

---

# A talajok környezeti érzékenységének értékelése

Várallyay György

Magyar Tudományos Akadémia,  
Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

## SUMMARY

*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.*

**Key words:** environmental susceptibility/vulnerability; soil functions; control of soil processes; sensitivity analysis; soil stresses; limiting factors of soil fertility; soil degradation processes; risk management

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 **feltételesen megújuló (megújítható) természeti erőforrás**. Ésszerű használata során nem változik irreverzibilisen, „minősége” nem csökken szükségszerűen és kivédhetetlenül. Megújulása azonban nem megy végbe automatikusan, zavartalan 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 talajbani mikroorganizmus tevékenységnek, termőhelyet a természetes növényzetnek és természet kultúráknak.
- c) A talaj a primér növényi **biomassza-termelés alapvető közege**, a **bioszféra primér tápanyagforrása**. Víz, levegő és a növény számára hozzáférhető tápanyagok *egyidejűleg* fordulhatnak elő ebben a négydimenziós, háromfázisú polidiszperz rendszerben, s ily módon képes a talaj a mikroorganizmusok és növények talajökológiai 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 időszakokra 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 kiválhatnak. 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 az adott gazdasági helyzettől, szocio-ökonómiai körülményektől, politikai döntésektől, az ezek által megfogalmazott céloktól, „elvárásoktól” függ.

Hosszú időn keresztül csak a talaj termőképesége 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 vételre a talajkészletek különböző célú hasznosítása során. Ez pedig sajnos gyakran ésszerűtlen talajhasználathoz, a talaj kizsárolásához, megújuló képességének meghiúsulásához, egy vagy több talajfunkció zavarához, súlyosabb esetben komoly környezetkárosodáshoz 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 „elszenvedí” 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).

## **1. A TALAJ KÖRNYEZETVÉDELMI SZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉSÉNEK SZÜKSÉGSÉGE**

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 **hatáselemzések** 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 vizsgálatának** (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 → talajtulajdonságok) 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” gyepek, 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*. Amint az látható, a talajfolyamatok átgondolt, megalapozott, ésszerű, eredményes és hatékony szabályozásához **megfelelő információk** szükségesek:

- **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.

## 2. 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 vezetnének 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 nyújtotta egyre szélesebb körű lehetőségeket – **előrejelezhetőek**, s lehetőséget nyújtanak a kívánatos hatások erősítésére, elősegítésére, illetve a nem kívánatos következmények időben történő, eredményes és hatékony **megelőzésére**, kiküszöbölésére, vagy legalább 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 tényezők, a geológiai képződmények, a domborzat, az éghajlat és időjárás (elsősorban a hőmérséklet- és csapadékviszonyok), a felszíni és felszín alatti vizek, a növényzet és az állatvilág 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 túlbő 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 porusaiból 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, kímélve 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 fényesebbek 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 hulladékelfogadónak, 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 találoan nevezhető „időzített bombának”) az teszi különösen súlyossá, hogy a hulladékok és szennyeződések elásása, talajba rejtése a kideríthetlenség és felfedezhetlenség reményével csábítja az elkövetőt a bűnre, s a következmények észlelésekor már késő, vagy roppant költséges az eredményes elhárítás, beavatkozás. Egy jó és szervezett észlelő-rendszer is csak csökkentheti a súlyos talajszennyezés veszélyét, de azt igazán csak egy felelősségteljes össz-társadalmi kontroll előzheti meg, küszöbölheti ki, szoríthatja korlátok közé.

Ilyen körülmények között különösen nagy jelentősége van annak, hogy a talaj miképp 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).

### 3. 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 szerkezetleromlással – 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, ill. terhelhetősége bizonyos szennyező anyagokkal szemben (Kádár, 1995).

Magyarország változatos domborzatú geológiai képződményein a változatos éghajlati és hidrológiai viszonyok, természetes növényzet, valamint emberi tevékenység hatására igen változatos **talajképződési folyamatok** indultak meg és eredményezték Magyarország különösen változatos, gyakran mozaikosan tarka **talajtakarójának** kialakulását. A változatosság horizontálisan (foltosság) és vertikálisan (rétegezettség) 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.

### 3.1. 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 puffer-kapacitás → nagy szennyeződé- és (nem karbonátos talajok esetében) savanyodás-érzékenység; szélérozió-érzékenység; gyenge tápanyagszolgáltató képesség.
  2. Erősen savanyú kémhatás és kedvezőtlen következményei: Al-toxicitás, tápanyag- fixáció és -immobilizáció; gyenge mikrobiális tevékenység.
  3. Szikesedés és kedvezőtlen következményei: erős lúgosság; szélsőséges vízgazdálkodás: belvízvesztés és aszályérzékenység; csekély hasznosítható vízkészlet; kedvezőtlen tápanyag-állapot.
  4. Szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben.
  5. Nagy agyagtartalom és kedvezőtlen következményei: szélsőséges vízgazdálkodás: belvízvesztés 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).

### 3.2. 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 CO<sub>2</sub> 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 vízelvezetés-, 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 szélsőségesse 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 úrfelvételek feldolgozását és az aktuális degradációs veszélyeztetettség meghatározását a potenciális degradáció és az osztályozott úrfelvételek 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 információ-anyaga 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;
- szélsőségesen nehéz mechanikai összetétel;
- szikesedés;
- szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben;
- sekély termőrétteg;
- 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*.

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 – példaképpen – kettőt mutatunk be: *5. ábra*: Magyarország talajaink érzékenysége savanyodásra (Várallyay et al., 1986, 1989); *6. ábra*: Magyarország talajainak érzékenysége szerkezetleromlásra és tömörödéssre (Várallyay, 1996; Várallyay és Leszták, 1990).

### 3.3. Specifikumok

A talajok

környezeti értékelése

környezeti érzékenységének értékelése és

környezetvédelmi szempontú értékelése

minden esetben 3 **különböző** fogalom, 3 **különböző** feladat, ami természetesen 3 **különböző** metodológiai közelítést és metodikai rendszert tesz szükségessé.

### **Szikes talajok környezeti érzékenységének értelmezése**

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” fenntartani, abba visszaállítani; vagy a mezőgazdasági hasznosítás/biomaszatermelés 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.

### **Termékenység – környezeti érték**

Gyakran – helytelenül és teljesen indokolatlanul – az az elv érvényesül a talajok „környezetvédelmi szempontú” értékelésénél, hogy

- a kis agroökológiai potenciál (termékenység, biomasza-termelésre való alkalmasság) nagy környezeti érzékenységgel,

- a nagy agroökológiai potenciál (termékenység, biomasza-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 értékmeghatározó 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.

### **ZÁRÓKÖVETKEZTETÉS**

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, 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)**.

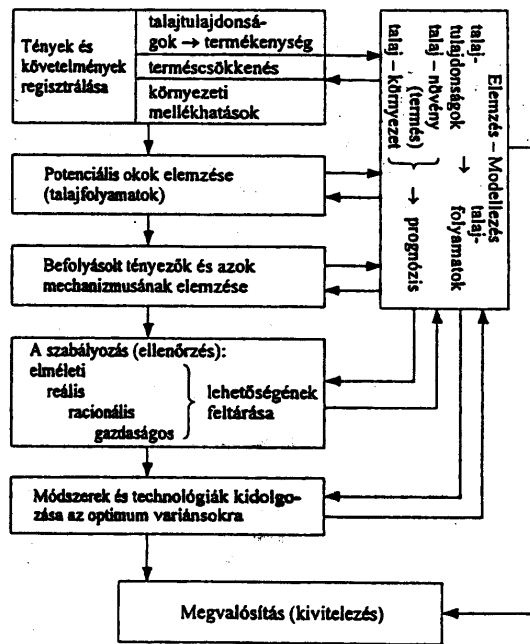
### **IRODALOM**

- 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. (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
- 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. 304–310. Agric. Univ. Debrecen
- Stefanovits P. (1992): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- 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.
- 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.
- 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.-Várallyay Gy. (1978): A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. *Agrokémia és Talajtan*. 27. 181–202.
- 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. (Suppl.) 351–376.
- Várallyay Gy. (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. *Agrokémia és Talajtan*. 34. 267–298.
- Várallyay Gy. (1996): Magyarország talajainak érzékenysége szerkezetleromlásra és tömörödéésre. *Környezet- és Tájgazdálkodási Füzetek*. II/I. 15–30.
- Várallyay Gy. (1997): A talaj funkciói. *Magyar Tudomány*. XLII. 12. 1414–1430.
- Várallyay Gy. (2000a): Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. In: *Székfoglalók, 1995–1998*. 1–32. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest
- Várallyay Gy. (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar Tudomány*. XLVI. 7. 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*. 53–63. KÖM-MTA kiadása, Budapest
- Várallyay Gy.-Láng I. (2000): A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények*. 5–19.
- Várallyay Gy.-Németh T. (1996): A fenntartható mezőgazdaság talajtani-agrokémiai alapjai. *MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója*, 1995. 80–92. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Várallyay Gy.-Rédly L.-né-Murányi A. (1986): A légköri savas ülepedés hatása a talajra Magyarországon. *Időjárás*. 90. 169–180.
- Várallyay Gy.-Szűcs 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.-Szűcs 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. (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) 83–89.
- Várallyay, Gy. (2000b): Risk assessment and prevention of soil degradation processes in Hungary. In: *Foresight and Precaution*. (Eds.: Cottam, Harvey, Pape & Tait). 563–567. Balkema, Rotterdam
- Várallyay, Gy. (2000c): Soil quality in relation to the concepts of multi-functionality and sustainable development. In: *Wilson, M. J.-Maliszewska-Kordybach, B.: Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe*. NATO Sci. Ser. 2. *Env. Security*. Vol. 69. 17–33. Kluwer Acad. Publishers
- Várallyay, Gy.-Leszták, M. (1990): Susceptibility of soils to physical degradation in Hungary. *Soil Technology*. 3. 289–298.
- Várallyay, Gy.-Pásztor, L.-Szabó, J.-Bakaesi, Zs. (2000): Soil vulnerability assessments in Hungary. In: *“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
- Várallyay, Gy.-Rédly, M.-Murányi, A. (1989): Map of the susceptibility of soils to acidification in Hungary. In: *Ecological Impacts of Acidification. Proc. Symp. Ecosystems*, Oulu, Finland, Nov. 1–4, 1988. 79–94. Budapest
- 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. Magyarország Nemzeti Atlasza. 1989. Akadémiai Kiadó, Budapest
- TIM. Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer. 1995. I. kötet. Módszertan. FM Növényvédelmi és Agrárkörnyezetgazdálkodási Főosztály, Budapest

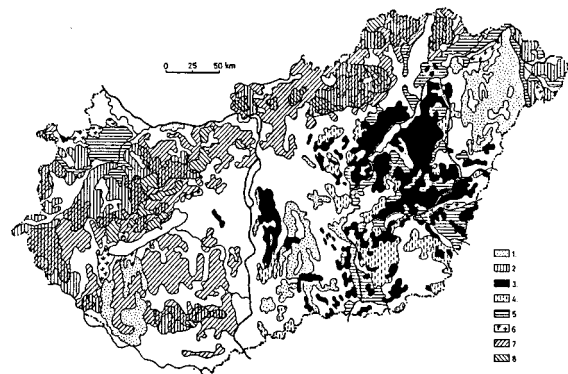
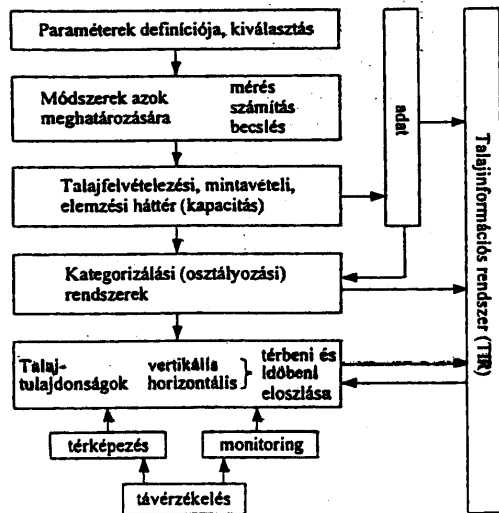
1. ábra: Talajfolyamatok szabályozásának koncepció vázlata



16. Definition of parameters, selection
17. Methods for determining parameters
18. measurement
19. calculation
20. estimation
21. Analytical background for soil sampling (capacity)
22. Systems for categorization (classification)
- 23-25. Horizontal, vertical, spatial and temporal distribution of soil qualities
26. mapping
27. monitoring
28. remote sensing
29. data
30. Soil information system
31. Analysis-Modelling
32. soil qualities
33. soil-plant (yield)
34. soil-environment
35. soil processes
36. prognosis

2. ábra: A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon

Talajtulajdonságok regisztrációja



1. Szélsőségesen könnyű mechanikai összetétel.
2. Savanyú kémhatás.
3. Szikesedés.
4. Szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben.
5. Szélsőségesen nehéz mechanikai összetétel.
6. Láposodás.
7. Erózió.
8. Felszín közeli tömör kőzet.

Figure 2: Factors deteriorating soil fertility in Hungary

1. Extremely light mechanical composition.
2. Acidity.
3. Salination.
4. Salination in deeper layers.
5. Extremely heavy mechanical composition.
6. Mooring.
7. Erosion.
8. Solid rock layer near the surface.

Figure 1: Concept of controlling soil processes

1. Registration of facts and requirements
2. soil qualities → fertility
3. decrease in yields
4. environmental side effects
5. analysis of potential causes (soil processes)
6. Influencing factors and the analysis of their mechanisms
7. Studying the
8. theoretical
9. realistic
10. rational
11. economic
12. possibilities of control
13. Development of methods and technologies for optimum variants
14. Implementation
15. Registration of soil qualities

A talaj termékenységét gátló tényezők Magyarországon  
(1:500 000 méretarányú térkép területi adatai)

A talaj termékenységét gátló főbb tényezők(1)	Terület 1000 hektárban(2)	Mező- és erdő- gazdaságilag művelt területek %-ában(3)	Magyarország össz- területének %-ában(4)
1. Nagy homoktartalom(5)	746	8,9	8,0
2. Savanyú kémhatás(6)	1200	14,3	12,8
ebből erodált(7)	348	4,2	3,7
felszín közeli tömör kőzet(8)	67	0,8	0,7
3. Szikesedés(9)	757	9,0	8,1
4. Szikesedés a mélyebb talajrétegekben(10)	245	2,9	2,6
5. Nagy agyagtartalom(11)	630	7,5	6,8
6. Láposodás, mocsarasodás(12)	161	1,9	1,7
7. Erózió(13)	1455	17,4	15,6
ebből savanyú kémhatású(14)	348	4,2	3,7
8. Felszín közeli tömör kőzet(15)	217	2,6	2,3
ebből savanyú kémhatású(14)	67	0,8	0,7
Összesen(16)	4996*	59,5*	53,5*

\*A savanyú kémhatás erodált területek, illetve felszín közeli savanyú kémhatású tömör kőzet csak az egyik tényezőnél számításba véve(17)

Table 1: Factors deteriorating soil fertility in Hungary (data of the 1:500000 scale map)

Major factors deteriorating soil fertility(1), Area in 1000 hectares(2), % of the area under agricultural or forestry use(3), % of Hungary's area(4), 1. High sand content(5), 2. Acidity(6), out of this: eroded(7), solid rock near the surface(8), 3. Salination(9), 4. Salination in deeper layers(10), 5. High clay content(11), 6. Mooring(12), 7. Erosion(13), out of this acidic soil(14), Solid rock near the surface(15), Total(16), Acidic eroded areas and acidic soils with solid rock near the surface only taken into account once(17)

3. ábra: A Phare MERA talajdegradáció – térképezési projekt módszertana

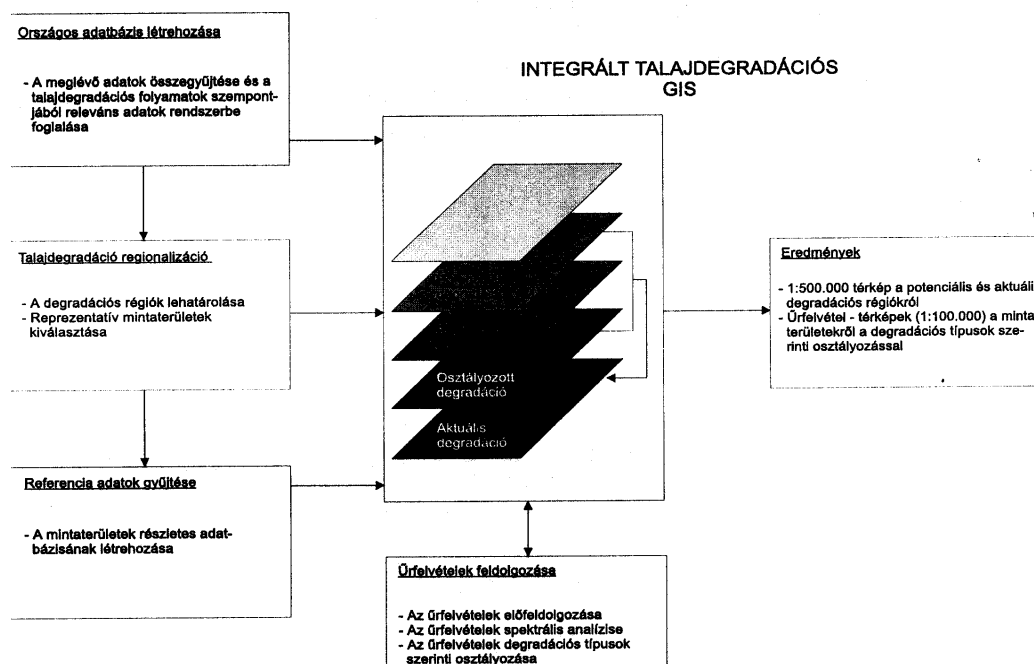


Figure 3: PHARE MERA soil degradation- methodology of soil mapping

1. Creation of a national database
  - Collection of existing data and systemizing relevant data on soil degradation
2. Regionalization of soil degradation
  - Impoundment of degradation regions
  - Selection of representative sample areas
3. Collection of reference data
  - Creating a detailed database of sample areas

4. Data processing of satellite records
  - Preparation
  - Spectral analysis
  - Classification of records according to degradation types
5. Results:
  - 1:500000 scale map about the potential and actual regions of degraded soils
  - Satellite maps (1:100000 scale) about sample areas with classification according to degradation types
6. Integrated Soil Degradation GIS

4. ábra: Talajdegradációs régiók Magyarországon 1:500 000-es léptékben

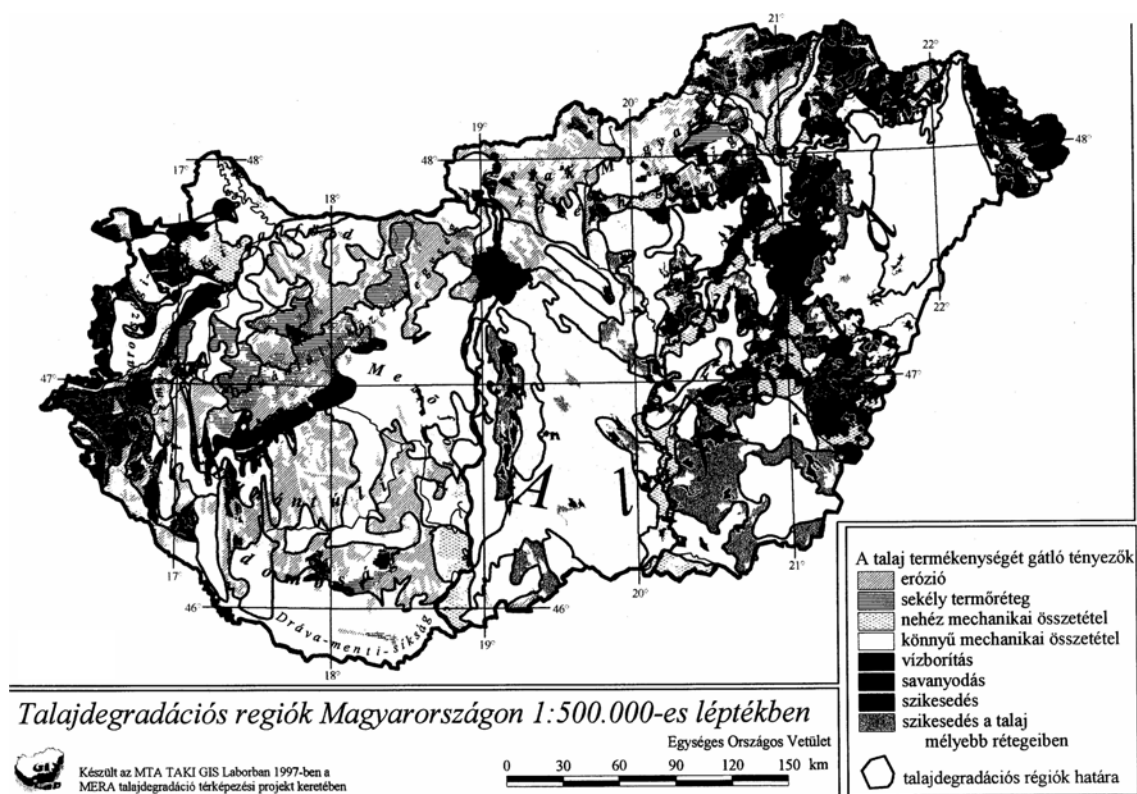


Figure 4: Regions of soil degradation in Hungary 1:500000 scale

Made by the MTA TAKI GIS Laboratory in 1997 within the framework of the soil degradation mapping project

Factors deteriorating soil fertility

Erosion

thin fertile layer

heavy mechanical composition

light mechanical composition

water cover

acidification

salination

salination in deeper layers

Border of degradation regions

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: Sensitivity of Hungarian soils to acidification

1. Strongly acidic soils (13% of the country's area).
2. Soils highly sensitive to acidification due to their small buffering capacity (14%).
3. Soils with medium sensitivity to acidification due to their medium buffering capacity (5%).
4. Soils with moderate sensitivity to acidification due to their high buffering capacity (23%).
5. Non-calcareous saline soils with low sensitivity to acidification (4%).
6. Calcareous soils not sensitive to acidification (41%).

6. ábra: Magyarország talajainak érzékenysége tömörödéésre és szerkezetleromlásra



1. Tömörödéésre és szerkezetleromlásra nem érzékeny homoktalajok (az ország összterületének 10,5%-a).
2. Tömörödéésre és szerkezetleromlásra gyengén érzékeny talajok (23%).
3. Tömörödéésre és szerkezetleromlásra mérsékelten érzékeny talajok (17,8%).
4. Tömörödéésre érzékeny, szerkezet nélkül homoktalajok (11%).
5. Szerkezetleromlásra és tömörödéésre érzékeny, nehéz mechanikai összetételű talajok (12,9%).
6. Sófelhalmozódás és/vagy szikesedés következtében mind szerkezet-leromlásra, mind tömörödéésre érzékeny talajok (9,6%).
7. Szerves talajok (5,7%).
8. Sekély termőrétegű talajok (9,5%).

Figure 6: Sensitivity of Hungarian soils to compaction and soil structure deterioration

1. Sandy soils not sensitive to compaction and structure deterioration (10,5 % of the country's area).
2. Soils with low sensitivity to compaction and structure deterioration (23%).
3. Soils with moderate sensitivity to compaction and structure deterioration (17.8%).
4. Structureless sandy soils sensitive to compaction (11%).
5. Soils with heavy mechanical composition sensitive to compaction and structure deterioration (12.9%).
6. Soils sensitive to compaction and structure deterioration due to salt accumulation and/or salination (9.6%).
7. Organic soils (5.7%).
8. Soils with thin fertile layer.