

indikátorai lehetnek: az egy főre vetített készlet és ennek kihasználtsága, a vízkivételek és az utánpótlódó készletek aránya, a vízlábnyom és a virtuális víz paraméterei, a közmű-olló, a hálózati vízveszteségek aránya, az emissziók és a vízminőség trendje és így tovább. Természetesen az indikátorok rendszerét úgy kell kidolgozni, hogy az lefedje az itt is érintett problémák összességét, miközben nem válik áttekinthetetlené.

A budapesti csúcs nem kis feladatra vállalkozott. Az előkészítő munka vége felé járunk. A BWS nemzetközi „drafting” bizottságot hozott létre, ajánlástervezetek kimunkálására a fenntartható fejlődés célkitűzéseire, egy hosszabb folyamat kezdetén. Az első változat készen áll a széles körű vitára.

Kulcsszavak: *vízgazdálkodás, fenntartható fejlődés, népesedés, éghajlatváltozás, globalizáció,*



A TALAJOK VÍZGAZDÁLKODÁSA

Várallyai György

az MTA rendes tagja, kutató professor emeritus,
MTA Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet
g.varallyai@rissac.hu

A víz mint világprobléma

A víz mint oldószer, reagens és szállító közeg jelentős, gyakran meghatározó szerepet játszik az élő szervezetek létében és anyagcsere-folyamataiban; a Föld biogeokémiai ciklusainak anyag- és energiaforgalmában; a mállási, talajképződési és talajdegradációs folyamatokban; a különböző ökoszisztémák produktívításában, megújuló képességében (*resilience*), környezeti érzékenységében, stressztűrő képességében, sérülékenységében (Csete – Várallyai, 2004).

A Föld felszínének kétharmadát borító víz túlnyomó része (97,4%) az óceánok és tengerek sós vize. A kevesebb mint 3%-nyi édesvízkészlet túlnyomó hányada szilárd

halmazállapotú sarki jégsapkák, gleccserek és fagyott felszín alatti vizek (permafrost) formájában van jelen, s csupán 0,14%-át képezi a felszíni vizek (tavak, folyók) édesvízkészlete, a talajnedvesség és a biomasszában felhalmozott „zöld víz”. Az egyre növekvő és egyre sokoldalúbb édesvízigényeket a korlátozott készletekből kell(ene) kielégíteni, amelyek ezért stratégiai jelentőségű tényezővé váltak, s értük kíméletlen, távolról sem konfliktusmentes verseny, sőt harc folyik. Ráadásul igen nagy tér- és időbeni variabilitást mutatnak, szélsőségesre hajlamosak, szeszélyesek, kiszámíthatatlanok (Somlyódy, 2011).

A Föld agroökológiai potenciálját korlátozó tényezők (*i. táblázat*), valamint az Európa talajait fenyegető talajdegradációs folya-

	korlátozó tényező					
	szárazság	tápanyag-stressz	sekély termőréteg	túl bő nedvesség	állandó fagy	hasznosítható
Európa	8	33	12	8	3	36
Közép-Amerika	32	16	17	10	—	25
Észak-Amerika	20	22	10	10	16	22
Dél-Ázsia	43	5	23	11	—	18
Dél-Amerika	17	47	11	10	—	15
Ausztrál-Ázsia	55	6	8	16	—	15
Délkelet-Ázsia	2	59	6	19	—	14

1. táblázat • A Föld agroökológiai potenciálját korlátozó tényezők (az összes terület %-ában)

matok (1. ábra) túlnyomó része a vízkörforralommal kapcsolatos, annak oka és/vagy következménye (Várallyai, 2010b).

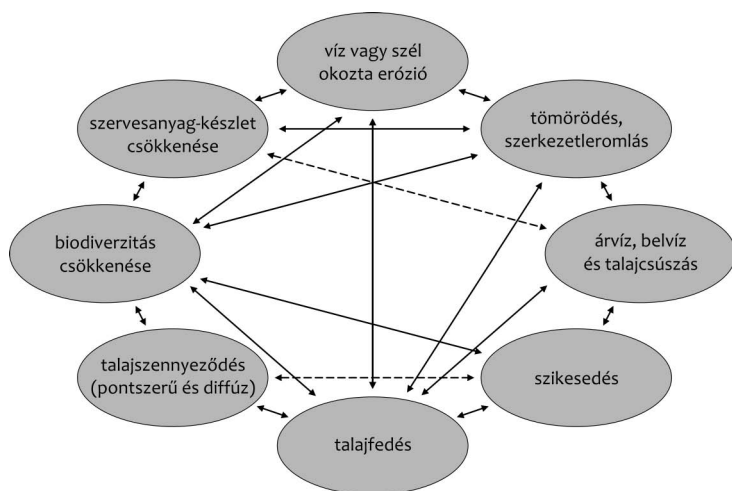
A szűkös és bizonytalan édesvízkészletekkel történő racionális és takarékos gazdálkodás az emberiség létét biztosító (?) sokcélú biomassza-termelés kulcskérdése (Láng et al., 2007).

Időjárási és vízháztartási szélsőségek a Kárpát-medencében

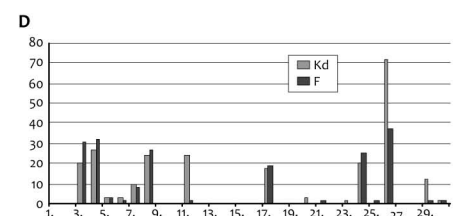
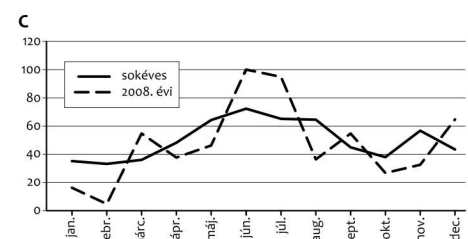
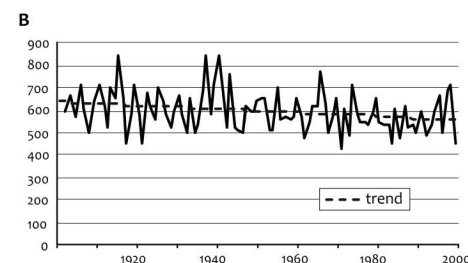
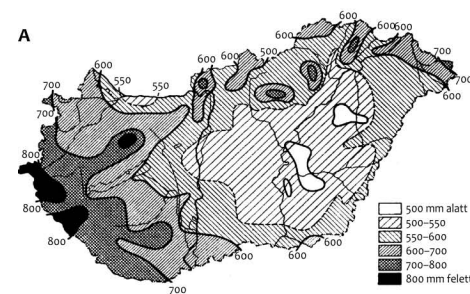
A Kárpát-medence (benne az annak legmélyebb részét képező Magyarország) alföldjei általában és viszonylag kedvező agroökológiai adottságúak (Láng et al., 1983; Csete–Várallyai, 2004; Juhász, 2009). De e kedvező adottságok igen nagy tér- és időbeni változatosságot mutatnak, szélsőségesek, szélsőségekre hajlamosak, s érzékenyen reagálnak bizonyos természeti okok miatti vagy különböző emberi tevékenység okozta stresszhatásokra. A kedvező adottságokat gyakran és nagy területeken korlátozzák, veszélyeztetik szélsőséges vízháztartási helyzetek, s – részben ezek okaként vagy kö-

vetkezményeként – talajdegradációs folyamatok és az elemek (növényi tápanyagok és potenciális szennyező anyagok) biogeokémiai ciklusának kedvezőtlen irányú megváltozása (Várallyai, 2010b). Ezért nagy biztonsággal előre jelezhető, hogy a hidro(geo)lógiailag gyakorlatilag zárt Kárpát-medencében (is) a víz lesz a gazdasági/társadalmi fejlődés és a környezetvédelem meghatározó jelentőségű tényezője, a vízgazdálkodás (benne a talaj nedvességforgalmának) szabályozása pedig kiemelkedő jelentőségű, prioritást érdemlő kulcsfeladata (Somlyódy, 2002; Németh et al., 2005; Várallyai, 2003, 2010b; Pálfi, 2005; Láng et al., 2007).

Hazánkban a lehulló csapadék a jövőben sem lesz több (a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb), mint jelenleg, s fokozódik annak már ma is nagy tér- és időbeni változékonysága (Láng et al., 2007) (2. ábra). A térségben pedig elsősorban éppen ennek van megkülönböztetett jelentősége. A Kárpát-medence időjárása szélsőséges és szélsőségekre hajlamos. A klímavál-



1. ábra • Talajdegradációs folyamatok Európában



2. ábra • Magyarország csapadékviszonyainak nagy tér- és időbeni variabilitása. A – Sokéves átlag területi variabilitása; B – Éves átlagok ingadozása az utóbbi száz évben; C – Sokévi és 2008. évi országos havi átlag csapadékösszegek (mm); D – Napi csapadékmennyiség (mm) ingadozása 2008 júniusában két egymáshoz közeli mérőállomáson.

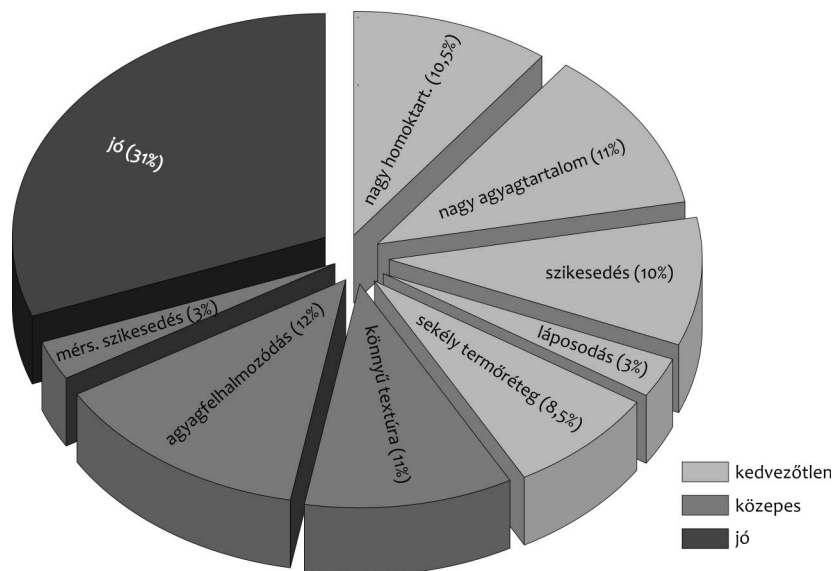
tozói prognózisok egybehangzó megállapítása szerint a szélsőséges időjárási és vízháztartási helyzetek bekövetkezésének valószínűsége, gyakorisága, tartama és súlyossága egyaránt növekedni fog, s fokozódnak kedvezőtlen, káros, bizonyos esetekben katasztrofális gazdasági, környezeti, ökológiai, sőt szociális következményei is (Láng et al., 2007; Somlyódy, 2002; Pálfi, 2005). Az utóbbi évek szemléletesen, bár nagyon fájdalmasan igazolták e prognózist: például az extrém csapadékos 2010, a kétarcú 2011, az aszályos 2012, valamint a belvizes, majd Duna-árvizes 2013 példáján.

A bizonytalan csapadékviszonyok mellett nem lehet számítani a 85–90%-ban szomszédos országokból érkező felszíni vizeink mennyiségének növekedésére sem, legfeljebb árvizek esetén, s nem a kritikus „kisvízi” időszakokban.

Felszín alatti vízkészleteink ugyancsak nem termelhetők korlátlanul ki 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. Nem is beszélve arról, hogy a felszín alatti vizeink jelentős része nagy sótartalmú és kedvezőtlen ionösszetételű (Na-CO_3 , HCO_3), amely felhasználásukat korlátozza, felszín közelbe emelkedésük pedig a másodlagos szikesedés veszélyével fenyeget (Várallyai, 2010b).

Talaj mint a legnagyobb (potenciális) természetes víztároló

Az ország természeti adottságai között megkülönböztetett jelentősége van annak, hogy a talaj az ország legnagyobb potenciális természetes víztárolója (Várallyai, 2005, 2007, 2008, 2010a). 0–100 cm-es rétegének porusterébe elvileg a lehulló átlagos csapadékmennyiség



3. ábra • Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodású talajok megoszlása Magyarországon

közel kétharmada egyszerre beleférne. Hogy a Kárpát-medence (elsősorban az alföldek) talajaira mégis az időjárási és vízháztartási szélsőségek, illetve az arra való hajlam jellemző, annak az az oka, hogy a talajok 43%-a különböző okok miatt kedvezőtlen, 26%-a közepes, s „csak” 31%-a jó vízgazdálkodású (Várallyay et al., 1980; Várallyay, 1985; Juhász, 2009) (3. ábra).

A hazai talajtani adatbázisra alapozott, pontos és számszerű információkat fejez ki erre vonatkozóan a 4. ábrán bemutatott térkép, amelyen a talajok vízgazdálkodási tulajdonságait (rétegzettség; fizikai féleség, szerkezeti állapot; víznyelő, vízvezető, vízraktározó és víztartó képesség, hasznosítható vízkészlet) kifejező kategóriák földrajzi elhelyezkedése került feltüntetésre (Várallyay, 2005; Várallyay et al., 1980).

A nagy potenciális tározótér – szélsőséges vízháztartás ellentmondás alapvető oka, hogy a talaj potenciális nedvességtározó terének

hasznos kihasználását igen nagy területen akadályozzák a víz talajba szivárgásának (telített póruster, fagyott feltalaj, felszíni vagy felszín közeli tömődött, kis vízáteresztő képességű talajréteg), vagy a talajban történő hasznos tározásának (gyenge víztartó képesség, nagy holtvíztartalom) korlátai. Ilyen talajokon egyaránt fokozódik a belvízvesztély és az aszályérzékenység, s következnek be szélsőséges vízháztartási helyzetek, gyakran ugyanabban az esztendőben, ugyanazon a területen (Várallyay, 2010a, 2012; Pálfi, 2005).

További akadályt jelent a növény zavaróan vízellátása/vízfelvétele szempontjából a nehéz mechanikai összetételű, duzzadó-zsugorodó talajok repedezése (egyaránt növekvő szivárgási és párolgási veszteségek); a nagy agyagtartalom vagy nagy sótartalom miatti nagy holtvíztartalom; vagy a víz kis transzportkoefficiensek miatti lassú (a transzspiráció „vízfogyasztását” nem, vagy csak részben fe-
dező) víz(oldal)mozgás a nedves talajtól a vizet

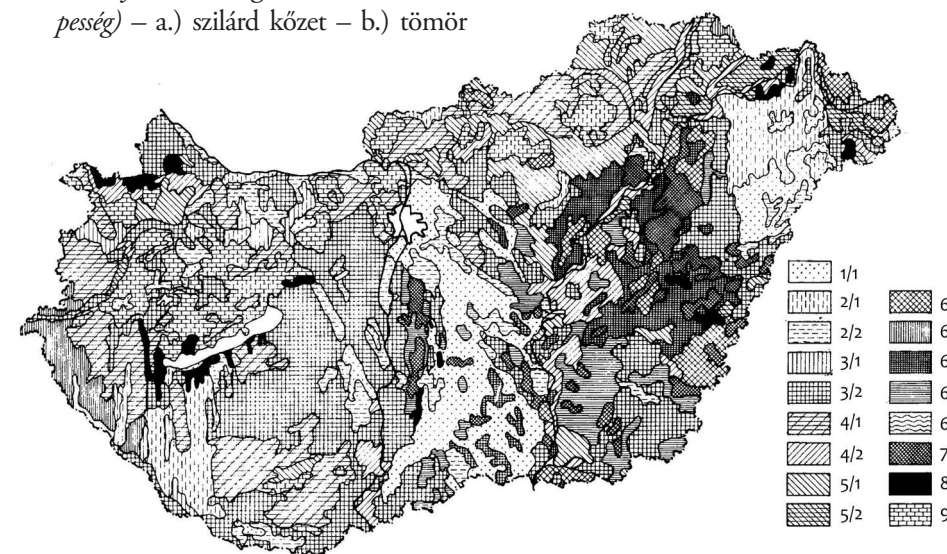
(és tápanyagokat) felvevő gyökérig. Ezeket a tényezőket, azok okait és következményeit foglaljuk össze az alábbiakban:

1. Lassú (gátolt) talajba szivárgás

A.) vízátnemeresztő 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, mészkőpad stb.) – c.) kicserélhető Na⁺, agyag, CaCO₃ vagy más anyagok által összecementált réteg – d.) helytelen művelés következtében kialakuló réteg („eketalp-réteg”) → szélsőséges vízgazdálkodás – túlnedvesedés, aerációs problémák – belvízvesztély – felszíni lefolyás, vízzeróziós károk – aszály- (szárazság-) érzékenység



4. ábra • Magyarország talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai.

Kategória-rendszer: 1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok. 2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok. 3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok. 4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok. 5. Gyenge víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok. 6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok. 7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talajok. 8. Jó víznyelésű és víztartó képességű talajok. 9. Sekély termőrétegűségi miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok. A talajszelvény alapvariánsok: 2/1, 3/1: a mélységgel egyre könnyebbé váló mechanikai összetétel; 1/1, 2/2, 3/2, 4/2: az egész szelvényben viszonylag egyenletes mechanikai összetétel; 4/1, 5/1: viszonylagos agyagfelhalmozódás a B-szintben. 6/1: rossz szerkezetű, tömődött, agyag mechanikai összetételű talajok; 6/2: pszeudoglejes barna erdőtalajok; 6/3: vastag A-szintű mély réti szolonyecsek, sztyeppesedő réti szolonyecsek, szolonyeces réti talajok; 6/4: mélyben sós és/vagy szolonyeces talajok; 6/5: lápos réti talajok.

2. Repedezés (duzzadás-zsugorodás)

a.) nagy agyagtartalom – b.) táguló rétegrácsú (duzzadó) agyagásványok nagy mennyisége – c.) nagy Na⁺-telítettség (kicsérélhető Na⁺-tartalom)

Száraz állapotban (zsugorodás, repedezés) → szivárgási veszteségek – megemelkedő talajvízszint – túl bő nedvesség (túltelítődés, belvízvesztés) – a talajvízből történő másodlagos sófelhalmozódás, szikesedés (pangó sós talajvíz esetén) → párolgási veszteségek (mélyebb rétegek kiszáradása)

Nedves állapotban (duzzadás): lassú (gátolt) talajba szivárgás

3. Kis hasznosítható vízkészlet

1. Talajnedvesség energiaállapota miatt [hasznosítható vízkészlet (DV) = szabadföldi vízkapacitás (VK) + holtvíztartalom (HV)] – a.) nagy agyagtartalom – b.) elemi szemcsék erős diszpergálódása – c) erős lúgosság, nagy Na⁺-tartalom (a, b, c – a nagy HV miatt) – d.) rossz talajszerkezet (kis VK és nagy HV miatt) – e.) igen kis agyagtartalom (kis VK miatt)

2. Nagy ozmózispotenciál (sótartalom) miatt

4. *Kis transzportkoefficiensek* [kapilláris vezetőképesség (k), diffúzió (D) miatt].

Az „okos” növény a talaj nedvességkiszáradásának minél hatékonyabb kihasználása érdekében maga is küzd a gátló tényezők ellen: mélyre hatoló és sűrű gyökérzetet fejleszt; nagy ozmózispotenciálú sejtnedvet alakít ki. Ebben segít a szárazságtűrésre, nedvességtűrésre, sótűrésre *nemesítés* és a körülményekhez igazodó művelési ág megválasztása, a vetésszerkezet és az *agrotechnika* (Birkás – Gyuricza, 2004; Láng et al., 2007; Várallyai, 2008).

Mindent el kell követni tehát annak érdekében, hogy a talaj felszínére jutó víz minél

nagyobb hányada *szívárogjon be* minél akadálytalanabban a talajba; s a beszivárgott víz minél nagyobb hányada *tárolódjon ott hasznos (felvehető) formában*, hosszabb időre is ellátva így sokoldalú funkcióit, elsősorban a növényzet és a biota vízellátását, valamint a szélsőséges időjárási és vízháztartási helyzetek kockázatának és káros következményeinek mérséklését.

A talaj vízháztartás-szabályozásának néhány lehetőségét foglaltuk össze a 2. táblázatban, amelyek egyben hatékony környezetvédelmi intézkedések is (Németh et al., 2005; Várallyai, 1985, 2008).

Összefoglaló tézisek

A talaj megkülönböztetett szerepe a szélsőséges vízháztartási helyzetek kockázatának csökkentésében és káros következményeinek mérséklésében

1. A talajnedvesség is víz!

amely mennyiségével és minőségével (oldott anyagok mennyisége, kémiai összetétele) jelentős – gyakran meghatározó – szerepet játszik

- a növényzet és a biota *vízellátásában* („ebből isznak”);
- a *felszíni vizek* mennyiségében, dinamikájában, „*ökológiai állapotában*” (EU Vízközvetítés Keretirányelv);
- a *talaj anyagforgalmi folyamataiban* (képződés, degradáció), termékenységében;
- így a sokcélú *biomassza előállításában* („ahonnan az élelmiszer elindul”).

Hiánya tehát alapvető emberi életfeltételeket érint: nem (csak) *szomjúságot*, hanem *éhínséget* és komoly *környezeti károsodásokat* (is) okoz(hat)!

2. A természet legnagyobb (potenciális) víztárolója a talaj!

Pórusterébe kedvező esetben – megfelelő talajhasználat (művelési ág, vetésszerkezet,

lehetőségek		módszerek
felszíni lefolyás	megakadályozása vagy mérséklése	talajvédő gazdálkodás: beszivárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró megtelepítése; talajművelés); beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás)
felszíni párolgás		beszivárgás gyorsítása (talajművelés, mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása
talajon keresztüli talajvíztáplálás		talaj víztartóképségének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése
talajvízszint-emelkedés		szivárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás (szivattyúzás, drénezés)
talajba szivárgás	elősegítése	felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)
talajban történő hasznos tárolás		talaj víztartóképségének növelése (beszivárgás elősegítése, talaj víztartóképségének növelése); megfelelő művelési ág és vetésszerkezet (növénymegválasztás); talajjavítás; talajkondicionálás
hiányzó víz pótlása		öntözés
felesleges és káros vizek felszíni/felszín alatti elvezetése		felszíni/felszín alatti vízrendezés (drénezés)

2. táblázat • Lehetőségek és módszerek a talaj hasznos víztartóképségének növelésére és a szélsőséges vízháztartási helyzetek kockázatának és káros következményeinek mérséklésére

agrotechnika) esetén – a lehulló csapadék jelentős hányada belefér, és hasznosan tárolódhat, *egyidejűleg csökkentve a szélsőséges vízháztartási helyzetek kockázatát* (valószínűség, gyakoriság, tartam, „súlyosság):

- az *árvíz, belvíz, túlnedvesedés veszélyét* és
- az *aszályérzékenységet*,
mérsékelve ezek kedvezőtlen/káros gazdasági/környezeti/társadalmi következményeit.

3. A víz(készlet)gazdálkodás kulcskérdése a *vízgyűjtőterületen folytatott racionális talajhasználat!* Elsősorban ezzel lehet

- korlátozott *vízkészleteink jobb hatásfokkal történő hasznosítását elősegíteni* (csökkentve annak lefolyási, párolgási, szivárgási

veszteségeit; elősegítve növények általi hasznosíthatóságát);

- *megelőzni vagy mérsékelni* a szélsőséges vízháztartási helyzetek bekövetkezésének kockázatát és káros következményeit;
- *megvédeni vagy létrehozni* felszíni vizeink kedvező ökológiai állapotát.

4. A *vízgyűjtő területen folytatott ésszerű és fenntartható területhasználat érdekében hozott intézkedésének fontosságukkal arányos prioritást kel biztosítani!*

Ezek az intézkedések *egyaránt nélkülözhetetlen elemei egy fenntartható mezőgazdaság-fejlesztési/vízgazdálkodási/környezetvédelmi/vidékfejlesztési stratégiának.*

Kulcsszavak: talaj mint potenciális víztározó, szélsőséges vízháztartási helyzetek, árvíz/belvízveszély, aszályérzékenység, beszivárgás, vízkapacitás, hasznosítható vízkészlet, racionális földhasználat, nedvességmegőrző agrotechnika

IRODALOM

- Birkás Márta – Gyuricza Csaba (szerk.) (2004): *Talajhasználat – Művelésbátás – Talajnedvesség*. SZIE MKK Növénytermesztési Intézet, Quality Press, Gödöllő
- Csete László – Várallyay György (szerk.) (2004): *Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei)*. (AGRO-21 Füzetek, 37.)
- Juhász István (szerk.) (2009): Magyarország talajainak állapota (a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM) adatai alapján). Földművelésügyi Minisztérium Agrárkörnyezetvédelmi Főosztály. Budapest
- Láng István – Csete L. – Harnos Zs. (1983): *A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón*. Mezőgazdasági, Budapest
- Láng István – Csete L. – Jolánkai M. (szerk.) (2007): *A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés*. Szaktudás, Budapest
- Németh Tamás – Stefanovits P. – Várallyay Gy. (2005): *Országos Talajvédelmi Stratégia tudományos háttere. Tájékoztató: Talajvédelem*. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest
- Pálfai Imre (2005): *Belvizek és aszályok Magyarországon. (Hidrologiai Tanulmányok)*. Közlekedési Dokum. Kft., Budapest
- Somlyódy László (2002): *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései*. MTA, Budapest
- Somlyódy László (2011): A világ vízdilemmája. *Magyar Tudomány*. 12, 1411–1424. • <http://www.matud.iif.hu/2011/12/02.htm>
- Várallyay György (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. *Agrokémia és Talajtan*. 34, 267–298.
- Várallyay György (2003): *A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet*. FVM Vízgazd. Osztály, Budapest–Gödöllő.
- Várallyay György (2005): Magyarország talajainak víztározó képessége. *Agrokémia és Talajtan*. 54, 5–24.
- Várallyay György (2007): A talaj mint legnagyobb potenciális víztározó. *Hidrologiai Közöny*, 87, 5, 33–36.
- Várallyay György (2008): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. (*KLÍMA-21 Füzetek* 52) 57–72.
- Várallyay György (2010a): A talaj, mint váztározó; talajszárazodás. (*KLÍMA-21 Füzetek* 59) 3–25.
- Várallyay György (2010b): *Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges vízháztartási helyzetek, mint a környezeti állapot meghatározó tényezői*. (*KLÍMA-21 Füzetek* 62) 4–28.
- Várallyay György (2012): A talajnedvesség szerepe a növény vízellátásában. In: „Talaj–víz–növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben”. I. Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap, 2012. november 23. MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest, 17–22.
- Várallyay György – Szücs L. – Rajkai K. – Zilahy P. – Murányi A. (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan*. 29, 77–112.



A VÍZ SZEREPE A LÉGKÖRI FOLYAMATOKBAN

Geresdi István Horváth Ákos

az MTA doktora, egyetemi tanár,
Pécsi Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék
geresdi@gamma.ttk.pte.hu

a földrajztudomány kandidátusa, vezető főtanácsos,
Országos Meteorológiai Szolgálat

Bozó László

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár,
Országos Meteorológiai Szolgálat
Budapesti Corvinus Egyetem

A Föld légkörében átlagosan csak minden tízezeredik molekula víz, a víz mégis nagyon fontos szerepet játszik a légköri folyamatokban. A víz halmazállapot-változásai nyomán alakul ki a csapadék, és mivel légnemű halmazállapotban a vízmolekulák széles hullámhossztartományban nyelik el az infravörös sugárzást, jelentősen befolyásolják a Föld–légkör rendszer sugárzás-egyenlegét. Az időjárást és az éghajlatot meghatározó folyamatok mellett a víz fontos szerepet játszik a légkörben lejátszódó kémiai folyamatok szabályozásában, a légköri szennyező anyagok kimosódásában. Az alábbiakban áttekintjük ezeket a folyamatokat: bemutatjuk, hogy a vízgőz és a felhők milyen hatással vannak a Nap, valamint a Föld és a légkör által kibocsátott sugárzás terjedésére; ismertetjük a gyakran szél-szélsőséges időjárást eredményező csapadékképződést, és szó lesz a víznek a légköri szennyezőanyagok kimosódásában játszott szerepéről is.

Bevezetés

A vízgőz a gyorsan változó gázok közé tartozik, átlagos koncentrációja a légkörben kb.

harmada–negyede a szén-dioxidénak. Azonban a csapadékképződési folyamatoknak köszönhetően közel négy nagyságrenddel gyorsabban cserélődik ki a légkör víztartalma, mint a széndioxid-tartalma. A gyors kicserélődés miatt a vízgőz nem tud egyenletesen elkeveredni a légkörben. Általában a felszín közelében a legnagyobb a vízgőz koncentrációja (átlagosan néhány gramm található 1 m³-nyi levegőben), és a magassággal gyorsan csökken az egységnyi térfogatban lévő vízgőz mennyisége (8 km magasan már csak néhány tized grammnyi vízgőzt tartalmaz 1 m³-nyi levegő). Megfigyelték, hogy esetenként 5–6 km-es magasság felett is viszonylag nagy mennyiségben található vízgőz (Chiou et al., 1997). Az átlagos értéket meghaladó vízgőz-koncentráció döntően a 10–12 km-es magasságig emelkedő zivatarfelhőknek köszönhető, amelyek jelentős mennyiségű vízgőzt emelnek fel a troposzféra felsőbb régióiba. Mivel a felemelkedő vízgőznek legfeljebb 10–15%-a hullik vissza a felszínre eső, hó vagy jégeső formájában, lokálisan megnőhet a vízgőz