

# AZ MTA TALAJTANI ÉS AGROKÉMIAI KUTATÓINTÉZET RÖVID BESZÁMOLÓJA A MOKKA TÉMA KERETÉBEN VÉGZETT MUNKÁKRÓL

## III/2a feladat. A remediáció elmélete és gyakorlata I.

**EU együttműködés:** Áttekintés az innovatív technológiákról: definíció, osztályozás, leltározás.

## FITOREMEDIÁCIÓ

### EGY KORSZERŰ REMEDIÁCIÓS TECHNOLÓGIA NEHÉZFÉM-SZENNYEZŐDÉS KOCKÁZATÁNAK CSÖKKENTÉSÉRE

**A fitoremediáció, más néven zöld vagy botanikai remediáció, azoknak az eljárásoknak az összefoglaló elnevezése, melyek növényekkel (és társult mikrobákkal) csökkentik a környezet szennyezőanyagait ill. azok transzportját egy elfogadható kockázatú szintre.**

A tárgykörhöz tartozó kutatások rendkívül szerteágazók, hiszen a fitoremediáció a szennyező anyag, a növény, a szennyezett közeg, a klímaviszonyok bonyolult kölcsönhatásában alakított folyamatok összessége. Számos szakterület eredményét nem, vagy csak érintőlegesen ismertetjük azért, mert elsődleges célunk a technológia kidolgozásának szempontjait, a módszer előnyeit, hátrányait, az üzemszerű alkalmazás feltételeit és nehézségeit megvilágító kutatási eredményeket közreadni. Így nem foglalkozunk többek között a mikroorganizmusok igen jelentős, többirányú hatásával, s csak részben, egy-egy elem példáján keresztül mutatjuk be a talaj tulajdonságainak szerepét.

A fitoremediáció alapja a növények szennyező anyagokat felvevő, akkumuláló, átalakító vagy lebontó képessége. Attól függően, hogy melyik folyamat a döntő, a fitoremediáción belül többféle eljárást különböztetünk meg: a fitoextrakciót, -filtrációt, -volatilizációt, -stabilizációt, -degradációt.

**Fitoextrakción** a talaj-szennyezők növényekkel való kivonását értjük, **fitovolatilizáción** a felvett elemek illékonyvá tételét. A vízben levő szennyezők megkötése és kivonása vízi növényekkel a **fitofiltráció**, növényi gyökerekkel a rizofiltráció, csíranövényekkel a blastofiltráció. A **fitostabilizáció** a szennyezés helyben tartása, immobilizálása, növények segítségével. A **fitodegradáció**, melynek során a növények lebontással ártalmatlanítanak, a szerves szennyezések esetén alkalmazható módszer, ezért a továbbiakban csak az első négy eljárást ismertetjük.

A nehézfém-szennyezések megszüntetésére, kártételük csökkentésére alkalmazott módszereket két csoportba sorolhatjuk. A fitoextrakció, -filtráció, -volatilizáció segítségével a szennyező fémek kikerülnek a szennyezett közegből. Ezekben az eljárásokban alapvető fontosságú a nehézfémek oldhatóságát, felvételét és transzportját elősegíteni. A fitoremediációs eljárások másik csoportjába tartozó fitostabilizációban a szennyező elemek helyben tartása a cél. A fitoremediáció kivitelezése során a módszer kívánalmainak megfelelően kell a folyamatok egymásra épülését, egymás hatásának erősítését megteremteni, s a gátló tényezőket lehetőség szerint csökkenteni.

**Valamennyi fitoremediációs eljárás feltétele a növény (többnyire növényi gyökér)**

**nehézfém megkötése, felvétele.** A stabilizálásnál a gyökérben, gyökéren történő megkötés, a kivonási módszereknél a felvételen túl a transzlokáció a hangsúlyos. A növény elemfelvételét alapvetően befolyásolja a megkötendő, felveendő nehézfém oldhatósága, mely a talaj folyékony és szilárd fázisában különböző, többnyire egymással dinamikus egyensúlyban álló frakciók arányától függ, azaz elem- és talajspecifikus. A nehézfémek a vizes fázisban szabad hidratált ionok, szerves és szervetlen komplexek, diszpergált kolloidok, a szilárd fázisban csapadék, kolloidokon adszorbeáltan, szilikátokban rácsalkotókként találhatóak. A

fitoremediáció során a különböző formák aránya adalékanyagokkal, műtrágyákkal, a vízháztartás alakításával (vízszennyezéseknél értelemszerűen nem) befolyásolható.

A fitoremediáció legfőbb előnyei a környezetkímélés és a viszonylagos olcsóság, legfőbb hátránya a korlátozott alkalmazhatóság és a nagy időigény.

**A fitoremediáció gyorsan fejlődő**, üzemszerűen még nem alkalmazott **technológia**. Alapja a növények szennyező anyagokat felvevő, akkumuláló, átalakító vagy lebontó képessége. Attól függően, hogy melyik folyamat a döntő, a fitoremediáción belül többféle eljárást különböztetünk meg. A nehézfém-szennyezéseknél alkalmazható fitoremediációs eljárásokat két csoportra oszthatjuk aszerint, hogy a szennyező anyagok oldhatóságát, felvételét és transzportját elősegíteni (kivonás: fitoextrakció, filtráció, volatilizáció) vagy éppen akadályozni (helyben tartás: fitostabilizáció) célszerű.

**A fitostabilizáció** lényege a nehézfémek immobilizálása, az oldható, mozgékony frakciók csökkentése, növények segítségével. A módszer alkalmazása során a nehézfémek oldhatóságát különböző adalékanyagokkal csökkentik, majd a még „felvehető” frakciót dús gyökérszerű, élő növényekkel fémtoleráns fű, vagy fajokkal megkötik. A módszer különösen alkalmas lehet a „nehézkész” ólom ártalmatlanítására.

A legismertebb fitoremediációs eljárások során a nehézfémeket a növények kivonják a szennyezett közegből. A vízben levő szennyezések kivonása történhet vízi növényekkel (fitofiltráció), növényi gyökerekkel (rizofiltráció), csíranövényekkel (blastofiltráció). Nagy tömegű, viszonylag alacsony szennyezettségű vizek tisztítására alkalmazható eljárás együttes. A módszerre jellemző, a vízben oldott szennyező anyagok többnyire gyors koncentráció csökkenése. A **fitoextrakciós** módszer során a szennyezőket növényekkel vonják ki a talajból. A legvitatottabb módszer alapjául a hiperakkumuláló, vagy az akkumuláló növények szolgálnak. A jövőben megoldást jelenthetnek a transzgenikus növények is. A kivonással ártalmatlanító eljárások során a szennyező nehézfém a növények föld fölötti részébe (hajtásába) kerül. A szennyezett biomasszát letermelik, ellenőrzött körülmények mellett feldolgozzák (komposztálják, hamvasztják).

A fitoremediáció hatékonysága a talaj, a szennyező fém és a növényi tulajdonságoktól egyaránt függ, vagyis valamennyi fém oldhatósági, növényi felvételt és akkumulációt alakító tényezőtől. A bonyolult környezeti rendszer kezelése, a megfelelő módszer kiválasztása és helyi adaptálása mindenkor gondos és részletes elővizsgálatokat igényel.

### **III/4a feladat. A remediációs technológiák fejlesztése I.**

**Fejlesztés:** Laboratóriumi technológiai kísérletek, a mérési és kísérleti háttér megteremtése. A kisüzemi technológia megtervezése.

## **I. A FITOSTABILIZÁCIÓS TECHNOLÓGIA FEJLESZTÉSE IRÁNYÍTOTT MIKORRHIZÁCIÓVAL**

A pályázat keretén belül olyan fitoremediációs módszerek (módszer-együttesek) kidolgozását vállaltuk, amelyek során a fitostabilizáció céljainak megfelelő (*fémfelvétel csökkentése és fémtolerancia növelése irányított mikorrhizációva*) kompatibilis AM gomba növény párok megválasztásával a mintaterületeken a nehézfém-szennyezés okozta környezeti kockázat csökkenthető.

A kutatások első szakaszában a fitostabilizációs technológiának megfelelő növény és gombapartnerek kiválasztását, a laboratóriumi tenyészedény és szabadföldi kísérletekhez szükséges növény magvak beszerzését, a szabadföldi modellkísérletekhez alkalmas AM gomba oltóanyagok előállítását és a demonstrációs modellkísérlet beállítását végeztük el.

### **Technológiafejlesztés AM gombatörzsek nagyléptékű felszaporításához**

A laboratóriumi vizsgálatok és a demonstrációs területen beállított, többparcellás szabadföldi kísérletekhez összesen 11 AM gombatörzs oltóanyagait alkalmaztuk, ebből 4 törzset újonnan állítottunk elő. Az AM gomba törzsek kiválasztásánál figyelembe vettük a törzsek eredetét, fertőzőképességét (infektivitás), hatékonyságát (effektivitás, azaz a gombafertőzésre adott növényi választ) és előfordulásuk gyakoriságát hazai talajokban.

**Az AM gombatörzsek előállítása.** A nehézfémekkel szennyezett területekről, természetes és agrár ökoszisztémából származó törzseket talajból izolált spórákból vagy mikotróf növényeken történő csapdázással állítottuk elő.

**Az AM gombatörzsek szelekciója.** A szelekció során figyelembe vettük a fent említett AM gomba kultúrák infektivitásának alakulását a fémszennyezés hatására. Az AM gomba fajok oltóanyagként történő felhasználhatóságáról gyökérkolonizációs mutatóik alakulása alapján döntöttünk.

**AM gombatörzsek primer és szekunder inokulumainak felszaporítása.** Az AM gombák gyökérkolonizációs paramétereinek vizsgálatát követően döntöttünk a törzsek felhasználhatóságáról. Szabadföldi felhasználásra a felszaporított 11 AM gombatörzs mindegyike alkalmas volt.

**Növényfajok kiválasztása laboratóriumi kísérletekhez.** A vizsgálatainkban használandó növényfajokat, amelyek különböző növényesaladok képviselői mikorrhiza képzési, gyökérmorfológiai és fémmakkumulációs tulajdonságaik alapján választottuk ki. A növényfajok kiválasztásakor figyelembe vettük, hogy a növények közt vadon termő valamint termesztett és lehetőleg nagy mennyiségű biomasszát produkáló fajok is legyenek.

Tenyészedény kísérleteinkben az AM gomba oltóanyagok előállításához erősen mikotróf növényfajokat alkalmaztunk. Az AM gombák primer oltóanyagainak előállításához lucerna (*Medicago sativa* L.), paradicsom (*Lycopersicon esculentum* L.), uborka (*Cucumis sativus* L.) és fehér here (*Trifolium repens* L.) csapdanövényeket, a szekunder és nagyobb léptékű oltóanyag előállításához pedig fehér here (*Trifolium repens* L.) és uborka (*Cucumis sativus* L.) gazdanövényt használtunk.

### **Fitostabilizációs technológiafejlesztés irányított mikorrhizációval**

**A szabadföldi kísérletek növényei.** A szabadföldi demonstrációs kísérletekben pázsitfűmag keveréket, kukoricát (*Zea mays* L., MV 251), kínai nád (*Myscanthus esculenta* Gracillimus) és ezüstfa csemetéket (*Eleagnus angustifolia* L.) ültettünk illetve telepítettünk. A fűmag

keverék növényei, a kukorica és a kínai nád a pázsitfűfélék családjába (Poaceae) tartozó növények. A pázsitfűfélék fontos tulajdonsága, hogy mikotrófok (szimbiózisban élnek AM gombákkal) és intenzíven növekvő gyökereik teljesen behálózzák a talaj felső 15 - 20 cm-ét, csökkentik a kaporzás veszélyét, valamint kevés fémet vesznek fel a talajból. A pázsitfűfélék által felvett fémeknek csak kis mennyisége szállítódik a hajtásba, többnyire a gyökérben akkumulálódik, ezáltal kevés fém juthat be a táplálékláncba.

**Gazdanövény-specifikus oltási technológia kialakítása.** A szabadföldi kísérletekben az irányított mikorrhizációt, az AM gomba oltóanyagok alkalmazását gazdanövényre specifikusan végeztük. A különböző pázsitfűvekből álló keverék, ezüstfa és kínai nád oltása kétféle oltóanyaggal (a nehézfémekkel szennyezett területekről származó törzsekből összeállított vegyes AM gomba oltóanyaggal és az őrbottyáni humuszos homokból izolált és felszaporított *Glomus mosseae*, Ö/10 oltóanyaggal) történt. A vegyes oltóanyagot 5 különböző eredetű *Glomus claroideum* törzs és *Sclerocystis sinuosa* (*Glomus sinuosa*) oltóanyagainak 1 : 1 arányú keverékeként állítottuk elő.

A gyeper oltása során az egyenletesen kihelyezett oltóanyagot bekapáltuk a talajba, majd kiszórtuk a fűmagot, amit begereblyéztünk a talajba.

Az ezüstfa és kínai nád oltása során az oltóanyagot közvetlenül a csemeték alá juttattuk az ültető gödrökbe.

A kukorica gazdanövényt 6 különböző *Glomus mosseae* törzssel és vegyes AM gomba oltóanyaggal kezeltük. A kukorica oltásához speciális technológiát fejlesztettünk ki.

## II. A FITOSTABILIZÁCIÓS TECHNOLÓGIA FEJLESZTÉSE TÖBBLÉPCSŐS REVITALIZÁCIÓVAL

A szennyezett talajok vitalitása alacsony, mikrobiológiai diverzitásuk és aktivitásuk kicsi. A revitalizáció eredményeként a talaj minőségének javulását és a szóban forgó terület hasznosítási lehetőségeinek kiszélesedését érhetjük el.

### A mikroorganizmusok térfoglalásának elvi szempontjai

- Ismert, hogy a nagy faji diverzitás (ami jelentős génekészletet is reprezentál) mindig a mikrobaközösség komplex és sokrétű működésének jellemzője, amelyben a diverzitás növekedésével az anyagtranszformációs folyamatok biológiai kontrollja nő.
- A steril talajfelületeket elsőként az úttörőközösségek tagjai népesítik be. Ha a kolonizálható talajfelület szerves anyagot nem tartalmaz, akkor a foto- vagy kemo-autotróf szervezetek a legesélyesebbek a térfoglalásra. Ebből következik a fotoszintetizáló mikroorganizmusok kiemelt jelentősége a revitalizáció elősegítésében.
- A mikroorganizmusok előfordulását a talajszennyezések korlátozzák, hiszen mind a nehézfémek, mind a szerves szennyezők a talaj biológiai sokszínűségét és aktivitását erősen csökkentik. Ez indokolja, hogy a revitalizáció célja a fajgazdagság valamint a talajbiológiai aktivitás helyreállítása.

*A revitalizációhoz célszerű nagy faji diverzitású, fotoszintetizáló mikroorganizmusokat is tartalmazó oltóanyagot alkalmaznunk.*

**Az optimális oltóanyag kiválasztása.** A revitalizációhoz elsősorban a fitostimulátor készítmények használata ajánlott, mert ezek a talajélet aktiválása mellett - kísérletileg igazoltan - serkentik a növények fejlődését, ami különösen a növénytakaró nélküli területeken előnyös. A Magyarországon mezőgazdasági felhasználásra engedélyezett (tehát környezetbarát) mikrobiológiai készítmények közül a mikrobiológiai összetétel és koncentráció együttes értékelése alapján kiválasztottunk egy összetett oltóanyagot – egyben fitostimulátort -a fitostabilizáció támogatásához.

**Az összetett oltóanyagot alkotó mikroorganizmusok jellemzése.** Jellemeztük az összetett oltóanyagot alkotó mikroorganizmus csoportok működését. Az összetett oltóanyagban jelenlevő minden egyes fajnak (fotoszintetikus baktériumok, tejsavbaktériumok, élesztőgombák) megvan a saját funkciója. Az összetett oltóanyag hatására *egy kiegyensúlyozott mikroba-ökoszisztéma alakul ki a talajban és a kölcsönösen előnyös szimbiózis miatt a növények is rendkívül jól fejlődnek.*

**Az összetett oltóanyag felszaporításának laboratóriumi vizsgálata.** Elvégeztük a fermentáció legfontosabb technológiai tényezőinek vizsgálatát laboratóriumi körülmények között. A fermentáció technológiai tényezői közül a levegőztetés, a táptalaj minősége, a táptalaj és oltóanyag koncentráció hatását tanulmányoztuk. A felszaporítás során *optimális eredményeket kaptunk, ha a fermentációt anaerob körülmények között végeztük, valamint 3% cukornádmelasz és 3% oltóanyag koncentrációt alkalmaztunk.*

**A mikroorganizmusok egymás melletti felszaporodása.** Az összetett oltóanyag felszaporítás során, laboratóriumi körülmények között meghatároztuk a különböző mikroorganizmusok szaporodását. Mind a mikrogombák száma, mind az összcsíraszám (baktériumszám) kiemelkedően magas koncentrációt ( $10^{+9}$ ) ért el, ami különösen a mikrogombák esetében igen kedvező érték. *Az összetett oltóanyagban lévő baktériumok, mikrogombák és fonalas gombák egymás melletti felszaporodása harmonikusnak bizonyult.*

**Az összetett oltóanyag aktiválásának kisüzemi vizsgálata.** Kisüzemi körülmények között végzett fejlesztéseink keretében meghatároztuk az optimális hőmérsékletet, vizsgáltuk a levegőztetés és az adalékok hatását, táptalaj-, sterilitási-, pH kísérleteket és eltarthatósági vizsgálatokat végeztünk.

### **A többlépcsős revitalizáció lépései**

Az összetett oltóanyagra alapozott revitalizáció sikeressége érdekében egy többlépcsős technológiát dolgoztunk ki.

**1. lépés. Az aktivált oltóanyag előállítása.** A revitalizáció meghatározó lépése a jó minőségű aktivált oltóanyag előállítása. Az elkészített és igen nagy mikrobaszámú, aktivált oltóanyagot használhatjuk revitalizációra.

**2. A vetőmagok mikrobiológiai oltása aktivált oltóanyaggal.** A fitostabilizáció elősegítése céljából a vetőmagokat mikrobiológiailag beoltjuk az aktivált oltóanyaggal. A mikroorganizmusok megtelepedése a nedves vetőmag felszínén elősegíti a csírázás megindulását, majd a mikrobiológiailag aktív rizoszféra kialakulását. Ez különösen fontos a növényborítás nélküli, mikroorganizmusokban szegény, szennyezett területeken. Kidolgoztuk a vetőmagok mikrobiológiai oltásának technológiáját.

**3. A nedves vetőmagvak beporzása szilárd oltóanyaggal.** Kísérleteket végzünk az aktivált oltóanyag szerves szilárd hordozón való adszorbeálásával. A szilárd fázisú és mikrobiológiailag aktív oltóanyag egy alapvetően új perspektívát nyit meg a revitalizáció elősegítése terén. A szilárd fázisú oltóanyag könnyen kezelhető a gyakorlatban, kiszórása egyszerű. A fitostabilizáció estében további előny, hogy a növényborítás nélküli területek szerves anyagban szegények, amit a szerves szilárd hordozó bevitelével is javítunk. A kísérleti szilárd oltóanyaggal a nedves vetőmagokat beporozzuk. A vetőmagok felületén megtapadt szilárd oltóanyag mennyiségét a vetőmag tulajdonságai szabják meg.

**4. A vetőmagágy kezelése aktivált oltóanyaggal.** A talajélet serkentése érdekében történik a vetőmagágy kezelése is, ami a csíranövény tágabb környezetében állítja helyre a talajéletet. A gyökérkörnyezet mikrobiológiai aktivitásának növelése szintén a növény megtelepedését, stabilizálását segíti elő. A fitostabilizáció sikeressége véleményünk szerint döntő mértékben a növény megtelepedésének sikerén múlik.

**5. A vetőmagágy kezelése szilárd oltóanyaggal.** A vetőmagágy mikrobiológiai életét tovább fokozzuk a szerves szilárd hordozójú oltóanyag alkalmazásával.

**6. A növény fejlődésének támogatása fotoszintézist fokozó lombtrágyával.** A vetőmagok (2. és 3. lépés) és a vetőmagágy (4. és 5. lépés) mikrobiológiai aktiválása után a fitostabilizációra használt növények fejlődése jó eséllyel indulhat meg a szennyezett talajban. A növény további fejlődését a fotoszintézis fokozásával segítjük elő. A fotoszintézis elősegítése ugyanis megnöveli a gyökerek szerves anyag kibocsátását, ami hozzájárul a rizoszféra talajban zajló mikrobiológia folyamatok intenzifikálásához. Ez tovább segíti a gyökérkörnyezet szervesanyag tartalmának növekedését, a növénygyökerek stabilizálódását a talajban.

### **III. A FITOSTABILIZÁCIÓS TECHNOLÓGIAFEJLESZTÉSEKEN ALAPULÓ, INTEGRÁLT SZABADFÖLDI KÍSÉRLET KIDOLGOZÁSA**

A fitostabilizáció fejlesztése két technológiai megközelítésen alapult:

1. A fitostabilizációs technológia fejlesztése irányított mikorrhizációval.
2. A fitostabilizációs technológia fejlesztése többlépcsős revitalizációval.

#### **Kísérleti terv**

A kifejlesztett technológiák tesztelésére szabadföldi kísérletet dolgoztunk ki. Kísérleti területnek az Almásfüzitői Timföldgyár vörösiszap tározóit választottuk, ahol kémiaiaval kombinált fitostabilizációs kísérletek folynak különböző rekultivációs kompozitumokon. E fitostabilizációs kísérletek elsődleges célja a kompozitumok megfelelő kialakítása, a megfelelő növények telepítése és az alkalmasnak talált kémiai stabilizáló szerek szabadföldi tesztelése.

A MOKKA projekt keretében ennek a koncepciónak a biológiai továbbfejlesztését végezzük el. A fitostabilizációs technológiát az irányított mikorrhizáció és a többlépcsős revitalizáció alkalmazásával kívánjuk hatékonyabbá tenni. A szabadföldi kísérlet kidolgozása során a helyi viszonyokat figyelembe véve egy olyan kísérleti tervet állítottunk össze, amelyik magába foglalja mind a már futó kísérleteket, mind a MOKKA keretében kidolgozott vitalizáción alapuló technológiai fejlesztéseink integrált rendszerét.

#### **Irányított mikorrhizáció AM gomba oltóanyagokkal**

Az oltóanyagok kihelyezése során az elsődleges cél az volt, hogy a csírázó vagy éppen növekedésben lévő növények gyökere minél hamarabb érintkezzen az oltóanyag fertőzőképes képleteivel. Ennek megfelelően az ismert technológiák közül növényenként a leghatékonyabbnak ítélt módszert alkalmaztuk, illetve a helyi viszonyokra alakítottuk át. Az AM gomba oltóanyaggal kezelt parcellákat az egyes gombafajok áthordásának, átfertőződésnek megelőzése céljából alparcellákra osztottuk.

A kukorica gazdanövényt 6 különböző *Glomus mosseae* törzssel és vegyes AM gomba oltóanyaggal kezeltük. A kukorica oltásához speciális technológiát fejlesztettünk ki. A különböző pázsitfűvekből álló keverék, ezüstfa és kínai nád oltása kétféle oltóanyaggal történt. Az ezüstfa és kínai nád oltása során az oltóanyagot közvetlenül a csemeték alá juttattuk az ültető gödrökbe.

#### **Többlépcsős revitalizáció összetett oltóanyaggal**

**Kukorica.** Az alkalmazott kukoricafajta *Zea mays* L (Mv 251).

- Az összetett oltóanyagra való káros hatás megelőzése érdekében a kukorica vetőmagról bő csapvízzel lemostuk a csávázószert.
- A kimosott kukorica vetőmagokat aktivált és hígított oltóanyaggal beoltottuk.

- A mikrobiológiailag aktivált és nedves vetőmagokat szilárd oltóanyaggal kevertük össze.
- Az egyenletes kiszórás biztosítása érdekében a szilárd oltóanyagot a helyszínről származó homoktalajjal 10-szeresre hígítottuk. A keveréket egyenletesen elterítettük a talajfelszínen.

**Fűkeverék.** Az L1 „legelő keveréket”, a Tatai Környezetvédelmi Rt. által kifejlesztett gyepkeveréket alkalmaztuk.

- A fűmagokat aktivált és hígított oltóanyaggal beoltottuk.
- Az enyhén nedves fűmagokat összekevertük szilárd oltóanyaggal, amelyet előzőleg a helyszínről származó homoktalajjal 10-szeresre hígítottuk. A homokkal kevert fűmagkeveréket egyenletesen elterítettük a parcella felszínén.

#### **Kínai nád**

- A palántagödör aljára szórtuk a homokkal 10-szeresre hígított szilárd oltóanyagot. Háromszoros dózist állítottunk be.

#### **Ezüstfacsemeték**

- A vörösiszap felszínre kerülő ezüsfacsemeték gyökereit aktivált és hígított oltóanyaggal beoltottuk.

Az alkalmazott műtrágyatípus: NPK 15 – 15 – 15 műtrágya.

A kísérlet beállítása: 2006. június 13.

## A TÉMÁVAL ÖSSZEFÜGGŐ PUBLIKÁCIÓINK

BIRÓ I. and TAKÁCS T. (2006): Adaptability study of different *Glomus mosseae* strains to soil heavy metal content. *Cereal Research Communications* 34(1):127-130.

TAKÁCS T., OSZTOICS E., CSATHÓ P., CSILLAG J., VÉGH K., MAGYAR M. and LUKÁCS A. (2006): Study of environmental risk of phosphate rock application in relation to toxic element uptake and AMF colonization of red clover host. Poster 5th International Conference on Mycorrhiza, Granada, Spain 23-27. July 2006

Anton A, Mathe-Gaspar G. (2005): Factors affecting heavy metal uptake in plant selection for phytoremediation. *Z. Naturforsch.* 60c, 244-246.

Takács T, Vörös I, Biró I, Anton A. Application of AM fungi for promotion of phytostabilization in metal polluted soil. International Scientific Conference Innovation and Utility in the Visegrád Fours; 2005 Oct 13-15; Nyíregyháza: Continent-Ph Ltd., 2005; 115-121.

Bálint Oldal, G. Máthé-Gáspár, N. Uzinger, A. Anton (2005) Impact of metalloferrous ore on seed emergence: a preliminary phytoremediation study, Third European Bioremediation Conference 4-7 July 2005, Crete

Gabriella Máthé-Gáspár, Péter Máthé, Lajos Szabó, B Orgoványi, Nikolett Uzinger, Attila Anton (2005) After-effect of heavy metal pollution in a brown forest soil 8th Hungarian Congress on Plant Physiology and the 6th Hungarian Conference on Photosynthesis, 2005, Szeged

Gabriella Máthé-Gáspár, Péter Máthé, Attila Anton (2005), Change of acid phosphatase activity in a heavy metal polluted soil, 1st Central European Forum for Microbiology, 2005. Keszthely

Gabriella Máthé-Gáspár, Attila Anton (2005), Phytoremediation study: Factors influencing heavy metal uptake of plants, 8th Hungarian Congress on Plant Physiology and the 6th Hungarian Conference on Photosynthesis, 2005, Szeged

Gabriella Máthé-Gáspár, Attila Anton (2005), Study of phytoremediation by use of willow and rape, 8th Hungarian Congress on Plant Physiology and the 6th Hungarian Conference on Photosynthesis, 2005, Szeged

B. Oldal, A. Anton, N. Uzinger, É. Fenyvesi, K. Gruiz, A. Murányi (2005): Environmental impacts of cyclodextrins enhancing bioremediation efficiency. 13<sup>th</sup> International Biodeterioration and Biodegradation Symposium (IBBS-13). 4-9 September 2005. Madrid

Takács T, Vörös I, Biró I, Anton A. Application of AMF strains for enhancement of efficiency bioremediation of heavy metal contaminated soil. 1<sup>st</sup> Central European Forum for Microbiology. 1<sup>st</sup> Central European Forum for Microbiology. 2005 Oct 26-28. Keszthely. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 2005;160-161.