



Az ésszerű és fenntartható földhasználat tudományos alapjai¹

Várallyay György, az MTA rendes tagja, kutatóprofesszor
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

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

Fenntartható fejlődés – agrár-környezetvédelem

A „**fenntartható fejlődés**” kifejezést az 1972-ben Stockholmban megrendezett első Környezetvédelmi ENSZ Konferencia még nem használta. A 20 évvel később Rio de Janeirown megrendezett „Környezetvédelmi Világ Csúcstalálkozó”-nak s az ott elfogadott „AGENDA-21” dokumentumnak viszont már ez volt a leggyakrabban használt (többször már-már elhasznált) szakkifejezése. Nem volt ez másképp a 2002-ben a dél-afrikai Johannesburgban megrendezett „Fenntartható Fejlődés Világértékezet” című („Rio+10”) konferencián sem – igaz megváltozott hangsúlyokkal, tartalommal, az utóbbi 10 évben bekövetkezett változásokhoz igazodva, azokat tükrözve [1, 8, 11, 17].

¹ A Földhasználati és Területfelhasználási Fórumon elhangzott előadás szerkesztett változata (2003. április 3–4., Székesfehérvár)

A „**fenntartható fejlődés**” kifejezés már eleve magában foglalja a pillanatnyi és a hosszútávon fenntartható *termelés*, valamint a következő generációk megfelelő életminőségét is szavatoló *környezetvédelem* feloldható ellentmondásait és nehezen kivédhető, inkább csak tolerálható konfliktusait. Megvalósításában komoly regionális, térségi, nemzeti, szociális (s így természetesen politikai) érdekek, pillanatnyi, rövidtávú és távlati elképzelések ütköznek, gyakran konfrontálódnak.

A fenntartható fejlődésnek azonban gyakorlatilag nincs alternatívája, tehát annak biztosítása a legszélesebb értelemben vett össztársadalmi érdek. Nem túlzás azt állítani, hogy a ténylegesen közös Európának ez lesz az egyik legnehezebb feladata – épp az előbb említett meglévő s nap mint nap keletkező újabb érdekellentétek miatt. Mindez természetesen érvényes Magyarország és a közép-kelet-európai régió európai integrálódására is.

Nagyon leegyszerűsítve, a **fenntartható mezőgazdasági fejlődés** kritériumai a következők:

- tegeye lehetővé megfelelő mennyiségű és minőségű egészséges *élelmiszer* és *takarmány*, ipari alapanyagként, esetleg alternatív energiaforrásként felhasználásra kerülő biomassza előállítását;
- a jelenlegi és a jövő generációt egyaránt tegeye érdekeltté a biomassza (mezőgazdasági) termelésben;
- legyen erőforrás-megőrző, erőforrás-kímélő, erőforrás-takarékos;
- ne károsítsa (terhelje) feleslegesen a környezetet;

• alkalmazzon környezetkímélő, anyag- és energiatakarékos, hulladékszegény termelési technológiákat;

- fordítson különös figyelmet a minőségre;
- legyen a társadalom számára szociálisan elfogadható.

Fenti kritériumok betartása természetesen **paradigmaváltást, új szemléletet** tesz szükségessé a kutatásban, oktatásban, nevelésben, tudatformálásban, szaktanácsadásban, innovációban egyaránt.

A fenntartható fejlődés egyik alapfeltétele a természeti erőforrásokkal történő **ésszerű gazdálkodás** [10, 18].

Ehhez feltétlenül figyelembe kell venni, hogy a talaj-környezet kölcsönhatás ténylegesen kétoldalú. A talaj egyrészt „elszenvedí” a környezet, gyakran káros, stresszhatásait, másrészt – elsősorban ésszerűtlen használata esetén – okoz(hat) is ilyeneket, fenyegetést jelentve környezetünk többi elemére: a felszíni és felszín alatti vízkészletekre, a felszín közeli légkörre, az élővilágra, a tájra is. Itt tulajdonképpen egy bonyolult kölcsönhatásrendszer tudatos szabályozásáról van szó, amelyet vázlatosan az *1. ábrán* foglaltunk össze [12].

Egy korszerű, **„fenntartható” agrár-környezetvédelmi koncepciónak** mindkét problémacsoport kezelésére, megoldására megfelelő stratégiával, rövid-, közép- és hosszútávú akcióprogrammal kell rendelkeznie, s erre tudományosan megalapozott, gazdaságilag jól indokolt, konkrét és részletes intézkedési terveket 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 számítvá a társadalom egészének közreműködésére [1, 17]. A Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program [5] erre tesz kísérletet, ehhez nyújt jogszabályi alapot.

Fenntartható fejlődés – ésszerű terület- és földhasználat

A fenntartható mezőgazdasági fejlődésnek a talajhasználat területén elsősorban az alábbi **alapkérdéseket** kell korszerű tudományos megalapozottsággal megoldania a közös **Európában** [2, 8, 16]:

- a különböző célú **biomassza termelés mennyiségi szabályozása**: regionális vagy nemzeti

„kvóták” meghatározása, a természeti adottságok („agroökológiai potenciál”), történelmi hagyományok, gazdasági helyzet és szociális körülmények figyelembevételével;

- a legszélesebb értelemben vett **minőség garanciáinak** biztosítása: kezdve a termőhelyi adottságoktól; az agrotechnikai műveletek, a vetőmag, a növényegyed, a növényállomány minőségén keresztül, a termés és termék sokszempontú minőségéig (kémiai, fizikai, esztétikai és egyéb érzékszervi jellemzők, szállíthatóság, raktározhatóság, eltarthatóság stb.);

- **környezetvédelem**: a környezet nem kívánatos állapotromlásának megelőzése, kiküszöbölése vagy bizonyos tűrési határig történő mérséklése;

- **a területhasználat** fenti szempontok szerinti (de legalább azokat figyelembe vevő) **racionálizálása**.

A **területhasználati célok** egy modern társadalomban nagyon sokfélék lehetnek, amelyek közül legfontosabbak a következők [2, 8, 15]:

- biomassza termelése élelmiszer, takarmány, nyersanyag vagy energia célra;

- népesség-foglalkoztatás (munkalehetőség, „eltartóképesség”);

- nyersanyag kitermelés;

- építési terület (településfejlesztés, urbanizáció, infrastruktúra);

- üdülés, sport, rekreáció;

- esztétikus táj;

- biodiverzitás megőrzése.

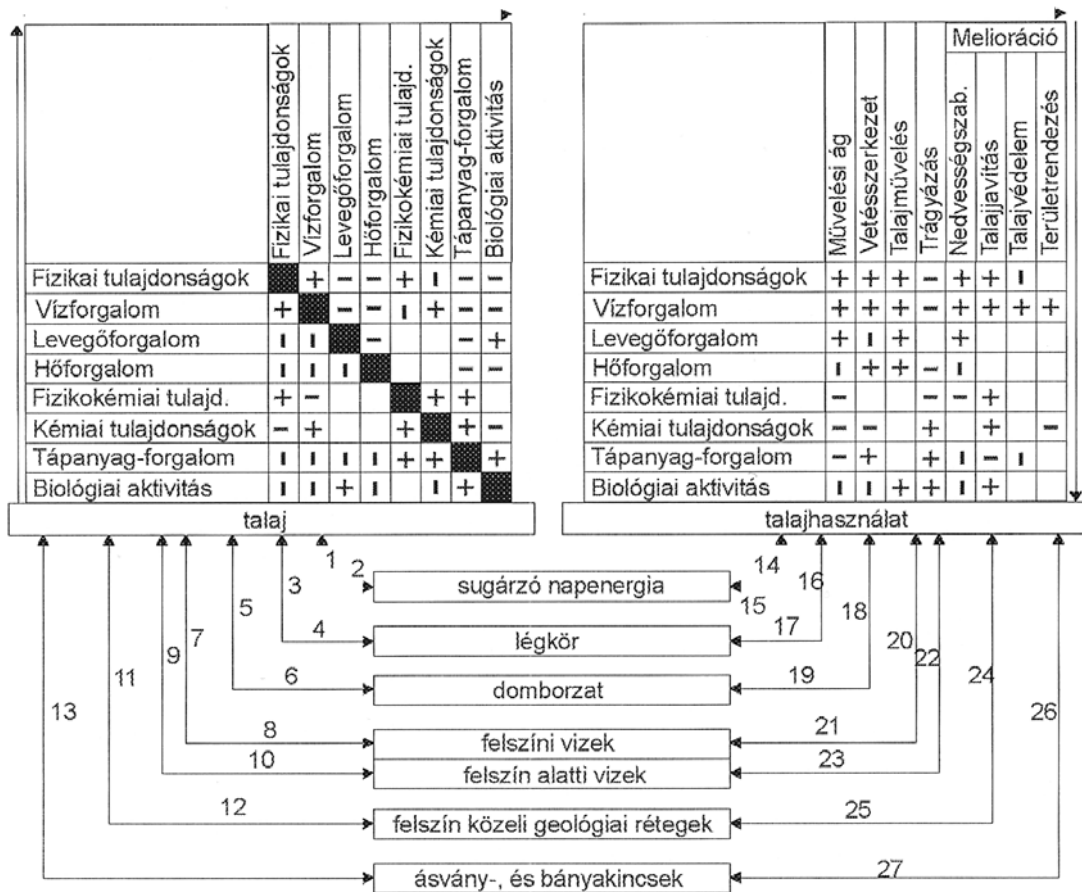
A fenntartható (mezőgazdasági) fejlődés hazai és európai harmonizációjának kidolgozásánál olyan kérdésekre kell tudományosan megalapozott és társadalmilag elfogadható válaszokat, válasz-alternatívákat kidolgozni, mint hogy mely területeket (hol, mekkora, milyen, területeket) milyen célra lehet, ésszerű, célszerű, indokolt vagy kell hasznosítani, s ez hogyan (milyen módszerekkel, milyen áron, milyen haszonnal, milyen következményekkel vagy áldozatokkal) lehetséges?

A talaj funkciói

A társadalom, a fenntartható fejlődés egyre inkább épít a *talaj különböző funkcióira*, amelyek közül legfontosabbak a következők [9, 17].

(a) Feltételelesen 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 életet a talajban az élettevékenységnek, termőhe-



1. ábra A talaj, a talajhasználat, valamint a többi természeti erőforrás közti összefüggés vázlata

Számok magyarázata: 1. A talaj hőforgalmának befolyásolása. 2. A sugárzó napenergia-elnyelés mértékének befolyásolása (szín, érdesség, növényborítottság stb.). 3. Meteorológiai viszonyok hatása a talaj víz-, levegő-, hő- és 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, lebetetett 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. 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. Evapotranszpiráció 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, felhasználás; 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 lebetetett anyagok mennyisége) meghatározása. 22. Racionális művelési ágak, vetésszerkezet és agrotechnika befolyásolása; nedvességszabályozás feladatainak meghatározása (drénezés). 23. Talajvíz-táplálás, 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; alapkőzetig erodált területeken a rekultiváció lehetőségeinek meghatározása. 25. Talajból kilúgzódó anyagokkal történő „feldúsulás” befolyásolása. 26. Rekultiváció szükségeségének és lehetőségeinek meghatározása; talajjavító anyagkénti felhasználás. 27. Ásványi talajjavító anyagok iránti igény meghatározása.

lyet a természetes növényzetnek és termesztett kultúráknak.

(c) A primer biomassza-termelés alapvető közege, a bioszféra primer tápanyagforrása.

(d) Hő, víz és növényi tápanyagok 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) Földtörténeti és történelmi örökségek hordozója.

E funkciók fontossága, jelentősége, „súly” 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, míg az utóbbi években különösen felértékelődtek a környezet minőségével kapcsolatos (d), (e), (f) és (g) funkciók [9, 18].

A jövő társadalmi fejlődése egyre több talajfunkciót fog igénybe venni, egyre sokoldalúbban használja (ki) **a talajt, mint természeti erőforrást**. Az ésszerű hasznosítás, de nem az ésszerűtlen kihasználás, az agrár-környezetvédelem nagy felelőssége. A sokoldalú talajhasználat csak akkor lehet céltudatos, tudományosan megalapozott és káros környezeti mellékhatásoktól mentes, ha végrehajtása tükrözi azt a szükségszerű **paradigmaváltást**, amelyet a talaj egyoldalúan biomasszatermelő funkciójának sokoldalú funkcióképességgel történő felváltása jelent [1, 14, 16].

Talajfolyamatok szabályozása a korszerű talajtan nagy kihívása, az ésszerű talajhasználat kulcskérdése

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 állapotának 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 hatásai [12].

A talajfolyamatok szabályozásának legfontosabb területei a következők:

a) A különböző talajdegradációs folyamatok (víz vagy szél okozta talajerózió; savanyodás; szikesedés; talajszerkezet leromlása, tömörödés, csempesedés; biológiai degradáció) megelőzése, kiküszöbölése, megakadályozása vagy – bizonyos túrési határig történő – mérséklése.

b) A talaj nedvességforgalmának szabályozása; szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály-túlnedvesedés, belvízveszély) valószínűségének, gyakoriságának és mértékének csökkentése.

c) Elemek biogeokémiai körforgalmának szabályozása.

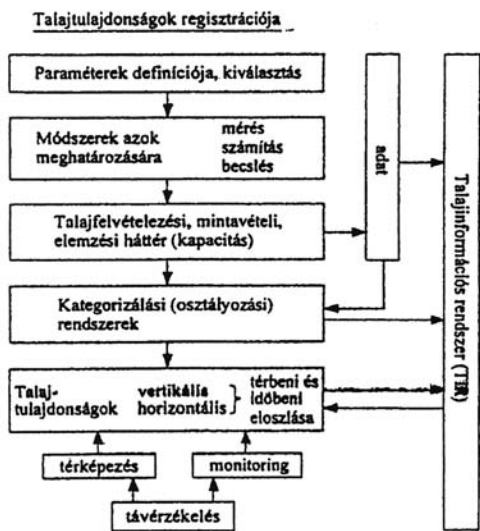
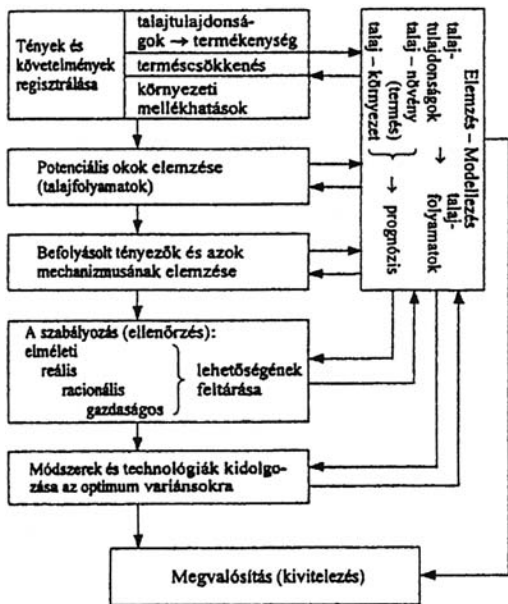
d) A talajban előforduló és a talajba juttatott növényi tápelemek anyagforgalmának szabályozása, a káros környezeti mellékhatásoktól mentes, zavartalan növényi tápanyagellátás érdekében.

e) A talajban előforduló vagy különböző emberi tevékenységek „eredményeképpen” a talajba kerülő, potenciálisan káros szennyező anyagok forgalmának szabályozása, a talaj és vízkészletek szennyeződésének megelőzése, mérséklése, illetve a káros elemek és vegyületek táplálékláncba kerülésének megakadályozása érdekében.

A talajfolyamatok szabályozásának legfontosabb módszerei az ésszerű talajhasználat, a korszerű és környezetkímélő agrotechnika, valamint – szükséges esetekben – a rekultiváció és melioráció. Annak meghatározása, hogy hol, mikor és ezek mely elemeire van szükség, és ezek milyen intézkedéseket, milyen módszereket, eljárásokat, technológiák alkalmazását teszik szükségessé, a „fenntartható mezőgazdasági fejlődés” programjának egyik alapvető feladata. Tudományos közéletünk gyorsan reagált az ez irányú nemzetközi „kihívásokra”, a *fenntartható mezőgazdasági fejlődés stratégiájának* kidolgozásához jó tudományos alapjaink vannak. A *talajfolyamatok szabályozásának* koncepció-vázlatát mutatjuk be a 2. ábrán [12].

Mint az ábráról is látható, az ez irányú döntésmegalapozó elemzés – szükségszerűen egymásra épülő – lépései a következők.

1) **Tények regisztrálása.** A környezet (bioszféra) valamennyi elemének (talaj, felszíni és felszín alatti vízkészletek, természetes és agrárökoszisztémák, termőhely) állapotfelmérése, beleért-



2. ábra Talajfolyamatok szabályozásának koncepció vázlatja

ve azok tér- és időbeni variabilitásának, bekövetkezési valószínűségének, gyakoriságának jellemzését is.

2) A regisztrált tények lehetséges okainak elemzése, talajfolyamatok egzakt és kvantitatív jellemzése, meghatározó/befolyásoló tényezőinek feltárása és azok mechanizmusának tisztázása.

3) A folyamatok elméleti, reális, racionális és gazdaságos szabályozási lehetőségeinek megállapítása.

4) Módszerek, technológiák alternatív variánsainak kidolgozása az „optimális” szabályozási lehetőségek megvalósítására.

Az ésszerű és fenntartható földhasználat legfontosabb elemei

Az ésszerű és fenntartható földhasználat legfontosabb elemei a következők [1, 4, 19, 20].

(1)

A **termőhelyi adottságok** és a természetni kívánt növények **termőhelyi igényeinek** eddiginél sokkal **jobb összehangolása** [4, 6, 21]:

- jobb területi koordináció: az adott termőhelyi viszonyoknak megfelelő művelési ág és vetésszerkezet („termesszünk mindent ott, ahová való!”);
- a természetni kívánt növények „alakítása” az adott termőhelyi viszonyokhoz: különböző ökoló-

giai korlátozó tényezőkkal, így faggyal, talajsavanyúsággal, szikesedéssel, szárazsággal, víztöbblettel, szélsőséges fizikai talajféleséggel, talajtömrődéssel szemben ellenálló, azokra kevésbé érzékeny fajok, fajták, genotípusok kiválasztása, előállítása, a modern növénynevelés és biotechnológia nyújtotta új lehetőségek felhasználásával;

- a talaj tulajdonságainak, agroökológiai viszonyainak javítása (melioráció, talajjavítás, talajvédelem, talajnedvesség-szabályozás: öntözés és drénezés; megfelelő agrotechnika) a természetni kívánt növények ökológiai igényeinek megfelelően.

(2)

A **mezőgazdasági táblák területi szerkezetének racionalizálása** (a kialakuló tulajdonviszonyoknak és birtokszerkezetnek figyelembevételével):

- a táblák ésszerű – és az adott természeti viszonyoknak és gazdálkodási rendszernek legjobban megfelelő – nagyságának, alakjának, térbeli elrendezésének kialakítása (egyaránt eleget téve az egységes művelés és agrotechnika által megkívánt homogenitás, valamint a biodiverzitás követelményeinek); termőhely-specifikus precíziós agrotechnika minél szélesebb körben történő bevezetése;
- megfelelő mezőgazdasági infrastruktúra kialakítása: utak, csatornák, fasorok, épületek stb. ésszerű táblaszerkezet kialakítását lehetővé tevő, illetve a tájképi összehangolt követelményeit is kielégítő területi elhelyezése.

(3)

A mezőgazdasági termelés **melléktermékeinek és hulladékainak** (növényi maradványok; állattenyésztési melléktermékek, mint az istállótrágya, hígtrágya; és egyéb hulladékok, pl. a termékfeldolgozás hulladékai stb.) **csökkentése**, minimalizálása, illetve **minél teljesebb körű**, környezeti kockázatok nélküli **visszajuttatása az anyagforgalom körfolyamatába (recycling)**.

(4)

Talajdegradációs folyamatok (víz és/vagy szél okozta talajerózió; talajsavanyodás; szikesedés, fizikai degradáció (szerkezet-leromlás, tömörödés, cserepesedés); biológiai degradáció (kedvezőtlen változások a talaj biológiai tevékenységében és szervesanyag-forgalmában); kedvezőtlen változások a talaj tápanyagforgalmában; a talaj pufferkapacitásának csökkenése) **megelőzése**, megakadályozása vagy legalább bizonyos tűrési határig történő mérséklése [6, 7, 16].

Bár a fokozódó kedvezőtlen hatások kivédése, megelőzése egyre nehezebb, mégis ki lehet, és kell mondani azt az alaptételt, hogy talajkészleteink minősége, sokoldalú funkcióképessége, megőrizhető, fenntartható. Ez azonban állandó tudatos tevékenységet, a *talajdegradációs folyamatok* bizonyos célú, mértékű és irányú szabályozását teszi szükségessé.

(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 [13]. Magyarországon a térben és időben egyaránt roppant szeszélyes csapadékeloszlás, a változatos domborzat és a talajok egy részének kedvezőtlen fizikai-vízgazdálkodási tulajdonságai nagy területeken eredményezik a talaj *szélsőséges vízháztartását*: egyaránt nagy a belvízképződés és túlnedvesedés veszélye, valamint az aszályérzékenység. Néha ugyanazon a területen s viszonylag rövid időszak alatt. Ez sajátos kétarcú nedvességszabályozást tesz szükségessé, annál is inkább, mivel a vízpótlás (öntözés) és vízelveztetés (drénezés) ugyancsak jelentős korlátokba ütközik. Ezért 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 tározódjon a talajban (vízraktározó képesség növelése, „szivárgási veszteségek” csökkentése);

- a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljon a természetett növények által hasznosíthatóvá.

A *talaj nedvességforgalmának* megkülönböztetett jelentősége van a talaj termékenységében. Ez határozza meg a növények vízellátásának lehetőségeit; befolyásolja a talaj levegő- és hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét, biogeochemiai ciklusait, tápanyagállapotát; nagymértékben befolyásolja, gyakran meghatározza egy terület mezőgazdasági hasznosíthatóságát, agroökológiai potenciálját, különböző természetes és agrár-ökoszisztémák biomassza-produkcióját; valamint a felszíni és felszín alatti vizek „tápanyagterhelésének” veszélyét, kockázatát. Ezeket az összefüggéseket foglaltuk össze a 3. ábrán.

A talaj vízháztartás szabályozásának lehetőségeit és környezeti hatásait mutatjuk be az 1. táblázatban [13].

(6)

Termőhely-specifikus precíziós növényi tápanyag-ellátás [1, 3, 20]:

- a növény igényeinek (tápanyag-felvételi dinamikájának), az időjárásnak, a talajnak (tápelemtartalom és állapot, tápanyag szolgáltató és hasznosító képesség; kémhatásvizonyok és mészállapot, fizikai talajféleség, vízgazdálkodási tulajdonságok), illetve a nedvességvizonyoknak egyaránt megfelelő *ésszerű műtrágyahasználat*;

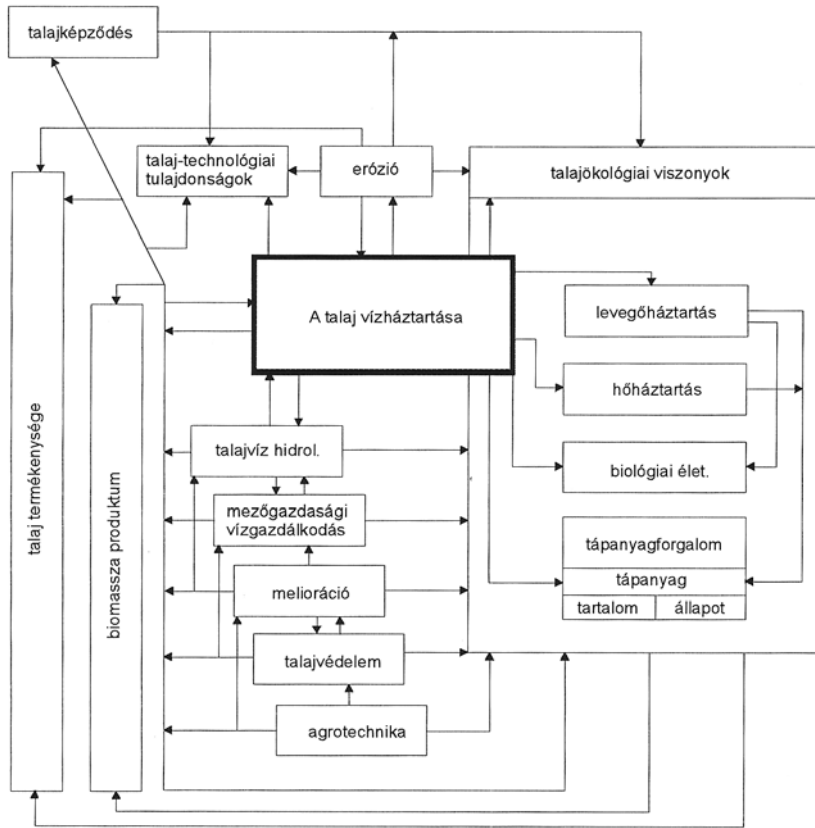
- a *növényi maradványok és a szerves trágya hatékony hasznosítása*, minél nagyobb hányadának visszajuttatása az anyagok természetes körfolyamatába (*recycling*);

- a különböző emberi tevékenységek során keletkező *hulladékok* tápanyag- és szervesanyag-tartalmának ártalommentes *hasznosítása*.

Az *ésszerű, termőhely-specifikus precíziós növényi tápanyagellátás nem jelent veszélyt a környezetre*, mert az esetleges káros környezeti mellékhatások megfelelő szerves- és műtrágyahasználattal és szigorúan ellenőrzött melléktermék/hulladék „visszacsatolással” eredményesen kiküszöbölhetők, megelőzhetők.

(7)

Talajszennyeződés megelőzése, mérséklése [1, 3, 10, 16]. A *talajszennyezés megelőzésének, mérséklésének legfontosabb területei* a következők:



3. ábra A talaj vízháztartásának hatása a talaj egyéb jellemzőire és szabályozásának lehetőségei

Lehetőségek		Módszerek	Környezeti hatások
Felszíni lefolyás	Megakadályozása vagy mérséklése	talajvédő gazdálkodás: beszivárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró megtelepítése; talajművelés); beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás)	1, 1a 5a, 8
Felszíni párolgás		beszivárgás gyorsítása (talajművelés mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása	2, 4
Talajon keresztüli talajvíz-táplálás		talaj víztartó-képességének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése	5b, 7
Talajvízszint emelkedés		szivárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás, szivattyúzás, drénezés)	2, 3 5b, 5c
Talajba szivárgás		felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)	1, 4, 5a, 7
Talajban történő hasznos tározás	elősegítése	talaj vízraktározó-képességének növelése (beszivárgás elősegítése, talaj víztartó-képességének növelése); megfelelő művelési ág és vetésszerkezet (növény megválasztás); talajjavítás; talajkondicionálás	4, 5b, 7
Hiányzó víz pótlása (öntözés)		öntözés	4, 7, 9, 10
Felesleges és káros vizek felszíni	} elvezetése	felszíni	1, 2, 3, 5c, 6, 7, 11
felszín alatti		felszín alatti	

1. táblázat A talajvízháztartás szabályozásának lehetősége, módszerei és környezeti hatásai

Kedvező környezeti hatások	Kedvezőtlen környezeti hatások
<p>Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Víz okozta talajerózió; talajfolyás 2. Másodlagos szikesedés 3. Láposodás, vizenyősödés, belvízveszély 4. Aszályérzékenység, repedezés 5. Kijuttatott tápanyagok <ol style="list-style-type: none"> 5a. bemodósása (→ felszíni vizek eutrofizáció) 5b. kilúgzódása (→ felszín alatti vizek) 5c. immobilizációja 6. Fitotoxikus anyagok képződése 7. Biológiai degradáció 8. Árvízveszély a vízgyűjtőterületen 	<ol style="list-style-type: none"> 9. Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás-mocsarasodás) 10. Tápanyag-kilúgzódás 11. Szárazság-érzékenység

1. táblázat (folytatás)

- *emisszió/imisszió csökkentés*: a levegőből, száraz és/vagy nedves ülepedés, felszíni vagy felszín alatti vizekből, vagy különböző emberi tevékenységek (alkalmazott agrokemikáliák; szennyvíz-, szennyvíziszap- és hulladékelhelyezés) következményeként a talajra vagy a talajba jutó (potenciális) szennyező anyagok mennyiségének csökkentése;

- a potenciálisan káros elemek vagy vegyületek mobilizálódásának megelőzése („a kémiai időzített bomba” hatástalanítása, „felrobbanásának” megakadályozása);

- a talaj szennyező anyagokkal szembeni érzékenységének/sérülékenységének csökkentése: a talaj puffercapacitásának és detoxikáló képességének növelésével, így különböző szennyező anyagokkal történő, káros következmények nélküli „terhelhetőségének” növelése vagy legalább megőrzése.

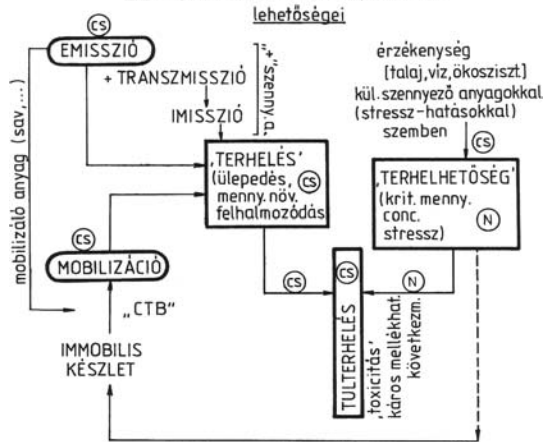
Ezeket a lehetőségeket foglaltuk össze a 4. ábrán.

Következtetések

Mindez csak körültekintő és alapos hatáselemzések és reális prognózisok rendszerére alapozva lehet a kívánt mértékben céltudatos, eredményes és hatékony. Ezek ma a kutatások – feltétlenül prioritásként kezelendő – legfontosabb feladatai, igénybe véve a gyors tudományos-technikai fejlődés minden korszerű eszközét (analitika, térinformatika, távérzékelés, számítógép-technika, modellezés stb.).

Az új tudományos ismeretekre alapozott alternatívákat és kidolgozott talajhasználati eljárásokat

A talajszennyeződés szabályozásának



4. ábra Talajszennyező(ődés) szabályozásának lehetőségei. (CS = csökken(t)és; N = növekedés, növelés)

az oktatás, nevelés és tájékoztatás legkülönbözőbb szintjein és formáin kell megismertetni. Megfelelő jogszabályok és gazdasági szabályozók rendszerét kell létrehozni, ami a kívánatos alapelvek betartására ösztönöz, ha kell kényszerít. Mindekelőtt azonban olyan ösztársadalmi tudatot és morált kell kialakítani, ami a „fenntartható fejlődés” két részelemét egyaránt elismeri, s hajlandó tenni is érte. Még akkor is, ha ez pillanatnyi érdekeivel nem esik egybe.

IRODALOM

1. AGRO–21 (1995): Az agrárgazdálkodás fenntartható fejlődésének tudományos megalapozása. AGRO–21 Füzetek. (10) 5–26.

2. Bouma, J.–Várallyay, Gy.–Batjes, N. H. (1998): Principal land use changes anticipated in Europe. *Agruculture, Ecosystems and Environment*, 67: 103–119.
3. Kádár I. (1992): A növénytaplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest, 398 p.
4. Láng I.–Csete L.–Harnos Zs. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. 265 p.
5. Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program. I. kötet. FVM Kiadása, Budapest, 1999. 174 p.
6. Stefanovits P. (1992): Talajtan. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest
7. Szabolcs I.–Várallyay Gy. (1978): A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. *Agrokémia és Talajtan*, 27: 181–202.
8. Várallyay Gy. (1997a): A fenntartható talajhasználat problémái egy közös Európában (egy magyar talajtanos agrárszakember szemével). *MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója* (1996) 314–318.
9. Várallyay Gy. (1997b): A talaj és funkciói. *Magyar Tudomány*. XLII. (12) 1414–1430.
10. Várallyay, Gy. (1997c): Sustainable development – a challenge for rational land use and soil management. In: *Filep, Gy.* (Ed.): „Land Use and Soil Management”. 1–33. *Agric. Univ. Debrecen*
11. Várallyay, Gy. (1998): Multifunctional soil management for sustainable development in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*. 47. 7–22.
12. Várallyay Gy. (2000): Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. In: „Székfoglalók” 1–32. *Magyar Tudományos Akadémia*. Budapest
13. Várallyay Gy. (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar Tudomány*. XLVI. (7) 799–815.
14. Várallyay Gy. (2002a): Új tudományos kihívások egy korszerű földminősítési rendszerrel szemben. *Geodézia és Kartográfia*, 54. évfolyam 7. szám, 3–11.
15. Várallyay, Gy. (2000b): Rational utilization of agricultural production space in Europe. *Pamiętnik Pulawski*, 120/II. I.U.N.G. Pulawy, 471–486.
16. Várallyay Gy. (2002c): Talajkészleteink megőrzése, a fenntartható fejlődés fontos eleme. In: *Az agrokémia időszerű kérdései*, DATE AC Mezőgazdaságtudományi Kar – MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottság, Debrecen. 23–40.
17. Várallyay Gy. (2002d): A talaj multifunkcionalitásának szerepe a jövő fenntartható mezőgazdaságában. *Acta Agronomica Supplementum* (2002. XI. 19-i jubileumi ülés), Martonvásár, 13–25.
18. Várallyay Gy.–Láng I. (2000): A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények*. 5–19.
19. Várallyay Gy.–Németh T. (1996): A fenntartható mezőgazdaság talajtani-agrokémiai alapjai. *MTA Agrártudományok Osztálya Tájékoztatója* (1995). 80–92. *Akadémiai Kiadó*. Budapest
20. Várallyay Gy.–Németh T. (1999): A környezetkímélő növénytermesztés agrokémiai-talajtani alapjai. In: „Növénytermesztés és Környezetvédelem”. 69–75. *MTA Agrártudományok Osztálya*. Budapest
21. 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.