

Várallyay György

A talaj vízgazdálkodása és a környezet*

Két – a tudóstársadalomban feltételezhetően nem egyértelmű helyesléssel találkozó sokak által vitatott vagy vitatható – tételt próbálok meg dolgozatommal összevontan bizonyítani:

(1) *A talajban tározott nedvesség is víz, amelynek a vízgazdálkodás egészére, felszíni és felszín alatti vízkészleteink mennyiségére és minőségére, térbeli eloszlására és időbeni dinamikájára jelentős, gyakran meghatározó hatása van. Hisz a talaj Magyarország legnagyobb (természetes) víztárolója.*

(2) *Az agroökológia is ökológia, az agrárökoszisztémák is ökoszisztémák, a természetű növények és azok környezete is élőlényegyüttes, csak azok szabályozottságának mértéke és módja különbözik.*

Hazánkban egyik tétel hangsúlyozása sem vonható kétségbe, hisz

- *Magyarország a hidro(geo)lógiailag zárt Kárpát-medence legmélyebb fekvésű része, amelynek vízháztartására a talaj és talajhasználat mindig nagy (gyakran meghatározó) hatással volt (Antal et al., 2000).*

- *Magyarország területének 85%-át borítja növényzet, amelynek – sajnos – csak nagyon kis része „természetes” ökoszisztéma: a szántó, kert, szőlő, gyümölcsös egyáltalán nem az, de gyepterületeinknek, sőt, erdeinknek is csak kisebb része az.*

Az ország vízgazdálkodási és ökológiai problémáinak megoldásában tehát a talaj nedvességforgalma megkülönböztetett fontosságú és jelentőségének megfelelő odafigyelést érdemel.

* A Magyar Tudományos Akadémia „Magyarország az ezredfordulón” című stratégiai kutatásainak ke-
retében súlyának és jelentőségének megfelelően kaptak helyet

- a hazai vízgazdálkodás (Somlyódy, 2000a,b,c; Somlyódy et al., 1997) és
- az ökológia (Borhidi et al., 2000; V. Magyar Ökológiai Kongresszus ..., 2000) stratégiai kérdé-
sei is.

A vízgazdálkodás szakterületén végzett kutatások fontosabb eredményeit a Magyar Tudományos Akadémia és a Közlekedési és Vízgazdálkodási Minisztérium közös szervezésében megtartott „Vízgazdálkodás 21” című tudományos rendezvényen (MTA, Budapest, 2000. szeptember 27.) mutatták be, továbbá a Magyar Tudomány hasábjain (Somlyódy, 2000b), valamint „A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései” című igényes kivitelű és tartalmú kötetben (Somlyódy, 2000c) foglalták össze a szerzők. Az ökológiai program (Jermy et al., 1998) számos elemének tudományos eredményeiről pedig az V. Magyar Ökológiai Kongresszuson (Debrecen, 2000. október 25–27.) számoltak be.

Mindkét szakterület értékes anyagának alapos átnézése után alakult ki az a hiányérzetem, amely jelen dolgozat megírására késztetett. Összeállításommal egyetlen céloom az volt, hogy felhívjam a figyelmet a talaj vízgazdálkodási és ökológiai szerepének jelentőségére, ami a hivatkozott két stratégiai program eredmény-összefoglalójában csak halványan, nem súlyának és fontosságának megfelelően jelent meg, néhány vonatkozásában pedig teljesen kimaradt, annak ellenére, hogy ez a programok indító annotációjában (Borhidi et al., 2000; Somlyódy et al., 1997) – jól indokoltan – megfelelő hangsúlyt kapott.

A fenntartható fejlődés két fontos alapeleme Magyarországon legfontosabb természeti erőforrásunkat képező *talajkészleteink ésszerű hasznosítása*, védelme, állagának megőrzése, *sokoldalú funkcióképességének fenntartása*; valamint racionális gazdálkodás felszíni és felszín alatti vízkészleteinkkel és azok minőségének megővése. Ez *mezőgazdaságunk, vízgazdálkodásunk és környezetvédelmünk* egyik legfontosabb közös feladata, amely az állam, a tulajdonos és a használó, valamint az egész társadalom részéről megkülönböztetett figyelmet igényel, átgondolt és összehangolt intézkedéseket tesz szükségessé (Várallyay, 1995, 1997a, 2000).

A talaj funkciói

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

- (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 életteret a talajbani élettevékenységnek, termőhelyet 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) Történelmi örökség hordozója.

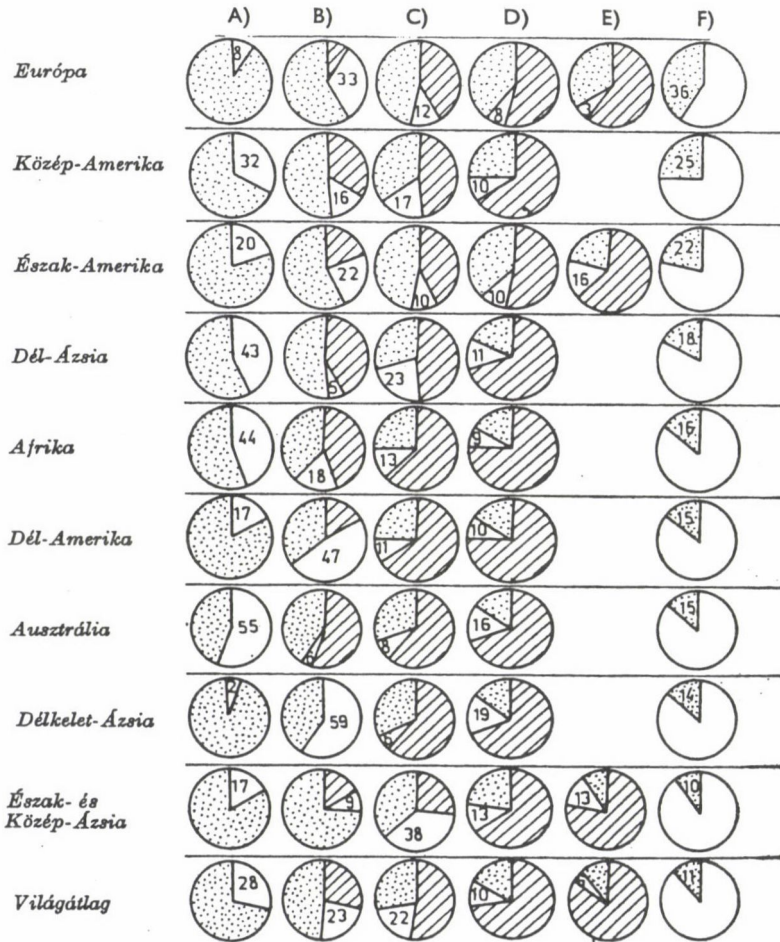
E funkciók fontossága, jelentősége, „súlya” térben és időben egyaránt változott és változik ma is. Hogy hol és mikor melyik funkciót hasznosítja az ember az adott gazdasági helyzettől, szocio-ökonómiai körülményektől és politikai döntésektől, az ezek által megfogalmazott céloktól, „elvárásoktól” függ. Hosszú időn keresztül csak a biomassza-termeléssel kapcsolatos (a), (b) és (c) funkciók voltak fontosak, míg az utóbbi években különösen felértékelődtek a környezet minőségével kapcsolatos (d), (e), (f) és (g) funkciók.

A talaj-környezet kölcsönhatás kétoldalú. A talaj egyrészt „elszenvedi” a környezet gyakran káros stresszhatásait, másrészt – elsősorban ésszerűtlen használata esetén – okoz(hat) is ilyeneket, fenyegetést jelentve környezetünk többi elemeire: a felszíni és felszín alatti vízkészletekre, a felszín közeli légrétegre, az élővilágra, a tájra (Várallyay, 1987, 1989a, 1994).

Korlátozott és felértékelődő vízkészletek

A világ édesvízkészletei egyre inkább keresett hiánycikké, *stratégiai jelentőségű* tényezővé válnak. A vízfelhasználás hatásfokának növelése tehát

parancsoló feladat, amelynek nincs alternatívája. Különösen érvényes ez akkor, ha figyelembe vesszük, hogy a vízkészletek közvetlen jelentőségén túlmenően az emberiség létét biztosító biomassza-termelést akadályozó tényezők jelentős része is a vízháztartással kapcsolatos, annak oka vagy következménye. Szemléletesen mutatja be ezt a FAO adatai alapján készített 1. ábra (Várallyay, 1997b).



1. ábra.

A talaj termékenységét gátló főbb tényezők a Földön (az összes terület %-ában).

A) Szárazság. B) Tápanyaghiány. C) Sekély termőréteg. D) Túl bő nedvesség.

E) Állandó fagy. F) Hasznosítható.

Magyarország természeti adottságai között is nagy biztonsággal előrejelezhető, hogy az életminőség javítását célzó társadalmi fejlődésnek, a mezőgazdaság-fejlesztésnek és a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz

egyik meghatározó tényezője, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, illetve ennek érdekében a talaj vízháztartás-szabályozása pedig megkülönböztetett jelentőségű kulcsfeladata (Várallyay, 1989; 1995, 1997a).

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 időbeni változékonysága sem (Várallyay, 1994). Hazánkban – elsősorban a Magyar Alföldön – pedig éppen ennek van megkülönböztetett jelentősége. Az átlagos 550 mm évi csapadékmennyiség ugyanis többnyire szeszélyes időbeni és területi megoszlásban hull le (Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989), 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 (Petrasovits, 1982; Szalai, 1989; Várallyay, 1987; Alföldi et al., 1994). A legfájdalmasabb példát erre épp a kilencvenes években egymást követő száraz évek utáni csapadékosabb periódus; illetve – még szélsőségesebben – a nagyon csapadékos 1999. évi őszt és 2000. évi tavaszt követő nyári-kora őszi szinte csapadékmentes periódus szolgáltatta pusztító árvizeket, belvizeket, talaj-túlnedvesedést, illetve aszályt és komoly aszálykárokat eredményezve.

A 85–90%-ban szomszédos országokból érkező *felszíni vizeink* mennyiségének növekedésére sem lehet számítani, különösen nem a kritikus „kisvízi” időszakokban. Felhasználhatóságuk mértékét nemzetközi egyezmények szabályozzák, az országból kilépő vízfolyások garantálandó vízminőségével együtt. Különböző okok miatt nem lehet mesterséges víztározókapacitásunk jelentősebb növekedésére sem számítani. *Felszín alatti vízkészleteink* ugyancsak nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezeti következmények nélkül, mint erre az utóbbi években a már-már katasztrofális következményekkel járó és „sivatagosodási tüneteket” okozó Duna-Tisza közti talajvízszint-süllyedés hívta fel a figyelmet (Alföldi, 1999).

A korlátozott készletekből először a lakossági és ipari vízigényeket kell kielégíteni, beleértve az üdülés és természetvédelem vízigényeit is. Mivel ezek mindegyike gyorsan és nagymértékben növekszik, a fokozott mértékű felhasználással óhatatlanul romló vízminőség pedig újabb és újabb vízkészleteket zár ki a növénytermesztési vízfelhasználásból, egyértelműen levonható az a következtetés, hogy a biomaszatermelés növekvő vízigényét a jövőben Magyarországon (is) csökkenő vízkészletekből kell kielégíteni. Hasonlóan, mint a világ számos más területén.

A rendszertelen időjárási helyzetek, valamint a gyakran mozaikosan tarka talajtakaró kombinációi változatos aszálykövetkezményeket, aszálykárokat eredményez(het)nek Magyarországon, elsősorban a Magyar Alföld változatos mikrodomborzatú, talajtakarójú és talajvízű területein, mint ezt az elmúlt évek tudományos igényű aszályelemzése meggyőzően igazolták (Alföldi et al., 1994; Baráth et al., 1993; Cselóti és Harnos, 1994; Várallyay, 1988). Márpedig a korszerű – fenntartható – biomaszatermelésben megkülönböztetett jelentősége van a termésbiztonságnak, a termelési kockázatok csökkentésének, a szélsőséges vízháztartási és ökológiai stresszhelyzetek megelőzésének, kiküszöbölésének, mérséklésének.

Mindez csak a *vízfelhasználás hatásfokának növelésével* képzelhető el és valósítható meg, amelynek egyik alapvető eleme a *talaj vízháztartásának, nedvességforgalmának hatékony szabályozása*. Nem túlzás ugyanis azt állítani, hogy *a talaj hazánk legnagyobb kapacitású természetes víztározója*. Jól mutatják ezt az alábbi – becslt és jelentős mértékben ingadozó – számadatok:

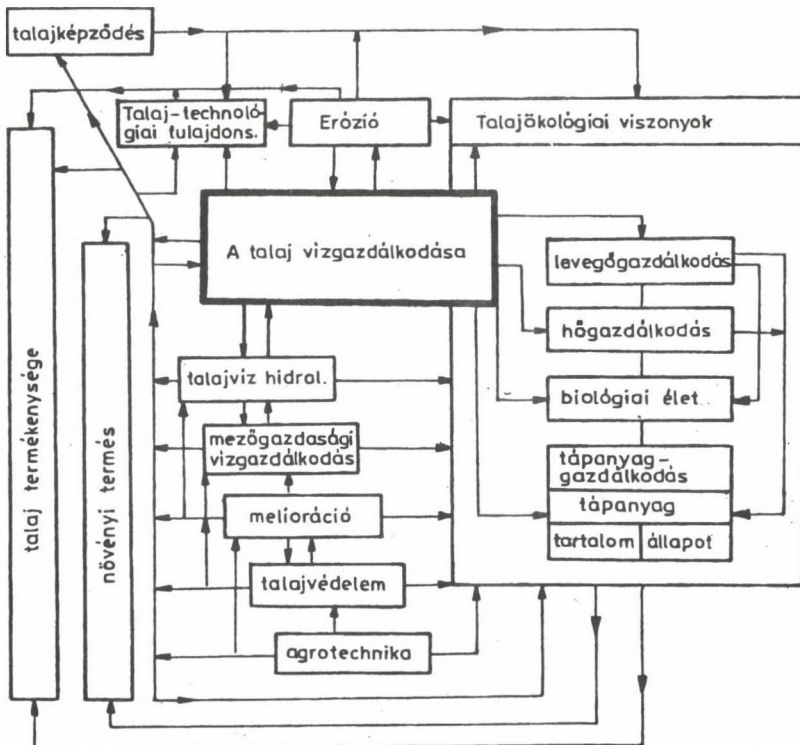
- a hazánkba lépő felszíni vízfolyások hozama: 110–120 km³/év;
- a Balaton víztömege: 2–2,5 km³;
- a hazánk területére hulló (átlagosan 550–600 mm-nyi) évi csapadék mennyisége: 50–55 km³;
- a talaj felső egy méteres rétegének tározótére 30–35 km³. Ennek mintegy fele a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, másik fele „hasznosítható víz”, amelyre vonatkozóan pontos területi adatok állnak rendelkezésünkre. Mindez azt jelenti, hogy a lehulló csapadék több mint fele (!) egyszerre „beleferne” a talajba, ha beszivárgását nem akadályozná a talaj tározóterének kisebb-nagyobb mértékű vízzel telítettsége (mint pl. 2000 tavaszán a csapadékos 1999. évi őszt követően), vagy a talaj felszínén, illetve felszín közeli rétegeiben kialakuló kis vízvezető-képességű (lassú víznyelésű) réteg, ami megakadályozza vagy lassítja a talaj nedvességtározó terének feltöltését. Ez következett be a Magyar Alföld hatalmas kiterjedésű nehéz mechanikai összetételű (nagy agyag- és duzzadó agyagásvány-tartalmú) és szikes talajain. A talaj még a hosszabb-rövidebb belvízborítás alatt sem ázott be mélyen, nem „használta ki” legalább a felső egy méteres réteg víztároló kapacitását. S ezért fordult elő azután – nagy területeken – az a helyzet, hogy a belvizek természetes eltűnése vagy mesterséges eltűntetése után a csapadékszegény nyári időszakban a talaj viszonylag vékony rétegében tározott csekély vízmennyiség csak rövid ideig volt képes a növényzet vízigényét kielégíteni, s a tavasszal belvizes vagy túlnedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeztek. S ez a „vízháztartási kétarcúság” sajnos nem kivételes eset, hanem egyik jellemzője a Magyar Alföldnek, amelyben a talaj megkülönböztetett fontosságú szerepe nem vitatható. Szemléletes bizonyítéka ennek az a tény, hogy azonos időjárási szélsőségek a talajviszonyoktól függően nagymértékben különböző ökológiai stresszhelyzeteket és következményeket eredményez(het)nek. Így volt ez 2000-ben is: a szélsőséges vízgazdálkodású, belvizes majd aszályos területeken súlyos, helyenként katasztrófális volt a termés kiesés, míg a jó és kiegyenlített vízgazdálkodású talajokon ez alig vagy csak mérsékelten volt megfigyelhető.

Egy akadémiai felmérés megállapítása szerint: a jó minőségű talajvízből kapillárisan a talajvízszint feletti talajrétegekbe jutó víz mennyisége Magyarországon teljes öntözési kapacitásának két-háromszorosa (Várallyay, 1980). Nem mindegy tehát, hogy ez a hatalmas potenciális talajnedvesség-tározótér hogyan töltődik fel, hogyan telítődik, hogyan hasznosul.

A talaj vízgazdálkodásának jelentősége

A talaj sokoldalú funkcióinak zavartalanságában, termékenységében és környezeti érzékenységében egyaránt megkülönböztetett szerepe van a *talaj vízgazdálkodásának* (Várallyay, 1987, 1989a,b, 1995).

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 tűrési 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. Ezen összefüggéseket foglalja össze a 2. ábra (Várallyay, 1987, 1989b).



2. ábra. A talaj vízgazdálkodásának hatása a talaj egyéb jellemzőire és szabályozásának lehetőségei

Az ország agroökológiai potenciálját korlátozó tényezők 1:500 000 méretarányú térképének egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 3. ábrán (Szabolcs és Várallyay, 1978).

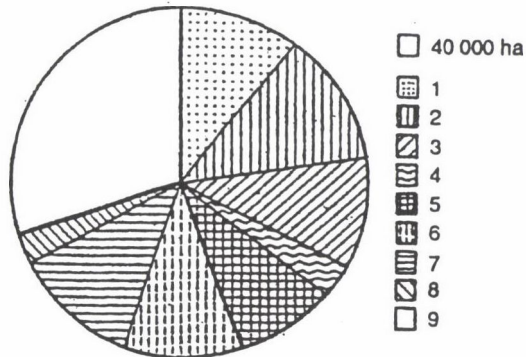


3. ábra. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon.

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

E tényezők nagy része közvetlenül vagy közvetve a talaj vízgazdálkodásával kapcsolatos, a talaj sajátos nedvességforgalmának az oka vagy következménye (Szabolcs és Várallyay, 1978; Várallyay, 1985). A láposodás és mocsarasodás elsődleges okai pl. a hosszabb-rövidebb ideig tartó felszíni vízborítás, a vízzel történő tartós túltelítettség, a túlbő nedvességviszonyok, ill. ennek fizikai, kémiai, biológiai és anyagforgalmi következményei (nagy biomassza produktumú vegetáció; uralkodóan anaerob viszonyok → lassú szervesanyag-lebomlás → nagy szervesanyag-tartalom). A víz mint oldószer, reagens és szállító közeg fontos, gyakran meghatározó szerepet játszik a sófelhalmozódási és/vagy szikesezési folyamatokban, a talaj vízgazdálkodásának tehát megkülönböztetett jelentősége van a szikes talajok kialakulásában. Az eróziós károk jelentős része ugyancsak a talaj vízgazdálkodásának a következménye (limitált beszívargás → felszíni lefolyás → erózió). Ugyanakkor a felsorolt gátló tényezők túlnyomó része (pl. a szélsőségesen könnyű vagy nehéz mechanikai összetétel, szikesezés, felszín közeli tömör kőzet) elsősorban épp a talaj vízgazdálkodásának befolyásolásával korlátozza közvetlenül (növény zavartalan vízellátásának akadályozása) vagy – a talaj hő- és levegőgazdálkodásának, biológiai tevékenységének, tápanyagforgalmának befolyásolásával – közvetve a talaj termékenységét, az élővilág (biota, természetes növényzet, termesztett növények) talajökológiai igényeinek kielégítését (Bulla, 1989; Várallyay, 1988, 1989b).

Felméréseink szerint hazánk talajainak mintegy 44%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és csupán 30%-a jó vízgazdálkodású. Szemléletesen mutatja ezt a 4. ábra kördiagramja, amelyen a talaj kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságainak fő okait is feltüntettük: ez az ország összterületének 10,5%-án a nagy homoktartalom, 12%-án a nagy agyagtartalom, 10%-án a szikesedés, 3%-án a láposodás, 8,5%-án pedig a felszínközeli megjelenő szilárd kőzet, tömör padok, kavics vagy egyéb tényezők okozta „sekély termőréteg”. A talaj közepes vízgazdálkodási tulajdonságainak okai az előbbinél kevésbé szélsőséges, de még mindig nagy homoktartalom (11%), illetve agyagtartalom (12%), valamint a talaj mélyebb rétegeiben előforduló mérsékelt szikesedés (3%).



4. ábra.

Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodású talajok megoszlása Magyarországon.

1-5. Kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok. A kedvezőtlen vízgazdálkodás oka:

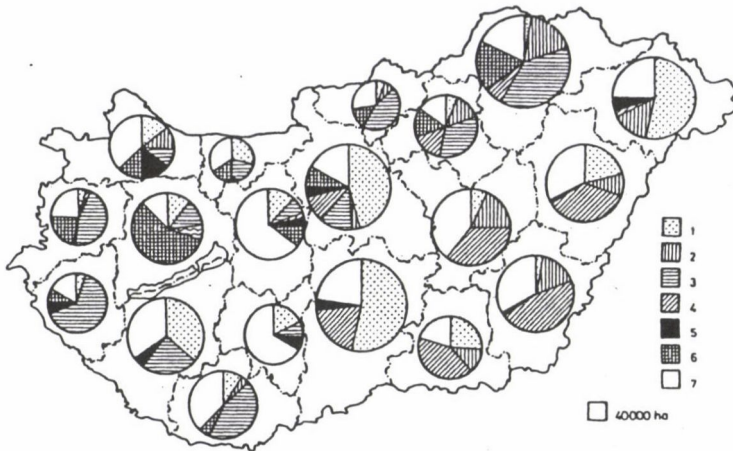
1. Szélsőségesen nagy homoktartalom. 2. Szélsőségesen nagy agyagtartalom. 3. Szikesedés. 4. Láposodás. 5. Sekély termőréteg. 6-8. Közepes vízgazdálkodású talajok. A közepes vízgazdálkodás oka: 6. Nagy homoktartalom.

7. Nagy agyagtartalom. 8. Mérsékelt szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben.

9. Jó vízgazdálkodású talajok.

A különböző okok miatt kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodású talajok területét – megyénként – az 5. ábra térképén elhelyezett kördiagramokon szemléltetjük (a körök nagysága a megye területével arányos). Annak ellenére, hogy a talaj vízgazdálkodását a talajtulajdonságokon túlmenően természetesen az éghajlati viszonyok (elsősorban a csapadékviszonyok), a lejtős területeken pedig a domborzat is jelentősen befolyásolja, az 5. ábra alapján a melioráció és a mezőgazdasági vízgazdálkodás fő feladatai jól kirajzolódnak. Azonnal szembetűnik pl., hogy Bács-Kiskun, Pest, Somogy és Szabolcs-Szatmár megyékben a nagy homoktartalom, Szolnok megyében a nagy agyagtartalom, Baranya, Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, Nógrád, Vas és Zala megyékben a talajszelvényen belüli agyagfelhalmozódás és az erózió, Békés, Csongrád, Hajdú-Bihar és Szolnok megyékben a szikesedés, Veszprém megyében pedig a felszín közeli tömör kőzet megjelenése miatti sekély termőréteg okozza elsősorban a talajok nem megfelelő vízgazdálkodását, jelöli ki a talajnedvesség-szabályozás fő feladatait. Ugyanakkor Tolna és Fejér megye talajainak nagyobb része jó vízgazdálkodású (Várallyay, 1987).

A 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 talajvíz-



5. ábra Kedvezőtlen és közepes, valamint jó vízgazdálkodású talajok megoszlása megyénként.

1–6. Különböző okok miatt kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodású talajok.

A kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodás oka: 1. Nagy homoktartalom.

2. Nagy agyagtartalom. 3. Agyagfelhalmozódás a talajszelvény egyes rétegeiben.
4. Szikesedés. 5. Láposodás. 6. Sekély termőréteg. 7. Jó vízgazdálkodású talajok.

háztartási 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.

A talaj és talajhasználat hatása vízkészleteinkre

A talaj és talajhasználat vízkészletekre gyakorolt sokoldalú hatásai közül – példaképpen – ötöt emelünk ki a vízháztartás-szabályozás és környezetvédelem szoros kapcsolatának illusztrálására (Láng, Csete és Harnos, 1983; Várallyay, 1990, 1994, 2000).

1. Talajerózió

- (a) Becslések szerint 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 szedimenttranszportja közvetítésével felszíni vizeinkbe jut. Ez egyrészt a vízfo-

lyások, 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 szennyezőanyagterhelést 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, hanem a felszíni lefolyás okozta szediment-transzporton keresztül, talajszemcsékhez kötve vagy közvetlenül műtrágyaszemcsék 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 következmény-láncon 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

A hetvenes években gyorsan felfutó műtrágyahasználat – az új, nagy genetikai potenciálú, bőven termő fajták, a komplex gépesítés és az integrált növényvédelem bevezetése mellett – jelentős mértékben hozzájárult az ország növényi terméshozamainak gyors növekedéséhez.

Tény az is, hogy a felszíni és felszín alatti vizek minőségében ugyanebben az időszakban következett be jelentős romlás. Ez az időbeni egybeesés azonban még nem bizonyít oksági összefüggést. Hisz ugyanebben az időszokban növekedett ugrásszerűen a többi potenciális szennyező forrás is: a koncentrált állattartótelepek megoldatlan elhelyezését hítrágyája; a kiskertek ellenőriz(het)etlen szennyvízelhelyezése és műtrágyahasználat; az ipari fejlődés és turizmus, a maga gyakran megoldatlan hulladék- és szennyvízelhelyezésével; valamint a nyíló „közmű-olló”: vezetékes vízellátás bevezetése a szennyvízelvezető rendszer egyidejű kiépítése nélkül. Komoly potenciális pontszerű vagy „kvázi pontszerű” szennyező forrást jelenthet a műtrágyák és szerves trágyák szakszerűtlen tárolása, továbbá ezek, valamint a hítrágyák, szennyvizek és hulladékok szakszerűtlen területi elhelyezése is. Megalapozottan semmiképp nem általánosítható azonban az állítás, hogy a bekövetkező vízminőség-romlásnak a műtrágyázás volt a fő oka.

Az ésszerű műtrágyahasználat ugyanis nem, vagy csak kismértékben lehet veszélyes vízkészleteink minőségére. Annak során ugyanis csak annyi műtrágyát juttatunk a talajba, amennyire a természetű növény zavartalan tápanyagellátásához az adott körülmények (időjárás, domborzat, talajviszonyok) között szükség van; minimálisra csökkentjük a műtrágyázással kiadagolt tápanyagok veszteségeit; és maximálisan biztosítjuk azok hatékonyságának érvényesülésének feltételeit. Igaz az is, hogy a rendszerváltás előtti, nagy terméket hajszó, erősen dotált műtrágyázások időszakában a hazai általános műtrágyázási gyakorlat sajnos ettől sok esetben nagyon messze

volt, pedig Magyarországon már ekkor korszerű, tudományosan megalapozott és nemzetközileg is elismert műtrágyázási szaktanácsadási rendszer állt a mezőgazdasági gyakorlat rendelkezésére (Várallyay, 1990).

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 élővízbefogadónk annak fogadására. Ezek minőségét ugyanis 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 sókészletének 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 „másodlagos” sófelhalmozódás, szikesedés veszélye (Várallyay, 1995).

5. Talajszennyeződés

A hígtrágya, a szerves- és műtrágyák elsősorban „tápanyagterhelésükkel” jelentenek veszélyt a környezetre, vízkészleteinkre, s ezen belül is ivóvízbázisunkra (Várallyay, 1990). A talajra kihelyezett, vagy a talajba juttatott különböző eredetű és kémiai összetételű hulladékok, szennyvizek és szennyvíziszapok viszont elsősorban káros alkotórészeikkel, nehézfém- és detergenstartalmukkal szennyezik a talajt és környezetet (Várallyay, 1995).

A talaj – bizonyos határig – képes a talajba jutó szennyező anyagok 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. A toxicitás talaj-, növény-, állat-, illetve ember-specifikus fogalom, amit a szóban forgó elem összes mennyiségén túlmenően az oldhatóság, mozgékonyság és felvehetőség határoz meg, ami nagymértékben függ a talaj vízháztartásától.

A talaj vízháztartás-szabályozásának célja és talajtani megalapozása

A talaj vízháztartás-szabályozásának *célja* – a fenntartható környezeti-kímélő talajhasználat érdekében – a talaj zavartalan funkcióképességének biztosítása, elősegítése. Nevezetesen:

- a természetes növények és a termesztett növények vízellátása;
- a növény egyéb ökológiai feltételei (például tápanyagigény) kielégítésének elősegítése;

- a talaj anyagforgalmi folyamatainak kedvező irányú befolyásolása:
 - tápanyagforgalom (a talajban lévő és/vagy oda kijuttatott növényi tápanyagok hatékony érvényesülésének biztosítása → zavartalan növényi tápanyagellátás);
 - sóforgalom (a talaj káros sótartalmának csökkentése);
 - szervesanyag-forgalom (a humusztartalom csökkenésének megakadályozása stb.)
 - a talaj mikrobiális tevékenységének optimalizálása;
 - különböző talajszennyező anyagok forgalmának szabályozása (mennyiségének csökkentése, immobilizációja),
- a talajhasználat vízkészletekre gyakorolt káros hatásainak megelőzése, kiküszöbölése, minimalizálása:
 - vízkészletek mennyiségi szélsőségeinek (aszály, belvíz, árvíz) mérésükleése;
 - felszíni és felszínalatti vízkészletek minőségének megóvása;
- biodiverzitás fenntartása.

A talaj vízháztartás-szabályozásának lehetőségeit, korlátait, szükséges elemeit, feltételeit és körülményeit az éghajlati viszonyok, a domborzat, a természet 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: nedveségtartalma, a talajnedvesség állapota, kémiai összetétele, vertikális és horizontális mozgása.

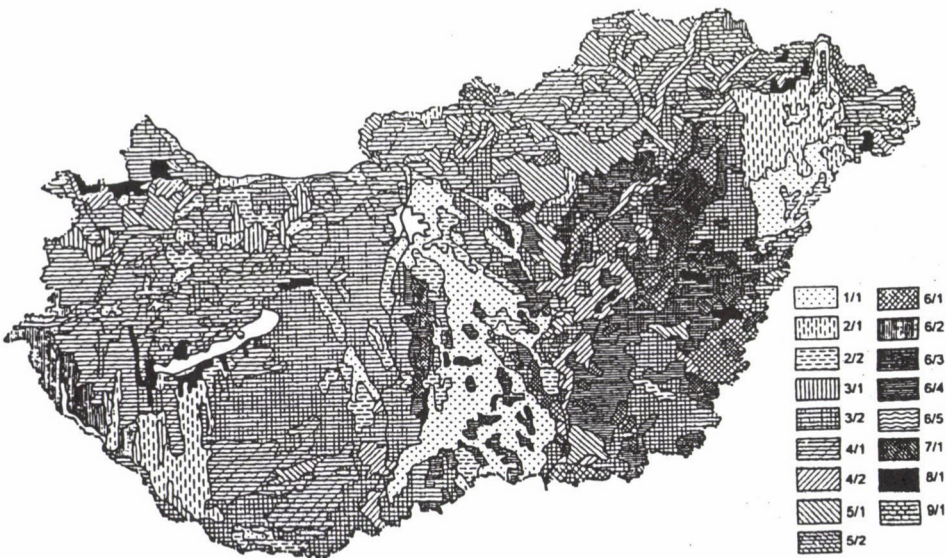
A talaj vízgazdálkodásának szabatos jellemzéséhez a felsorolt tényezők pontos és kvantitatív ismeretére van szükség, mégpedig azok térbeli eloszlását és időbeni dinamizmusát jellemző valószínűségi és gyakorisági értékekkel együtt. E tényezőktől függ a talaj vízmérlege, tehát hogy a talaj felszínére jutó 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 tervezéséhez megfelelő talajtani információ-anyag szükséges, mégpedig a beavatkozások minden szintjén (országos, regionális, üzemi és táblaszinten) és minden fázisában (döntéshozatal, tervezés, kivitelezés, ellenőrzés). A 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 Magyarországon. Ennek a rendszernek legfontosabb lépései a következők:

- (1) Vizsgálati rendszer és korszerű számítógépes adatbázis megalkotása a legfontosabb talajfizikai-talaj vízgazdálkodási jellemzők meghatározására, a vizsgálati eredmények „tárolására” és értékelésére (Várallyay, 1987).
- (2) A talaj vízgazdálkodási tulajdonságok szerinti kategóriarendszerének (1. táblázat) megalkotása és e kategóriák 1:100 000 méretarányú térképének (6. ábra) megszerkesztése (Várallyay et al., 1980).
- (3) Hazai talajok főbb vízháztartási típusainak elkülönítése, jellemzése és 1:500 000 méretarányú térképen történő ábrázolása (Várallyay, 1985).
- (4) Hazai talajok főbb anyagforgalmi típusainak meghatározása, jellemzése és 1:500 000 méretarányú térképen történő ábrázolása (Várallyay, 1985).

- (5) Módszer kidolgozása a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak és vízháztartási jellemzőinek részletes (nagyléptékű) térképezésére és adatbázisba szervezésére a térinformatika és a távérzékelés nyújtotta korszerű új lehetőségek integrált kihasználásával.
- (6) Modellek alkotása a talaj nedvességforgalmának kvantitatív leírására és előrejelzésére; a talajvízből a talajvízszint feletti rétegekbe jutó víz (oldat, oldott anyagok) mennyiségének meghatározására; a növények jóminőségű talajvízből történő kapillaris vízellátás-kiegészítő „optimális talajvízszint, valamint a nagy sótartalmú és kedvezőtlen sóösszetételű talajvizek hatására végbemenő másodlagos szikesedési folyamatokat megelőző „kritikus talajvízszint” meghatározására (Várallyay, 1987).

A rendelkezésre álló mérési adatok alapján például a kategóriarendszer (1. táblázat) és a térkép (6. ábra) felhasználásával, a megfelelő szelvényvariáns kiválasztásával és az a–b–c (talajszelvényben nincs lényeges textúra-differenciálódás), vagy A–B–C (talajszelvényben jelentős textúra-differenciálódás van) szintek tényleges vastagságuknak megfelelően történő behelyettesítésével Magyarország bármely talajtípusára, illetve azok szelvényének bármely vastagságú rétegeire meghatározható a talajvíz befogadására alkalmas pórustér, a felszínre jutó víz beszivárgásának sebessége, a talajban tárolható víz mennyisége, sőt ennek „holtvíz”, illetve a növény számára hozzáférhető „hasznos víz” hányada is. Mindezek alapján lehetővé válik egy-egy táj, vízgyűjtő, körzet, üzem, esetleg egyéb természeti, adminisztratív vagy térképezési területi egység talajainak korszerű vízgazdálkodási jellem-



6. ábra. A talaj vízgazdálkodási kategóriáinak egyszerűsített térképe
(Jelmagyarázat: lásd az 1. táblázatban)

A talaj-vizgazdálkodási kategóriák rétegenkénti jellemzői

(1) Katego- ria kód	(2) Vari- áns	(3) Genetikai mint	(4) Fizikai talaj- főleltség jel	VK _{sz}	HV	DV	IR mm/óra	K cm/nap
				mm/10 cm-es réteg				
1	1/1	0-50	h	<15	<5	5-10	>600	>1000
		50-100	h	<15	<5	5-10		800-1000
		100-150	h	<15	<5	5-10		500-800
		150-200	h	<15	<5	5-10		500-800
2	2/1	a	hv	15-25	5-10	10-15	300-500	500-1000
		b	vh	10-20	4-8	6-12		100-500
		c	h	<15	<5	6-10		500-800
	2/2	a	hv	15-25	5-10	10-15	150-300	500-1000
		b	hv	15-25	5-10	10-15		100-500
		c	hv	15-25	5-10	10-15		300-600
3	3/1	a	v	25-35	10-20	15-22	120-150	10-20
		b	v	25-35	10-20	15-22		10-50
		c	hv	15-25	5-10	10-15		100-500
	3/2	a	v	25-35	10-20	15-22	100-300	10-100
		b	v	25-35	10-20	15-22		10-30
		c	v	25-35	10-20	15-22		30-100
4	4/1	A	v	25-35	10-20	15-22	80-100	10-30
		B	av	35-42	20-27	12-17		1-5
		C	v	25-35	10-20	15-22		10-30
	4/2	a	av	35-42	20-27	12-17	70-100	1-10
		b	av	35-42	20-27	12-17		3-7
		c	av	35-42	20-27	12-17		5-10
5	5/1	A	av	35-42	20-27	12-17	60-70	1-5
		B	a	42-50	27-35	10-15		0,1-0,5
		C	av	35-42	20-27	12-17		0,5-2,0
	5/2	a	a	42-50	27-35	10-15	50-70	0,1-1,0
		b	a	42-50	27-35	10-15		0,1-0,5
		c	a	42-50	27-35	10-15		0,5-1,0
6	6/1	a	a	42-50	27-35	10-15	30-50	0,1-1
		b	a	42-50	27-35	10-15		0,05-0,25
		c	a	42-50	27-35	10-15		0,1-0,5
	6/2	A					10-50	0,1-1,0
		B						0,01-0,1
		C						0,1-0,5
	6/3	A					10-50	0,1-1,0
		B						0,01-0,1
		C						0,1-0,5
	6/4	a					10-50	0,5-1,0
		b						0,1-0,5
		c						0,01-0,1
	6/5	a	l		>60	>35	10-50	
		b	l		>60	>35		
		c	v, av		30-40	15-25		15-20
7	7/1	A				<10	0,01-0,1 <0,01 0,01-0,05	
		B						
		C						
8	8/1	a	l	>60	>35			
		c	hv	15-25	5-10	10-15		
		c	v	25-35	10-20	15-22		
		c	av	35-42	20-27	12-17		
		c	a	42-50	27-35	10-15		
9	9/1	a(+b)	hv	15-25	5-10	10-15		
			v	25-35	10-20	15-22		
			av	35-42	20-27	12-17		
			a	42-50	27-35	10-15		
			l	>60	>35			

Jelmagyarázat:

h: homok; vh: vályogos homok; hv: homokos vályog; v: vályog; av: agyagos vályog; a: agyag; l: tőzeg, kotu.
VK_{sz}: szabadföldi vízkapacitás; HV: holtvíztartalom; DV: hasznosítható vízkészlet; IR: víznyelés sebessége;
K: hidraulikus vezetőképesség

zése, előre jelezhető bizonyos időjárási helyzetek várható vízháztartási következményei (felszíni lefolyás, árvíz, belvív, túl nedves talajállapot, aszály), azok várható tartama, mértéke és ökológiai stresszhatásai. A megbízható és időben történő *előrejelzés* alapján pedig megfelelő vízháztartás-szabályozási intézkedések foganatosíthatók a káros hatások *megelőzésére*, kivédésére, elhárítására vagy mérséklésére.

2. táblázat

A talaj vízháztartás-szabályozásának lehetőségei, módszerei és környezeti hatásai

Lehetőségek	Módszerek	Környezeti hatások	
Felszíni lefolyás	talajvédő gazdálkodás: beszívárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró telepítése; talajművelés); beszívárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás); beszívárgás gyorsítása (talajművelés, mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása; talaj víztartó képességének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése; szívárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás, szivattyúzás, drénezés	1, 1a, 5a, 8	
Felszíni párolgás		2, 4	
Talajon keresztüli talajvíztáplálás Talajvízszint-emelkedés		5b, 7 2, 3, 5b, 5c	
Talajba szívárgás Talajban történő hasznos tározás	elősegítése	felszíni lefolyás csökkentése (l. fenn); talaj vízraktározó képességének növelése (beszívárgás 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. Túlmedvesedés (belvízérzékenység, elvizenyősödés, láposodás, mocsarasodás) 10. Tápanyag-kilúgzódás 11. Szárazságerzékenység	

A talaj vízháztartás-szabályozásának alapelvei – összefoglalás

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 talaj vízháztartás-szabályozásával valósítható meg (Várallyay, 1985, 1997a, 2000).

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 tározódjon a talajban (vízraktározó képesség növelése, „szivárgási veszteségek” csökkentése);
- a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljon a természetett növények által hasznosíthatóvá.

Ennek legfontosabb lehetőségeit foglaltuk össze – nagyon leegyszerűsítve – a 2. táblázatban, bemutatva, hogy a talaj vízháztartásába történő beavatkozások túlnyomó része egyben hatékony *környezetvédelmi intézkedés* is (Várallyay, 1994, 2000).

Mindezek alapján megállapítható, hogy a Kárpát-medence vízgyűjtőterületének talajai és talajhasználata megkülönböztetett jelentőségű elemei Magyarország vízgazdálkodásának, felszíni és felszín alatti vízkészletei mennyiségének és minőségének.

Számos vízgazdálkodási és környezeti, ökológiai probléma vezethető vissza a talajra és talajhasználatra, az azokban bekövetkező változásokra. Ezért a talaj vízgazdálkodásának korszerű jellemzését és sokoldalú, részletes, oknyomozó elemzését nem nélkülözheti sem egy vízgazdálkodási, sem egy ökológiai, sem egy agrár-környezetgazdálkodási program.

IRODALOM:

- Alföldi L., 1999. A vízgazdálkodás jelenének, jövőjének kérdőjelei. Ezredforduló (Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián) 1. 3–8.
- Alföldi L., Starosolszky Ö., Várallyay Gy., 1994. Az aszály jelenség hidrológiai vonatkozásai Magyarországon. In: Éghajlat, időjárás, aszály. I. (szerk.: Cselótei L., Harnos Zs.) 105–129. MTA Aszály Bizottság. Budapest.
- Antal E., Járó Z., Somogyi S., Várallyay Gy., 2000. A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon. MTA Földrajztud. Kutatóintézet. Budapest. 302 o.
- Baráth Cs-né, Gyórfly B., Harnos Zs., 1993. Aszály, 1983. Akaprint. Budapest. 174 o.
- Borhídi A., Berczik Á., Fekete G., Jermy T., Mahunka S., 2000. Ökológiai kutatások az ezredfordulón. Ezredforduló (Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián) 4. 21–26.
- Bulla M. (szerk.), 1989. Tanulmányok hazánk környezeti állapotáról 1989. KVM kiadása. Budapest. 176 o.
- Cselótei L., Harnos Zs. (szerk.), 1994. Éghajlat, időjárás, aszály. I. MTA Aszálybizottság. Budapest. 129 o.

- Jermy T., Borhidi A., Fekete G., Láng E.*, 1998. Egy kelet-közép-európai ökológiai kutató-hálózat érdekében. Ezredforduló. 4.
- Láng I., Csete L., Harnos Zs.*, 1983. A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. 395 o.
- Petrasovits I.* (szerk.) 1982. Síkvidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Somlyódy L.*, 2000a. A magyar vizgazdálkodás főbb stratégiai kérdései. Ezredforduló (Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián) 4. 3–10.
- Somlyódy L.*, 2000b. A magyar vizgazdálkodás főbb stratégiai kérdései. Magyar Tudomány. 6.
- Somlyódy L.*, 2000c. A hazai vizgazdálkodás stratégiai kérdései. „Magyarország az ezredfordulón” – Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. MTA Vizgazdálkodási Tudományos Kutatócsoportja. Budapest. 370 o.
- Somlyódy L., Berczik Á., Cselőtei L., Herodek S., Starosolszky Ö., Várallyay Gy.*, 1997. A hazai vizgazdálkodási kutatások fejlesztése. Ezredforduló. 3. 21–27.
- Szabolcs I., Várallyay Gy.*, 1978. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. 27. 181–202.
- Szalai Gy.* (szerk.) 1989. Az öntözés gyakorlati kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Várallyay Gy.*, 1980. A talajvíz szerepe a talaj vizgazdálkodásában és a növények vízellátásában. Tudomány és Mezőgazdaság. 18. (5) 22–29.
- Várallyay Gy.*, 1985. Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan. 34. 267–298.
- Várallyay Gy.*, 1987a. A talaj vizgazdálkodása. MTA Doktori Értekezés. Budapest.
- Várallyay Gy.*, 1987b. Environmental relationships of soil water management. Proc. 2nd International Seminar on Soil, Plant and Environment Relationships, Debrecen, 1996. Current Plant and Soil Science in Agriculture. No. 1–2. 7–32.
- Várallyay Gy.*, 1988. Talaj, mint a biomassza-termelés aszályérzékenységének tényezője. Vízügyi Közlemények. LXX. évf. (3) 46–68.
- Várallyay Gy.*, 1989. Soil water problems in Hungary. Agrokémia és Talajtan. 38. 577–595.
- Várallyay Gy.*, 1989a. A mezőgazdasági vizgazdálkodás talajtani alapjai. Agrokémia és Talajtan. 38. 33–50.
- Várallyay Gy.*, 1989b. Az öntözéses gazdálkodás talajtani alapjai. In: *Szalai Gy.* (szerk.): Az öntözés gyakorlati kézikönyve. 27–99. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Várallyay Gy.*, 1990. Műtrágya, higrágya és az ivóvízkészlet. Egészségtudomány. XXXIV. (2) 126–137.
- Várallyay Gy.*, 1994. A talaj vizgazdálkodása és a környezet. (Akadémiai székfoglaló kibővített összefoglalója). MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója 1993. 65–72. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Várallyay Gy.*, 1995. A fenntartható mezőgazdaság és a talaj vizgazdálkodása. In: „A fenntartható fejlődés időszerű kérdései a mezőgazdaságban” c. XXXVII. Georgikon Napok, Keszthely (1995. szeptember 14–15.) kiadvány II. kötet 181–193.
- Várallyay Gy.*, 1997a. A talaj vizgazdálkodásának szabályozása a termőföld és vízkészletek védelme érdekében. In: 3. Veszprémi Környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás, 1997. május 26–28. 335–344. Veszprémi Egyetem Környezetvédelmi Szak. Veszprém.
- Várallyay Gy.*, 1997b. A talaj és funkciói. Magyar Tudomány, XLII. (12) 1414–1430.
- Várallyay Gy., Szűcs L., Rajkai K., Zilahy P., Murányi A.*, 1980. Magyarországi talajok vizgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan. 29. 77–112.
- Várallyay Gy.*, 2000. Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. Székfoglalók 1995–1998. III. kötet. 1–32. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.
- V. Magyar Ökológiai Kongresszus előadásainak összefoglalója, 2000. Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 11/1. 334 old.