press, Sydney. pp 411
- MURER, H., WERNER, A., RESHKIN, S., WUARIN, F., BIBER, J. (1991): Cellular mechanisms in proximal tubular reabsorption of inorganic phosphate. *American Journal of Physiology* 260, C885–889.
- PACS, I., PUSKÁS, F., ZICSI, A. (1990): *Giliszta, gilisztahumusz*. Mezőgazdasági Kiadó Kft., Budapest, 7-15.
- PARK, B.B., YANAI, R.D., SAHM, J.M., LEE D.K., ABRAHAMSON, L.P. (2005): Wood ash effects on plant and soil in a willow bioenergy plantation. *Biomass and Bioenergy* 28:355-365.
- SATCHELL, J.E. (1983): *Earthworm microbiology*. In: Satchell, J.E. (ed). *Earthworm Ecology: from Darwin to Vermiculture*. Chapman and Hall, London. pp 351-365.
- SIMON L. & SZENTE K., (2000): Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica nitrogéntartalmára, néhány élettani jellemzőjére és hozamára. *Agrokémia és Talajtan*. 49. 231–246.
- SMART, B.L., CAMERON, K.D., (2012): Shrub willow. In: KOLE, Ch., JOSHI, Ch. P., SHONNARD, D.R. (eds.). *Handbook of Bioenergy Crop Plants*. CRC Press, Boca Raton, London, New York. pp. 687-708.
- SOLER ROVIRA, P. et al., (1996): Agricultural use of sewage sludge and its regulation. *Fertilizer Research*. 43. 173–177.
- STEVENSON, B.G. et al (1984): Effect of sewage sludge on decomposition processes in soils. *Pedobiologia* 26. 95–105.
- SZILI-KOVÁCS T., (1985): A szennyvíziszap elhelyezés talajmikrobiológiai problémái. *Agrokémia és Talajtan*. 34. 486–493.
- SZLÁVIK I., OLÁH J. & SZŐNYI I., (1984): Települési szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezése és hasznosítása. *VIZDOK. VMGT-148*. Budapest.
- TAMÁS R. (1997): A felszabaduló mezőgazdasági területek racionális hasznosítási lehetőségei. Kézirat
- VERMES L., (2003): Szakirodalmi áttekintés a szennyvíziszapok elhelyezésével és hasznosításával foglalkozó publikációkról. *BKÁE Kertészettudományi Kar Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék*. Budapest.
- WALKLEY, A. és BLACK, I. A., (1934): An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*. 63. 251–263.
- ZETTEL, J. & KLINGER, J.(1983): Influence of sewage sludge application on microarthropods (collembola and mites) and nematodes in a sandy loam soil. In: *The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils*. (Eds.: CATROUX, G., L'HERMITE, P. & SUESS E.) 167–169. D. Reidel Publ. Co. Dordrecht. 1983.

Internetes források:

1. International Energy Agency, 2015. Letöltve 2015.04.05-én: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf
2. 45/2007. (VI. 11.) FVM RENDELET a fás szárú energetikai ültetvények telepítésének engedélyezése, telepítése, művelése és megszüntetése részletes szabályairól, valamint ezen eljárások igazgatási szolgáltatási díjáról