

A TALAJOK KÖRNYEZETI ÉRZÉKENYSÉGÉNEK ÉRTÉKELÉSE

VÁRALLYAY GYÖRGY

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
1022 Budapest, Herman Ottó út 15. e-mail: g.varallyay@rissac.hu

Kulcsszavak: környezetvédelem, vízvédelem, talajvédelem environmental

Összefoglalás: A különböző emberi beavatkozások közvetlen vagy közvetett hatásaira bekövetkező talajdegradációs folyamatok általában nem szükségszerű és kivédhetetlen következményei az intenzív mezőgazdasági és ipari termelésnek, valamint az általános társadalmi fejlődésnek, hanem többnyire megelőzhető, kiküszöbölhető, de legalább bizonyos tűrési határig mérsékelhető. A talajok degradációs folyamatokkal szembeni érzékenységének elemzése és értékelése éppen e „tűrési határ” meghatározásához nyújt egzakt tudományos alapokat, s így nélkülözhetetlen információkat egy korszerű Talajvédelmi Stratégiához, amelynek alaptétele és fő célkitűzése nem lehet más, mint a megbízható elemzésekre és hatás-előrejelzésekre alapozott időben történő megelőzés (prevenció).

Áttekintés, kutatási eredmények

A fenntartható fejlődés két fontos alapeleme Magyarországon talajkészleteink ésszerű hasznosítása, védelme, állagának megőrzése, sokoldalú funkcióképességének fenntartása, valamint felszíni és felszín alatti vízkészleteink minőségének megóvása. Ez környezetvédelmünk és mezőgazdaságunk egyik legfontosabb közös feladata, amely az állam, a földtulajdonos és a földhasználó, valamint az egész társadalom részéről megkülönböztetett figyelmet igényel, átgondolt és összehangolt intézkedéseket tesz szükségessé (VÁRALLYAY 2000a).

Egy integrált környezet-/víz-/talajvédelmi program nélkülözhetetlen eleme a hazai talajok korszerű környezetvédelmi szempontú értékelése (FLACHNER et al. 2002, VÁRALLYAY 2002).

A társadalom egyre inkább veszi igénybe, a korszerű környezetgazdálkodás/ környezetvédelem egyre inkább épít a talaj funkcióira, amelyek közül legfontosabbak a következők (VÁRALLYAY 1997):

- a) A talaj feltételelesen megújuló (megújítható) természeti erőforrás. Ésszerű használata során nem változik irreverzibilisen, „minősége” nem csökken szükségszerűen és kivédhetetlenül. Megújulása azonban nem megy végbe automatikusan, zavar-talan funkcióképességének, termékenységének fenntartása, megőrzése állandó tudatos tevékenységet követel, amelynek legfontosabb elemei az ésszerű földhasználat, talajvédelem, agrotechnika és melioráció.
- b) A talaj a többi természeti erőforrás (sugárzó napenergia, légkör, felszíni és felszín alatti vízkészletek, geológiai képződmények, biológiai erőforrások) hatását integrálva és transzformálva biztosít életteret a talajban lévő mikroorganizmus tevékenységnek, termőhelyet a természetes növényzetnek és termesztett kultúráknak.
- c) A talaj a primér növényi biomasz-termelés alapvető közege, a bioszféra primér tápanyagforrása. Víz, levegő és a növény számára hozzáférhető tápanyagok egyidejűleg fordulhatnak elő ebben a négydimenziós, háromfázisú polidiszperz rend-

- szerben, s ily módon képes a talaj a mikroorganizmusok és növények talajökölógiai feltételeit többé vagy kevésbé kielégíteni.
- d) A talaj hő-, víz-, növényi tápanyagok és potenciálisan káros anyagok természetes raktározója. Képes a felszín közeli atmoszféra hőmérsékleti szélsőségeit – bizonyos mértékig – kiegyenlíteni, a mikroorganizmusok és növények – bizonyos szintű – víz- és tápanyagellátását a raktározott készletekből rövidebb-hosszabb idejű víz- és tápanyag-utánpótlás nélküli időszakra is biztosítani.
 - e) A talaj a természet szűrő- és detoxikáló rendszere, amely képes a mélyebb rétegeket és a felszín alatti vízkészleteket a talaj felszínére vagy a talajba jutó szennyeződésektől megóvni.
 - f) A talaj a bioszféra nagy kiegyensúlyozó képességgel (pufferkapacitással) rendelkező eleme, amely egy bizonyos határig képes mérsékelni, tompítani a talajt érő különböző stresszhatásokat. Ilyet természeti tényezők (légköri aszály, túlbő nedvességviszonyok, fagy stb.) is kiválthatnak. Egyre fenyegetőbbek és súlyosabbak azonban az ember által okozott különböző stresszhatások: komplex gépsorok és nehéz erőgépek alkalmazása, nagyadagú műtrágya- és növényvédőszer-használat; a koncentrált állattartó telepek hígtrágyája; az ipar-, közlekedés-, településfejlesztés és városiasodás szennyező hatásai, elhelyezendő hulladékai, szennyvizei; felszíni bányászat. A társadalom egyre inkább arra kényszerül, hogy a talaj tompító képességét igénybe vegye, kihasználja, néha sajnos visszaélve e lehetőséggel.
 - g) A talaj a bioszféra jelentős gén-rezervoárja, amely jelentős szerepet játszik a biodiverzitás fenntartásában, hisz az élőszervezetek jelentős hányada él a talajban (biota „habitatja”), vagy kötődik léte, élete közvetlenül vagy közvetve a talajhoz.
 - h) A talaj természeti és történelmi örökségek „hordozója”.

A felsorolt funkciók mindegyike nélkülözhetetlen, azok egymáshoz viszonyított fontossága, jelentősége, „súlya” azonban térben és időben egyaránt nagymértékben változott az emberiség történelme során, s változik ma is. Hogy hol és mikor melyik funkciót hasznosítja az ember, milyen módon és milyen mértékben az adott gazdasági helyzettől, szocio-ökonómiai körülményektől, politikai döntésektől, az ezek által megfogalmazott céloktól, „elvárásoktól” függ.

Hosszú időn keresztül csak a talaj termőképessége volt – közismerten – fontos. A terméshozam nagysága volt a szinte egyetlen értékmérő, a nagy termés a fő (gyakran erőltetett, gazdaságilag, sőt politikailag presszionált) cél. Később társultak ehhez a minőségi követelmények, a gazdaságosság, majd – jóval később és sokkal halványabban – a környezetvédelmi követelmények. Csapadékszegény években és időszakokban felértékelődött a talaj „vízraktározó” funkciója; az intenzív műtrágyázás időszakában, majd a műtrágyák állami dotációjának megszűnése után „tápanyag-raktározó” funkciója. Sajnos a talajt érő stresszhatások és az ezek hatására bekövetkező káros folyamatok köre egyre szélesebb, azok egyre erősebbek, egyre inkább fenyegetik talajkészleteinket. Emiatt különös jelentőséget kapnak a talajok puffer-szűrő-detoxikáló-gén rezervoár funkciói. Elsősorban a különböző stresszhatásoknak erősen kitett, szennyezett vagy szennyeződés által fenyegetett, illetve különösen érzékeny területeken (ivóvíz-bázisok területe, védett területek és azok puffer-zónái stb.).

Sok esetben egy-egy funkció karaktere (tér- és időbeni variabilitása, változékonysága/stabilitása/kontrollálhatósága, határfeltételei, korlátai) nem – vagy nem megfelelően –

került figyelembe a talajkészletek különböző célú hasznosítása során. Ez pedig sajnos gyakran ésszerűtlen talajhasználathoz, a talaj kiszarolásához, megújuló képességének meghiúsulásához, egy vagy több talajfunkció zavarához, súlyosabb esetben komoly környezet-károsodáshoz vezetett, s – megfelelő ellenintézkedések hiányában – vezethet a jövőben is.

Napjainkban a területhasználati célok is nagyon sokfélék: biomassza termelése élelmiszer, takarmány, nyersanyag vagy energia célra; népesség-foglalkoztatás (munkalehetőség, „eltartóképeség”); nyersanyag kitermelés; építési terület (településfejlesztés, urbanizáció, infrastruktúra); üdülés, sport, rekreáció; esztétikus táj; biodiverzitás megőrzése.

A talaj-környezet kölcsönhatás ténylegesen kétoldalú. A talaj egyrészt „elszenvedi” a környezet, gyakran káros, stresszhatásait, másrészt, elsősorban ésszerűtlen használata esetén, okoz(hat) is ilyeneket, fenyegetést jelentve környezetünk többi elemeire: a felszíni és felszín alatti vízkészletekre, a felszín közeli légkörre, az élővilágra, a tájra is.

Mindez egy sokszempontú, az eddiginél sokkal differenciáltabb, sokszínűbb és árnyaltabb – a környezetvédelmi szempontokat is maximálisan érvényesítő, figyelembe vevő – EU-konform talajértékelést és talajhasználati szemléletet tesz szükségessé (VÁRALLYAY 2000c, VÁRALLYAY és LÁNG 2000, VÁRALLYAY és NÉMETH 1996).

Magyarországon egyedülállóan hosszú idősorú megfigyelések eredményeit összefoglaló, világszínvonalú adatbázis áll rendelkezésre a környezet minden elemére (geológiai, meteorológiai, hidrológiai, talajtani viszonyok, növényzet, talajhasználat, felszíni és felszín alatti vízkészletek) vonatkozóan. Szükséges azonban ezeket aktualizálni, pontosítani, korszerűsíteni, kiegészíteni, korszerű új adatbázisba szervezni, a kor új kihívásainak és társadalmi igényeinek megfelelően újraértékelni, kvantifikálni, célra-orientáltan specifikálni, interpretálni (Magyarország Nemzeti Atlasza 1989, STEFANOVITS 1992, VÁRALLYAY et al. 1994, 1979, 1980).

A talaj környezetvédelmi szempontú értékelésének szükségessége

Magyarország, elsősorban a Magyar Alföld két alapvető természetföldrajzi jellemzője:

- kedvező termőhelyi adottságok (agroökológiai potenciál),
- e kedvező adottságok, különösen nagy „hajlama” szélsőségekre, érzékenysége különböző hatásokkal, beavatkozásokkal szemben.

Következik ebből, hogy egy Talajvédelmi Stratégia csak körültekintő és alapos hatás-elemzések és reális prognózisok rendszerére alapozva lehet a kívánt mértékben céltudatos, eredményes és hatékony. Ebben a rendszerben van különös jelentősége a talaj különböző stresszhatásokkal, különböző beavatkozásokkal szembeni érzékenység vizsgálatainak (VÁRALLYAY 2000b, 2002).

Talajkészleteinket két fő veszély fenyegeti:

- a különböző talajdegradációs folyamatok (OLDEMAN et al. 1990, VÁRALLYAY 1989),
- a talaj szennyeződése (KÁDÁR 1995).

Bár az egyre erősödő és egyre sokoldalúbbá váló kedvezőtlen hatások kivédése, megelőzése egyre nehezebb, mégis ki lehet és kell mondani azt az alaptételt, hogy: talajkészleteink minősége, funkcióképessége, termékenysége megőrizhető, fenntartható. Sem az ésszerű mezőgazdasági és ipari termelés, sem az általános társadalmi fejlődés különböző

civilizációs ártalmai (légszennyezés, hulladékok stb.) nem vezetnek szükségszerűen és kivédhetetlenül talajkészleteink állapotának romlásához (hisz a talaj megújítható természeti erőforrás), hanem többnyire eredményesen megelőzhetőek, kiküszöbölhetőek, de legalábbis bizonyos tűrési határig mérsékelhetőek. Ez azonban állandó és tudatos tevékenységet követel: a talajfolyamatok bizonyos célú, mértékű és irányú szabályozását, ami a korszerű talajtan egyik legfontosabb feladata (VÁRALLYAY 2000a).

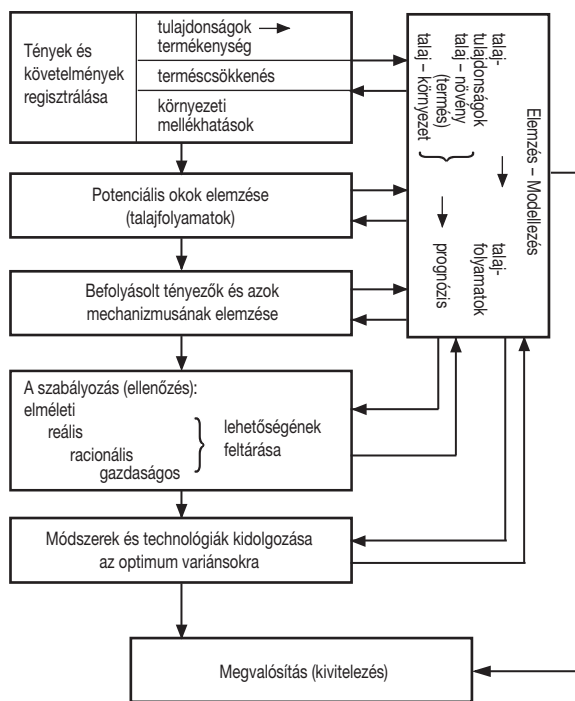
A szabályozás célja lehet a jelenlegi (kedvező) állapot (talajfolyamatok tulajdonságok) fenntartása, stabilizálása; a kedvezőtlen, nem kívánatos változások megelőzése, valamely előzetes állapot visszaállítása; vagy a jelenlegi állapot valamely cél szempontjából kedvezőbbé tétele, javítása. A szabályozás (szabályozottság) kívánatos mértéke az időnkénti állapotellenőrzéstől kezdve a teljes szabályozásig igen sokféle lehet, de – egész kivételes esetektől eltekintve – nem nélkülözhető. Téves nézet az, hogy a teljesen magára hagyott környezet „visszatál” eredeti, a környezet egésze szempontjából legkedvezőbb állapotába. A felhagyott művelt területből nem lesz sem „eredeti” gyep, sem „eredeti” erdő, csupán degradált, gyomos parlag. A rövidtávú termelési célok érdekében ármentesített és lecsapolt területek eredeti ökoszisztémái sem alakulnak vissza spontán módon csupán az „eredeti” nedvességviszonyok visszaállításával (ami tulajdonképpen már maga is szabályozás). Még inkább érvényes ez a sós tavak és szikes talajok ökoszisztémáira, hisz ezek rehabilitációjának nemcsak a hajdani vízháztartás, hanem a sóháztartás visszaállítása is előfeltétele, ami csak nehezen és hosszú idő alatt biztosítható, hisz kialakulása is évtizedek/évszázadok alatt ment végbe.

A talajfolyamatok szabályozásának legfontosabb területei az ésszerű talajhasználat, a korszerű és környezetbarát agrotechnika, valamint – szükséges esetekben – a rekultiváció és melioráció.

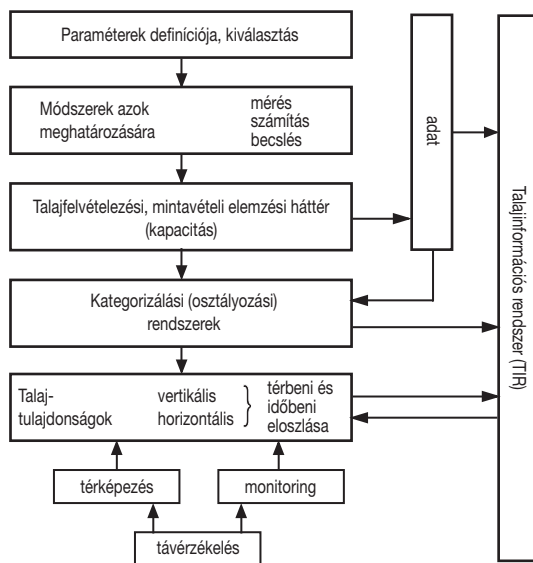
A talajfolyamatok szabályozásának logikusan és szükségszerűen egymásra épülő lépéseit foglaltuk össze az 1. ábrán. Mint az 1. ábrán látható a talajfolyamatok átgondolt, megalapozott, ésszerű, eredményes és hatékony szabályozásához megfelelő információk szükségeseek:

- egzakt, megbízható, megfelelő pontosságú, lehetőség szerint mért és mennyiségi adatok a különböző, jól definiált talajtulajdonságokról, azok térbeli megoszlásáról és időbeni változásairól, mégpedig azok valószínűségi és gyakorisági értékeivel együtt (TIM 1995, VÁRALLYAY 1985, Magyarország Nemzeti Atlasza 1989),
- a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatokról, az azokat meghatározó és/vagy befolyásoló tényezőkről és azok hatásmechanizmusáról,
- a talajfolyamatok szabályozásának, a talajtulajdonságok megváltoztatásának lehetőségeiről, feltételeiről, körülményeiről, esetleges korlátairól, valamint a célul kitűzött, illetve bekövetkező változások talajtani és környezeti hatásairól, következményeiről.

A talajok környezetvédelmi szempontú értékelését is ezekre az információkra lehet és kell alapozni.



Tulajdonságok regisztrációja



1. ábra Talajfolyamatok szabályozásának koncepcióvázlata
 Figure 1. Concept scheme for regulation of soil process

A talaj környezeti érzékenysége

A talaj környezeti érzékenysége, sérülékenysége, (stressz)tűrőképessége, terhelhetősége – bár nem pontosan szinonim fogalmak – lényegében azt fejezi ki, hogy a talaj (illetve a talaj–víz–növény–felszín közeli légkör kontinuum) miképp reagál bizonyos természeti okok miatt vagy emberi tevékenység „eredményeképpen” bekövetkező (stressz)hatásokra, meddig és milyen mértékig képes e hatásokat közömbösíteni, kiegyensúlyozni, mérsékelni anélkül, hogy állagában, „minőségében” tartósan és visszafordíthatatlanul következnenek be kedvezőtlen változások, s vezetnenek ezek káros ökológiai következményekhez. A talaj „hatás-specifikus környezeti érzékenysége” ad választ arra, hogy a talaj (vagy ökoszisztéma) milyen (stressz)hatásokra várhatóan miképpen, milyen változásokkal reagál (hatás-elemzés). Az érzékenység pontos ismeretének birtokában az egyes hatások, illetve beavatkozások következményei – felhasználva a szimulációs modellezés és a számítógép technika nyújtott egyre szélesebb körű lehetőségeket – előrejelezhetőek, s lehetőséget nyújtanak a kívánatos hatások erősítésére, elősegítésére, illetve a nemkívánatos következmények időben történő, eredményes és hatékony megelőzésére, kiküszöbölésére, vagy is bizonyos tűrési határig történő mérséklésére. A tudatos és tudományosan megalapozott Talajvédelmi Stratégiának ezért nélkülözhetetlen előfeltételei a korszerű érzékenység és hatás-elemzések, valamint a megbízható prognózisok.

A talajt az emberiség megjelenése előtt is érték a többi természeti tényező, a geológiai képződmények, a domborzat, az éghajlat és időjárás (elsősorban a hőmérséklet- és csapadékviszonyok), a felszíni és felszín alatti vizek, a növényzet és az állat-világ különböző hatásai. Ezek a hatások irányukban, erősségükben, kifejezettségükben nagymértékben különböztek, nagy térbeli variabilitást és időbeni változatosságot mutattak. A hatások egy része eleme volt a talajképződésnek és talajfejlődésnek, más része viszont, elsősorban az átlagostól, „megszokottól” eltérő, szélsőséges környezeti tényezők, jelenségek (pl. hőmérsékleti anomáliák, légköri aszály vagy túl bő nedvességviszonyok stb.) stresszhatást jelentettek a talajra.

A talaj természetesen reagált ezekre a hatásokra, mégpedig tulajdonságai által meghatározott környezeti érzékenységétől függően különböző mértékben és különböző sebességgel. Tulajdonképpen ezt a reagálást fejezték ki a különböző talajfolyamatok (anyag- és energiaforgalom, transzport, abiotikus és biotikus transzlokáció és transzformáció), amelyek különböző genetikai talajtípusok és természetes ökoszisztémák kialakulását eredményezték. Ezek tehát hű tükröi az adott talaj vagy ökoszisztéma környezeti érzékenységének.

Az ember megjelenésével a talajt érő hatások nagymértékben felerősödtek. A Föld felszínét és mélyét az ember ősidőktől fogva megváltoztatja. A föld felszínére épít, azon él, közlekedik, állatot tart, többé vagy kevésbé mesterséges környezetet alakít ki. A talajon növényt termeszt, a kőzetek pórusaiból vizet vagy szénhidrogéneket, a föld mélyéből ásványkincseket termel ki, helyükre esetleg hulladékokat helyez el. A talaj termékenységét hasznosítva állítjuk elő élelmiszereink túlnyomó részét, ipari nyersanyagaink, sőt energiaforrásaink jelentős hányadát, használva ehhez pazarlóan vagy takarékosan, ésszerűen vagy ésszerűtlenül, kémélve vagy kizsarolva vízkészleteinket, alakítva s gyakran nagymértékben befolyásolva a tájat, természetes környezetünket. Az ember tevékenysége a történelem során egyre sokoldalúbbá, intenzívebbé vált. Természetes,

hogy ezek hatása is egyre erősödött, különösen az utóbbi évtizedekben. Egyre fenyegetőbbek és súlyosabbak a talajt érő ún. „antropogén stresszhatások”, amelyek köre egyre szélesebb. Ilyen maga az intenzív növénytermesztés (komplex gépsorok és nehéz erőgépek használata, nagyadagú műtrágya- és növényvédőszer-használat stb.); de ilyen a koncentrált állattartó telepek hígtrágyája; az ipar, közlekedés, településfejlesztés és városiasodás szennyező hatásai, elhelyezendő hulladékai, szennyvizei, a „nyíló közmű-olló” (vezetékes vízellátás bevezetése csatornázás egyidejű kiépítése nélkül); valamint a felszíni bányászat is. Az okozott változások néha már olyan mértékűek, hogy nemcsak a talajjal kapcsolatos tevékenységeket korlátozzák, akadályozzák, hanem az ember(iség) életét, létét veszélyeztetik.

A társadalom egyre inkább arra kényszerül, hogy a talaj környezetvédelmi funkcióit (raktározó-, tompító(puffer)-, szűrő-, detoxikáló-képességét stb.) igénybe vegye, kihasználja. Ennek során gyakran feledésbe merül, hogy ezek végesek, s a talaj nem tekinthető egy korlátlan hulladékbefogadónak, vagy szennyvíztisztítónak. Egy bizonyos határon túl képtelen a fokozódó stresszhatások ellen megfelelő védelmet nyújtani a környezetnek, a pórusterében tározott vízkészletnek, a rajta élő növénynek, és az erre alapozott növény

állat ember táplálékláncnak. Ezt a veszélyt (amely találhatóan nevezhető „időzített bombának”) az teszi különösen súlyossá, hogy a hulladékok és szennyeződések elásása, talajba rejtése a kideríthetetlenség és felfedezhetetlenség reményével csábítja az elkövetőt a bűnre, s a következmények észlelésekor már késő vagy roppant költség az eredményes elhárítás, beavatkozás. Egy jó és szervezett észlelő-rendszer is csak csökkentheti a súlyos talajszennyezés veszélyét, de azt igazán csak egy felelősségteljes ösztársadalmi kontroll előzheti meg, küszöbölheti ki, szoríthatja korlátok közé.

Ilyen körülmények között különösen nagy jelentősége van annak, hogy a talaj miépp reagál az őt érő különböző hatásokra.

A talaj környezeti érzékenysége szabatosan nehezen általánosítható, mivel specifikus fogalom, amelynek tisztázásához és kvantifikálásához alapvetően három tényező (csoport) megállapítása szükséges:

- a) a (stressz)hatás jellegének, erősségének, mértékének (mennyiség, koncentráció), tartamának, gyakoriságának és bekövetkezési valószínűségének meghatározása (állapotfelmérés) és változásainak folyamatos nyomon követése (monitoring),
- b) a talaj különböző hatásokkal szembeni érzékenységének, „sérülékenységének” (sensitivity, susceptibility, vulnerability) jellemzése,
- c) a talaj „regenerálódó képességének” (soil resilience) jellemzése.

E három tulajdonság-együttes szabja meg, hogy bizonyos környezeti behatásokra a talaj (a talajban végbemenő folyamatok, illetve a talajtulajdonságok) milyen változásokkal fog reagálni, hogy e változások mennyire maradandóak és visszafordíthatóak (reverzibilisek), illetve, hogy a változásokat kiváltó ok/hatás megszűnését követően a talaj mennyire és milyen gyorsan képes a bekövetkezett változásokat visszafordítani, önmagát regenerálni, „eredeti” állapotába visszaalakulni. Mindezek ismerete a talaj tulajdonságait kialakító folyamatok szabályozásának nélkülözhetetlen előfeltétele, kulcskérdése (VÁRALLYAY 2000a).

A talaj környezeti érzékenységének meghatározása, jellemzése

Mivel a talajt érő hatásokra bekövetkező változások – talajhasználati céljainktól függően – egyaránt lehetnek kedvezőek és kedvezőtlenek, természetesen a talaj érzékenysége vagy regenerálódó-képessége sem minősíthető általában kedvezőnek vagy kedvezőtlennek. A talaj környezeti érzékenysége, sérülékenysége, tűrőképessége, terhelhetősége, illetve regenerálódó-képessége a hatást kiváltó októl és a talajhasználat céljától függő specifikus tulajdonság. Az ezt szem elől tévesztő túlzott és indokolatlan általánosítás súlyos következményekhez vezet(het).

Ebből viszont az következik, hogy a talaj környezetvédelmi szempontú értékelésének módszertana logikai lépéseit tekintve lehet egységes, s célszerű is, hogy az legyen. Mivel azonban a talajok különböző stresszhatásokkal szembeni érzékenységének értékelése specifikus megközelítést (specifikus értékelést) tesz szükségessé, annak módszertana is különböző lesz, legalábbis számos elemében. Ezért ezeket külön is tárgyaljuk, kiemelve azok specifikumait.

Mindez természetesen nem jelenti azt, hogy a talaj különböző hatásokkal szembeni érzékenysége később nem vonható össze, nem aggregálható, nem integrálható egy általános környezetvédelmi szempontú értékelési rendszerbe. Ennek azonban csak a specifikus mozaikok ismeretében (megléte esetén) van racionalitása, ellenkező esetben ugyanis nem ad lehetőséget a specifikus környezeti érzékenységek „kezelésére”, csökkentésére, illetve az ezeket célzó – szükségszerűen szintén specifikus – beavatkozások, intézkedések rendszerének tudományosan megalapozott kidolgozására.

Egy környezetvédelmi szempontú talajértékelés nem nélkülözheti az alábbi információkat:

- a talaj különböző hatásokkal szembeni érzékenységének specifikus, szabatos definíciója,
- az érzékenységet kialakító, meghatározó és befolyásoló tulajdonságok/ tényezők körének számbavétele, hatásának értékelése, hatásmechanizmusának tisztázása (célszerűen verifikált modellekben történő megfogalmazása),
- az érzékenység pontos jellemzése és kvantifikálása,
- az érzékenység (és elemeinek) térbeli megjelenítése (térinformatika, GIS),
- az érzékenység (és elemei) időbeli változásainak nyomon követése (monitoring),
- a ható-tényezőkben prognosztizált változások vagy bizonyos tervezett beavatkozás alternatívák hatására bekövetkező érzékenység-változások előrejelzése.

Ezen ismeretek birtokában lehet a – multifunkcionalitásának megfelelő – sokoldalú, környezetvédelmi szempontú, értékelését megalapozottan végrehajtani, a talajok bizonyos hatásokkal szembeni tűrőképességét is megfogalmazni, jellemezni, kvantifikálni. Ennek figyelembevételével bizonyos cél-állapotokat meghatározni, s végül e célállapotok eléréséhez és/vagy fenntartásához bizonyos terhelhetőségi kritériumokat (mennyiség, minőség, időbeni megosztás, alkalmazási technológia, stb.) hozzárendelni.

A fenntartható fejlődés koncepciója tulajdonképpen ilyen cél-állapotok megfogalmazását és az ezek megvalósítását garantáló erőforrás-hasznosítási alternatívák kidolgozását és bevezetését jelenti. Markánsan fogalmazta ezt meg a Rio de Janeiroi Környezetvédelmi Csúcstalálkozó „AGENDA-21” c. dokumentuma, s az azóta – arra épülve – megszülető nemzetközi határozatok és nemzeti környezetvédelmi programok. Az ilyen

irányú elemzéseknek természetesen megfelelő súlyt kell kapniuk EU-konformitás igényével fellépő hazai programjainkban, így az Agrár-környezetvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Programban, valamint a Talajvédelmi Stratégia alapelveiben is.

A hazai és nemzetközi talajtani tudomány időben felismerte a talajok stressz-érzékenységi kutatásainak megkülönböztetett elméleti és gyakorlati jelentőségét, azokat prioritásként kezelte, amelynek eredményeképpen a témakörben számos kutatási program indult, s folyik jelenleg is.

Csak példaképpen néhány ezek közül:

A) Nemzetközi programok (magyar közreműködéssel, illetve a közép-kelet európai térség magyar koordinációjával):

- Európa 1:1 M méretarányú talajtani adatbázisa,
- Talajdegradációs folyamatok elemző felmérése (Global Assessment of Soil Degradation, GLASOD, 1:5 M) (OLDEMAN et al. 1990),
- A Föld talajtani és termőhelyi digitális adatbázisa (SOil and TERrain Digital Database, SOTER, 1:1 M) (VÁRALLYAY et al. 1994),
- Európa talajainak környezeti érzékenysége (Soil Vulnerability in EUROpe, SOVEUR, 1:2,5 M) (BATJES és BRIDGES 1997, VÁRALLYAY 1991, VÁRALLYAY et al. 2000).

B) Magyarországi programok

Hazánkban a talajok környezeti érzékenységének – messze a talajtan tudományági keretein túl nyúló – megkülönböztetett jelentőségét felismerve számos munka folyt és folyik a talaj különböző degradációs folyamatokkal és környezeti terhelésekkel szembeni érzékenységének jellemzésére, értékelésére, térképezésére. Néhány legjelentősebb ezek közül a következő:

- Magyarország talajainak érzékenysége, víz és/vagy szél okozta talajerózióval szemben (1:500 000) (STEFANOVITS 1992),
- Magyarország talajainak érzékenysége savanyodással szemben (1:500 000, 1:100 000, 1:25 000) (VÁRALLYAY et al. 1986, 1989),
- Magyarország talajainak érzékenysége szikesedéssel szemben (1:500 000, 1:100 000, 1:25 000) (SZABOLCS et al. 1969),
- Magyarország talajainak érzékenysége fizikai degradációval – tömörödéssel és szerkezet-leromlással – szemben (1:500 000) (VÁRALLYAY 1996, VÁRALLYAY és LESZTÁK 1990),
- Magyarország talajainak (területeinek) érzékenysége szélsőséges vízháztartási helyzetekkel (árvíz; belvíz; túl nedves talajállapot; szárazság, aszály) szemben (VÁRALLYAY 2001),
- Magyarországi területek talajainak érzékenysége különböző „tápanyagterheléssel” szemben (nitrát, foszfor stb.) (FLACHNER et al. 2002),
- Magyarországi talajok szennyező anyagokkal történő terhelhetősége (potenciálisan káros elemre vonatkozó specifikus terhelhetőség határértékek),
- Magyarország talajainak és felszín közeli vízkészleteinek sérülékenysége, illetve terhelhetősége bizonyos szennyező anyagokkal szemben (KÁDÁR 1995).

Magyarország változatos domborzatú geológiai képződményein a változatos éghajlati és hidrológiai viszonyok, természetes növényzet, valamint emberi tevékenység hatá-

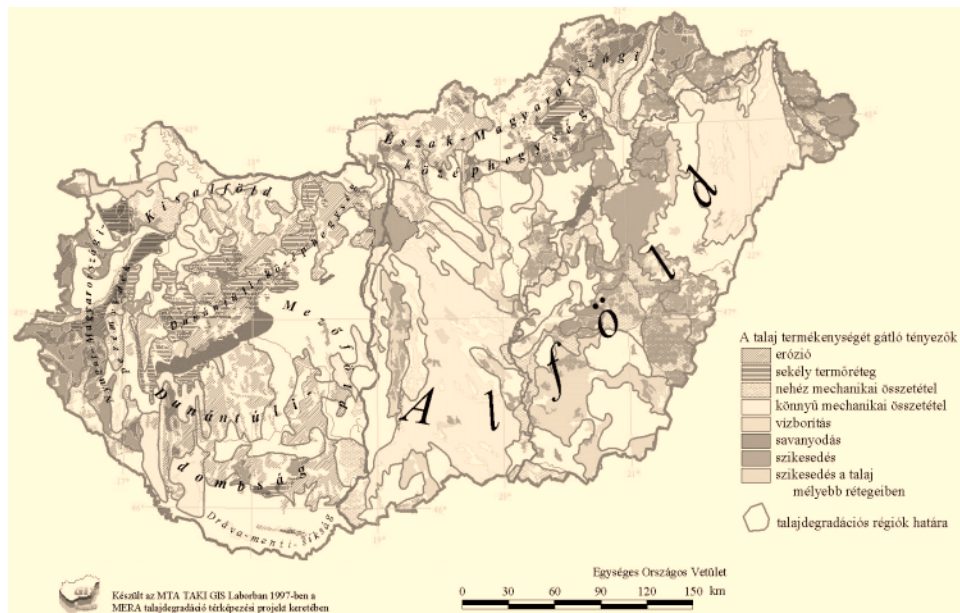
sára igen változatos talajképződési folyamatok indultak meg és eredményezték Magyarországon különösen változatos, gyakran mozaikosan tarka talajtakarójának a kialakulását. A változatosság horizontálisan (foltosság) és vertikálisan (rétegezethez) egyaránt kifejezett és a legtöbb talajtulajdonságra érvényes (LÁNG és CSETE 1992, Magyarország Nemzeti Atlasza 1989, STEFANOVITS 1992).

Magyarország talajainak minősége, termékenysége nemzetközi összehasonlításban egyértelműen kedvező. Ez a következtetés vonható le a FAO/UNESCO 1:5 000 000 méretarányú Világtérképe, a FAO 1:1 000 000 méretarányú Európa térképe, valamint a UNEP/ISRIC 1:5 000 000 méretarányú Talajdegradációs Világtérképe alapján. Ez a kedvező helyzet azonban csak viszonylagos, mert Magyarországon is nagy területen korlátozzák a talaj termékenységét különböző tényezők, károsítanak különböző talajdegradációs folyamatok.

Talajtermékenységet gátló tényezők

A legfontosabb talajtermékenységet korlátozó tényezők Magyarországon a következők (2. ábra, 1. táblázat) (SZABOLCS és VÁRALLYAY 1978):

1. Nagy homoktartalom (kis szerves- és ásványi kolloidtartalom) és kedvezőtlen következményei: gyenge víztartó képesség aszályérzékenység; kis pufferkapacitás nagy szennyeződés- és (nem karbonátos talajok esetében) savanyodás-érzékenység; szélerosztó-érzékenység; gyenge tápanyagszolgáltató képesség.
2. Erősen savanyú kémhatás és kedvezőtlen következményei: Al-toxicitás, tápanyag- fixáció és -immobilizáció; gyenge mikrobiális tevékenység.



2. ábra Talajdegradációs régiók Magyarországon 1:500 000-es léptékben
Fig. 2. Regions of the soil degradation in Hungary, scala: 1:500 000

1. táblázat A talaj termékenységet gátló tényezők Magyarországon (1:500 000 méretarányú térkép területi adatai)

Table 1. Limiting factors of soil fertility and soil degradation processes in Hungary

<i>A talaj termékenységet gátló főbb tényezők</i>	<i>Terület, 1000 hektárban</i>	<i>Mező- és erdő-gazdaságilag művelt területek %-ában</i>	<i>Magyarország összterületének %-ában</i>
1. Nagy homoktartalom	746	8,9	8,0
2. Savanyú kémhatás	1200	14,3	12,8
– ebből erodált	348	4,2	3,7
– felszín közeli tömör kőzet	67	0,8	0,7
3. Szikisedés	757	9,0	8,1
4. Szikisedés a mélyebb talajrétegekben	245	2,9	2,6
5. Nagy agyagtartalom	630	7,5	6,8
6. Láposodás, mocsarasodás	161	1,9	1,7
7. Erózió	1455	17,4	15,6
– ebből savanyú kémhatású	348	4,2	3,7
8. Felszín közeli tömör kőzet	217	2,6	2,3
– ebből savanyú kémhatású	67	0,8	0,7
Összesen	4996*	59,5*	53,5*

* A sananyú kémhatás erodált területek, illetve felszín közeli savanyú kémhatású tömör kőzet csak az egyik tényezőnél számításba véve.

3. Szikisedés és kedvezőtlen következményei: erős lúgosság; szélsőséges vízgazdálkodás: belvízveszély és aszályérzékenység; csekély hasznosítható vízkészlet; kedvezőtlen mikroorganizmus tevékenység és tápanyagállapot.
6. Láposodás, mocsarasodás, időszakos felszíni vízborítás.
7. Víz- és szél okozta erózió és következményei: szervesanyag- és tápanyag- veszteségek.
8. Sekély termőréteg és kedvezőtlen következményei.

Fenti tényezők területi kiterjedését foglaltuk össze az 1. táblázatban (SZABOLCS és VÁRALLYAY 1978).

Talajdegradációs folyamatok

Talajdegradációs folyamatok természeti okok miatt, vagy a sokoldalú emberi tevékenység közvetlen vagy közvetett hatásaiként; tudatos vagy nem kívánt (ismert, kiszámítható vagy váratlan) következményeiként egyaránt bekövetkezhetnek. Gyakran a még látszólag természeti okok is emberi hatásokra vezethetők vissza. Például a napjainkban oly sok vitát kiváltó globális felmelegedés a légkör összetételének – emberi tevékenység hatására

bekövetkező – megváltozására, a CO₂ és egyéb „üvegház-hatású gázok” légköri koncentrációjának megnövekedésére.

A talajdegradációs folyamatok a talaj anyagforgalmának számunkra kedvezőtlen irányban történő megváltozását jelentik, amelynek következményei:

- területvesztés és/vagy a terület értékcsökkenése,
- zavarok a talaj funkcióiban,
- a talaj termékenységének csökkenése,
- talajökológiai feltételek romlása (gyengébb növényfejlődés kisebb biomassza-hozam kisebb termés),
- kedvezőtlenebb körülmények az agrotechnikai műveletek időben és megfelelő minőségben történő energiatakarékos elvégzéséhez,
- nagyobb termelési ráfordítások (növekvő energia-, vízellátás- és vízvezetés-, valamint tápanyagigény stb.),
- káros környezeti mellékhatások (például árvíz- és belvízveszély fokozódása; felszíni és felszín alatti vízkészletek szennyezése; táj-rombolás stb.).

A különböző emberi beavatkozások közvetlen vagy közvetett hatásaira bekövetkező talajdegradációs folyamatok általában nem szükségszerű és kivédhetetlen következményei az intenzív mezőgazdasági és ipari termelésnek, valamint az általános társadalmi fejlődésnek, hanem többnyire megelőzhetők, kiküszöbölhetők, de legalább bizonyos tűrési határig mérsékelhetők. A talajok degradációs folyamatokkal szembeni érzékenységének elemzése és értékelése éppen e „tűrési határ” meghatározásához nyújt egzakt tudományos alapokat.

Magyarországon a legfontosabb talajdegradációs folyamatok a következők (VÁRALLYAY 1989):

- (1) Víz- és szél okozta erózió.
- (2) Savanyodás.
- (3) Sófelhalmozódás, szikesedés.
- (4) Talajszerkezet leromlása, tömörödés.
- (5) A talaj vízgazdálkodásának szélsőségesé válása.
- (6) Biológiai degradáció: kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok, szervesanyag-készlet csökkenése.
- (7) A talaj tápanyagforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása.
- (8) A talaj pufferképességének csökkenése, talajmérgezés, toxicitás.

Az utóbbi 10 évben a térinformatika és számítógép-technika fejlődése lehetőséget kínált arra, hogy a talajvizsgálatok és talajtérképek eddig felhalmozódott teljes információanyaga korszerű adatbázisba szerveződjék és a sokirányú talajinformációs igényt célszerűen és gyorsan kielégíteni képes formában, elektronikus adathordozókon (is) tárolásra kerüljön.

Ez adott lehetőséget arra, hogy Magyarország – az MTA TAKI GIS Laboratóriumán keresztül – hatékonyan kapcsolódjon be a PHARE MERA (MARS/Monitoring Agriculture with Remote Sensing/and Environment Related Applications) '92 Projekt Talajdegradációs Szubprojektjének munkálataiba (PÁSZTOR et al. 1997, SZABÓ et al. 1998, 1999, VÁRALLYAY et al. 2000). A szubprojekt célja a talajdegradációs folyamatok regionális léptékű lehatárolása és úrfelvételek alapján az egyes kiválasztott mintaterületek aktuális

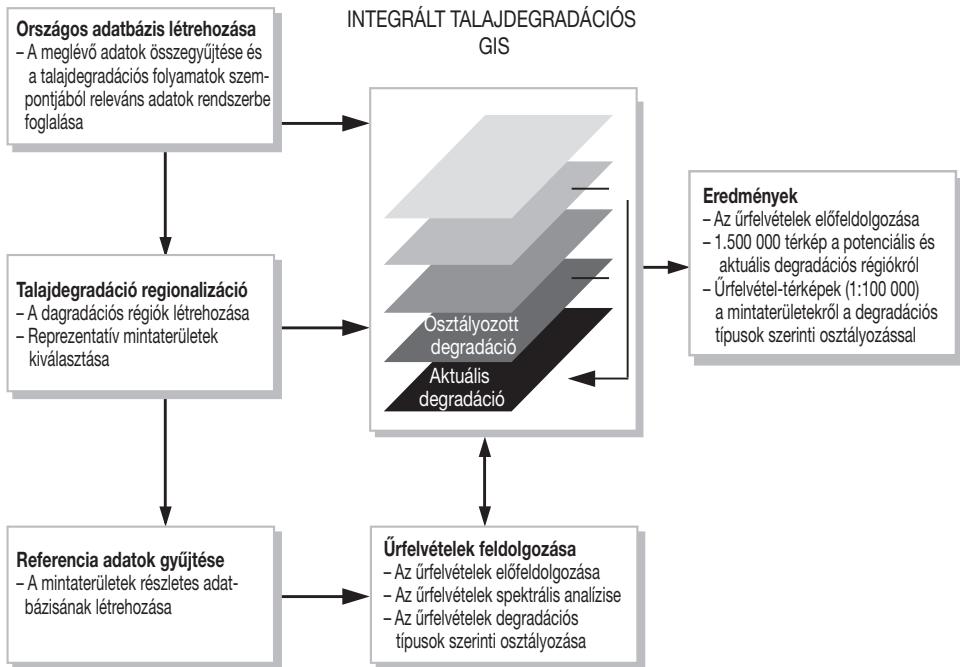
degradációs viszonyainak osztályozása volt. Ezzel párhuzamosan kellett megvalósítani a távérzékelési adatokból szerkesztett digitális térképek és a kiegészítő digitális talajtani (és az azokhoz kapcsolódó egyéb környezeti) adatbázisok integrálását egy, a tájpusztulás és kedvezőtlen természeti adottságok modellezéséhez felhasználható, földrajzi információs rendszerben. A módszertan magában foglalta az ország főbb, degradáció szempontjából veszélyeztetett (azaz potenciális degradációs) területeinek azonosítását és lehatárolását (1:500 000), a lehatárolt régiókon belül reprezentatív mintaterületek kiválasztását, ezek részletes űrfelvétel feldolgozását és az aktuális degradációs veszélyeztetettség meghatározását a potenciális degradáció és az osztályozott űrfelvételek integrációja révén (1:100 000). A módszertan felépítését a 3. ábra szemlélteti.

A talajdegradáció térképezésénél valamennyi fellelhető és hozzáférhető talajtani információt figyelembe vettük, de a munkálatoknál elsősorban két adatbázis információanyaga került közvetlen felhasználásra:

- (a) az 1:100 000 méretarányú AGROTOPO adatbázis (VÁRALLYAY et al. 1979, 1980),
- (b) az 1:500 000 méretarányú HUNSOTER (HUNGarian SOil and TERRain Digital Database) adatbázis (VÁRALLYAY et al. 1994, 2000).

Az alábbi degradációs tényezőket vontuk be a térképezésbe:

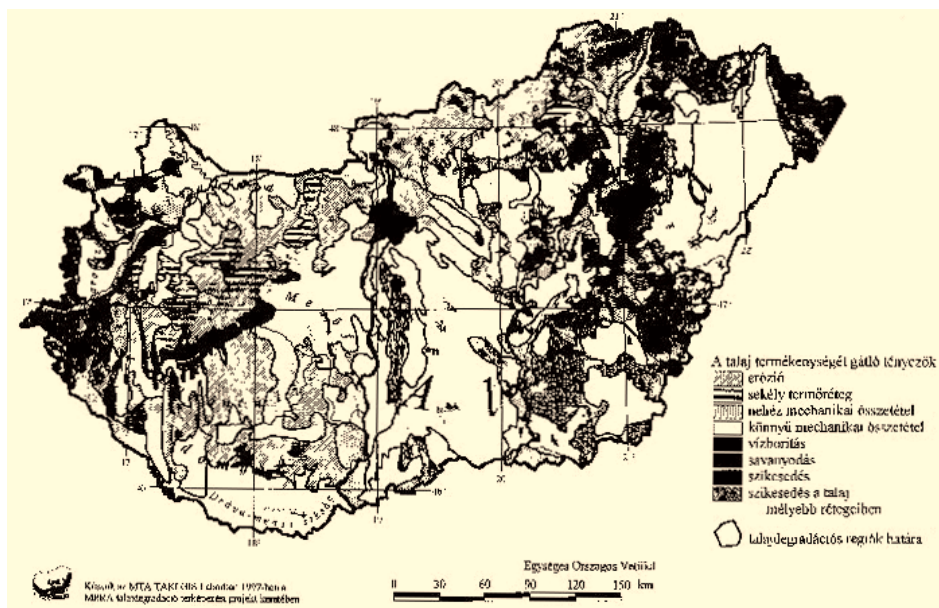
- talajsavanyodás,
- víz- és/vagy szél okozta talajerózió,
- szélsőségesen könnyű mechanikai összetétel,



3. ábra PHARE-MERA talajdegradáció-térképezési projekt módszertana
Figure 3. PHARE-MERA Land Degradation Mapping Methodology.

- szélsőségesen nehéz mechanikai összetétel,
- szikesedés,
- szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben,
- sekély termőréteg,
- időszakos felszíni vízborítás.

A különböző korlátozó tényezők és degradációs folyamatok által érintett területek regionális szintű lehatárolására integrált térbeli adatbázist építettünk. Magyarország tájkatasztere alapján 88 komplex degradációs régiót különítettünk el. Ezek vázlatos térképét mutatjuk be a 4. ábrán.



4. ábra Talajok N-kimosódással szembeni érzékenysége Magyarországon.
Jelmagyarázat: érzékenységi kategóriák (fentről lefelé): súlyosan, nagyon, mérsékeltlen, enyhén érzékeny talajok, viszonylag érzékeny talajok

Figure 4. Vulnerability of soils to N-leaching in Hungary.

Legend: Vulnerability categories (from top to bottom):
severely; highly; moderately; slightly susceptible soils;
relatively susceptible soils.

A különböző talajdegradációs folyamatokkal szembeni érzékenység megállapításánál és értékelésénél az adott folyamatot meghatározó, befolyásoló és módosító tényezőket, valamint azok kölcsönhatásait elemeztük és vettük figyelembe, valamennyi ez irányú hozzáférhető adat felhasználásával. A térképeken feltüntetett érzékenységi kategóriákat igyekeztünk határértékekkel kvantifikálni, bár arra nem minden esetben van lehetőség.

Érzékenységi térképeink közül az 5. ábrán bemutatjuk Magyarország talajaink érzékenységét a savanyodásra (VÁRALLYAY et al. 1986, 1989).



5. ábra Magyarország talajainak érzékenysége savanyodásra.

1. Erősen savanyú talajok (az ország összterületének 13%-a). 2. Kis pufferkapacitásuk következtében savanyodásra erősen érzékeny talajok (14%). 3. Közepes pufferkapacitásuk következtében savanyodásra közepesen érzékeny talajok (5%). 4. Nagy pufferkapacitásuk következtében savanyodásra mérsékelten érzékeny talajok (23%). 5. Savanyodásra kevésbé érzékeny, nem karbonátos szikes talajok (4%).

6. Savanyodásra nem érzékeny, felszíntől karbonátos talajok (41%)

Figure 5. Map of the susceptibility of soils to acidification in Hungary. 1. Strongly acidic soils. 2. Highly susceptible soils due to their low buffer capacity (slightly acidic soils with light texture and low organic matter content). 3. Susceptible soils due to their medium buffer capacity (slightly acidic soils with medium texture and organic matter content). 4. Moderately susceptible soils due to their high buffer capacity (slightly acidic soils with heavy texture and/or high organic matter content).

5. Slightly susceptible soils (salt affected soils non-calcareous from the surface).

6. Non-susceptible soils (calcareous from the surface).

Megjegyzés

(a) A talajok környezeti értékelése környezeti érzékenységeinek értékelése és környezetvédelmi szempontú értékelése minden esetben 3 különböző fogalom, 3 különböző feladat, ami természetesen 3 különböző metodológiai közelítést és metodikai rendszert tesz szükségessé. S ez a szikes talajokkal kapcsolatban világítható meg leg-szemléletesebben.

A szikes talajok környezeti, természeti értékét többnyire épp azok a szikes tavak, talajok és ökoszisztémák jelentik, amelyek biomaszatermelés, mezőgazdasági hasznosítás szempontjából értéktelenek, vagy kis értékűek. Természetes tehát, hogy természetvédelmi szempontból teljesen más paraméterek teljesen különböző értékelése képezi az értékelési rendszert, mint mezőgazdasági hasznosítás (biomaszatermelés) szempontjából.

A szikes talajok környezeti érzékenysége azt fejezi ki, hogy azok mennyire reagálnak bizonyos környezeti behatásokra. Sajnos a közvélemény (sok esetben még a szakmai közvélemény is) a „környezeti érzékenység” kifejezést – helytelenül és pontatlanul – más értelemben használja. A szikes talajoknak a helyes értelmezés szerint kicsi a környezeti érzékenysége; tulajdonságai csak nehezen és „erős” beavatkozásokkal változtathatók meg, módosíthatók. A szikes talaj – kis környezeti érzékenysége miatt – sajnos meglehetősen stabilan ellenáll ezeknek a beavatkozásoknak.

A szikes talajok környezetvédelmi szempontú értékelése cél-függvény. Attól függ, hogy természeti értéként kívánom azokat megőrizni, „természetes állapotában” fenn tartani, abba visszaállítani; vagy a mezőgazdasági hasznosítás/biomasszatermelés számára kívánom azokat megőrizni, alkalmasabbá tenni. A két különböző célra természetesen két különböző értékelési rendszer szükséges.

Az előbbieken említett rendszerünk a sófelhalmozódási/szikesedési folyamatok megelőzését helyezte fókuszába, s e cél érdekében értékelt, prognosztizált.

(b) Másik fontos kritikai megjegyzésünk valamennyi talajra és területre érvényes. Gyakran – helytelenül és teljesen indokolatlanul – az az elv érvényesül a talajok „környezetvédelmi szempontú” értékelésénél, hogy

- a kis agroökológiai potenciál (termékenység, biomassza-termelésre való alkalmasság) nagy környezeti érzékenységgel,
- a nagy agroökológiai potenciál (termékenység, biomassza-termelésre való alkalmasság) pedig kis környezeti érzékenységgel jelenik meg párban. Pedig a két tulajdonság(csoport) között nincs összefüggés és oksági kapcsolat.

A kis mezőgazdasági értékű homoktalajok, szikes talajok, sekély termőrétegű talajok környezeti érzékenysége nem nagy, hanem kicsi, hisz azok érték meghatározó tulajdonságait (nagyon) nehéz megváltoztatni. Ugyanakkor a nagy mezőgazdasági értékű talajok (termőhelyek) jelentős része – sajnos – környezetileg érzékeny, hisz már kis káros hatásokra is érzékenyen reagál kedvezőtlen tulajdonság-változásokkal. Mindez természetesen nem jelenti azt, hogy a különböző szinten védett területeken (amelyek túlnyomó része mezőgazdaságilag kis értékű szikes, homok, vízzel borított vagy időszakosan vízjárta terület, esetleg sekély termőrétegű talajok természetes vegetációja stb.) nem szükséges a védettséget indokoló jelenlegi állapot fenntartása érdekében szigorú talajhasználati szabályokat megfogalmazni és betarttatni.

Irodalom

- BATJES N. H., BRIDGES E. M. 1997: Implementation of a Soil Degradation and Vulnerability Database for Central and Eastern Europe (SOVEUR Project). FAO–ISRIC. Wageningen.
- FLACHNER Zs., NÉMETH T., TÓTH R. (szerk.) 2002: A légszennyezés környezeti hatásainak elemzése – elméleti háttér. KÖM–MTA. Budapest.
- KÁDÁR I. 1995: A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. KTM–MTA TAKI. Budapest.
- LÁNG I., CSETE L. 1992: Alkalmazkodó mezőgazdaság. AGRICOLA. Budapest. Magyarország Nemzeti Atlasza. 1989. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- OLDEMAN L. R., HAKELING R. T. A., SOMBROEK W. G. 1990: World Map of the Status of Human-induced Soil Degradation (GLASOD). ISRIC–UNEP. Wageningen.
- PÁSZTOR L., SZABÓ J., NÉMETH T., VÁRALLYAY GY. 1997. Case study for regional scale soil susceptibility mapping in Hungary. Application of the Hungarian Soil and Terrain Digital Database (HunSOTER). In: FILEP GY. (ed.): Land Use and Soil Management. Agric. Univ. Debrecen. pp. 304–310.
- STEFANOVITS P. 1992: Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- SZABÓ J., VÁRALLYAY GY., PÁSZTOR L., SUBA Zs. 1999: Talajdegradációs folyamatok térképezése országos és regionális szinten térinformatikai és távérzékelési módszerek integrálásával. Agrokémia és Talajtan 48: 3–14.
- SZABÓ J., PÁSZTOR L., SUBA Zs., VÁRALLYAY GY. 1998. Integration of remote sensing and GIS techniques in land degradation mapping. Agrokémia és Talajtan 47: 63–75.
- SZABOLCS I., VÁRALLYAY GY. 1978: A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan 27: 181–202.
- SZABOLCS I., DARAB K., VÁRALLYAY GY. 1968: A tiszai öntözőrendszerek és a Magyar Alföld talajainak termékenysége. Agrokémia és Talajtan 17: 453–464. 18: 211–220. 18: 221–234.

- SZABOLCS I., DARAB K., VÁRALLYAY GY. 1969: Methods for the prognosis of salinization and alkalization due to irrigation in the Hungarian Plain. *Agrokémia és Talajtan* 18: 351–376.
- TIM. Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer, 1995: I. Módszertan. FM Növényvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Főosztály, Budapest.
- VÁRALLYAY GY. 1985: Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. *Agrokémia és Talajtan* 34: 267–298.
- VÁRALLYAY GY. 1989: Soil degradation processes and their control in Hungary. *Land Degradation and Rehabilitation* 1: 171–188.
- VÁRALLYAY GY. 1991: Soil vulnerability mapping in Hungary. Proc. Int. Workshop on „Mapping of soil and terrain vulnerability to specified chemical compounds in Europe at a scale of 1:5 M” (Wageningen, March 20–23, 1991) 83–89.
- VÁRALLYAY GY. 1996: Magyarország talajainak érzékenysége szerkezetleromlásra és tömörödéssre. *Környezet-és Tájgazdálkodási Füzetek* 2: 15–30.
- VÁRALLYAY GY. 1997: A talaj funkciói. *Magyar Tudomány*. 42: 1414–1430.
- VÁRALLYAY GY. 2000a: Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. In: Székfoglalók, 1995–1998. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. pp. 1–32.
- VÁRALLYAY GY. 2000b: Risk assessment and prevention of soil degradation processes in Hungary. In: COTTAM, HARVEY, PAPE, TAIT (eds.): Foresight and Precaution. Balkema, Rotterdam. pp. 563–567.
- VÁRALLYAY G. 2000c: Soil quality in relation to the concepts of multi-functionality and sustainable development. In: WILSON, M. J., MALISZEWSKA-KORDYBACH, B. (eds.): Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe. NATO Sci. Ser. 2. Env. Security. Kluwer Acad. Publishers 69: 17–33.
- VÁRALLYAY GY. 2001. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar Tudomány*. 46: 799–815.
- VÁRALLYAY GY. 2002. Magyarország talajainak érzékenysége környezeti hatásokkal szemben. In: FLACHNER Zs., NÉMETH T., TÓTH R. (szerk.): A légszennyezés környezeti hatásainak elemzése – elméleti háttér“. KÖM–MTA kiadása. Budapest. pp. 53–63.
- VÁRALLYAY GY., LÁNG I. 2000: A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények* 5–19.
- VÁRALLYAY GY., LESZTÁK, M. 1990: Susceptibility of soils to physical degradation in Hungary. *Soil Technology* 3: 289–298.
- VÁRALLYAY GY., NÉMETH T. 1996: A fenntartható mezőgazdaság talajtani–agrokémiai alapjai. MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója, 1995. Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 80–92.
- VÁRALLYAY GY., RÉDLY L-NÉ MURÁNYI A. 1986: A légköri savas ülepedés hatása a talajra Magyarországon. *Időjárás* 90: 169–180.
- VÁRALLYAY GY., RÉDLY M., MURÁNYI A. 1989: Map of the susceptibility of soils to acidification in Hungary. *Ecological Impacts of Acidification. Proc. Symp. Ecosystems, Oulu, Finland, Nov. 1–4, 1988. Budapest. pp. 79–94.*
- VÁRALLYAY GY., SZABÓ J., PÁSZTOR L., MICHÉLI E. 1994: SOTER (Soil and Terrain Digital Database) 1:500 000 and its application in Hungary. *Agrokémia és Talajtan* 43: 87–108.
- VÁRALLYAY GY., SZÜCS L., MURÁNYI A., RAJKAI K., ZILAHY P. 1979: Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. *Agrokémia és Talajtan* 28: 363–384.
- VÁRALLYAY GY., SZÜCS L., MURÁNYI A., RAJKAI K., ZILAHY P. 1980: Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. II. *Agrokémia és Talajtan* 29: 35–76.
- VÁRALLYAY GY., PÁSZTOR L., SZABÓ J., BAKACSI Zs., 2000: Soil vulnerability assessments in Hungary. “Soil and Terrain Database. Land Degradation Status and Soil Vulnerability Assessment for Central and Eastern Europe”. FAO Land and Water Digital Media Series 10. CD-ROM. FAO. Rome.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SUSCEPTIBILITY/VULNERABILITY OF SOILS

GY. VÁRALLYAY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry (RISSAC) of the Hungarian Academy of Sciences, H–1022 Budapest, Herman O. út 15. e-mail: g.varallyay@rissac.hu

Keywords: environmental susceptibility/vulnerability, soil functions, control of soil processes, soil stresses, limiting factors of soil fertility

Soils represent a considerable part of the natural resources of Hungary. Consequently, rational land use and proper soil management – to guarantee normal soil functions – are important elements of sustainable (agricultural) development, having special importance both in the national economy and in environment protection.

The main soil functions in the biosphere are as follows: conditionally renewable natural resource; reactor, transformer and integrator of the combined influences of other natural resources (solar radiation, atmosphere, surface and subsurface waters, biological resources), place of „sphere-interactions“; medium for biomass production, primary food-source of the biosphere; storage of heat, water and plant nutrients; natural filter and detoxication system, which may prevent the deeper geological formations and the subsurface waters from various pollutants; high capacity buffer medium, which may prevent or moderate the unfavourable consequences of various environmental stresses; significant gene-reservoir, an important element of biodiversity.

Society utilizes these functions in different ways (rate, method, efficiency) throughout history, depending on the given natural conditions and socio-economic circumstances. In many cases the character of the particular functions was not properly taken into consideration during the utilization of soil resources, and the misguided management resulted in their over-exploitation, decreasing efficiency of one or more soil functions, and – over a certain limit – serious environmental deterioration.

Soil resources are threatened by the following environmental stresses:

- soil degradation processes,
- extreme moisture regime,
- nutrient stresses (deficiency or toxicity),
- environmental pollution.

Environmental stresses caused by natural factors or human activities represent an increasing ecological threat to the biosphere, as well as a socio-economic risk for sustainable development, including rational land use and soil management.

The stresses are caused by the integrated impacts of various soil properties, which are the results of soil processes (mass and energy regimes, abiotic and biotic transport and transformation and their interactions) under the combined influences of soil forming factors. Consequently, the control of soil processes is a great challenge and the main task of soil science and soil management in sustainable development.

The efficient control of these processes necessitates the following consecutive steps:

- registration of facts and consequences (information on land and soil characteristics, land use, cropping pattern, applied agrotechnics, yields, with their spatial and temporal variability),
- evaluation of potential reasons (definition and quantification of soil processes, analysis of influencing factors and their mechanisms),
- assessment of the theoretical, real, rational and economic possibilities for the control of soil processes (including their risk-assessment and impact analysis),
- elaboration of efficient technologies for the „best“ control alternatives (best management practice).

Scientifically based planning and implementation of sustainable land use and rational soil management to ensure desirable soil functions, without any undesirable environmental side-effects, require adequate soil information. In the last years such data were organized into a computer-based GIS soil database in Hungary, giving opportunities for the quantification, analysis, modelling and forecasting of the studied environmental stresses and for the efficient and scientifically based prevention, elimination or reduction of environmental stresses and their unfavourable ecological and economical consequences.

Special attention was paid to the assessment of various soil degradation processes, as: (1) soil erosion by water or wind; (2) soil acidification; (3) salinization and/or alkalization; (4) physical degradation (structure destruction, compaction); (5) extreme moisture regime: drought sensitivity and waterlogging hazard; (6) biological degradation; (7) unfavourable changes in the plant nutrient regime; (8) decrease of natural buffering capacity, (9) soil (and water) pollution.

The actions against undesirable environmental stresses and their unfavourable consequences are important elements of sustainable, efficient, economically viable, socially acceptable and environmentally sound crop production and agricultural development. These are joint tasks of the state, decision makers on various levels, the land owners, the land users and – to a certain extent – of each member of the society.