

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

I. feladat. Kockázat alapú környezetmenedzsment és döntéshozás.

Tanulmányrész: A kockázat alapú környezetmenedzsment és döntéshozás eszköztára, konkrét szennyezett területekre vonatkozó módszerek.

SZENNYEZETT TALAJOK TALAJBIOLÓGIAI, TALAJÖKOLÓGIAI INDIKÁCIÓJA

FEJLESZTÉSI ALTERNATÍVÁK

Az EEA munkacsoportjai az európai, illetve nemzeti talajmonitoring témában közreadott technikai jelentéseikben már 1996 óta folyamatosan foglalkoznak a monitoring egyik alapvető céljának, az indikációnak a fejlesztésével, módszereinek összefoglalásával és általános érvényű alkalmazásának lehetőségeivel (EEA 2001 61. Techn.Rep. 17. 3.1. fejezet). E tanulmányban a talajbiológiai monitoring fejlesztése szempontjából a talajokban alkalmazható bioindikátorokat tekintjük át, egy monitoring programban felvételezendő újabb biológiai paraméterek tekintetében. Továbbá az EEA indikátor-kiválasztási eljárásának megfelelően ajánlást teszünk a bevezetendő újabb paraméterekre.

Talajok biodiverzitása. A talajok komplex élőhelyek, az ökoszisztémák talán egyik legbonyolultabb szerkezetű eleme, mely élettérhez számos élőlénycsoport adaptálódott. Ezért az alacsonyabb- és a magasabb rendű állatok, gombák egész sora csak és kizárólag a talajban élhet. Ez maga után vonja a talajvédelemi stratégia egyik elemét a biodiverzitás megőrzését. E feladat az EEA által meghatározott európai léptékű monitoring stratégia egyik fő eleme. (EEA 2001 61. Techn.Rep. 12. oldal 1.2 Táblázat).

Ökológiai bioindikáció. A talaj biodiverzitásának megőrzése mellett a másik feladat az EEA (2003a) munkaanyaga, továbbá OECD 2003 jelentése szerint a bioindikációs eljárások fejlesztése. A bioindikáció a talajban élő életközösségek ökológiai minősítésén alapul, melyhez a talajbiota monitoring szintű feltárása és mérése szükséges. A fentiek alapján a talajok fizikai, kémiai, szennyezettségi, stb. jellemzése mellett a talajban élő életközösségek jellemzői is fontos elemei a környezeti és agrárvédelmi információs hálózatoknak. Az utóbbi 10 évben több EEA tagországban (köztük Németország, Ausztria, Franciaország, Svédország, Görögország) a talajvédelmi monitoring rendszereket talajökológiai elemekkel egészítették ki (EEA 2001, 13. oldal 2.1. táblázat). Az EEA monitoring munkacsoportjának indikátorokkal és paraméterekkel foglalkozó célcsoportja ajánlásának második bekezdésében hangsúlyozta, hogy az EU környezetvédelmi programjaiban meghatározott feladatok ellátására az ökoszisztémák folyamatait jellemezni képes integrált adatbázisok kiépítése és az ezeket támogató monitoring rendszerek kifejlesztése szükséges (EAA 2003b).

A talajökológiai bioindikáció ismérvei az EEA szerint. Ahhoz, hogy az adott mezőgazdasági, az ember által használt városi, a féltermészetes és a természetes élőhelyeken meg tudjuk határozni az *ökológiai egyensúly, a fenntartható fejlődés* peremfeltételeit, azaz a megengedhető környezeti terhelések szintjeit, szükséges meghatározni a talajokban élő életközösségek emberi behatásra adott ökológiai válaszait, megadva azok mértékét is. A talajökológiai indikációs eljárások az élőhelyeken fellépő degradatív folyamatokat teszik mérhetővé. Azt jelzik, hogy az adott élőhely talajaiban az életközösségek ökológiai állapotjelzői adott környezeti terhelés mellett – pl. területhasználat módja, intenzitása, szennyezettsége, stb.– mennyire különböznek a kevésbé terhelt területek életközösségeitől. E módszer család alapján képesek lehetünk a terhelések mértékét a fenntarthatóság

szempontjából skálázni, az esetleges degradációs veszélyeket feltárni és indikációs modellek bevezetésével a talajökológiai változásokat előre jelezni.

Az EEA, illetve más európai léptékű monitoring fejlesztését végző szervezetek és programok (OECD 2003, COM (2001) 31.). az indikációs eljárást, illetve a talajállapot jellemzésének módszertanát a **DPSIR** rendszer alapján határozták meg. Ez a *Driving forces, Pressures, State, Impact, Responses*, azaz a ható tényezők, a terhelések, az állapot, a hatás meghatározása és az adott válaszok együttes kezelését, a modellek szintjén történő integrálását és az intézkedések meghatározását és szabályozását jelenti. A monitoring rendszer bármely fejlesztésének tehát ebbe a sémába kell illeszkednie.

Már az EEA 2001 67 technikai riport kiadványában is részletezik a környezeti indikátorok tipológiáját, melyben az ökológiai indikátorok több szinten (A és B típusok) is felhasználásra kerülhetnek. Az ökológiai indikátorok az állapotleíró indikátorok mellett (A típus) a hatásvizsgálatokhoz is alkalmazható un. B típusú teljesítményindikátorokként is felhasználhatóak.

Az EEA 2003a novemberi monitoring munkacsoportjának jelentésében meghatározták az indikációs eljárások általánosabb módszertanát, illetve a (bio)indikátorok kiválasztásának módját. Egy példa az európai országokban működő talajmonitoring rendszerek talajbiológiai egységeinek felépítésére: Az EEA tagországok között talán az egyik legrészletesebb adatbázis az Ausztriában 1992-ben bevezetett BORIS talajmonitoring rendszer, mely részletes talajzoológiai, talajökológiai vizsgálatokat is tartalmaz. Ebben a monitoring rendszerben a mikro-gerinctelen állatcsoportok egyedszám- és fajszám-becslését, a mesofauna egyedszám- és fajszám-becslését, továbbá a teljes makro-gerinctelen fauna mintavételezését végzik el. Noha az egyes gerinctelen állatcsoportokról csak a magasabb rendszertani kategóriákat határozzák meg – faj-szintű identifikációt nem végeznek –, a monitoring rendszer az ökológiai indikációs elemzésekhez jó adatokat biztosít. Részletes elemzésre kerül a talaj mikrobiális szintje, melyben 26 paramétert mérnek.

Az ökológiai indikációs elemzések, az adatbázis felhasználhatósága. Az indikációs vizsgálatok első két típusánál általában valamely degradációs, vagy másodlagos szukcessziós folyamat leírását célozzák meg. E vizsgálatokat nagy adatbázis alapján végezték el (Németország és több más EEA tagállam adatbázisai alapján). Statisztikai elemzésükben többszörös regressziót alkalmaztak, összefüggést írtak le, pl. a fajszám csökkenése és a területhasználat intenzifikációja között, továbbá sokváltozós megfelelési analízis alapján egy indikációs rendszert állítottak fel. További vizsgálatokban sokváltozós metrikus skálázás alapján fejlesztettek ki indikációs indexeket (T-IBI: Terrestrial Index of Biological Integrity), mely a talajfauna alapján értékeli az élőhely természetességi állapotát.

Egy további elemzési típus a hatás-alapú indikációs elemzés, amelynél az ökoszisztéma, illetve az életközösségek működési leírásán keresztül jelzik előre a várható ökológiai válaszokat. Az ökológiai értékeléshez szükség van a ható faktorok időbeli változásának és az életközösség valamely kiemelt válaszparaméterének (pl. fajösszetétel, egyedszám) mérésére. Ezeket az adatokat szolgáltatják a monitoring rendszerek talajökológiai, talajzoológiai aleggységei.

Talajmonitoring talajmikrobiológiai, -biokémiai bővítésének lehetőségei:

- Különböző „stratégiákkal” rendelkező mikrobák részarányának a megállapítása.
- Az „össz-mikrobás” katabolikus aktivitás meghatározása FDA módszerrel.

Talajmonitoring bővítésének lehetőségei a mikro-, mezo- és makrofaunán végzett vizsgálati módszerekkel:

- Talajökológiai indikáció a fonálféreg (Nematoda) taxonok kompozíciója alapján a Maturity index felhasználásával.
- Talajökológiai indikáció a mezofauna fajkompozíciója alapján.
- Biológiai aktivitás mérése földigilisztákkal.

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 illékonytételét. 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 adszorbeáltak, szilikátokban rácsalkotókként találhatók. 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 fafajokkal 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 transzgénikus 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.