

## Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai

VÁRALLYAY GYÖRGY

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A talaj legfontosabb jellemzője a termékenység, az a specifikus képesség, hogy a talaj képes a természetes növényzet és/vagy a termesztett növények talajökológiai igényeit (elsősorban víz- és tápanyagigényét) többé-kevésbé egyidejűleg kielégíteni, a növények számára megfelelő „termőhelyet” biztosítani. Ily módon válik lehetővé a Föld felszínére jutó sugárzó napenergia növényi fotoszintézis révén történő megkötése, ami a bioszféra anyagforgalmának egyik legfontosabb láncszeme, az egész mezőgazdasági termelés alapja [28]. A talaj termékenységét a talajtulajdonságok, illetve azok együttese, integrált összhatása határozza meg. A talajtulajdonságok a mállási, talajképződési, majd a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatok eredményeképpen alakulnak ki, stabilizálódnak, vagy maradnak változásban.

Magyarország legfontosabb megújítható természeti erőforrása a termőtalaj, amelynek racionális hasznosítása, termékenységének megőrzése és fokozása a népgazdaság egyik kiemelt feladata. A talaj termékenységében megkülönböztetett szerepe van a talaj vízháztartásának. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai határozzák meg elsősorban a talaj felszínére jutó víz sorsát, a növény vízellátásának lehetőségeit, a talajban végbemenő abiotikus és biotikus anyagforgalmi (anyagmozgási és anyagátalakulási) folyamatokat. A talaj vízgazdálkodása határozza meg az egyes agrotechnikai műveletek elvégzésére alkalmas talajállapot időtartamát, e műveletek gépigényét, energiaszükségletét; végül azt is, hogy a talaj a terület intenzív mezőgazdasági hasznosításának, illetve szélesebb értelemben vett talajhasználatának „stresszhatásait” milyen mértékben képes pufferozni, s melyek a tűrési határt meghaladó „terhelés” esetén a talajban vagy a talajjal érintkező felszíni és felszín alatti vízkészletben várhatóan bekövetkező károsodások; rövid vagy hosszú távon, az adott területen vagy annak környezetében [19, 20, 23, 30].

Magyarországon a talaj termékenységét gátló tényezők (szélsőségesen nagy homok- vagy agyagtartalom; savanyú kémhatás; szikesedés; láposodás-mocsarasodás; erózió; felszín közeli tömör kőzet) túlnyomó része a talaj vízháztartásával kapcsolatos, a talaj sajátos nedvességforgalmának oka vagy következménye [14].

Ennek megfelelően a talaj termékenységének növelése vagy a növénytermesztés (agrotechnika) talajtani feltételeinek javítása érdekében történő meliorációs beavat-

kozások kivétel nélkül a talaj anyagforgalmának, túlnyomórészt a talaj vízháztartásának befolyásolását, megváltoztatását, szabályozását jelentik, s erre irányul a talajjal kapcsolatos agrotechnikai műveletek döntő hányada is.

A mezőgazdasági vízgazdálkodás alapvető célja, hogy mesterséges beavatkozásokkal úgy szabályozza a talaj vízháztartását, hogy az a termesztett növények vízellátását folyamatosan és az optimálist minél inkább megközelítően biztosítsa; teremtsen kedvező feltételeket a növények levegőigényének kielégítéséhez; tápanyagellátásának, a talaj biológiai életének optimalizálásához; kedvező irányban befolyásolja a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatokat, fenntartsa, illetve növelje ezáltal a talaj termékenységét; mindezt anélkül, hogy ez az ember természeti környezetének kedvezőtlen irányú megváltozását eredményezné. Ugyanakkor biztosítson minél kedvezőbb feltételeket a különböző energiatakarékos agrotechnikai rendszerek, termesztési technológiák kialakításához, eredményes végrehajtásához [30]. A mezőgazdasági vízgazdálkodási beavatkozások szükségességét és körülményeit — az éghajlati viszonyok, a domborzat, valamint a termesztett növény igényei mellett — a talaj vízháztartása szabja meg.

### A vízmérleg elemei

Egy terület, illetve a talaj vízmérlegének elemeit foglaltuk össze az 1. ábrán.

*A terület vízmérlegét közvetlenül növelő tényezők:*

$C_s + \bar{O}$  = a talaj felszínére jutó csapadék- és öntözővíz;

$F$  = felszíni odafolyás;

$S$  = a háromfázisú zónában végbemenő odaszivárgás;

$G$  = horizontális talajvíz-odaszivárgás.

*A terület vízmérlegét közvetlenül csökkentő tényezők:*

$L$  = közvetlen párolgás a növény felületéről (intercepció);

$T$  = a növény párologtatása (transzspiráció);

$E$  = közvetlen párolgás a talaj felszínéről (evaporáció);

$f$  = felszíni elfolyás;

$s$  = a háromfázisú zónában végbemenő elszivárgás;

$g$  = horizontális talajvíz-elszivárgás.

A talaj háromfázisú zónájában tározott vízmennyiség ( $N$ ) a területi vízmérleg fenti tényezőin túlmenően a vízháztartás alábbi tényezőitől függ.

*Közvetlenül növeli:*

$I$  = a talajba beszivárgó víz mennyisége;

$K$  = a talajvízből történő felfelé irányuló kapilláris vízmozgással a talajvízszint feletti rétegekbe jutó víz mennyisége;

*közvetve növeli:*

$D$  = a talajvízszint-emelkedés (a  $K$  növelésén keresztül),

*közvetlenül csökkenti:*

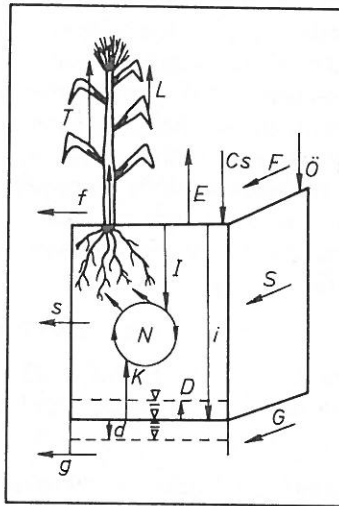
$i$  = a talajba beszivárgó víz talajvízbe jutó és azt tápláló hányada;

$V$  = a növény vízfelvétele;

*közvetve csökkenti:*

$d$  = a talajvízszint-süllyedés (a  $K$  csökkentésén keresztül).

A talaj vízháztartásának szabatos jellemzéséhez ezen tényezők számszerű, mért adataira lenne szükség. Természetesen ezek, illetve az ezeket befolyásoló tényezők térbeli megoszlását és időbeni dinamizmusát kifejező valószínűségi és gyakorisági értékekkel együtt. Ezzel szemben jelenleg az ország teljes területére vonatkozóan, de jellegzetes és viszonylag homogén területi egységekre bontva, mindezekről viszonylag kevés információval rendelkezünk.



1. ábra

A talaj nedvességforgalmának tényezői. Cs, Ö: a talaj felszínére jutó csapadék- vagy öntözővíz; F és f: felszíni lefolyás (oda-, ill. elfolyás); i: talajba szivárgó víz talajvízbe jutó hányada; I: talajba szivárgó víz mennyisége; N: talajban tározott nedvességekészlet; V: növények számára hozzáférhető nedvességekészlet; L: közvetlen párolgás a növény felületéről; T: növény által elpárologtatott víz; E: felszínről elpárolgó víz; S és s: oldalirányú nedvességmozgás (oda-, ill. elszivárgás); G és g: horizontális talajvízmozgás (oda-, ill. elszivárgás); D: talajvízszint-emelkedés; K: talajvízből származó, felfelé irányuló kapilláris vízmozgás; d: talajvízszint-süllyedés

Ismert tény, hogy a Kárpát-medence vízgyűjtő területének peremrészein a vízmérleg erősen pozitív, a lehullott csapadék mennyisége többszörösen felülmúlja az elpárolgott víz mennyiségét (az ariditási index  $< 0,5$ ). Ennek egyik következménye, hogy a párolgást a térszín nedvességállapota gyakorlatilag sohasem korlátozza (az tehát elsősorban az éghajlati tényezők függvénye), a másik pedig, hogy az Alpok és a Kárpátok peremrészeiről jelentős (egyes becslések szerint mintegy  $120 \text{ km}^3/\text{év}$ ) mennyiségű víz folyik le a talaj felszínén vagy szivárog a felszín alatt (talajvízként, vagy a fedőréteg háromfázisú zónájában) a medence mélyebb fekvésű részei felé. Ez a vízmozgás egyrészt a gravitáció hatására megy végbe, de hozzájárul ahhoz a medence — nedvességpotenciál-különbség okozta — „szívó hatása” is [6, 7]. A medence belsejében ugyanis — legalábbis a meleg, nyári időszakban — jelentős párolgási vízhiány keletkezik (ariditási tényező  $> 1,0$ ). Itt a párolgás és lefolyás dinamikus



arányát az éghajlati viszonyokon túlmenően már elsősorban a térszín és a „fedőréteg” adottságai (domborzat, növényborítottság, talajviszonyok, talajhasználat módja stb.) határozták meg. Ebből adódik, hogy az éghajlatilag párolgási vízhiányú alföldi területeken egymás mellett (gyakran egymástól igen kis távolságban) előfordulhatnak „víznyelő” (magas fekvésű, mély talajvízű) területek, ahol  $i > K$ , és  $g > G$  és „vízfogyasztó” (mély fekvésű, felszín közeli talajvízszintű) területek, ahol  $F > f$ ,  $K > i$ , és  $G > g$ , amelyek az anyagforgalom és a talajképződési folyamatok szempontjából természetesen nagymértékben különböznek egymástól: előbbi esetben a kilúgzási, utóbbi esetben a felhalmozódási folyamatok válnak uralkodóvá, meghatározóvá. Jelentősen módosíthatja a „fedőréteg” vízháztartását a felszín növényborítottsága. Ilyen megfontolások alapján választottuk a talaj vízháztartásának típusait jellemző kategóriák meghatározó paramétereivé a hegylábi peremvidékeken a csapadékviszonyokat és domborzati viszonyokat, ezért különítettük el az erdővel borított területeket, és ezért tulajdonítottunk sík területen különös jelentőséget a talajvízviszonyoknak.

Magyarország területén hegylábi peremvidékek és alföldi medenceterületek egyaránt előfordulnak, az ország vízmérlege globálisan egyensúlyban van [15, 32]. Ezt mutatják az alábbi adatok:

*vízkészletet növelő tényezők:*

Csapadék: 58 km<sup>3</sup>/év (620 mm)  
 Hazánkba lépő folyók vízhozama:  
 114 km<sup>3</sup>/év

*vízkészletet csökkentő tényezők:*

Párolgás: 52 km<sup>3</sup>/év (550 mm)  
 Hazánkából kilépő folyók vízhozama:  
 120 km<sup>3</sup>/év

Ez még vízmennyiségi szempontból sem jelent stabil egyensúlyt, hisz a meteorológiai tényezők időbeni dinamizmusa elég jelentős és rapszodikus, a belépő folyók vízhozamát pedig a szomszédos országok vízfelhasználása (sőt, területhasználati módja is) módosíthatja. Bármilyen tér- vagy időbeni egységre számított vízmérleg egyensúlya egyébként nem (vagy nem feltétlenül) jelent egyensúlyt az anyagforgalom szempontjából. Többnyire elhanyagolható anyagforgalmi hatása van a  $CS$ ,  $L$ ,  $E$  tényezőknek, kismértékű — közvetlen vagy közvetett — hatása van az  $\bar{O}$ ,  $S$ ,  $s$ ,  $T$  és  $V$  tényezőknek, helyenként jelentős hatása pedig az  $F$ ,  $f$ ,  $G$ ,  $g$ ,  $I$ ,  $K$ ,  $D$ ,  $d$  tényezőknek.

Sajnos az egész országra kiterjedő észlelő-hálózat a felsorolt tényezők közül csak a csapadék ( $CS$ ) mérésére és a talajvízszint-ingadozás ( $D$  vagy  $d$ ) regisztrálására kiépített, de az ország számos területén ez sem elegendő nagyobb méretarányban történő térképezéshez. Lényegesen kevesebb helyen történik az  $E$  és  $ET$  (sok esetben csak a szabad vízfelszínről történő potenciális párolgás) mérése [1], néhány kísérleti területen az  $L$ ,  $T$ ,  $ET$  különböző növényállományokra történő meghatározása, illetve az  $F$  és  $f$  regisztrálása [4]. A többi tényező esetében többnyire csak közvetlen, többször csak közvetett számításokra, vagy tapasztalati alapokon nyugvó becslésekre vagyunk utalva. Viszonylag pontosan számítható pl. a talajvízből a talajvízszint feletti talajrétegekbe jutó víz mennyisége ( $K$ ) [17]; a biomassza-produktum és a transzspirációs koefficiens ismeretében jó közelítéssel becsülhető a növényzet által elpárologtatott víz mennyisége ( $T$ ) stb.

A vízháztartás, de különösen annak anyagforgalmi és talajtani következményei szempontjából messze nem elegendő a talaj felszínére, a gyökérszónára, a háromfázisú zónára, az első vízzáróig terjedő teljes réteggösszletre számított változások regisztrálása és a vízmérleg elemeinek ily módon történő „rekonstrukciója”, visszaszámítása. Pl. a felszíni lefolyásból származó vízmennyiség az  $F$  és  $f$  egyenlősége esetén egyaránt 0,



holott erózióveszélyeztetettség szempontjából alapvető különbséget jelent, hogy  $cz$  az egyenlőség úgy alakul, hogy  $f$  és  $F$  egyaránt 0 (nincs a talaj felszínén vízmozgás), vagy  $f$  és  $F$  egyaránt és azonosan nagy érték (erős oda- és elfolyás). Hasonló a helyzet a horizontális talajvízmozgásra vonatkozóan is, hisz  $G=g$  pangó talajvíz ( $G$  és  $g$  egyaránt  $\approx 0$ ) és jelentős horizontális talajvízáramlás ( $G$  és  $g$  azonosan nagy érték) esetén egyaránt előfordulhat. Míg azonban előbbi esetben (különösen felszín közeli talajvízszint esetén) a talajvíz fokozatos betöményedése, talajvízből származó sófelhalmozódásra, szikesedésre lehet számítani, addig utóbbi esetben ennek lehetősége mérsékelt, gyakran teljesen kizárt. A talajvízszint ingadozásából ( $D$  vagy  $d$ ) nehezen lehet eldönteni, hogy a talajvízszint-emelkedés ( $D$ ) a talajvíz oldalról ( $G > g$ ) vagy felülről ( $i > K$ ) származó táplálás eredménye-e. Pedig anyagforgalmi következményei ennek is különbözőek [6, 7, 19].

Mindezek miatt a talaj háromfázisú zónájában tározott nedvességkészlet ( $N$ ) változásának regisztrálása (egy nagy „black-box”-nak tekintve) csupán a nedvességkészlet növelése, illetve csökkentése irányában ható tényezők együttes hatásának eredőjét tükrözi, s annak elemeire, parciális komponenseire csak mérsékelt következtetéseket enged, hisz:

$$N = (I + S + K) - (i + s + V + E),$$

amelyben:

$$I = (Cs + \ddot{O} + F) - (L + E + f),$$

Vagy: a  $K$  és  $i$  aránya a talajvízszint terep alatti mélységétől, valamint a talaj pórusviszonyaitól (a gravitációs és kapilláris póruster arányától), a kétfázisú és háromfázisú zóna hidraulikus vezetőképességének viszonyától függ. A talajvízszint terep alatti mélysége viszont a „táplálás” és „megcsapolás” függvénye.

$$D \text{ vagy } d = (G + i) - (g + K).$$

A talaj komponensekre bontott, kvantitatív vízmérlegének felsorolt meghatározási nehézségei miatt gyakran kell az egyes tényezők hatásának, súlyának értékelése során az okozott anyagforgalmi következményeket elemezni, és a visszakövetkeztetés kiindulási alapjául felhasználni.

### Magyarországi talajok vízháztartásának és anyagforgalmának főbb típusai

Munkánk során a talaj vízmérlegének, vízmérleg-komponenseinek, az ezeket meghatározó vagy befolyásoló tényezőknek sokoldalú elemzése alapján:

- kidolgoztuk a hazai talajok főbb vízháztartási és anyagforgalmi típusainak kategória-rendszerét;
- megszerkesztettük ezek 1:500 000 méretarányú térképeit (2. és 3. ábra);
- következtetéseket vontunk le a talaj vízháztartásának és anyagforgalmának befolyásolási lehetőségeire, a beavatkozások várható hatására vonatkozóan [2, 8].

A talaj vízháztartásának és anyagforgalmának kapcsolatát foglaltuk össze az 1. táblázatban.

## A talajok vízháztartásának

Vízahztartási típus				
Szám	Típus	Víz mérleg		Feltétel
		Jel- lege	Főbb meg- határozó tényező*	
1.	Erős felszíni lefolyás	∅	F, f	Domborzat, fedettség, csapadék- viszonyok
2.	Erős lefelé irányuló vízmozgás	+	I	Sok csapadék, mély talajvíz
3.	Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás	(+)	I	Elég sok csapadék, mély talajvíz
4.	Egyensúlyi víz mérleg	=	I; E, T	Kevés csapadék, mély talajvíz
5.	„Áteresztő”	(+) ∅	i (I)	Nagy vízáteresztő-képességű talaj, mély talajvíz
6.	Felfelé irányuló vízmozgás	-	K, G	Felszínközeli, nem pangó jellegű, kis sótartalmú talajvíz
7.	Szélsőséges vízahztartás	-	K, G	Felszínközeli, pangó, sós talajvíz
8.	Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartás	∅	∅	Víz és gyökerek mélybe hatolását gátló tömör, vagy tömődött réteg felszín közeli megjelenése
9.	Felszíni vízfolyások hatása alatt álló	∅	F, ∅	Periodikusan ismétlődő árvíz és iszapborítás
10.	Rendszeres felszíni vízborítás	+	F, G	Rendszeres felszíni vízborítás
11.	Erdő	∅	L, T	-

*Megjegyzés:* ∅: nem jellemző; -: negatív mérleg (hiány); +: pozitív mérleg (többlet); (+): enyhén pozitív mérleg; =: egyensúly.

\* betűket lásd 1. ábrán.

\*\* A feltételek a vízahztartási típus feltételeivel együtt értendők.

táblázat  
és anyagforgalmának összefüggései

Szám	Típus	Anyagforgalmi típus		Feltétel**	
		Anyagmérleg			
		Jel- lege	Főbb meg- határozó tényező*		
1.	Erős felszíni lepusztulás	—	F, f,	talaj erózióérzékenysége	
2.	Erős kilúgzás	—	I	vízáteresztő talaj	
4.	Csapadéktöbblet miatti pangó víz	—	I	gyenge vízáteresztő képességű B-szint	
3.	Mérsékelt kilúgzás	—	I	vízáteresztő talaj	
6.	Egyensúly	=	I; V		
12.	Kismértékű anyagforgalom	(-) $\emptyset$	i (I)		
7.	Talajvízhatás	+	K, G	jelentős horizontális talajvíz-áramlás	
8.	Erős karbonátfelhalmozódás	+	K, G	pangó, nagy karbonáttartalmú talajvíz	
9.	Mérsékelt	} só- és/vagy Na <sup>+</sup> -felhalmozódás	+	K, G	pangó, nagy sótartalmú talajvíz
10.	Erős		+	K, G	pangó, nagy sótartalmú talajvíz
5.	Sekély termőréteg miatt szélsőséges nedvesség viszonyok okozta szervesanyag-felhalmozódás	$\emptyset$	$\emptyset$		
13.	Felszíni vízfolyások által befolyásolt	$\emptyset$	F, $\emptyset$		
11.	Szervesanyag-felhalmozódás	+	F, G		



Magyarország talajainak vízháztartási típusait, illetve anyagforgalmi típusait feltüntető térképek megszerkesztéséhez valamennyi hozzáférhető információt (leírások, adatok, különböző tartalmú és méretarányú térképek stb.) felhasználtunk [1, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 16, 22, 25, 28, 29, 30]. A közvetlen szerkesztési alapot a Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezőkre [28, 29] és a talaj vízgazdálkodási tulajdonságaira [30] megszerkesztett 1:100 000 méretarányú térképeink, valamint a hasonló méretarányban készülő agrotopográfiai térképek [24] jelentették. A térképek egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 2. és 3. ábrán [21, 26, 27, 28].

### A talaj vízháztartási típusai

A megszerkesztett 1:500 000 méretarányú térképen (2. ábra) 11 vízháztartási típust tüntettünk fel a talaj vízmérlegének jellege, az arra ható, azt kialakító, meghatározó és befolyásoló tényezők, valamint ezek anyagforgalmi, talajképződési és talajpusztulási következményei szerint.

A térképen elhatárolt 11 vízháztartási típus a következő:

1. Erős felszíni lefolyás típusa;
2. Erős lefelé irányuló vízmozgás típusa;
3. Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás típusa;
4. Egyensúlyi vízmérleg típusa;
5. „Áteresztő” típus;
6. Felfelé irányuló vízmozgás típusa;
7. Szélsőséges vízháztartás típusa;
8. Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartás típusa;
9. Felszíni vízfolyások hatása alatt álló vízháztartás típusa;
10. Rendszeres felszíni vízborítás típusa;
11. Erdőterületek.

A típusok közül az 1. és 2. gyakorlatilag teljesen, a 3. és 11. nagyrészt, a 8. részben Magyarország hegy- és dombvidéki területein fordul elő, a többi a gyengébben tagolt felszínű dombvidékekre, valamint a többé-kevésbé sík felszínű alföldi területekre jellemző.

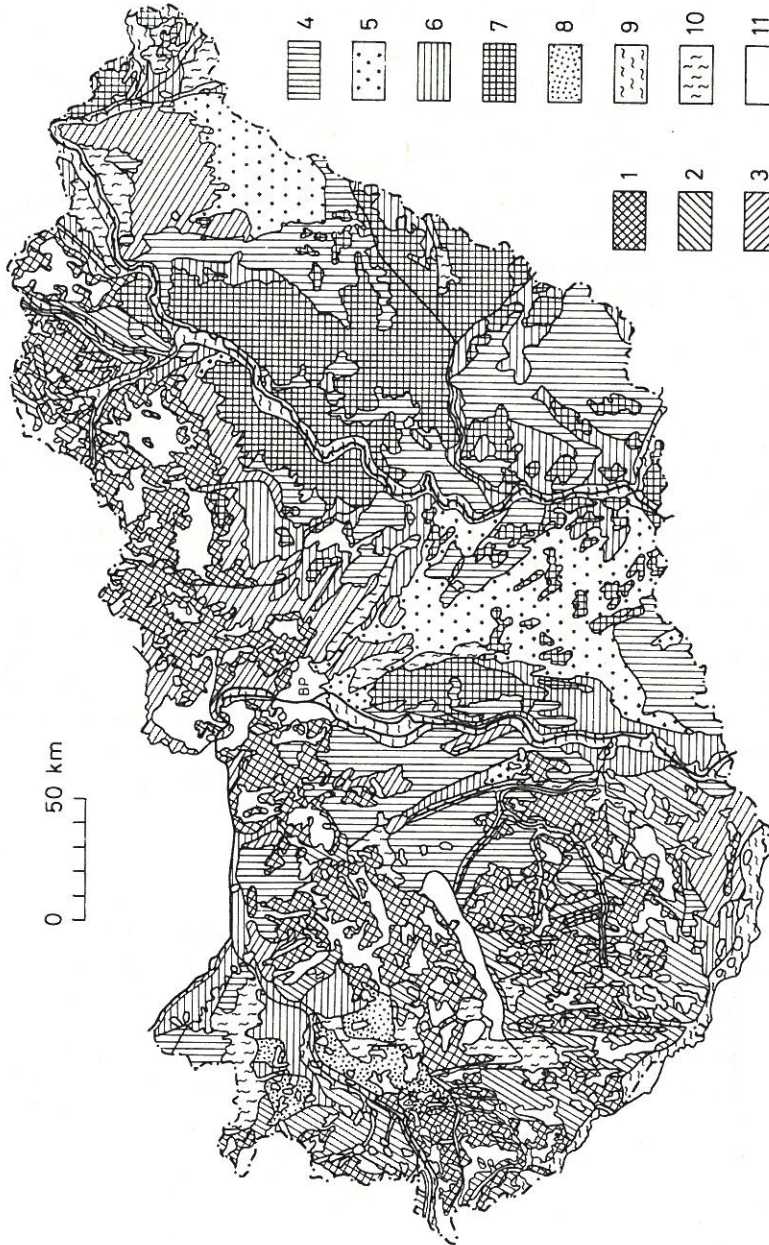
#### *1. Erős felszíni lefolyás típusa*

Ebbe a típusba soroltuk azokat a területeket, amelyek lejtős térszínein a felszínre hulló csapadék víz jelentős része a felszínen lefolyik (nagy  $F$  és  $f$ ), nagy mennyiségű talaj lehordását, súlyos vagy közepes eróziós károkat eredményezve. A nagymértékű felszíni lefolyás okai (egyenként vagy egymással kombinációban) az alábbiak lehetnek:

- nagy mennyiségű csapadék;
- korlátozott beszivárgási lehetőségek.

Ez utóbbiak ismét több okból adódhatnak:

- A talaj gyenge víznyelő képessége: felszínközelségben megjelenő tömör, vagy csak gyengén mállott alapkőzet; természeti okok vagy nem megfelelően végrehajtott emberi beavatkozások következtében kialakuló, felszínközelségben megjelenő, vagy a felszíni réteg lehordása után felszínre vagy felszínközelségben



2. ábra

Magyarország talajainak vízháztartási típusai [27]. 1. Erős felszíni lefolyás típusa; 2. Erős lefelé irányuló vízmozgás típusa; 3. Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás típusa; 4. Egyensúlyi vízmérleg típusa; 5. „Ateresztő” típus; 6. Felfelé irányuló vízmozgás típusa; 7. Szélsőséges vízháztartás típusa; 8. Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartás típusa; 9. Felszíni vízfolyások hatása alatt álló típus; 10. Rendszeres felszíni vízborítás alatt álló típus; 11. Erdőterületek

kerülő tömődött, kis vízáteresztő képességű talajrétegek (vaskőfok, agyagfelhalmozódás, eketalpréteg, tömődött talajfelszín stb.).

- A felszínre jutó víz talajba szivárgására rendelkezésre álló rövid idő, amelynek oka lehet a felszín meredek lejtése, vagy nem megfelelő (a felszínt nem, csak részben vagy időszakosan borító) növényzet.

A terület vízmérlege egyaránt lehet pozitív vagy negatív, annak alakulásában azonban a  $CS$ ,  $F$  és  $f$  mellett csak jelentéktelen szerep jut a többi tényezőnek. Meghatározó jelentőségű viszont a domborzat (lejtők meredeksége, kitettsége, hossza, alakja, morfológiája), s ettől függően az uralkodóan e típusba tartozó területeken mozaikszerűen más vízháztartási típusok is előfordulhatnak. Például a lejtők mérsékelt meredek részein a 2. és 3., a lejtők mikromélyedéseiben és a lejtők aljának szedimentációs területein lényegében a 9.-hez hasonló, bizonyos szélsőséges esetben pedig a 10. típus (hegyvidékek mikromélyedéseiben kialakuló fellápok). Ezek elkülönítését azonban a térkép 1:500 000 méretaránya nem tette lehetővé.

### 2. Erős lefelé irányuló vízmozgás típusa

E területeken a felszínre hulló viszonylag nagy mennyiségű csapadéknak ( $CS > 650$  mm/év) csak viszonylag kisebb hányada folyik le a felszínen ( $F, f$ ), nagyobb része a talajba szivárog ( $I$ ).

A terület vízmérlege minden esetben erősen pozitív ( $CS \gg E + T$ ), különösen azokon a területeken, ahol a felszínre hulló csapadékon kívül a környezet magasabb felszíneiről lefolyó víz is növeli a talajba szivárgó víz mennyiségét ( $CS + F \gg E + T + f$ ). Ilyenek pl. a meredek domboldalakat (1. típus) követő enyhébb lejtésű, vastagabb finom üledékrétegekkel fedett területek. Ezeken a beszivárgás a felszín alatti vizek táplálásához is jelentős mértékben hozzájárulhat, mint pl. az alföldi medenceperemeken. Fentieknek megfelelően a talaj vízháztartására az állandó lefelé irányuló vízmozgás, anyagforgalmára az erős kilúgzás jellemző. A vízháztartásra a lehulló csapadék mennyiségének van meghatározó hatása, mérsékelt a domborzati viszonyok befolyása.

### 3. Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás típusa

E területek fedőrétegének vízháztartásában ugyan még mindig a lefelé irányuló vízmozgás, anyagforgalmában a kilúgzás dominál, ez azonban lényegesen mérsékelt, mint a 2. típus esetében. Elsősorban a területre hulló kevesebb csapadék ( $CS < 650$  mm/év) miatt. A vízháztartásra ugyanakkor — a 2. típushoz hasonlóan — jellemző a viszonylag csekély hozzá- és elfolyás ( $F, f$ ), valamint a gyakorlatilag elhanyagolható talajvíz-táplálás ( $i \approx 0$ ). A vízmérleg mérsékelt pozitív ( $CS > ET$ ). A vízháztartásra a lehullott csapadék mennyiségének döntő, a geológiai felépítésnek fontos, a domborzatnak viszonylag mérsékelt befolyása van.

### 4. Egyensúlyi vízmérleg típusa

E területeken a lefelé és felfelé irányuló vízmozgás éves vagy hosszabb periódusra vonatkoztatva gyakorlatilag egyensúlyban van. Az év folyamán periodikusan hol egyik, hol másik kerül időszakosan túlsúlyba. Többnyire sík vagy enyhén hullámos



felszínü területek, ahol a felszíni oda- és elfolyás ( $F$  és  $f$ ) többnyire jelentéktelen. A talajvízszint mélyen helyezkedik el ( $> 4$  m), még időszakosan sem kerül felszínközelbe, ezért sem a talajvíztáplálás ( $i$ ), sem a felfelé irányuló kapilláris vízmozgás során a talajvízből a talajvízszint feletti rétegekbe jutó víz mennyisége ( $K$ ) nem jelentős:  $i \approx K \approx 0$ .

A vízmérleg gyakorlatilag egyensúlyban van. Bár a csapadék mennyisége kisebb mint a potenciális párolgás ( $CS < ET_{pot}$ ), azonban épp a felszín és a felszín közeli talajrétegek kiszáradása miatt a párolgás akadályozott ( $ET_{pot} > ET_{akt}$ ), s így  $CS \approx ET_{akt}$ . Az éves vízmérleg globális egyensúlya egy pozitív ( $CS > ET_{akt}$ ) ősztavaszi és egy negatív ( $CS < ET_{akt}$ ) tavasz—ősz vízmérleg egyensúlyát fejezi ki. Ez azt jelenti, hogy az ősztavaszi periódusban vízfelesleggel, a tavasz—ősz periódusban vízhiánnyal időszakosan egyaránt számolni lehet. Az ide tartozó talajok anyagforgalmára a szelvényen belüli periodikus anyagmozgás, a migráció a jellemző.

### 5. „Áteresztő” típus

E területeken a talaj felszínére jutó víznek gyakorlatilag teljes mennyisége a talajba szivárog, azonban a talaj gyenge vízraktározó és igen gyenge víztartó képessége miatt csak kis hányada tározódik a talajban ( $N$ ), nagyrésze gyorsan átszivárog a fedőrétegen, és vagy a talajvízbe ( $i$ ), vagy a mélyebb talajrétegekbe jut. A talajok gyors víznyelése és nagy vízáteresztő képessége miatt felszíni oda- és elfolyás gyakorlatilag nincs ( $F$  és  $f \approx 0$ ); elhanyagolható a kapilláris víz- és anyagtranszport; az oda- és elszivárgás kiegyenlítődése ( $G \approx g$ ) miatt általában kicsi a talajvízszint-ingadozás ( $D$  és  $d$ ).

A talaj vízmérlege enyhén pozitív ( $CS > E_{akt}$ ), a talajszelvényben a gyors lefelé irányuló vízmozgás dominál. Ez azonban nem a nagy mennyiségű csapadéknak, hanem a könnyű mechanikai összetételű homoktalajok gyors „víztelenedésének” a következménye, amely miatt  $ET_{akt} < ET_{pot}$ . A vízháztartási szempontból „víznyelő” területek anyagforgalmára a kismértékű anyagmozgás jellemző.

### 6. Felfelé irányuló vízmozgás típusa

E területek vízháztartásában a felfelé irányuló vízmozgás dominál, ( $K > i$ ), de a talajvíz sótartalma nem jelentős, s így permanens hatása alatt álló talajokban nem figyelhető meg sófelhalmozódás, szikesedés.

A talaj vízmérlege egyértelműen negatív, hisz a területről lényegesen több víz párologhat el, mint amennyi csapadék- és öntözővíz formájában az adott felszínre jut:  $ET > CS + \ddot{O}$ . A „párolgási vízhiányt” az oldalról történő betáplálás (felszíni odafolyás; „talajvíz-domborzat”-nak megfelelő horizontális talajvízáramlás; a „vízfogyasztó” vízmérleg „szívó” hatására a háromfázisú zónában végbemenő szivárgás) víztöbblete [ $(F + S + G) > (f + s + g)$ ] egyenlíti ki [4, 5]:

$$(F + S + G) - (f + s + g) \approx (E + T) - (CS + \ddot{O}).$$

Ez pedig az anyagforgalom szempontjából feltétlenül felhalmozódási folyamatokat eredményez, hisz míg az  $F$ ,  $f$ ,  $G$ ,  $g$ ,  $S$ ,  $s$  az anyagforgalom szempontjából is döntő tényezők, addig a  $T$  ezirányú szerepe csupán a biofil (a növény által felvett) elemek transzportjára, illetve transzlokációjára szűkül, az  $E$  pedig eleve nem bír jelentőséggel.

A típus anyagforgalmát két tényező határozza meg elsősorban:

- a talajvízszint terep alatti mélysége és szintjének ingadozása;
- a talajvíz kémiai összetétele (sótartalma, ionösszetétele) [19].

#### 7. Szélsőséges vízháztartás típusa

Ebbe a típusba soroltuk azokat — az előző típushoz hasonlóan ugyancsak talajvízhatás alatt álló — területeket, ahol a fedőréteg vízháztartását a szélsőségesen nedves és szélsőségesen száraz nedvességállapotok gyakori időbeni változása és tarka térbeli megoszlása jellemzi.

A típus vízháztartására a „párolgási vízhiány” oldalról történő betáplálással történő kiegyenlítődése:

$$(F + S + G) - (f + s + g) \approx (E + T) - (CS + \ddot{O}),$$

a háromfázisú zónában domináns felfelé irányuló vízmozgás ( $K > i$ ), anyagforgalmára pedig — ezek eredményeképpen — a felhalmozódási folyamatok jellemzőek. Ezek közül is elsősorban a pangó, sós talajvizek hatására végbemenő Na-sófelhalmozódás és szikesedés [13, 20].

#### 8. Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartás típusa

Ebbe a típusba soroltuk azokat a területeket, ahol az agyaggal és másfélszeres oxidokkal összecementált, padszerűen tömődött kavicsréteget csak viszonylag vékony, finomszemcséjű üledékréteg fedi, amelynek vízgazdálkodása éppen csekély talajnedvesség-tározótere miatt mindkét irányban szélsőséges (belvízveszély, aszályérzékenység).

Magyarországon sekély fedőrétegű területek a mellékelt térképen feltüntetettnél jóval nagyobb kiterjedésben fordulnak elő. Ezek egy részét azonban erdő borítja (11. típus); erdővel nem fedett dombvidéki területeiket pedig az 1. típusba soroltuk, hisz azok vízháztartásában a felszíni lefolyás, anyagforgalmában pedig az erózió dominál. A mészkőpadok kialakulása miatt sekély termőrétegű talajok a 6., szikesedés okozta sekély termőréteg miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok a 7. vízháztartási típusba tartoznak. Így ebbe a kategóriába gyakorlatilag csupán az Ős-Rába hajdani törmelékújjának azok a többé-kevésbé sík felszínű részei kerültek, ahol a padszerűvé cementálódott kavicsstakaró felszínközélen található.

Az átlagos mennyiségű csapadék, valamint a legfeljebb enyhén hullámos felszín miatt a felszíni oda- és elfolyás mértéke egyaránt jelentéktelen és — a mikrodomborzat kisebb mélyfekvésű részeitől eltekintve — egyensúlyban van:  $F \approx f \approx 0$ . A talajvízszint mélyen helyezkedik el, hatása sem a vízháztartásra, sem az anyagforgalomra nincs ( $i, K, G, g, D, d \approx 0$ ). Jelentéktelen a háromfázisú zónában végbemenő oldalirányú szivárgás is ( $S, s \approx 0$ ). A talaj jelenlegi anyagforgalmára a viszonylagos egyensúly jellemző.

#### 9. Felszíni vízfolyások hatása alatt álló vízháztartás típusa

Ebbe a típusba soroltuk azokat a területeket, ahol a fedőréteg vízháztartása gyakorlatilag a felszíni vízfolyások közvetlen hatása alatt áll, és ahol a megismétlődő

előntések és üledéklerakódások megakadályozzák a talajképződési folyamatok megindulását.

Az ismétlődő árvizek, előntések, felszíni iszapborítások megszűnése után a meginduló talajképződési folyamatok alapvető irányát az átnedvesedési viszonyok szabják meg, ami pedig a területre hulló csapadék mennyiségén kívül elsősorban a talajvízhatásnak a függvénye. Ennek megfelelően kerülnek át az érintett területek a 6., illetve 4. vízháztartási típusba.

#### 10. Rendszeres felszíni vízborítás típusa

Ebbe a típusba soroltuk azokat a területeket, amelyek vagy állandóan sekély (mocsári, lápi növényzet megtelepedésére alkalmas) vízborítás alatt állnak, vagy évről évre rendszeresen vízborítás alá kerülnek, és ennek hatására láposodási, mocsarasodási folyamatok indultak meg rajtuk.

A lúp kialakulása idején vízborítást okozó víztöbblet hazai területeinken nem éghajlati tényezők következménye, hanem felszíni és felszín alatti oldalirányú betáplálás többnyire együttes eredménye:  $F + G \gg f + g$ .

A vízmérleg tehát a 6. és 7. típusokéhoz hasonló:

$$(F + G) - (f + g) \approx (E + T) - (CS + \ddot{O}).$$

Ennek megfelelően az ide tartozó talajok anyagforgalmára ugyancsak a felhalmozódás jellemző (szervesanyag-felhalmozódás, mézakkumulációs szintek kialakulása).

#### 11. Erdőterületek

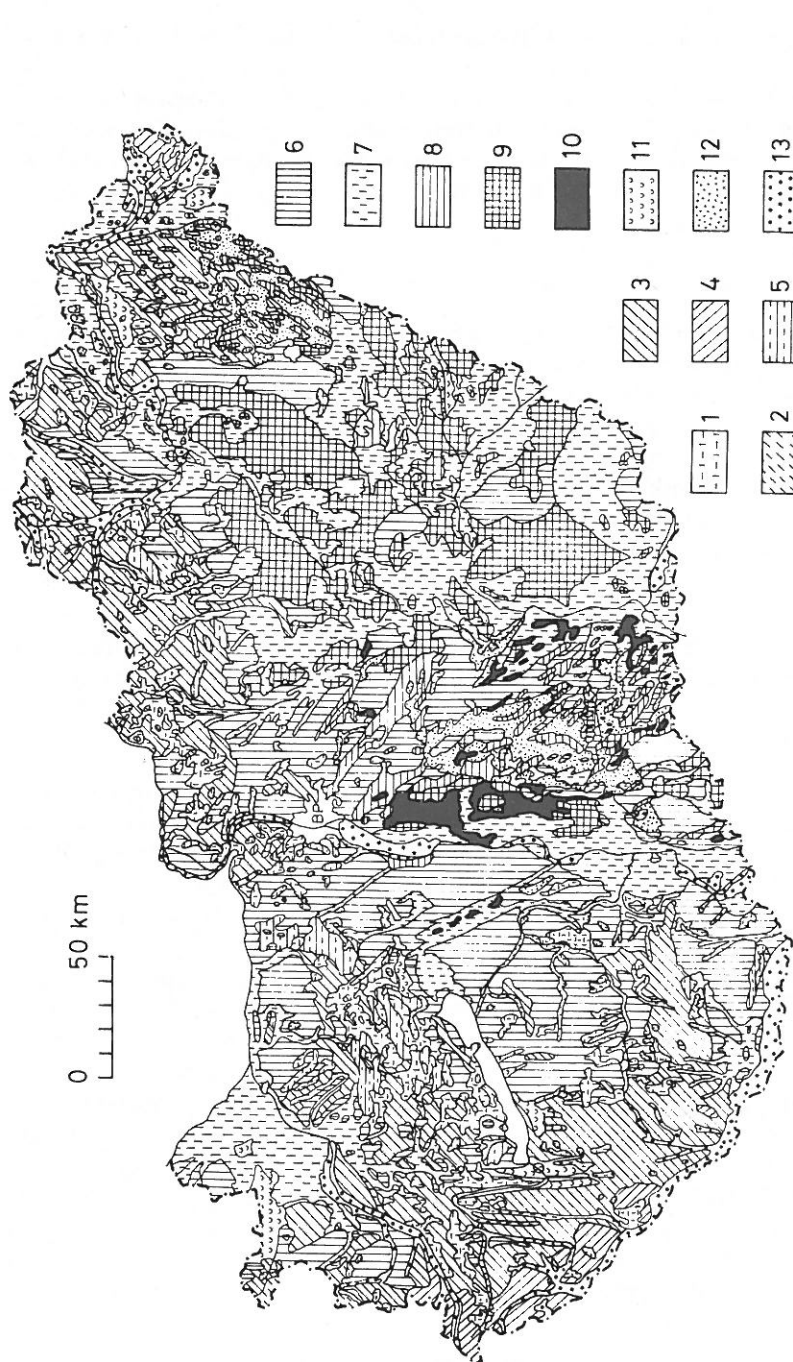
Az erdővel borított területeket azért soroltuk külön vízháztartási típusba, mivel a zárt erdő a terület vízháztartását olyan nagy mértékben megváltoztatja, hogy az eredeti vízháztartási típus jellemző vonásai sokszor teljesen eltűnnek, felismerhetlenné válnak. Ez a vízháztartási típus két szempontból is különösen heterogén: egymástól jelentősen különböző termőhelyeket (1—10. vízháztartási típusok) és erdőtüpusokat foglal össze.

Erdővel borított területeken a lehulló csapadékvíz (gyakran tekintélyes) hányada a fák lombkoronájára kerül, s onnan közvetlenül elpárologva (intercepció:  $L$ ) nem is jut a talaj felszínére. A lombkorona és a kitűnő vízraktározó képességű avartakaró lassítja és egyenletessé teszi a víz talajba szivárgását ( $I$ ), növeli a talajban hasznosan tározódni képes víz ( $N$ ) mennyiségét. Ez lejtős területeken a felszíni lefolyás ( $F, f$ ) megszűnését vagy mérséklődését eredményezi, ami nemcsak az erózió okozta talajpusztulás csökkentése miatt előnyös, hanem az egész vízgyűjtő terület vízháztartására kedvező hatású (szedimentáció csökkentése, felszíni vízhálózat feliszapolódásának lassítása, árhullámok tompítása stb.). Száraz területeken az erdő csökkenti az evaporációs veszteségeket, módosítja a talaj kiszáradásának jellegét, ezzel a háromfázisú zóna vízháztartását, anyagforgalmát.

### A talaj anyagforgalmi típusai

A megszerkesztett 1 : 500 000 méretarányú térképen (3. ábra) 13 anyagforgalmi típust tüntettünk fel:





3. ábra

Magyarországi talajok anyagforgalmának alapvető típusai [26]. 1. Erős felszíni lepusztulás típusa; 2. Erős kilúgzás típusa; 3. Mérsékelt kilúgzás típusa; 4. Talajszelvényben csapadéktöbblet miatt megjelenő „pangó víz” hatása alatt álló típus; 5. Sekély termőréteg miatti szélsőséges nedvességviszonyok okozta szervesanyag-felhalmozódás típusa; 6. Egyensúlyi típus; 7. Talajvízhatás alatt álló típus; 8. Erős karbonátfelhalmozódás típusa; 9. Mérsékelt só- és/vagy kicserélhető  $\text{Na}^+$ -felhalmozódás típusa; 10. Erős só- és/vagy kicserélhető  $\text{Na}^+$ -felhalmozódás típusa; 11. Szervesanyag-felhalmozódás típusa; 12. Kismértékű anyagforgalom típusa; 13. Felszíni vízfolyások által befolyásolt anyagforgalom típusa

1. Erős felszíni lepusztulás típusa;
2. Erős kilúgzás típusa;
3. Mérsékelt kilúgzás típusa;
4. Talajszelvényben csapadéktöbblet miatt megjelenő „pangó víz” hatása alatt álló típus;
5. Sekély termőréteg miatti szélsőséges nedvességviszonyok okozta szervesanyag-felhalmozódás típusa;
6. Egyensúlyi típus;
7. Talajvízhatás alatt álló típus;
8. Erős karbonátfelhalmozódás típusa;
9. Mérsékelt só- és/vagy kicserélhető  $\text{Na}^+$ -felhalmozódás típusa;
10. Erős só- és/vagy kicserélhető  $\text{Na}^+$ -felhalmozódás típusa;
11. Szervesanyag-felhalmozódás típusa;
12. Kismértékű anyagforgalom típusa;
13. Felszíni vízfolyások által befolyásolt anyagforgalom típusa.

A típusok anyagforgalmának főbb jellemzői az alábbiakban foglalhatóak össze:

#### 1. Erős felszíni lepusztulás típusa

Ezeken a területeken a lejtős felszínre hulló csapadék víz jelentős része a felszínen elfolyik, az anyagforgalomra ezért az erős felszíni lehordás, súlyos talajlepusztulás, nagymértékű eróziós károk a jellemzőek.

A terület jellegzetes talajtípusai az alapkőzetig lepusztult köves és földes kopárok, továbbá valamennyi erősen és közepesen erodált talajtípus.

#### 2. Erős kilúgzás típusa

A nagy mennyiségű csapadék, a hűvös, nedves éghajlat miatt szinte állandóan lefelé irányuló függőleges vízmozgás az esetek nagy részében nemcsak a vízben jól oldódó mállástermékeket lúgozza ki a talajszelvényből, hanem többnyire a felső talajrétegek eredeti karbonáttartalmát, sőt gyakran a megbomlatlan kolloid- és agyagrészecskéket (agyagbemosódásos barna erdőtalajok; savanyú, nem podzolos barna erdőtalajok), vagy a megbomlott organominerális komplexus másfélszeres oxidjait (podzolos barna erdőtalajok) is.

#### 3. Mérsékelt kilúgzás típusa

Ezeken a területeken a 2. típushoz viszonyítva kevesebb a csapadék, a háromfázisú zóna vízmérlege azonban még így is pozitív. Az év nagy részében lefelé irányuló függőleges vízmozgás még elég erős a vízben jól oldódó mállástermékek talajszelvényből történő teljes eltávolítására, a karbonátok mérsékeltebb (a talajszelvény felső részének karbonátmentességében, vagy csupán a karbonátprofil átrendeződésében megnyilvánuló) kilúgzására (Ramann-féle barna erdőtalajok), sőt a megbomlatlan kolloid- és agyagrészecskék lefelé mozdítására is (agyagbemosódásos barna erdőtalajok).

Ebbe az anyagforgalmi típusba soroltuk — elsősorban a Nyírségben nagy területeken előforduló — kovárányos barna erdőtalajokat is, bár azok anyagforgalma tulajdonképpen egy speciális esetet képez.

#### 4. Talajszelvényben csapadéktöbblet miatt megjelenő „pangó víz” hatása alatt álló típus

E típus anyagforgalma tulajdonképpen a 2. típusnak képezi speciális esetét. A nagy mennyiségű csapadék hatására végbemenő intenzív lefelé irányuló vízmozgás eredményeképpen a talajszelvényben kialakuló jellegzetes texturdifferenciálódás itt olyan kifejezett, hogy az illuviális, nagy agyag- és kolloidtartalmú B-szintek a víz lefelé szivárgását — legalábbis időszakosan — nagyon lelassítják, gyakorlatilag szinte teljesen megakadályozzák, így e rétegek felett pangó vizek keletkeznek a talajszelvényben, káros következményeikkel együtt (pseudoglejes barna erdőtalajok).

Ebbe a típusba soroltuk a Bereg-Szatmári sík területén előforduló szélsőségesen nehéz mechanikai összetételű mocsári erdők talajait is. Bár ezek kialakulása a pseudoglejes barna erdőtalajokétól nagymértékben eltérő viszonyok között, teljesen különböző folyamatok eredményeképpen ment végbe, a jelenlegi anyagforgalom sok hasonlóságot is mutat azokkal (pangóvízképződés a talajszelvényben, erős kilúgzódás, erős savanyúság stb.).

#### 5. Sekély termőréteg miatti szélsőséges nedvességviszonyok okozta szervesanyag-felhalmozódás típusa

Az ide tartozó, mészkövön, dolomiton, bázikus eruptív kőzeteken, vagy nyirkon kialakult rendzinák, erubáz talajok és nyiroktalajok közös jellemzője, hogy a tömör, vagy csak gyengén mállott talajképző kőzetet viszonylag vékony, finomszemcséjű mállott üledékréteg fedi, amelynek vízgazdálkodása éppen csekély talajnedvességtározótere miatt szélsőséges. A többnyire sűrű gyökérezetű sziklagyepekkel (mélyebb termőréteg esetén esetleg gyér cserjével vagy erdővel) fedett területeken a képződött szerves anyag lebontását két — a szélsőséges vízgazdálkodás miatt egymással időben gyakran váltakozó — úgynevezett „biológiai stop” akadályozza: időszakosan túl bő nedvességviszonyok (gyors záporokat, tartós csapadékos időszakot, vagy tavaszi hóolvadást követően); illetve erős kiszáradás (a száraz, nyári időszakban a talaj csekély felvehető vízkészlete miatt). Ennek eredménye a talajok anyagforgalmára jellemző jelentős (többnyire mull-típusú) szervesanyag-felhalmozódás.

#### 6. Egyensúlyi típus

A típus anyagforgalmára az éves, vagy hosszabb periódusra vonatkoztatott globális egyensúly, a szelvényen belüli periodikus anyagmozgás, a migráció a jellemző. Az év folyamán időszakosan hol a kilúgzódási, hol a felhalmozódási folyamatok kerülhetnek időszakosan túlsúlyba, e hatások azonban hosszabb távon kiegyensúlyozzák egymást.

Ennek megfelelően a talajszelvényben esetleg csak „reliktumként” figyelhető meg mérsékelt texturdifferenciálódás (Ramann-féle barna erdőtalajok, csernozjom barna erdőtalajok); nincs sófelhalmozódás; előfordulhat viszont mérsékelt biogén karbonátfelhalmozódás a gyökérezóna alsó határán; vagy mérsékelt (illetve múltbeli) talajvízhatásra utaló enyhe kicserélhető  $Mg^{2+}$ -felhalmozódás a mélyebb rétegekben. Ez a típus jellemzi a — jelenleg talajvízhatástól gyakorlatilag mentes — csernozjomok anyagforgalmát.



### 7. Talajvízhatás alatt álló típus

A típus anyagforgalmára a nem mélyen elhelyezkedő, de kis sótartalmú talajvizek a jelenben is állandó hatást gyakorolnak. Mivel a talajfelszín és a talajvízszint közötti talajszelvényben végbemenő vízmozgás eredője felfelé mutat, és a talaj vízmérlegét az oldalirányú „táplálással” szemben az evapotranszpirációs „megcsapolás” tartja egyensúlyban (amely utóbbi anyagforgalmi jelentősége mérsékelt, s csupán a növényzet által felvett biofil elemek transzportjára, illetve transzlokációjára korlátozódik), az ide tartozó réti csernozjomok, réti öntéstalajok és réti talajok anyagforgalmára a felhalmozódás a jellemző. Hogy ez végeredményben miben nyilvánul meg, az a talajképző közet anyagi minőségétől, a talajvíz hatásának intenzitásától, e hatás időtartamától, valamint a talajvíz kémiai összetételétől függ elsősorban.

E kategóriát az időszakosan túl bő nedvességviszonyok miatti szervesanyag-felhalmozódás, jellegzetes karbonátdinamika (enyhe mészkumulációs szintek: „függő” mészprofilok), többnyire jelentős kicserélhető  $Mg^{2+}$ -tartalom és a talajvíz-hatás alatt álló rétegekben megfigyelhető hidromorf bélyegek jellemzik [11, 13, 19].

### 8. Erős karbonátfelhalmozódás típusa

Az anyagforgalomra — a 7. típushoz hasonlóan — itt is a felszín közeli, de nem nagy sótartalmú talajvíz permanens hatása jellemző. A döntő különbséget az erősebb hidromorf vonások, mindenekelőtt a kifejezett, gyakran mészgöbcecsekből álló „atkás” réteget vagy tömör réteggé cementálódott mészkőpadot képező mészkumulációs szintek kialakulása (réti talajok), illetve az erősebb szervesanyag-felhalmozódás (lápós réti talajok) jelentik.

### 9. Mérsékelt só- és/vagy kicserélhető $Na^+$ -felhalmozódás típusa

Az anyagforgalomra itt is a felhalmozódás jellemző, amely azonban nemcsak a karbonátokra, hanem a vízoldható Na-sókra és/vagy a talaj kicserélhető  $Na^+$ -tartalmára is kiterjed. A felszín közeli, „pangó” jellegű (lassú horizontális mozgású), nagy sótartalmú, kedvezőtlen ionösszetételű, gyakran erősen lúgos kémhatású talajvizekből a kapilláris oldat-transzport jelentős mennyiségű vízoldható Na-sót szállít a talajvízszint feletti talajrétegekbe, és eredményezi e sók felhalmozódását a talaj mélyebb rétegeiben (mélyben sós alföldi mészlepedékes csernozjomok és réti csernozjomok), illetve a Na-sókkal telített, lúgos talajoldat migrációját a talajszelvényben. Ez utóbbinak következménye a talaj adszorpciós komplexusának  $Na^+$ -telítődése (szolonyecsedés: mélyben szolonyeces talajok, szolonyeces réti talajok, sztyeppesedő réti szolonyecsek, réti szolonyecsek), a talajok fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak leromlása.

### 10. Erős só- és/vagy kicserélhető $Na^+$ -felhalmozódás típusa

E talajok anyagforgalmában a felszín közeli (gyakran a talajfelszínig emelkedő), pangó, sós talajvizek hatása még erősebben érvényesül, s nagymértékű felszíni vagy felszín közeli sófelhalmozódást (szoloncsákok) és/vagy  $Na^+$ -telítődést eredményez (szoloncsák-szolonyecsek).

### 11. Szervesanyag-felhalmozódás típusa

Az e típusba sorolt, állandóan sekély (mocsár, lápi növényzet megtelepedésére alkalmas) vízborítás alatt álló, vagy évről évre rendszeresen vízborítás alá kerülő területek anyagforgalmára a láposodási, mocsarasodási folyamatok jellemzők, mindenekelőtt a szerves anyag felhalmozódása. Gyakran kíséri ezt mészkumulációs szintek kialakulása is biogén és pedogén okok együttes hatására.

### 12. Kismértékű anyagforgalom típusa

Az e típusba sorolt területek homoktalajainak (futóhomokok, humuszos homoktalajok) anyagforgalmát a talajok kis szerves és ásványi kolloidtartalma határozza meg. A talajképződési folyamatok bélyegei csak helyenként felismerhetők (humuszos homoktalajok), s ott sem kifejezettek. Nem felszín közeli talajvízszint esetén e talajok vízháztartására a lefelé irányuló vízmozgás jellemző. Mivel ez a vízmozgás gyors, s a talaj anyagát durva szemcséjű, kis fajlagos felületű, nem vagy gyengén oldható alkotórészek képezik, a lefelé irányuló vízmozgás anyagforgalmi következményei csak a talajszelvény kis sótartalmában, valamint — karbonátos talajképző kőzet esetén — a gyökérszóna alsó határán kialakuló enyhe mészkumulációs szintek formájában figyelhetők meg.

### 13. Felszíni vízfolyások által befolyásolt anyagforgalom típusa

Az e típusba sorolt területek jelenleg is a felszíni vízfolyások közvetlen hatása alatt állnak; a meg-megisméltődő elöntések és üledéklerakódások megakadályozzák a talajképződési folyamatok megindulását, illetve csak az áradások közti — viszonylag rövid — periódusokra korlátozzák azokat (fiatal, nyers öntéstalajok).

Az ismétlődő árvizek, elöntések, felszíni iszapborítások megszűnése után e területeken megindul talajképződési folyamatok alapvető irányát a talaj átnedvesedési viszonyai szabják meg, ami pedig a területre hulló csapadék mennyiségén kívül elsősorban a talajvízhatásnak a függvénye. Ennek megfelelően kerülnek át a kialakuló talajok a 7. vagy 6. anyagforgalmi típusba.

## A talaj vízháztartásának és anyagforgalmának szabályozási lehetőségei

A szabályozás lehetőségeit [8, 9, 19, 23] a vízháztartási típusok sorrendjében foglaljuk össze vázlatosan:

### 1. Erős felszíni lefolyás típusa

Az ide tartozó területeken a felszíni lefolyás mérséklése jelenti a legfontosabb melioratív beavatkozást. Ennek lehetséges módozatai a területre történő felszíni hozzáfolyás ( $F$ ) csökkentése (a vízgyűjtő magasabb területein történő fokozott vízvisszatartással); a víz talajba szivárgására rendelkezésre álló idő növelése (a felszíni lefolyás sebességének csökkentése a lejtők meredekségének mérséklésével: sáncolással, teraszolással, rétegvonal menti talajműveléssel, váltvaforgó ekével történő szántással, illetve megfelelő, zárt és állandó növényállomány lehetőség szerinti megtelepítésével);

valamint a talaj víznyelő képességének fokozása (talajszerkezet-javítás, megfelelő talajművelés, altalajlazítás stb.).

## 2. Erős lefelé irányuló vízmozgás típusa

Az ide tartozó területeken a vízfelesleg eltávolítása jelenti a legfontosabb meliorációs beavatkozást, amely többnyire különböző eljárások komplex alkalmazását teszi szükségessé: a felszínre jutó vízmennyiség csökkentése (szomszédos területekről történő felszíni hozzáfolyás megakadályozása vagy mérséklése; felesleges pangó vizek elvezetése); alagsóvezetés a felszín alatt képződő felesleges vizek elvezetésére, valamint az alagsórendszer zavartalan funkcióját (a talajszelvény felesleges vízkészletének a drénhálózatba jutását) biztosító vertikális drenázs kialakítása (megfelelő talajművelés, B-szint fellazítása, leromlott szerkezet helyreállítása), amely utóbbi többnyire kémiai talajjavítást (elsősorban meszeztést) is szükségessé tesz, annál is inkább, mivel ez a talaj savanyúságának tompítása érdekében az esetek nagy részében egyébként is célszerű.

## 3. Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás típusa

Az ide sorolt talajoknál általában csak az átlagostól eltérő időjárás esetén van szükség a vízfelesleg mesterséges eltávolítására, s többnyire az is viszonylag egyszerűen megoldható a felesleges vizek felszíni elvezetésével. A kevesebb csapadék miatt a beszivárgás feltételeinek javítása (megfelelő talajművelés, mélylazítás stb.) itt már elsősorban nem a felszíni lefolyás csökkentésének, hanem a talajban hasznosan tározott vízmennyiség ( $N$ ) növelésének az érdekében történik.

## 4. Egyensúlyi vízmérleg típusa

Az ide tartozó, többnyire jó vízgazdálkodású talajokon meliorációs beavatkozásokra általában nincs szükség, s a kiegyenlített vízháztartás esetleg csak időszakosan, vagy speciális esetekben tesz szükségessé — a helyes agrotechnikán túlmenően — nedvességszabályozási intézkedéseket. Ilyen lehet pl. a vízigényes kultúrák szükséges esetben történő kiegészítő öntözése, vagy bizonyos speciális célöntözések (kelesztő öntözés; szennyvíz vagy hígtrágya környezetkímélő elhelyezése stb.). Tulajdonképpen ilyen beavatkozást jelent a nem megfelelő időben, nem megfelelő erő- és munkagépekkel, nem megfelelő minőségben elvégzett agrotechnikai műveletek (szántás, vetés, műtrágyázás, növényápolás, növényvédelem, betakarítás, öntözés) hatására leromlott talajállapot (leromlott talajszerkezet, erősen tömődött rétegek kialakulása a talaj felszínén vagy a talajszelvényben, „eketalp”-réteg stb.) regenerálásának meggyorsítása, elősegítése, tehát a talaj eredetileg kedvező vízháztartásának a helyreállítása (megfelelő talajművelés, esetleg mesterséges szerkezetjavító anyagok alkalmazása) is. Természetesen célszerű az ilyen (nem, vagy nem mindig elkerülhetetlen) károsodások megelőzése.

## 5. „Áteresztő” típus

Az agrotechnika fő feladata ezeken az aszályérzékeny talajokon a növény vízigényének kielégítése (gyakori, szinte folyamatos, kisadagú öntözés). A meliorációs



beavatkozások alapvető célja pedig a talaj víztartó képességének növelése, amely egyrészt szerves és ásványi kolloidok közvetlen (különböző módszerekkel történő) talajba juttatásával valósítható meg, másrészt zárt növényállományt biztosító, dús gyökérzetű növénykultúrák eredményes megtelepítését és fenntartását biztosító intézkedésekkel (öntözés, műtrágyázás, kémiai talajjavítás, deflációvédelem, felszínstabilizálás, talajszerkezet-javítás stb.).

#### 6. Felfelé irányuló vízmozgás típusa

E területeken a talajvízből történő kapilláris vízmozgás ( $K$ ) gyakran jelentős mértékben hozzájárulhat a növény vízellátásához. Ha ez az utánpótlás lassú ( $K < ET$ ), úgy szükség lehet a növény időszakos vízhiányának öntözéssel történő pótlására is. A meliorációs beavatkozások és agrotechnikai intézkedések fő célja azonban a talajban történő hasznos csapadéktározás ( $N$ ) növelése, illetve a túl bő nedvességviszonyokat okozó káros vízfelesleg megszüntetése, vagy a tűrési határig történő mérséklése. A hasznos csapadéktározás a beszivárgást elősegítő módszerekkel (szerkezetjavítás és stabilizálás, megfelelő talajművelés, mélylazítás, dús gyökérzetű növényállomány megtelepítése és fenntartása) növelhető. A felszínen vagy a talajban kialakuló káros vízfelesleg eltávolítására szolgáló különböző drénezési módszerek rendeltetésszerű működését a kiegészítő eljárásokat (a talajszelvény vertikális drénviszonyainak javítása: szerkezetjavítás, kémiai talajjavítás, altalajlazítás, megfelelő talajművelés stb.) is magában foglaló komplex melioráció biztosítja.

#### 7. Szélsőséges vízháztartás típusa

Az ide tartozó szikes talajok eredményes és tartós meliorációja érdekében két alapvető feladatot kell megoldani:

- a vizoldható sók fő forrását képező talajvizek hatásának megszüntetése, illetve korlátozása (talajvízszint szabályozása: felszín közelbe emelkedésének megakadályozása, stabilizálása, esetleg szükséges mértékű süllyesztése; horizontális mozgásának elősegítése);
- a szélsőséges nedvességviszonyok közvetlen vagy közvetett megszüntetése, mérséklése.

A talaj vízháztartás-szabályozásának itt mindkét irányú szélsőség tompítását meg kell oldania. A káros felszíni vagy felszín alatti vizek elvezetését megfelelő céldrénrendszerek (felszíni és felszín alatti hozzáfolyás megakadályozása, talajvízszint-szabályozás, talajszelvényen átszivárgó felesleges vizek elvezetése stb.) kiépítésével és azok rendeltetésszerű funkcióját biztosító melioratív és agrotechnikai beavatkozásokkal (a talaj vertikális drénviszonyainak javításával) biztosíthatjuk. A növény időszakos vízhiányát megfelelő öntözéssel elégíthetjük ki. A kis talajnedvesség-tározótér miatt a zavartalan vízellátást csak a kis vízadagokkal történő gyakori öntözés oldhatja meg eredményesen és káros mellékhatások (egyenlőtlen vízelosztás  $\rightarrow$  túlöntözés  $\rightarrow$  szivárgási veszteségek  $\rightarrow$  talajvízszint-emelkedés  $\rightarrow$  másodlagos szikesedés; talajfelszín eliszapolódása stb.) nélkül.

A szélsőséges vízháztartás tompításának közvetett módja a beszivárgás körülményeinek javítása meliorációs és agrotechnikai eljárások komplex alkalmazásával (kémiai talajjavítás, szerkezetjavítás, megfelelő talajművelési rendszer,

mélylazítás, kedvező „biológiai drenázs”-t biztosító vetésszerkezet stb.). Ezzel egyrészt nő az aktív talajnedvesség-tározótér, s ennek feltöltődésével a talaj növények számára felvehető, hasznos nedvességkészlete, másrészt lehetőség nyílik arra, hogy a felesleges vízmennyiség a talajszelvényen keresztül szivárogva a drénhálózatba jusson, és azon át — sótartalmával együtt — elvezetésre kerüljön a területről, egyben a káros sótartalom csökkenését, a talaj sziktelenedését eredményezve.

#### *8. Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartás típusa*

A terület szélsőséges vízgazdálkodása gyökeresen csak a tömör kavicsréteg tartós fellazításával lenne mérsékelhető, ez azonban esetenként nem, vagy csak igen nehezen megoldható feladat. Ezért többnyire meg kell elégedni a felszíni pangó vizek felszínről történő elvezetésével, a kavicsréteg bizonyos fellazításával, ezáltal a fedőréteg kismértékű mélyítésével, vízraktározó képességének fokozásával (meszezés, szerkezetjavítás). Gyakran azonban nincs más megoldás, mint az adottságokhoz igazodó talajhasználat, a terület szélsőséges nedvességviszonyait tűrő növényállomány (feketefenyő, gyep) megtelepítése és fenntartása.

#### *9. Felszíni vízfolyások hatása alatt álló vízháztartás típusa*

Az ide tartozó területek vízháztartásának szabályozása túlnyomórészt árvízvédelmi, folyószabályozási feladat, s csak az árvédelmi töltéseken túli területeken egészül ez ki esetleg talajvízszint-szabályozással.

#### *10. Rendszeres felszíni vízborítás típusa*

A terület vízháztartásának szabályozására fogatosítandó intézkedéseket a hasznosítás célja határozza meg. Védelem esetén a jelenlegi viszonyok stabilizálása, esetleg a láp kialakulásakor feltételezett állapotok visszaállítása lehet a feladat. A tőzeg vagy lápföld kitermelése különleges vízgazdálkodási intézkedéseket tesz szükségessé — a gazdaságosság biztosítása érdekében. Végül a láptalajok eredményes mezőgazdasági hasznosításának előfeltétele a láp lecsapolása, a felszíni vízborítás megszüntetése, a talajvízszint szabályozása, továbbá a talajszelvény túl bő nedvességviszonyainak megszüntetése, illetve korlátozása, majd a láp telkesítése (a nyers tőzeg kitermelése, a különböző mértékben bomlott kotu és tőzeg ásványi fekével történő forgatásos keverése, a szerves anyag gyors mineralizálódásának elősegítése). A lecsapolt és telkesített láptalajok eredményes mező- és erdőgazdasági hasznosításának másik előfeltétele a túlzott kiszáradásra hajlamos láptalajok megfelelő nedvességállapotának biztosítása, vagy felszíni öntözéssel, vagy a talajvízszint mesterséges szabályozása útján végrehajtott alulról történő vizellátással.

### **Alkalmazási lehetőségek**

A talaj vízháztartásának és anyagforgalmának jellemzésére kidolgozott kategóriarendszer és térképanyag értékes információkat szolgáltat a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatokra, amelyek végeredményben kialakítják a talaj

tulajdonságait, meghatározzák termékenységét. Rámutatva a folyamatok okaira, és az azokra ható tényezőkre, a rendszer lehetőséget nyújt a folyamatok befolyásolhatóságának elbírálására, szabályozási lehetőségeinek számbavételére, elemzésére, a szabályozás elméletileg lehetséges, reális, racionális és gazdaságos variánsainak feltárására, kidolgozására.

Ily módon válhat a rendszer a racionális talajhasználatot, a talajtermékenység megőrzését és fokozását biztosítani hivatott meliorációs és agrotechnikai beavatkozások országos és regionális tervezésének egyik alapjává. Ezt szem előtt tartva jelölhetők ki a továbbfejlesztés feladatai is, egyrészt a kategóriák jellemzőinek pontosítása, tartalmi gazdagítása, másrészt az üzemi és táblaszintű beavatkozások megalapozásához szükséges nagyobb részletesség (több tényező; részletesebb, és több paraméter pontosabb határértékeivel jellemzett kategóriarendszer; nagyobb méretarányú térkép) irányában.

### Irodalom

- [1] Csapadék, párolgás. Magyarország vizeinek műszaki-hidrológiai jellemzése. Vizgazdálkodási Intézet kiadványa. Budapest. 1984.
- [2] DÉRI J.: Az emberi tevékenység hatása a természetes vízkészletekre. VÍZDOK kiadása. Budapest. 1971.
- [3] di GLÉRIA J., KLIMES-SZMIK A. & DVORACSEK M.: Talajfizika és talajkolloidika. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1957.
- [4] GÓCZÁN L.: Lejtős területek hidropedológiai térképezése. Földrajzi Értesítő. **20.** 1—12. 1971.
- [5] KLIMES-SZMIK A.: A talaj vízgazdálkodásával kapcsolatos kutatási feladatok. MTA Agrártud. Oszt. Közl. **11.** 101—116. 1957.
- [6] KOVÁCS GY.: A talajnedvesség zónájának hidrológiai vizsgálata. VÍZDOK kiadása. Budapest. 1978.
- [7] KOVÁCS GY.: A szivárgás hidraulikája. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1972.
- [8] Meliorációs és agrotechnikai beavatkozások hatása Magyarország talajainak vízháztartására. MTA TAKI. Budapest. 1981.
- [9] PETRASOVITS I.: Síkvidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1982.
- [10] RÓNAI A.: Az Alföld talajvíztérképe. Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa. Budapest. 1961.
- [11] STEFANOVITS P.: Magyarország taljai. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1968.
- [12] STEFANOVITS P.: Talajtan. (2. kiadás) Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1981.
- [13] SZABOLCS I.: A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1961.
- [14] SZABOLCS I. & VÁRALLYAY GY.: A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. **27.** 181—202. 1978.
- [15] SZESZTAY K.: A magyar medence vízmérlege. Vizgazdálkodási Intézet kiadványa. Budapest. 1979.
- [16] Tájékoztató a magyarországi talajok vízháztartását befolyásoló tényezőkről és előfordulásuk térképeiről. Vizgazdálkodási Intézet kiadványa. Budapest. 1982.
- [17] VÁRALLYAY GY.: Háromfázisú talajrétegekben végbemenő vízmozgás tanulmányozása. Agrokémia és Talajtan. **23.** 261—296. 1974.
- [18] VÁRALLYAY GY.: A talajfizika helyzete és jövőbeni feladatai. Agrokémia és Talajtan. **27.** 203—218. 1978.



- [19] VÁRALLYAY GY.: A talajvíz szerepe a talaj vízgazdálkodásában és a növények vízellátásában. *Tudomány és Mezőgazdaság*. **18**. (5) 22—29. 1980.
- [20] VÁRALLYAY GY.: Kedvezőtlen vízgazdálkodás — korlátozott talajtermékenység. *Agrokémia és Talajtan*. **30**. 151—161. 1981.
- [21] VÁRALLYAY, GY.: Mapping of soil water management in Hungary. *Trans. 12th Congr. ISSS. New Delhi. Abstracts of Voluntary Papers*. 185—186. 1982.
- [22] VÁRALLYAY GY.: A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak és vízháztartásának térképezése. In: „Vízgazdálkodás és termelési potenciál a mezőgazdaságban” c. Nemzetközi Tud. Konf. anyaga, Szarvas, 1983. 344—364. 1983.
- [23] VÁRALLYAY GY.: A talajok degradációs folyamatai, a védekezés vízgazdálkodási módszerei. *Magyar Hidrológiai Társaság IV. Országos Vándorgyűlés anyaga*. 1984.
- [24] VÁRALLYAY GY.: Magyarország 1:100 000 méretarányú agrotopográfiai térképe. *Agrokémia és Talajtan*. **33**. 243—248. 1984.
- [25] VÁRALLYAY GY., RAJKAI K. & KLIMES-SZMIK A.: Új kategória-rendszer a talajok vízgazdálkodásának korszerű jellemzésére. *VITUKI Közl.* **16**. 51—54. 1979.
- [26] VÁRALLYAY GY., SZÚCS L. & MOLNÁR E.: Magyarországi talajok anyagforgalmának alapvető típusai. *VITUKI Közl.* **35**. 10—12. 1981.
- [27] VÁRALLYAY GY., ZILAHY P. & MURÁNYI A.: Magyarország talajainak vízháztartási típusai. *VITUKI Közl.* **35**. 6—9. 1981.
- [28] VÁRALLYAY GY. et al.: Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. *Agrokémia és Talajtan*. **28**. 363—384. 1979.
- [29] VÁRALLYAY GY. et al.: Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. II. *Agrokémia és Talajtan*. **29**. 35—76. 1980.
- [30] VÁRALLYAY GY. et al.: Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan*. **29**. 77—112. 1980.
- [31] VÁRALLYAY, G. et al.: Map of soil water management characteristics in Hungary. *Trans. 5th Int. Soil Sci. Conf., Prague, 1981. Vol. II.* 42—51. 1983.
- [32] *Vízgazdálkodási keretterv. Orsz. Vízügyi Főigazgatóság. Budapest. 1984.*

*Érkezett: 1985. március 14.*

## Moisture and Substance Regimes of Hungarian Soils

G. VÁRALLYAY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

### Summary

Soil fertility is determined by the integrated influences of soil properties resulting from the mass and energy transport and transformation phenomena of soils. Of these processes the moisture regime has special significance. The final aim of any measure adopted to maintain and/or to increase soil fertility (amelioration, reclamation, agrotechnics, etc.) is the control of these regimes. Obviously, a prerequisite of success is a detailed and comprehensive knowledge of the operating processes, the factors influencing them and their mechanisms. The present paper is a contribution to the analysis and synthesis of the moisture and substance regimes of soils, based on detailed field surveys, laboratory analyses and long-term observations.

*Table*  
**Relationships between the moisture regime**

Type of moisture regime				
No.	Type	Water balance		Physico-geographical and soil conditions
		char-acter	main (determining) components*	
1.	Heavy surface runoff	∅	F, f	Relief; vegetation cover; precipitation
2.	Heavy downward flow	+	I	High precipitation, low ground-water-table
3.	Moderate downward flow	(+)	I	Moderately high precipitation, low groundwater table
4.	Equilibrium type	=	I, E, t	Low precipitation, low ground-water table
5.	„Filtration“-type	(+) ∅	i (I)	Highly permeable soil, low ground-water table
6.	Upward flow (groundwater-wetted type)	–	K, G	High non-stagnant groundwater with low salinity
7.	Extreme moisture regime due to salinity-alkalinity	–	K, G	High „stagnant“ saline ground-water
8.	Extreme moisture regime due to shallow depth	∅	∅	Solid rock, compact or cemented layer near to the soil surface, limiting infiltration and root penetration
9.	Moisture regime is under the influence of surface water flows	∅	F, ∅	Periodical flooding and alluvium deposition
10.	Regularly water-logged areas	+	F, G	Regular water-logging
11.	Forests with special moisture regime	∅	L, T	–

*Remarks:* ∅: no significance; –: negative balance; +: positive balance; (+): moderately positive balance; =: equilibrium.

\* For symbols see Fig. 1.

\*\* In addition to the physico-geographical and soil conditions of the moisture regime.

1.  
and the substance regime of soils

Type of substance regime					
No.	Type	Substance balance		Physico-geographical and soil conditions**	
		char-acter	main (determining) components*		
1.	Severe surface erosion	—	F, f	erodibility	
2.	Heavy leaching	—	I	permeable soil	
4.	Stagnant water in the profile due to high precipitation (pseudogley)	—	I	B-horizon with very low permeability	
3.	Moderate leaching	—	I	permeable soil	
6.	Equilibrium (migration)	=	I; V		
12.	Negligible substance regime	(-) ∅	i (I)		
7.	Groundwater-wetted type	+	K, G	good horizontal groundwater flow	
8.	High carbonate accumulation	+	K, G	stagnant groundwater with high carbonate content	
9.	Moderate	} salt and/or exchangeable Na <sup>+</sup> accumulation	+	K, G	stagnant groundwater with high salt content
10.	High		+	K, G	stagnant groundwater with high salt content
5.	Organic matter accumulation caused by extreme moisture regime due to shallow depth (rendzinas)	∅			
13.	Substance regime is under the influence of surface water flows	∅	F, ∅		
11	Organic matter accumulation (peats)	+	F, G		



The main components of the field water balance of a territory and a soil profile are summarized in Fig. 1. The simplified territorial water balance can be written as follows (for symbols see Fig. 1):

$$\Delta W = [CS + \ddot{O} + F + S + G] - [L + T + E + f + s + g].$$

The quantity of moisture stored in the unsaturated zone of the soil profile ( $N$ ) can be expressed as:

$$N = [I + S + K] - [i + s + V + E].$$

It is indirectly influenced by the rise ( $D$ ) or lowering ( $d$ ) of the groundwater table, which is the resultant of ( $G + i$ ) and ( $g + K$ ).

Hungarian soils have been classified into 11 moisture regime types and 13 substance regime categories based on the character of their water balance, its main determining and influencing components, as well as on the detailed analysis of their effects on the mass and energy regimes, soil formation and soil degradation processes. The maps showing the various types were drawn on 1:500 000 scale.

The relationships between the 11 moisture and the 13 substance regime types and other relevant informations are summarized in Table 1.

The simplified versions of the original maps are schematically illustrated in Figs. 2 and 3.

The paper summarizes the main reasons and processes resulting in the formation of the different types (categories), and it also discusses the theoretical, practical, rational and economic possibilities, limits, and conditions of their control with regard to maintaining and/or increasing soil fertility. The elaborated system may serve as a scientific basis for the national and regional planning of optimum land utilization.

*Fig. 1.* Components of water balance (simplified version).  $CS, \ddot{O}$ : atmospheric precipitation and irrigation water;  $F$  and  $f$ : surface runoff (into and out);  $i$ : infiltration to the groundwater through the soil profile;  $I$ : infiltration into the soil;  $N$ : moisture storage within the soil;  $V$ : moisture available for plants;  $L$ : interception;  $T$ : transpiration;  $E$ : physical evaporation;  $S$  and  $s$ : unsaturated flow (into and out);  $G$  and  $g$ : groundwater flow (into and out);  $D$ : rise of water table;  $d$ : lowering of water table;  $K$ : upward capillary flow from the groundwater to the overlying horizons.

*Fig. 2.* Moisture regime types of Hungarian soils [27]. 1. Heavy surface runoff; 2. Heavy downward flow; 3. Moderate downward flow; 4. Equilibrium type; 5. "Filtration" type; 6. Upward flow (ground-water-wetted type); 7. Extreme moisture regime due to salinity-alkalinity; 8. Extreme moisture regime due to shallow depth; 9. Moisture regime is under the influence of surface water flows; 10. Regularly water-logged areas; 11. Forests with special moisture regime.

*Fig. 3.* Substance regime types of Hungarian soils. [26]. 1. Severe surface erosion; 2. Heavy leaching; 3. Moderate leaching; 4. Stagnant water in the profile due to high precipitation (pseudogley); 5. Organic matter accumulation caused by extreme moisture regime due to shallow depth (rendzinas); 6. Equilibrium type (migration); 7. Groundwater-wetted type; 8. High carbonate accumulation; 9. Moderate salt and/or exchangeable  $\text{Na}^+$  accumulation; 10. High salt and/or exchangeable  $\text{Na}^+$  accumulation; 11. Organic matter accumulation (peats); 12. Negligible substance regime; 13. Substance regime is under the influence of surface water flows.

## Typen des Wasserhaushaltes und des Materialumsatzes in Böden von Ungarn

GY. VÁRALLYAY

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

### Zusammenfassung

Die Bodenfruchtbarkeit wird durch die Gesamtheit der Bodeneigenschaften bestimmt, die das Resultat des im Boden vor sich gehenden Material- und Energieumsatzes ist. Unter diesen Vorgängen spielt der Wasserhaushalt des Bodens eine hervorragende Rolle. Sämtliche Eingriffe (Melioration, Agrotechnik, usw.), die im Interesse der Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit vorgenommen werden, zielen auf eine Regelung dieser Vorgänge ab, wozu die Kenntnis der Vorgänge, der auf diese Vorgänge einwirkenden Faktoren, sowie der Mechanismen und Gesetzmässigkeiten der letzteren notwendig ist. Dazu soll diese Arbeit, die den Boden als ein einheitliches System betrachtet, einen Ausgangspunkt liefern.

Abb. 1. enthält die Faktoren der Wasserbilanz eines Gebietes und eines Bodens. (Im Text wurden auch im Weiteren die Bezeichnungen von Abb. 1. angewendet.) Daraus ist zu ersehen, dass die Wasserbilanz ( $\Delta W$ ) eines Gebietes vereinfacht folgendermassen angeschrieben werden kann:

$$\Delta W = [CS + \ddot{O} + F + S + G] - [L + T + E + f + s + g].$$

Die in der Dreiphasen-Zone des Bodens gespeicherte Wassermenge ( $N$ ) ist:

$$N = [I + S + K] - [i + s + V + E].$$

Dies wird durch Anstieg ( $D$ ), bzw. Abstieg ( $d$ ) des Grundwasserstandes direkt beeinflusst, was wiederum eine Funktion der Zunahme ( $G + i$ ) und der Abnahme ( $g + K$ ) der Grundwassermenge ist.

Aufgrund des Charakters der Wasserbilanz der Böden, sowie der darauf einwirkenden, diese bestimmenden und beeinflussenden wichtigeren Faktoren, und aufgrund einer detaillierten Analyse der Folgen des Wasserhaushaltes, des Materialumsatzes, der Bodenbildung und der Erosion haben wir die Böden Ungarns in 11 Wasserhaushalts- und 13 Materialumsatz-Typen eingeordnet und deren 1:500 000 Karten zusammengestellt. Tab. 1. enthält die Zusammenhänge zwischen dem Wasserhaushalt und dem Materialumsatz der Böden. In Tab. 1. ist der Charakter der Wasserbilanz von den 11 Wasserhaushaltstypen, sowie die diese in erster Reihe bestimmenden Faktoren und schliesslich die naturgeographischen-bodenkundlichen Bedingungen der Typen angeführt. Die Tabelle weist auch darauf hin, welche Materialumsatztypen den einzelnen Wasserhaushaltstypen entsprechen, bezeichnet zugleich den Charakter der 13 Materialumsatztypen, deren bestimmende Faktoren, wie auch deren naturgeographische-bodenkundliche Bedingungen.

Abb. 2. und 3. zeigen die vereinfachten Karten der Wasserhaushalts-, sowie der Materialumsatztypen der ungarischen Böden im Massstab von 1:500 000.

In dieser Arbeit wurden die Hauptursachen und der Ablauf des Entstehens der einzelnen Typen detailliert zusammengefasst, auch wurden die theoretischen, realen, rationellen und wirtschaftlichen Möglichkeiten, Beschränkungen und Bedingungen der Wasserhaushalts- und Materialumsatzregelung, die auf den Böden der einzelnen Typen die Bewahrung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit zu sichern berufen sind, zusammengefasst. Auf diese Weise kann das System in der Landes- und Regionalplanung zu einer der wissenschaftlichen Grundlagen für Eingriffe und Massnahmen werden, welche die Ungestörtheit der Bodenfunktionen sichern sollen.

Tabelle  
Zusammenhang zwischen dem Wasserhaushalts-

Wasserhaushaltstyp				
Nummer	Typ	Charakter	Hauptfaktor*	Physikalisch-geographische und Bodencharakteristika
		der Wasserbilanz		
1.	Starker Abfluss auf der Bodenoberfläche	∅	<i>F, f</i>	Bodenrelief, Bedecktheit, Niederschlagsverhältnisse
2.	Starke, nach unten gerichtete Wasserbewegung	+	<i>I</i>	Viel Niederschlag, tief liegendes Grundwasser
3.	Mässige, nach unten gerichtete Wasserbewegung	(+)	<i>I</i>	Bedeutender Niederschlag, tief liegendes Grundwasser
4.	Wasserbilanz im Gleichgewicht	=	<i>I, E, T</i>	Geringer Niederschlag, tief liegendes Grundwasser
5.	„Durchlässig“	(+)∅	<i>i (I)</i>	Stark wasserdurchlässiger Boden, tief liegendes Grundwasser
6.	Nach oben gerichtete Wasserbewegung	-	<i>K, G</i>	Oberflächennahes, nicht anstauendes Grundwasser mit geringem Salzgehalt
7.	Boden mit extremem Wasserhaushalt	-	<i>K, G</i>	Oberflächennahes, anstauendes, salzhaltiges Grundwasser
8.	Extremer Wasserhaushalt im Boden wegen einer geringen Deckschicht	∅	∅	Oberflächennahe, verdichtete, das Eindringen von Wasser und Wurzeln hindernde Schicht
9.	Unter Einwirkung der oberflächlichen Wasserströmung stehend	∅	<i>F, ∅</i>	Periodisch wiederkehrendes Hochwasser und Schlammdecke
10.	Der Boden steht ständig unter Wasser	+	<i>F, G</i>	Ständige Wasserdecke
11.	Waldgebiete	∅	<i>L, T</i>	-

*Bemerkung:* ∅: nicht charakteristisch; -: negative Bilanz (Defizit); +: positive Bilanz (Überschuss); (+): schwach positive Bilanz; =: Gleichgewicht; \*: die Bedeutung der Buchstaben s. Abb. 1. \*\*: ausser den physikalisch-geographischen und Bodencharakteristika des Wasserhaushaltstyps

1.  
 und Materialumsatztyp der Böden

Materialumsatztyp					
Num- mer	Typ	Cha- rak- ter	Haupt- faktor*	Physikalisch-geographische und Bodencharakteristika**	
		der Bilanz des Materialumsatzes			
1.	Starke Erosion auf der Boden- oberfläche	—	<i>F, f</i>	Erosionsempfindlichkeit der Böden	
2.	Starke Auslaugung des Bodens	—	<i>I</i>	wasserdurchlässiger Boden	
4.	Wegen Niederschlagsüberschuss Anstauungswasser	—	<i>I</i>	Horizont <i>B</i> ist schwach wasser- durchlässig	
3.	Mittelmässige Auslaugung des Bo- dens	—	<i>I</i>	wasserdurchlässiger Boden	
6.	Gleichgewicht	=	<i>I, V</i>		
12.	Materialumsatz von geringem Aus- mass	(-) $\emptyset$	<i>i (I)</i>		
7.	Einwirkung von Grundwasser	+	<i>K, G</i>	bedeutende horizontale Grundwas- serströmung	
8.	Starke Karbonatanhäufung	+	<i>K, G</i>	anstauendes Grundwasser mit gros- sem Karbonatgehalt	
9.	Mittel- mässige	} Anhäufung der Salze und/oder des austauschbaren $\text{Na}^+$	+	<i>K, G</i>	anstauendes Grundwasser mit gros- sem Salzgehalt
10.	Starke		+	<i>K, G</i>	anstauendes Grundwasser mit gros- sem Salzgehalt
5.	Die geringe Mächtigkeit der Ak- kerkrume und die extremen Feuch- tigkeitsverhältnisse verursachen im Boden eine Anhäufung der orga- nischen Substanz	$\emptyset$	$\emptyset$		
i3.	Einwirkung der oberflächlichen Wasserströmung	$\emptyset$	<i>F, <math>\emptyset</math></i>		
11.	Anhäufung der organischen Sub- stanz	+	<i>F, G</i>		



*Abb. 1.* Faktoren des Feuchtigkeitsumsatzes im Boden.  $C_s$ ,  $\ddot{O}$ : Menge des Niederschlages und Bewässerungswassers;  $F$  und  $f$ : Wasserzuströmung bzw. Abfluss von der Bodenoberfläche;  $i$ : Anteil des in das Grundwasser gelangenden Sickerwassers;  $I$ : Menge des in den Boden einsickernden Wassers;  $N$ : im Boden gespeicherter Wasservorrat;  $V$ : für die Pflanzen aufnehmbare Wasservorrat;  $L$ : direkte Verdunstung von der Oberfläche der Pflanzen;  $T$ : durch die Pflanzen verdunstetes Wasser;  $E$ : von der Bodenoberfläche verdunstetes Wasser;  $S$  und  $s$ : horizontale Bewegung der Feuchtigkeit in der Dreiphasen-Zone des Bodens (Zu-, bzw. Fortsickerung);  $G$  und  $g$ : horizontale Bewegung des Grundwassers (Zu-, bzw. Fortsickerung);  $D$ : Anstieg des Grundwasserstandes;  $d$ : Absinken des Grundwasserstandes;  $K$ : aus den Grundwasser stammende, nach oben gerichtete kapillare Wasserbewegung.

*Abb. 2.* Wasserhaushaltstypen der ungarischen Böden [27]. 1. Starker Abfluss auf der Bodenoberfläche; 2. Starke, nach unten gerichtete Wasserbewegung; 3. Mässige, nach unten gerichtete Wasserbewegung; 4. Wasserbilanz im Gleichgewicht; 5. „Durchlässiger“ Typ; 6. Nach oben gerichtete Wasserbewegung; 7. Der Boden besitzt einen extremen Wasserhaushalt; 8. Extremes Wasserhaushalt im Boden wegen einer geringen Deckschicht; 9. Unter Einwirkung der oberflächlichen Wasserströmung stehend; 10. Der Boden steht ständig unter Wasser; 11. Waldgebiete.

*Abb. 3.* Haupttypen des Materialumsatzes in ungarischen Böden [26]. 1. Starke Erosion auf der Bodenoberfläche; 2. Starke Auslaugung der Böden; 3. Mittelmässige Auslaugung der Böden; 4. Der Boden steht wegen Niederschlagüberschusses unter Einwirkung von „Anstauungswasser“; 5. Die geringe Mächtigkeit der Ackerkrume und die extremen Feuchtigkeitsverhältnisse verursachen im Boden eine Anhäufung der organischen Substanz; 6. Gleichgewichtstyp; 7. Der Boden steht unter Einwirkung des Grundwassers; 8. Starke Karbonatanhäufung im Boden; 9. Mittelmässige Anhäufung der Salze und/oder des austauschbaren  $Na^+$  im Boden; 10. Starke Anhäufung der Salze und/oder des austauschbaren  $Na^+$  im Boden; 11. Anhäufung der organischen Substanz; 12. Materialumsatz von geringem Ausmass im Boden; 13. Durch die oberflächliche Wasserströmung (Wasserabfluss) beeinflusster Materialumsatz.

## Типы водного режима и переноса вещества в почвах Венгрии

Д. ВАРАЛЛЯИ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

### Резюме

Почвенное плодородие определяется комплексом свойств почвы, что является результатом процессов переноса вещества и энергии. В этом большую роль играет водный режим почвы. Мероприятия, направленные на сохранение и повышение почвенного плодородия (мелиорация, агротехника и т.д.), ставят целью регулировать эти процессы, для чего необходимо знать механизм их действия и закономерности, а также действующие на них факторы.

На рисунке 1. приведены факторы водного баланса для территории и почв (в тексте до конца использовали буквенные обозначения рис. 1.). Из этого следует, что водный баланс территории ( $\Delta W$ ) упрощенно можно описать так:

$$\Delta W = [C_s + \ddot{O} + F + S + G] - [L + T + E + f + s + g].$$

А запас воды в трехфазной зоне почвы ( $N$ ):

$$N = [I + S + K] - [i + s + V + E]$$

На это косвенно влияет поднятие уровня грунтовых вод ( $D$ ), или его опускание ( $d$ ), что в свою очередь является функцией „питания” грунтовых вод ( $G + i$ ) и их „опада” ( $g + K$ ).

На основе характера водного баланса почвы и основных факторов, влияющих на него, а также на основе подробного анализа последствий, наступающих в водном режиме почв, передвижении веществ, в процессах почвообразования и эрозии, почвы Венгрии по водному режиму подразделили на 11 типов, а по переносу веществ на 13 типов и составили карту этих типов в масштабе 1:500 000.

Зависимости между водным режимом почв и переносом веществ преведены в таблице 1. Здесь обозначен характер водного баланса одиннадцати типов водного режима, основные, определяющие факторы, а также географические-почвенные условия типов. Таблица показывает каким типам водного режима соответствуют типы переноса вещества, дает характеристику 13-ти выделенным типам круговорота вещества, основные факторы, а также географические-почвенные условия.

Схему карт в масштабе 1:500 000, отражающих типы водного режима и переноса вещества в почвах, приведены на рисунках 2. и 3.

В работе подробно останавливаемся на главных причинах, процессах формирования отдельных типов; а также на теоретических, реальных, рациональных и экономических возможностях, ограничениях, условиях, способствующих сохранению и повышению плодородия почв, относящихся к различным типам. Таким образом настоящая система является одной из научных основ планирования государственных и региональных мероприятий, направленных на сохранение бесперебойного функционирования почвы.

*Рис. 1.* Факторы динамики влажности почвы.  $C_s, \bar{O}$ : вода, попадающая на поверхность почвы с осадками или при орошении;  $F$  и  $f$ : поверхностный сток (приток или отток);  $i$ : часть воды фильтрующейся в почву, которая доходит до грунтовых вод;  $I$ : количество фильтрующейся в псчву воды;  $N$ : запасы воды в почве;  $V$ : доступная для растений влага;  $L$ : прямое испарение с поверхности растений;  $T$ : количество воды, испаренной растениями;  $E$ : вода испарившаяся с поверхности почвы;  $S$  и  $s$ : движение воды в боковом направлении в трехфазной зоне почвы (приток или отток);  $G$  и  $g$ : горизонтальное движение грунтовой воды (приток или отток);  $D$ : поднятие уровня грунтовых вод;  $d$ : опускание уровня грунтовых вод;  $K$ : капиллярное поднятие грунтовых вод.

*Рис. 2.* Типы водного режима венгерских почв [27] 1. Тип сильного поверхностного стока. 2. Сильное движение воды вниз. 3. Среднее движение воды вниз. 4. Равновесный водный баланс. 5. Пропускной. 6. Движение воды направлено вверх. 7. Крайний водный режим. 8. Крайний водный режим из-за очень мелкого покровного слоя. 9. Находящийся под влиянием поверхностных водотоков. 10. Систематическое поверхностное затопление. 11. Лес.

*Рис. 3.* Основные типы переноса вещества в венгерских почвах. [26] 1. Тип сильной поверхностной эрозии; 2. Тип сильного выщелачивания; 3. Тип умеренного выщелачивания; 4. Тип, находящийся под влиянием „застойной воды”, появляющейся в почвенном разрезе при выпадении большого количества (излишка) осадков; 5. Тип накопления органического вещества при условиях предельной влажности, вызванных мелким плодородным слоем; 6. Равновесный тип; 7. Тип находящийся под влиянием грунтовых вод; 8. Тип сильного накопления карбонатов; 9. Тип умеренного накопления солей и/или ионов обменного натрия; 11. Тип накопления органического вещества; 12. Тип незначительного передвижения вещества; 13. Тип находящийся под влиянием поверхностных водотоков.

Таблица  
Зависимости между водным режимом

Тип водного режима				
№	Тип	Водный Баланс		Физико-географические и почвенные условия
		ха- рак- тер	факто- ры*	
1.	Сильный поверхностный сток	∅	<i>F, f</i>	Рельеф, покрытость осадки
2.	Сильное движение воды вниз	+	<i>I</i>	Много осадков, грунтовые воды залегают глубоко
3.	Среднее движение воды вниз	(+)	<i>I</i>	Очень много осадков, грунтовые воды залегают глубоко
4.	Равновесие водный баланс	=	<i>I; E, T</i>	Мало осадков, грунтовые воды залегают глубоко
5.	„Пропускной”	(+) ∅	<i>i, (I)</i>	Почва с высокой водопроницаемостью, грунтовые воды залегают глубоко
6.	Движение воды направлено вверх	–	<i>K, G</i>	Близко к поверхности, не застойная, слабо засоленная
7.	Крайний водный режим	–	<i>K, G</i>	Грунтовые воды залегают близко к поверхности, застойные, сильно засоленные
8.	Крайний водный режим из-за очень мелкого покровного слоя	∅	∅	Близко от поверхности плотный или уплотненный слой, препятствующий проникновению воды или корней
9.	Находящийся под влиянием поверхностных водотоков	∅	<i>F, ∅</i>	Периодически повторяющиеся наводнения, покрытие илом
10.	Систематическое поверхностное затопление	+	<i>F, G</i>	Систематическое поверхностное затопление
11.	Лес	∅	<i>L, T</i>	

∅ не характерно; – отрицательный баланс (недостаток); + положительный баланс (избыток); (+) слабо положительный баланс; = равновесие.

\* буквенные обозначения смотри на рис. 1.

\*\* Дополнение физико-географических и почвенных условий с водным режимом.

1.

## почв и переносом вещества

№	Тип	Баланс вещества		Физико-географические и почвенные условия**
		ха- рак- тер	факто- ры*	
1.	Интенсивный смыв поверхности	—	$F, f$	почва склонна к эрозии
2.	Сильное выщелачивание	—	$I$	почва фильтрующая воду
4.	Застойная вода от излишка осадков	—	$I$	горизонт „В” со слабой водопроницаемостью
3.	Умеренное выщелачивание	—	$I$	почва фильтрующая воду
6.	Равновесие	=	$I, V$	
12.	Небольшой перенос вещества	$(-)\emptyset$	$i, (I)$	
7.	Влияние грунтовых вод	+	$K, G$	значительное горизонтальное движение грунтовой воды
8.	Значительное накопление карбонатов	+	$K, G$	застойные, сильно карбонатные грунтовые воды
9.	умеренное	} накопление солей и/или $\text{Na}^+$	+	$K, G$
10.	сильное		+	$K, G$
5.	Накопление органического в-ва, вызванное крайними условиями влажности из-за мелкого плодородного слоя	$\emptyset$	$\emptyset$	
13.	Влияние поверхностных водотоков	$\emptyset$	$F, \emptyset$	
11.	Накопление органического вещества	+	$F, G$	