

Talaj–víz kölcsönhatások a klímaváltozás tükrében

Várallyay György

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

E-mail: g.varallyay@rissac.hu

Összefoglalás

A klímaváltozás előrejelzések szerint a szélsőséges hidrológiai és talajnedvesség-forgalmi helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés, ill. aszály, gyakran ugyanabban az esztendőben, ugyanazon a területen) valószínűsége, gyakorisága, tartama és intenzitása a jövőben növekedni fog az alábbi okok következtében: a légköri csapadék nagy (és növekvő) tér- és időbeni variabilitása nehezen előrejelezhető szélsőséges rendszertelensége; intenzív esők gyakorisága; változó eső/hó arány és gyors hóolvadás; makro-, mezo- és mikrorelief; változó művelési ág és vetésszerkezet; kedvezőtlen talajtulajdonságok. Ilyen viszonyok között Magyarországon (amely a hidrogeológiailag gyakorlatilag zárt Kárpát-medence legmélyebb fekvésű része) fontos tény, hogy a talaj a legnagyobb potenciális természetes víztározó. 0–100 cm-es réteg-összletében a lehulló csapadék jelentős hányadának tározására képes. Ez a potenciális vízraktározó képesség azonban gyakran nem hasznosul eredményesen az alábbi okok miatt:

– a felszínre jutó víz talajba szivárgását akadályozza a talaj pórusterének vízzel telítettsége („tele üveg effektus”); a felszíni rétegek fagyott volta („befagyott üveg effektus”); a talaj felszínén, ill. felszín közeli rétegeiben kialakuló közel víz át nem eresztő, igen lassú víznyelésű réteg („ledugaszolt üveg effektus”);

– a talajba beszivárgott víz nem tározódik növény számára hasznosítható formában, hanem a talaj gyenge víztartó képessége miatt mélybe, vagy a felszín közeli talajvízbe szivárog („lyukas üveg effektus”).

Ezek miatt egyaránt növekszenek a felszíni lefolyás, a párolgási, ill. szivárgási veszteségek, s fokozódik a szélsőséges vízháztartási helyzetek kockázata.

Következésképpen mindent meg kell tenni azért, hogy a talaj felszínére jutó víz minél nagyobb hányada szivárogjon be a talajba, s tározódjon ott növények számára hasznosítható formában. Az ezt célzó beavatkozások nélkülözhetetlen elemei egy hatékony talaj- és vízgazdálkodásnak, valamint egy eredményes környezetvédelemnek.

Summary

According to forecasts the probability, frequency, duration and intensity of extreme hydrological events and soil moisture situations (flood, waterlogging, overmoistening versus droughts, sometimes at the same time, in the same place) will be increasing in the future due to high (and increasing) spatial and time variability, hardly predictable irregularity of atmospheric precipitation, frequency of heavy (intensive) rainfalls; changing rain:snow ratio and quick snowmelt; macro-, meso- and microrelief; changing land use and cropping pattern; soil characteristics. Under such conditions, as in Hungary, situated in the deepest part of the hydrogeologically practically closed Carpathian Basin – it is an important fact that soil is the largest *potential* natural water reservoir and a great part of the atmospheric precipitation can be stored in the 0–100 cm layer of the soil. This *potential* water storage capacity, however, cannot be used

efficiently in many cases, because of the following reasons: 1). infiltration is prevented or limited by full water saturation (as a consequence of a previous water supply) („filled bottle effect”); frozen topsoil („frozen bottle effect”); a compact, hardly permeable soil layer on or near to the soil surface („closed bottle effect”); 2). the infiltrated water is not stored within the soil in plant available form because of low water retention („leaking bottle effect”). The consequences of these cases are increasing surface runoff, evaporation and deep-filtration losses, and increasing the hazard of extreme water events. Consequently, all efforts have to be made to help infiltration and store the infiltrated water within the soil in plant available form. These operations are an unavoidable part of efficient soil and water management as well as of successful environment protection.

Bevezetés

A globális klímaváltozások prognózisai számos kérdésben lényegesen eltérnek. Egy pontban azonban a vélemények megegyeznek: „*A szélsőséges időjárási helyzetek valószínűsége, gyakorisága, mértéke, tartama egyaránt növekedni fog.*” (LÁNG et al., 2007; NOVÁKY, 2007). S természetesen fokozódnak kedvezőtlen, káros, bizonyos esetekben katasztrofális gazdasági, környezeti, ökológiai és szociális következményei is. A talaj, mint hatalmas potenciális természetes víztároló képes ezeket a hatásokat tompítani, mérsékelni, de ugyanúgy képes a szélsőséges helyzetek felnagyítására, súlyosbítására is. Ezért van, s lesz megkülönböztetett, a mainál is jóval nagyobb jelentősége a talaj vízgazdálkodásának, anyagforgalmának, ill. ezek szabályozásának.

A világ édesvízkészletei egyre inkább keresett hiánycikké, *stratégiai jelentőségű* tényezővé válnak (SOMLYÓDY, 2002; VÁRALLYAY, 2001).

Magyarország természeti adottságai között is nagy biztonsággal előrejelezhető, hogy az életminőség javítását célzó társadalmi fejlődésnek, a multifunkcionális mezőgazdaság-fejlesztésnek és a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz egyik meghatározó tényezője, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, ennek érdekében pedig a talaj vízháztartás-szabályozása megkülönböztetett jelentőségű kulcsfeladata (PÁLFAI, 2005; SOMLYÓDY, 2002; VÁRALLYAY, 2003, 2005a,b).

Korlátozott vízkészletek

Vízkészleteink korlátozottak. A lehulló csapadék a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb) mint jelenleg (LÁNG et al., 2007; SOMLYÓDY, 2002; OMSZ, 2005), s nem fog csökkenni annak szeszélyes tér- és időbeni variabilitása, nehezen kiszámítható szélsőségesége sem.

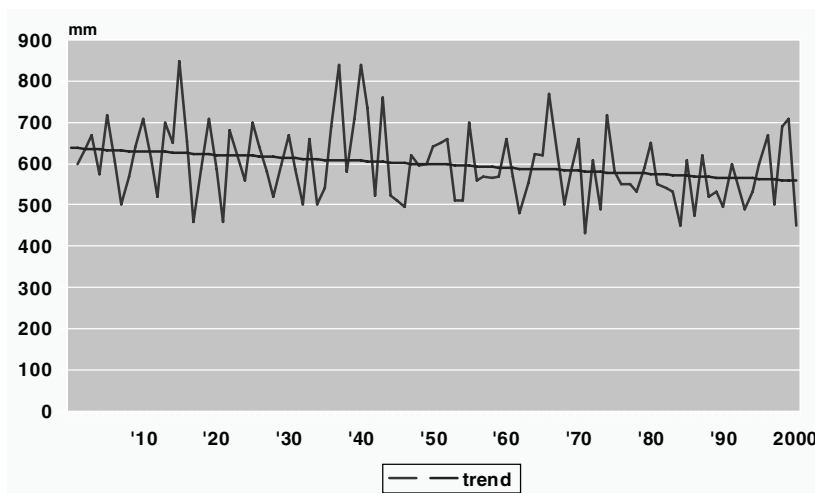
Nem lehet számítani a 85–90%-ban szomszédos országokból érkező *felszíni vizeink* mennyiségének növekedésére sem, különösen nem a kritikus „kiszárvíz” időszakokban.

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 (PÁLFAI, 2005; SOMLYÓDY, 2002). Ráadásul a Magyar Alföld alatti talajvizek jelentős hányada kedvezőtlen minőségű: nagy sótartalmú és kedvezőtlen sóösszetételű, ami felhasználási lehetőségeiket gyakran korlátozza, sőt kizárja (CSETE & VÁRALLYAY, 2004; VÁRALLYAY, 2001).

Szélsőséges és szeszélyes időjárási helyzetek

Magyarország időjárását a nagy tér- és időbeni variabilitás, változékonyság, a nehezen kiszámítható, s még nehezebben előrejelezhető szeszélyesség jellemzi.

Az ország – hosszú idősoros megfigyeléseken alapuló – átlagos évi csapadékmennyisége jelentős térségi változatosságot tükröz, az Alföld középső részének 500 mm/év értékeitől kezdve az Alpokalja 850 mm/év feletti értékeiig. A sokéves országos átlag azonban nem sokat mond. Sem a mikro-regionális eloszlásról, sem az időszakos dinamikáról, sem a lehulló csapadék formájáról, intenzitásáról. Jól mutatja ezt az éves csapadékmennyiségek átlagtól való eltérését bemutató 1. ábra is.



1. ábra. Az éves csapadékösszegek változása (VARGA-HASZONITS, 2003)

A rövidebb időszakokra (évszakokra, vegetációs periódusra, hónapokra; ezeken belül hetekre, sőt napokra, órákra) megszerkesztett ábrák hasonló „oszcilláló” változásokat tükröznek.

A szeszélyes változatosság a közelmúlt éveiben csak fokozódott: több helyen és több esetben kéthavi csapadékmennyiség hullott le intenzív felhőszakadás formájában egyetlen nap alatt, majd ezt kéthavi „csapadékszünet” követte. A téli, s a – szintén egyre gyakoribb – hirtelen tavaszi felmelegedés során gyorsan elolvadó – hó (ha volt egyáltalán) természetesen nem „helyettesítheti” a hiányzó „arany-értékű” májusi esőt, csak az éves csapadékmennyiséget „szépíti”!

A lehulló csapadéknak ilyen körülmények között gyakran jelentős hányada vész kárba felszíni lefolyás formájában, s okoz káros szedimentációt, belvizeket, fokozza az árvízveszélyt. Sokszor csupán szerény hányada jut el a növényig, s adódik így zavar a növények vízellátásában, van, vagy lenne szükség a hiányzó víz pótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására – esetleg ugyanabban az évben, ugyanazon a területen.

A Kárpát-medence alföldjeinek vízmérlege negatív (csapadék < potenciális párolgás). A vízmérleget a medenceperemek felől a mélyebb részek felé irányuló felszíni lefolyás, szivárgás és talajvíz-áramlás tartja egyensúlyban. Ez viszont a talaj anyagforgalmában a felhalmozódási folyamatoknak kedvez, hisz az oldalirányból érkező „víz” bizonyos koncentrációjú és ion-összetételű oldat, míg az elpárolgó (E, ET) „víz” ténylegesen H₂O. Ez a vízgyűjtőterület oldható mállástermékeinek fokozatos felhalmozódásához vezet (karbonát-felhalmozódás, szikesedés) (VÁRALLYAY, 1985, 2001, 2003, 2004a).

A kárpát-medencei alföldek egyaránt jellemző *belvíz-veszélyeztetettségét és aszály-érzékenységét a szeszélyes csapadékviszonyok* mellett két további tényező súlyosbítja:

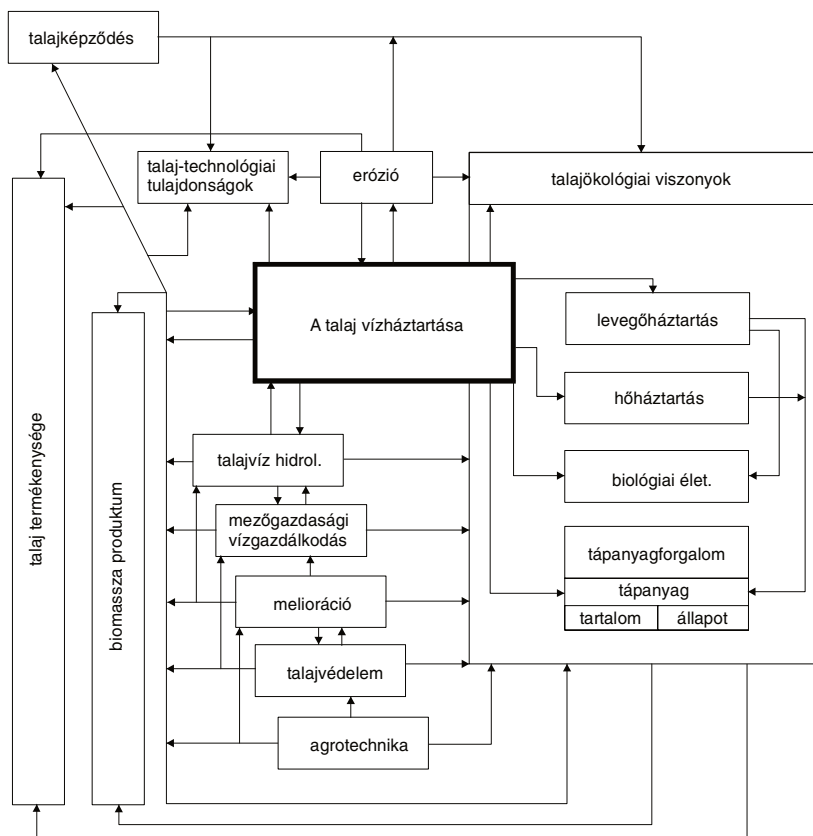
– a makrodomborzat tekintetében sík Alföld *heterogén mikrodomborzata* (padkákkal, hátakkal, erekkel, laposokkal, semlyékekkel); és

– a térség *talajviszonyainak igen nagy változatossága*, helyenként mozaikos tarkasága, valamint a *talajok* jelentős hányadának *kedvezőtlen fizikai-vízgazdálkodási tulajdonságai* (LÁNG et al., 1983; PÁLFAI, 2005; LIGETVÁRI, 2006; VÁRALLYAY, 1988, 2004b, 2005a; VÁRALLYAY et al., 1980b).

A talaj vízgazdálkodásának jelentősége

A *talaj vízháztartása* meghatározza a talaj levegő- és hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és – ezeken keresztül – tápanyag-gazdálkodását is. Hat a talaj technológiai tulajdonságaira, meghatározva ezzel egyes agrotechnikai műveletek szükségességét, optimális időpontját, ill. lehetséges időtartamát, gépigényét, energiaszükségletét. Végül meghatározza, hogy a talaj, az ökoszisztéma, vagy a terület a környezet „stresszhatásait” milyen mértékig képes pufferolni, 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 (VÁRALLYAY, 1988). Ezen összefüggéseket mutatjuk be a 2. ábrán.



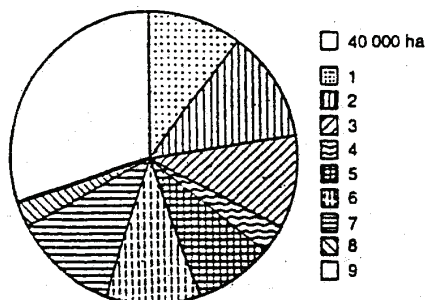
2. ábra. A talaj vízháztartásának összefüggései és befolyásolási lehetőségei

Az ország agroökológiai potenciálját meghatározó tényezők, valamint a talaj termékenységét korlátozó *talajdegradációs folyamatok* (víz vagy szél okozta erózió; savanyodás; szikesedés; talajszerkezet leromlása, tömörödés; nedvességforgalom szélsőségesse válása; növényi tápanyagok és szennyező anyagok biogeokémiai körforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása; pufferkapacitás csökkenése; biodiverzitás és talajélet csökkenése) közvetlenül vagy közvetve ugyancsak a talaj vízháztartásával kapcsolatosak, annak okai vagy következményei (VÁRALLYAY, 2003, 2004a,b).

A talaj multifunkcionalitásának hatékonyságát, a talaj környezeti érzékenységét, a talajdegradációs folyamatok megelőzésének, kivédésének, mérséklésének lehetőségeit ezért számos esetben a *talaj vízháztartása* szabja meg, szükségessé téve annak hatékony szabályozását.

Magyarország talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai

Részletes felmérések alapján megállapítottuk, hogy Magyarország talajainak 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és 31%-a jó vízgazdálkodású. Ezt mutatjuk be a 3. ábrán, feltüntetve a kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodás okait is.



3. ábra. Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok megoszlása Magyarországon.

1–5. *Kedvezőtlen* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok (43%). A kedvezőtlen tulajdonságok oka: 1. Szélsőségesen nagy homoktartalom (10,5%). 2. Szélsőségesen nagy agyagtartalom (11%). 3. Szikesedés (10%). 4. Láposodás (3%). 5. Sekély termőréteg (8,5%). 6–8.

Közepes vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok (26%). Oka: 6. Könnyű mechanikai összetétel (11%). 7. Agyag-felhalmozódás a talajszelvényben (12%). 8. Mérsékelt szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben (3%). 9. *Jó* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok (31%).

Kidolgoztunk egy *korszerű felvételezési – vizsgálati – térképezési – monitoring rendszert* a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak, vízháztartásának és anyagforgalmának jellemzésére, azok hatékony szabályozása érdekében (VÁRALLYAY, 2004b, 2005a,c; VÁRALLYAY et al., 1979, 1980a,b). A kategória-rendszer határérték-matrixát mutatjuk be az 1. táblázatban, feltüntetve a 9 fő kategória %-os hazai megoszlását is.

Mivel a talaj teljes vízkapacitása (VKt), összporozitása elsősorban a talaj tömörödöttségétől függ (ez pedig egy antropogén hatásoktól érzékenyen függő és nagyon gyorsan változó (tatható) talajjellemző), annak értékét egységesen 45 térfogatszázalékkal számoltuk.

A rendelkezésre álló gazdag talajtani adatbázis alapján megszerkesztettük Magyarország talajainak vízgazdálkodási kategória térképét 1:100 000 méretarányban (LÁNG et al., 1983; MAGYARORSZÁG NEMZETI ATLASZA, 1989; VÁRALLYAY, 1985, 2004; VÁRALLYAY et al., 1980b). A térkép részletes területi adatai (elhatárolt foltonkénti, talajtípusonkénti, középtájankénti és megyei bontásban) az MTA TAKI számítógépes AGROTOPO adatbázisában kerültek tárolásra.

A térkép és az adatanyag alapján a megfelelő szelvényvariáns kiválasztásával és az a–b–c (a talajszelvényben nincs lényeges textúr-

differentiálódás) vagy A–B–C (a talajszelvényben jelentős textúr-differentiálódás van) szintek tényleges vastagságuknak megfelelően való helyettesítésével Magyarország bármely talajtípusára, ill. bármely szelvényének bármely vastagságú rétegére megadható a talajban tározható víz mennyisége, sőt ennek „holtvíz”, ill. a növény számára hozzáférhető hányada is (VK_{sz} , HV, DV).

1. táblázat. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriái

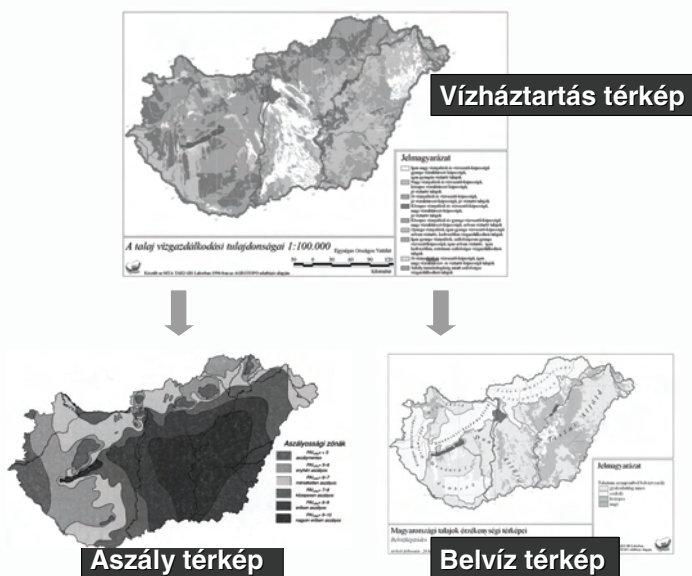
Talaj vízgazdálkodási tulajdonságok szerinti fő kategóriái	Területi kiterjedés az ország összterületének %-ában
1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízrakározó képességű, igen gyengén víztartó talajok	10,5
2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok	11,1
3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	24,9
4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	19,1
5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok	6,2
6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok	14,9
7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, szélsőséges vízgazdálkodású talajok	3,6
8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó képességű talajok	1,3
9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok	8,4

Kategória kódszáma	Fizikai talajféleség			VK_{sz}	HV	DV	IR	K
	jele	K_A	hy_1					
1.	h	<25	<1,0	<15	<5	5-10	>500	>1000
2	hv	25-30	1,0-2,0	15-25	5-10	10-15	150-500	100-1000
3	v	35-42	2,0-3,5	25-35	10-20	15-22	100-150	10-100
4.	av	42-50	3,5-5,0	35-42	20-27	12-17	70-100	1-10
5.	a	50	5,0	42-50	27-35	10-15	50-70	0,1-1,0
6*							10-50	0,01-0,1
7**							<10	<0,01
8***	tőzeg,kotu			>50	>350			
9.	Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok							

K_A : Arany-féle kötöttségi szám;; hy_1 : higroszkóposági értékszám; Fizikai talajféleség: h: homok; hv: homokos vályog; v: vályog; av: agyagos vályog; VK_{sz} : szabadföldi vízkapacitás; HV: holtvíztartalom; DV: hasznosítható vízkészlet; IR: víznyelés sebessége; K: hidraulikus vezetőképesség. *Enyhe szikesedés vagy pszeudoglej-képződés miatt kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok; ** Erős szikesedés miatt extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talajok; *** Láptalajok

Ezek az adatok közvetlenül térképre vihetők, számítógépes adatbázisban digitálisan (is) tárolhatók, s kvantitatív alapját jelenthetik egy-egy talajféleség, egy-egy táj, körzet, üzem, esetleg egyéb természeti, adminisztratív vagy térképezési egység korszerű vízgazdálkodási jellemzésének; az optimálist minél inkább megközelítő mezőgazdasági vízgazdálkodás kialakításának, valamint az ezt célzó racionális beavatkozások, intézkedések, eljárások, módszerek kidolgozásának (VÁRALLYAY, 2003, 2005b,c; VÁRALLYAY et al., 1979, 1980a,b).

A térkép egyszerűsített vázlatát, illetve az abból levezethető – s az ország talajainak szélsőségességét szemléletesen tükröző aszály térképet (PÁLFAI, 2007) és belvíz térképet (VÁRALLYAY, 2005) mutatjuk be a 4. ábrán.



4. ábra. Magyarország talajainak szélsőséges vízgazdálkodása

A talaj, mint hazánk legnagyobb potenciális természetes víztározója

Adataink alapján tényszerűen bizonyítható, hogy a talaj hazánk legnagyobb kapacitású – potenciális – természetes víztározója (VÁRALLYAY, 2001, 2004b, 2005b, 2007a,b,c). Jól mutatják ezt az alábbi – becslést és jelentős mértékben ingadozó – szám adatok:

- a hazánkba lépő felszíni vízfolyások hozama: 110–120 km³/év;
- a Balaton víztömege: 1,5–2 km³;
- a hazánk területére hulló (átlagosan 550–600 mm-nyi) évi csapadék mennyisége: 50–55 km³;

– a talaj felső egy méteres rétege potenciálisan mintegy 45 km^3 víz befogadására és $25\text{--}35 \text{ km}^3$ víz raktározására képes. Ennek mintegy 55–60%-a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, 40–45%-a pedig „hasznosítható víz”, amelyre vonatkozóan pontos területi adatok állnak rendelkezésünkre.

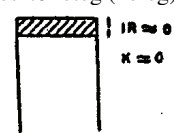
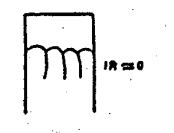
Mindez azt jelenti, hogy a lehulló csapadék közel kétharmada (!) egyszerre „beleférne” a talajba, ha beszivárgását nem akadályozná:

– a talaj tározóterének kisebb–nagyobb mértékű vízzel telítettsége (mint pl. 2000 tavaszán a csapadékos 1999. évi őszt követően): „tele üveg effektus”;

– a felszíni rétegek fagyott volta (mint pl. 2005-ben): „befagyott üveg effektus”;

– a talaj felszínén, ill. felszín közeli rétegeiben kialakuló közel vízátnereszítő, igen lassú víznyelésű réteg, ami megakadályozza vagy lassítja a víz talajba szivárgását, a talaj nedvességtározó terének feltöltését: „ledugaszolt üveg effektus”.

Ez utóbbi főbb eseteit mutatjuk be vázlatosan az 5. ábrán.

A) Vízátnereszítő réteg (kéreg) a talaj felszínén	a) sókkal összecementált kéreg (nátriumsók, gipsz, mész) b) helytelen agrotechnikával összetömörített réteg – túlművelés, nehéz erőgépek – helytelen öntözés
	
B) Sekély beázási réteg (kis vízraktározó képesség)	a) szilárd kőzet b) tömör „padok” (vaskőfok), orstein mészkőfok, összecementált kavics stb.) c) kicserélhető. Na^+ , agyag, CaCO_3 vagy más anyagok által összecementált réteg d) helytelen művelés következtében loalaguló réteg („eketalp-réteg”)
	
⇒ Szélsőséges vízgazdálkodás	[túlnedvesedés, aerációs problémák belvízvesztés] [felszíni lefolyás, vízeróziós károk aszály- (szárazság) érzékenység]

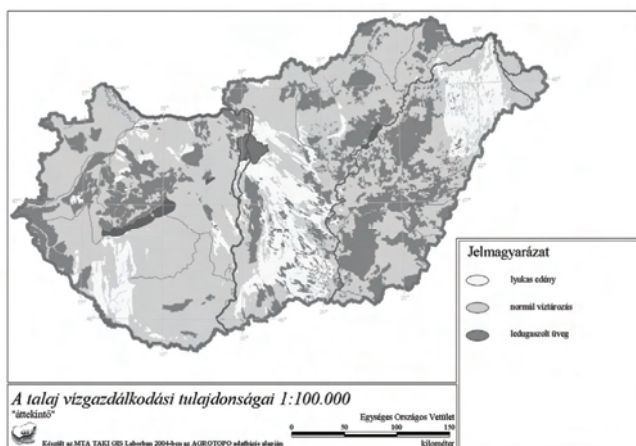
5. ábra. A víz talajba szivárgását gátló tényezők („ledugaszolt palack effektus”)

Az ábrán bemutatott esetek nagyon gyakoriak a Magyar Alföld hatalmas kiterjedésű, nehéz mechanikai összetételű, nagy agyag- és duzzadó agyagásvány-tartalmú, valamint szikes talajain. Ezek a talajok gyakran még rövidebb-hosszabb ideig tartó hóolvadás, sok vagy nagy intenzitású csapadék miatti felszíni vízborítás alatt sem áznak be mélyen és egyenletesen, s nem „használják ki” felső egy méteres rétegük potenciális vízraktározó képességét. Ennek egyenes következménye azután, hogy – nagy területeken – a belvizek

természetes „eltűnése” (elfolyás, párolgás) vagy mesterséges – gyakran meggondolatlan, s csak a felszíni vízborítás gyors elvezetését szem előtt tartó – „eltűntetése” után a csapadékszegény (sőt esetleg gyakorlatilag csapadékmentes) nyári időszakban a talaj viszonylag vékony rétegében tározott csekély vízmennyiség csak rövid ideig képes a növényzet vízigényét kielégíteni, s a tavasszal belvizes vagy túlnedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek. Ez a „vízháztartási szélsőség” egyik jellemzője a Magyar Alföldnek, ami a prognosztizált klímaváltozások miatt csak súlyosbodni fog a jövőben (VÁRALLYAY, 1988, 2003, 2005c, 2007b).

A talaj aszály-érzékenységéhez – jelentős területeken – egy másik talajtani tényező is hozzájárul. Könnyű mechanikai összetételű, laza homoktalajokon ugyanis be tud ugyan szivárogni a felszínre jutó víz a talajba, de a víz csak „átszalad” a talajszelvényen, s a talajban visszatartott kis hasznosítható vízkészlet teszi a talajt aszályérzékennyé: „lyukas edény effektus” (PÁLFAI, 2005; LIGETVÁRI, 2006; VÁRALLYAY, 2004b, 2007b,c).

A talaj vízháztartását befolyásoló (gyakran meghatározó) „effektusok” vázlatos térképét mutatjuk be a 6. ábrán. A „ledugaszolt üveg effektus” a 6., 7. és 9. vízgazdálkodási kategória talajaira, a „lyukas üveg effektus” az 1. és 2. kategóriák talajaira jellemző elsősorban (VÁRALLYAY, 2007c).



6. ábra. A talaj potenciális vízraktározó képességének akadályai

A szélsőséges időjárási helyzetek káros környezeti/ökológiai hatásait jelentősen tompíthatja a talajvízből történő kapilláris víz-utánpótlás, amely eredményesen járulhat hozzá a növény vízellátásához. Ennek azonban három feltétele van: nem nagy mélységben elhelyezkedő talajvízszint; a talajvízszint feletti talaj réteg-összlet kedvező kapilláris vezetőképessége; a talajvíz kedvező minősége (kis sótartalom, kedvező ionösszetétel).

A három feltétel együtt csak meglehetősen kis területen adott, pl. a Kisalföldön. A hegy- és dombvidékek, valamint a löszhátak jó minőségű talajvize általában mélyen helyezkedik el, ahonnan a gyökérszónába irányuló kapilláris transzport többnyire jelentéktelen. Az Alföld hidromorf talajai alatt elhelyezkedő talajvizek ugyanakkor az esetek jelentős részében nagy sótartalmúak és kedvezőtlen ionösszetételűek. Az ezekből származó kapilláris oldattranszport ezért sófelhalmozódást, másodlagos szikesedési folyamatokat eredményezhet.

A talajvízből a talajvízszint feletti rétegezett talajszelvénybe jutó víz (a vele szállított oldható komponensek) mennyiségének meghatározására négylépcsős számítógépes modellt dolgoztunk ki és alkalmaztunk eredményesen a növények jó minőségű talajvízből történő csapadék-kiegészítő vízellátását biztosító „*optimális talajvízszint*”, ill. „*optimális talajvíz-dinamika*”, valamint a gyenge minőségű (nagy sótartalmú és kedvezőtlen ionösszetételű) talajvízből történő másodlagos só-felhalmozódást és szikesedést megelőző „*kritikus talajvízszint*”, ill. „*kritikus talajvíz-dinamika*” számítására. Előbbit a Bős-Nagymaros Vízlépcső, utóbbit a Kiskörei Vízlépcső és Öntözőrendszer környezeti hatástanulmányainak elkészítésénél használtuk eredményesen.

Nem véletlen tehát, hogy a szélsőséges időjárási viszonyok, egy-egy pusztító árvíz, belvíz vagy aszály esetén a talaj vízraktározó képességének szerepe mindig felértékelődik, s a társadalmi érdeklődés és aggodás homlokterébe kerül, míg optimális vízellátás esetén gyakran elfelejtődik vagy háttérbe szorul. A történelem szemléletesen igazolta, hogy a talajtani tudomány fejlődésének mindig egy-egy ilyen időjárási katasztrófa adott lökést.

Ugyanezt fejezi ki a növénytermesztésben tapasztalt „*évjárat-hatás*” is. Az azonos mértékű „*éghajlati aszály*” merőben más ökológiai következményekkel jár gyenge vízbefogadó vagy víztartó képességű (a talaj potenciális víztározó terét csak részben hasznosító) talajokon, mint jó vízbefogadó és víztartó képességű talajokon. S ha a talaj fizikai féleségén nem is tudunk változtatni, de szerkezeti állapotán, tömődöttségén, vízbefogadó- és víztartó képességén igen! A fenntartható és biztonságos (!) biomassza-termelés egyik kulcskérdése a talaj vízháztartásának hatékony szabályozása.

A talaj vízháztartás szabályozása, mint környezetvédelmi beavatkozás

A víz, mint stratégiai hiánycikk nemcsak szomjúságot, hanem éhínséget és kellemetlen környezetet is jelent! Ezért a prognosztizált klímaváltozások vízforgalmi hatásai és azok „kérdése” joggal érdemelnek kiemelt prioritást a fenntartható fejlődés megoldandó feladatai között.

A talaj zavartalan funkcióit biztosító vízháztartás-szabályozási beavatkozások egyaránt azt célozzák, hogy: a felszínre jutó víz 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.

2. táblázat. A talaj vízháztartás-szabályozásának lehetőségei, módszerei és környezeti hatásai

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	elősegítése	felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)	1,4,5a, 7
Talajban történő hasznos tározás		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 felszín alatti }		felszíni } vízrendezés (drénezés) felszín alatti }	1,2,3,5c,6, 7, 11

<i>Kedvező környezeti hatások</i>	<i>Kedvezőtlen környezeti hatások</i>
Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése 1. Víz okozta talajerózió; talajfolyás 2. Másodlagos szikesedés 3. Láposodás, vizenyősödés, belvízvesztés 4. Aszályérzékenység, repedezés 5. Kijuttatott tápanyagok 5a. bemosódása (→ felszíni vizek eutrofizáció) 5b. kilúgzódása (→ felszín alatti vizek) 5c. immobilizációja 6. Fitotoxikus anyagok képződése 7. Biológiai degradáció 8. Árvízvesztés a vízgyűjtőterületen	9. Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás-mocsarasodás) 10. Tápanyag-kilúgzódás 11. Szárazság-érzékenység

Ezek legfontosabb lehetőségeit foglaltuk össze – nagyon leegyszerűsítve – a 2. táblázatban, bemutatva, hogy a talaj *vízháztartási beavatkozások* túlnyomó része egyben hatékony *környezetvédelmi intézkedés* is (BIRKÁS & GYURICZA, 2004; FARKAS et al., 2004; JOLÁNKAI et al., 2003; CSETE & VÁRALLYAY, 2004; VÁRALLYAY, 2001, 2004b, 2007a).

Véggövetkeztetés

A felszínre jutó víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos tározásának elősegítése eredményesen járul(hat) hozzá az időjárási szélsőségek káros hatásainak tompításához, a szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály) kockázatának (valószínűségének, gyakoriságának, tartamának, mértékének) csökkentéséhez, kedvezőtlen gazdasági, környezeti, ökológiai és társadalmi következményeinek elhárításához, megelőzéséhez. A talaj vízgazdálkodásának tudományosan megalapozott szabályozását ezért sem egy környezetvédelmi, sem egy vízgazdálkodási, sem egy agroökológiai, sem egy mezőgazdaság-fejlesztési, sem egy agrár-környezetvédelmi, sem egy klímaváltozási program nem nélkülözheti.

Irodalomjegyzék

- BIRKÁS M. & GYURICZA Cs. (szerk.), (2004): Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. SzIE MKK. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. Gödöllő.
- CSETE L. & VÁRALLYAY Gy. (szerk.), (2004): Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei). AGRO-21 Füzetek. 37.
- FARKAS Cs., (2004): A művelés és a talajállapot hatása a talaj nedvességforgalmára. In: Talajhasználat–Műveléshatás–Talajnedvesség. (Szerk.: BIRKÁS M. & GYURICZA Cs.). 61–81. SzIE MKK. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. Gödöllő.
- JOLÁNKAI M., SZENTPÉTERY Zs., SZÖLLÖSI G., (2003): Az évjárat hatása a búza termésére és minőségére. AGRO-21 Füzetek. **31.** 74–82.
- LÁNG I., CSETE L. & HARNOS Zs., (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- LÁNG I., CSETE L. & JOLÁNKAI M. (szerk.), (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- LIGETVÁRI F. (szerk.), (2006): Felmelegedés és vizeink (válogatott írások). Környezetgazdák Kiskönyvtára. Agroinform Kiadó, Budapest. 238 old.
- MAGYARORSZÁG NEMZETI ATLASZA, (1989): Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.
- NOVÁKY B., (2007): Az ENSz Éghajlat-változási Kormányközi Testületének jelentése az éghajlatváltozás várható következményeiről. KLÍMA-21 Füzetek. **50.** 6–11.
- OMSZ, (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- PÁLFAI I., (2005): Belvizek és aszályok Magyarországon (Hidrológiai tanulmányok). Közlekedési Dokum. Kft. Budapest.
- PÁLFAI I., (2007): Éghajlatváltozás és aszály. „KLÍMA-21” Füzetek. **49.** 59–65.

- SOMLYÓDY L., (2002): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.
- VÁRALLYAY Gy., (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. *Agrokémia és Talajtan* **34**. 267-298.
- VÁRALLYAY Gy., (1988): Talaj, mint a biomassza-termelés aszályérzékenységének tényezője. *Vízügyi Közlemények* **70**. 3. 46–68.
- VÁRALLYAY GY., (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar Tudomány*. **46**. 7. 799–815.
- VÁRALLYAY GY., (2003): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály. Budapest–Gödöllő.
- VÁRALLYAY Gy., (2004a): Talaj az agro-ökoszisztémák alap-eleme. „AGRO-21” Füzetek 2004. **37**. 33–49.
- VÁRALLYAY GY., (2004b): A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. *AGRO-21 Füzetek* **37**. 50–70.
- VÁRALLYAY, Gy., (2005a): Soil physical/hydrophysical characteristics and extreme moisture events in Hungary. In: *Review of Current Problems in Agrophysics*. (Eds.: JOZEFACIUK, G., SLAVINSKI, C., WALCZAK, R. T.) 323–329. Institute of Agrophysics. P.A.N. Lublin.
- VÁRALLYAY Gy., (2005b): Magyarország talajainak vízraktározó képessége. *Agrokémia és Talajtan* **54**. 5–24.
- VÁRALLYAY Gy., (2005c): Klímaváltozások lehetséges talajtani hatásai a Kisalföldön. *AGRO-21 Füzetek* **43**. 11–23.
- VÁRALLYAY, GY., (2006): A talaj szerepe az időjárási és vízháztartási szélsőségek kedvezőtlen ökológiai hatásainak mérséklésében, illetve fokozásában. In: *Talajtani Vándorgyűlés előadásainak és posztereinek összefoglalója*, Sopron. 65.
- VÁRALLYAY Gy., (2007): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. In: *Orsz. Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás, Balatonfüred, 2007. okt. 15–17. Tanulmánykötet*. 125–135. MTESZ, Székesfehérvár.
- VÁRALLYAY Gy., (2007b): A talaj, mint legnagyobb potenciális természetes víztározó. *Hidrológiai Közöny* **87**. 5. 33–36.
- VÁRALLYAY Gy., (2008): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. In: *KLÍMA-21 Füzetek* **52**. 57–72.
- VÁRALLYAY Gy. et al., (1979): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. *Agrokémia és Talajtan* **28**. 363–384.
- VÁRALLYAY Gy. et al., (1980a): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. II. *Agrokémia és Talajtan* **29**. 35–76.
- VÁRALLYAY Gy. et al., (1980b): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan* **29**. 77-112.
- VARGA-HASZONITS Z., (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scenáriók. *AGRO-21 Füzetek* **31**. 9–28.
- VARGA-HASZONITS Z. et al., (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. NyME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Matematika–Fizika Tanszék, Mosonmagyaróvár.