

A TALAJ SZEREPE A CSAPADÉK-SZÉLSŐSÉGEK KEDVEZŐTLEN HATÁSAINAK MÉRSÉKLÉSÉBEN

VÁRALLYAY GYÖRGY

Kulcsszavak: csapadék-szélsőségek, talaj vízraktározó képessége,
hasznosított vízkészlet, belvízveszély, aszályérzékenység.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

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 növekszik az alábbi okok következtében.

– a légköri csapadék nagy (és növekvő) tér- és időbeni variabilitása nehezen előrejelezhető szeszélyes 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 hidrogeológiaiilag gyakorlatilag zárt Kárpát-medence legmélyebb fekvésű része) fontos tény, hogy a talaj a legnagyobb potenciális természetes víztározó és a lehulló csapadék jelentős hányadának tározására képes a 0–100 cm-es rétegben. Ez természetesen kedvező az időjárási és hidrológiai szélsőségek kedvezőtlen környezeti következményeinek megelőzése vagy csökkentése érdekében. 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 ott nem tározódik növény számára hasznosítható formában, hanem a talaj gyenge víztartó képessége miatt mélybe, vagy a felszín közeli talaj-vízbe szivárog („lyukas üveg effektus”).

A gyenge víznyelő képesség miatt egyaránt növekszik 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 beszivárogjon és a talajban hasznosan (a növények számára hasznosítható formában) tározódjon. Ezek a beavatkozások nélkülözhetetlen elemei egy hatékony talaj- és vízgazdálkodásnak, valamint egy eredményes környezetvédelemnek.

BEVEZETÉS

A globális klímaváltozások prognózisai számos kérdésben lényegesen eltérnek: trend vagy hosszú távú ingadozás? szárazodás vagy nedvesedés? tér- és időbeni megoszlás? stb. 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 víztározó, 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 víz eloszlása bolygónkon nagyon egyenetlen: 97,5% sós vízű óceánokban és tengerekben van; a 2,5%-nyi édesvízkészlet 90–95%-a pedig szilárd halmazállapotú jégtakaró, hó, vagy fagyott talajvíz. A folyékony halmazállapotú édesvízkészlet mintegy fele felszín alatti mélységi víz, talajvíz és talajnedvesség, s csak másik felét képezik álló és folyóvizek, ill. az ökoszisztémák biomasszájában felhalmozott „zöld víz”. Érthető tehát, hogy a világ édesvízkészletei egyre inkább keresett hiánycikké, *stratégiai jelentőségű* tényezővé válnak (Somlyódy, 2002; Várallyay, 2001).

Különösen érvényes ez, ha figyelembe vesszük, hogy az emberiség létét biztosító biomassza-termelést akadályozó tényezők jelentős része is a vízháztartással kapcsolatos, annak oka vagy következménye. Erről mutatunk be egy összeállítást – a FAO adatai alapján – az 1. ábrán.

Magyarország természeti adottságai között is nagy biztonsággal előrejelezhető, hogy az időjárási és vízgazdálkodási szélsőségek kockázatának fokozódásával az élet-

minőség javítását célzó társadalmi fejlődésnek, a 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 (Pálfi, 2005; Somlyódy, 2002; Várallyay, 2003, 2005a,b).

A 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 „kisvízi” 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 (Pálfi, 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).

A korlátozott készletekből először a lakossági és ipari vízigényeket kell kielégíteni, beleértve az üdülés és a 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 vízfelhasz-

nálásból, egyértelműen levonható az a következtetés, hogy a biztonságos biomassza-termelés növekvő vízigényét a jövőben Magyarországon (is) *csökkenő vízkészletekből* kell kielégíteni.

A SZÉLSŐSÉGES ÉS SZESZÉLYES IDŐJÁRÁSI HELYZETEK

Magyarország időjárását – három fő éghajlati hatás (atlanti, mediterrán, kontinentális) „ütközési” zónájában – a nagy tér- és időbeni variabilitás, változékonyság, a nehezen kiszámítható, s még nehezebben előrejelezhető szeszélyesség jellemzi. Egyaránt érvényes ez minden klímaelemre (hőmérséklet, csapadékviszonyok, napsugárzás, páratartalom), amelyek közül jelen munkánkban a csapadékviszonyok hatását emeljük ki (OMSZ, 2005).

Az ország – hosszú idősoros megfigyeléseken alapuló – átlagos évi csapadékmennyisége jelentős térbeli változatosságot tükröz, az Alföld középső részének 500 mm/év értékeitől kezdve az Alpokalja 850 mm/év feletti értékeiig: (2. ábra).

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 a Varga-Haszonits (2003, 2006) adataiból bemutatott 3. ábra az utóbbi 100 év évi átlagos csapadékmennyiségéről. A trendvonal kétségtelenül mutat bizonyos szárazodást, de a közvetlenül érezhető gazdasági, környezeti és társadalmi hatásokat az igen nagymértékű *ingadozás* jelenti. Jól mutatja ezt az éves csapadékmennyiségek átlagtól való eltérését bemutató 4. ábra is. S az évi csapadékmennyiség még mindig sok mindent „eltakar”. A rövidebb időszakokra (évszakokra, vegetációs periódusra, hónapokra; ezeken belül hetekre, sőt napokra, órákra) megszerkesztett ábrák hasonló „osz-cilláló” változásokat tükröznek.

A szeszélyes változatosság a közelmúlt éveiben csak fokozódott: több helyen és

több esetben kéthavi csapadékmennyiség lehullott intenzív felhőszakadás formájában egyetlen nap (sőt néhány óra) alatt, majd ezt kéthavi „csapadékszünet” követte. Az intenzív (>50 mm) csapadékú napok számának területi alakulását mutatja az 5. ábra. A téli, s a – szintén egyre gyakoribb, hirtelen tavaszi felmelegedés során gyorsan elolvadó hó (ha volt egyáltalán) természetesen nem „helyettesítheti” a hiányzó „aranyértékű” májusi esőt, csak az éves csapadékmennyiséget „szépiíti”!

Hazánkban – elsősorban a Magyar Alföldön – éppen ennek a szélsőségekre hajlamos, nagy és nehezen kiszámítható/előrejelezhető tér- és időbeli variabilitásnak van megkülönböztetett jelentősége. A lehulló csapadéknak emiatt ugyanis 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.

Hasonlóan nagy változatosságot mutatnak a potenciális párolgás adatai is (Varga-Haszonits et al., 2006).

A csapadék-párolgás összevetésekből levonható az a következtetés, hogy a Kárpát-medence alföldjeinek vízmérlege negatív (csapadék < potenciális párolgás), a vízmérleget a medenceperemek felől a mélyebb részek felé irányuló felszíni lefolyás, szivárgás és talajvízáramlás 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 – vizek által szállított – oldható mállástermékeinek fokozatos felhalmozódásához vezet: pl. karbonát-felhalmozódás, szikesedés (Várallyay, 1985, 2001, 2003, 2004a).

A kárpát-medencei alföldek egyaránt jellemző *belvív-veszélyeztetettségét és aszály-*

érzékenységet a szeszélyes csapadékviszonyok mellett két további tényező súlyosbítja:

- a makrodomborzat tekintetében sík Alföld heterogén mikrodomborzata (padkakkal, 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; Pálfi, 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 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 (Várallyay, 1988). Ezen összefüggéseket mutatjuk be a 6. ábrán.

Az ország agroökológiai potenciálját meghatározó tényezők, valamint a talaj termékenységét korlátozó talajdegradációs folyamatok (víz vagy szél okozta erózió; savanyodás; szikesedés; talajszerkezet leomlása, tömörödés; nedvességforgalom szélsőséggé válása; növényi tápanyagok és szennyező anyagok biogeochemiai körforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása; pufferekapacitás csökkenése; biodiverzitás és talajélet csökkenése) közvetlenül vagy köz-

vetve 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. Érvényes ez annál is inkább, mert a talaj eredményesen mérsékelheti a fokozódó csapadékszélsőségek kedvezőtlen hatásait.

MAGYARORSZÁG TALAJAINAK VÍZGAZDÁLKODÁSI TULAJDONSÁGAI

Részletes felmérések alapján megállapítottuk, hogy Magyarország talajainak 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és 31%-a jó vízgazdálkodású. A kedvezőtlen vízgazdálkodás okai a szélsőségesen nagy homoktartalom (a terület 10,5%-án), a nagy agyagtartalom (11%), a szikesedés (10%), a láposodás (3%), vagy a sekély termőréteg (8,5%). A közepes vízgazdálkodás okai a könnyű mechanikai összetétel (11%), az agyagfelhalmozódás a talajszelvényben (12%), vagy szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben (3%) (7. ábra) (Várallyay, 2001, 2003, 2004a,b).

Kidolgoztunk egy korszerű felvételezési – vizsgálati – térképezési – monitoring rendszert dolgoztunk ki a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak, vízháztartásának és anyagforgalmának jellemzésére, azok hatékony szabályozása érdekében (Várallyay, 2004b, 2005a,c; Várallyay et al., 1979, 1980a,b).

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszerében a talaj fizikai félesége; szabadföldi vízkapacitása (VK_{sz}), holtvíztartalma (HV) és hasznosítható vízkészlete (DV); a víznyelés sebessége (IR) és a talaj hidraulikus vezetőképessége (K) voltak a csoportképző paraméterek, míg az alcsoportokat a talajszelvény rétegezettsége, illetve a talaj speciális vízháztartását okozó tulajdon-

ságok alapján definiáltuk (Várallyay *et al.*, 1980b; Várallyay, 2004b, 2005a). A 9 fő kategória határérték-matrixát mutatjuk be az 1. táblázatban, feltüntetve azok %-os elterjedését is hazánk területén. 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 egy-egyesen 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 egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 8. ábrán.

A térkép részletes területi adatai (elhatárolt foltonkénti, talajtípusonkénti, középtájkénti 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 textúrdifferenciálódás) vagy A–B–C (a talajszelvényben jelentős textúrdifferenciálódás 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). Ezek az adatok közvetlenül térképre vihetők, számítógépes adatbázisban digitálisan (is) tárolhatók, s kvantitatív alapját jelenthetik egy-egy talajfélése, 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 TALAJ, MINT HAZÁNK LEGNAGYOBB POTENCIÁLIS TERMÉSZETES VÍZTÁROZÓJA

A szeszélyes csapadékviszonyok, a gyakran előforduló szélsőséges vízháztartási helyzetek és a változatos domborzat miatt biotermelési, mezőgazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt megkülönböztetett jelentősége van a talaj víztároló képességének.

Adataink alapján tényszerűen bizonyítható, hogy a talaj hazánk legnagyobb kapacitású – potenciális – természetes víztárolója (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 km³ víz befogadására és 25–35 km³ 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 beszívargását 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 vízátmeresztő, igen lassú víznyelésű réteg, ami megakadályozza vagy lassítja a víz talajba szivárgását, a talaj nedvességtároló terének feltöltését: „ledugaszolt üveg effektus”.

Ez utóbbi főbb eseteit mutatjuk be vázlatosan a 9. ábrán.

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 – „eltüntetése” 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 túl nedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek. Ez a „vízháztartási szélsőség” sajnos nem kivételes eset, hanem egyik jellemzője a Magyar Alföldnek, ami a prognosztizált klímaváltozások esetén csak súlyosbodni fog (Várallyay, 1988, 2003, 2005c, 2007b).

A légköri aszály káros környezeti/ökológiai/gazdasági következményeinek súlyosságához, a talaj aszályérzékenységéhez – 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 10. ábrán. A „ledugaszolt üveg effektus” a 6., 7. és 9. vízgazdál-

kodási kategória talajaira, a „lyukas üveg effektus” az 1. és 2. kategóriák talajaira jellemző elsősorban (Várallyay, 2007c).

A szélsőséges időjárási helyzetek káros környezeti/ökológiai hatásait jelentősen tompíthatja a talajvízből történő kapilláris vízutánpótlás amely eredményesen járulhat hozzá a talaj víz raktározására alkalmas pórusterének feltöltéséhez, s így a növény vízellátásához. Ennek azonban három feltétele van:

- nem nagy mélységben elhelyezkedő talajvízszint;
- a talajvízszint feletti talaj réteg-összetétel 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 talajvíze általában mélyen helyezkedik el, ahonnan a gyökérszónába irányuló kapilláris transzport többnyire jelentéktelen, ha van egyáltalán. Az Alföld hidromorf talajai alatt elhelyezkedő talajvizek ugyanakkor az esetek jelentős részében nagy sótartalmúak és kedvezőtlen ionösszetételűek. Az ezekből származó kapilláris oldattranszport ezért kedvezőtlen, hisz a vízzel együtt sókat is szállít a gyökérszónába, sófelhalmozódást, másodlagos szikesedési folyamatokat eredményezve.

Egy – hetvenes évekből származó – akadémiai felmérés megállapítása szerint: a jó minőségű talajvízből kapillárisan a talajvízszint feletti talajrétegekbe jutó víz mennyisége Magyarország teljes öntözési kapacitásának két-háromszorosa.

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. Előbbi a Bős-Nagymaros Vízlépcső, utóbbit a Kiskörei Vízlépcső és Öntözőrendszer környezeti hatástanulmányainak elkészítésénél használtuk eredményesen. A prognosztizált klímaváltozások környezeti hatásának elemzésénél a Kárpát-medence legmélyebb (hidrológiailag gyakorlatilag zárt) részét képező Magyarországon ezeket a hatásokat is figyelembe kell venni – „kívánatos” és „nem kívánatos” következményeik sokoldalú mérlegelésével.

Fentiek alapján az viszont egyértelműen megállapítható, hogy természeti viszonyaink között megkülönböztetett fontossága van annak, hogy a talaj potenciális vízraktározó képessége miképp hasznosabb. Egyaránt kulcskérdése ez a belvíz- és árvízvédelemnek, illetve az aszály(károk) elleni küzdelemnek.

Nem véletlen, 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. Kezdetül fogva (*Dokucsájev* munkássága Oroszország csernozjom övezetét sújtó katasztrófális szárazság és éhínség); az egymást követő száraz vagy nedves évek halmozódó hatására reagálva; mind a mai napig; sőt a globális klímaváltozás prognosztizált jövőbeni időjárási szélsőségeiig.

De ugyanezt fejezi ki a növénytermesztésben tapasztalt enyhébb vagy súlyosabb „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: állománypusztulás, illetve kisebb mértékű terméseszkökenés. S ha a talaj fizikai féleségén nem is tudunk változtatni, de szerkezeti állapotán, tömödöttségén, vízbefogadó- és víztartó képességén igen! Nem lehet tehát elégszer hangsúlyozni, hogy a fenntartható és biztonságos (!) biomassa-termelés kulcskérdése a talaj vízháztartásának hatékony szabályozása.

A TALAJVÍZHÁZTARTÁS SZABÁLYOZÁSA, MINT KÖRNYEZETVÉDELMI BEAVATKOZÁS

A talaj vízháztartása nemcsak a növény vízellátásának lehetőségeit szabja meg, hanem befolyásolja a talaj anyag- és energiaforgalmának, ökológiai tulajdonságainak (levegőforgalom, biológiai tevékenység, tápanyag- és szennyezőanyag-forgalom) egyéb elemeit is (6. ábra). A talaj nedvességforgalmának szélsőségei tehát ezekben is szélsőségeket, zavarokat okozhatnak. 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 termesztett növények által hasznosíthatóvá.

Ezek legfontosabb lehetőségeit foglaltuk össze – nagyon leegyszerűsítve – a 2. táblázatban, bemutattva, 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).

VÉGKÖVETKEZTETÉS

A felszínre jutó víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos tározásának elősegítése eredményesen járul(hat) hozzá az időjárási szélsőségek káros hatásainak

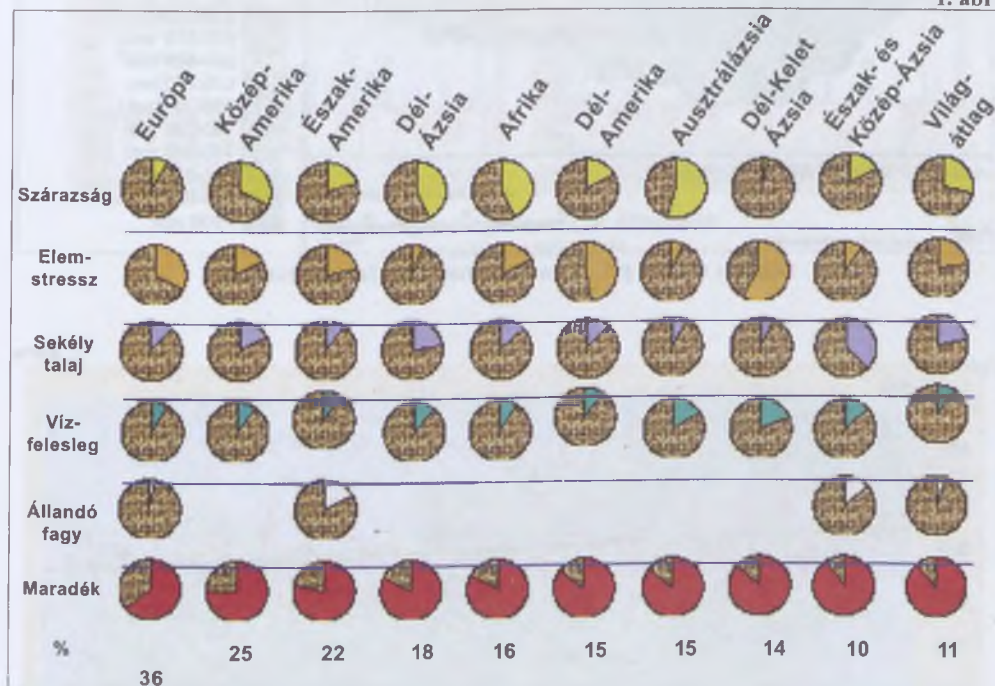
tompításához, a szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály) kockázatának (valószínűségének, gyakoriságának, tartamának, mértékének) csökkentéséhez, kedvezőtlen gazdasági, környezeti, ökológiai és társadalmi következményeinek elhárításához, megelőzéséhez. A talaj vízgazdálkodásának tudományosan megalapozott szabályozását ezért sem egy környezetvédelmi, sem egy vízgazdálkodási, sem egy agroökológiai, sem egy mezőgazdaság-fejlesztési, sem egy agrár-környezetvédelmi program nem nélkülözheti.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BIRKÁS M. – GYURICZA Cs. (szerk.) (2004): Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. SZIE MKK. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. Gödöllő. (2) CSETE L. – VÁRALLYAY Gy. (szerk.) (2004): Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei). „AGRO-21” Füzetek. 37. (3) 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. (4) JOLÁNKAI M. – SZENTPÉTERY Zs. – SZÖLLÖSI G. (2003): Az évjárat hatása a búza termésére és minőségére. „AGRO-21” Füzetek. 31. 74–82. (5) LÁNG I. – CSETE L. – HARNOS Zs. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. (6) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (szerk.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. (7) LIGETVÁRI F. (szerk.) (2006): Felmelegedés és vizeink (válogatott írások). Környezetgazdák Kiskönyvtára. Agroinform Kiadó, Budapest. 238 old. (8) Magyarország Nemzeti Atlasza (1989): Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. (9) NOVÁKY B. (2007): Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének jelentése az éghajlatváltozás várható következményeiről. „KLÍMA-21” Füzetek. 50. 6–11. (10) OMSZ (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. (11) PÁLFAI I. (2005): Belvizek és aszályok Magyarországon (Hidrológiai tanulmányok). Közlekedési Dokum. Kft. Budapest. (12) PÁLFAI I. (2007): Éghajlatváltozás és aszály. „KLÍMA-21” Füzetek. 49. 59–65. (13) SOMLYÓDY L. (2002): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. (14) VÁRALLYAY Gy. (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan, 34. 267–298. (15) VÁRALLYAY Gy. (1988): Talaj, mint a biomassza-termelés aszályérzékenységeinek tényezője. Vízügyi Közlemények. 70. (3) 46–68. (16) VÁRALLYAY Gy. (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány. 46. (7) 799–815. (17) VÁRALLYAY Gy. (2003): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály. Budapest–Gödöllő. (18) VÁRALLYAY Gy. (2004a): Talaj az agro-ökoszisztémák alap-eleme. „AGRO-21” Füzetek 2004; 37. szám: 33–49. (19) VÁRALLYAY Gy. (2004b): A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. „AGRO-21” Füzetek. 37. 50–70. (20) 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. (21) VÁRALLYAY Gy. (2005b): Magyarország talajainak vízraktározó képessége. Agro-kémia és Talajtan. 54. 5–24. (22) VÁRALLYAY, Gy. (2005c): Klímaváltozások lehetséges talajtani hatásai a Kisalföldön. AGRO-21 Füzetek. 43. 11–23. (23) VÁRALLYAY Gy. (2007a): 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.

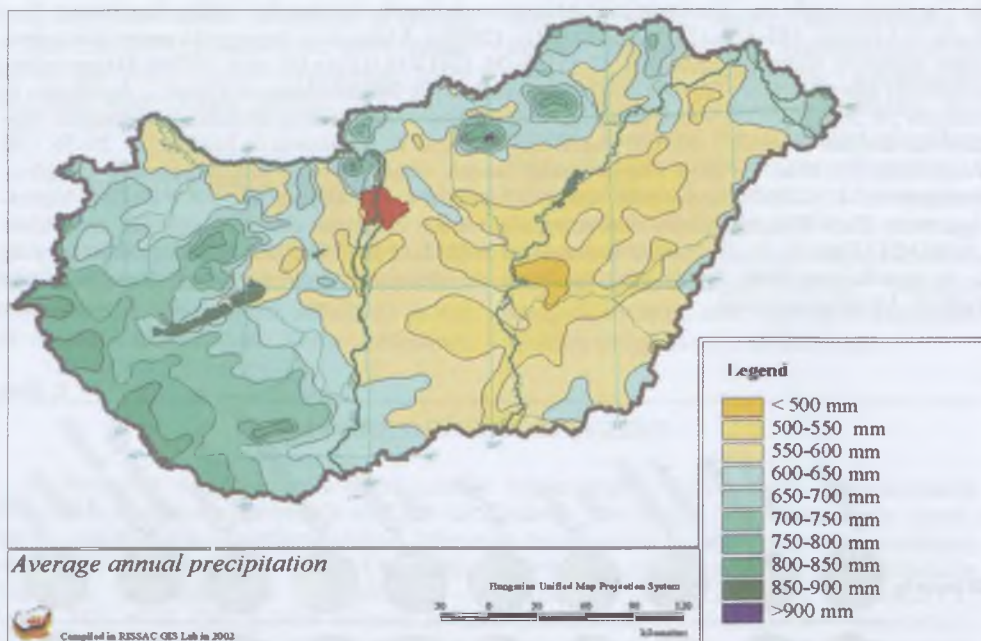
(24) VÁRALLYAY, Gy. (2007b): Risk of extreme soil moisture regime and possibilities of its control in the Carpathian Basin. In: „Environmental Management. Trends and Results”. (Eds.: Koprivanac, N. – Kusic, H.) Zagreb, 153–168. (25) VÁRALLYAY Gy. (2007c): A talaj, mint legnagyobb potenciális természetes víztározó. Hidrológiai Közlöny. 87. (5) 33–36. (26) VÁRALLYAY Gy. et al. (1979): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. Agrokémia és Talajtan. 28. 363–384. (27) VÁRALLYAY Gy. et al. (1980a): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. II. Agrokémia és Talajtan. 29. 35–76. (28) VÁRALLYAY Gy. et al. (1980b): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan, 29. 77–112. (29) VARGA-HASZONITS Z. (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scénáriók. „AGRO-21” Füzetek. 31. 9–28. (30) VARGA-HASZONITS Z. et al. (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. NyME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Matematika–Fizika Tanszék, Mosonmagyaróvár.

1. ábra



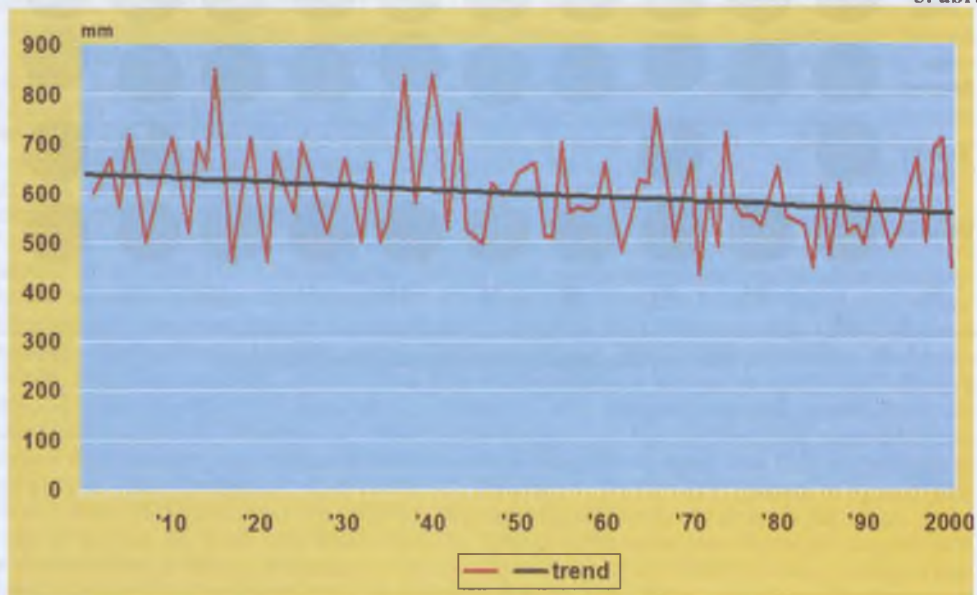
A Föld agroökológiai potenciálját korlátozó tényezők

2. ábra



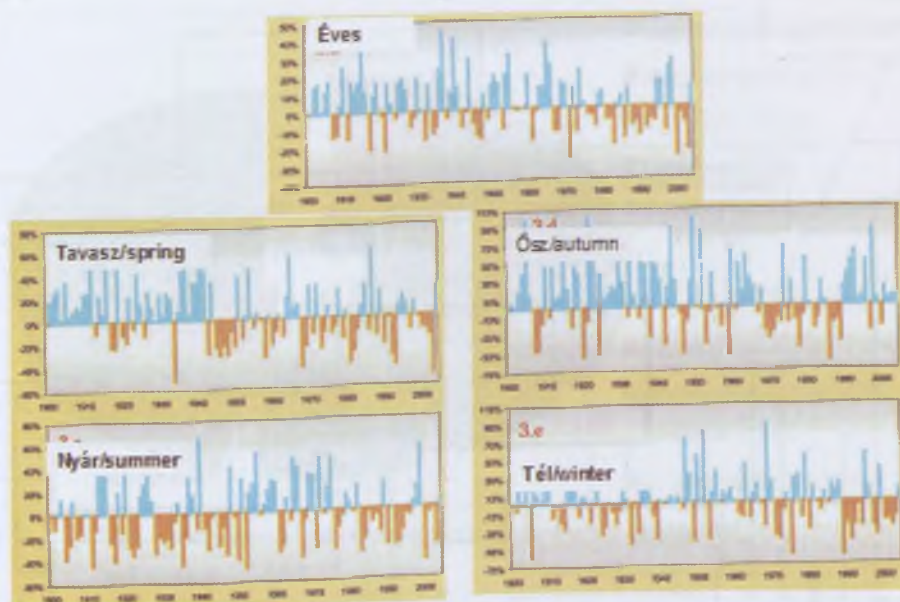
Sokéves átlagos évi csapadékmennyiség Magyarországon

3. ábra



Éves csapadékösszegek változása (1901–2000)

4. ábra



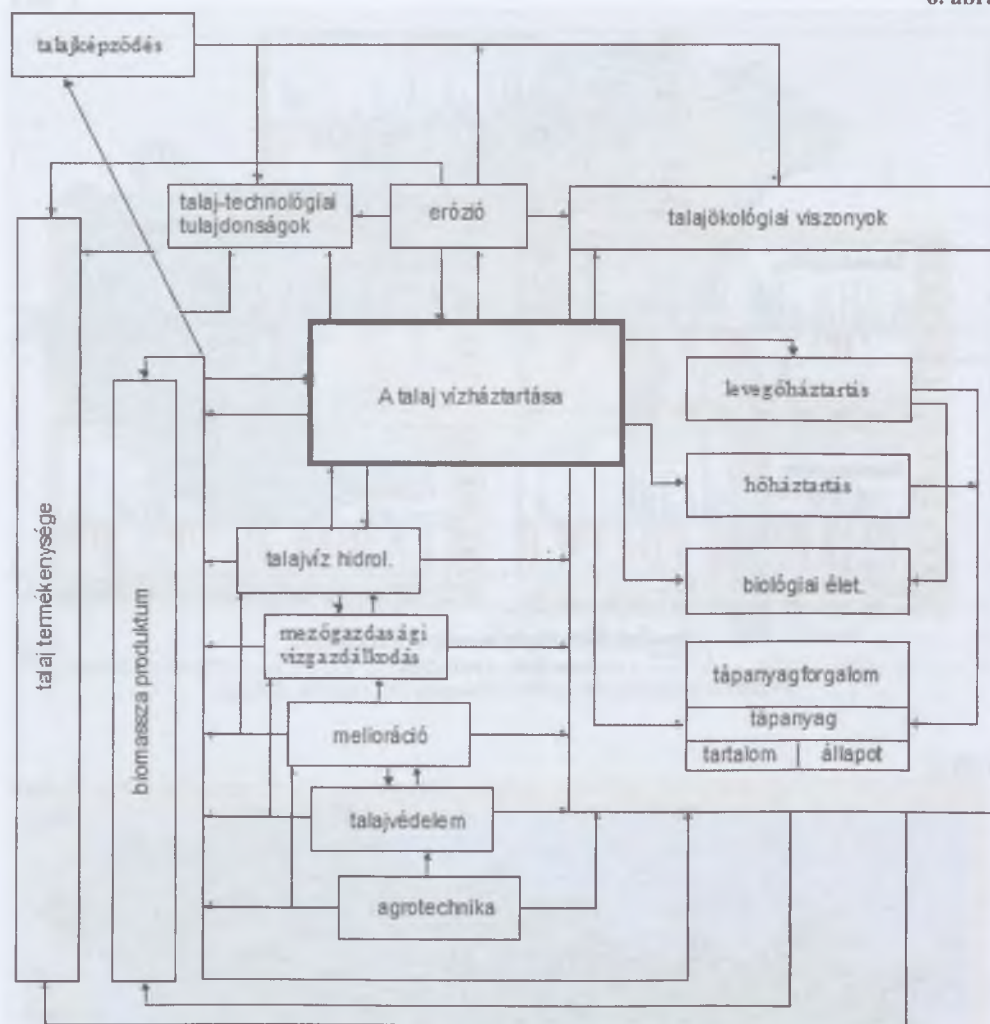
A csapadékösszegek országos átlagainak
Anomáliái, 1901–2004

5. ábra



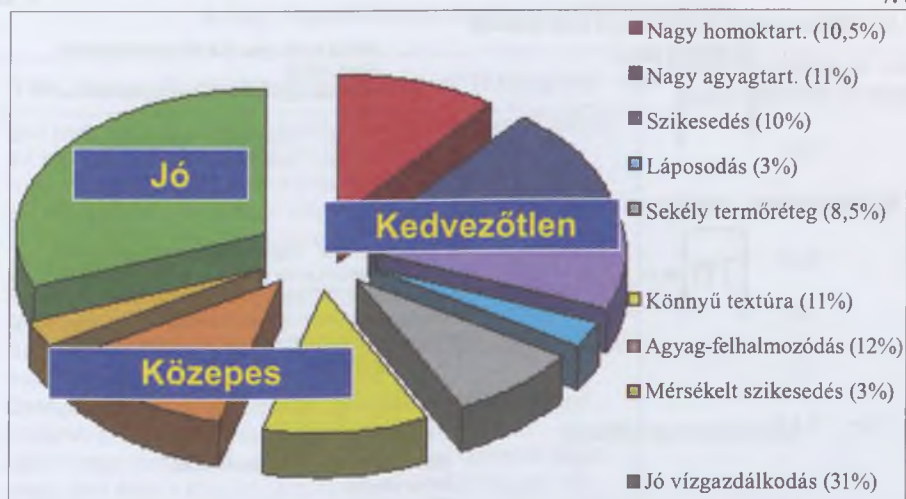
50 mm-nél nagyobb napi csapadékösszegek esetszámai 1980. január – 2005. május között.
A területi eloszlás fontos vidékfejlesztési következtetések levonását teszi lehetővé

6. ábra



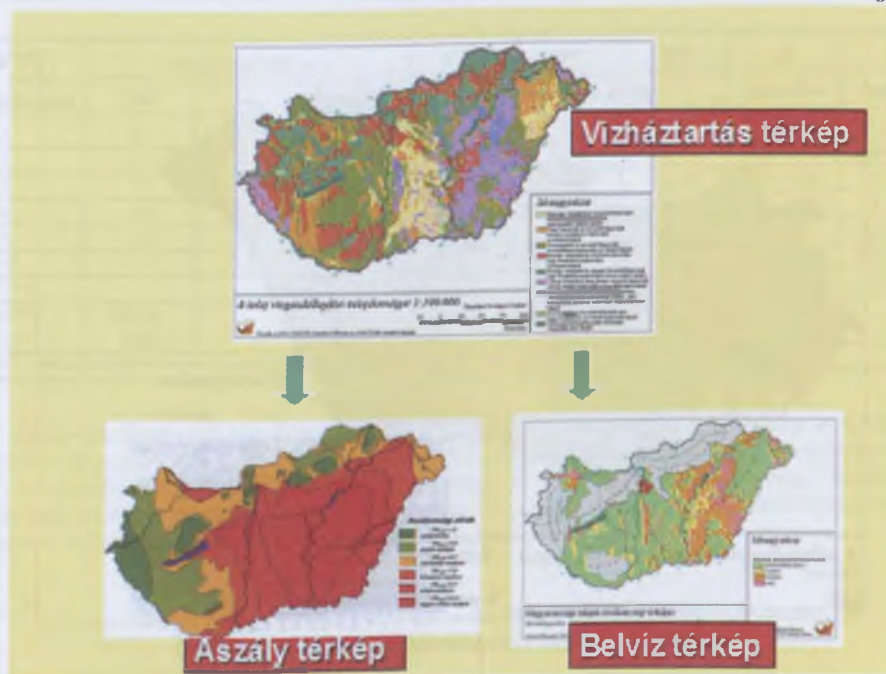
A talaj vízháztartásának talajtani és környezeti összefüggései és befolyásolásának lehetőségei

7. ábra



Magyarország talajainak vízgazdálkodása és annak okai

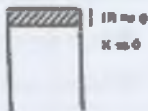
8. ábra



Magyarország talajainak egyszerűsített vízgazdálkodási kategória térképe

9. ábra

A) Vízmemeresztő réteg (kéreg) a talaj felszínén



1. sókkal összecementált kéreg (nátriumsók, gipsz, mész)
2. helytelen agrotechnikával összetömörített réteg
 - a. túlművelés, nehéz erőgépek
 - b. 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 kialakuló réteg („ketalp-réteg”)

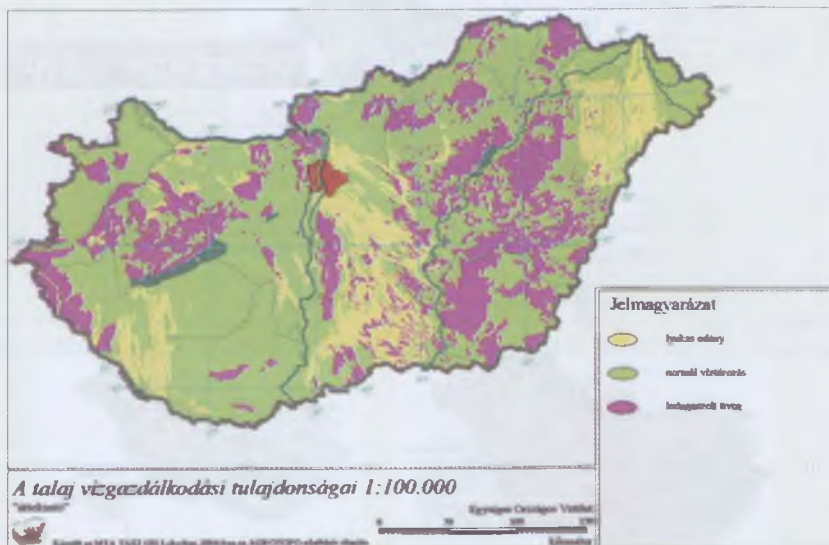


Szálsóság vizgazálkodás

[túlnedvesedés, aerációs problémák
belvízvesztély
[felszíni lefolyás, vizeróziós károk
aszály- (szárazság) érzékenység]

A víz talajba szivárgását korlátozó tényezők és következményeik

10. ábra



A talaj potenciális vízraktározó képességének korlátai

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 vízraktározó 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 kódja	Fizikai talajféleség			VK _{sz}	HV	DV	IR	K
	jele	K _A	hy ₁	mm/10 cm-es réteg			mm/óra	cm/nap
1.	h	< 25	< 1,0	< 15	< 5	5–10	> 500	> 1000
2.	hv	25–35	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	> 35			
9.	Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok							

K_A: Arany-féle kötöttségi szám; hy₁: 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

2. táblázat

A talajvízháztartás 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	felfogása	felszíni vízrendezés (drénezés)	1,2,3,5c,6,7, 11
felszín alatti		felszín alatti	

Kedvező környezeti hatások	Kedvezőtlen környezeti hatások
Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése 1. Vízfolyás okozta talajerózió; talajfolyás 2. Másodlagos szikesedés 3. Láposodás, vizenyősödés, belvízveszély 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. Árvízveszély a vízgyűjtőterületen	9. Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás-mocsarasodás) 10. Tápanyag-kilúgzódás 11. Szárazság-érzékenység