



XI. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA

Tanulmánykötet

2015. május 6-9. Pécs



Szerkesztette:

Csicsek Gábor

Kiss Ibolya

ISBN 978-963-642-873-0

Kiadó: Szentágothai János Szakkollégium
dr. Hatvani Zsolt

Nyomda: B-Group Kft.
Felelős vezető: Borbély Zsolt

Települési szennyvíziszap komposzt és fűzhamu hatása az energifűz (*Salix* sp.) leveleinek elemfelvételére

URI ZSUZSANNA, SIMON LÁSZLÓ, VINCZE GYÖRGY, VÍGH SZABOLCS,
IRINYINÉ OLÁH KATALIN, SZABÓ BÉLA, SZABÓ MIKLÓS

Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Agrártudományi Intézet,
4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/b.,
urizs@nyf.hu

Impacts of Municipal Sewage Sludge Compost and Willow Ash on the Uptake of Elements in Willow Leaves

Abstract

An open-field long term small plot experiment was set up in Nyíregyháza, Hungary with *Salix triandra* x *viminalis* 'Inger' (grown as an energy crop). The experimental brown forest soil was treated two times with 15 t/ha municipal sewage sludge compost and 600 kg/ha willow ash (and their combination) in 4 replications during April 2011 and May 2013 to study their impacts on the uptake of macro- and microelements, and accumulation of toxic elements in the willow leaves. Leaves were sampled during July 2013. It was found that the N concentration in willow leaves changed between 2.44–2.69 m%. The sewage sludge compost significantly enhanced the K uptake as compared to the control. The combined treatment reduced the essential micronutrient (Cu, Mn, Zn) concentrations in willow leaves by 5–13%. The Mn concentration measured in the culture treated with sewage sludge compost was 6% higher than the control. The Zn uptake in the culture treated with sewage sludge compost was found to be 16% higher than the control. Examining the toxic element (As, Ba, Cd, Pb) accumulation of willow leaves we found that no detectable amounts of Pb were transported to the willow leaves from sewage sludge compost or willow ash. The concentration of Ba was enhanced by 25%, and the concentration of Cd was 26% higher in the culture treated with willow ash compared to the control. The concentrations of Ba and Cd were lower in the cultures treated with sewage sludge compost and in the combined treatment than the control. The concentration of As was the highest in the culture treated with sewage sludge compost, it was 11% higher than that of the control.

Keywords

energy willow, municipal sewage sludge compost, willow ash, nutrient uptake

Bevezetés

Az utóbbi időben a világon egyre fontosabb szerepet töltenek be az energiagazdálkodásban a rövid vágásfordulójú energetikai célú faültetvények. Az energetikai faültetvények olyan mezőgazdasági művelési ágba tartozó területen létesített célültetvények, amelyek gyorsan nagy mennyiségű biomasszát termelnek, illetve a dendromassza-termelés mellett a racionális földhasznosítást is szolgálják. Az energe-

tikai faültetvény-termesztés esetén is nélkülözhetetlen a megfelelő tápanyag-utánpótlás, mivel a gyors növekedéshez és a nagy produktum előállításához fokozott mértékben hasznosul a talaj tápanyagkészlete (Barkóczi & Ivelics, 2008; Smart & Cameron, 2012). A tápanyag visszapótlása történhet szerves trágyákkal, műtrágyákkal, különféle szerves hulladékokkal, melléktermékekkel, illetve részleges növénytáplálást jelenthet a hamu visszajuttatása is (Dimitriou et al., 2006; Gyuricza, 2011; Smart & Cameron, 2012).

Az energianövényként termesztett kosárfonó fűz tápanyag-utánpótlási lehetőségeivel 2008 óta foglalkozunk szabadföldi kísérletekben Nyíregyházán. A Nyírségvíz Zrt. által előállított települési szennyvíziszap komposzt, a kosárfonó fűz elégetésével nyert fűzhamu, a Nyíregyházán szelektíven gyűjtött szerves hulladékokból készített települési komposzt, a Zemplénben bányászott riolituffa, valamint a Nitrogénművek Vegyipari Zrt. által gyártott ammónium-nitrát és karbamid műtrágyák kosárfonó fűzre gyakorolt hatását tanulmányozzuk különféle dózisokban és kombinációkban (Simon, 2010; Simon et al., 2011, Simon et al., 2012a, 2012b; Simon et al., 2013a, 2013b).

Jelen munkánk célja a nyíregyházi települési szennyvíziszap komposzt és a fűzhamu hatásának bemutatása volt az energianövényként termesztett kosárfonó fűz leveleinek tápelem-felvételére (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn) és toxikuselem (As, Ba, Cd, Pb) akkumulációjára.

Anyag és módszer

A szabadföldi kisparcellás véletlen-blokk elrendezésű tartamkísérletet 2011 áprilisában állítottuk be barna erdőtalajon a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Nyíregyházi Kutatóintézetének területén. A kísérleti területen 40 parcellát alakítottunk ki egyenként nettó 27 m² összterülettel. A 10 kezelés 4 ismétléssel beállított kísérletben a kosárfonó fűz (*Salix triandra* x *viminalis* 'Inger') dugványokat ikersoros művelésben telepítettük el 0,75 m-es sor- és 0,6 m-es tőtávolsággal. Egy parcellán belül az ikersorok 1,5 méterre helyezkednek el egymástól. A belvízcsatorna kotrási iszappal terített, eltemetett kovárványos barna erdőtalaj alapjellemezőit korábbi publikációinkban ismertettük (Simon et al., 2013b).

A kontroll parcellák kezelésben nem részesültek. A szennyvíziszap komposztot 15 t/ha, a fűzhamut 600 kg/ha dózisban, önmagában és kombináltan is kijuttattuk a talajba első alkalommal 2011 júniusában. A talajkezeléseket azonos dózisokkal 2013 májusában ismételtük meg. Második kijuttatásuk előtt 2013. április 30-án elvégeztük az adalékanyagok megmintázását, majd 2013. május 2-án és május 9-én történt a kísérleti parcellák talajának mintavétele. 2013 júliusában került sor a kosárfonó fűz leveleinek mintázására.

A légszáraz talajminták legfontosabb kémiai és fizikai tulajdonságait – a vonatkozó szabványok előírásait követve – a Geoderma Bt. budapesti akkreditált laboratóriumában vizsgáltuk meg. Az elemanalízist induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometria (ICP-OES) technika (Ultima 2 Horiba Jobin-Yvon készülék) alkalmazásával végeztük el a minták cc. HNO₃-cc. H₂O₂ eleggyel történt feltárása után, szintén a Geoderma Bt. laboratóriumában.

A kísérleti eredmények statisztikai elemzését SPSS programmal, varianciaanalízist alkalmazva, a Tukey-féle b-teszt alapján végeztük el.

Eredmények

A kosárfonó fűz talajába kijuttatott adalékanyagok elemösszetétele

Az 1. táblázatban a kosárfonó fűzrel beállított szabadföldi tartamkísérlet talajába 2013-ban kijuttatott települési szennyvíziszap komposzt és fűzhamu „összes” esszenciális tápelem- és toxikuselem-tartalmát mutatjuk be.

1. táblázat. A kosárfonó fűz (*Salix triandra* × *viminalis* 'Inger') talajába kijuttatott szennyvíziszap komposzt és fűzhamu esszenciális makro-, mikro- és toxikuselem-tartalma*

(szabadföldi kísérlet, Nyíregyháza, adalékanyagok mintavétele: 2013. április 30.)

Elemek	Adalékanyagok	
	Szennyvíziszap komposzt	Fűzhamu
P	11291	7724
K	2065	65768
Ca	21986	199701
Mg	3062	12053
Cu	121	164
Fe	17357	5666
Mn	369	968
Zn	475	382
As	14,7	11,4
Ba	287	611
Cd	0,800	0,798
Cr	23,3	16,1
Hg	<kh	<kh
Ni	18,1	24,9
Pb	32,5	20,9

*HNO₃/H₂O₂ kivonatból ICP-OES technikával meghatározva.

<kh=kimutatási határ alatti érték (Hg: 0,3 mg/kg).

kalciumot és magnéziumot tartalmaz (feltehetően azonban nehezen felvehető oxidok formájában). A mért esszenciális mikroelemek közül a mangántartalma a legjelentősebb. A fűzhamuban a megvizsgált toxikus elemek koncentrációi a bárium kivételével nem jelentősek.

A kísérleti talaj alapjellemezői és elemösszetétele

A 2. táblázatban mutatjuk be a kísérleti parcellák barna erdőtalajának legfontosabb fizikai és kémiai jellemzőit a települési szennyvíziszap komposzt és a fűzhamu 2013-as második kijuttatása előtt. Az adalékanyagok talajba juttatása nem befolyásolta jelentős mértékben a talaj kémhatását, összes sótartalmát, elektromos vezetőképességét, mésztartalmát és humusztartalmát a kontrollhoz képest. A kísérleti terület talajának mind a vizes oldatban, mind pedig a semleges sóoldatban mért pH-ja a gyengén lúgos tartományba esik. A talaj CaCO₃-tartalma jelentős, mely a kísérletbe vont területnek a közeli belvíz-csatorna kotrási iszapjával való terítésével magyarázható. A parcellák talajának humusztartalma alacsony, a mért értékek a régió barna erdőtalajaira jellemzők.

Az 1. táblázatban található mérési adatokat elemezve megállapíthatjuk, hogy a nyíregyházi települési szennyvíziszap komposzt foszforban gazdag (ez a szennyvíziszapok jól ismert tulajdonsága; Simon, 2015), valamint jelentős a réz-, vas- és cinktartalma is. Az általunk kijuttatott szennyvíziszap komposztban a megvizsgált toxikuselemek mennyisége megfelel a települési szennyvíziszap komposztokra jellemző hazai és nemzetközi átlagértékeknek (Simon, 2014; Simon, 2015). A nyíregyházi fűzhamu a makroelemek közül jelentős mennyiségű káliumot,

2. táblázat. A talajba kijuttatott szennyvíziszap komposzt és fűzhamu kosárfonó fűzre (*Salix triandra* × *viminalis* 'Inger') gyakorolt hatását vizsgáló szabadföldi kísérlet barna erdőtalajának általános kémiai és fizikai jellemzői az adalékanyagok 2013-as második kijuttatása előtt (szabadföldi kísérlet, Nyíregyháza, talajmintavétel*: 2013. május 2., május 9.)

Alapjellemezők	Kezelések			
	Szennyvíziszap komposzt	Fűzhamu	Szennyvíziszap komposzt + fűzhamu	Kontroll
pH-H ₂ O	8,07	8,03	8,03	7,87
pH-KCl	7,35	7,35	7,34	7,33
Összes só m/m%	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
EC µS/cm	243	260	274	264
CaCO ₃ m/m%	3,36	4,14	4,51	3,98
Humusz m/m%	1,36	1,41	1,43	1,38

*A kísérleti parcellák „a” átlója mentén 15-15 leszúrásból (0-25 cm) összeállított légszáraz kevert átlagminták mérési adatai. EC=elektromos vezetőképesség

A 3. táblázatban szemlétetjük a kísérleti parcellák talajának esszenciális makro- és mikroelem-, valamint toxikuselem-tartalmát az adalékanyagok 2013-as második kijuttatása előtt. Megállapítható, hogy a korábbi (2011-es) talajkezelések sem az esszenciális tápelemek, sem pedig a toxikuselemek koncentrációiban nem okoztak számottevő (statisztikailag szignifikáns) változást.

3. táblázat. A talajba kijuttatott szennyvíziszap komposzt és fűzhamu kosárfonó fűzre (*Salix triandra* × *viminalis* 'Inger') gyakorolt hatását vizsgáló szabadföldi kísérlet barna erdőtalajának „összes” elemtartalma* az adalékanyagok 2013-as második kijuttatása előtt (szabadföldi kísérlet, Nyíregyháza, talajmintavétel*: 2013. május 2., május 9.)

Elemek	Kezelések			
	Szennyvíziszap komposzt	Fűzhamu	Szennyvíziszap komposzt + Fűzhamu	Kontroll
P	614 ^a	576 ^a	642 ^a	626 ^a
K mg/kg	2228 ^a	2195 ^a	2374 ^a	2418 ^a
Ca	15907 ^a	18187 ^a	18546 ^a	17096 ^a
Mg	4132 ^a	4588 ^a	5113 ^a	4758 ^a
Cu	11,4 ^a	10,7 ^a	12,0 ^a	11,6 ^a
Fe mg/kg	17403 ^a	18249 ^a	17668 ^a	17776 ^a
Mn	475 ^a	507 ^a	489 ^a	516 ^a
Zn	36,9 ^a	35,7 ^a	39,7 ^a	39,0 ^a
As	34,3 ^a	34,3 ^a	31,8 ^a	30,4 ^a
Ba mg/kg	76,1 ^a	74,7 ^a	80,8 ^a	80,4 ^a
Cd	0,136 ^a	0,090 ^a	0,138 ^a	0,126 ^a
Cr	13,4 ^a	13,6 ^a	14,1 ^a	13,8 ^a
Hg	<kh	<kh	<kh	<kh
Ni	13,9 ^a	14,3 ^a	14,4 ^a	14,9 ^a
Pb	11,7 ^a	12,0 ^a	12,7 ^a	12,6 ^a

*HNO₃/H₂O₂ kivonatból ICP-OES technikával meghatározva. **A kísérleti parcellák „a” átlója mentén 15-15 leszúrásból (0-25 cm) összeállított légszáraz kevert átlagminták mérési adatai. n=4. ANOVA Tukey b-teszt. Különböző betűindexek esetén statisztikailag szignifikáns az eltérés P<0,05. <kh=kimutatási határ alatti érték (Hg: 0,3 mg/kg).

A kosárfonó fűz leveleinek elemfelvétele

A 4. táblázatban mutatjuk be a szennyvíziszap komposzt és a fűzhamu elemfelvételre gyakorolt hatását. A fűzlevelek esszenciális makroelem-felvételét elemezve megállapítható, hogy a kezelések nem eredményeztek szignifikáns eltérést a nitrogénfelvételt illetően. A levelek foszfor-, kalcium- és magnézium-tartalmában sem figyeltünk meg jelentős változást a kontrollhoz viszonyítva. A szennyvíziszap komposzt és a fűzhamu önmagában való kijuttatása nagyobb (de statisztikailag nem szignifikáns) fajlagos K-felvételt eredményezett a kontrollhoz képest.

A kosárfonó fűz leveleinek mikroelem-felvételére (Cu, Fe, Mn) egyik kezelés sem gyakorolt szignifikáns hatást. A levelek fajlagos cinkfelvétele kisebb volt a szennyvíziszap komposzt és a kombinált kezelést kapott kultúrákban, míg a fűzhamu kijuttatásával a cink felvétele kissé megemelkedett a kontrollhoz viszonyítva.

A fűzlevelek toxikus elem (As, Ba, Cd, Pb) akkumulációját megvizsgálva megállapítottuk, hogy a talajba kijuttatott szennyvíziszap komposztból és fűzhamuból nem került be kimutatható mennyiségben ólom a fűzlevelekbe. A kezelések szignifikáns mértékben nem változtatták meg a fűzlevelek arzén- és báriumtartalmát a kontrollhoz viszonyítva. A fűzhamuval kezelt kultúrában a levelek több Cd-t akkumuláltak, mint a kontroll esetében, míg a szennyvíziszap komposzt és a kombinált kezelést kapott kultúrákban kisebb értékeket mértünk a kontrollhoz képest.

4. táblázat. Szennyvíziszap komposzt és fűzhamu hatása a kosárfonó fűz (*Salix triandra x viminalis* 'Inger') leveleinek elemösszetételére

(szabadföldi kísérlet, Nyíregyháza, levél-mintavétel: 2013. július 11., kezelések: 15 t/ha szennyvíziszap komposzt és 600 kg/ha fűzhamu kijuttatása 2011 júniusában, 2013 májusában)

Elemek		Kezelések			
		Szennyvíziszap komposzt	Fűzhamu	Szennyvíziszap komposzt + Fűzhamu	Kontroll
N	m/m%	2,63 ^a	2,45 ^a	2,69 ^a	2,44 ^a
P		3686 ^a	3620 ^a	3106 ^a	3696 ^a
K	mg/kg	15285 ^b	14872 ^{ab}	13555 ^a	13790 ^{ab}
Ca		10199 ^a	9633 ^a	10262 ^a	10034 ^a
Mg		5390 ^a	5123 ^a	4900 ^a	5356 ^a
Cu		6,30 ^a	5,85 ^a	5,58 ^a	6,43 ^a
Fe	µg/g	68,3 ^a	73,4 ^a	85,0 ^a	76,4 ^a
Mn		74,2 ^a	63,6 ^a	66,2 ^a	69,8 ^a
Zn		53,7 ^a	70,7 ^b	53,1 ^a	60,8 ^{ab}
As		0,93 ^a	0,58 ^a	0,87 ^a	0,84 ^a
Ba	µg/g	3,20 ^a	5,48 ^a	3,82 ^a	4,38 ^a
Cd		0,72 ^{ab}	1,16 ^c	0,59 ^a	0,92 ^{bc}
Pb		<kh	<kh	<kh	<kh

HNO₃/H₂O₂ kivonattól ICP-OES technikával meghatározva. Az elemkoncentrációk az adott kezeléshez tartozó „a” és „b” kevert átlagmintából lettek meghatározva 2-2 ismétléssel. n=4. ANOVA Tukey b-teszt. Különböző betűndek esetén statisztikailag szignifikáns az eltérés P<0,05. <kh=kimutatási határ alatti érték (Pb: 0,32 µg/µg).

Következtetések

A nyíregyházi települési szennyvíziszap komposzt és az energifűz elégetésével nyert fűzhamu elsősorban a fűzlevelek káliumfelvételére gyakorolt pozitív hatást. E jelenség mindenképpen kedvezőnek tekinthető, hiszen a kálium fontos szerepet tölt

be a fotoszintézisben, meghatározza a sejtek ozmotikus potenciálját, a növényi sejtek és szövetek turgorát, szerepe van a növények párologtatásában és légzésében. A kálium fokozza a termésbiztonságot a betegségekkel szembeni ellenállóság elősegítése (vastagabb epidermisz sejtfaalak), a vízháztartás javítása, a megdőlés veszélyének csökkentése és a fagyűrész növelése révén (Loch & Nosticzius, 2004).

A levelek fajlagos toxikuselem-felvételét egyik talajkezelés sem befolyásolta számottevő mértékben. Feltételezhetjük, hogy az általunk alkalmazott mennyiségben a talajba kijuttatott adalékanyagokból nem kerülnek át a biomasszába olyan toxikus elemek, melyek az elégetés után veszélyes mértékben feldúsulhatnak a hamuban.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a Nitrogénművek Vegyipari Zrt. (Pétfürdő) anyagi támogatását. Külön köszönettel tartozunk Erdélyi Ferencnének és Koncz Józsefnek (Geoderma Bt., Budapest) a minták gondos előkészítéséért, illetve analíziséért.

A kutatómunka a TÁMOP 4.2.2 D-15/1/KONV-2015-0014 (Interdiszciplináris kutatói teamek felkészítése a nemzetközi programokban való részvételre az alapkutatás és a célzott alapkutatás területén), Települési szennyvizek innovatív és környezet-tudatos tisztítása és a szennyvíziszapok környezetbarát elhelyezése c. pályázat keretén belül valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BARKÓCZI ZS. – IVELICS R. (2008) Energetikai célú ültetvények. Erdészeti Kisfüzetek. Magán-erdőgazdálkodási Tájékoztató Iroda. Nyugat-magyarországi Egyetem Erdővagyon-gazdálkodási Intézet, Sopron
- GYURICZA CS. (2011) Fás szárú energianövények termesztése (5.). Növénytáplálás energiaültetvényekben. Agroforum, 2011. március. pp. 92-96.
- DIMITRIOU, I. – J. ERIKSSON – A. ADLER – P. ARONSSON – T. VERWIJST (2006) Fate of heavy metals after application of sewage sludge and wood-ash mixtures to short-rotation willow coppice. *Environmental Pollution* 142:160-169.
- LOCH J. – NOSTICZIUS Á. (2004) Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- 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.
- SIMON L. (2010) Energianövények tápanyag visszafoglalásának és nehézfém-akkumulációjának vizsgálata. In: Szabó B. - Tóth Cs. (szerk.): VI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia kiadványa. VI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. Nyíregyháza, 2010. április 22-24. Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, pp. 35-40.
- SIMON L. – SZABÓ B. – VARGA CS. – URI ZS. – BÁNYÁCSKI S. – BALÁZSY S. (2011) Energianövények hozamának és toxikuselem-felvételének vizsgálata. In: Farsang A. – Ladányi Zs. (szerk.): Talajvédelem (különszám). Talajtani Vándorgyűlés kiadványa. Talajtani Vándorgyűlés. „Talajaink a változó természeti és társadalmi hatások között”. Szeged, 2010. szeptember 3-4. Talajvédelmi Alapítvány - Magyar Talajtani Társaság– Szegedi Tudományegyetem, Szeged, pp. 421-430.
- SIMON L. – SZABÓ B. – VINCZE GY. – VARGA CS. – SZABÓ M. – KONCZ J. (2012a) Ammónium-nitrát műtrágya és talajadalékok hatása az energiafűz (*Salix viminalis* L.) elemfelvételére. In: Lehoczky É. (szerk.): I. Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap. „Talaj-víz-növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben”, Debrecen, 2012. november 23. Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 2012. pp. 127-130. (ISBN 978-963-89041-6-4).

- SIMON, L. – VINCZE, GY. – VARGA, CS. – SZABÓ, B. – KONCZ, J. (2012b) Passive phytoextraction of toxic elements from sewage sludge compost by *Salix viminalis* energy plants. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 47, (2): 285-291.
- SIMON, L. – SZABÓ, B. – SZABÓ, M. – VINCZE, GY. – VARGA, CS. – URI, ZS. – KONCZ, J. (2013a) Effect of various soil amendments on the mineral nutrition of *Salix viminalis* and *Arundo donax* energy crops. European Chemical Bulletin, 2(1):18-21.
- SIMON L. – MAKÁDI M. – VINCZE GY. – SZABÓ B. – SZABÓ M. – ARANYOS T. (2013b) Impact of ammonium nitrate and rhyolite tuff soil application on the photosynthesis and growth of energy willow. In: Ungureanu N. – Cotetiu R. – Sikolya L. – Páy G. (eds.): International Multidisciplinary Conference, 10th edition. May 22-24, 2013. Baia Mare, Romania – Nyíregyháza Hungary. Scientific Bulletin, Serie C, Fascicle: Mechanics, Tribology, Machine Manufacturing Technology. Bessenyei Publishing House, Nyíregyháza. pp. 143-146. (ISBN 978-615-5097-66-9).
- SIMON L. (2014) Potentially harmful elements in agricultural soils. In: Bini, C. & Bech, J. (eds.), PHEs, Environment and Human Health. Potentially Harmful Elements in the Environment and the Impact on Human Health. Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London (ISBN 978-94-017-8964-6), pp. 85-137, 142-150.
- SIMON L. – SZABÓ M. – VINCZE GY. – URI ZS. – IRINYINÉ OLÁH K. – MAKÁDI M. – VÍGH SZ. (2015) Energiaövények és szántóföldi haszonnövények tápanyag-ellátásának vizsgálata, különös tekintettel a nitrogén-műtrágyák, biohulladékok és talajadalekok együttes hatásának tanulmányozására. Kutatási zárójelentés. Készült a Nitrogénművek Vegyipari Zrt. (Pétfürdő) számára a Nyír-Inno-Spin Kft. (Nyíregyháza) megbízásából. Nyíregyházi Főiskola, pp. 1-123. (kézirat).