

Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi és Informatikai Kar
Földtudományok Doktori Iskola
Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Intenzív halnevelő-telepről származó szennyvíz mezőgazdasági elhelyezésének és
hasznosításának vizsgálata energiafűz kísérletben

Doktori (Ph.D) értekezés tézisei

Kun Ágnes

Témavezető:

Dr. Barta Károly egyetemi docens

Külső konzulens:

Bozán Csaba tudományos főmunkatárs

NAIK Öntözési és Vízgazdálkodási Önálló Kutatási Osztály

Szeged

2017

Bevezetés és célkitűzés

A globális trendek abba az irányba mutatnak, hogy a klímaváltozás negatív hatásai – összefüggésben a növekvő népesség egészséges ételmiszer és tiszta ivóvízhez való hozzáféréseinek lehetőségével – a hosszútávon fenntartható ételmiszertermelést a jelenlegi mezőgazdasági vízhasználati szabályozások mellett kérdésessé teszik. A mezőgazdaság jelenlegi igénye a világ édesvízkészletére fenntarthatatlan. A növénytermesztés naponta 7,4 billió liter vizet használ fel öntözésre. Becslések szerint 2025-re 1,8 milliárd ember fog olyan vidéken vagy országban élni, melyet abszolút vízhiány jellemez és a lakosság kétharmadát fogja valamilyen víz konfliktus érinteni a klímaváltozás következtében (FAO 2014).

Az agrárszektorban jelentkező vízhiány megoldása a mezőgazdasági vízgazdálkodás eszközein keresztül lehetséges. A vízkészlet növelése (pl. vízvisszatartás egyéni gazdaságok szintjén – lefolyás csökkentésén, beszivárgás növelésén keresztül) és az öntözővíz-vesztések csökkentése (átlagosan a felhasznált víz 40%-a éri csak el az öntözött növény gyökerét) mellett a használt vizek újrafeldolgozása és újra hasznosítása azok az eszközök, amelyek növelhetik az öntözésre elérhető víz mennyiségét (FAO 2012). Az ilyen vizek új vízforrásnak tekinthetők, melyek meghatározó szerepet játszanak a vízgazdálkodásban a globális vízhiány miatt, ezért felhasználásuk elengedhetetlen a legtöbb szárazsággal küzdő régióban (Francés et al. 2017).

A szélsőséges vízháztartási helyzetek fokozódásával a változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodás megköveteli az eddigi hazai mezőgazdasági gyakorlat módosítását is. Az éghajlatváltozás következményeként hazánkat is sújtja a leginkább arid régiók sajátosságainak tekintett csökkenő és/vagy kedvezőtlen eloszlású csapadékmennyiség. Az éghajlatváltozás kisvizeket apasztó hatása már most is kimutatható, ezért a kisvízfolyásaink hasznosítható hozamának jelentős csökkenésére kell számítani, ezáltal növekszik a vízhiánnyal küzdő, és ezért ökológiai szempontból is érzékeny víztestek köre (Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv 2015). A vízfolyásokból, tavakból történő felszíni vízkivételek közül leginkább a kisvízi időszakban jelentkező öntözés, és – ha van – a halastavak frissvíz igénye, valamint a hűtési-energetikai célú vízkivétel lehet kritikus (Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv 2015).

A klíma adaptáció egyik fontos eleme lehet az öntözéses gazdálkodási formák kiszélesítése, a víz- és energiatakarékos öntözési módok és módszerek előtérbe helyezése és nem utolsósorban a használt vizek (szennyvizek, hulladékvizek, elfolyóvizek, stb.) öntözéses hasznosítása. Az utóbbi jelentősége felértékelődik napjainkban, ugyanis az előbbieken bemutatott klímaváltozás hatásai miatt a legszárazabb nyári periódusokban a felszíni vizek

kihasználtsága mellett jelentős értéket képviselhet a szennyvíz által biztosított öntözővízforrás is. A szennyvízhasznosítás jövőjére nézve, a bioenergia nyerés térhódítása kapcsán létesülő energia ültetvények új perspektívát jelenthetnek: a szennyvíz alkalmas az ültetvények víz- és tápanyagszükségletének kielégítésére (Vermes, 2017).

Magyarország jelentős mezőgazdasági szennyvíz kibocsátási potenciállal rendelkezik, összesen 112 millió m³/év a halas tavi, feldolgozó üzemekből, élelmiszeripari üzemekből és szeszfőzdekből származó használt víz mennyisége. Ez a potenciál sikeresen összekapcsolható a faültetvényeken történő felhasználással, mivel egyrészt kielégítheti annak tápanyag-igényét, másrészt annak tulajdonságai (nagy párologtató-képessége, biomassa produkciója, víz és tápanyag-hasznosítása) részben mérséklék a humán-egészségügyi és környezeti kockázatokat. *Azonban jelentős kihívásokkal is szembe kell néznie az országnak a szennyvíz kezelés és hasznosítás terén, figyelembe véve a rétegvíz eredetű szennyvizek jelentős mennyiségét (48 millió m³) és tulajdonságait (nagy összes oldott só és nátrium tartalom), mivel azok öntözéses hasznosítás esetén a talajok egészséges állapotát veszélyeztethetik.* Az antropogén szikesedés valamennyi formája veszélyezteti a természeti erőforrásunkat, a talajt, ezért a folyamatok megelőzése és (kialakulásuk esetén) mérséklésük a szennyvízöntözés során elengedhetetlen.

Kutatásom valamennyi célkitűzése az öntözés és talajdegradáció bonyolult kapcsolatrendszerének feltárására irányult hazai kísérleti területen. Doktori dolgozatomban a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) Öntözési és Vízgazdálkodási Önálló Kutatási Osztály (ÖVKI) és az Erdészeti Tudományos Intézet (ERTI) „Mezőgazdasági eredetű szennyvizek öntözéses hasznosítása” c. közös projektjében végzett kutatási eredményeimet használtam fel. A projekthez tartozó kísérletben egy szarvasi intenzív afrikai harcsanevelő telepről származó, (rétegvíz eredetű) szennyvíz (későbbiekben elfolyóvíz) különböző módon kezelt formáit használtam fel fásszárú energiaültetvény öntözésére. Hipotézisem szerint a víz tápanyagtartalma hasznosul a növények felvétele által és a talaj tápanyag-ellátottságának növekedésével, mialatt a vízkincs részben hozzájárul a víz helyben tartásához és az öntözött mezőgazdasági kultúra számára elérhető talaj-vízkészlet növekedéséhez. Célom:

1. *meghatározni két különböző eredetű öntözővíz (Körös víz, intenzív halnevelő telep elfolyóvíze) minőségét a jelenlegi hazai és nemzetközi öntözővíz minősítő rendszerek alapján, valamint olyan vízkezelési módszert kidolgozni, amellyel az öntözésre alkalmatlan vizek is mezőgazdasági elhelyezésre alkalmassá tehetőek, a javítás*

hatékonyságát, a víz talajra gyakorolt hatását célozom a szennyvíz kísérleti körülmények közötti felhasználásának eredményeivel igazolni;

2. a fentiek alapján minősített vizek öntözéses hasznosítása során *a talajban bekövetkező változásokat és a növényekre gyakorolt hatásukat azonosítani* különös tekintettel:
 - a talaj sótartalmának változására, a területek sómérlegének értékelésére és a talaj kicserélhető nátrium tartalmának vizsgálatára (szikesedés lehetséges mértéke);
 - a talaj tápanyag-ellátottságában (makro- és mikroelemek) bekövetkező változásokra (a szennyvíz tápanyag-utánpótló hatása);
 - a fűz biomassza tömegének változására;
3. *megítélni a szennyvíz mezőgazdasági elhelyezésének és hasznosításának a fenntarthatóságát* a talaj- és vízvédelem szempontjai szerint, az átfolyásos liziméteres kísérletben összegyűjtött csurgalékvizek kémiai összetételének elemzése és kiértékelése, a kísérlet első és második évére nitrát és nátrium mérleg készítése alapján (hatáselemzés);
4. a különböző összetételű öntözővizek (nyers, javított) hatására bekövetkező talajtani változások alapján *visszacsatolást megfogalmazni a magyar öntözővíz minősítő rendszer fejlesztéséhez.*

Anyag és módszer

A szennyvízöntözési kísérlet leírása

Kutatásaim során három vízforrást használtam fel energiafűz és nyár ültetvény öntözésére, két helyszínen: a NAIK ÖVKI Liziméter Telepén és a NAIK ÖVKI fűz-nyár szabadföldi kísérleti területen.

A kezeletlen szennyvíz egy szarvasi intenzív afrikai harcsanevelő-telep közvetlen kifolyó használt vizéből származott, amelyet a liziméteres kísérletben használtam fel. Az átfolyóvizes rendszerben történő halnevelés során a halak takarmányozására magas fehérjetartalmú tápokot használnak, amelyhez a megfelelő vízminőséget folyamatos vízcserével, termálvíz kútból biztosítják (Tóth et al. 2016). A szabadföldi kísérleti területen kivitelezett öntözés során az elfolyóvíz tápanyagtartalmának csökkentésére kialakított létesített vizes élőhely első stabilizációs tavának vizét alkalmaztam. Mindkét kísérleti területen kontroll öntözővízként a Szarvas-Békésszentandrás Holt-Körös (Bikazugi-holtág) vizét használtam fel, amelyet a későbbiekben „Körös vízként” neveztem meg. A fenti három víztípuson kívül egy kalcium-szulfáttal javított szennyvizet is alkalmaztam öntözésre,

kizárólag a liziméteres kísérletben. A javítóanyag szükséglet számítását a nyers elfolyóvíz 1:3 arányban Körös vízzel történő hígítása után tettem meg, az alábbi egyenlet alapján:

$$x = Sz_e * E$$

ahol x = a javítóanyag mennyisége (mg/l vagy g/m³), Sz_e = szódaegyenérték, E = a javítóanyag egyenérték tömege (gipsz esetén 86,1 mg/l). A hígítás célja a víz összes oldott sótartalmának csökkentése a maximálisan javasolt 500 mg/l körüli határérték körüli szintre, míg a hozzáadott gipsz javítóanyag célja a nátrium százalék csökkentése volt.

A kísérleti terek, öntözött növények

A liziméteres kísérlet megkezdése előtt (2014) a liziméter edények (1 m³) egységesen, rétegzettség nélkül, szolonyeces réti talaj feltalajával lettek feltöltve 80 cm mélységben. Egy edényben két fűz egyed található (NAIK ERTI: Naperti, 77 klón), az edények körül 1,25 m, ill. 0,75 m szélességű sáv található a szegélyhatás csökkentése érdekében. Minden klón kezelésenként 4 ismétlésben fordul elő. A kísérletben 8 féle kezelést alkalmaztam: Kontroll (öntözetlen), szennyvíz 15 mm (H15), szennyvíz 30 mm (H30), szennyvíz 60 mm (H60), Körös víz 15 mm (K15), Körös víz 30 mm (K30), Körös víz 60 mm (K60) öntözési normákkal és végül a kezelt szennyvíz kizárólag 60 mm öntözési normával (HG60). Az öntözés mikroöntözési móddal történt. Az öntözési fordulók száma időjárástól függően változott.

A kísérlet második helyszíne a fűz-nyár kísérleti tér 0,3 ha szabadföldi területtel. A kísérletben szintén a NAIK ERTI fajtajelölt fűz klónjai (Naperti, 82 klón) és az általuk nemesített Kopecky-nyár random blokk elrendezésben lettek telepítve 2013-ban. A terület öntözése 2013-ban kezdődött csévélődobos öntözőberendezéssel, majd 2015-ben csepegtetőtestes megoldást telepítettek. Öntözetlen parcella nem található ebben a kísérletben. A területen található 18 parcella azonos méretű: 136,5 m². Egy parcella hossza 13 m, szélessége: 10,5 m. Minden parcellában 8 sor található. A sortávolság 2,5 m, a tőtáv 0,5 m.

Mintavételek és laboratóriumi vizsgálatok

A vegetációs időszakok alatt összesen 33 öntözővíz mintavétel eredményét elemeztem a két éves kísérlet során. A pH, EC, m-lúgosság, hidrogén-karbonát, kationok (Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺) paramétereket az öntözővíz minőségének elemzéséhez használtam fel, amelyekből elsősorban a víz szikesítő hatására következtettem. A klorid, szulfát paramétereket elsősorban az öntözőrendszerre való kockázatuk miatt értékeltem. A nitrogén, kálium és foszfor

különböző formáit az öntözővíz tápanyagtartalmának elemzéséhez és a nitrát szennyezés kockázatának felméréséhez használtam fel. Valamennyi talaj-, víz- és növényminta laboratóriumi vizsgálata a vonatkozó magyar szabvány szerint valósult meg.

A liziméter tenyészedenyeken átszivárgó csurgalékvíz elemzések elsődleges célja a nitrát szennyezés kockázatának és a nátrium felhalmozódás mértékének a felmérése volt az öntözési kezelések hatására. A liziméteres fűz kísérletben keletkezett csurgalékvizek mennyiségét 2015.07.03.- 2017.04.21. között (22 hónapon keresztül), 33 alkalommal vizsgáltam 64 liziméter edényben, az elemzés összesen 2112 mérés eredménye alapján készült. A naponta (munkanapokon) zajló mérések során minden kísérletben szereplő liziméter edényhez tartozó csurgalékvíz-gyűjtő edényben (összesen 64 db) keletkezett vizek mennyiségét feljegyeztem (mérés pontossága 0,02 dl) és a mérést követően az edényeket kiürítettük. A nyári és téli időszakokban is történt a csurgalékvizekből mintavétel. A téli vízminták január és február hónapokból származnak, két évből (2015, 2016). A nyári vízminták július és augusztus hónapokban megjelent csurgalékvizekből lettek gyűjtve (2015, 2016, 2017). A vizsgált paraméterek azonosak az öntözővíznél is megtalálhatóakkal. Az eredmények alapján nitrogén és nátrium mérlegszámítást végeztem, melyhez az input anyagmennyiségeket minden esetben az adott évben talajra jutó nitrogén műtrágya mennyiség, az öntözővíz és az esővíz nitrogén tartalma jelentette, az output mennyiség volt a növények által (szárban) felvett nitrogén mennyiség és a csurgalékvízzel távozott nitrogén mennyiség. Az input és output különbségét tekintetem a mérleg eredményének. A nátrium esetében ugyanezt a módszert alkalmaztam (input tényezők közt nem szerepelt a műtrágya).

A talajmintavételek során minden esetben bolygatott, fűt mintát gyűjtöttem. A talajmintavételek mindkét kísérleti területen az öntözést megelőzően, lehetőség szerint tavaszi időpontban és öntözést követően, ősszel igyekeztem megvalósítani. A Liziméter Telepen található fűz kísérletben az edények talaját 3 ismétlésben és 3 mélységben mintáztam (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm). A szabadföldi fűz-nyár kísérleti területen valamennyi parcella talaját, szintén 3 ismétlésben, 3 mélységben mintáztam (0-30 cm, 30-60 cm és 60-90 cm). A talajminták vizsgált paraméterei három fő csoportba sorolhatóak. Az alapvizsgálatok (pH, kötöttség, sótartalom, mésztartalom, humusztartalom) elemzésével a talaj mintavételi időpontjában jellemző állapotot mértem fel. A tápanyag-vizsgálatok (KCl-NO₂⁻+NO₃⁻N, AL-P₂O₅, AL-K₂O) eredményeivel a növények számára elérhető tápanyag-készletet elemeztem. A kicserélhető kationok (Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺) és az ammónium-laktát oldható nátrium (AL-Na) értékek elemzéséből a talaj szikésedésére következtettem.

A liziméteres kísérletben a növényi mintavételek minden esetben az öntözési idények végén történtek meg. A kutatásomhoz a 2015. évi vegetációs periódusban növekedett növények mintavételéből (2015.10.07.) származó laboreredményeket használtam fel. Az elemzések során a növényminták szárazanyag-tartalmát, kalcium és nátrium koncentráció értékeit használtam fel. A liziméteres fűz kísérlet biomassza mérése mindkét évben vegetációs időszakon kívül valósult meg, 2015 decemberében és 2016 januárjában. A különböző kezelésekben mért átlagos biomassza tömegek mindegyike négy liziméter edény, egyenként két-két fűz egyed tömegének átlagát jelenti. A szárazanyag meghatározást minden ismétlés esetében külön végeztem el, amelyhez a letermelés idejében valamennyi liziméteredényből szármintákat gyűjtöttünk.

Sómérlegszámítás módszere

A vizsgált két éves időszakra (2015 tavaszától 2017 tavaszáig) valamennyi kezelésben, a teljes talajszelvényre elvégeztem a sómérleg számításokat (Darab 1961). A sómérleg számítása során meghatároztam a talaj sókészletét a megfigyelés elején és végén, amelyhez az alábbi paramétereket használtam fel: a talajvízben oldható összessó-tartalmát a talaj térfogattömegét és a talajréteg mélységét. A sókészletek különbsége jelentette a sókészlet változását a megfigyelés időszaka alatt. A sóforgalom kiszámításához a sókészletből kivontam az öntözési idény alatt kijuttatott sómennyiséget.

Statisztikai módszerek

Munkám során az adatelemzéshez az IBM SPSS 22.0 szoftverét és a Microsoft Office Excel programját használtam. A mintavételi időpontok közötti különbségeket, a szennyvíz és a Körös víz közötti különbséget a legtöbb esetben független mintás t-próbát alkalmaztam. Azon paraméterek esetében, ahol a normál eloszlás vagy a homogén variancia (szórás egyezés) feltétele nem teljesült, független mintás nem parametrikus tesztet alkalmaztam (Mann-Whitney U Test). A kezelések közötti és a víztípusok közötti különbségek leírásához egy tényezős varianciaanalízist alkalmaztam. Ha a homogén variancia feltétele nem teljesült, akkor a csoportok közti megkülönböztetéshez Tukey-féle HSD teszt helyett a Dunnett T³ tesztet alkalmaztam. Amennyiben az egytényezős varianciaanalízis feltételei nem teljesültek nem parametrikus tesztet alkalmaztam és a Kruskal-Wallis teszt eredményeit értékeltem. A csurgalékvíz mintákból származó (vízminőségi) adatsorok elemzéséhez főkomponens analízist alkalmaztam. Ennek segítségével az azonos tulajdonságú

vízkémiai paramétereket csoportokba soroltam, majd a kezelések és időpontok közötti különbségek feltáráshoz a fent már ismertetett módszereket alkalmaztam.

Eredmények

A kutatásom általános célja egy szarvasi, intenzív üzemű (afrikai harsca) halnevelő-telep rétegvíz eredetű elfolyóvizének a mezőgazdasági hasznosítási lehetőségének megtalálása volt, egy lehetséges alternatívát mutatva ezzel a napjainkban még „hasznosíthatatlannak” minősített elfolyóvíz felhasználására.

Az öntözővizek minőségének meghatározása során az alábbiak szerint jellemeztem a különböző forrásból származó vizeket. A hazai osztályozások szerint a Körös víz öntözésre kifogástalanul alkalmas, az elfolyóvíz öntözésre legfeljebb szikes talajon javasolt felhasználásra, elsősorban nagy nátriumszázalék értéke (~85%), SAR értéke (~12) és szódaegyenértéke (13 mgeé/l) miatt. A gipszezett öntözővíz a magyar osztályozások szerint nem kerülhetett kedvezőbb öntözővíz minősítésbe, mint az eredeti elfolyóvíz elsősorban a nagy hidrogén-karbonát (~900 mg/l) tartalma és az összes oldott sótartalom növekedése (~1200 mg/l) miatt. Az eredeti elfolyóvíz és a Körös víz, valamint a kémiai javítóanyag együttes alkalmazásával javítható az elfolyóvíz minősége. *A kezelt szennyvízre jellemző nátriumszázalék (~51%) érték, SAR érték (~3,5) és szódaegyenérték (~3 mgeé/l) is lényegesen kisebbek, mint a nyers szennyvízre jellemzők, így kedvezőbb besorolásba kerülhetett a Filep-féle osztályozás szerint (1. táblázat). A nemzetközi osztályozások megfelelő drénviszonyok és korlátozások mellett a szennyvizet és a kezelt szennyvizet is öntözésre alkalmasnak ítélik meg (1. táblázat).*

1. táblázat. A kísérletben felhasznált öntözővizek minősítésének összefoglaló táblázata

| | 90/2008. (VII.18) FVM rendelet | Filep-féle osztályozás | FAO | USDA |
|-------------------------------|---|--|---|--|
| <i>Körös</i> | minden esetben használható | „kifogástalan” vízminőségű | felhasználása nem korlátozott, de a talaj beszivárgási tulajdonságaira veszélyt jelenthet | mérsékelt kilúgozás mellett felhasználható, kis nátrium tartalmú |
| <i>Szennyvíz</i> | csak szikes talajon javasolt felhasználásra | „öntözésre nem használható és nem javítható” víz | korlátozások mellett felhasználható | csak jó drénviszonyok mellett, sótüró növények öntözésére alkalmas |
| <i>Szennyvíz stabilizáció</i> | | | | durva textúrájú talajon, vagy szerves talajon használható |

| | | | |
|---|--|---|---|
| <i>s tóból</i> | | | |
| <i>Hígított és gipszezett szennyvíz</i> | | „nem szikes talajok öntözésére csak hígítás és/vagy kémiai javítás után alkalmas” | kis nátrium tartalmú víz, amely megfelelő drénvízviszonyok mellett felhasználható öntözésre |
| <i>Gipszezett szennyvíz</i> | | „javítás után is csak egyes talajok öntözésére alkalmas” | durva texturájú talajon, vagy szerves talajon használható |

Következtetésem szerint az elfolyóvíz kezeletlen formában történő alkalmazása során számolni kell a talaj szolonycesedésének veszélyével, talajtípustól függetlenül és a szoloncsákosodás veszélyével agyagos talajon, ezért kezeletlen felhasználásuk nem javasolt. A kísérletben felhasznált kezelt szennyvíz (HG) öntözésre alkalmas lehet a kémiai paraméterek javított értékei miatt.

Az öntözővíz minősítés eredményének ellenére a szoloncsákosodás (sófelhalmozódás) nem volt jellemző folyamat a szennyvízöntözés során, ami a téli kilúgozási folyamatoknak köszönhető, így a hazai öntözővíz minősítő rendszer kategóriái a jövőben tovább differenciálhatóak anélkül, hogy a talajvédelem szempontjai sérülnének. Eredményeim szerint a gyökérszónában (0-60 cm mélységben) történő szoloncsákosodás (sófelhalmozódás) nem fordult elő a 2015-2017 között számolt, két éves sótartalom számítások eredményei szerint. Az öntözővíz sókoncentrációja ellenére, a 30 és 60 mm öntözési normák mellett negatív volt a sókészlet változás (rendre, -0,7 t/ha és -2,89 t/ha), amely azt jelenti, hogy ezekben a kezelésekből a talaj vízben oldható összesség-tartalma a vizsgált időszak alatt csökkent. Pozitív sókészlet változás a szennyvízzel öntözött kezelésekből csak a legkisebb öntözési norma mellett fordult elő; 0,08 t/ha mennyiségben.

A talajvizsgálati eredmények alapján a kezelt szennyvíz minősége olyan mértékben javult, hogy a nagy sótartalmú szennyvízzel való öntözés egyik legnagyobb környezeti kockázati tényezője, a szolonycesedés, mérsékelhetővé vált. A kezelt szennyvíz öntözése mellett mért adszorbeálódott nátriumionok mennyisége egyik öntözési időnyit (2015, 2016) követően (182 mg/kg, 201 mg/kg) sem különbözött szignifikánsan a K60 kezelésben mért értékektől (208 mg/kg, 124 mg/kg). A kezelt szennyvíz öntözése mellett a talajok nátrium mérlege (amelyet a nitrogénnél leírt azonos input és outputok figyelembevétel számoltam a csurgalékvíz adatok segítségével), szintén nem különbözött szignifikánsan a K60 kezelésben jellemző nátrium mérlegetől egyik évben sem. Azonban a két kezelés mérlege közt mindkét évben jelentős az átlagos nátrium többlet (2015: 579 kg/ha és 2016: 337 kg/ha) a HG javára (rovására), és felhívja a figyelmet a sófelhalmozódás további minőségi vizsgálatainak szükségességére.

A szennyvíz tápanyagtartalmának kedvező hatása a talaj nitrát tartalma, a növények növekedése és a nitrogén mérleg alapján is igazolódott. A talaj nitrát tartalmának

értékelésén keresztül arra az eredményre jutottam, hogy a szennyvízzel öntözött talajokat a liziméteres kísérletben mindkét öntözési idő végén és minden öntözési norma esetén nagyobb átlagos nitrát koncentráció értékek (12,7 mg/kg) jellemezték, mint a Körös vízzel öntözött kezelések talajait (5,5 mg/kg). 2015-2017 között, a szabadföldi fűz-nyár kísérleti területen, a szennyvízzel öntözött kezelésekben a nitrát koncentráció mindkét mélységben növekedett, és a növekedés szoros összefüggést mutatott a kijuttatott öntözővíz adaggal (5-51%), míg a Körös vízzel öntözött parcellák talajában csökkent (-7% és -21%-kal). A liziméter edényekben keletkezett tél végi csurgalékvizek minősége alapján, a szennyvíz hatására nagyobb nitrogén tartalmú talaj nem jelent veszélyt a felszín alatti vizekre nitrátszennyezettség szempontjából, mivel a csurgalékvizek nitrát koncentráció értéke minden esetben kisebb volt, mint 50 mg/l.

Valamennyi talajmintavételi időpontban a kezelt szennyvíz talaja nagyobb nitrát koncentrációval rendelkezett, mint a Körös vízzel öntözött kezelésben mért koncentráció értékek (K60). A csurgalékvíz alapján számolt nitrogén mérleg mindkét évben kedvezőbb a kezelt szennyvíz esetén, mint a K60 kezelésben. A kezelt szennyvízzel öntözött kezelésben a hígítás ellenére első évben pozitív nitrogén mérleget számoltam (+20,1 kg/ha), ugyanakkor a K60 kezelést jelentős nitrogén hiány jellemezte (-44,5 kg/ha). A második évben minden kezelésre előforduló negatív mérleg ellenére, a H60 és a HG kezelés nitrogén mérlege közel egyensúlyi nitrogén mérleget mutatott (-6,5 kg/ha és -9,1 kg/ha), szemben a K60 kezelés ismételten jelentős nitrogénhiányával (-33,4 kg/ha).

Kísérleteim kimutatták, hogy átlagos vagy száraz évben (2015) lényegesen szorosabb összefüggést mutat a biomassza mennyisége az öntözővíz abszolút mennyiségével ($R^2=0,944$). (Csapadékos évben az öntözés alárendelt szerepű.) A szennyvíz talajra nézve káros jellemzői nem okoztak a fűz bioprodukciójában termésdepressziót, de a szennyvíz tápanyagtartalma sem növelte azt szignifikánsan. Ugyanakkor 2015-ben 15 mm-es öntözési norma esetén 24-28 t/ha-os terméshozamot, 60 mm-es norma mellett pedig 44-46 t/ha-os hozamot tudtunk elérni bármely kezelésben, függetlenül a vízminőségtől.

Összefoglalásként az alábbi új eredmények fogalmazhatóak meg:

1. A ~800 mg/l összes oldott só-tartalommal rendelkező öntözővizek is javasolhatóak öntözésre agyag (KA>60) fizikai fizikai féleségű talajokon (a napjainkig javasolt max. 500 mg/l határértékkel szemben), amennyiben a sóösszetételük nem idézhet elő másodlagos

szolonyecesedést. Az öntözővíz sókoncentrációjának szikesítő hatásánál még nagy agyagtartalmú talajon is lényegesen dominánsabb a kijuttatott vízmennyiség kilúgozó hatása.

2. A vizsgált összetételű szennyvíz hígítás és gipsz javítóanyag hozzáadását követően, alkalmas lehet agyag ($KA > 60$) fizikai féleségű talajok öntözésére az abban bekövetkező jelentős szolonyecesedés nélkül, annak ellenére, hogy a hazai magyar osztályozás legfeljebb csak szikesek öntözésére javasolja. A kidolgozott vízkezelési módszer könnyen adaptálható az alkalmazott kísérleti körülményekhez hasonló adottságok mellett.

3. A halnevelő-telepről származó relatíve nagy nitrogén tartalmú (~30 mg/l) vizek kedvező hatással vannak a kötött talajok nitrogén ellátottságára, a talajvíz jelentős nitrogén terhelésének kockázata nélkül. A halnevelő-telepről származó szennyvíz kezelt formájának nitrogén-utánpótló hatása megőrizhető (a hígítás következtében bekövetkező nitrogén koncentráció csökkenése ellenére is), mialatt a talaj- és vízvédelmi szempontok érvényesülnek.

4. A termelt növény biomassza produkciójának a hazai klimatikus viszonyok között a legfontosabb limitáló tényezője a vízellátottság. Az eredmények alapján a sótartalom nem volt termésnövekedést gátló tényező és a nitráttartalom által okozott termésnövekedés nem volt szignifikáns hatással a fűz biomassza produkciójára, az adott területen a vízhiány korlátozza az elérhető maximális hozamot.

5. Öntözéstervezés során számításba vehető az adott talajon a téli csapadék miatt bekövetkező kilúgozási folyamatok hatása az alkalmazott öntözővíz minőség kiválasztásánál. A téli kimosódás következtében az öntözési idények alatt, a gyökérszónában felhalmozódott sómennyiség akár teljes egészében eltávozhat az öntözetlen időszakokban.

A tézisfűzetben felhasznált hivatkozások

Darab K. 1961. Hazai öntözött talajaink sómérlege és sóforgalma. *Agrokémia és Talajtan* 10/3, 305-314.

FAO 2012. Coping with water scarcity. An action framework for agriculture and food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2012. Elérhető online 2017.09.10-én, <http://www.fao.org/docrep/016/i3015e/i3015e.pdf>

FAO 2014. Building a common vision for sustainable food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2014. Elérhető online 2017.09.10-én, <http://www.fao.org/3/a-i3940e.pdf>.

Francés G.E., Quevauviller P., González E.S.M., Amelin E.V. 2017. Climate change policy and water resources in the EU and Spain. A closer look into the Water Framework Directive. *Environmental Science and Policy* 69, 1-12.

Tóth F., Kerepeczki É., Berzi N.L., Gál D. 2016. Létesített vizes élőhelyek hasznosítása az intenzív haltermelés elfolyóvizének kezelésében. Kutatói utánpótlást elősegítő program I. szakmai konferenciája. Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Gödöllő

Vermes L. 2017. Vízgazdálkodásunk mostoha gyermeke – a szennyvízöntözés. *Hidrológiai Közlöny* 97, 66-75.

Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv. 2015. Elérhető online 2017.09.10-én,
http://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/E3E737A3-3EBC-4B6F-973C-5DD9B8A6DBAB/OVGT_foanyag_vegleges.pdf

Az értekezés témakörében megjelent és a doktori fokozat megszerzéséhez felhasznált publikációk

Kun Á., Bozán Cs., Oncsik B. M., Barta K. 2018. Evaluating of wastewater irrigation in lysimeter experiment through energy willow yields and soil sodicity, *Carpathian Journal of Environmental Sciences* 13/1, 77-84 (DOI:10.26471/cjees/2018/013/008)

Kun Á., Bozán Cs., Oncsik B. M., Barta K. 2017. Használt termálvíz mezőgazdasági elhelyezésének (öntözés) hatása a talaj kicserélhető nátrium tartalmára és az összes oldott sótartalmára, *Agrokémia és Talajtan* 66/1, 95-110 (DOI: 10.1556/088.2017.66.1.6)

Kun Á., Bozán Cs., Barta K., Oncsik B. M. 2017. The effects of wastewater irrigation on the yield of energy willow and soil sodicity, *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 4/1 (suppl.), 11-14 (DOI: 10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.suppl)

Kun Á., Kolozsvári I., Bozán Cs., Végh K. Á., Barta K. 2016. Irrigation with intensive fish farm effluents – changes of the electric conductivity of soil and the Na content of energy plant, *Növénytermelés* 65 (suppl.), 23-26. (DOI:10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl)

Az értekezés témakörében megjelent egyéb publikációk

Kun Á., Bozán Cs., Barta K., Bíróné O. M. 2017. Analysis of leachate from wastewater irrigation experiment with sorghum, *17. Gumpensteiner Lysimetertagung*, Gumpensteiner (Ausztria), (2017.05.09.-2017.05.10.), *Lysimeterforschung – Möglichkeiten und Grenzen*, 213-216.

Kun Á., Bozán Cs., Zsembeli J., Jóvér J., Bíróné O. M. 2016. Karcagi cirokfajták reakciója különböző összetételű öntözővíz hatására, *Magyar Tudomány Napja*, SZIE Tessedik Campus, Szarvas, (2016.11.24.), *Kihívások a mai modern mezőgazdaságban*, 191-196.

Kun Á., Barta K., Bozán Cs. 2016. Fás szárú energiaültetvény talajának sótartalombeli változásai szennyvízöntözés hatására, *Tavaszi Szél Konferencia*, Óbudai Egyetem, Budapest, (2016.04.15.-2016.04.16.), *Tavaszi Szél Tanulmánykötet I.*, 94-101.

Rafael I., **Kun Á.**, Végh K. Á., Csiha I., Bozán Cs. 2015. Intensive fish farm effluent for wastewater irrigation on energy crop production (*Salix Alba*, *Populus Alba*), *Növénytermelés* 64 (suppl.), 179-182. (DOI:10.12666/Novenyterm.64.2015.Suppl)

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 1.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Kun Á., Bozán Cs., Oncsik B. M., Barta K. 2018. Evaluating of wastewater irrigation in lysimeter experiment through energy willow yields and soil sodicity, *Carpathian Journal of Environmental Sciences* 13/1, 77-84 (DOI:10.26471/cjees/2018/013/008)

Kun Á., Bozán Cs., Oncsik B. M., Barta K. 2017. Használt termálvíz mezőgazdasági elhelyezésének (öntözés) hatása a talaj kicserélhető nátrium tartalmára és az összes oldott sótartalmára, *Agrokémia és Talajtan* 66/1, 95-110 (DOI: 10.1556/088.2017.66.1.6)

Kun Á., Bozán Cs., Barta K., Oncsik B. M. 2017. The effects of wastewater irrigation on the yield of energy willow and soil sodicity, *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 4/1 (suppl.), 11-14 (DOI: 10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.suppl)

Kun Á., Bozán Cs., Barta K., Bíróné O. M. 2017. Analysis of leachate from wastewater irrigation experiment with sorghum, *17. Gumpensteiner Lysimetertagung*, Gumpensteiner (Ausztria), (2017.05.09.-2017.05.10.), *Lysimeterforschung – Möglichkeiten und Grenzen*, 213-216.

Kun Á., Kolozsvári I., Bozán Cs., Végh K. Á., Barta K. 2016. Irrigation with intensive fish farm effluents – changes of the electric conductivity of soil and the Na content of energy plant, *Növénytermelés* 65 (suppl.), 23-26. (DOI:10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl)

Kun Á., Barta K., Bozán Cs. 2016. Fás szárú energiaültetvény talajának sótartalombeli változásai szennyvízöntözés hatására, *Tavaszi Szél Konferencia*, Óbudai Egyetem, Budapest, (2016.04.15.-2016.04.16.), *Tavaszi Szél Tanulmánykötet I.*, 94-101.

szereplő és közösen publikált eredményekben, valamint a tézisfüzetben megfogalmazott 1.-5. tézispontokban Kun Ágnes jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Kelt. _____

Dr. Barta Károly

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 2.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Kun Á., Bozán Cs., Oncsik B. M., Barta K. 2018. Evaluating of wastewater irrigation in lysimeter experiment through energy willow yields and soil sodicity, *Carpathian Journal of Environmental Sciences* 13/1, 77-84 (DOI:10.26471/cjees/2018/013/008)

Kun Á., Bozán Cs., Oncsik B. M., Barta K. 2017. Használt termálvíz mezőgazdasági elhelyezésének (öntözés) hatása a talaj kicserélhető nátrium tartalmára és az összes oldott sótartalmára, *Agrokémia és Talajtan* 66/1, 95-110 (DOI: 10.1556/088.2017.66.1.6)

Kun Á., Bozán Cs., Barta K., Oncsik B. M. 2017. The effects of wastewater irrigation on the yield of energy willow and soil sodicity, *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 4/1 (suppl.), 11-14 (DOI: 10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.suppl)

Kun Á., Bozán Cs., Barta K., Bíró O. M. 2017. Analysis of leachate from wastewater irrigation experiment with sorghum, *17. Gumpensteiner Lysimetertagung*, Gumpensteiner (Ausztria), (2017.05.09.-2017.05.10.), *Lysimeterforschung – Möglichkeiten und Grenzen*, 213-216.

Kun Á., Kolozsvári I., Bozán Cs., Végh K. Á., Barta K. 2016. Irrigation with intensive fish farm effluents – changes of the electric conductivity of soil and the Na content of energy plant, *Növénytermelés* 65 (suppl.), 23-26. (DOI:10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl)

Kun Á., Bozán Cs., Zsembeli J., Jóvér J., Bíró O. M. 2016. Karcagi cirokfajták reakciója különböző összetételű öntözővíz hatására, *Magyar Tudomány Napja*, SZIE Tessedik Campus, Szarvas, (2016.11.24.), *Kihívások a mai modern mezőgazdaságban*, 191-196.

Kun Á., Barta K., Bozán Cs. 2016. Fás szárú energiaültetvény talajának sótartalombeli változásai szennyvízöntözés hatására, *Tavaszi Szél Konferencia*, Óbudai Egyetem, Budapest, (2016.04.15.-2016.04.16.), *Tavaszi Szél Tanulmánykötet I.*, 94-101.

Rafael I., **Kun Á.**, Végh K. Á., Csiha I., Bozán Cs. 2015. Intensive fish farm effluent for wastewater irrigation on energy crop production (*Salix Alba*, *Populus Alba*), *Növénytermelés* 64 (suppl.), 179-182. (DOI:10.12666/Novenyterm.64.2015.Suppl)

szereplő és közösen publikált eredményekben, valamint a tézisfüzetben megfogalmazott 1.-5. tézispontokban Kun Ágnes jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Kelt. _____

Bozán Csaba

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 3.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Kun Á., Bozán Cs., Oncsik B. M., Barta K. 2018. Evaluating of wastewater irrigation in lysimeter experiment through energy willow yields and soil sodicity, *Carpathian Journal of Environmental Sciences* 13/1, 77-84 (DOI:10.26471/cjees/2018/013/008)

Kun Á., Bozán Cs., Oncsik B. M., Barta K. 2017. Használt termálvíz mezőgazdasági elhelyezésének (öntözés) hatása a talaj kicserélhető nátrium tartalmára és az összes oldott sótartalmára, *Agrokémia és Talajtan* 66/1, 95-110 (DOI: 10.1556/088.2017.66.1.6)

Kun Á., Bozán Cs., Barta K., Oncsik B. M. 2017. The effects of wastewater irrigation on the yield of energy willow and soil sodicity, *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 4/1 (suppl.), 11-14 (DOI: 10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.suppl)

Kun Á., Bozán Cs., Barta K., Oncsik B. M. 2017. Analysis of leachate from wastewater irrigation experiment with sorghum, *17. Gumpensteiner Lysimetertagung*, Gumpensteiner (Ausztria), (2017.05.09.-2017.05.10.), *Lysimeterforschung – Möglichkeiten und Grenzen*, 213-216.

Kun Á., Bozán Cs., Zsembeli J., Jóvér J., Oncsik B. M. 2016. Karcagi cirokfajták reakciója különböző összetételű öntözővíz hatására, *Magyar Tudomány Napja*, SZIE Tessedik Campus, Szarvas, (2016.11.24.), *Kihívások a mai modern mezőgazdaságban*, 191-196.

szereplő és közösen publikált eredményekben, valamint a tézisfüzetben megfogalmazott 1.-5. tézispontokban Kun Ágnes jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Kelt. _____

Bíróné Dr. Oncsik Mária

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 4.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Rafael I., **Kun Á.**, Végh K. Á., Csiha I., Bozán Cs. 2015. Intensive fish farm effluent for wastewater irrigation on energy crop production (Salix Alba, Populus Alba), *Növénytermelés* 64 (suppl.), 179-182. (DOI:10.12666/Novenyterm.64.2015.Suppl)

Kun Á., Kolozsvári I., Bozán Cs., Végh K. Á., Barta K. 2016. Irrigation with intensive fish farm effluents – changes of the electric conductivity of soil and the Na content of energy plant, *Növénytermelés* 65 (suppl.), 23-26. (DOI:10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl)

szereplő és közösen publikált talajvizsgálati eredményekben, valamint a tézisfüzetben megfogalmazott 1-5. tézispontokban Kun Ágnes jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált talajvizsgálati eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Kelt. _____

Kolozsvári Ildikó (szül. Rafael Ildikó)

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 5.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Rafael I., **Kun Á.**, Végh K. Á., Csiha I., Bozán Cs. 2015. Intensive fish farm effluent for wastewater irrigation on energy crop production (Salix Alba, Populus Alba), *Növénytermelés* 64 (suppl.), 179-182. (DOI:10.12666/Novenyterm.64.2015.Suppl)

Kun Á., Kolozsvári I., Bozán Cs., Végh K. Á., Barta K. 2016. Irrigation with intensive fish farm effluents – changes of the electric conductivity of soil and the Na content of energy plant, *Növénytermelés* 65 (suppl.), 23-26. (DOI:10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl)

szereplő és közösen publikált talajvizsgálati eredményekben, valamint a tézisfüzetben megfogalmazott 1-5. tézispontokban Kun Ágnes jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált talajvizsgálati eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Kelt. _____

Kamandiné Végh Ágnes

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 6.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Kun Á., Bozán Cs., Zsembeli J., Jóvér J., Oncsik B. M. 2016. Karcagi cirokfajták reakciója különböző összetételű öntözővíz hatására, *Magyar Tudomány Napja*, SZIE Tessedik Campus, Szarvas, (2016.11.24.), Kihívások a mai modern mezőgazdaságban, 191-196.

szereplő és közösen publikált eredményekben, valamint a tézisfüzetben megfogalmazott 1.-5. tézispontokban Kun Ágnes jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Kelt. _____

Dr. Zsembeli József

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT 7.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Kun Á., Bozán Cs., Zsembeli J., Jóvér J., Oncsik B. M. 2016. Karcagi cirokfajták reakciója különböző összetételű öntözővíz hatására, *Magyar Tudomány Napja*, SZIE Tessedik Campus, Szarvas, (2016.11.24.), Kihívások a mai modern mezőgazdaságban, 191-196.

szereplő és közösen publikált eredményekben, valamint a tézisfüzetben megfogalmazott 1.-5. tézispontokban Kun Ágnes jelölt szerepe meghatározó fontosságú. Nyilatkozom továbbá, hogy a fenti tanulmányban publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

Kelt. _____

Jóvér János

TÉMAVEZETŐI NYILATKOZAT

Alulírott Barta Károly, mint Kun Ágnes témavezetője nyilatkozom, hogy a következő tanulmányokban:

Rafael I., **Kun Á.**, Végh K. Á., Csiha I., Bozán Cs. 2015. Intensive fish farm effluent for wastewater irrigation on energy crop production (Salix Alba, Populus Alba), *Növénytermelés* 64 (suppl.), 179-182. (DOI:10.12666/Novenyterm.64.2015.Suppl)

Kun Á., Kolozsvári I., Bozán Cs., Végh K. Á., Barta K. 2016. Irrigation with intensive fish farm effluents – changes of the electric conductivity of soil and the Na content of energy plant, *Növénytermelés* 65 (suppl.), 23-26. (DOI:10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl)

Kun Á., Bozán Cs., Zsembeli J., Jóvér J., Oncsik B. M. 2016. Karcagi cirokfajták reakciója különböző összetételű öntözővíz hatására, *Magyar Tudomány Napja*, SZIE Tessedik Campus, Szarvas, (2016.11.24.), Kihívások a mai modern mezőgazdaságban, 191-196.

szereplő és Kolozsvári Ildikóval (szül: Rafael Ildikó) és Kamandiné Végh Ágnessel közösen publikált közlemények talajtani kutatásokra vonatkozó eredményeiben,

illetve Jóvér Jánossal közösen publikált közlemény öntözővíz minőségre és liziméteres kutatásokra vonatkozó eredményeiben,

valamint a tézisfüzetben megfogalmazott 1.-5. tézispontokban Kun Ágnes jelölt szerepe meghatározó fontosságú, és az értekezésben felhasznált eredmények tükrözik a jelölt hozzájárulását.

Kelt. _____

Dr. Barta Károly