

Várallyay György

az MTA rendes tagja

Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása

Elhangzott 1999. február 22-én

Minden társadalom deklarált célja, hogy tagjainak megfelelő életkörülményeket biztosítson. Más kérdés, hogy ezt hol, mikor, milyen mértékig és milyen feltételek között képes megvalósítani, miképp tudja a célhoz vezető út feladatait világosan, egyértelmű, vonzó és reális koncepciókban, programokban megfogalmazni, s azok megvalósítására mennyire képes a társadalmat mozgósítani.

Az emberi élet minőségének kritériumait illetően a különböző társadalmak tagjainak véleménye emberi karakterüktől, a természeti és gazdasági viszonyoktól, szociális körülményektől, történelmi hagyományoktól, egyéni és csoportérdekektől függően nagymértékben különbözik, s időben is jelentősen változik. Három feltételt illetően azonban szinte teljes az egyetértés. Ez a három elem pedig.:

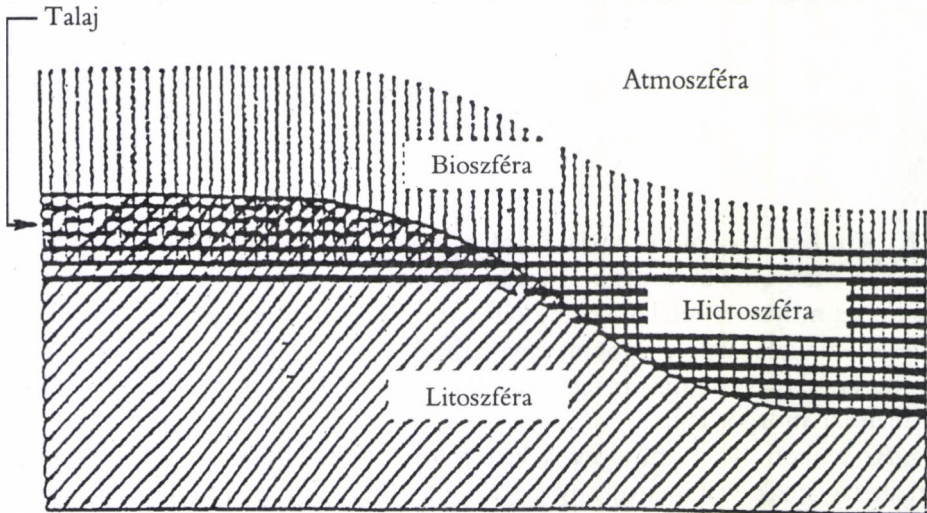
- megfelelő mennyiségű és minőségű, egészséges élelmiszer;
- a tiszta ivóvíz;
- a kellemes környezet.

Mindhárom szoros és sokoldalú összefüggésben van a termőtalajjal és annak használatával. Ennek alapján fogalmaztuk meg 1997. évi „Föld-napi” üzenetünkben.: *„A termőföld megbecsülése, ésszerű és fenntartható használata, megóvása az életminőség javításának egyik feltétele, ami ösztársadalmi érdek!”* (Várallyay, 1997a).

A talaj jelentősége és funkciói

A fenntartható fejlődés egyik alapeleme Magyarországon legfontosabb természeti erőforrásunkat képező *talajkészleteink ésszerű hasznosítása, védelme, állagának megőrzése, sokoldalú funkcióképességének fenntartása*. Ez *környezetvédelmiünk és mezőgazdaságunk egyik legfontosabb közös feladata*, amely az állam, a földtulajdonos és a földhasználó, valamint az egész társadalom részéről megkülönböztett figyelmet igényel, átgondolt és összehangolt intézkedéseket tesz szükségessé (Várallyay, 1994a, 1996a, 1997b, c; Várallyay–Németh, 1999).

A *talaj* a Föld legkülső, mállott kérge, amely a talajképződési folyamatok eredményeképpen alakult ki, mégpedig a litoszféra, atmoszféra, hidroszféra és bioszféra kölcsönhatásainak zónájában (1. ábra), a *talajképződési tényezők* kombinált összhatásának eredményeképpen (Várallyay, 1994b).

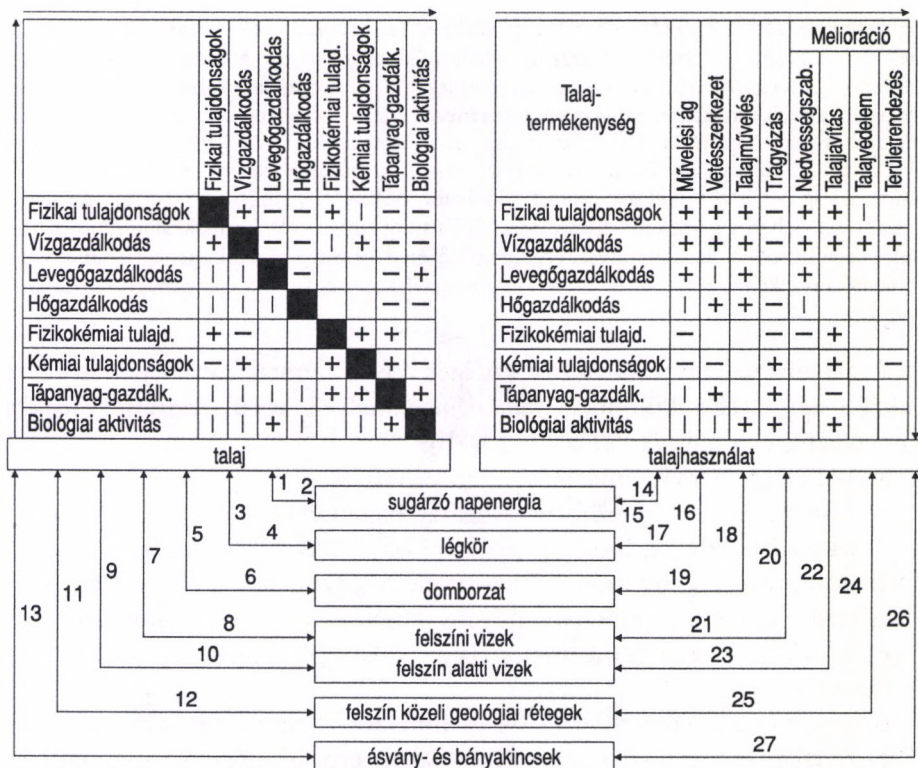


1. ábra. Talaj a szférák kölcsönhatásának zónájában

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* a kialakulását. A változatosság horizontálisan (foltosság) és vertikálisan (rétegezethez) egyaránt kifejezett és a legtöbb talajtulajdonságra érvényes (Láng et al., 1983; Stefanovits, 1992; Várallyay, 1997a).

A talaj, a talajhasználat, valamint a többi természeti erőforrás közötti összefüggést foglaltuk össze vázlatosan a 2. ábrán.

Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása



2. ábra. A talaj, a talajhasználat, valamint a többi természeti erőforrás közti összefüggés vázlat

Számok magyarázata.: 1. A talaj hőgazdálkodásának befolyásolása. 2. A sugárzó napenergia-elnyelés mértékének befolyásolása (szín, érdesség, növényborítottság stb.). 3. Meteorológiai viszonyok hatása a talaj víz-, levegő- és hőgazdálkodására, anyagforgalmára. 4. Evapotranspiráció, légszennyeződés a talajból. 5. Domborzat hatása a talaj vízgazdálkodására; vízmosások, mikrodomborzat. 6.,7. Árvizek vízborítása és üledéktelepítése. 8. Felszíni vizek táplálása; „szennyezése” oldott anyagokkal, lebegtetett üledékekkel, esetleg görgetett hordalékkal. 9. A talaj nedvesség- és anyagforgalmának befolyásolása (sófelhalmozódás, szikesedés stb.). 10. „Szennyezés” a talajból kilúgzódó anyagokkal. 11. Talajképződés „alapanyaga” (talajképző kőzet); sófelhalmozódás a mélyebb rétegekből. 12. Talajból kilúgzódó anyagokkal történő „feldúsulás”. 13. Talajjavító anyagként történő felhasználás. 14. Racionális művelési ág és vetésszerkezet befolyásolása. 15. Napenergia-elnyelés mértékének befolyásolása (érdesség fokozása, megfelelő növényállomány, talajtakarás). 16. Racionális művelési ág, vetésszerkezet és agrotechnika meghatározása, erős befolyásolás. 17. Evapotranspiráció és a légkörbe jutó szennyező anyagok mennyiségének befolyásolása (pl. szélérzítő elleni védelem stb.). 18. Racionális művelési ág, vetésszerkezet és agrotechnika jelentős mértékű befolyásolása. 19. Rónázás, feltöltés; talajművelés (egyirányú, rétegvonalak menti szántás stb.). 20. Racionális művelési ág, vetésszerkezet és agrotechnika befolyásolása; nedvességszabályozás feladatainak meghatározása, pl. árvízvédelem,

belvízrendezés stb.). 21. Felszíni vizek „táplálásának” (árhullámok, belvízveszély) és „terhelésének” (mezőgazdasági területekről származó oldott és lebegtetett anyagok mennyisége) meghatározása. 22. Racionális művelési ágak, vetésszerkezet és agrotechnika befolyásolása; nedvesség-szabályozás feladatainak meghatározása (drénezés). 23. Talajvíztáplálás, valamint a talajvíz-„szennyezés” mértékének meghatározása, erős befolyásolása (műtrágyák, növényvédő szerek, gyomirtó szerek). 24. Erózió-érzékenység, sekély termőrétegű talajok esetében a racionális művelési ág, vetésszerkezet és agrotechnika befolyásolása; alapközetig erodált területeken a rekultiváció lehetőségeinek meghatározása. 25. Talajból kilúgozódó anyagokkal történő „feldúsulás” befolyásolása. 26. Rekultiváció szükségességének és lehetőségeink meghatározása; talajjavító anyagkénti felhasználás. 27. Ásványi talajjavító anyagok iránti igény meghatározása.

A társadalom egyre inkább veszi igénybe, a fenntartható fejlődés egyre inkább épít a *talaj* különböző *funkcióira*, amelyek közül legfontosabbak a következők (Várallyay, 1997a, d, 1998b):

- a) Feltételesen megújuló természeti erőforrás.
- b) A többi természeti erőforrás (sugárzó napenergia, légkör, felszíni és felszín alatti vízkészletek, biológiai erőforrások) hatásának integrátora, transzformátora, reaktora. Ily módon biztosít életteret a talajbani élettevékenységnek, termőhelyet a természetes növényzetnek és termesztett kultúráknak.
- c) A primér biomassza-termelés alapvető közege, a bioszféra primér tápanyagforrása.
- d) Hő, víz, növényi tápanyagok és hulladékok természetes raktározója.
- e) A talajt (és teresztris ökoszisztémákat) érő, természetes vagy emberi tevékenység hatására bekövetkező stresszhatások puffer közege.
- f) A természet hatalmas szűrő- és detoxikáló rendszere.
- g) A bioszféra jelentős gén-rezervoárja, a biodiverzitás nélkülözhetetlen eleme.
- h) Történeti örökségek hordozója.

E funkciók fontossága, jelentősége, „súlya” térben és időben egyaránt változott és változik ma is. Hogy hol és mikor melyik funkciót hasznosítja az ember, az adott gazdasági helyzettől, szocio-ökonómiai körülményektől és politikai döntésektől, az ezek által megfogalmazott céloktól, „elvárásoktól” függ. Hosszú időn keresztül csak a biomassza-termeléssel kapcsolatos a), b) és c) funkciók voltak fontosak, elsősorban a talaj termőképessége, termékenysége volt – közhíjjal – 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. Szélsőséges csapadékviszonyok („túl kevés” vagy „túl sok”, rendszertelenül lehulló csapadék) esetén 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 puffér–szűrő–detoxikáló–génrezervoár funkciói. Elsősorban a különböző stresszhatásoknak erősen kitett, szennyezett vagy szennyeződés által fenyegetett, illetve különösen érzékeny területeken (ivóvízbázisok területe, védett területek és azok pufferezónái stb.).

Mindez csak megerősíti azt az alaptételt, hogy a talaj és talajhasználat, valamint a környezet közötti kölcsönhatás ténylegesen kétoldalú. A talajhasználat káros hatásai egyrészt talajkészleteinket, azok sokoldalú funkcióinak zavartalanságát veszélyeztetik, másrészt fenyegetést jelentenek környezetünk többi elemére.: a felszíni és felszín alatti vízkészletekre, a felszín közeli légkörre, az élővilágra, a bioszférára, a tájra is. A káros hatások kivédése, megelőzése, megszüntetése vagy bizonyos ésszerű tűrési határig történő mérséklése tehát lényegesen több, mint talajvédelem: a környezetvédelem – ezen belül az agrár-környezetvédelem – egészének megkülönböztetett fontosságú része. Ugyanakkor a talaj védelme sem szűkíthető le a talajhasználat kedvezőtlen hatásainak elhárítására, hanem – a környezetvédelem másik fontos részeként – magában foglalja a talajt érő egyéb környezeti hatások ellenőrzését, szabályozását is (Várallyay, 1996a, 1997a, b).

Egy korszerű, „fenntartható” agrár-környezetvédelmi stratégiának mindkét problémacsoport kezelésére, megoldására *megfelelő* rövid-, közép- és hosszú távú akcióprogrammal kell rendelkeznie, s erre tudományosan megalapozott, gazdaságilag jól indokolt, konkrét és részletes intézkedési tervekkel kell kidolgoznia. Törvényeinknek, rendeleteinknek, gazdasági érdekeltségi rendszerünknek erre kell ösztönöznie, sőt ha kell, kényszerítenie. Lehetőleg ne büntető szankciókkal, hanem észérvekre és a természet csodálatos belső logikájára és szabályozó mechanizmusára alapozottan, nem pedig azokat megerősítve, s számítva a *társadalom egészének* közreműködésére (Várallyay, 1994b, 1997a).

Talajfolyamatok szabályozása, a korszerű talajtan legfontosabb feladata

A talaj funkcióképességét, funkcióinak zavartalanságát a *talajtulajdonságok* összhatása határozza meg, ami viszont a *talajban végbemenő* anyag- és energiaforgalmi, talajképződési és talajpusztulási *folyamatok* eredménye. A talajjal

kapcsolatos *minden* tevékenység végül is ezen folyamatok megváltoztatását jelenti, ezen keresztül módosítja a talajtulajdonságokat, s hat a talaj funkcióképességére. A tudatos, bizonyos termelési célok vagy a talaj állagának megőrzése, termékenységének fenntartása vagy fokozása, valamint a táj- és környezetvédelem érdekében történő beavatkozások éppúgy, mint a legkülönbözőbb egyéb emberi tevékenységek ismert vagy ismeretlen, kívánatos vagy kedvezőtlen, káros (mellék)hatásai. Az ember a társadalmi fejlődés kényszere alatt, a zavartalan élelmiszer-ellátás érdekében irtotta az erdőt, nemcsak az Alföldön, hanem a Kárpát-medence vízgyűjtő területének hegydombvidéki részein is, növelve a felszíni lefolyást, a vízerózió okozta talajpusztulást, a mélyebb fekvésű területek árvíz- és belvízveszélyét. Ez utóbbiak csökkentése érdekében folyószabályozásokat, lecsapolásokat hajtott végre; majd a fokozott kiszáritást öntözéssel igyekezett ellensúlyozni. A nagyobb terméshozamok elérése érdekében – eredményesen – használta a korszerű agrotechnika minden eszközét.

Mindez – természetesen – jelentős mértékben hatott a talajkészletekre. Hol kedvezően, hol kedvezőtlenül, de feltétlenül sokféleképpen, alapot adva ezzel a túlzott és megalapozatlan általánosítások közti éles vitákra és álvitákra. A viták által kikényszerített tudományos kutatások és érvelések emelték a magyar talajtani tudományt a világ élvonalába. Az álviták és a döntéshozók által nem tudományos érvek alapján, hanem határozatokkal lezárt viták ugyanakkor komoly töréseket jelentettek az ország gazdasági fejlődésében; nagy, gyakran jóvátehetetlen károkat okoztak hazánk környezeti állapotában.

A *termőtalajkészlet* területhasználat hatására bekövetkező lehetséges változásait foglaltuk össze az 1. táblázatban.

A változások értékelése ma már messze nem szűkíthető le a talaj termékenységére, biomassza-termelő képességére, produktivitására, hanem annak sokoldalú mérlegelését teszi szükségessé, hogy a talaj mennyire képes eleget tenni elvárt (egy adott társadalmi helyzet igényei által megfogalmazott) funkcióinak.

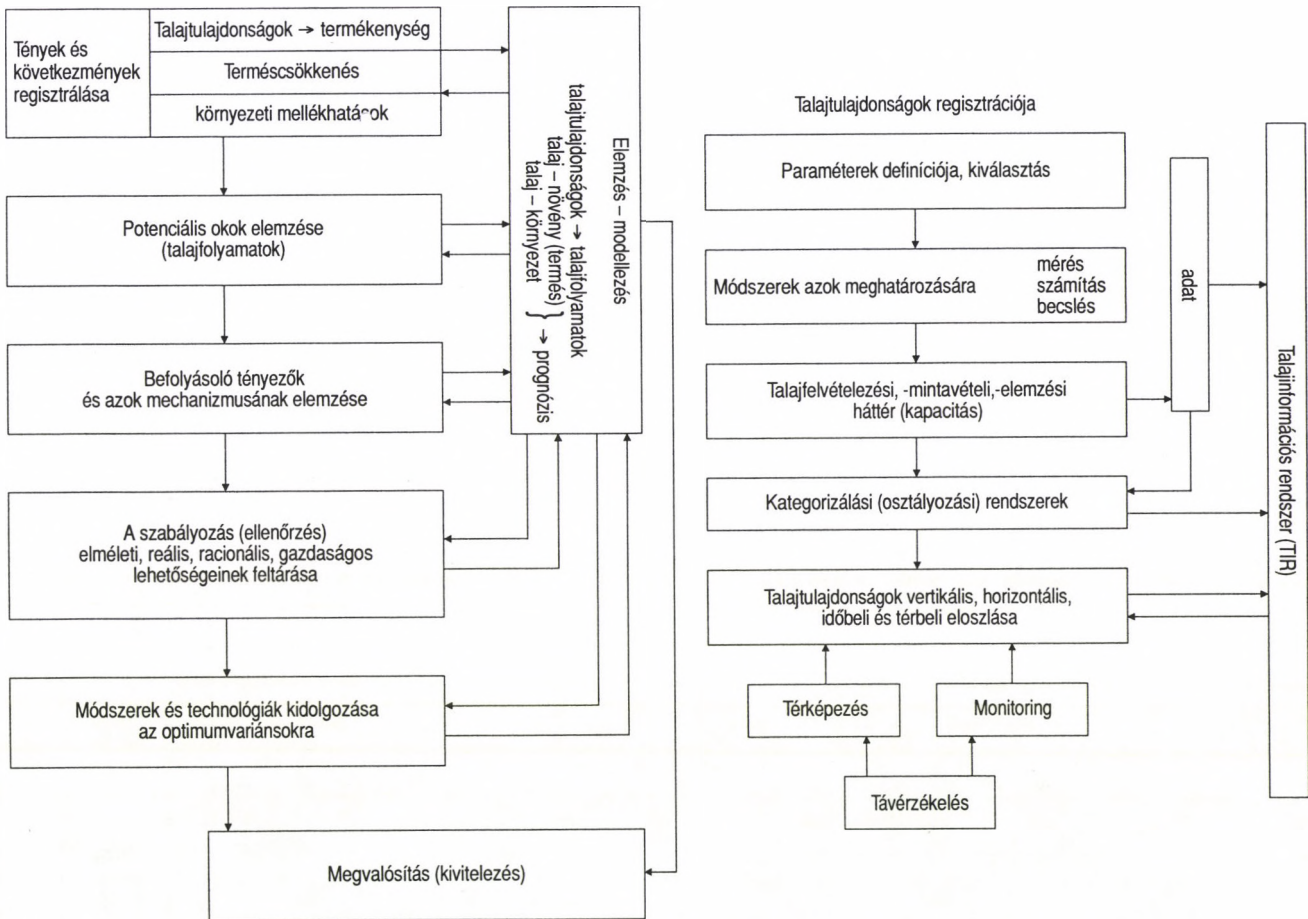
Bár a talajt érő – természeti okok miatti vagy emberi tevékenység hatására bekövetkező – kedvezőtlen stresszhatások kivédése, megelőzése egyre nehezebb, mégis ki lehet és kell mondani azt az alaptételt, hogy: talajkészleteink minősége, funkcióképessége, termékenysége megőrizhető, fenntartható! Sem a különböző civilizációs ártalmak (légszennyezés, hulladékok stb.), sem a talajhasználat nem vezet *szükségszerűen és kivédhetetlenül* talajkészleteink állapotának romlásához, hisz a talaj (ellentétben például a fosszilis energiahordozókkal) *megújuló* természeti erőforrás. Ez a megújulás azonban nem megy be automatikusan, hanem állandó és tudatos tevékenységet követel.

A termőtalajkészlet lehetséges változásai a talajhasználat hatására

Jellemző		Kedvezőtlen irányú változások okai	Kedvező irányú változások okai
Mennyiség	Terület	Más irányú földhasználat (iparfejlesztés, települések, infrastruktúra, üdülés, felszíni bányászat, hulladékelhelyező területek).	Mezőgazdasági termelésbe vonás; eddig nem használt, de alkalmas területek (szavanna, füves sztyepek, „szűzföldek”) művelésbe vonása; más természeti tényezők miatt (pl. csapadékhiány) nem hasznosított területek művelésbe vonása (pl. öntözéssel); terméketlen vagy kis termékenységű talajok művelésbe vonása meliorációval.
	Vastagság	Erózió	Feltöltés: természetes (lejtőhordalék, öntésanyag); mesterséges (melioráció).
Minőség		Degradáció (víz és szél okozta erózió, savanyodás, sófelhalmozódás és szikesedés, fizikai degradáció, biológiai degradáció, tápanyagforgalom és biológiai tevékenység kedvezőtlen irányú megváltozása; intenzív talajhasználat (talajszerkezet leromlása, talajdegradációs folyamatok); szervesanyag-tartalom csökkenése.	Talajjavítás; ésszerű talajhasználat, vetés-szerkezet és agrotechnika; intenzív talajhasználat (jobb tápanyagellátás → nagyobb biomasszahozam → nagyobb gyökérszerkezet → szervesanyag-tartalomnövekedés).

A megújulást biztosító tudatos tevékenység tulajdonképpen a *talajfolyamatok* bizonyos célú, mértékű és irányú *szabályozását* jelenti, ami a korszerű talajtan egyik legfontosabb feladata (Várallyay, 1992, 1994b). A szabályozás célja lehet a jelenlegi állapot (talajfolyamatok, talajtulajdonságok) fenntartása, stabilizálása; a kedvezőtlen, nemkívánatos változások megelőzése, valamely előzetes állapot visszaállítása vagy a jelenlegi állapot valamely cél szempontjából kedvezőbbé tétele, javítása. A szabályozás (szabályozottság) kívánatos mértéke az időnkénti állapot-ellenőrzéstől kezdve a teljes szabályozásig igen sokféle lehet, de – egész kivételes esetektől eltekintve – nem nélkülözhető. Téves

3. ábra. Talajfolyamatok szabályozásának koncepcióvázlata



nézet az, hogy a teljesen magára hagyott környezet „visszatalál” eredeti, a környezet egésze szempontjából legkedvezőbb állapotába. A felhagyott művelt területekből nem lesz sem „eredeti” gyepek, sem „eredeti” erdők, csupán degradált, gyomos parlag! A rövid távú termelési célok érdekében ármentesített és lecsapolt területek eredeti ökoszisztémái sem alakulnak vissza spontán módon, csupán az „eredeti” nedvesséviszonyok 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. Jó példát szolgáltatnak erre a Tiszántúli vizes élőhelyeinek vagy a Hortobágy és a Kiskunság – védettséget indokoló – szikes tavainak és szikes pusztáinak rekonstrukciós nehézségei (Várallyay, 1994a, 1997b).

A talajfolyamatok szabályozásának logikusan és szükségszerűen egymásra épülő lépéseit foglaltuk össze a 3. ábrán. Azt pedig, hogy milyen tényezők, folyamatok vagy tulajdonságok szabályozására van vagy lehet szükség, a 4. ábrán mutatjuk be (Várallyay, 1989c, 1997a).

Mint a 3. ábrán látható, a talajfolyamatok átgondolt, megalapozott, ésszerű, eredményes és hatékony szabályozásához *megfelelő információk* szükségesek:

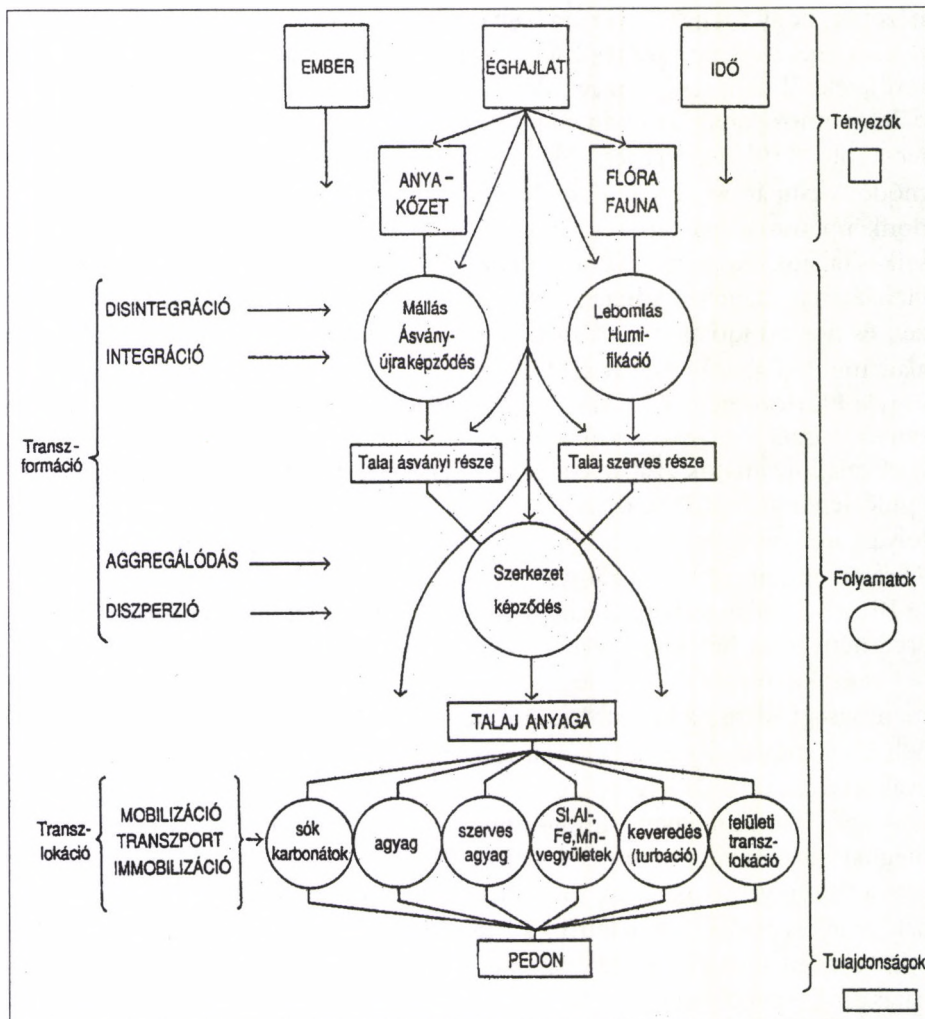
- egzakt, megbízható, megfelelő pontosságú, lehetőség szerint mért és mennyiségi adatok a különböző, jól definiált talajtulajdonságokról, azok térbeli megoszlásáról és időbeli változásairól, mégpedig azok valószínűségi és gyakorisági értékeivel együtt;

- 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 korszerű talajtani tudománynak és talajvizsgálati gyakorlatnak ma ezen információk „előállítás”, összegyűjtése, értékelő feldolgozása, valamint minél szélesebb körben történő racionális és eredményes hasznosítása képezi egyik legfontosabb célját.

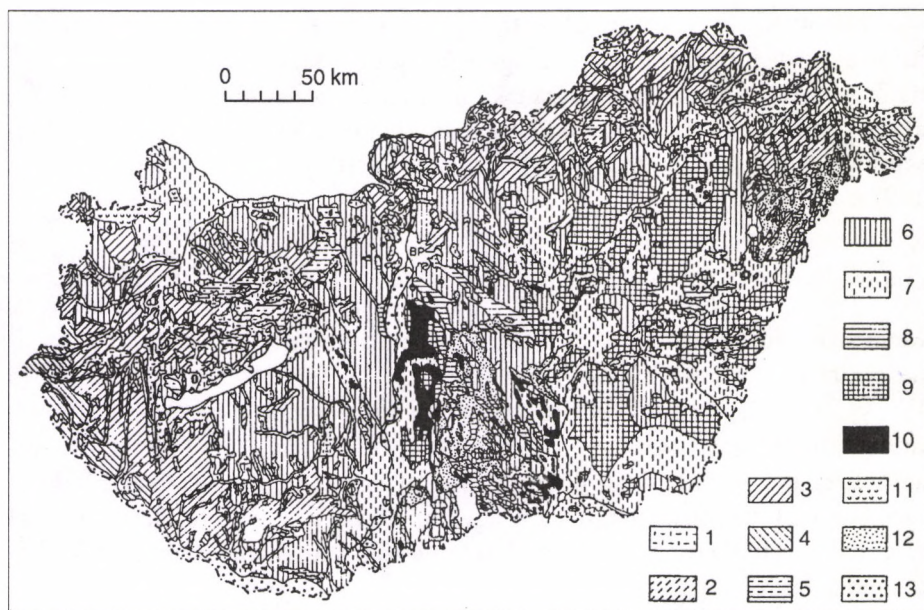
A magyar talajtani tudomány és talajvizsgálati gyakorlat több mint 100 éves tevékenységének eredményeképpen a Magyarország talajaira vonatkozó *térkép- és adatanyag* nemzetközi összehasonlításban is igen gazdag; tartalmában, részletességében, feldolgozottságában s korszerűségében egyaránt elismerten világszínvonalú (Stefanovits, 1992; Kádár, 1995; Várallyay, 1989b, 1994b). Ez elsősorban három oknak köszönhető: az ország kis mérete; a mezőgazdaság



4. ábra. Talajképződési tényezők, talajképződési folyamatok, talajtulajdonságok

és ésszerű földhasználat megkülönböztetett jelentősége az ország gazdaságában, történelmében; a magyar nép hagyományos földszeretete.

A 4. ábrán összefoglalt talajfolyamatok jellegének, erősségének és fejlődési trendjének, valamint a folyamatokra ható (azokat meghatározó, befolyásoló, módosító) tényezőknek együttes elemzése alapján definiáltuk Magyarország taljainak főbb anyagforgalmi típusait, amelyek vázlatos térképét az 5. ábrán mutatjuk be (Várallyay, 1985).



5. ábra. Magyarország talajainak fő anyagforgalmi típusai

1. Erős felszíni lepusztulás típusa.
2. Erős kilúgzás típusa.
3. Mérsékelt kilúgzás típusa.
4. Talajszelvényben csapadéktöbblet miatt megjelenő „pangó víz” hatása alatt álló típus.
5. Sekély termőréteg miatti szélsőséges nedvesséviszonyok okozta szervesanyag-felhalmozódás típusa.
6. Egyensúlyi típus.
7. Talajvízhatás alatt álló típus.
8. Erős karbonátfelhalmozódás típusa.
9. Mérsékelt só- és/vagy kicserélhető Na^+ -felhalmozódás típusa.
10. Erős só- és/vagy kicserélhető Na^+ -felhalmozódás típusa.
11. Szervesanyag-felhalmozódás típusa.
12. Kismértékű anyagforgalom típusa.
13. Felszíni vízfolyások által befolyásolt anyagforgalom típusa.

A talajfolyamatok szabályozásának legfontosabb területei az ésszerű talajhasználat, a korszerű és környezetbarát agrotechnika, valamint – szükséges esetekben – a rekultiváció és melioráció. Annak meghatározása, hogy hol és mikor ezek mely elemeire van szükség, és ezek milyen intézkedéseket, milyen módszerek, eljárások, technológiák alkalmazását teszik szükségessé, a „fenntartható talajhasználat” alapfeladata.

A talajfolyamatok szabályozásának legfontosabb területei

A talajfolyamatok szabályozásának legfontosabb területei Magyarországon a talaj termékenységét gátló tényezők kedvezőtlen hatásának tompítása; a talajdegradációs folyamatok megelőzése, kiküszöbölése, mérséklése; a talaj víz-

háztartásának, nedvességforgalmának javítása; a talajban előforduló és oda jutó vagy oda juttatott anyagok biogeokémiai ciklusának szabályozása a növények zavartalan tápanyag-ellátásának, illetve talaj-, valamint felszíni és felszín alatti vízkészleteink szennyeződésének csökkentése, káros ökológiai és egészségügyi hatásainak kivédése érdekében (Várallyay, 1992, 1994a, 1996a, 1997a, d, 1998b).

A talaj termékenységét gátló tényezők, talajdegradációs folyamatok

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 egyaránt. Ez a kedvező helyzet azonban csak viszonylagos, mert Magyarországon is nagy területen korlátozzák a talaj termékenységét különböző tényezők, károsítanak különböző talajdegradációs folyamatok.

A legfontosabb *talajtermékenység-korlátozó tényezők* Magyarországon a következők (Szabolcs–Várallyay, 1978; Várallyay, 1989c):

1. nagy homoktartalom (kis szerves- és ásványikolloid-tartalom) és kedvezőtlen következményei: gyenge víztartó képesség → aszályérzékenység; kis pufferkapacitás → nagy szennyeződés- és (nem karbonátos talajok esetében) savanyodásérzékenység; szélérózió-érzékenység; gyenge tápanyag-szolgáltató 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: belvízveszély és aszályérzékenység; csekély hasznosítható vízkészlet; kedvezőtlen tápanyagállapot;

4. szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben;

5. nagy agyagtartalom és kedvezőtlen következményei.: 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-vesztés, szedimentáció a felhalmozódási területeken;

8. sekély termőréteg és kedvezőtlen következményei.

Fenti tényezők területi megoszlását mutatjuk be a 6. ábrán. A térkép területi adatait foglaltuk össze a 2. táblázatban.

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

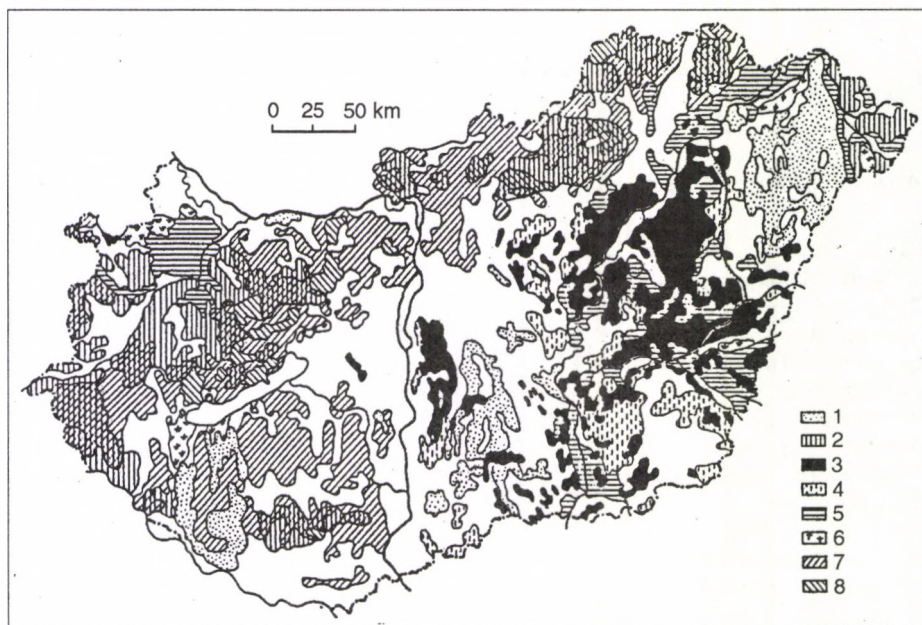
A talaj termékenységét gátló főbb tényezők	Terület 1000 hektárban	Mező- és erdő- gazdaságilag művelt területek %-ában	Magyarország összterületének %-ában
1. Nagy homoktartalom	746	8,9	8,0
2. Savanyú kémhatás	1200	14,3	12,8
a) ebből erodált	348	4,2	3,7
b) felszín közeli tömör kőzet	67	0,8	0,7
3. Szikesedés	757	9,0	8,1
4. Szikesedés 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
c) ebből savanyú kémhatású	348	4,2	3,7
8. Felszín közeli tömör kőzet	217	2,6	2,3
c) ebből savanyú kémhatású	67	0,8	0,7
d) Összesen	4996*	59,5*	53,5*

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

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 „üvegházhatású gázok” légköri koncentrációjának megnövekedésére.

Magyarországon a legfontosabb *talajdegradációs folyamatok* a következők (Várallyay, 1989c, 1996a, 1998a):

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”.



6. ábra. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon

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

A talajdegradációs folyamatok káros következményei közül legfontosab-
bak: a területveszteség és/vagy a terület értékcsökkenése; zavarok a talaj funk-
cióiban; a talaj termékenységének csökkenése; talajökológiai feltételek romlá-
sa (gyengébb növényfejlődés → kisebb biomasszahozam → kisebb termés);
kedvezőtlen körülmények az agrotechnikai műveletek időben és megfelelő
minőségben történő energiatakarékos elvégzéséhez; nagyobb termelési ráfor-
dítások (növekvő energia-, vízellátás- és vízelvezetés-, valamint tápanyag-
igény stb.); káros környezeti mellékhatások (például árvíz és belvízveszély
fokozódása; felszíni és felszín alatti vízkészletek szennyezése; tájrombolás
stb.).

A talajdegradáció okozta környezeti károk eredményes megelőzésének
előfeltétele a folyamatok alapos, egzakt és kvantitatív ismerete, az arra ható
tényezők mechanizmusának tisztázása; a folyamat modellezése; valamint idő-
ben történő, minél pontosabb és megbízhatóbb előrejelzése. Mindehhez
ismét két dolog szükséges:

- a kiváltó hatás kvantifikálása;
- a talaj adott hatással szembeni érzékenységének/sérülékenységének elemzése.

Ez utóbbit célozza – megkülönböztetett jelentőségének megfelelően – számos hazai és külföldi kutatási program. Jelentős súlyt kaptak ez irányú kutatásaink a Magyar Tudományos Akadémia stratégiai programjaiban (A talajok környezeti érzékenységének minősítése). A nemzetközi programok közül pedig az alábbi hármat emelném ki.:

- GLASOD (GLobal Assessment of SOil Degradation);
- SOTER (SOil and TERrain Digital Database);
- SOVEUR (SOil Vulnerability of EUROpean Soils) (Várallyay, 1996b),

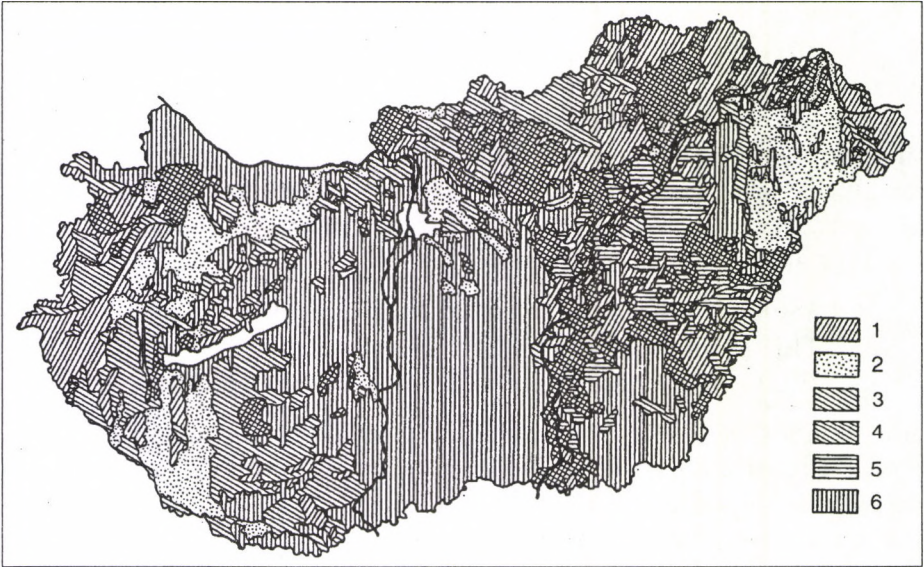
amelyben a közép-kelet-európai térség regionális koordinátoraként vettünk részt eredményesen. Az MTA KKP keretében végzett kutatásaink („Talajdegradációs folyamatok térképezése országos és regionális szinten a térinformatikai és távérzékelési módszerek integrálásával”) ugyancsak nemzetközi elismerést váltottak ki (Szabó et al., 1999).

A talajok környezeti érzékenységének jellemzésére folyó kutatásaink öt területre összpontosultak:

- víz vagy szél okozta talajerózió;
- talajsavanyodás;
- sófelhalmozódás és szikesedés;
- a talajszerkezet leromlása, tömörödés (fizikai degradáció);
- a talajok „sérülékenysége” kémiai anyagokkal történő terheléssel szemben.

Az érzékenység/sérülékenység/terhelhetőség elemzések egymásra épülő kutatási lépései elvileg mindegyik felsorolt esetben hasonló koncepcióra épültek, mint a *talajok savanyodással szembeni érzékenységének vizsgálata* esetén, ahol ezek a lépések a következők voltak (Várallyay et al., 1986):

- a talajsavanyodás definíciója, jellemzésének mérőszámai;
- a talajsavanyúság természetes és emberi tevékenység okozta forrásainak oknyomozó elemzése;
- a talaj savanyodással (savterheléssel) szembeni érzékenységét meghatározó tényezők feltárása; hatásainak értékelése; hatásmechanizmusának tisztázása;
- a talaj pufferkapacitásának, savtompító képességének kvantifikálása („titrálási görbék” meghatározása);
- a talajok savanyodással szembeni érzékenységét kifejező kategóriarendszer kidolgozása;



7. ábra. Magyarország talajainak érzékenysége savanyodásra

1. Erősen savanyú talajok. 2. Kiseb pufferkapacitásuk következtében savanyodásra erősen érzékeny talajok. 3. Közepes pufferkapacitásuk következtében savanyodásra közepesen érzékeny talajok. 4. Nagy pufferkapacitásuk következtében savanyodásra mérsékelten érzékeny talajok. 5. Savanyodásra kevésbé érzékeny, nem karbonátos szikes talajok. 6. Savanyodásra nem érzékeny, felszíntől karbonátos talajok

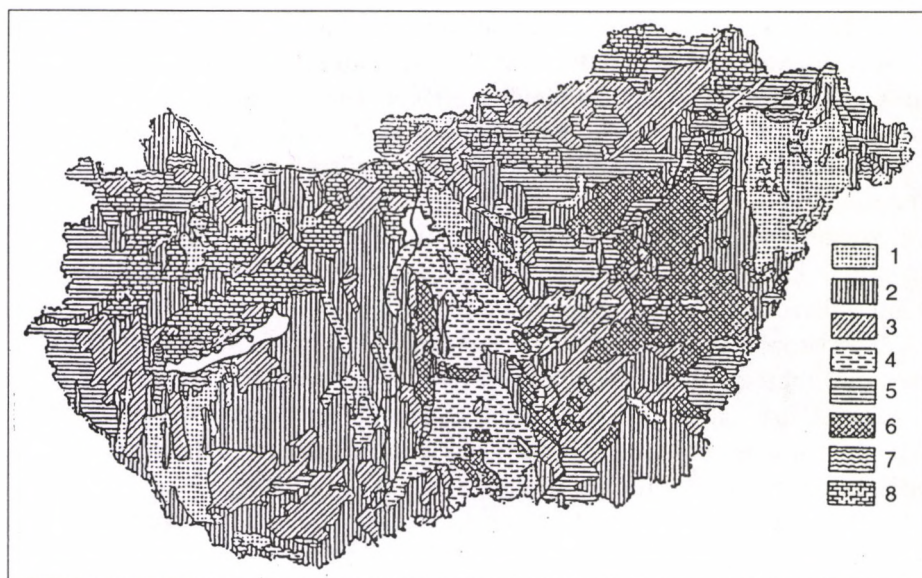
– a kategóriák 1 : 500 000 és 1 : 100 000 méretarányú térképének megszerkesztése.

Példaképpen e térkép egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 7. ábrán, a 8. ábrán pedig – hasonló módszerrel megszerkesztett – térképvázlatot közlünk hazánk talajainak szerkezetleromlással és tömörődéssel szembeni érzékenységéről.

A talaj vízgazdálkodása, nedvességforgalma

A világ édesvízkészletei egyre inkább keresett hiánycikké, stratégiai jelentőségű tényezővé válnak. A vízfelhasználás határfokának növelése tehát parancsoló feladat, amelynek nincs alternatívája.

Magyarország természeti adottságai között is nagy biztonsággal előre jelezhető, hogy a mezőgazdaság-fejlesztésnek és a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz egyik meghatározó tényezője, a vízfelhasználás hatékonyságának



8. ábra. Magyarország talajainak érzékenysége tömörödéésre és szerkezetleromlásra

1. Tömörödéésre és szerkezetleromlásra nem érzékeny talajok.
2. Gyengén érzékeny talajok.
3. Érzékeny talajok.
5. Tömörödéésre és felszíni kéreg kialakulására érzékeny, de szerkezetleromlásra nem érzékeny talajok.
6. Sófelhalmozódásra és/vagy szikesedés következtében mind szerkezetleromlásra, mind tömörödéésre érzékeny talajok.
7. Szerves talajok.
8. Sekély termőrétegű talajok

növelése, illetve ennek érdekében a talaj vízháztartás-szabályozása pedig megkülönböztetett jelentőségű kulcsfeladata (Várallyay, 1987, 1988, 1989a, 1994a, 1996a, 1997e, 1999).

Vízkészleteink ugyanis korlátozottak. A lehulló csapadék a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb), mint jelenleg, s nem fog csökkenni tér- és időbeli változékonysága sem (Várallyay, 1987, 1989a). Hazánkban – elsősorban a Magyar Alföldön – pedig éppen ennek van megkülönböztetett jelentősége. Az átlagos 550 mm évi csapadékmennyiség ugyanis optimális elosztásban a növények zöménél még a jelenleginél jóval nagyobb termések előállításának vízigényét is fedezné. Az átlagos csapadékmennyiség azonban többnyire szeszélyes időbeli és területi megoszlásban hull le, gyakran csupán szerény hányada jut el a növényig. Ezért adódik azután gyakran zavar a növények vízellátásában, s van vagy lenne szükség a hiányzó víz utánpótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására – esetleg ugyanabban az évben, ugyanazon a területen.

A 85–90%-ban szomszédos országokból érkező *felszíni vizeink* mennyiségének növekedésére nem lehet számítani, különösen nem a kritikus „kisvízi” időszakokban. Felhasználhatóságuk mértékét nemzetközi egyezmények szabályozzák, az országból kilépő vízfolyások garantálandó vízminőségével együtt. Nem lehet víztározó kapacitásunk jelentősebb növekedésére sem számítani. *Felszín alatti vízkészleteink* ugyancsak nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezeti következmények nélkül, mint erre az utóbbi években a már-már katasztrófális következményekkel járó Duna–Tisza közti talajvíz-szint-süllyedés hívta fel a figyelmet.

A korlátozott készletekből először a növénytermesztés vízellátásával szemben elsőbbséget élvező – gyorsan növekvő – egyéb *vízigényeket* (lakossági vízellátás, ipar, állattenyésztés, üdülés, természetvédelem) kell kielégíteni. Mivel ezek is jelentős mértékben növekszenek, a fokozott mértékű felhasználással óhatatlanul romló vízminőség pedig újabb és újabb vízkészleteket zár ki a növénytermesztési vízfelhasználásból, egyértelműen levonható az a következtetés, hogy a biomassa-termelés növekvő vízigényét a jövőben Magyarországon (is) csökkenő vízkészletekből kell kielégíteni (Várallyay, 1987, 1989a).

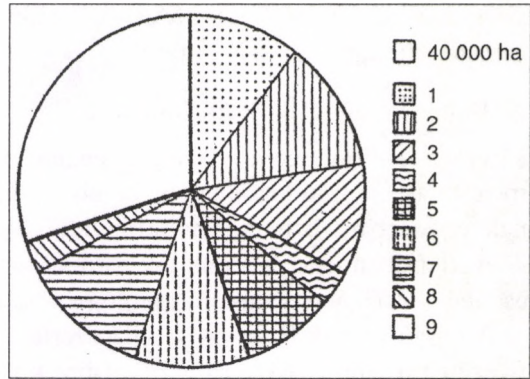
A mezőgazdasági termelés mai színvonalán az elmúlt időszakhoz viszonyítva lényegesen nagyobb jelentősége van a termésbiztonságnak, a természeti kockázatok csökkentésének, a szélsőséges nedvességviszonyok, ökológiai stresszhelyzetek megelőzésének, kiküszöbölésének, mérséklésének.

Mindez csak a vízfelhasználás hatásfokának növelésével képzelhető el és valósítható meg, amelynek alapvető eleme a *talaj vízháztartásának*, nedvességforgalmának hatékony *szabályozása*.

A talaj sokoldalú funkcióképességében, termékenységében és környezeti érzékenységében egyaránt megkülönböztetett szerepe van a *talaj vízgazdálkodásának* (Várallyay, 1987, 1989a).

A talaj vízháztartása nemcsak a természetes növényzet és a termesztett növények vízigényének kielégíthetőségét szabja meg, hanem meghatározza a talaj levegőgazdálkodását, hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és – ezeken keresztül – tápanyag-gazdálkodását is. Hat a talaj technológiai tulajdonságaira is, meghatározva ezzel egyes agrotechnikai műveletek szükségességét, optimális időpontját, illetve lehetséges időtartamát, gépigényét, energiaszükségletét. Végül meghatározza, hogy a talaj vagy terület a környezet „stresszhatásait” milyen mértékig képes pufferni, s melyek a túrési határt meghaladó „terhelés” esetén a talajban vagy a talajjal érintkező felszíni vagy felszín alatti vízkészletekben várhatóan bekövetkező károsodások rövid vagy hosszú távon, az adott területen vagy annak környezetében.

Hazánkban a talaj termékenységét korlátozó tényezők és talajdegradációs folyamatok túlnyomó része a talaj vízgazdálkodásával kapcsolatos, annak oka vagy következménye (Szabolcs-Várallyay, 1978). Felméréseink szerint – mint ezt a 9. ábra szemléletesen ábrázolja – Magyarország talajainak 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és csak 31%-a jó vízgazdálkodású.



9. ábra. Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodású talajok megoszlása Magyarországon

1–5. Kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok. A kedvezőtlen vízgazdálkodás oka: 1. Szélsőségesen nagy homoktartalom. 2. Szélsőségesen nagy agyagtartalom. 3. Szikesedés. 4. Láposodás. 5. Sekély termőrétteg. 6–8. Közepes vízgazdálkodású talajok. A közepes vízgazdálkodás oka: 6. Nagy homoktartalom. 7. Nagy agyagtartalom. 8. Mérsékelt szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben. 9. Jó vízgazdálkodású talajok

A kedvezőtlen vízgazdálkodás okai a szélsőségesen nagy homoktartalom (a terület 10,5%-án), a nagy agyagtartalom (11%), a szikesedés (10%), a láposodás (3%) vagy a sekély termőrétteg (8,5%). A közepes vízgazdálkodás okai a könnyű mechanikai összetétel (11%), az agyagfelhalmozódás a talajszelvényben (12%) vagy szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben (3%) (Várallyay, 1989a, 1996a, 1997e).

A talaj és talajhasználat vízkészletekre gyakorolt sokoldalú hatásai közül most csak négyet emelünk ki – részletezés nélkül (Várallyay, 1990, 1994a).

1. Talajerózió

a) Becslések szerint a hazánk lejtős területeiről víz által lehordott humuszos feltalaj évi átlagban mintegy 80–110 millió m^3 , az ezáltal bekövetkezett szervesanyag- és tápanyagveszteség pedig mintegy 1,5 millió tonna szerves anyag, 0,2 millió tonna N, 0,1 millió tonna P_2O_5 és 0,22 millió tonna K_2O .

b) A felszíni lefolyással lehordott talaj, valamint szervesanyag- és tápanyagtartalmának egy része a szedimentációs területeken halmozódik fel. Más része onnan közvetlenül vagy a vízhálózat szediment-transzportja közvetítésével felszíni vizeinkbe jut. Ez egyrészt a vízfolyások, csatornák, tavak, tározók fokozott mértékű feliszapolódásához vezet, korlátozza azok funkcióképességét, növeli karbantartási költségeit, s fokozza az árvíz- és belvízveszélyt

az egész vízgyűjtő területen. Másrészt gyakran jelent tápanyag- és szennyező- anyag-terhelést vízkészleteinkre.

2. Felszíni vizeink P-terhelése

Mivel a P-vegyületek vízben gyengén oldódnak, oldat formájában alig mozognak, nem lúgozódnak ki. A felszíni vizekbe sem oldat formájában jutnak elsősorban, hanem a felszíni lefolyással, talajszemcsékhez kötve vagy közvetlenül műtrágya szemcsék formájában; a felszín alatti vizekbe pedig – esetleg – a talaj repedésein, „biológiai csatornáin” keresztül.

A felszíni vizek P-terhelése világszerte – így hazánkban is – komoly környezeti probléma. Mégpedig az alábbi következményláncon keresztül.: víz növekvő P-koncentrációja → fokozott eutrofizáció → vízfolyások, csatornák feliszapolódásának gyorsulása (lásd előbb) → kedvezőtlen változások sekélytavi ökoszisztémák (például Balaton, ezen belül is a Keszthelyi-öböl, Velencei-tó, Fertő tó) biológiai/ökológiai egyensúlyában → O₂-rezsím megváltozása → esetleges halpusztulás → üdülési zavarok.

3. Felszín alatti vizek nitrátosodása

Az 1970-es években jelentős – gyakran a kritikus határértéket meghaladó – növekedés következett be ivóvízkénti felhasználásra kerülő felszín alatti vízkészleteink nitráttartalmában. Ezt több potenciális szennyezőforrás ugrásszerű növekedésének egybeesése jelentette: a koncentrált állattartó telepek hígtrágyája; az ipari fejlődés és a településfejlesztés szennyező anyagai és hulladéakai; a vezetékes vízellátás bevezetése egyidejű kanalizáció nélkül; turizmus stb. Kétségtelen azonban, hogy szerepe volt ebben a nem megfelelő N-műtrágya-használtnak (túlzottan nagy adagok; kiadagolás egyenetlensége és nem megfelelő időpontja; szakszerűtlen bedolgozás a talajba; N-kimosódás a talaj repedésein, gyökér- és állatjáratain keresztül, esetleg közvetlenül a megemelkedő szintű talajvízbe).

4. Talajhasználat és a talaj sókészlete

E területen két ellentétes környezeti probléma jelentkezhet:

a) Ha a talajszelvényben lefelé irányuló vízmozgás biztosításával (öntözés, beszivárgási feltételek javítása) elősegítjük a talaj vízdoldható sókészletének csökkenését, úgy a kilúgzás során vízdoldható sókban feldúsuló drénvíz elhelyezése jelent gyakran megoldhatatlan feladatot. Hisz a sós drénvíz nem használható öntözésre; nincs mezőgazdaságilag nem hasznosított területünk ilyen vizek kijuttatására; sem élővíz-befogadónk annak fogadására, hisz ezek minőségét nem ronthatjuk, sőt az országot elhagyó vízfolyásaink minőségét az erre

vonatkozó nemzetközi előírásoknak megfelelően kell garantálnunk. Ha viszont a drénvíz nem dúsul fel sókban, akkor a talaj sókészségének kilúgzása volt eredménytelen.

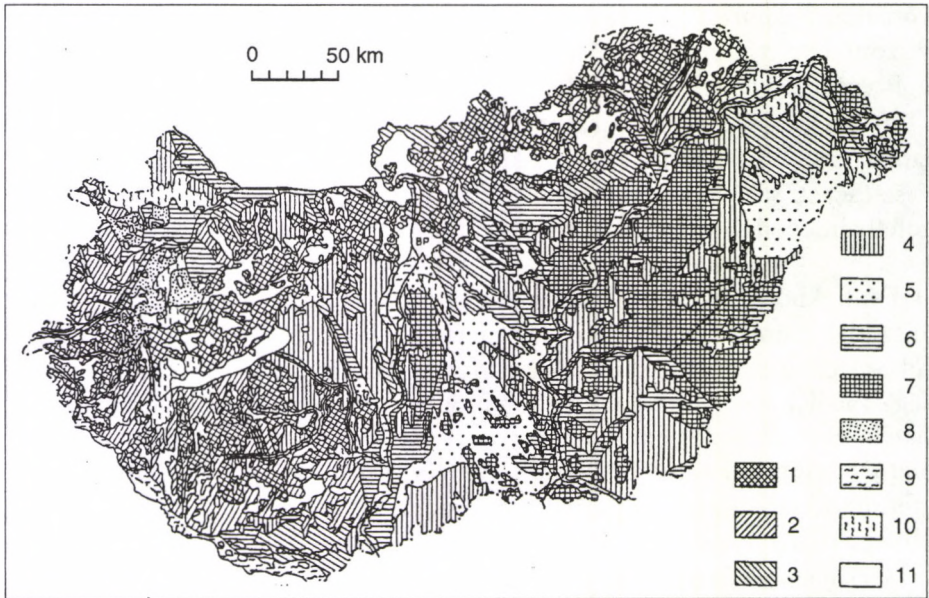
b) Sokkal gyakoribb a Magyar Alföldön a valamilyen ok (szivárgás burkolatlan tározókból és földcsatornákból; lokális túllöntözés okozta szivárgási veszteségek stb.) miatt megemelkedő szintű, pangó, sós talajvízből történő sófelhalmozódás, szikesedés veszélye.

Fentiekből következik, hogy a talaj zavartalan funkcióit biztosító, a talaj állagának romlását megelőző vagy megakadályozó beavatkozások az esetek többségében a talaj vízháztartásának szabályozását célozzák. A talajnedvesség-szabályozási beavatkozások jelentős része ugyanakkor eredményes és hatékony környezetvédelmi intézkedés is, amely egyik nélkülözhetetlen elemét jelenti felszíni és felszín alatti vizeink minőségvédelmének s a „fenntartható” tájgazdálkodásnak egyaránt: 4. táblázat (Várallyay, 1988, 1994a, 1996a).

A talajvíz-háztartás szabályozásának lehetőségeit, korlátait, szükséges elemeket, feltételeit és körülményeit az éghajlati viszonyok, a domborzat, a termesztett növények igényei, valamint az agrotechnikai rendszer mellett a talaj vízgazdálkodása szabja meg. Ennek alapvető tényezői a talajszelvény felépítése, a talajfelszín és a talajvízszint közötti rétegek egymásutánisága, vastagsága, települési viszonyai és vízgazdálkodási tulajdonságai: nedvességtartalma, a talajnedvesség állapota, kémiai összetétele, vertikális és horizontális mozgása.

A talaj vízgazdálkodásának szabatos jellemzéséhez a felsorolt tényezők pontos és kvantitatív ismeretére van szükség, mégpedig azok térbeli eloszlását és időbeli dinamizmusát jellemző valószínűségi és gyakorisági értékekkel együtt. E tényezőktől függ a talaj vízmérlege, tehát hogy a talaj felszínére jutó víz milyen hányada szivárog be a talajba, ennek milyen hányada jut – esetleg repedéseken keresztül vagy a talajszelvényen átszivárogva – a talajvízig, milyen hányada tározódik, s e hányadnak milyen része válik a növények számára hasznosíthatóvá.

A vízháztartás-szabályozási beavatkozások tudományos (igényű) megalapozásához *megfelelő információanyag* szükséges, mégpedig a beavatkozások minden szintjén (országos, regionális, üzemi és táblaszinten) és minden fázisában (döntéshozatal, tervezés, kivitelezés, ellenőrzés). Ezen sokoldalú igények minél teljesebb körű kielégítésére az utóbbi évtizedben egy korszerű, élénk nemzetközi érdeklődést is kiváltó *talajfelvételezési-talajvizsgálati-adatértékelési-térképezési-monitoring-prognózis rendszer* került kidolgozásra és széles körű



10. ábra. Magyarország talajainak vízháztartási típusai

1. Erős felszíni lefolyás típusa. 2. Erős lefelé irányuló vízmozgás típusa. 3. Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás típusa. 4. Egyensúlyi vízmérleg típusa. 5. „Áteresztő” típus. 6. Felfelé irányuló vízmozgás típusa. 8. Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartás típusa. 9. Felszíni vízfolyások hatása alatt álló típus. 10. Rendszeres felszíni vízborítás alatt álló típus. 11. Erdőterületek

gyakorlati alkalmazásra (Várallyay, 1987). Ennek a rendszernek legfontosabb lépései a következők:

1. *Vizsgálati rendszer* megalkotása a legfontosabb talajfizikai–talaj-vízgazdálkodási jellemzők meghatározására (Várallyay, 1978, 1993).

2. *Négylépcsős modell* kidolgozása a talajvízből a talajvízszint feletti rétegekbe jutó víz (oldat, oldott sók) mennyiségének meghatározására ingadozó talajvízszint feletti rétegzett talajszelvények esetében (Várallyay, 1974, 1980).

3. A talaj-vízgazdálkodási tulajdonságok (teljes és szabadföldi vízkapacitás, holtvíz-tartalom, hasznosítható vízkészlet; víznyelés sebessége; kétfázisú talaj hidraulikus vezetőképessége) szerinti *kategória-rendszerének* megalkotása homogén és rétegzett talajszelvényekre (Várallyay et al., 1980).

4. Fenti *kategóriák 1 : 100 000 méretarányú térképének megszerkesztése* (Várallyay et al., 1980).

5. Módszer kidolgozása a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak *nagy méretarányú (1:10 000–1:25 000) térképezésére* (Várallyay, 1987).

Szám	Típus	Vízháztartástípus		Feltétel	Szám	Típus	Anyagforgalmi típus		Feltétel
		Víz mérleg					Anyag mérleg		
		Jel- lege	Főbb meghatározó tényező*				Jel- lege	Főbb meghatározó tényező*	
1.	Erős felszíni lefolyás	0	F, f	Domborzat, fedettség, csapadékviszonyok	1.	Erős felszíni lepusztulás	-	F, f	Talajerózió-érzékenység
2.	Erős lefelé irányuló légmozgás	+	I	Sok csapadék, mély talajvíz	2.	Erős kilúgzás	-	I	Vízáteresztő talaj
					4.	Csapadéktöbblet miatti pangó víz	-	I	Gyenge vízáteresztő képességű B szint
3.	Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás	(+)	I	Elég sok csapadék, mérsékelt talajvíz	3.	Mérsékelt kilúgzás	-	I	Vízáteresztő talaj
4.	Egyensúlyi vízmérleg	=	I, E, T	Kevés csapadék, mély talajvíz	6.	Egyensúly	-	I, V	
5.	„Áteresztő”	(+)	0	Nagy vízáteresztő képességű talaj, mély talajvíz	12.	Kismértékű anyagforgalom	(-)0	i(I)	
6.	Felfelé irányuló vízmozgás	-	K, G	Felszín közeli, nem pangó jellegű, kis sótartalmú talajvíz	7.	Talajvízhatás	+	K, G	Jelentős horizontális talajvízáramlás
					8.	Erős karbonátfelhalmozás	+	K, G	Pangó, nagy karbonát-tartalmú talajvíz
7.	Szélsőséges vízháztartás	-	K, G	Felszín közeli, pangó, sós talajvíz	9.	Mérsékelt só- és/vagy Na ⁺ -felhalmozódás	+	K, G	Pangó, nagy sótartalmú talajvíz
					10.	Erős só- és/vagy Na ⁺ -felhalmozódás	+	K, G	Pangó, nagy sótartalmú talajvíz
8.	Sekély fedőréteg miatti szélsőséges vízháztartás	0	0	Víz és gyökerek mélybe hatolását gátló, tömör vagy tömődött réteg felszín közeli megjelenése	5.	Sekély termőréteg miatt szélsőséges nedvességviszonyok okozta szervesanyag-felhalmozódás	0	0	
9.	Felszíni vízfolyások hatása	0	F, 0	Periodikusan ismétlődő árvíz és iszapborítás	13.	Felszíni vízfolyások közvetlen hatása	0	F, 0	
10.	Rendszeres felszíni vízborítás	+	F, G	Rendszeres felszíni vízborítás	11.	Szervesanyag-felhalmozódás	+	F, G	
11.	Erdő	0	L, T	-					

Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása

Megjegyzés: 0 nem jellemző; - negatív mérleg (hiány); + pozitív mérleg (többlet); (+) enyhén pozitív mérleg; = egyensúly

* F, f: felszíni oda-, illetve elfolyás; I: beszivárgás; E: evaporáció; T: transzspiráció; i: beszivárgás talajvízbe jutó hányada; K: kapillaris transzport; G, g: talajvíz oda-, illetve elszivárgás; L: intercepció; V: növény vízfelvétele

6. Hazai talajok főbb vízháztartási típusainak elkülönítése, jellemzése és 1 : 500 000 méretarányú térképen történő ábrázolása: 10. ábra (Várallyay, 1985).

7. Hazai talajok főbb anyagforgalmi típusainak meghatározása, jellemzése és 1 : 500 000 méretarányú térképen történő ábrázolása: 5. ábra (Várallyay, 1985).

A vízgazdálkodási típusok és anyagforgalmi kategóriák főbb jellemzőit és összefüggéseit foglaltuk össze a 3. táblázatban.

A talaj zavartalan funkcióit biztosító, a talaj állagának romlását megelőző vagy megakadályozó beavatkozások minden esetben a talaj anyagforgalmának szabályozását célozzák, ami Magyarországon az esetek többségében a talajvízháztartás szabályozásával valósítható meg (Várallyay, 1994a, 1996a, 1997b).

A fenntartható (mezőgazdasági) fejlődés és a környezetkímélő talajhasználat érdekében a talaj tulajdonságait és a környezeti tényezőket úgy kell befolyásolni, hogy

– a felszínre jutó csapadékvíz minél nagyobb hányada jusson a talajba (felszíni lefolyás és párolgás csökkentése);

– a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tározódjék a talajban (vízraktározó képesség növelése, „szivárgási veszteségek” csökkentése);

– a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljék a természetett növények által hasznosíthatóvá (holtvíztartalom csökkentése).

E célok megvalósításának feladatait foglaltuk össze a 4. táblázatban, rámutatva arra, hogy ezen beavatkozások túlnyomó része egyben hatékony környezetvédelmi intézkedés is: eredményesen járulva hozzá a szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály, belvíz, árvíz) mértékének, gyakoriságának mérsékléséhez, felszíni és felszín alatti vízkészleteink minőségének megóvásához, valamint a biodiverzitás fenntartásához.

A talaj tápanyagforgalma, növényitápanyag-ellátása

Az 1960-as évek közepétől a 70-es évek közepéig végbemenő gyors műtrágyahasználat-növekedés indokolt volt, hármas cél érdekében:

– a talaj kizsarolt tápanyagállapotának javítása,

– a bevezetésre kerülő nagy genetikai potenciálú növényfajták tápanyagigényének zavartalan kielégítése,

– a koncentrált, iparszerű állattartó telepek létrehozásának eredményeképpen kieső istállótrágya pótlása.

A gyorsan felfutó műtrágyahasználat – az új, nagy genetikai potenciálú, bőtermő fajták, a komplex gépesítés és az integrált növényvédelem bevezetése mellett – jelentős mértékben hozzájárult a növényi terméshozamok gyors növekedéséhez. Tény, hogy a felszíni és felszín alatti vizek minőségében ebben az időszakban következett be jelentős romlás. Ez az időbeli egybeesés

Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása

4. táblázat

A talajvízháztartás szabályozásának lehetősége, módszerei és környezeti hatásai

Lehetőségek	Módszerek	Környezeti hatások	
Felszíni lefolyás	talajvédő gazdálkodás: beszivárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró telepítése; talajművelés); beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás); beszivárgás gyorsítása (talajművelés, mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása;	1, 1a, 5a, 8	
Felszíni párolgás		2, 4	
Talajon keresztüli talajvíztáplálás Talajvízszint-emelkedés		talaj víztartó képességének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése; szivárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás, szivattyúzás, drénezés	5b, 7 2, 3, 5b, 5c
Talajba szivárgás Talajban történő hasznos tározás	elősegítése	felszíni lefolyás csökkentése (l. fenn); talaj vízraktározó képességének növelése (beszivárgás elősegítése, talaj víztartó képességének növelése); megfelelő művelési ág és vetésszerkezet (növénymegválasztás); talajjavítás; talajkondicionálás	1, 4, 5a, 7 4, 5b, 7
Hiányzó víz pótlása (öntözés)	öntözés	4, 7, 9, 10	
Felesleges és káros vizek felszíni } elvezetése felszín alatti }	felszíni } vízrendezés (drénezés) felszín alatti }	1, 2, 3, 5c, 6, 7, 11	
Kedvező környezeti hatások		Kedvezőtlen környezeti hatások	
Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése: 1. Víz okozta talajerózió, talajfolyás 2. Másodlagos szikesedés 3. Láposodás, vizenyősödés, belvízvesztély 4. Aszályérzékenység, repedezés 5. Kijuttatott tápanyagok 5a. bemosódása (→ felszíni vizek eutrofizációja) 5b. kilúgzódása (→ felszín alatti vizek) 5c. immobilizációja 6. Fitotoxikus anyagok képződése 7. Biológiai degradáció 8. Árvízvesztély a vízgyűjtő területen		9. Túlnedvesedés (belvízérzékenység; elvizenyősödés, láposodás, mocsarasodás) 10. Tápanyag-kilúgzódás 11. Szárazságérzékenység	

azonban még nem bizonyítja a két tény közötti összefüggést. Hisz ugyanebben az időszakban növekedett ugrásszerűen a többi potenciális tényező forrása is: a koncentrált állattartó telepek megoldatlan elhelyezésű hígtrágyája, a kiskertek ellenőriz(het)etlen szennyvízelhelyezése és műtrágyahasználata; az ipari fejlődés és turizmus a maga megoldatlan hulladék- és szennyvízelhelyezésével, valamint a nyíló „közmuólló”: vezetékes vízellátás bevezetése, a szenny-

vízvezető rendszer egyidejű kiépítése nélkül (Láng–Csete, 1992; Németh, 1995, 1996; Várallyay, 1990; Várallyay–Németh, 1999). Ezért nem megalapozott és főképp nem általánosítható az az állítás, hogy a bekövetkező vízminőségromlásnak a műtrágyázás volt a fő oka.

Ezt egyébként az alábbi két tény is bizonyítani látszik:

1. a felszín alatti vizek nitrátosodása többnyire nem a nagy műtrágya-felhasználású területek alatt figyelhető meg;

2. az utóbbi évek műtrágya-felhasználásának drasztikus, rövid időn belül katasztrofális következményekkel jár(hat)ó csökkenése alig okozott változást (javulást) a felszín alatti vízkészleteink nitráttartalmában.

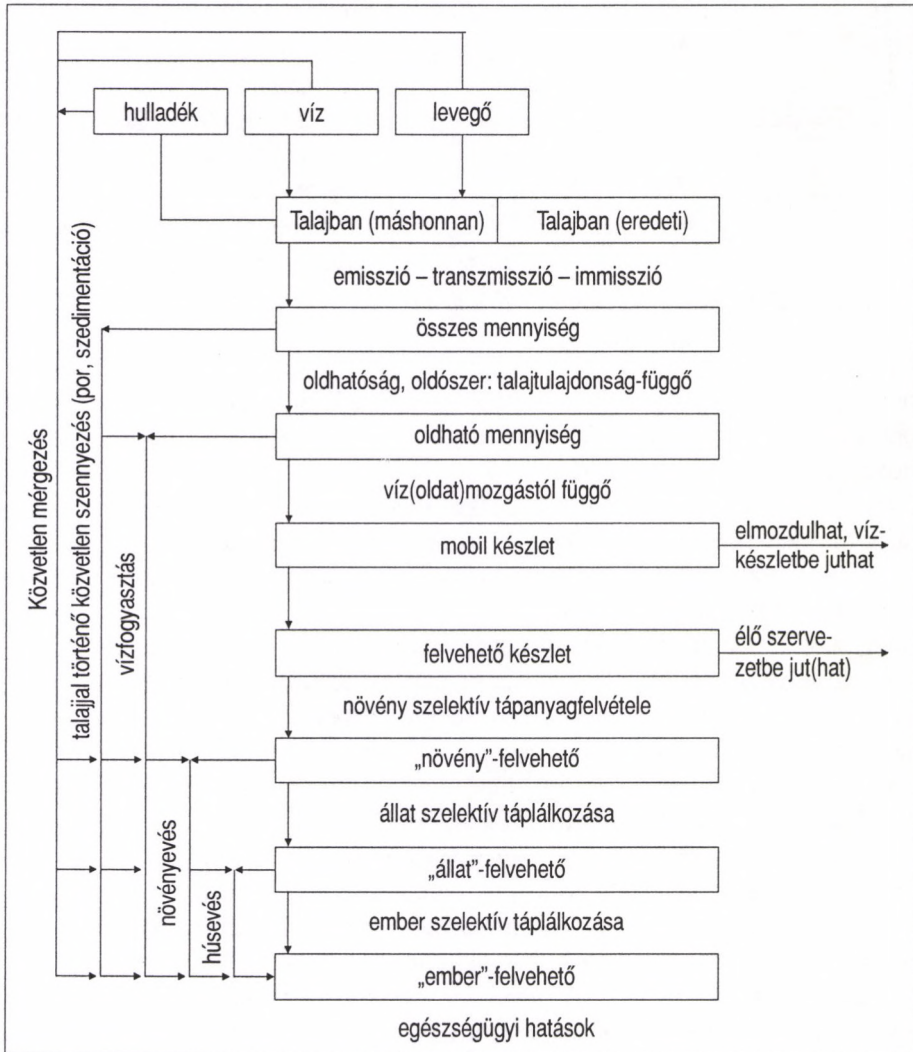
Tudományos megalapozottsággal semmi nem cáfolta azt a tételt, hogy az *ésszerű műtrágyahasználat nem okoz szükségszerűen környezetszennyezést, környezetkárosodást!* Annak során ugyanis csak annyi műtrágyát juttatunk a talajba, amennyire a termesztett növény zavartalan tápanyagellátásához az adott körülmények (időjárás, domborzat, talajviszonyok) között szükség van; minimálisra csökkentjük a műtrágyázással kiadagolt tápanyagok veszteségeit, és maximálisan biztosítjuk azok hatékony érvényesülésének feltételeit. Igaz az is, hogy a hazai műtrágyázási gyakorlat sajnos ettől nagyon messze van. Annak ellenére, hogy Magyarországon korszerű, tudományosan megalapozott és nemzetközileg is elismert műtrágyázási szaktanácsadási rendszer állt és áll a mezőgazdasági gyakorlat rendelkezésére.

Az *ésszerűtlen műtrágyázás* (nem megfelelő adag, tápelemarány, kiadagolási mód és időpont, gondatlan kiszórás) *gazdasági következményeivel* (kiadagolt műtrágyák gyenge érvényesülése; jelentős kilúgzási, lefolyási, párolgási, leköltődési veszteségek; termésmínőség-problémák; betegségekkel és kártevőkkel szembeni ellenálló képesség csökkenése; aszályérzékenység fokozódása stb.) és *káros környezeti hatásaival* (talajsavanyodás és következményei, pl. tápanyagfixáció, nehézfémek mobilizációja; felszíni vizek P-terhelése és kedvezőtlen következményei, pl. eutrofizáció, sekély tavi ökoszisztémák kedvező biológiai egyensúlyának megbomlása; felszín alatti vizek nitrátszennyezése) azonban egyaránt számolni kell (Láng–Csete, 1992; Németh, 1995, 1996).

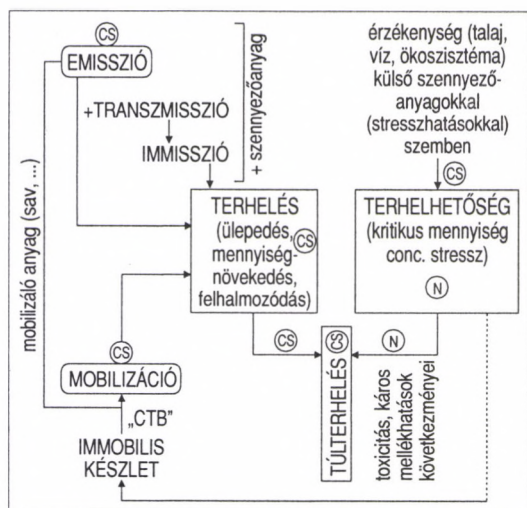
A növényi tápanyag-utánpótlás helyes kulcsszava: a **MEGFELELŐ**. Megfelelő a növény igényeinek (tápanyagigényének, tápanyagfelvételi dinamikájának), s megfelelő a termőhelyi adottságoknak (talajnak, időjárásnak, nedvességviszonyoknak) egyaránt! Ennek pontos megállapításához és tudományos igényességű megalapozásához kell újraéleszteni és kialakítani a megfelelően differenciált, termőhely-specifikus, precíziós technológiákat megalapozó *korszerű szaktanácsadási rendszert* és az ehhez adatokat szolgáltatató *szabadföldi kísérleti hálózatot* (Várallyay, 1994c; Várallyay et al., 1992; Németh, 1996).

Talajszennyez(őd)és

A talajszennyeződés, természetidegen anyagok talajba jutása kizárólag az emberi tevékenység következménye. Még akkor is, ha a káros hatást a (rég)múltban talajba juttatott, de ott oldhatatlan formába kerülő (tehát nem mozgékony, élőlények számára nem felvehető, a tápláléklánra nem veszé-



11. ábra. Környezetszennyezési folyamatok



12. ábra. A talajszennyezés szabályozásának lehetőségei

lyes) szennyezőanyagok természetes okok megváltozása miatti mobilizálódása, az ún. „kémiai időzített bomba” felrobbanása váltja ki (Várallyay, 1996b). A szennyeződés egyre inkább fenyegeti talajkészleteink mennyiségét és minőségét, a talaj sokoldalú funkcióinak zavartalanságát, veszélyezteti a talaj élővilágát, a potenciálisan toxikus elemek táplálékláncba jutása pedig az állatvilág és az ember egészségét, sőt életét is (Kádár, 1995).

A hígtrágya, a szerves- és műtrágyák elsősorban „tápanyagterhelésükkel” jelentenek

veszélyt a környezetre, mégpedig elsősorban vízkészleteinkre s ezen belül is ivóvízbázisunkra. A talajra kihelyezett vagy a talajba juttatott különböző eredetű és kémiai összetételű hulladékok, szennyvizek és szennyvíziszapok viszont elsősorban toxikus alkotórészeikkel, nehézfém- és detergens-tartalmukkal szennyezik a talajt és környezetet (Várallyay, 1990).

A talaj – bizonyos határig – képes a talajba jutó szennyezőanyagok kedvezőtlen hatását tompítani, megakadályozva azok oldódását, mozgását s ezáltal felszíni vagy felszín alatti vizekbe jutását, illetve azok növény általi felvehetőségét, s ily módon a növény → állat → ember táplálékláncba kerülését (Kádár, 1995).

A toxicitás talaj-, növény-, állat-, illetve ember- (egyén) specifikus fogalom, amit a szóban forgó elem összes mennyiségén túlmenően annak oldhatósága, mozgékonyasága és „felvehetősége” határoz meg (Várallyay, 1996b, 1998a). Erre vonatkozóan mutatjuk be a 11. ábrát.

A káros gazdasági, ökológiai és egészségügyi következményekkel járó talajszennyez(őd)és megelőzésére alapvetően két lehetőség van:

- a talajt érő szennyeződések mérséklése, a talajra vagy a talajba juttatott szennyezőanyagok *mennyiségének* csökkentése;
- a talaj pufferkapacitásának növelése, a toxikus elemeket tartalmazó vegyületek oldhatóságának, *mobilitásának*, növény általi *felvehetőségének* csökkentése.

Ezeket a lehetőségeket foglaltuk össze vázlatosan a 12. ábrán (Várallyay, 1996b).

A környezetkímélő talajhasználat jövőbeli feladatai

A fenntartható, környezetkímélő, EU-konform talajhasználat legfontosabb feladatai a következők (Várallyay, 1997c; Várallyay–Németh, 1999):

1. A termőhelyi adottságok és a természeti kívánt növények termőhelyi igényeinek eddiginél sokkal jobb összehangolása;

– jobb területi koordináció: az adott termőhelyi viszonyoknak megfelelő művelési ág és vetésszerkezet („termesszünk mindent ott, ahová való!”);

– a természeti kívánt növények „alakítása” az adott termőhelyi viszonyokhoz („tájfajták” nemesítése);

– a termőhelyi adottságok megváltoztatása az adott növény (fajta) termőhelyi igényeinek megfelelően (agrotechnika, melioráció).

2. A természeti viszonyoknak és a tájnak megfelelő méretű és alakú mezőgazdasági táblák rendszerének kialakítása (tulajdonviszonyok rendezése, infrastruktúra).

3. Talajdegradációs folyamatok (víz és szél okozta talajerózió, savanyodás, szikesedés, talajszerkezet-leromlás, biológiai degradáció) megelőzése, mérséklése.

4. A termesztési folyamat során keletkező szerves anyagok (növényi tarló- és gyökérmaradványok, állati ürülék és vizelet, feldolgozási melléktermékek, káros anyagokat nem tartalmazó hulladékok stb.) minél teljesebb visszacsatolása a természetes anyagforgalom körfolyamatába (recycling).

5. A talaj felszínére jutó víz talajba szivárgásának és talajban történő hasznos tározásának elősegítése, ezáltal a talaj (éghajlati okok miatt feltételezhetően egyre gyakoribbá váló) vízgazdálkodási szélsőségeinek (aszály–belvíz) mérséklése.

6. A növény igényeihez, tápanyagfelvételi dinamikájához és a termőhelyi viszonyokhoz (időjárás, talajviszonyok) igazodó ésszerű tápanyagellátási rendszer (okszerű szerves és műtrágyázás) minél általánosabbá tétele. Egyaránt feltétele ez a gazdaságosságnak, valamint a káros környezeti mellékhatások (talajsavanyodás, vízkészletek tápanyagterhelése stb.) eredményes megelőzésének, minimálisra mérséklésének.

7. A talajszennyez(őd)és megelőzése, bizonyos tűrési korlátok között tartása.

Valamennyi feladat hatékony megvalósítása a talajfolyamatok bizonyos mértékű, irányú, céltudatos szabályozását igényli. Ezek és a beavatkozások alapelvei nagyrészt ismertek. Pontos részleteiket, technológiai feltételrendszerüket a tudományos kutatásoknak és elemző szintéziseknek kell meghatá-

rozniuk. Ezeket az oktatás, nevelés és tájékoztatás legkülönbözőbb szintjein és formáin kell megismertetni. Megfelelő jogszabályok és gazdasági szabályozók rendszerét kell létrehozni, ami fentiek betartására ösztönöz, ha kell, kényszerít. Mindenekelőtt azonban olyan ösztársadalmi tudatot és *morált* kell kialakítani, ami a „fenntartható fejlődés” két részelemét egyaránt elismeri, s hajlandó tenni is érte. Magam is ezeket tartom a legfontosabb jövőbeli célkitűzéseimnek.

Irodalom

- Kádár I.: *A talaj–növény–állat–ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon*. KTM–MTA TAKI, Budapest, 1995.
- Láng I.–Csete L.: *Alkalmazkodó mezőgazdaság*. AGRICOLA, Budapest, 1992.
- Láng I., Csete L.–Harnos Zs.: *A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1983.
- Németh T.: *Gondolatok a tápanyaggazdálkodásról a fenntartható mezőgazdasági fejlődés tükrében*. XXXVII, Georgikon Napok Kiadványa, Keszthely, 1995. I, 101–109.
- Németh T.: *Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma*. MTA TAKI, Budapest, 1996.
- Stefanovits P.: *Talajtan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1992.
- Szabó J., Várallyay Gy., Pásztor L., Suba Zs.: *Talajdegradációs folyamatok térképezése országos és regionális szinten térinformatikai és távérzékelési módszerek integrálásával*. *Agrokémia és Talajtan*, 1999, 48, 3–14.
- Szabolcs I.–Várallyay Gy.: *A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon*. *Agrokémia és Talajtan*, 1978, 27, 181–202.
- Várallyay Gy.: *Háromfázisú talajrétegekben végbemenő vízmozgás tanulmányozása*. *Agrokémia és Talajtan*, 1974, 23, 261–269.
- Várallyay Gy.: *A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata*. MÉM Szabvány (MÉMSZ-206), Budapest, 1978.
- Várallyay Gy.: *A talajvíz szerepe a talaj vízgazdálkodásában és a növények vízellátásában*. *Tudomány és Mezőgazdaság*, 1980, 18 (5) 22–29.
- Várallyay Gy.: *Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai*. *Agrokémia és Talajtan*, 1985, 34, 267–298.
- Várallyay Gy.: *A talaj vízgazdálkodása*. MTA doktori értekezés. Budapest, 1987.
- Várallyay Gy.: *Talaj, mint a biomassza-termelés aszályérzékenységének tényezője*. *Vízügyi Közlemények*, 1988, LXX. évf. (3), 46–68.
- Várallyay, Gy. (1989a): *Soil water problems in Hungary*. *Agrokémia és Talajtan*, 1989, 38, 577–595.
- Várallyay, Gy. (1989b): *Soil mapping in Hungary*. *Agrokémia és Talajtan*, 1989, 38, 696–714.
- Várallyay, Gy. (1989c): *Soil degradation processes and their control in Hungary*. *Land Degradation and Rehabilitation*, 1989, 1, 171–188.

- Várallyay Gy.: Műtrágya, hígtrágya és az ivóvízkészlet. *Egészségtudomány*, 1990, XXXIV. (2), 126–137.
- Várallyay, Gy.: Control of soil processes: a challenge for Hungarian soil science. *Hungarian Agricultural Research*, 1992, 1 (2) 37–44
- Várallyay Gy.: Könyvrészletek. Buzás I. (Szerk.): *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv* 1. kötete; A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata c. könyvben (1. fejezet.: 15–114, 2.3–2.. fejezet.: 161–234). INDA Kiadó, Budapest, 1993.
- Várallyay Gy. (1994a): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. (Akadémiai székfoglaló kibővített összefoglalója.) *MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója*, 1993. 65–72. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1994.
- Várallyay Gy. (1994b): Talaj–talajhasználat–talajvédelem. *ELTE Természettudományi Kar Természeti és Társadalmi Környezetünk* c. kiadványa, Budapest, 1994, 3–71.
- Várallyay, Gy. (1994c): Precision nutrient management – impact on the environment and needs for the future. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 1994, 25 (7–8), 909–930.
- Várallyay Gy. (1996a): A talaj vízgazdálkodásának szabályozása a termőföld és vízkészleteink védelme érdekében. „A termőföld védelme” c. konf. anyaga. OMÉK 96. 10–23, Gödöllő.
- Várallyay, Gy. (1996b): Soil pollution management in Hungary. In *Remediation of soil and groundwater. Opportunities in Eastern Europe*. (Eds.: McBean, E. A., Balek, J. & Clegg, B.) NATO ASI Series, 2. Environment. Vol. 17. Part II., II/5. 87–112. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht–Boston–London, 1996.
- Várallyay Gy. (1997a): A talaj és funkciói. *Magyar Tudomány*, 1997, XLII (12), 1414–1430.
- Várallyay Gy. (1997b): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok (1997. jún. 12–13) kiadványa. 14–22. DATE Kutató Intézet, Karcag, 1997.
- Várallyay Gy. (1997c): A fenntartható talajhasználat problémái egy közös Európában (egy magyar talajtanos agrárszakember szemével). *MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója*, 1996, 314–318.
- Várallyay, Gy. (1997d): Sustainable development – a challenge for rational land use and soil management. In *Land Use and Soil Management*. (Ed.: Filep, Gy.) 1–33. Agric. Univ., Debrecen, 1997..
- Várallyay, Gy. (1997e): Environmental relationships of soil water management. *Proc. 2nd Intern. Seminar on Soil, Plant and Environment Relationships, Debrecen, 1996*. Current Plant and Soil Science in Agriculture, 1997, No. 1–2., 7–32.
- Várallyay, Gy. (1998a): Soil degradation processes and their control in Hungary. In *Soil Pollution*. (Ed.: Filep, Gy.) 1–19. Agric. Univ., Debrecen, 1998.
- Várallyay, Gy. (1998b): Multifunctional soil management for sustainable development in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*, 1998, 47, 7–22.
- Várallyay Gy.: A talaj vízgazdálkodásának szabályozása, mint a környezetkímélő növénytermesztés egyik kulcskérdése. *Növénytermesztés és Környezetvédelem*, 1999, 56–64. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest,
- Várallyay Gy.–Németh T.: A környezetkímélő növénytermesztés agrokémiai-talajtani alapjai. *Növénytermesztés és Környezetvédelem*, 1999, 295–312. MTA Agrártud. Oszt. Budapest.
- Várallyay Gy., Rédly L-né, Murányi A.: A légköri savas ülepedés hatása a talajra Magyarországon. *Időjárás*, 1986, 90, 169–180.
- Várallyay, Gy., Buzás, I., Kádár, I., Németh, T.: New plant nutrition advisory system in Hungary. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 1992, 23 (17–20), 2053–2073.

- Várallyay, Gy., Pásztor, L., Szabó, J., Bakacsi, Zs.: *Soil vulnerability assessments in Hungary*. Proc. Int. Workshop (Wageningen, 1-3 Oct., 1997) „Implementation of Soil Degradation and Vulnerability Database for Central and Eastern Europe” (SOVEUR Project). 43–50. ISRIC, Wageningen, 1997.
- Várallyay Gy., Szűcs L., Rajkai K., Zilahy P., Murányi A.: Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória rendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan*, 1980, 29, 77–112.