

SZENT ISTVÁN EGYETEM

**MIKROORGANIZMUSOK HERBICID-ÉRZÉKENYSÉGÉNEK
ÉRTÉKELÉSE A KLÓRSZULFURON PÉLDÁJÁN**

Doktori (PhD) értekezés tézisei
Petrovickijné Angerer Ildikó

Gödöllő
2009

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

vezetője: **Prof. Dr. Heltai György**
D.Sc. egyetemi tanár
Szent István Egyetem
Környezettudományi Intézet

A tudományági részterület

megnevezése: Mezőgazdasági-, környezeti mikrobiológia és talaj-
biotechnológia

vezetője: **Prof. Dr. habil. Bayoumi Hamuda Hosam**
C.Sc. (Biol.) egyetemi magántanár
Szent István Egyetem
Környezettudományi Intézet

tudományága: környezettudomány, környezeti mikrobiológia

Témavezető: **Prof. Dr. Biró Borbála**
D.Sc. az MTA doktora, tudományos tanácsadó és főiskolai tanár
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
Dunaújvárosi Főiskola

Az iskolavezető jóváhagyása

A témavezető jóváhagyása

BEVEZETÉS

A herbicidek alkalmazása az intenzív növénytermesztés során a mezőgazdasági növények termésátlagának jelentős növekedéséhez vezetett. Ezzel együtt a herbicidek alkalmazásának negatív hatása is van, hiszen ezeknek a vegyületeknek a talajba kerülése a talaj toxikus anyagokkal való elszennyeződéséhez vezethet. Ezért a mezőgazdaság kemizálásának egyik aktuális feladata olyan vegyszerek alkalmazása, amelyek kevésbé mérgezőek a talajban élő mikroorganizmusokra, az adott ökoszisztémára, az emberre és az állatokra. A gyomirtó szerekkel szembeni fő követelmény a gyomokkal szembeni hosszú hatástartam, de az azt követő lebonthatóság, a bomlástermékek nem toxikus volta és a minél kisebb dózisok alkalmazásának a kényszere is.

Az ENSZ Környezetvédelmi Világkonferenciáján (Stockholm 1972) a világ 10 legveszélyesebb szennyező ágense közé sorolták a peszticideket, mivel azok a mezőgazdasági termőtalajok mellett intenzíven szennyezik a levegőt, a felszíni és a talajvizet is. A peszticidek ily módon veszélyeztetik a világ környezetvédelmi egyensúlyát és stabilitását. A mezőgazdaság kemizálása megváltoztathatja a talajok természetes összetételét, működését, kialakítván ezáltal a „mesterséges, technogén” agro-ökoszisztémákat (Stefanovits 1977).

A talajban élő mikroorganizmusokra számos környezeti tényező hatással lehet. Ezek közül kiemelkedő jelentőségűek és EU stratégiai kutatási irányt is jelentenek azok a növényvédő szerek, melyek az emberi (antropogén) tevékenység során kerülnek oda. A mezőgazdasági kemikáliák között a gyomirtó szerek (herbicidek) alkalmazása terjedt el a leginkább. Az emberi tudás fejlődésével újabb és újabb vegyi anyagokról bizonyosodik be a gyomirtó szerként való alkalmazási lehetőség. A napjainkban bevezetett ún. „új generációs herbicidek” annyira hatásosak lehetnek, hogy mennyiségük akár 10-szer, 100-szor is kevesebb lehet a korábban alkalmazottakhoz viszonyítva, ami tovább növelheti a gyakorlati alkalmazás veszélyét.

Egyes gyomirtó szerek könnyen, még a vegetációs időszak befejeződése előtt lebomlanak, ezért az aktív hatóanyaghoz ún. extendereket adnak, hogy a lebontást mérsékeljék, illetve az arra irányuló mikrobiológiai aktivitást csökkentsék a talajokban. Az egyes mikroorganizmusok érzékenysége ugyanakkor jelentősen különbözhet a talajokban, ami által az eredeti mikrobiológiai összetétel megváltozásával, hosszabb távon akár a talaj funkcionális elváltozásaival is számolni kell. A fenntartható mezőgazdaság és a környezetvédelem szempontjait is figyelembe véve ezért szükséges tanulmányozni a különböző mikroorganizmus csoportok érzékenységét, tolerancia-határait, a mezőgazdasági kemikáliákhoz való adaptálódás és a működőképességük közötti összefüggéseket, illetve keresni azokat a módszereket, amelyekkel az okozott mikrobiológiai hatások kimutathatók, detektálhatóak. A dolgozat egy tipikus, széles körben alkalmazott „új generációs” gyomirtó szer, a klórszulfuron példáján további, nagyobb dózisban alkalmazott herbicidek a tiokarbamátok bevonásával laboratóriumi (*in vitro*) és inkubációs modellkísérletben (*in vivo*) is vizsgálja azok mikroorganizmus fajokra és fajcsoportokra kifejtett hatásait, a mikroorganizmusok szaporodásbeli érzékenysége és a vizsgálati módszerek közötti általános összefüggéseket, valamint a hatóidőnek a talajban a vegetációs időszak során jelentkező esetleges befolyásoló hatásait.

Célkitűzésként a következő alpontokat fogalmaztuk meg:

A gyomirtó szerekkel, illetve azok különböző dózisaival szembeni mikrobiológiai érzékenység vizsgálata laboratóriumi és tenyészedényes kísérletekben, hogy megismerjük

a talajokból és/vagy a talaj-növény rendszerekből származó tipikus, jellegzetes **mikroszervezetek és mikroorganizmus csoportok tűrőképességét a szaporodásukra kifejtett hatásokon keresztül** és tanulmányozzuk a:

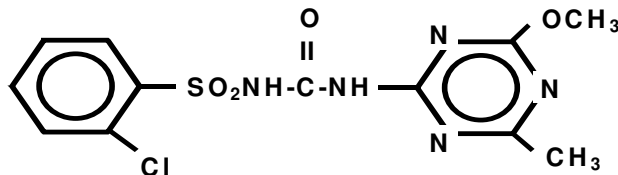
- a fajokra és fajcsoportokra jellemző azonos és elkülönülő érzékenységi mintázatokat, a szaporodás mértékében bekövetkező változásokat, különbségeket,
- a mikroorganizmusok szaporodására az egy fajcsoporton belül kimutatható érzékenységi különbségeket,
- a gyomirtó szerekkel szembeni érzékenység dóziszfüggőségét, a gyakorlatban alkalmazott és az azt meghaladó adagoknak a mikroorganizmusok szaporodására kifejtett hatásait,
- az érzékenység, illetve a mikroorganizmusok szaporodásában jelentkező különbségek kimutatásának módszertani lehetőségeit,
- a rövid idejű és a vegetációs időszak alatt, a mikroorganizmusok számában kimutatható azonosságokat és különbségeket,
- a klórszulfuron fenti hatásainak az egyéb herbicidekkel, a tiokarbamátokkal összehasonlított azonosságait és különbségeit, valamint
- a gyomirtó szerek alkalmazását befolyásoló környezeti tényezők közül, egy ipari szennyvízzel való kölcsönhatásokat, hogy mindezekről a gyakorlat számára is hasznosítható következtetéseket vonhassunk le.

ANYAG ÉS MÓDSZER

I. A mikroorganizmusok herbicid-érzékenységének tanulmányozási módszerei *in vitro*

Laboratóriumi körülmények között az alábbi mikroorganizmusokat és mikroorganizmus-csoportokat vizsgáltuk: 1) Nitrogén-kötő baktériumok: *Azotobacter* spp., *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* Bük-75/4, *R. leguminosarum* bv. *trifolii* Ló-73/3, *Bradyrhizobium* (*Lupinus*) sp. Csf-75/1, *Sinorhizobium meliloti* Lu-K; 2) Spórások: *Bacillus cereus* var. *mycoides* és *B. subtilis*; 3) Streptomyces-ek: *Streptomyces griseus*, *S. griseolus*; 4) Pseudomonas-ok: *Pseudomonas aeruginosa*, *P. alcaligenes*, *P. fluorescens*; 5) Potenciális kórokozók: *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora*, *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus* és a *Xanthomonas campestris*.

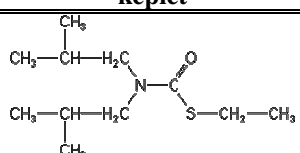
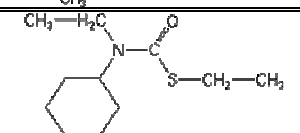
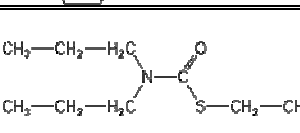
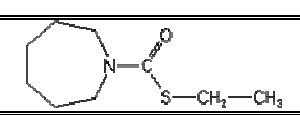
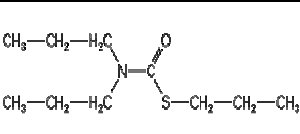
A mikroorganizmusok szaporodásbeli érzékenységét a szulfonilkarbamidok csoportjába tartozó klórszulfuron herbicid (1. ábra) különböző koncentrációival szemben *in vitro* módszerekkel vizsgáltuk.



1. ábra: A klórszulfuron (2-klór-/N/4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il/-aminokarbonil/-benzoeszulfonamid) kémiai szerkezete

A mikroorganizmusok herbicid-érzékenységének a pontosabb megértése érdekében az *in vitro* vizsgálatokat a herbicidek régebbi generációjához tartozó, de korábban széles körben alkalmazott tiokarbamát származékok (butilát, EPTC, cikloát, molinát, vernolát) növekvő koncentrációival is elvégeztük (1. táblázat).

1. táblázat: A kísérletekben felhasznált tiokarbamát herbicidek adatai

Tiokarbamát származék	Kereskedelmi elnevezés	Kémiai elnevezés	Szerkezeti képlet
Butilát	Anelda 72EC	S-etil-N,N-diizobutil-tiokarbamát	
Cikloát	Sabet 72EC	S-etil-N-etil-N-ciklohexil-tiokarbamát	
EPTC	Witox 72EC	N,N-di-n-propil-S-etil-tiokarbamát	
Molinát	Molinát	S-etil-N,N-hexametilén-tiokarbamát	
Vernolát	Vernolát	S-n-propil-N,N-di-n-propil-tiokarbamát	

Mikrofermentoros eljárás

Laboratóriumi körülmények között különböző mikroorganizmusok herbicid-érzékenységét tanulmányoztuk rázatásos, mikrofermentoros módszerrel, folyékony táptalajokban. Ennek során a vizsgált baktériumok megfelelő törzseit Nutrient (N), élesztő-kivonat-mannit (YEM), vagy arginin-glicerin (AG) ferde agarra leoltottuk és 24 óráig inkubáltuk. A mikroorganizmusok többsége Nutrient agaron szaporodik, a nitrogénkötők és az *Actinomyces*-ek kivételével, ahol sorrendben YEM-et vagy AG-táptalajt alkalmaztunk. A felszaporított törzseket steril fiziológiás sóoldat (0,8 % NaCl) 5 ml-es mennyiségeivel mostuk le. A Nutrient vagy a YEM táptalajokból 5 ml-es steril csöveket készítettünk, majd a megfelelő gyomirtó-szereket adagoltuk a táptalajokhoz vízlégszivattyúval és steril Jena G5-ös szűrőlap segítségével. Ezt követően a mikroorganizmus szuszpenziókkal oltottuk be a gyomirtó szert tartalmazó tápoldatokat három-három ismétlésben. A beoltás előtt a 24 óra alatt felszaporodott és 5 ml sóoldattal lemosott baktérium szuszpenziók sejtszámát Bürker kamrában számoltuk 4 %-os szublimát (HgCl₂) oldat segítségével, ami a sejtek mozgását a számolhatóságig lelassította. A beadagolt mennyiséget a szuszpenzióból úgy kalkuláltuk, hogy az 5 ml-es csövekben 1x10⁶ kiinduló csíraszámot kapjunk milliliterenként mindegyik törzsnél. Az ismétléseknél és az egyes mikroorganizmus izolátumoknál így biztosítottuk az azonos kiinduló csíraszám-értékeket.

Az inkubációs idő 25 °C-on intenzív rázatás mellett (150 rpm) általában 24 óra volt. A kísérlet során a semleges közeli 6,8-7,2-es pH értéket állítottuk be a táptalajokban, a gyomirtó szerek lebomlása ugyanis erősen pH függő. A klórszulfuron megfelelő dózisaival a végső koncentráció 0,001-; 0,01-; 0,1-; 1-; 10 mgL⁻¹ lett az egyes csövekben.

A tiokarbamát származékoknál a szántóföldi dózisok alapján 50-; 100-; 250-; 500- és 1000 mgL⁻¹ dózisokat alkalmaztunk. Negatív kontrollként a herbicid bevitel nélküli tenyészetek szolgáltak. A spektrofotometriás mérés kivitelezése „vak” kontroll csövek segítségével történt. Ezek csak az adott herbicid-koncentrációt tartalmazták. A szaporodás mértékét Spekol típusú spektrofotométerrel állapítottuk meg. A méréseket három-három ismétlésben végeztük. A különböző tápoldatok fotometrlásának hullámhossztartományát egyedileg határoztuk meg az egyes tápaltajoknál, így az arginin-glicerin levesnél (AG) $\lambda=530$ -, az élesztőkivonat-mannit levesnél (YEM) $\lambda=560$ -, a folyékony nutrient (N) tápaltajnál pedig $\lambda=640$ nm hullámhossz-t alkalmaztunk. Ettől plusz-mínusz irányban lehetnek eltérések a herbicidek különböző koncentrációi szerint.

Kitenyészthető telepszám-meghatározás

A szilárd tápaltajon történő csíraszám-meghatározási módszernél a herbicidek különböző koncentrációi kerültek bevitelre az előzőekben már ismertett tápaltajokba. Az alkalmazott dózisok ugyanazok voltak, mint a rázatásos, mikrofermentoros módszernél. A mikroorganizmusok az adott „szelektív” tápaltajokon Petri csészékben kerültek kitenyésztésre (N) nutrient agar a baktériumok, AG tápaltaj az *Actinomyces*-ek, és YEM a *Rhizobium* törzsek vizsgálatára). A herbicidek megfelelő koncentrációit a lemezöntés előtt adagoltuk a Petri-csészébe. A baktérium törzseket termosztátban inkubáltuk. A legtöbb mikroorganizmusnál az inkubációs hőmérséklet 28 °C volt. Ez alól kivételt képezett a potenciális humán kórokozóként is ismert *E. coli* baktérium, melyet 37 °C-on inkubáltunk. A 24-72 órás (24 a *Pseudomonas*-ok, 48 a legtöbb baktérium és/vagy 72 óra az *Actinomyces*-ek) tenyésztést követően kifejlődött telepeket megszámloltuk a herbicid nélküli kontrollal összehasonlítottuk, és az eredményt a kontroll százalékában fejeztük ki. A kísérletet három ismétlésben végeztük el.

Biomassza-tömegmérés

Az adott, herbicid-kezelt mikroorganizmus száraz tömegét a *Streptomyces griseus* törzsnél határoztuk meg. Ennél a törzsnél a klórszulfuron 10 mgL⁻¹ dózisának hatására sejtaggregátumok alakultak ki, ami által a kevésbé homogén szuszpenziót nem lehetett fotométerrel megbízhatóan mérni. Ennek kiküszöbölésére biomasszatömeg-mérési módszert alkalmaztunk. A törzs leoltása, inkubációja és a herbicidek adagolása ugyanúgy történt, mint a korábbiakban ismertett mikrofermentoros módszer során. A megfelelő inkubáció után a herbicideket is tartalmazó csöveket és a kontrollt külön-külön centrifugáltuk, az így kapott mikroorganizmus tömeget szárító szekrénybe helyeztük, és súlyállandóságig szárítottuk. A légszáraz sejttömeget analitikai mérlegen megmértük és összevetettük a kontroll, herbicidet nem kapott csövekben felszaporodott mikroorganizmusok sejttömegével.

II. Tenyészedényes *in vivo* mikrokozmosz kísérletek

A tenyészedényes kísérleti háttér kialakítása

A klórszulfuron herbicid (1. ábra) és egy ipari szennyvíz, mint abiotikus antropogén környezeti tényező mikroorganizmusokra kifejtett egyedi és kombinált hatását mikrokozmosz talajinkubációs modellkísérletben elemeztük nagyhőrcsöki mészlepedékes csernozjom talajjal [pH_(H₂O)-7,7, pH_(KCl)-7,0; szerves anyag-3,6 %, CaCO₃-3,27 %; elemanalízisek mgkg⁻¹-ban: N-1692, P-1690, K-1190 (összes) és a felvehető Ca-5958, NH₄N-3,6; NO₃N-32,0 (Bremner), Al-P₂O₅-123, Mg-140, Al-K₂O-194, Cu-1,87, Zn-

0,73, Mn–71,3, Fe–1993 (EDTA)]. A tenyészedényekbe 200 g légszáraz talajmintát mértünk be, majd a tiszta hatóanyagú klórszulfuront a kontroll mellett négy koncentrációban alkalmaztuk. Alapként az egyszikűek gyomirtására a szántóföldön javasolt 20 gha⁻¹ dózis szolgált, ami a 20 cm-es ásónyomnyi talajréteggel és a 10.000 m² felülettel számolva 0,001 mgkg⁻¹ talaj-mennyiségnek felelt meg. Az ezt követő mennyiségek a 0,01- és az 1,0-, valamint 10 mgkg⁻¹ talaj dózisosok voltak, azaz az alkalmazási gyakorlat 1-, 10-, 1000- és 10.000-szeres mennyiségei. A szerből a fenti koncentrációkhoz steril desztillált vízzel hígítási sorozatot készítettünk, majd a megfelelő dózisosokat a talajba egyenletesen bekevertük. Kontrollként olyan talajmintát használtunk, amelybe csak klórszulfuron-mentes desztillált vizet (vagy azonos mennyiségű szennyvizet) juttattunk, a szárazföldi vízkapacitás 60 %-áig. Az egyik mintasorozatot a klórszulfuron négyféle koncentrációjával kezeltük, a másikat nagy szervesanyag-tartalmú ipari, kokszolói szennyvízzel (pH–7,5; KOI–3690-; fenol–546,7 mgL⁻¹; PAH–10 µgL⁻¹, BTEX: elhanyagolható, rodanid–346,6-; szabad cianid–3,4-; öszcianid–9,5-; Kjeldahl N–350-; szerves N–200-; nitrát-N–400-; ammónium-ion–480-; összes N–1000-; kénhidrogén–115,6- mgL⁻¹), a harmadik sorozatot pedig a herbicid és a szennyvíz együttes kombinációival. A megfelelő herbicid dózisosokat 60 ml desztillált vízzel (illetve a kombinált kezeléseknél szennyvízzel) egyenletesen juttattuk be a talajba, majd az így kialakított víztartalmat a kísérlet befejezéséig súlyra-öntözéssel azonos szinten tartottuk.

A kezelés után a tenyészedényeket lemértük, majd 28 °C-os termosztátba helyeztük. Az inkubáció ideje alatt az elpárolgott nedvességet minden edénynél hetente kétszer pótoltuk a szabadföldi vízkapacitás 60 %-áig. Az edényeket 3 hónapig inkubáltuk. Mintavételezésre a harmadik hét-, illetve a harmadik hónap végén került sor. A talajmintákból ezt követően hígítási sorozatokat készítettünk a heterotróf öszcsíraszám, az *Actinomyces*-ek és a szabadon élő nitrogénkötő baktériumok, valamint a *Bacillus cereus* var. *mycoides* számának meghatározásához. A hígítási sorokból pipettával 20-20 µl-t az általunk bevezetett cseppmódszerrel (Angerer et al. 1998, 2006, 2007, Biró és Angerer 1997) juttattunk a megfelelő szelektív táptalajokra három-három ismétlésben. Az eredmények igazolásához és a módszerek összehasonlítása végett a hagyományos lemezöntéses, szélesztéses módszerrel is elvégeztük a kísérletet. A heterotróf csíraszám és a *Bacillus cereus* var. *mycoides* meghatározásához Nutrient (N) táptalajt, az *Actinomyces*-ek számlálásához Arginin-glicerín (AG) agart, a szabadon élő nitrogén-kötők meghatározásához pedig Kongóvíz indikátort is tartalmazó Ashby agart (KA) használtunk (Szegi 1979, Vincent 1970). A Nutrient táptalajon jól kifejlődött *B. cereus* var. *mycoides* baktérium számát mikroszkóp segítségével is ellenőriztük. A talaj kiindulási pH_(KCl)=7,0 értéke az inkubáció előtt és után is azonosnak bizonyult. A 3-hónapos időszak alatt bekövetkezett klórszulfuron lebomlást az irodalomban szereplő adatok alapján kalkuláltuk Thirunarayanan et al. (1985) javaslatai alapján. Az *in vivo* vizsgálat során a talajmintákat 10⁻⁸ értékig hígítottuk. Az inkubáció letelte után a kifejlődött telepeket megszámláltuk, és a telepképző egységeket („colony-forming units”, CFU) 1 g légszáraz talajra vonatkoztatva adtuk meg.

III. Az eredmények értékelésének és bemutatásának módszerei

Az *in vitro* kísérletek eredményeit egy- és kéttényezős variancia-analízissel vizsgáltuk, a különbségeket p=0,05 szignifikancia szinten állapítottuk meg (Reichart 2005). A mikrofermentoros módszernél az egyedi mikroorganizmusok különböző herbicid-koncentrációkra való érzékenységét a fotométeren kapott optikai denzitás értékeit

a kontroll százalékába átszámoltuk és oszlopdigramokon, valamint táblázatosan ábrázoltuk, az oszlopok felett megjelenítve az adott eredményre vonatkozó egyedi számszerű értékeket is. Az oszlopok színezése az alkalmazott herbicid-dózis arányában a világostól a sötétig halad. Az oszlopokon megjelenítettük az átlagszórást is. A szignifikáns eredményeket az oszlopok felett csillaggal (*) jelöltük. Az *in vitro* kísérletek során a herbicidek mikroorganizmusokra kifejtett összesített hatásait kéttényezős varianciaanalízissel értékeltük, és a kontroll százalékában fejeztük ki. A tenyészedényes *in vivo* kísérletek eredményeit egytényezős varianciaanalízissel értékeltük, majd az átlagadatok \log_{10} -transzformált adatait ábrázoltuk az SZD_{5%} szignifikancia értékek megjelölésével.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

I. Mikroorganizmusok érzékenysége az *in vitro* vizsgálatokban

Az *in vitro* kísérletek során tesztelt mikroorganizmusok változatos érzékenységi mintázatot mutattak mind az „új generációs” klórszulfuron, mind a régebbi típusú tiokarbamát herbicidek vizsgált koncentrációival szemben. Ez a szaporodásbeli különbség a gyomirtó szerek változatos kémiai szerkezetére, valamint a mikroorganizmus fajok/törzsek egyéni érzékenységére vezethető vissza. A vizsgált baktériumok klórszulfuron dózissal szembeni koncentráció-függőségét elemezve általában a mezőgazdasági gyakorlatban alkalmazott dózis (0,001 mgL⁻¹) és annak tízszerese (0,01 mgL⁻¹) serkentette azok *in vitro* szaporodását. A százszoros (0,1 mgL⁻¹) és az azt meghaladó herbicid-koncentrációnál a vizsgált baktériumtörzsek összesített hatásban szignifikáns gátlást szenvedtek el. Az érzékenységi mintázatok értékelésével készített eredményeket a klórszulfuron általunk vizsgált növekvő koncentrációival szemben a 2. számú összesítő táblázat mutatja be.

Az egyes mikroorganizmusok érzékenységét külön-külön elemezve az adott mikroorganizmus-törzsrre, vagy csoportra vonatkozó adatokhoz juthatunk. Az átlagolt eredmények szerint a különböző tesztelt mikroorganizmus törzs közül a klórszulfuronra a legérzékenyebbek a növényi patogén *Xanthomonas campestris* bizonyult. Emellett nagyfokú szenzitivitást mutattak a szimbiota nitrogénkötő *Rhizobium*-ok, ezek között is a *R. leguminosarum* bv. *trifolii* Ló-73/3 törzs volt a legérzékenyebb. Ennek a szaporodását a klórszulfuron minden dózisa szignifikánsan gátolta. A *S. meliloti* Lu-K törzsnél csak a legnagyobb koncentráció okozott jelentős, mintegy 40 %-os gátlást. A szaporodás ennél a herbicidnél, a fokozatos csökkenés ellenére, a legnagyobb dózisonál is kimutatható volt. A fenti két szimbiota nitrogén-kötő baktérium között lényeges különbség adódott, mivel a *S. meliloti* Lu-K szaporodását csak a legnagyobb herbicid-dózis gátolta szemben a *R. leguminosarum* bv. *trifolii* Ló-73/3 törzsnél tapasztalt egyenletes csökkenéssel. A gyomirtó szer minden alkalmazott koncentrációja a *Bradyrhizobium* (*Lupinus*) sp. Csf. 75/1. törzs szignifikáns szaporodás gátlását okozta. A *R. leguminosarum* bv. *viciae* Bükköny 75/4. baktérium szaporodását a herbicid szántóföldi (0,001 mgL⁻¹) és 10-szeres (0,01 mgL⁻¹) dózisa serkentette, a többi koncentráció pedig szignifikánsan gátolta. Jelentős, de nem szignifikáns szaporodás csökkenést észleltünk (82-95 %-os szaporodással) további 7 törzsnél.

A klórszulfuron összességében szignifikánsan stimulálta a *Pseudomonas fluorescens* (151 %), a *P. alcaligenes* (135 %) és egy *Streptomyces* törzs (131 %)- és nem szignifikánsan további 4 törzs szaporodását is. A vizsgált *Streptomyces*-eket az alacsonyabb klórszulfuron dózissal, azaz a szántóföldi és a 10-szeres, 100-szoros adagok

is általában enyhe, de szignifikáns módon serkentették és csak az ezeknél nagyobb mennyiségek tudták lecsökkenteni a szaporodást. Igen erős, statisztikailag is igazolt szaporodás-stimulálást figyelhettünk meg a *S. griseus* és a *S. griseolus* törzseknél. Ezek az eredmények a *Streptomyces*-eknek a többi csoporthoz viszonyított kisebb-fokú érzékenységre utalnak.

2. táblázat: Mikroorganizmusok klórszulfuron-érzékenységének összehasonlító értékelése *in vitro*

Mikroorganizmusok	Klórszulfuron koncentrációk				
	1	2	3	4	5
Nitrogénkötő baktériumok					
<i>Azotobacter</i> spp.	+	+	-	0	-
<i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> Bük-75/4	+	+	-	-	-
<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>trifolii</i> Ló-73/3	-	-	-	-	-
<i>Sinorhizobium meliloti</i> Lu-K	-	-	-	-	-
<i>Bradyrhizobium</i> (<i>Lupinus</i>) sp. Csf-75/1	-	-	-	-	-
Spórások					
<i>Bacillus. cereus</i> var. <i>mycoides</i>	+	+	-	+	+
<i>B. subtilis</i>	-	-	-	-	-
Streptomycesek					
<i>Streptomyces griseolus</i>	+	+	+	+	+
<i>S. griseus</i>	+	+	-	-	ND
Pseudomonasok					
<i>Pseudomonas. alcaligenes</i>	+	+	+	+	+
<i>P. fluorescens</i>	+	+	+	+	+
<i>P. aeruginosa</i> *	+	-	-	-	-
Potenciális kórokozók					
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	+	-	-	-	-
<i>Erwinia carotovora</i>	0	0/-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	-	+	-	-	-
<i>Xanthomonas campestris</i>	-	-	-	-	-
<i>Micrococcus luteus</i>	-	+	-	-	-

Jelmagyarázat: 0: nincs hatás, 0/-: nincs hatás/nem szignifikáns gátlás, 0/+: nincs hatás/nem szignifikáns stimulálás, +: szignifikáns stimulálás, -: szignifikáns gátlás, -/0: nincs szaporodás. ND: nincs adat. Klórszulfuron koncentrációk: 1.) 0,001-; 2.) 0,01-; 3.) 0,1-; 4.) 1,0-; 5.) 10 mgL⁻¹.

A gyakorlatban alkalmazott dózis kivételével minden koncentráció a *P. aeruginosa* szignifikáns szaporodás-csökkenését okozta. A 0,001 mgL⁻¹ mennyiség és annak 10-szerese serkentőleg hatott a *Micrococcus luteus* baktériumra, az ennél nagyobbak pedig szignifikánsan gátoltak. Ehhez hasonlóan egy kivételével minden klórszulfuron koncentráció az *Escherichia coli* szignifikáns szaporodás-gátlását idézte elő, a 0,01 mgL⁻¹ dózis viszont szignifikáns stimulációt okozott. A különböző baktériumok közül a klórszulfuronra a legérzékenyebbnek a növényi patogén *X. campestris* (31 %) bizonyult.

A *Streptomyces griseus* törzsnél a herbicid-érzékenységi vizsgálatot szárazanyag-tartalom meghatározással és lemezöntéses telepszámlálási módszerrel is elvégeztük. A *S.*

griseus klórszulfuron érzékenysége mindkét módszerrel tendenciájában azonos mértékűnek adódott. A szántóföldön alkalmazott dózis és annak 10-szerese szignifikánsan stimulálta a szaporodást, míg az ennél nagyobb mennyiségek szignifikáns gátlást eredményeztek mindegyik alkalmazott vizsgálati módszernél. A hatásban tehát nem, de a módszer kivitelezhetőségében adódtak elsősorban különbségek. A biomassza-vizsgálathoz a megfelelő sejttömeg eléréséhez hosszabb inkubációs időszakra volt szükség, de a nagyobb herbicid-adagok flokkulálódást okozó hatásait is értékelni tudtuk. Az *in vitro* herbicid-érzékenységi vizsgálatoknál tehát mindhárom módszer előnye ki lehetett használni.

A tiokarbamát herbicideknél a növekvő dózisok hatására a klórszulfuronhoz hasonló dóziszfüggőséget állapíthattunk meg. A gyakorlatban alkalmazott mennyiségeknél azonban kevésbé tudunk szaporodás-stimulációt kimutatni. Ennek egyik oka lehet a régi típusú, hagyományos herbicideknek az általában nagyobb dózisban való alkalmazása, de a kémiai hatóanyagok eltérő volta is.

A tiokarbamát származékok szignifikáns szaporodás-csökkenést okoztak az *E. coli* baktériumnál. Összesített hatásban az általunk tesztelt baktériumok közül 5 törzs bizonyult a legérzékenyebbeknek (8-80 %-os szaporodási képességgel). Leginkább toleránsak - melyeknél még stimuláció is előfordult - a *R. leguminosarum* bv. *viciae* Bük-75/4 (124 %) és az *Azotobacter* spp. (110 %) voltak. Eredményeink szerint jól tolerálták még a tiokarbamátokat a *Pseudomonas* baktériumok is kontrollhoz viszonyított 86-81 %-os szaporodási képességgel.

Az összesített eredmény szerint a tiokarbamát származékokra a *X. campestris* és a *B. subtilis* mellett a legérzékenyebbek a *Streptomyces*-ek voltak. Néhány törzsnél (pl. *B. subtilis*, *S. griseus*, *S. griseolus* és *X. campestris*) a vernolát hatására nem volt mérhető szaporodás. A tiokarbamátok a molinát kivételével ugyanakkor stimulálták a *R. leguminosarum* bv. *viciae* Bük-75/4 jelű törzs szaporodását. Csak a tiokarbamátokra bizonyultak érzékenyek a *B. cereus* var. *mycoides* és a *Streptomyces* sp. fajrepresentánsai.

A vizsgált herbicidek közül a klórszulfuron bizonyult a legkevésbé ártalmasnak, ezzel szemben a tiokarbamátok közül a legtoxikusabbnak a gyűrűs vegyületet is tartalmazó molinát bizonyult. Az összesített hatásban a csoport többi tagjára vonatkozó sorrend kimutatható, de további molekulaszervezeti összefüggések csak óvatossággal tehetők a tesztelt mikroorganizmusok szaporodására kifejtett hatások alapján.

II. Mikroorganizmusok klórszulfuron érzékenysége talajinkubációs modellkísérletben

A modellkísérletben rövidebb (3-heti) és a vegetációs időszakot követő hosszabb (3-hónapi) inkubációt valósítottunk meg. A rövid és a hosszabb hatóidő között az egyes mikroorganizmus-csoportokra kifejtett hatások között lényeges különbségek adódtak. Ezen túl a vizsgált mikroorganizmus-csoportok érzékenysége között is szignifikáns eltéréseket állapíthattunk meg, amit az adott csoport talajban betöltött szerepével, funkcionálásával magyarázhatunk. A szabadon élő nitrogénkötő baktériumoknak az *in vitro* tesztekben tapasztalt érzékenysége a talajinkubációs kísérletben is megnyilvánult. Már a rövidebb hatóidőt követően a klórszulfuron szignifikáns sejtszám-csökkenést okozott, amely értékek azonban a vegetációs időszak során módosultak.

A hosszabb hatóidő után a herbicid legkisebb dózisa stimulálta ($P_{0,05\%}$) a nitrogénkötők számát megközelítőleg 50 %-al. Az 1 mgkg⁻¹ koncentráció a kontrollhoz

viszonyítva 20 %-os serkentő hatású volt, de a 10 mgkg⁻¹ dózis ezzel szemben szignifikánsan csökkentette a szaporodást (3. táblázat). Az általunk tesztelt mikroorganizmus-csoportok klórszulfuron növekvő koncentrációival szembeni érzékenységi mintázat eredményeit a 3. számú összesítő táblázat mutatja be.

3. táblázat: Kitenyészthető mikroorganizmus csoportok klórszulfuron-érzékenységének összehasonlító értékelése *in vivo*

Mikroorganizmus csoportok	Klórszulfuron koncentrációk			
	1	2	3	4
<i>Szabadon élő nitrogénkötő baktériumok</i>				
3 hét	-	-	-	-
3 hónap	+	0/+	0/-	-
<i>Actinomycesek</i>				
3 hét	0/-	0/-	0/-	-
3 hónap	+	+	+	-
<i>Spórások (Bacillus. cereus var. mycoides)</i>				
3 hét	0/-	0/+	0/-	0/-
3 hónap	0/+	-	-	-
<i>Heterotrófok</i>				
3 hét	-	-	-	-
3 hónap	0/-	0/+	-	-

Jelmagyarázat: 0: nincs hatás, 0/-: nincs hatás/nem szignifikáns gátlás, 0/+ : nincs hatás/nem szignifikáns stimulálás, +: szignifikáns stimulálás, -: szignifikáns gátlás, -/0: nincs szaporodás. Klórszulfuron koncentrációk: 1.) 0,001-; 2.) 0,01-; 3.) 1,0-; 4.) 10 mgkg⁻¹

A rövid idejű alkalmazás után a Dunaferri kocszólói szennyvíze is csökkentette a nitrogénkötők csíraszámát, mely a herbicid dózisokkal való kölcsönhatásban nem módosult. A szennyvízzel kombinált 0,01 mgkg⁻¹ herbicid-dózis enyhe serkentő hatással volt a szabadon élő nitrogénkötő baktériumokra. A vegetációs időszakra vonatkozó „tartam” hatásban a gyomirtó nélküli szennyvíz és a szántóföldön alkalmazott dózis a szennyvízzel kombinációban szignifikánsan stimulálta a nitrogénkötők szaporodását, a nagyobb koncentrációk pedig a szennyvízzel kombináltan fokozatos szaporodás-gátlást eredményeztek.

Az *Actinomyces*-eknél a rövid hatásban alkalmazott klórszulfuron két legnagyobb dózisa (1-; 10 mgkg⁻¹) szignifikáns sejtszám-csökkenést idézett elő, a kisebb dózisoknál pedig csak gyenge, nem szignifikáns gátló hatás érvényesült. A hosszabb hatóidő elteltével a 0,001-; 0,01- és 1 mgkg⁻¹ koncentráció szignifikánsan stimuláló hatású volt, míg a 10 mgkg⁻¹ dózis csökkentette a csíraszámot. Utóbbi dózisonál a csíraszám gátlása kisebb volt, mint három hét után. A mikroorganizmusok száma a kezeletlen kontrollal azonos értékűnek adódott a szennyvíz nélküli herbicid, valamint a herbicid-szennyvíz kombinációknál is. A dózishatásokat is értékelve a 10mgkg⁻¹ klórszulfuron kezelés az ipari szennyvízzel való kombinációban a sugárgombák kitenyészthető sejtszámára kedvező hatással volt. A három-hónapi hatóidő után a szennyvíz alkalmazása szignifikánsan csökkentette az *Actinomyces*-ek számát, a 0,001 mgkg⁻¹ herbicid dózissal történő kombináció pedig a kontrollhoz hasonló eredménnyel járt. A nagyobb adagú kombinációk az *Actinomyces*-eknél is szignifikáns sejtszám csökkenést eredményeztek (4. táblázat).

A heterotróf mikroorganizmusok száma három hét után a nitrogénkötőkhöz hasonlóan minden egyes dózisonál a kontroll 71-79 %-ára csökkent. A hosszabb hatóidőt követően a 0,01 mgkg⁻¹ herbicid-adag 34,5 %-kal serkentette a szaporodást. A két legnagyobb dózis gátló hatású volt, 59-60 %-ra csökkentve a szaporodást. A kocszoló szennyvíz a kitenyészhető heterotróf baktériumok számát egy nagyságrenddel megnövelte, amely érték a herbicid-kombinációknál csak a 10 mgkg⁻¹ dózisonál csökkent le szignifikánsan. A herbicid-szennyvíz kombinációknál enyhe, de nem szignifikáns stimuláló hatást figyelhettünk meg a 0,01 mgkg⁻¹ dózisonál. A három-hónapi hatóidőt követően a herbicid nélküli szennyvízkezelés szignifikánsan tovább növelte a csíraszámot. A 0,001 mgkg⁻¹ dózissal kombinálva a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan nőtt a sejtszám, míg az 1- és a 10 mgkg⁻¹ koncentrációkkal való kombináció erős szaporodás-gátlást idézett elő a heterotróf baktériumoknál (4. táblázat).

A *B. cereus* var. *mycoides* spórás baktériumnál a három-heti hatóidő egyik dózisonál sem okozott szignifikáns eltérést. Három hónap után azonban a 0,001 mgkg⁻¹ koncentráció szignifikánsan 13 %-kal stimulálta a szaporodást, az ennél nagyobb dózisok ugyanakkor erősen gátló hatásúak voltak a baktériumra (a kontroll 14-24 %-a). A *B. cereus* var. *mycoides* kitenyészhető telepeinek a számszerű értékeit a szennyvízkezelés nem gátolta szignifikánsan.

Hosszabb hatásban a 0,001 mgkg⁻¹ dózis a szennyvízzel kombinálva szignifikánsan serkentett, míg a nagyobb dózisok kombinációban már jelentősen csökkentették a sejtszámot. A vizsgált mikroorganizmus-csoportok klórszulfuron növekvő koncentrációival és a kocszoló szennyvízzel szembeni érzékenységi mintázat eredményeit a 4. számú összesítő táblázat mutatja be.

4. táblázat: Kitenyészhető mikroorganizmus csoportok klórszulfuron- és szennyvíz-„érzékenységének” összehasonlító értékelése *in vivo*

Mikroorganizmus csoportok	Klórszulfuron koncentrációk szennyvízadagolással				
	1	2	3	4	5
<i>Szabadon élő nitrogénkötő baktériumok</i>					
3 hét	-	-	-	-	-
3 hónap	+	+	0/+	0/-	-
<i>Actinomycesek</i>					
3 hét	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
3 hónap	-	0/-	0/-	-	-
<i>Spórások (Bacillus cereus var. mycoides)</i>					
3 hét	0/-	0/-	0/-	-	0/-
3 hónap	0/-	+	-	-/0	-/0
<i>Heterotrófok</i>					
3 hét	+	0/+	+	0/+	0/+
3 hónap	+	+	0/+	-	-

Jelmagyarázat: 0: nincs hatás, 0/-: nincs hatás/nem szignifikáns gátlás, 0/+ : nincs hatás/nem szignifikáns stimulálás, +: szignifikáns stimulálás, -: szignifikáns gátlás, -/0: nincs szaporodás. Klórszulfuron koncentrációk: 1.) Szennyvíz klórszulfuron nélkül; 2.) 0,001-; 3.) 0,01-; 4.) 1,0-; 5.) 10 mgkg⁻¹ klórszulfuron+szennyvíz.

A kocszoló szennyvíznek a herbicidekkel való kombinált alkalmazásánál rövid-távon elsősorban a szervesanyag-tartalma és a saját mikroorganizmus csíraszám járulhat hozzá a herbicid-hatások mérsékléséhez. Hosszabb hatóidőt követően a szennyvizek

toxikus anyagai erősebben érvényesülnek, különösen a nagyobb herbicid-dózisokkal való kombinációknál. A vizsgált mikroorganizmus-csoportok herbicid-szennyvíz kombinációkra adott válaszaiban lényeges különbségek adódtak mind a rövidebb, mind pedig a hosszabb, a vegetációs időszakra jellemző vizsgálati periódus során.

AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A talaj-növény rendszerben előforduló különböző mikroorganizmus csoportokhoz tartozó baktériumok herbicid érzékenységét (a herbicidek szaporodásra gyakorolt hatását) vizsgáltuk laboratóriumi *in vitro*, és talajinkubációs mikrokozmosz modell-kísérletekben *in vivo*. Az „újgenerációs” klórszulfuron növekvő koncentrációi mellett további, régi típusú herbicideket a tiokarbamát származékokat is bevontunk vizsgálatainkba. Az inkubációs kísérletet kocszói szennyvíz-adagokkal kombináltuk a nagy szervesanyag-tartalmú, de toxikus vegyületeket is tartalmazó anyaggal való kölcsönhatások tanulmányozása céljából. A vizsgálatok kivitelezésénél a rövid hatások értékelése mellett a vegetációs időszakra vonatkozó hatóidőt is figyelembe vettük.

A) Az *in vitro* vizsgálatok eredményei:

- 1.) Az „újgenerációs” klórszulfuron gyakorlati dózisa ($0,001 \text{ mgL}^{-1}$), de az annál 10-szer, 100-szor nagyobb mennyiségek (de két *Pseudomonas*, 1 *Actinomyces* és 1 *Bacillus* törzsnél az 1000-szeres dózis is) szignifikánsan stimulálják a mikroorganizmusok szaporodását. A régi típusú tiokarbamát herbicidek nagyobb gyakorlati dózisa és eltérő kémiai szerkezete miatt a szaporodás stimulációja nem jellemző. A tiokarbamátok 5-féle típusa között a legkárosabb hatást a gyűrűs vegyületet is tartalmazó cikloát fejtette ki.
- 2.) Az 5 vizsgált mikroorganizmus-csoportot képviselő 17 törzs egyedi szaporodásbeli érzékenységet mutat a klórszulfuron és a tiokarbamátok növekvő mennyiségeivel szemben. Összesített hatásban a leginkább érzékenynek a nitrogén-kötők, a legkevésbé pedig az irodalmi adatokból ismert herbicid-bontó *Pseudomonas* fajok és a *Streptomyces* genus képviselői bizonyultak.
- 3.) Az egyes *in vitro* módszerek a herbicid-érzékenységi eredményeket nem befolyásolják, de a biotassza-meghatározással a sejtaggregációt okozó nagyobb herbicid-dózisok is vizsgálhatók.

B) Az *in vivo* vizsgálatok eredményei:

- 1.) A talajinkubációs kísérletben a kitenyészhető csíraszámok alakulását a hatóidő befolyásolja. Rövid hatásban a klórszulfuron minden dózisa, a gyakorlati adag is szignifikáns csíraszám-csökkenő hatású. A vegetációs időszakot követően a gyakorlati adag sejtszám-stimuláló hatása mutatható ki az *in vitro* eredményekhez hasonlóan. Az irodalmi adatokkal való összevetést követően ezt a mikroorganizmusok szerhez történő adaptációja mellett a herbicidek degradációja is befolyásolja.
- 2.) A klórszulfuron és az ipari szennyvízzel való kombinációk megváltoztatják a gyomirtó szer egyedi alkalmazásának eredményeit. A herbicidek szaporodás-gátló hatása az ipari szennyvízzel való kombinációknál lényegesen kisebb különösen a rövid távú tesztek adatai alapján.

- 3.) A klórszulfuron vizsgált koncentrációira és az ipari szennyvízre is a nitrogén-kötő baktériumok bizonyultak a legérzékenyebbek az *in vitro* tesztekhez hasonlóan. A spórások csíraszámát a herbicid-szennyvíz kombinációk csökkentették igen erősen, azok teljes eliminációját is okozva. Az *Actinomyces*-ek kiemelkedő adaptációs tulajdonságát, illetve metabolizáló képességét jelzi az erős csíraszám-serkentő hatás a szántóföldi dózis 1000-szereséig is. Az eltérő érzékenységi mintázatok a talajok mikroorganizmus-közösségeinél a mennyiségi és minőségi összetétel és ezáltal a talajfunkciók módosulásához vezethetnek el.

AZ EREDMÉNYEK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

A „fenntartható mezőgazdasági szemlélet” szerint a növénytermesztés és a talajtermékenység szempontjából is „hasznos” mikroorganizmus csoportok vizsgálata javasolható az általunk is alkalmazott módszerekkel. Az egyszerű módon kitenyészthető mikroorganizmusok mennyiségi értékelése a leginkább kivitelezhető. A talajokban a biológiai N₂-kötésre képes baktériumok, a szerves anyagok lebontásában közreműködő *Actinomyces*-ek/*Streptomyces*-ek, vagy a spóráképzésük miatt a környezeti stressz-körülményeket túlélni képes (ún. „I” strategista) *Bacillus* genus tagjai funkcionális jelentőségűek. Ezeknek a csoportoknak a kitenyészthető módszerrel történő mennyiségi számbavétele alapján következtetéseket vonhatunk le a talajállapotról illetve annak a megváltozása is előre jelezhető. A mikroorganizmusok között különösen a nitrogénkötő baktériumok és az *Actinomyces*-ek használhatók érzékeny indikátor-szervezetekként számos peszticid, így a klórszulfuron mezőgazdasági alkalmazása során is. A herbicidek lebontására képes mikroorganizmusok (mint pl. az *Actinomyces*-ek/*Streptomyces*-ek, *Pseudomonas*-ok) a talajban végbemenő változások indikátoraként is használhatók, de fontos helyreállító szerepük is lehet. A degradatív képességű izolátumok alkalmasak lehetnek a talajok herbicid-maradványoktól való mentesítésére is.

Szükséges ezért tovább folytatni a herbicidek mikroorganizmusokra gyakorolt hatásának a tanulmányozását további készítmények bevonásával is. A vizsgált autentikus törzsek mellett olyan törzseket célszerű izolálni és azonosítani, amelyek képesek lebontani, metabolizálni az adott herbicideket, ha azok célzott hatására már nincs szükség. A továbbiakban fontos még vizsgálni a klórszulfuron és más herbicidek, valamint a különböző ipari szennyező- vagy hulladék-anyagok és ipari szennyvizek-szennyvíziszapok talajokra kifejtett kombinált hatásait is. Szükségesnek látszik olyan kísérletek lefolytatása is, amellyel az izolátumokat és a talaj-adalékanyagokat léptéknövelő módon a laboratóriumtól a szabadföldi körülményekig tesztelni tudjuk. Számos növénytermesztési gyakorlat vizsgálatával a gyomirtó szereknek egy sokkal inkább környezetbarát-szemléletű alkalmazása valósulhat meg.

Az idézett irodalmi hivatkozások jegyzéke

- Angerer I.P., Biró B., Köves-Péchy K. (1998): Indicator microbes of chlorsulfuron addition detected by a simplified soil dilution method. *Agrokémia és Talajtan.* 47: 297–305.
- Angerer I.P., Kődböcz L., Biró B. (2004): Mikrobacsoportok herbicid-szennyvíz kombinációkkal szembeni érzékenységének vizsgálata modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* 53: 331-343.
- Angerer I.P., Rausch P., Biró B. (2006): Specificity of microbial sensitivities to chlorsulfuron *in vitro* and in soil-incubation experiment. *Acta Microbiol. Immunol. Hung.*, 53: 239–240.
- Angerer I.P., Biró B. (2007): Dose- and time-dependent abundance of some soil-microbes at Chlorsulfuron herbicide application. *Cereal Res. Commun.* 35 (2): 181-184.

- Angerer I.P., Köves-Péchy K., Kecskés M., Biró B. (2007): Néhány mikrobacsoport klórszulfuron herbicid-érzékenysége laboratóriumi és talajinkubációs kísérletekben, *Agrokémia és Talajtan*, 56: 147-160.
- Biró B., Angerer I.P. (1997): Módosított talajhígításos, szelektív kitenyésztés környezetvédelmi szempontú állapotfelmérésre. In: *IX. Országos Környezetvédelmi Konferencia*, Siófok. p. 287–293.
- Reichart O. (2005): Kísérlettervezés és értékelés a mikrobiológiai gyakorlatban. Budapest, pp. 97.
- Stefanovits P. (1977): Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó Budapest, pp. 243.
- Szegi J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó Budapest, pp. 310.
- Thirunarayanan K., Robert L. Zimdahl R.L., Smika, D.E. (1985): Chlorsulfuron adsorption and degradation in soil. *Weed Science*, (33) 4: 558-563.
- Vincent J.M. (1970): A manual for the practical study of nitrogen-fixing bacteria. Oxford Press. Sidney pp. 150.

PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó közlemények

A./ Lektorált, referált folyóiratban

- ANGERER I.P., BIRÓ B., KÖVES-PÉCHY K., ANTON A., KISS E.** (1998): Indicator microbes of chlorsulfuron addition detected by a simplified soil dilution method. *Agrokémia és Talajtan*, 47: 297–305.
- ANGERER I.P., KÖDÖBÖCZ L., BIRÓ B.** (2004): Mikrobacsoportok herbicid-szennyvíz kombinációkkal szembeni érzékenységének vizsgálata modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*, 53: 331-343.
- ANGERER I.P., RAUSCH P., BIRÓ B.** (2006): Specificity of microbial sensitivities to chlorsulfuron *in vitro* and in soil-incubation experiment. *Acta Microbiologica Immunologica Hungarica*, 53: 239–240.
- ANGERER I.P., KÖVES-PÉCHY K., KECSKÉS M., BIRÓ B.** (2007): Néhány mikrobacsoport klórszulfuron herbicid-érzékenysége laboratóriumi és talajinkubációs kísérletekben, *Agrokémia és Talajtan*, 56: 147-160.
- ANGERER I.P., BIRÓ B.** (2007): Dose- and time-dependent abundance of some soil-microbes at Chlorsulfuron herbicide application, *Cereal Research Communication*, 35: 181-184.

B./ Konferencia-kiadványok

- ANGERER I.P., BIRÓ B., KÖVES-PÉCHY K., KISS E.** (1997): Klórszulfuron és ipari szennyvíz kombinációk hatása néhány talajmikrobacsoport számszerű alakulására. In: *3. Veszprémi Környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás*, p. 375-383.
- BIRÓ B., ANGERER I.P.** (1997): Módosított talajhígításos, szelektív kitenyésztés környezetvédelmi szempontú állapotfelmérésre. In: *IX. Országos Környezetvédelmi Konferencia*, Siófok. p. 287–293.
- ANGERER I.P., KÖDÖBÖCZ L., BIRÓ B.** (2004): Mikroorganizmusok gyomirtó szerekkel szembeni érzékenysége alapján kialakítható bioindikációs lehetőségek. In: *XVIII. Országos Környezetvédelmi Konferencia*, Siófok, p. 168-175.

C./ Előadások összefoglalói

- KÖDÖBÖCZ L, FÜZY A., VILLÁNYI I., ANGERER I., MORVAI B., BIRÓ B.** (2004): Szennyvíziszapok termőföldre történő kihelyezésének rövid és tartamjelleű

rhizobiológiai következményei. In: *Talajtani Vándorgyűlés, Kecskemét, Előadások és posztterek összefoglalói*, p. 34.

ANGERER I.P., BIRÓ B. (2005): Model experiments to test sensitivity of microbial groups to combination of herbicide Chlorsulfuron and industrial waste-water. In: *Soil-Plant-Microbe Interactions, Fundamentals and Applications*. International Interdisciplinary Postgraduate Course, Uppsala, Sweden, p. 25.

Az értekezés témaköréhez közvetlenül nem kapcsolódó közlemények

A./ Tudományos, szakmai kiadványok

- VILLÁNYI I., FÜZY A., **ANGERER I.**, BIRÓ B. (2006): Total catabolic enzyme activity of microbial communities. Fluorescein diacetate analysis. p. 441-442. In: *Understanding and modelling plant-soil interactions in the rhizosphere environment. Handbook of methods used in rhizosphere research*. Chapter 4.2. *Biochemistry* (ed. D.L. JONES). Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf.
- BIRÓ B., **ANGERER I.P.**, VILLÁNYI I., KÖDÖBÖ CZ L. (2005): Komposztok minőségi állapotváltozásának kimutatása mikrobiológiai aktivitásvizsgálattal. p. 21-26. In: *Az MTA SzSzBTT XIII. Tudományos ülésének előadásai* (Szerk. KÓKAI S, MIZSUR B). Kapitális Nyomda, Nyíregyháza
- BIRÓ B., **ANGERER I.P.**, KÖDÖBÖ CZ L., BECZNER J. (2005): Food quality and safety of green pea by rhizobiological investigations in sewage sludge amended soils. p. 227. *Proc. of Rhizosphere 2004 Conference* (ed. by A. HARTMANN et al.). GSF Bericht; Germany
- ANGERER I.P.**, BIRÓ B. (2005): A zöldborsó rhizoszférájának mikrobiológiai érzékenysége szennyvíziszapokkal kezelt talajokban. In: *XIX. Országos Környezetvédelmi Konferencia*, Siófok, p. 173-179.
- BIRÓ B., VILLÁNYI I., FÜZY A., KÖDÖBÖ CZ L., **ANGERER I.**, MAKÁDI M., ANTON A., MONORI I. (2008): A mikrobiális aktivitás mérése és lehetséges kontrollja mezőgazdasági és kommunális eredetű szerves anyagok hasznosításánál. *Talajvédelem Suppl.*, p. 152-161.

B./ Ismeretterjesztő kiadványok

- ANGERER I.P.** (2002): Dunaújváros Megyei Jogú Város Települési Környezetvédelmi Programja. I. felülvizsgált, aktualizált változat Duna-Print Nyomda Dunaújváros. pp. 189.
- ANGERER I.P.**, TÓTH L., MÉSZÁROS R. (2004): Dunaújváros Megyei Jogú Város Települési Környezetvédelmi Programja II. felülvizsgált, aktualizált változat, TEXT Nyomda, Dunaújváros. pp. 187.
- ANGERER I.P.** (2005): A dunaújvárosi környezetvédelmi program végrehajtásának tapasztalatai. *A Dunaújvárosi Főiskola Közleményei*, 26: 493-501
- ANGERER I.P.**, TÓTH L., TÓTH T., SZÁNTÓ K. (2008) Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról 2007. Kiadja: Dunaújváros MJV Önkormányzata, készült: TEXT Nyomdaipari, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. Dunaújváros, pp. 76.
- GÁL N., **ANGERER I.P.**, TÓTH L., TÓTH T., CZEGLÉDI A. (2008): „Kinek a környezete?” – a Baracsi úti Arborétum tanösvény, Kiadja: Dunaújváros MJV Önkormányzata, készült: TEXT Nyomdaipari, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. Dunaújváros, pp. 18.