

## A rekultivációtól a remediációig

(Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet 50 éves Talajbiológiai Osztályának és együttműködő partnereinek fontosabb kutatási eredményei)

A talaj egyik legfontosabb funkciója az élelmiszer- vagy biomassza-termelés, amely feladatnak a talajok termékenységükön keresztül, minőségüktől függően képesek megfelelni. A talajminőség kérdése ezért a talajtani tudományok kezdete óta foglalkoztatja a kutatókat: egyrészt, hogy milyen módszerekkel lehet a talajminőséget a legjellemzőbb módon értékelni, másrészt, hogy milyen eljárásokkal lehet azt javítani. Mindkét irány intenzív kutatási feladatot jelentett és jelent napjainkban is. Amíg azonban a talajminőség indikációs módszereit leginkább a tudományos ismeretek szintje, illetve annak infrastrukturális javulása határozza meg, addig a talajjavítási irányokra a talajhasználati igény és a talajok degradációjának és/vagy szennyezettségének mértéke gyakorolja a legnagyobb hatást. Ezért is lehet a „rekultivációtól a remediációig” meghatározni a talajkárok helyreállítására vonatkozó talaj- és környezetvédelmi feladatokat. A rekultiváció és a remediáció között azonosság, hogy mindkettő a talajkárok helyreállítására vagy megszüntetésére irányul. A különbség közöttük, hogy mind a kiindulási lehetőségek, mind az elérendő cél, azaz a végső talajhasználat eltérő.

A *rekultiváció* esetében a talajt újra művelni (kultiválni) akarjuk, és az egyik tulajdonságát (termékenységét) kívánjuk visszaadni, hogy ismét élelmiszer-alapanyagokat termelhessünk. Ebben az esetben általában nem szennyezett talajról, hanem inkább az ember által megbolygatott földtani közegről van szó, aminek a minőségét javítani szükséges az eredményes növénytermesztés érdekében.

A *remediációnál* (ami talajgyógyítást, talajorvoslást jelent) rendszerint a talaj degradációja (szennyezettsége) olyan mértékű, hogy nem az élelmiszer-előállítás célú helyreállításra kell vagy lehet törekedni, hanem a környezetvédelmi károk különböző módszerekkel történő csökkentésére, kivédésére, a káros anyagok tovaterjedésének a megakadályozására. Mindkét esetben:

- Szükséges kimutatni a degradált vagy szennyezett talajok, illetve a földtani közegek minőségét, valamint a degradáció vagy a szennyezettség mértékét, hogy a hosszabb távon visszafordíthatatlan károk előre jelezhetőek legyenek, illetve, hogy a későbbi beavatkozás mikéntjét vagy mértékét is biztosabban meg lehessen határozni.

- Fontos lehet a talaj–növény–mikroba kapcsolatok pontosabb ismerete és azok alapján – szükség szerint – a növénynövekedésre pozitívan ható mikrobiális oltóanyagok használata is.

- Szükséges tudni, hogy a klíma–talaj–növény–mikroba rendszer elemei milyen mértékben képesek alkalmazkodni az ökológiai (stressz) tényezőkhöz, továbbá a talaj-

biológiai aktivitást a talajok fizikai–kémiai jellemzői, a mikroorganizmusok, illetve a növények ökofiziológiai tulajdonságai hogyan befolyásolják.

– Fontos lehet tudni, hogy a különböző talaj-adalékanyagokkal (amelyek alternatív módon akár hulladékok is lehetnek) hogyan avatkozunk be a talaj–növény–állat–ember táplálékláncba az élelmiszer-minőség és -biztonság szempontjait is figyelembe véve.

A hatékony restaurációs és/vagy remediációs technológiák kialakítására a fenti szempontok figyelembevételével és eredményes alkalmazásával kerülhet sor.

### A talajminőség vizsgálata, biomonitoring és bioindikáció

A *talajminőség* megállapítására irányuló mutatók zöme a talajfizikai és -kémiai módszerek közül kerül ki (GRUIZ et al. 2007). Figyelembe véve azonban, hogy a talaj „élő” rendszer, a talajlélőlények, illetve a talaj–növény rendszerek ilyen célra történő használhatósága is felmerül (BIRÓ, 1998, 2005; SZILI-KOVÁCS & TAKÁCS, 2008). A talajbiota (talajmikrobiota) kulcsfontosságú szerepét és a biológiai minőségvizsgáló eljárások hasznosságát bizonyítani lehetett a szennyezetlen, gyenge termőképességű, vagy az ember ipari tevékenysége által szennyezetté vált (bányák és hőerőművek környezetéből származó) talajok esetében is (SZILI-KOVÁCS et al., 1998; MIKANOVÁ et al., 2001).

A talajminőség kimutatására vonatkozó kutatások két fő irányát a későbbi talajhasználat határozza meg elsősorban:

1. Ismertek a talajok termékenységével összefüggő módszertani lehetőségek, ahol a talajállapot, illetve a természeti és klimatikus tényezők által kialakított genetikai talajféleség közötti összefüggések keresése, illetve kimutatása a célunk. Ezek a mutatók a talaj élettevékenységének a mértékét, vagy annak fokozódását jelzik, mint például a talajlégzés vizsgálata különböző adalékanyagok hozzáadása után (SZILI-KOVÁCS, 2004).

2. Az emberi tevékenység okozta, antropogén hatások miatt leromlott, degradálódott és/vagy szennyezett talajokra vonatkozóan az ún. „korai figyelmeztető jelek” („early warning signal”) meghatározására is szükség van (BIRÓ et al., 1999b). A leginkább használható módszerek megfelelően érzékenyek arra, hogy az elváltozást időben figyelmeztetve „előre” jelezni tudják, alkalmazásuk pedig egyszerű, rutin laboratóriumi eszközökkel is lehetséges. A szabványosított eljárások ebben a folyamatban különösen értékesek, ugyanakkor a növényi rizoszféra mikroszervezetei és a növény–mikroba kölcsönhatások vizsgálati módszerei is javasolhatók, mivel a növények jelentik az összekötő kapcsot, illetve a közvetítést a talaj–növény–állat–ember táplálékláncban (BIRÓ, 2002; KÁTAI et al., 2005; SZILI-KOVÁCS & TAKÁCS, 2008).

A talajminőséget jelző, indikáló módszerek keresése is kétféle szemlélet szerint lehetséges:

A leginkább elfogadott „*mennyiségi*” elv szerint jellemezhetjük a talajok egyes, egyedi, vagy specifikus talajbiológiai tulajdonságait.

– A klasszikus módszerek sorában erre alkalmasak az *összes mikrobiális csíraszám-meghatározások*, mint pl. az összes baktérium- vagy gombaszám), illetve a már korábban említett talajlégzés vizsgálat. A csíraszámokat specifikus „szelektív” táplemezek segítségével határozhatjuk meg (ANGERER et al., 1998; BIRÓ, 2006), a légzést, azaz a talajból kibocsátott CO<sub>2</sub>-mennyiséget pedig lúggal való elnyeletést követően titrálhatjuk. A mikroorganizmusok mennyiségét a talajokból mikroszkóp segítségével is szá-