

A talaj és funkciói

Az *életminőség javítása* vonzó célkitűzés. Mindenki szeretne jól, nyugodtan és kellemes környezetben élni. S ha értelmét látja, ha kell, hajlandó is ezért tenni. Az élet minőségét az emberek karakterüktől, lehetőségeiktől, hagyományaiktól, befolyásoltságuktól, körülményeiktől függően különbözőképpen értelmezik, definiálják. Az életminőség három elemét illetően azonban alig van véleménykülönbség, legfeljebb ezek hangsúlya változik tértől és időtől függően. Ez a három elem pedig:

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

Mindhárom szoros kapcsolatban van a *termőtalajjal* és annak használatával.

A Föld felszínét és mélyét az ember ősidőktől fogva megváltoztatja. A föld felszínére épít, azon él, közlekedik, állatot tart, többé vagy kevésbé mesterséges környezetet alakít ki. A talajon növényt termeszt; a kőzetek pórusaiból vizet vagy szénhidrogéneket, a föld mélyéből ásványkincseket termel ki; helyükre esetleg hulladékokat helyez el. Az okozott változások néha már olyan mértékűek, hogy nemcsak e tevékenységeket korlátozzák, akadályozzák, hanem az ember(iség) létét, életét veszélyeztetik.

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.

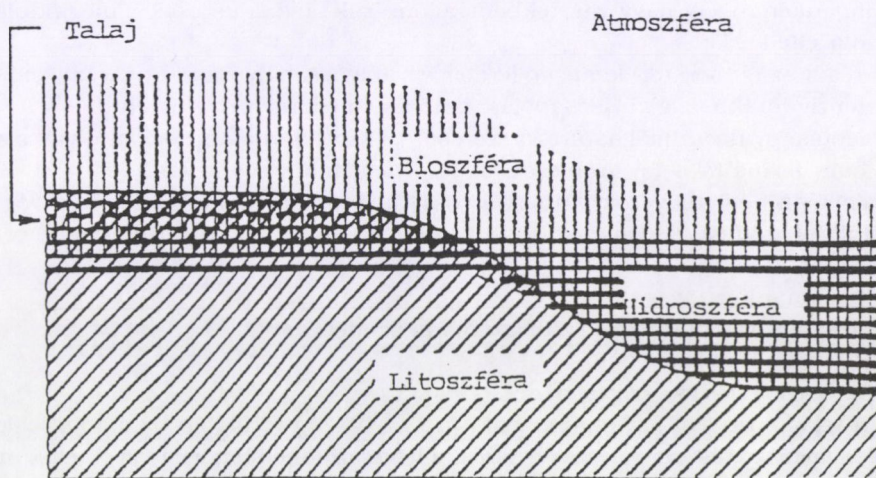
A talaj és jelentősége

A fenntartható fejlődés két fontos alapeleme Magyarországon legfontosabb természeti erőforrásunkat képező *talajkészleteink ésszerű hasznosítása, védelme, álagának 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 megkülönbö-

tetett figyelmet igényel, átgondolt és összehangolt intézkedéseket tesz szükségessé (Láng, 1995; Láng—Csete, 1992; Várallyay—Németh, 1996). A talaj a Föld legkülső, mállott kérge, amely a talajképződési folyamatok eredményeképpen alakult ki, mégpedig a litoszféra, hidroszféra, atmoszféra és bioszféra kölcsönhatásainak zónájában (1. ábra), a talajképződési tényezők (2. ábra) kombinált összehatásának eredményeképpen (Várallyay, 1994c).

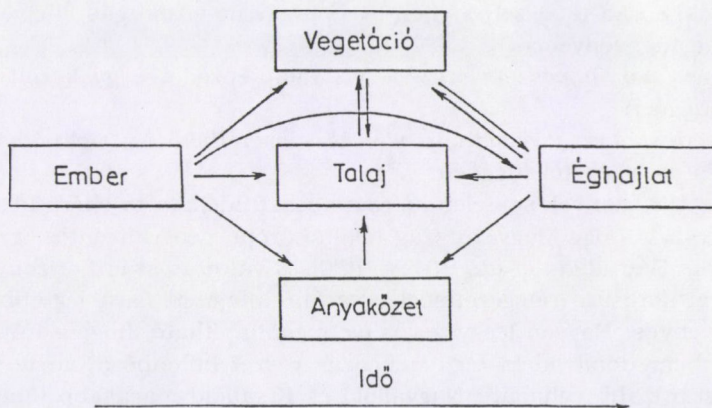
Hazánk talajainak nagy része viszonylag fiatal (negyedkori vagy későbbi) talajképző kőzeten alakult ki, s az országnak csak kisebb hányadát borítják régebbi (harmadkori vagy idősebb) anyakőzetből képződött talajfélések. Az ország tájainak jelenlegi arculatát és domborzatát együttesen alakította ki a szél, a felszíni vizek és a laterális erózió tevékenysége. Változatos településű eolikus, alluviális és kolluviális üledékeken indult meg a talajképződés.

1. ábra



Talaj a szférák kölcsönhatásának zónájában

2. ábra



A talajképződés tényezői

A talajképződés tényezői igen nagy térbeli variabilitást mutatnak Magyarországon (Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989):

- a felszíni vagy felszín közeli *geológiai képződmények* (mint a talajképződés „alapanyagai”) igen változatosak, származásukat, kialakulásukat, ásványi és kémiai összetételüket, szemcseméret-megoszlásukat, fizikai és kémiai mállással szembeni ellenállóságukat tekintve egyaránt;
- Magyarország éghajlatában az atlanti, kontinentális és mediterrán hatások egyaránt érvényesülnek, és az *időjárási viszonyok* igen nagy tér- és időbeni variabilitását eredményezik;
- a változatos éghajlati viszonyok, domborzat és nedvességforgalom hatására kialakult *természetes vegetáció* igen változatos hatást gyakorol(t) a talajképződési folyamatokra;
- tájanként igen nagy mértékben különbözik a talajképződés megindulása óta eltelt idő;
- végül az *emberi tevékenység* (erdőirtás, folyószabályozás—árvízvédelem, intenzív földhasználat, lecsapolás, öntözés, melioráció, agrotechnika stb.) jelentős, gyakran meghatározó szerepet játszott a talajképződési folyamatokban, formálta a táj arculatát, alakította a talajviszonyokat.

A talajképződési tényezők változatos összhatásának eredményeképpen végbenő *talajképződési folyamatok* 4 fő csoportba foglalhatók össze (Stefanovits, 1992):

- (1) Erdőtalaj-képződés,
- (2) Mezőségi talajképződés (csernozjom-képződés),
- (3) Réti talajképződés,
- (4) Sófelhalmozódás, szikesedés.

Fenti talajképződési folyamatok hatására az ország területén az alábbi legfontosabb „*talajképződési sorok*” (szekvenszek), illetve azok kombinációi figyelhetők meg:

a) *Idő-sor* (*kronoszekvensz*): a zavartalan talajképződés megindulása (például árvizek és iszapborítások, eolikus és kolluviális üledék-lerakódások megszűnése stb.) óta eltelt idő függvényében.

b) *Kilúgzási sor*: a talajszelvényben lefelé irányuló vízmozgás, illetve a kilúgzás mértékének a függvényében.

c) *Hidromorf sor* (*toposzekvensz*): a víz talajképződésre gyakorolt hatásának mértékétől függően.

d) *Szikesedési sor*: a vízzeloldható sók és kicserélhető Na^+ felhalmozódásának mértékétől és mélységétől függően.

A természeti viszonyok sokfélesége és a hosszú ideje tartó eltérő talajhasználat eredményezte azt, hogy Magyarország talajtakarója igen változatos, gyakran mozaikosan tarka (Várallyay et al., 1979, 1980). E változatosság horizontálisan (foltosság) és vertikálisan (rétegezettség) egyaránt kifejezett és a legtöbb talajtulajdonságra érvényes. Nagyon leegyszerűsítve megállapítható, hogy a hűvösebb-csapadékosabb hegy-dombvidéki területek nagy részét különböző barna erdőtalajok borítják. A szárazabb éghajlatú Nagyalföld és Kisalföld magasabb térszínű (talajvízhatástól gyakorlatilag mentes) területein csernozjomok, mélyebb fekvésű terü-

letein különböző hidromorf talajtípusok: réti talajok, szikes talajok, láptalajok és öntéstalajok fordulnak elő elsősorban (Stefanovits, 1968; 1992).

A térbeni variabilitáson túlmenően a talajtulajdonságok időben is változnak. E változások sebessége igen széles határok között ingadozik. Bizonyos tulajdonságok már néhány nap, óra, sőt perc alatt megváltozhatnak, például a talaj hőmérséklete, nedvességtartalma, a talajlevegő széndioxid-koncentrációja vagy a talajoldat nitráttartalma. Más tulajdonságok évszakos (például tömődöttség, könnyen felvehető tápanyagtartalom, vízdoldható sótartalom stb.) vagy éves (szerkezeti állapot, vízgazdálkodási tulajdonságok, kémhatásviszonyok, karbonáttartalom stb.) változást mutatnak. Végül vannak olyan talajtulajdonságok, amelyek megváltozásához évtizedekre (például a szervesanyag-tartalom), évszázadokra (ásványi összetétel), vagy évezredekre (mechanikai összetétel) van szükség. Erre vonatkozó összeállítást mutatunk be az 1. táblázatban (Várallyay, 1994c).

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; TIM 1995; Várallyay, 1992; Várallyay et al., 1979, 1980). Ez elsősorban három oknak köszönhető: az ország kis mérete; a mezőgazdaság és ésszerű földhasználat megkülönböztetett jelentősége az ország gazdaságában, történelmében; a magyar nép hagyományos földszeretete.

A talaj, a talajhasználat, valamint a többi természeti erőforrás közötti összefüggést foglaltuk össze vázlatosan a 3. ábrán.

Az ábra alapján is megerősíthető az az általános tétel, 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 elemeire: 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 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.

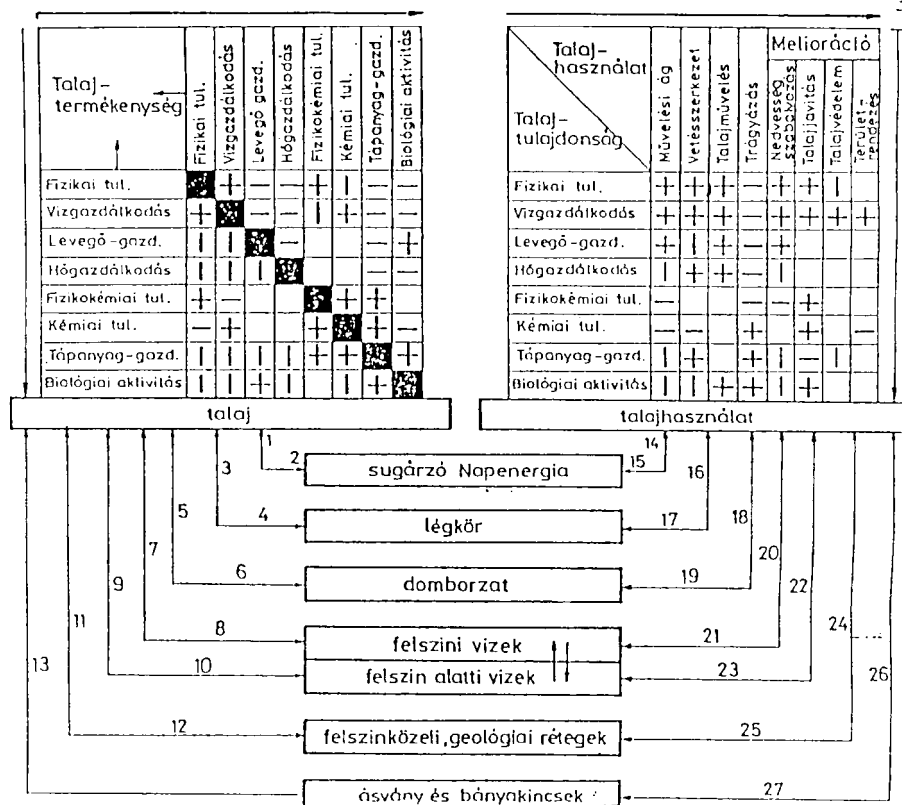
A fenntartható fejlődés biztosításához mindkét problémacsoport kezelésére, megoldására megfelelő rövid-, közép- és hosszú távú akcióprogrammal kell rendelkezni, s erre tudományosan megalapozott, gazdaságilag jól indokolt, konkrét és részletes intézkedési terveket kell kidolgozni. Törvényeinknek, rendeleteinknek, gazdasági érdekeltségi rendszerünknek erre kell ösztönöznie, sőt ha kell kényszerítenie, számítva a társadalom egészének közreműködésére (Várallyay, 1994a,b).

1. táblázat

A talaj fontosabb tulajdonságai és azok időbeni változékonysága

Környezet és morfológiai tulajdonságok	Vált. kat.	Ásványtani, fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságok	Vált. kat.	Kémiai és biológiai tulajdonságok	Vált. Kat.
Domborzat, lejtésvizonyok (lejtők meredeksége, kitétsége hossza, alakja)	4-5	Ásványi összetétel (elsődleges ásványok, agyagásványok és amorf anyagok)	5	Kénhatásvizonyok (pH; hidrolitos és kicserélődési savanyúság; lugosság)	2-3
Durva vázrészek mennyisége	5	Ásványi rész kémiai összetétele	5-6	Karbonáttartalom	3-2
Erodáltság mértéke	3-4	Mechanikai tulajdonságok (tömörödöttség, képlékenység, tömöríthetőség, stb.)	2-3	Vízoldható sókészlet (sótartalom, anionok és kationok szerinti sóösszetétel)	2-3
Drénvizonyok	3-4	Fizikai tulajdonságok (szemcseösszetétel, kötöttség, higroszkóposztás)	6	Adsorpciós kapacitás	4
Természetes növényzet botanikai összetétele	2	Fajlagos felület	4-5	Bázistelítettség mértéke	3
Termesztett növény állapota	1-2	Térfogattömeg	2	Kicserélhető kationok összetétele	4
Talajszelvény rétegezetheg	4	Sűrűség	6	Szervesanyagtartalom	4
Humuszréteg vastagsága	4	Duzzadás-zsugorodás mértéke	3	Frakcionált humuszösszetétel	3
Karbonátok megjelenésének mélyisége	4	Talajszerkezet állapota (kifejezettsége, típusa, vízzel és mechanikai hatásokkal szembeni ellenállósága)	3	Tápanyagállapot (növényi tápelemek összes és a növények számára felvehető mennyisége)	2-4
Beázási réteg vastagsága	2	Porozitásvizonyok (összporozitás; pórusok mérete, alakja, térbeni elrendeződése)	2	Toxikus elemek mennyisége és állapota (mobilitása, felvehetősege)	3
Eltemetett talajszint megjelenésének mélyisége	5-6	Nedvességtartalom	1	Pufferkapacitás	1-2
Talajképző kőzet	6	Vízkapacitás (vízbefogadó- és víztartó képesség)	3	Mikroorganizmusok biomassza tömege, száma és fajspektruma	2
Talajvízszint terepalatti mélyisége	2	Holtvíztartalom	4	Enzimaktivitás	2
Az egyes rétegek (szintek) színe	4-6	Hasznosítható vízkészlet	3	Biológiai aktivitás	2
Nedvességállapota	1	Víznyelés sebessége	2		
Durva vázrészek mennyisége	5	Vízáteresztő-képesség	2		
Fizikai tulajdonságok	6	Levegőgazdálkodás jellemzői	2		
Szerkezeti állapota	3	Hőmérséklet	1		
Tömörödöttség	2	Hőgazdálkodás jellemzői	3		
Kiválások, konkreciók	3-4				

Változékonysági kategóriák: 1 = < 1 hónap; 2 = hónap; 3 = év; 4 = évtized; 5 = évszázad; 6 = évezred



Számok magyarázata: 1. A talaj hőgazdálkodásának befolyásolása. 2. A sugárzó napenergia-elszívás mértékének befolyásolása (szín, érdesség, növényborítottság stb.). 3. Meteorológiai viszonyok hatása a talaj víz-, levegő- és hőgazdálkodására, anyagforgalmára. 4. Evapotranszpiráció, légszennyeződés a talajból. 5. Domborzat hatása a talaj vízgazdálkodására; vízmosások, mikrodomborzat. 6., 7. Árvizek vízborítása és üledék-telepítése. 8. Felszíni vizek táplálása; „szennyezése” oldott anyagokkal, lebegtetett üledékekkel, esetleg görgötett 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-elszívás mértékének befolyásolása (érdesség fokozása, megfelelő növényállomány, talajtakarás). 16. Racionális művelési ág, vetésszerkezet és agrotechnika, erős befolyásolása. 17. Evapotranszpiráció és a légkörbe jutó szennyező anyagok mennyiségének befolyásolása (pl. szélrozió elleni védelem stb.). 18. Racionális művelési ág, vetésszerkezet és agrotechnika jelentős befolyásolása. 19. Racionális művelési ág, talajművelés (egyirányú, rétegvonalak menti szántás stb.). 20. Racionális művelési ág, vetésszerkezet és agrotechnika befolyásolása; nedvesség-szabályozás feladatainak meghatározása (pl. árvízvédelem, belvízrendezés stb.). 21. Felszíni vizek „táplálásának” (árhullámok, belvízvesztés) és „terhelésének” (mezőgazdasági területekről származó oldott és lebegtetett anyagok mennyisége) meghatározása. 22. Racionális művelési ágak, vetésszerkezet és agrotechnika befolyásolása; nedvességszabályozás feladatainak meghatározása (drénezés). 23. Talajviz-táplálás, valamint a talajviz-„szennyezés” mértékének meghatározása, erős befolyásolása (műtrágyák, növényvédő-szerek, gyomirtó szerek). 24. Erózió-érzékenység, sekély termőrétegű talajok esetében a rekultiváció lehetőségeinek meghatározása. 25. Talajból kilúgzódó anyagokkal történő „feldúsulás” befolyásolása. 26. Rekultiváció szükségességének és lehetőségeinek meghatározása; talajjavító anyag-kénti felhasználás. 27. Ásványi talajjavító anyagok iránti igény meghatározása.

A talaj funkciói

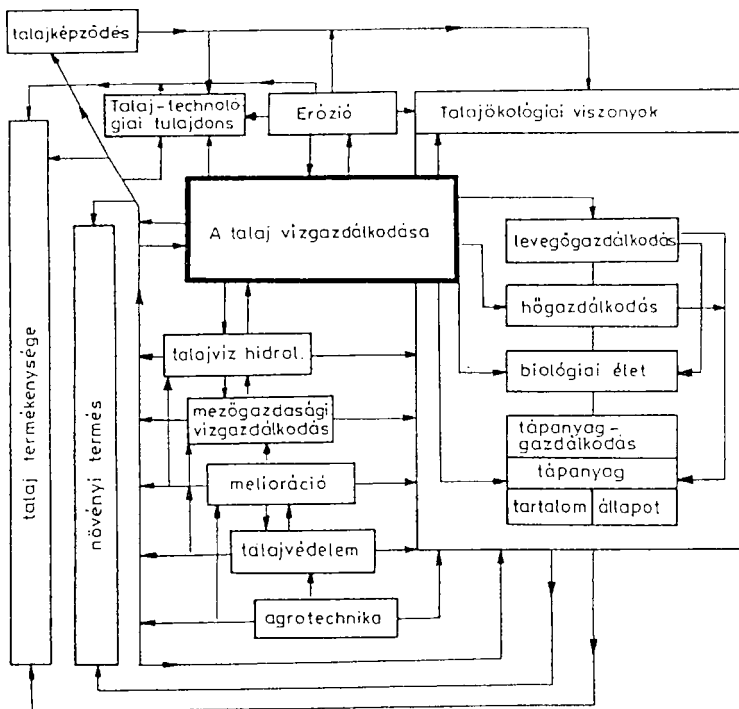
(a) A talaj Magyarország legfontosabb — feltételelesen megújuló, megújítható — természeti erőforrása. Használata — primér növényi biomassza „előállítás” — során nem semmisül meg, nem változik meg szükségszerűen és alapvetően. El-lentétben a nem megújuló természeti erőforrásokkal, például a fosszilis energia-hordozókkal (szén, kőolaj stb.), amelyek a felhasználás során alapvetően és visszafordíthatatlanul átalakulnak. Teljesen különböznek azonban a talajkészletek a megújuló természeti erőforrásoktól (például sugárzó napenergia, légkör és bizonyos mértékig a felszíni vízkészletek) is. Megújulásuk ugyanis nem megy végbe automatikusan, hanem állandó és aktív tevékenységet követel. A fenntartható mezőgazdasági fejlődésnek és racionális talajhasználatnak épp e „megújuló képesség” (soil resilience) kihasználása, a megújulás feltételeinek biztosítása jelenti legfontosabb feladatát. Ezek közül legfontosabbak az ésszerű földhasználat, a környezetkímélő agrotechnika, a legszélesebb értelemben vett talajvédelem, esetleg a melioráció.

(b) A talaj több természeti erőforrás (sugárzó napenergia, légkör, felszíni és felszín alatti vízkészletek, biológiai erőforrások) együttes hatását ötvözve és közvetítve biztosít „életteret” a benne élő mikroorganizmusoknak, talajlakó állatoknak, illetve „termőhelyet” a rajta vagy benne élő növényeknek, természetes növényzetnek vagy termesztett kultúráknak. Ily módon a talaj a természet hatalmas biológiai reaktorának, transzformátorának tekinthető, amely a földi lét egyik nélkülözhetetlen feltétele, a bioszféra pótolhatatlan mozaikja. Szemléletesen tükrözik mindezt a 3. ábrán bemutatott összefüggések.

(c) A talaj a növényi biomassza-termelés alapvető közege, s mint ilyen, a mezőgazdaság legfontosabb termelőeszköze, a bioszféra primér tápanyagforrása. A talaj legfontosabb tulajdonsága és egyedi, specifikus jellemzője a termékenység, az a képesség, hogy a talaj — többé vagy kevésbé — képes a növényi élet alapvető talajökológiai feltételeit biztosítani, a természetes növényzet és/vagy a termesztett növények víz- és tápanyagigényét részben vagy teljesen kielégíteni.

A talajlakó szervezetek és növények alapvető életfeltétele levegő, valamint felvehető formában lévő víz és tápanyagok egyidejű jelenléte a talajban. Ez viszont csak úgy lehetséges, hogy a talaj egy háromfázisú, polidiszperz rendszer. A talaj szilárd fázisát egyrészt különböző méretű (polidiszperz), alakú és térbeni elrendezésű ásványi részek (elemi szemcsék és szerkezeti elemek, aggregátumok) alkotják, másrészt különböző kémiai összetételű, lebomlottsági fokú, állapotú szerves anyagok. A szilárd fázis elemei között kialakuló pórusok egy részét talajlevegő (gázfázis), más részét talajoldat (folyadékfázis) foglalja el, biztosítva levegő és víz „egyidejű” jelenlétét. Ez nemcsak a légzés, szervesanyag-lebontás és vízfelvétel feltételeit teremti meg, hanem lehetővé teszi azt is, hogy a talajban lévő vagy oda juttatott növényi tápanyagok oxidált és oldott formában legyenek jelen, s váljanak ily módon a növény számára hozzáférhetővé, felvehetővé. Ezt a talaj mikroorganizmusok tevékenysége is nagymértékben befolyásol(hat)ja, elősegítheti (mobilizáció) vagy akadályozhatja (immobilizáció). (A talajban előforduló mikroorganizmusok, talajlakó állatok és földalatti növényi részek (főként gyökerek) által elfoglalt pórusteret egyébként többen a talaj negyedik, ún. „biológiai” fázisaként különítik el.) A három alapvető fázis jellemzői és

aránya tehát nemcsak a talaj víz- és levegőháztartását határozza meg, hanem — ezen keresztül — hat a talaj hőgazdálkodására, biológiai tevékenységére és tápanyag-gazdálkodására is (4. ábra) (Várallyay, 1994a).



4. ábra

A talajökológiai tényezők összefüggésrendszere és befolyásolási lehetőségei

(d) A talaj hő-, víz- és növényi tápanyagok 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.

A talaj hőraktározása képes tompítani a hómentes telek túl alacsony, vagy a nyári hőség túl magas hőmérsékletének káros ökológiai hatásait; lehetővé tenni bizonyos tavaszi növénykultúrák korábbi vetését és jövedelemnövelő korábbi betakarítását.

A talaj vízraktározó képessége nyújt lehetőséget a növénynek arra, hogy vegetációs periódus alatti folyamatos vízigényét a rendszertelenül — gyakran nagyon szeszélyes tér- és időbeni eloszlásban — lehulló csapadék talajban tározott vízkészletéből elégítse ki a bekövetkező rövidebb vagy hosszabb csapadékmentes időszakokban. A talajok (tulajdonképpen azok vízraktározó képességét, illetve hasznosítható vízkészletét kifejező) nagyon különböző „aszályérzékenysége” azt eredményez(het)i, hogy teljesen azonos időjárási helyzet különböző talajokon nagymértékben eltérő ökológiai (termés-, illetve biomassza-hozambeli) következményekkel jár, mint erre a közelmúlt sorozatos csapadékszegény éveiben számos markáns példa adódott (Várallyay, 1988, 1994a). Érthető ezért, hogy az aszályos évjáratok

mindig felértékelik a talaj (sőt a talajtan) jelentőségét, egy-egy katasztrofális szárazság pedig óriási lökést ad a talajtan fejlődésének. Nem véletlen, hogy a talajtan mint önálló tudományág kialakulását *Dokucsájev* 152 évvel ezelőtti tevékenységével, az Oroszországban ekkor bekövetkezett, s tragikus pusztulásokat okozó szárazsággal hozzuk összefüggésbe. A mesterséges vízpótlás és vízelvezetés, öntözés és drénezés szükségességét, gyakoriságát, módját szintén a talaj vízraktározása szabja meg, s jelentősen befolyásolja azok eredményességét és hatékonyságát is.

A *talaj tápanyag-raktározó képessége* teszi lehetővé, hogy a növény folyamatos tápanyagigényét és tápanyagfelvételét vagy a talaj természetes tápanyagkészletéből, vagy szakaszos tápanyag-utánpótlással elégítsük ki. Bár a talaj nem ideális (s főleg nem veszteségmentes) tápanyagraktár, néha mégis ilyen igénybevételére is sor kerül(t). Gondoljunk csak az ún. „feltöltő műtrágyázás” (környezeti szempontból meglehetősen kockázatos) koncepciójára, vagy arra a gazdálkodóra, aki talaját a rendszerváltás előtti nagymértékű állami dotációt élvező (s így a felhasználó számára irreálisan olcsó) P-műtrágyával töltötte fel, kihasználva talajának P-raktározó képességét. Úgy azután — a talajban tározott P-készlet nagyságától függően — néhány évig különösebb terméskiesés kockázata nélkül szüneteltethette a most már állami dotációt nem élvező, drága P-műtrágya felhasználását.

Az utóbbi időben sok esetben kényszerít a helyzet a *talaj szennyezőanyag-raktározó képességének* kihasználására. Szigorú feltételek betartása és pontosan szabályozott körülmények között — jobb híján — lehet élni ezzel, visszaélni azonban bűn, mert az beláthatatlan ökológiai-egészségügyi következményekhez vezethet.

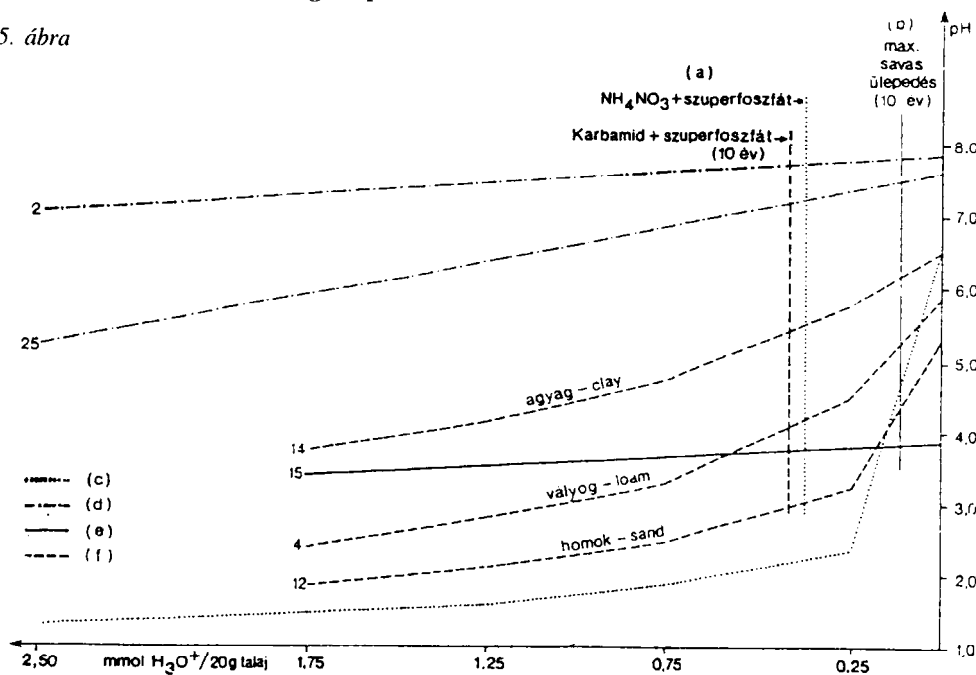
(e) A talaj a *bioszféra nagy kiegyensúlyozó képességgel (pufferkapacitással) rendelkező eleme*, amely egy bizonyos határig képes mérsékelni, tompítani a talajt érő különböző stresszhatásokat. Ilyet természeti tényezők, például légköri aszály, túl bő nedvességviszonyok, fagy stb. is kiválthatnak. Egyre fenyegetőbbek és súlyosabbak azonban az ember által okozott különböző stresszhatások, amelyek köre egyre szélesebb. Ilyen maga az intenzív növénytermesztés is (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 „nyiló közmű-olló” (vezetékes vízellátás bevezetése csatornázás egyidejű kiépítése nélkül); valamint a felszíni bányászat is.

A társadalom egyre inkább arra kényszerül, hogy a talaj ezen tompító képességét igénybe vegye, kihasználja. Ennek során gyakran feledésbe merül, hogy ez a képesség (a pufferkapacitás) véges, s a talaj nem tekinthető korlátlan hulladékbe-fogadónak, 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 találónan nevezhető „időzített bombának”) az teszi különösen súlyossá, hogy a hulladékok és szennyeződések elásása, talajba rejtése a kideríthetetlenség és felfedezhetetlenség reményével csábítja az elkövetőt a bűnre, s a következmények észlelésekor már késő, vagy roppant költséges az eredményes elhárítás, beavatkozás. Egy jó és szervezett észlelő-rendszer

is csak csökkentheti a súlyos talajszennyezés veszélyét, de azt igazán csak egy felelősségteljes ösztársadalmi kontroll előzheti meg, küszöbölheti ki, szoríthatja korlátok közé.

A talaj pufferkapacitása mindenekelőtt attól a stressz-hatástól függ, amelynek „hatástalanítására”, tompítására, mérséklésére, csökkentésére azt hasznosítani kívánjuk. Adott konkrét esetekben tehát a talaj környezeti érzékenysége, sérülékenysége, tűrőképessége, terhelhetősége stressz-specifikus tulajdonság. Általános esetekben viszont a talaj pufferkapacitását annak anyag-, szervesanyag- és karbonáttartalma, agyagásvány- és szervesanyag-összetétele, valamint karbonát formái határozzák meg. Példaképpen az 5. ábrán bemutatjuk néhány hazai talaj savtompító képességét szemléletesen kifejező ún. „titrálási görbéit” (Várrallyay *et al.*, 1986). Az ábráról szemléletesen kitűnik, hogy ugyanolyan savterhelés különböző talajokon — a talaj pufferkapacitásától függően — különböző mértékű pH-csökkenést eredményez. Elsősorban ezek elemzése alapján dolgoztuk ki a talajok savanyodással szembeni érzékenységeinek kategóriarendszerét, s szerkesztettük meg ezen kategóriák 1:500 000 és 1:100 000 méretarányú térképeit. Jelenleg — európai együttműködés keretében — hasonló kategória-rendszerek kidolgozásán munkálkodunk a talaj különböző potenciálisan káros szennyező anyagokkal szembeni érzékenységeinek, sérülékenységeinek és terhelhetőségének — lehetőség szerint minél kvantifikáltabb — megállapítására.

5. ábra



Különböző tulajdonságú talajok titrálási görbéi.

Függőleges tengely: eredeti pH, vízszintes tengely: a talaj savterhelése. a) Egyoldalú műtrágyázás okozta 10 év utáni savterhelés, b) légköri savas ülepedésből származó 10 év utáni maximális savterhelés, c) talaj nélkül, d) karbonátos talajok, e) erősen savanyú láptalaj, f) nem karbonátos ásványi talajok

(f) A talaj a *természet hatalmas „szűrő-rendszere” és detoxikáló rendszere*, amely képes a talaj felszínére vagy a talajba jutó szennyező anyagoktól felszíni, de elsősorban felszín alatti vízkészleteinket „megvédeni”, s ezáltal azok sokoldalú hasznosíthatóságát lehetővé tenni.

Itt kell arra rámutatnunk, hogy a talaj funkciói egymással gyakran ellentétesek, így *egyidejű* érvényesítésük nem mindig lehet teljes. Az adott célok prioritásai alapján kell eldönteni, hogy az egyik (s ilyen esetben, melyik) funkció „feladásával” vagy mindkét cél *korlátozott* megvalósításával érjük-e el, vagy közelítjük meg jobban az ideális célállapotot. Ha például a talaj szűrőképességét tartjuk elsődlegesen fontos funkciónak (például ivóvízbázisok területének kijelölésénél, megengedhető talajhasználatának előírásánál), úgy engedményeket kell tenni a terület terméshozamaiban, s az ehhez szükséges agrotechnikában, input felhasználásban (Várallyay, 1990).

A talaj — kétségtelenül meglévő, sőt szigorúan szabályozott körülmények között eredményesen hasznosítható — *detoxikáló funkciójának* szükséges és indokolt esetekben történő igénybevételéről ad abszurdum nem mondhatunk le. Ezzel azonban csak szigorú és kivétel nélküli következetességgel érvényesített és betartott feltételek között élhetünk. Minden ettől eltérő „visszaélés” ugyanis beláthatatlan környezeti/egészségügyi következményekkel járhat.

(g) A talaj a *bioszféra hatalmas gén-rezervoárja*, számos (sőt pontosabban inkább számtalan!) faj természetes élőhelye, így feltétele és biztosítéka a természet biológiai (faj-) diverzitásának.

(h) Végül a talaj „hordozza” (fedi, őrzi, konzerválja) történelmünk sok *archeológiai emléket*, fennmaradt „dokumentumát”, amelyek a mai technika nyújtotta eszközök felhasználásával egyre inkább, egyre részletesebben és egyre meggyőzőbben ad(hat)nak felvilágosítást múltunkról, történelmünkéről.

A talaj funkcióinak fontossága, jelentősége, „súlya” térben és időben egyaránt változott és változik ma is. Hogy hol és mikor melyik funkciót hasznosítja az ember az az adott gazdasági helyzettől, szocio-ökonómiai körülményektől és politikai döntésektől, az ezek által megfogalmazott céloktól, „elvárásoktól” függ.

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

A talaj „minősége”, védelme, állagmegóvása ma már messze nem szűkíthető le a talaj termékenységére, hanem azt fejezi ki, hogy a talaj mennyire képes eleget tenni elvárt *funkcióinak*. Mindez egy sok szempontú, az eddiginél sokkal differenciáltabb, sokszínűbb és árnyaltabb *talaj-értékelést és talajhasználati szemléletet* tesz szükségessé.

Talajfolyamatok szabályozása, a korszerű talajtan legfontosabb feladata

A talaj funkcióképességét, funkcióinak zavartalanságát, a *talajtulajdonságok* összehatása 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, esetleg a táj- és környezetvédelem érdekében történő beavatkozások éppúgy, mint a legkülönbözőbb egyéb emberi tevékenységek ismert vagy ismeretlen, kívánatos vagy kedvezőtlen, káros (mellék)hatásai.

Talajkészleteinket két fő veszély fenyegeti:

- a különböző talajdegradációs folyamatok (Kerényi, 1988; Stefanovits, 1968, 1992; Szabolcs—Várallyay, 1978; Várallyay, 1985, 1996; Várallyay *et al.*, 1986);
- a talaj szennyeződése (Kádár, 1992; Várallyay, 1990, 1995).

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:

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

A talajdegradációs folyamatok káros következményei közül legfontosabbak a területvesztés és/vagy a terület értékcsökkenése; zavarok a talaj funkcióiban; a talaj termékenységének csökkenése; talajökológiai feltételek romlása (→ gyengébb növényfejlődés → kisebb biomasszahozam → kisebb termés); kedvezőtlen körül-

mények 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 *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 táplálékláncra nem veszélyes) szennyező anyagok természeti okok megváltozása miatti mobilizálódása, az ún. „kémiai időzített bomba” felrobbanása váltja ki. 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 (Várallyay, 1995).

Bár a fokozódó 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*.

A szabályozás célja lehet a jelenlegi (kedvező) 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 állapotellenőrzéstől kezdve a teljes szabályozásig igen sokféle lehet, de — egész kivételes esetektől eltekintve — nem nélkülözhető. Téves nézet az, hogy a teljesen magára hagyott környezet „visszatalál” eredeti, a környezet egésze szempontjából legkedvezőbb állapotába. A felhagyott művelt területből nem lesz sem „eredeti” gyep, sem „eredeti” erdő, csupán degradált, gyomos parlag! A rövid távú 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 logikusan és szükségszerűen egymásra épülő lépéseit foglaltuk össze a 6. ábrán. Azt pedig, hogy milyen tényezők, folyamatok vagy tulajdonságok szabályozására van vagy lehet szükség a 7. ábrán foglaltuk össze.

Mint a 6. 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 időbeni 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.

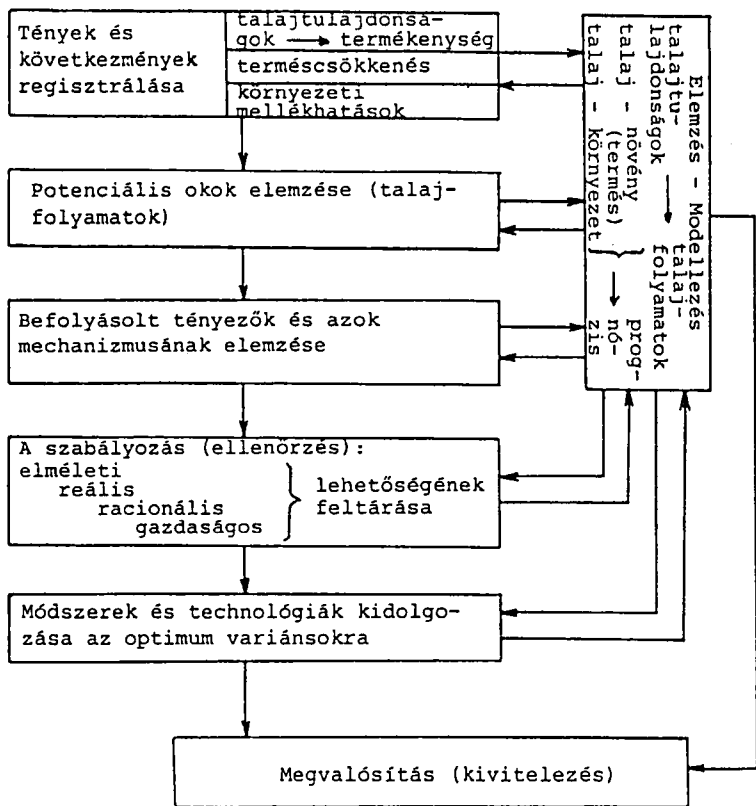
A korszerű talajtani tudománynak és talajvizsgálati gyakorlatnak ma ezen információk „előállítása”, összegyűjtése, értékelő feldolgozása, valamint minél szélesebb körben történő racionális és eredményes hasznosítása képezi egyik legfontosabb feladatát.

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 fejlődés” alapvető feladata.

Erre vonatkozóan is tartalmazott ajánlásokat az 1992. évi Rio de Janeiro-i Környezetvédelmi Világkonferencia alapdokumentuma; ezt vitatta meg a Rió-t követően néhány hónappal Budapesten megrendezett nemzetközi szimpózium (Symposium on Soil Resilience and Sustainable Land Use), majd az 1993 februárjában Gödöllőn megrendezett nemzetközi tudományos konferencia (Strategies for Sustainable Rural Development). Ebbe a sorba tartozik az 1994 szeptemberében Gödöllőn megszervezett „Food chain and Environment” (Tápláléklánc és környezet) nemzetközi konferencia, majd a II. „Környezetszennyezés Közép- és Kelet-Európában” Nemzetközi Szimpózium. Tudományos közéletünk tehát gyorsan reagált a nemzetközi kihívásokra, a fenntartható mezőgazdasági fejlődés stratégiájának kidolgozásához jó alapjaink vannak.

Ennek részleteit Magyarországra vonatkozóan úgy kell kidolgozni és megfogalmazni, hogy törvényeink, szabályozóink és gazdasági érdekeltiségi rendszerünk erre ösztönözzön, sőt ha kell kényszerítsen. Lehetőleg ne büntető szankciókkal, hanem észérvekre és a természet csodálatos belső logikájára és szabályozó mechanizmusára alapozottan, nem pedig azokat megerőszakolva. Mindig gondoljunk az MTA „Termőföld és Életminőség” c. tanácskozásának Föld-nap-i üzenetül szánt mottójára: „A termőföld megbecsülése, ésszerű és fenntartható használata, megóvása az életminőség javításának egyik feltétele, ami összetársadalmi érdek”.

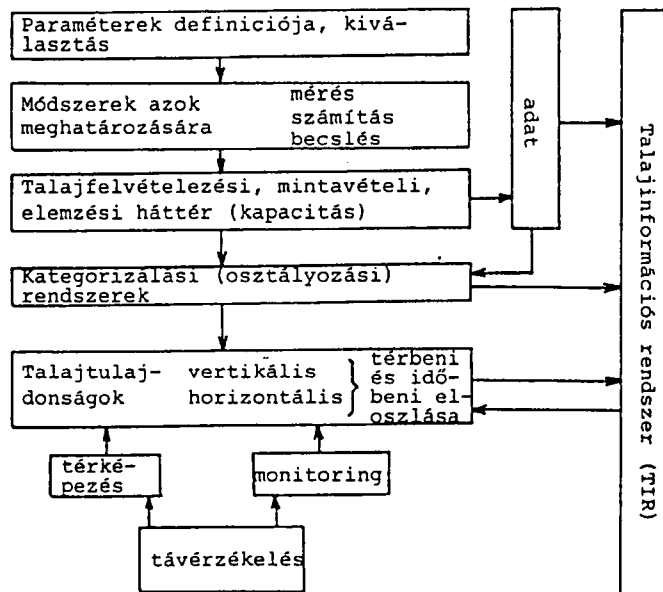
Talajképződési tényezők, folyamatok és talajtulajdonságok



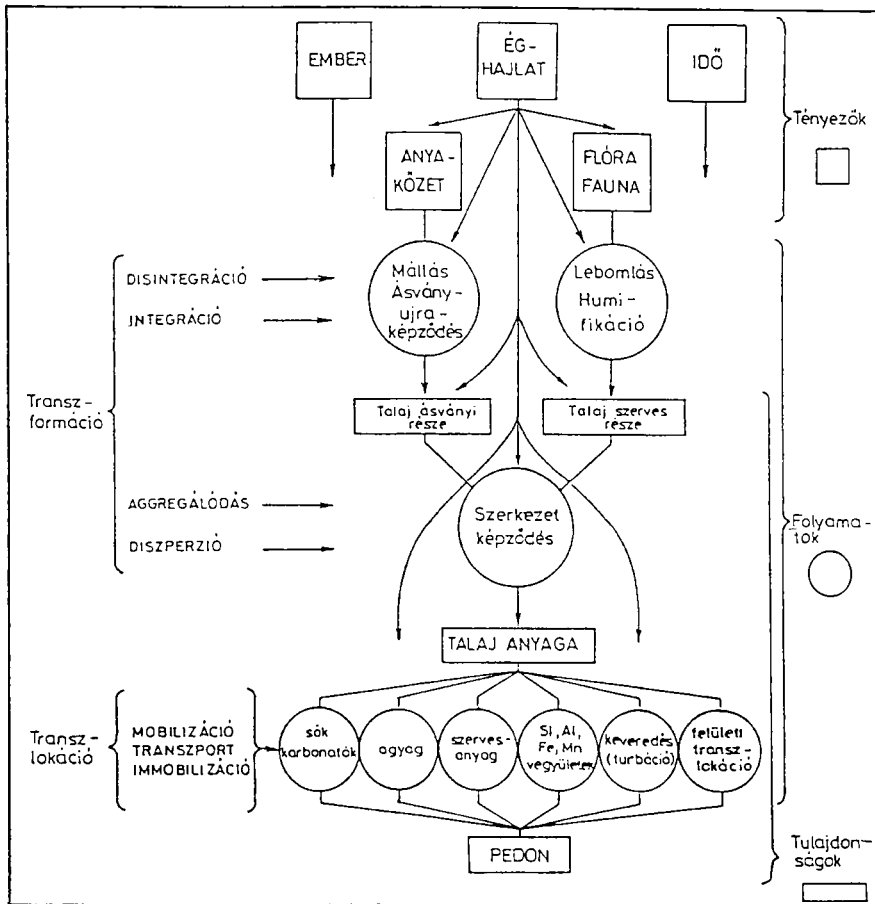
Talajfolyamatok szabályozásának koncepció vázlata

6. ábra

Talajtulajdonságok regisztrációja



7. ábra



IRODALOM:

- Kádár I., 1992. A növény táplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest. 398.
- Kerényi A., 1988. Környezetvédelem — földrajz szakos hallgatók számára. Tankönyvkiadó, Budapest. 226
- Láng I., 1995. Az agrárgazdaság „fenntartható” fejlődésének tudományos megalapozása. „AGRO-21” Füzetek (Az agrárgazdaság jövőképe) 10. szám. 5—22.
- Láng I.—Csete L., 1992. Alkalmazkodó mezőgazdaság. AGRICOLA. Budapest. 210.
- Láng I.—Csete L.—Harnos Zs., 1983. A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 265.
- Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Stefanovits P., 1968. Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Stefanovits P., 1992. Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 380.
- Szabolcs I.—Várallyay Gy., 1978. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. 27. 181—202.
- TIM, Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer, 1995. I. kötet. Módszertan. FM Növényvédelmi és Agrárkörnyezet-gazdálkodási Főosztály. Budapest. 92.
- Várallyay Gy., 1985. Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan. 34. 267—298.
- Várallyay Gy., 1988. Talaj, mint a biomassza-termelés aszályérzékenységeinek tényezője. Vízügyi Közlemények. LXX. évf. (3) 46—68.

- Várallyay Gy., 1990. Műtrágya, hígtrágya és az ivóvízkészlet. Egészségtudomány. XXXIV. (2) 126—137.
- Várallyay Gy., 1992. Országos Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM). I. Országos Agrár-környezetvédelmi Konferencia (Budapest, 1992. november 25—26.) anyaga. 51—62.
- Várallyay Gy., 1994a. A talaj vizgazdálkodása és a környezet. (Akadémiai székfoglaló kibővített összefoglalója). MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója 1993. Akadémiai Kiadó, Budapest. 65—72.
- Várallyay Gy., 1994b. Az agrárkörnyezet védelmének talajtani és agrokémiai összefüggései. III. Országos Agrárkörnyezetvédelmi Konferencia (Budapest, 1994. XI. 2—4.) anyaga. 19—27.
- Várallyay Gy., 1994c. Talaj—talajhasználat—talajvédelem. ELTE Természettudományi Kar „Természeti és Társadalmi Környezetünk” c. kiadványa. Budapest. 3—71.
- Várallyay Gy., 1995. A talaj és talajhasználat népegészségügyi vonatkozásai. MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója, 1994. Akadémiai Kiadó, Budapest. 73—77.
- Várallyay Gy., 1996. Magyarország talajainak érzékenysége szerkezetleromlása és tömörödése. Környezet-és Tájgazdálkodási Füzetek, II/1. 15—30.
- Várallyay Gy.—Németh T., 1996. A fenntartható mezőgazdaság talajtani-agrokémiai alapjai. MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója, 1995. Akadémiai Kiadó, 80—92.
- 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.