

## A talaj toxikus elem tartalmának alakulása szennyvíziszap kezelés hatására egy energiafűz ültetvényen

Aranyos Tibor József – Makádi Marianna –  
Tomócsik Attila

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma,  
Kutatóintézet és Tangazdaság, Nyíregyházi Kutató Intézet,  
Nyíregyháza  
aranyostibor@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérlet elsődleges célja a kommunális fölösiszap kezelésének megoldása megújuló energiaforrásként alkalmazható fűz (*Salix viminalis* L.) ültetvényen. A vizsgálatokat annak megállapítására végeztük, hogy a kijuttatott szennyvíziszap hatására tapasztalható-e toxikus elem felhalmozódás az egyes talajsíntekben, és az eredmények alapján az energiafűz ültetvény alkalmas-e a kommunális szennyvíziszap kezelésére.

A fölösiszap (víztelenítés előtti iszap) a fűz számára azért kedvező, mert 3–5% szárazanyag-tartalma mellett sok vizet tartalmaz, ami biztosítja a fűz intenzív növekedéséhez szükséges magas vízigényét, másrészt a szennyvíztisztítási folyamat költségének mintegy 30%-át kitevő víztelenítési eljárás költségét a szennyvíztisztító telep megtakaríthatja.

A kijuttatott szennyvíziszap mennyiséget az összes-nitrogén tartalom alapján számítottuk ki. A következő kezeléseket alkalmaztuk: kontroll, 170 kg/ha/év összes-N-terhelés, 250 kg/ha/év összes-N-terhelés. A szennyvíziszapban található toxikus elemek koncentrációjának átlag értékei egyik elemnél sem lépték át a termőföldön történő elhelyezéshez megengedett határértékeket.

A talaj toxikus elemtartalmának eredményeit az 50/2001. (IV.3.) Korm. rendeletben szereplő határértékekkel vetettük össze. A N-tartalom alapján kijuttatható maximális szennyvíziszap-mennyiség nem okozott nehézfém felhalmozódást a talajban, és a kezelt növények is egészségesek voltak, toxicitásra utaló tüneteket nem tapasztaltunk.

**Kulcsszavak:** energiafűz, szennyvíziszap hasznosítás, nehézfém toxicitás, talaj

### SUMMARY

The primary purpose of our experiment was the solution of municipal excess sludge treatment by a renewable energy resource used willow (*Salix viminalis* L.) plantation. Tests were carried out to state whether the applied sewage sludge has caused any accumulation of the toxic elements in the studied soil layers, and - based on the results - to see whether the plantation is suitable for the treatment of municipal sewage sludge.

The excess sludge (sludge before dewatering) is beneficial for the willow, because it contains a 3–5% dry matter and therefore, a lot of water, too. This high water content ensures the high water amount needed for the intensive growth of the willow. On the other hand, the wastewater treatment plant can save the dewatering cost which corresponds to about 30% of the water treatment process costs.

The amounts of the sprinkled sewage sludge were calculated on the basis of its total nitrogen content. Treatments were the followings: control, 170 N kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> and 250 N kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. The mean values of the toxic element concentrations in the sewage sludge did not cross the permitted limits of the land accommodating.

The measured toxic element values of the soil were compared to the limits of the 50/2001. (IV.3.) Government Regulation. The

sprinkled sewage sludge on the bases of the total N content did not cause accumulation of heavy metals in the soil and the treated plants were also healthy without any signs of toxicity.

**Keywords:** energy willow, recycling of sewage sludge, toxic elements, soil

### BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az energia az élet alapfeltétele. Az emberiség környezetszennyező és energiapazarló életvitele következtében a fosszilis energiahordozók kétségtelenül hamarosan kimerülnek, ezért egyre inkább a megújuló energiaforrások kerülnek előtérbe. Az energetikai faültetvények is a megújuló energiaforrások közé sorolhatók, melyek telepítésének elsődleges célja a biomassza-termelés és az energetikai felhasználás.

A fűzféléket a hazánktól csapadékosabb, hűvösebb éghajlatú országokban, ahol a nemesnyárok és az akác jól sarjadzó, gyorsan növekvő fajai gazdaságosan nem termesztethetők, a rövid vágásfordulójú energiaültetvényekben kezdték el széles körben alkalmazni (Lukács, 2007). A fűzek jól viselik a szélsőséges termőhelyeket, tavasszal vízzel borított, nyáron kiszáradt, vízutánpótlás nélküli területeken is jól fejlődnek (Borhidi, 2003). Hoffman (1998) szerint 4 éves üzemelési időnél, laza talajon és jó vízellátottság mellett kb. 8–10 t/ha/év hozamra képes. A növény magas szalicil alkohol tartalma miatt igen magas fűtőértékkel rendelkezik, kb. 29,2 MJ/kg (Kiss, 2005). Emellett a biomassza elégetése során nem szabadul fel több CO<sub>2</sub>, mint amennyi a fotoszintézis során megkötődött. Így a Kiotói Egyezményben megfogalmazott, CO<sub>2</sub> kibocsátásra vonatkozó szabályozások teljesítéséhez jelentős mértékben hozzájárul.

A 25/2002. (II.27.) Korm. rendeletben meghatározott Nemzeti Települési Szennyvíz-elvezetési és Tisztítási Megvalósítási Program keretén belül a szennyvíztisztító telepeken keletkező szennyvíziszapok elhelyezését 2008 és 2015 között meg kell oldani, ami már napjainkban is problémát jelent. Külföldön már évek óta sikeresen alkalmaznak fűzültetvényeket kommunális és ipari szennyvizek, szennyvíziszapok kezelésére, hogy a növények felvétele által csökkentse a szennyező anyagok mennyiségét, tápanyagot juttassanak ki, és segítsék a szerves szennyezők mikrobiális lebontását. A módszernek környezeti és gazdasági előnyei is vannak, hiszen viszonylag kis gépi és minimális élőmunka igénnyel jelentősen nagyobb faanyag hozam állítható elő, mint iszaptrágyázás nélkül. Továbbá a talajt szerves anyaggal gazdagítja, a növény pedig tápanyagot kap és nehézfémeket von el a talajból, ezen kívül öntözésként is felfogható egy-egy kezelés a nagy víztartalom miatt.

Az energiafűznek további előnye a hagyományos növényekkel szemben szennyvíziszap felhasználási szempontból a hosszú vegetációs idő, magas vízigény, jó tápanyagfelvevő képesség minimális kioldódási veszteséggel, költséghatékonyabb szennyvízkezelés. Humán szempontból fontos, hogy a megtermelt szervesanyag a táplálékláncba nem kerül vissza, így mind a fertőzés, mind a potenciálisan mérgező anyagok továbbvitelének veszélye elkerülhető.

Fontos viszont az égetés során keletkező hamu megfelelő kezelése, az előírások betartása (Liebhard, 2009).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérleti terület Mátészalka város határában helyezkedik el, talaja öntés réti talajtípusba sorolható, az éves csapadékmennyiség körülbelül 600 mm. E területen a Kraszna folyó jelentős talajformáló szerepet töltött be régen és napjainkban is. Ezekben a talajtípusokban mind a réti folyamatok, mind a talajok öntésjellege megfigyelhető. A réti talajokra jellemző humuszképződés, valamint az öntésterületek hordalékanyagának rétegzettsége egymás mellett látható. A szelvények humuszos szintje jól elkülöníthető, általában 30–40 cm terjedelmű és 2–3% szerves anyagot tartalmaznak (Stefanovits et al., 1999). A vizsgált

terület talajának általános tulajdonságait az 1. táblázatban tüntettük fel.

A 15 ha területű ültetvény telepítése a 2007-es évben történt. Az ültetési hálózat ikersoros kialakítású, melynek sorköze 70 cm. A három kezelés (kontroll, 170 kg N/ha/év és 250 kg N/ha/év) hatását négy ismétlésben vizsgáltuk. A pálcás sűrítőről lekerülő szennyvíziszapot (víztelenítés előtti iszap) terelő Y toldattal ellátott, 10 m<sup>3</sup>-es szippantókocsival szállítottuk ki a területre két alkalommal. A kísérletben felhasznált szennyvíz a Szalka-Víz Kft. Mátészalkai Szennyvízkezelő Telepéről származott. A kihelyezett iszap szárazanyag-tartalma 2–4% között változott, pH-értéke 6,3–6,7. A szennyvíziszap minták átlageredményeit és az engedélyezett határértékeket a 2. táblázatban láthatjuk. A talajmintákat a tenyésztődés alatt két alkalommal, a szennyvíziszap kijuttatása előtt (június), illetve a kijuttatás után (szeptember) a 0–30 és 30–60 cm-es talajmélységekből szedtünk. A toxikus elemtartalmak jellemzését és értékelését talajminták esetében az 50/2001. (IV.3.) Korm. rendeletben közölt, szennyvíz, szennyvíziszap és szennyvíziszap komposzt kihelyezésére alkalmas talajokat jellemző határértékek alapján végeztük. Az eredmények kiértékeléséhez SPSS 13.0 programot használtunk, a kezeléseket egytényezős varianciaanalízissel hasonlítottuk össze 95%-os valószínűségi szinten.

1. táblázat

A vizsgált terület talajának általános tulajdonságai

| pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | y <sub>1</sub> | humusz (%) (1) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) | K <sub>2</sub> O (mg/kg) |
|---------------------|--------|----------------|----------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 5,77                | 4,38   | 11,09          | 3,26           | 94,36                                 | 290,26                   |

Table 1: The general characteristics of the studied soil Humus(1)

2. táblázat

Szennyvíziszap minták toxikus elemtartalma és az 50/2001. (IV.3.) Korm. rendeletben meghatározott határértékek

| Toxikus elemek(1)                                 | As    | Hg    | Cd    | Cu   | Zn   | Pb   | Co    | Cr    | Ni   | Se     | Mo    |
|---|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|--------|-------|
|   | mg/kg |       |       |      |      |      |       |       |      |        |       |
| Mért érték(2)                                     | 5,47  | <1,00 | 0,089 | 4,64 | 19,5 | 2,65 | 0,142 | 0,484 | 0,29 | <0,200 | <1,00 |
| Határértékek termőföldön történő elhelyezéshez(3) | 75    | 10    | 10    | 1000 | 2500 | 750  | 50    | 1000  | 200  | 100    | 20    |

Table 2: The average values of the toxic element content of sludge samples and the specified limits by 50/2001. (IV.3.) Government Regulation

Toxic elements(1), Measured values(2), Limits for land application(3)

## EREDMÉNYEK

3. táblázat

A 0–30 cm-es talajréteg kémhatása mind a vizes, mind a KCl-os pH-t tekintve csak kis mértékben emelkedett a szennyvíziszap kijuttatása után (3. táblázat). Ez a minimális változás valószínűleg a szennyvíziszap közel semleges kémhatásának köszönhető.

A talajmintákban a kezelés előtt és kezelés után mért toxikus elemtartalmakat a 4. táblázatban összesítettük, melyben az egyes elemekre vonatkozó határértékeket is feltüntettük.

Amint a 4. táblázatból látható, az ólomtartalom nem változott a kezelésekre hatására. A kísérleti terület talajában nem tapasztaltunk magas ólomtartalmat kezelés előtt és kezelés után sem.

A talaj kémhatásának változása

| Talaj kémiai tulajdonságai(1) | Kijuttatott Nitrogén (kg/ha/év)(2) | Vizsgálati időpontok(3) |               |
|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------|
|                               |                                    | Június(4)               | Szeptember(5) |
|                               |                                    | 0-30 cm                 |               |
| pH H <sub>2</sub> O           | 0                                  | 5,54                    | 5,65          |
|                               | 170                                | 5,88                    | 5,99          |
|                               | 250                                | 5,90                    | 6,04          |
| pH KCl                        | 0                                  | 4,16                    | 4,23          |
|                               | 170                                | 4,49                    | 4,52          |
|                               | 250                                | 4,51                    | 4,59          |

Table 3: Changes in the soil pH

Soil chemical characteristics(1), Applied nitrogen kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>(2), Measuring dates(3), June(4), September(5)

Talajban vizsgált elemek koncentrációja a kezelés előtt és kezelés után

| Talajban vizsgált elemek(1) | Kijuttatott Nitrogén kg/ha/év(2) | Vizsgálati időpontok(3) |               |           |               | Talajban megengedett határérték (mg/kg)*(6) |
|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------|-----------|---------------|---|
|                             |                                  | Június(4)               | Szeptember(5) | Június(4) | Szeptember(5) |   |
|                             |                                  | 0-30 cm                 |               | 0-60 cm   |               |   |
| (mg/kg)                     |                                  |                         |               |           |               |   |
| <b>Pb</b>                   | 0                                | 40,1                    | 38,8          | 36,0      | 36,8          | 100   |
|                             | 170                              | 31,9                    | 35,1          | 29,8      | 34,5          |   |
|                             | 250                              | 32,7                    | 34,8          | 31,0      | 33,1          |   |
| <b>Cd</b>                   | 0                                | 1,4                     | 1,7           | 1,3       | 1,7           | 1   |
|                             | 170                              | 1,2                     | 1,6           | 1,2       | 1,7           |   |
|                             | 250                              | 1,3                     | 1,7           | 1,3       | 1,7           |   |
| <b>Co</b>                   | 0                                | 19,3                    | 15,5          | 20,2      | 19,3          | 30  |
|                             | 170                              | 16,8                    | 17,0          | 18,3      | 18,8          |   |
|                             | 250                              | 18,2                    | 16,4          | 19,9      | 18,6          |   |
| <b>Cr</b>                   | 0                                | 73,1                    | 70,2          | 72,9      | 76,7          | 75  |
|                             | 170                              | 56,3                    | 67,6          | 59,0      | 72,0          |   |
|                             | 250                              | 57,2                    | 64,5          | 60,0      | 69,7          |   |
| <b>Cu</b>                   | 0                                | 37,3                    | 34,0          | 34,8      | 35,0          | 75  |
|                             | 170                              | 27,4                    | 29,8          | 27,7      | 29,8          |   |
|                             | 250                              | 28,0                    | 29,1          | 28,8      | 30,0          |   |
| <b>Mo</b>                   | 0                                | 0,5                     | 0,7           | 0,4       | 0,7           | 10  |
|                             | 170                              | 0,5                     | 0,7           | 0,5       | 1,0           |   |
|                             | 250                              | 0,5                     | 0,8           | 0,5       | 0,8           |   |
| <b>Ni</b>                   | 0                                | 56,6                    | 42,4          | 52,9      | 47,1          | 40  |
|                             | 170                              | 43,0                    | 41,4          | 44,5      | 41,5          |   |
|                             | 250                              | 44,9                    | 40,4          | 48,1      | 41,9          |   |
| <b>Zn</b>                   | 0                                | 144,3                   | 151,8         | 136,3     | 156,3         | 200   |
|                             | 170                              | 108,2                   | 131,3         | 108,9     | 137,3         |   |
|                             | 250                              | 109,9                   | 129,5         | 111,4     | 133,5         |   |
| <b>As</b>                   | 0                                | 5,3                     | 5,4           | 5,8       | 6,1           | 15  |
|                             | 170                              | 5,5                     | 5,6           | 6,0       | 6,1           |   |
|                             | 250                              | 5,4                     | 5,7           | 6,0       | 6,7           |   |

\*10/2000. (VI. 2.) rendelet szerint(7)

Table 4: Concentrations of the examined elements in the soil before and after sludge treatment

The examined elements in the soil(1), Applied nitrogen kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>(2), Measuring dates(3), June(4), September(5), Permitted limits in the soil mg kg<sup>-1</sup>(6), \*by 10/2000. (VI.2.) Regulation

A talaj kadmium-tartalma a rendeletben meghatározott határértéket meghaladta a kezelt és a kontroll parcellákban egyaránt. Ez azonban ellentmond a területre kiadott engedélyhez elkészített talajvizsgálatok eredményeinek, melyekben a kadmium-tartalom határérték alatt volt.

A talaj kobalt (Co)-tartalma a kezelése után mind a 0–30 cm-es, mind a 30–60 cm-es rétegében kismértékben csökkent, mely azzal magyarázható, hogy savas közegben a Co oldhatóvá válik, kilúgozódhat, valamint a növények számára könnyen felvehetővé válik.

A réz (Cu)-tartalom szennyezetlen talajokban általában 1–50 mg/kg között változik, ezt az értéket a vizsgált rétegekben nem lépték át az eredmények a kijuttatás előtt és a kijuttatás után sem.

A molibdén (Mo) a lúgos kémhatású talajokban könnyen felvehetővé válik, így a kívánatosabbnál több kerülhet be a növényekbe. A vizsgálati eredmények alapján a szennyvíziszap kezelés a kontrollhoz képes mind a 0–30 cm-es, mind a 30–60 cm-es rétegekben kismértékben, bár statisztikailag nem igazolhatóan nö-

velte a talaj Mo-tartalmát, de koncentrációja továbbra is alacsony, nagyságrendekkel a határérték alatt maradt.

Nikkel (Ni) a mezőgazdasági területek talajába főképpen a szennyvíziszap valamilyen hasznosítása során kerülhet. Vizsgálati területünkön a határértéket kevéssel meghaladó értékeket kaptunk mindhárom kezeléskor már a kijuttatás előtti méréskor. Kezelés után az értékek kis mértékben csökkentek mindkét vizsgált talajmélységben, amiből a nikkel talajbeli mozgékony-ságára és növények általi könnyű felvehetőségére következtethetünk.

A cink (Zn) esszenciális mikroelem a növények számára, átlagos mennyisége hazai talajainkban 25–100 ppm alatt van. A két vizsgált talajmélységben nem változott jelentősen a Zn-tartalom a szennyvíziszap alkalmazása során, határérték alatt maradtak az eredmények. Valószínűleg azért nem növekedett a talaj cink-tartalma, mert a cink az egyik legkönnyebben felvehető esszenciális mikroelem, és nagyobb mennyiségben vehették fel a növények a gyökérrendszerük segítségével.

Az arzén (As) nem esszenciális mikroelem, elsősorban a növények gyökerében akkumulálódik, a növényben nehezen transzlokálódik. Hasonlóan a cinkhez, az arzénál sem tapasztaltunk számottevő változást a kijuttatás hatására.

#### **KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK**

A talajvizsgálati eredmények alapján a szennyvíziszap-kezelés nem okozott toxikus elemfelhalmozódást az egyes talajszintekben. A vizsgált toxikus elemek közül csak a kadmium és nikkelt esetében mértünk határértéket kismértékben meghaladó mennyiséget a talaj egyes rétegeiben, ez azonban a kontroll területre is

igaz, tehát nem a szennyvíziszap kijuttatás következménye. Ennek alapján a fűzültetvény alkalmas kommunális szennyvíziszap kezelésére, mely segít megoldani a szennyvíztisztító telepek szennyvíziszap elhelyezési problémáit, emellett jelentős költségmegtakarítással jár. A fűz energetikai tulajdonságainak értékelése, valamint az égetés során keletkezett hamu hasznosítási lehetőségeinek meghatározása viszont egy előtűnk álló feladat.

A kísérlet első évi eredményei alapján tehát érdemes a munkát tovább folytatni, szükséges a rendszeres kijuttatás talajtani hatásának mérleg elvű elemzése, ami alapján az üzemi méretű alkalmazás biztonságosan megvalósítható.

#### **IRODALOM**

- Borhidi A. (2003): Magyarország növénytakasulásai. Akadémiai Kiadó. Budapest. 383–392.
- Hofmann, M. (1998): Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb. Merkblatt des Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten. 11. Hann. Münden.
- Kiss E. (2005): Mérési jegyzőkönyv. Dunaújvárosi Főiskola, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék. Dunaújváros. 3.
- Liebhart, P. (2009): Energetikai faültetvények. Cser Kiadó. Budapest. 5. 17: 78–79.
- Lukács G.S. (2007): Zöldenergia kézikönyv. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 97–98.
- Stefanovits P.–Filep Gy.–Füleky Gy. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- 25/2002. (II. 27.) Korm. rendelet a Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és tisztítási Megvalósítási Programról. Magyar Közlöny. 27. 1596–1640.
- 10/2000. (VI. 2.) KÖM–EÜM–FVM–KHVM e. r. A felszín alatti víz és a földtani kőzet minőségi védelméhez szükséges határértékekről. Magyar Közlöny. 3156–3167.