

A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai

VÁRALLYAY GYÖRGY

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A korszerű növénytermesztés alapvető célja minél nagyobb mennyiségű és megfelelő minőségű növényi hozamok minél kisebb ráfordítással történő, gazdaságos előállítása, káros környezeti mellékhatások /talajtermékenység csökkenése; felszíni és felszínalatti vízkészletek minőségének rontása; bioszféra kedvező egyensúlyának megbontása; tájrombolás/ nélkül /VÁRALLYAY, 1980b, 1982, 1986b/.

A talaj, mint hatalmas természetes reaktor, több természeti erőforrás /sugárzó napenergia; légkör; felszíni és felszínalatti vízkészletek; biológiai erőforrások/ hatását integrálva és transzformálva nyújt életteret a benne végbemenő mikroorganizmus-tevékenységnek, jelent - kedvezőbb vagy kedvezőtlenebb - termőhelyet a természetes vegetációnak vagy a termesztett növényeknek. A talaj a mezőgazdaság legfontosabb termelőeszköze, Magyarország legfontosabb feltételelesen megújuló /megújítható/ természeti erőforrása. A növényi hozamok előállítása során "minősége", "funkcióképessége" nem romlik szükségszerűen, állaga az intenzív növénytermesztés körülményei között is megővhető, de megújulása nem megy végbe automatikusan, hanem tudatos és aktív tevékenységet követel.

A talaj legfontosabb és specifikus jellemzője a termékenység, az a képesség, hogy a talaj - többé vagy kevésbé - képes a rajta élő növény talaj-ökológiai igényeit kielégíteni, elsősorban víz- és tápanyagellátását biztosítani. Ennek feltétele levegő, valamint a növény számára felvehető víz és eszenciális növényi tápanyagok e g y i d e j ű jelenléte a talajban, amit az tesz lehetővé, hogy a talaj egy három, illetve négyfázisú /szilárd, folyadék, gáz, biológiai fázis/, polidiszperz rendszer.

A szilárd fázist alkotó szemcsék polidiszperz halmaza egy igen változatos méretű, alakú és térbeli elrendeződésű pórusrendszernek képezi vázát, amelyet többnyire részben víz, részben levegő /valamint a biológiai fázist alkotó mikroorganizmusok, talajlakó állatok és gyökerek biomaszája/ tölt ki. A talaj ugyanakkor egy 4-dimenziós rendszer. Tulajdonságai térben /horizontálisan és vertikálisan/ és időben jelentős variabilitást mutatnak.

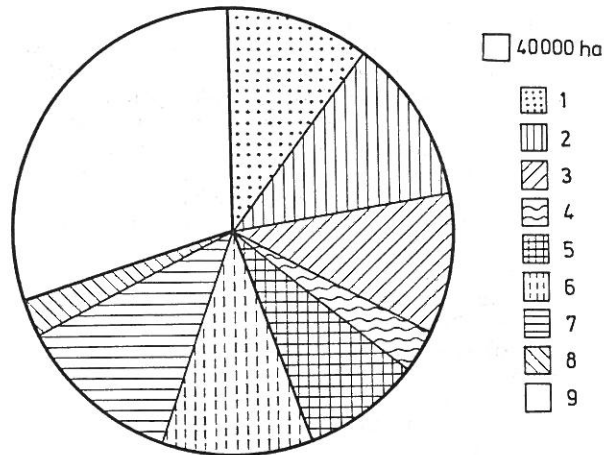
A talaj termékenységét a talajtulajdonságok együttese /integrált összehatása/ határozza meg, ami viszont a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatok /abiotikus és biotikus transzport és transzformáció/ eredménye. Természetes tehát, hogy a talajjal kapcsolatos minden tevékenység e folyamatok befolyásolásán keresztül hat a talaj tulajdonságaira és

termékenységére, a tudatos szabályozás /agrotechnika, melioráció/ műveletei éppúgy, mint a másirányú emberi tevékenység /mezőgazdasági és ipari termelés, civilizációs fejlődés, urbanizáció, stb./ még nem felismert, vagy már ismert, de nem célzatos /"megtúrt"/ hatásai.

A víz - mint oldószer, reagens és szállító közeg - jelentős, gyakran meghatározó szerepet játszik a mállási, talajképződési és talajpusztulási folyamatokban. A talaj vízgazdálkodása nemcsak a növény vízellátásának lehetőségeit határozza meg, hanem megszabja a talaj levegő- és hőgazdálkodását, ezekkel együtt biológiai tevékenységét; hat a talaj tápanyagforgalmára és a növény tápanyag-ellátására; a talaj műveléshatásaira; stressz-hatásokkal szembeni pufferképességére is /VÁRALLYAY, 1981/.

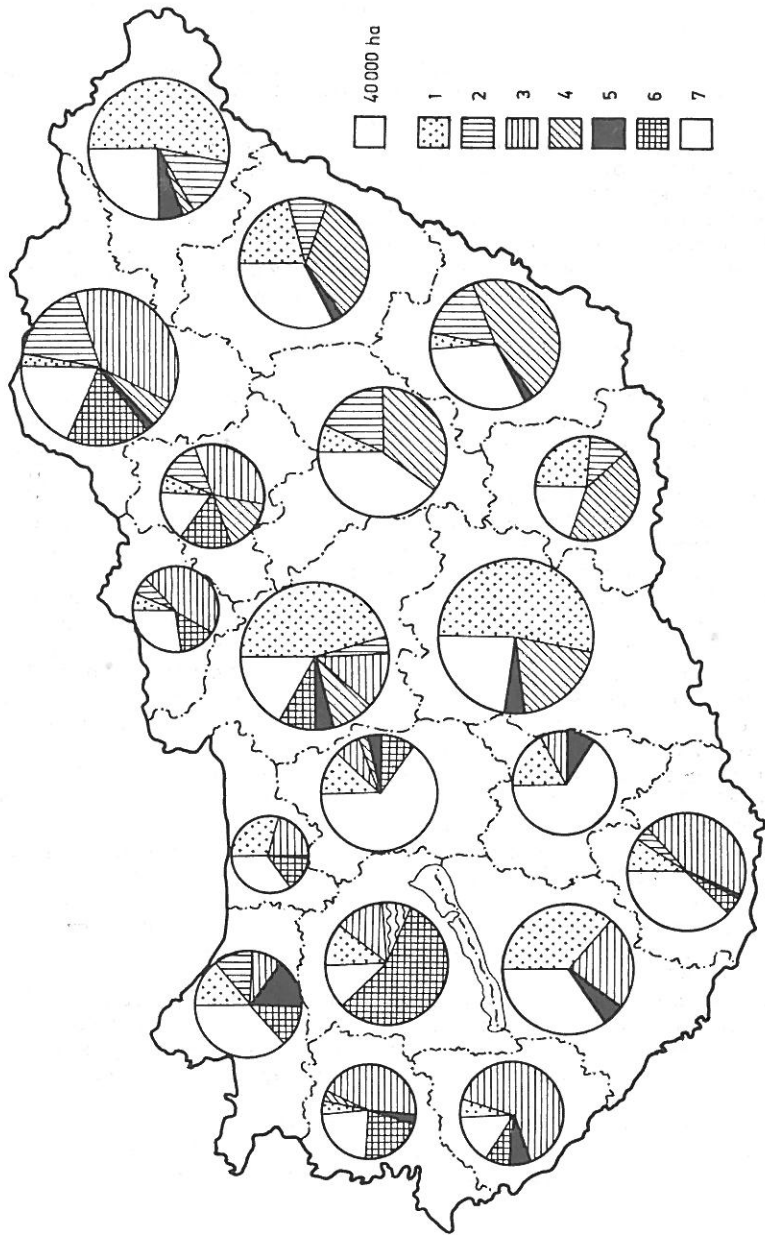
A talaj termékenységét meghatározó talajtulajdonságok, a talajtermékenységet gátló tényezők /szélsőségesen könnyű vagy nehéz mechanikai összetétel, nagy homok vagy agyagtartalom; szélsőségesen savanyú vagy lúgos kémhatás; szikesedés; láposodás-mocsarasodás; erózió; felszín közeli tömör kőzet → sekély termőréteg/, valamint a talaj termékenységét csökkentő talajdegradációs folyamatok /víz- és szél- okozta erózió; savanyodás; lúgosodás, sófelhalmozódás, szikesedés; talajszerkezet leromlása, tömörödés; vízháztartás szélsőségesé válása; biológiai degradáció, szerves anyag csökkenése; tápanyagforgalom kedvezőtlen irányú megváltozása: kilúgzódás, abiotikus és biotikus immobilizáció; a talaj pufferképességének csökkenése, toxicitás/ túlnyomó része egyaránt a talaj vízháztartásával kapcsolatos, annak oka vagy következménye /VÁRALLYAY, 1988/.

Az elmondottak bizonyítására bemutatott 1. ábráról szemléletesen kitűnik, hogy az ország területének mintegy 43 %-án tekinthetők a talajok ked-



1. ábra

Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodású talajok megoszlása Magyarországon.
 1-5: Kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok. A kedvezőtlen vízgazdálkodás oka:
 1. Szélsőségesen nagy homoktartalom. 2. Szélsőségesen nagy agyagtartalom.
 3. Szikesedés. 4. Láposodás. 5. Sekély termőréteg. 6-8: Közepes vízgazdálkodású talajok. A közepes vízgazdálkodás oka: 6. Nagy homoktartalom. 7. Nagy agyagtartalom. 8. Mérsékelt szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben. 9. Jó vízgazdálkodású talajok



2. ábra

Kedvezőtlen és közepes, valamint jó vízgazdálkodású talajok megoszlása megyénként. 1-6. Különböző okok miatt kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodású talajok. A kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodás oka: 1. Nagy homoktartalom. 2. Nagy agyagtartalom. 3. Agyagfelhalmozódás a talajszelvény egyes rétegeiben. 4. Szikkesedés. 5. Láposodás. 6. Sekély termőréteg. 7. Jó vízgazdálkodású talajok.

- a felszínre jutó csapadékvíz minél nagyobb hányada jusson a talajba /felszíni lefolyás és párolgás csökkentése/;
- a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tározódjon a talajban /vízraktározó-képesség növelése; "szivárgási-veszteségek" csökkentése/;
- a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljon a termesztett növények által hasznosíthatóvá.

A talaj vízháztartás-szabályozásának célja a termesztett növények zavartalan vízellátásának biztosítása; ezen keresztül levegő- és tápanyag-ellátásának szabályozása; a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatok kedvező irányú befolyásolásával a talajtermékenység fenntartása vagy fokozása; a káros talajdegradációs folyamatok megelőzése, kiküszöbölése vagy mérséklése. A nagyüzemi, gépesített mezőgazdaság időszakában kiegészül ez azzal, hogy a talaj nedvesség-szabályozásával kell biztosítani vagy javítani egyes agrotechnikai műveletek időben és megfelelő minőségben történő energiatakarékos elvégzésének feltételeit. A jövő nedvesség-szabályozásának pedig a talaj kedvező biológiai folyamataihoz is megfelelő ökológiai környezetet kell teremteni.

A talaj vízháztartás-szabályozásának koncepció-vázlatát mutatjuk be a 3. ábrán.

A talaj vízháztartás-szabályozásának szükséges elemeit, feltételeit és körülményeit az éghajlati viszonyok, a domborzat, a termesztett növények igényei, valamint az agrotechnikai rendszer mellett a talaj vízgazdálkodása szabja meg. Ennek alapvető tényezői a talajszelvény felépítése, a talajfelszín és a talajvízszint közötti rétegek egymásutánisága, vastagsága, települési viszonyai és vízgazdálkodási tulajdonságai: nedvességtartalma, a talajnedvesség állapota, kémiai összetétele, vertikális és horizontális mozgása. A talaj vízgazdálkodásának szabatos jellemzéséhez a felsorolt tényezők pontos és kvantitatív ismeretére van szükség, mégpedig azok térbeli eloszlását és időben dinamizmusát jellemző valószínűségi és gyakorisági értékekkel együtt. E tényezőktől függ a talaj vízmérlege, tehát az, hogy a talaj felszínére jutó víz milyen hányada szivárog be a talajba, ennek milyen hányada jut - esetleg a repedéseken keresztül vagy a talajszelvényen átszivárogva - a talajvizig, milyen hányada tározódik, s e hányadnak milyen része válik a növények számára hasznosíthatóvá.

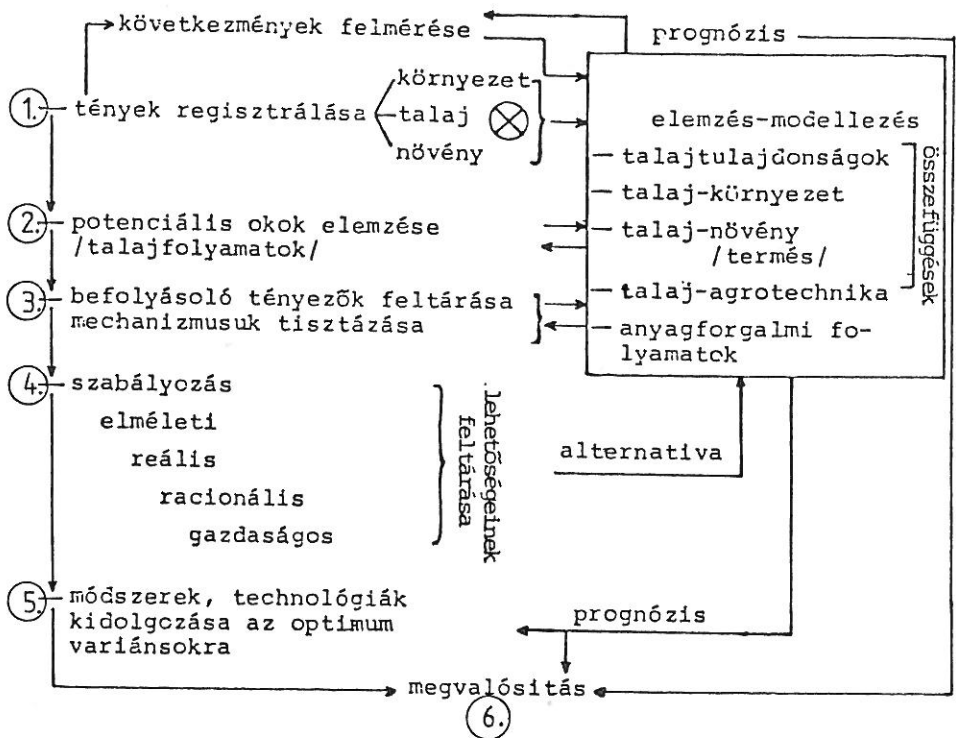
A vízháztartás-szabályozási beavatkozások szükségességének elbírálásához; elemeinek kiválasztásához; várható hatásának előrejelzéséhez; racionális sorrendjének megállapításához, ütemezéséhez; módszereinek kidolgozásához, megválasztásához, tervezéséhez, kivitelezéséhez; bekövetkező hatásának regisztrálásához, nyomon követéséhez; ellenőrzéséhez; karbantartásához; maximális hatékonysággal történő kihasználásához; megfelelő talajtani információanyag szükséges, mégpedig a beavatkozások minden szintjén /országos, regionális, üzemi és táblaszinten/ és minden fázisában /SZALAI, 1989; VÁRALLYAY, 1987/.

Talajtani tudományunk és talajvizsgálati gyakorlatunk a jól definiált, pontos fizikai tartalommal bíró, könnyen mérhető vagy jó közelítéssel számítható, egzakt és kvantitatív talajtani jellemzők iránti - mennyiségében és sokoldalúságában rohamosan növekvő - igényeket egyre inkább képes megfeleltetni.

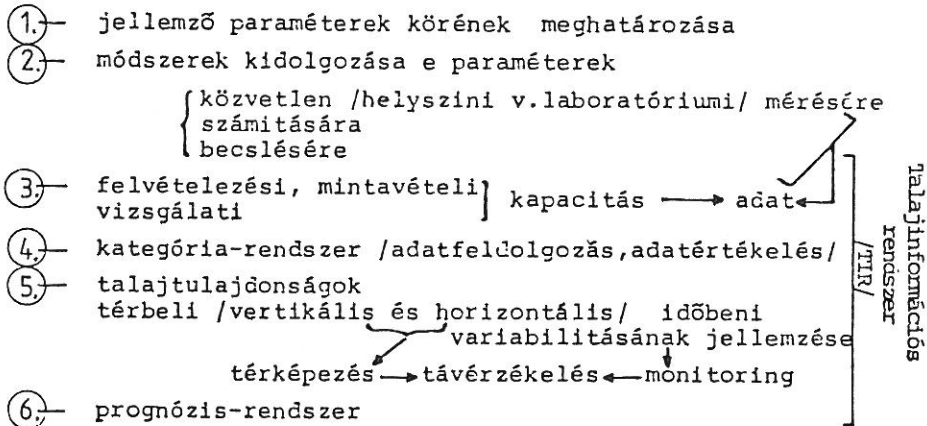
A vízháztartás-szabályozás talajtani megalapozása terén - a 3. ábrán bemutatott koncepció-vázlat egymásra épülő lépcsőinek megfelelően - az utóbbi években elért hazai eredményeket az alábbiakban lehet röviden összefoglalni.

1.

Kidolgozásra került a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak meghatározására szolgáló talajfelvételezési-talajvizsgálati rendszer /VÁRALLYAY, 1987/.



⊗ A talajtulajdonságok regisztrálása /vizgazdálkodási tulajdonságok vízháztartás/:



3. ábra
A vízháztartás szabályozásának koncepció vázlata

a/ Kiválasztásra kerültek azok a jellemző talajtulajdonságok, paraméterek, amelyek ismeretére a vízháztartás-szabályozási /tágabb értelemben véve meliorációs/ beavatkozások tervezéséhez, majd a végrehajtott beavatkozások hatásának regisztrálásához szükség van. Ezeket a talajjellemzőket foglaltuk össze az 1. és 2. táblázatban.

1. táblázat

Meliorációs beavatkozások tervezéséhez szükséges talajtani paraméterek

Meliorációs beavatkozás	Talajtani paraméter	Türelmezés				Szik- lavítás				Herc- lavítás				Kétyla- zítás				Drénezés				Öntözés				
		Türelmezés	Savanyú talaj javítás adagja előve	felhasználható javítóbőrve	felhasználható adag	előve	javítóbőrve mennyisége és adagja	mélysége	gyakorlatban	létfeltétel	tervezés, sáncolás	sáncolás	típus	érintékelés	erős-áramú	erős-áramú	sáncolás	Fajlagos vízretenció	sáncolás	közvetlen	kiegészítő víz mennyisége	kiegészítő víz mennyisége	gyakorlatban	kiegészítő	közvetlen	
Meliorációs terület		+																								
Talaj típusa, altípusa, változása		+	+	+		+				+	+	+	+	+												
Talaj rétegzettség		+	+	+	+	+	+			+	+	+	+													
pH																										
Savanyúság jellemzői /pH ₂ /		+				+	+																			
Érösség jellemzői				+	+	+																				
CO ₂ -tartalom a felületen				+		+	+																			
CO ₂ eloszlása a szelvényben		+	+	+		+	+	+		+																
Érészható sőtartalom /ötl.%/				+	+	+						+	+													
Érészható sőtartalom el- szárlás		+		+	+					+		+	+													
Érészható sőtartalom szárlás				+	+	+						+														
Érészhető Na ⁺ -tartalom				+	+	+																				
Érészhető kapacitás		+			+	+	+																			
Érészhető talajjelölés /h ₂ , h ₃ , mch. érzékelés		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Érészhető							+	+	+	+																
Érészhető vizkapacitás pF 0												+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Érészhető vizkapacitás pF 2,5												+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Érészhető vizkapacitás pF 4,2																										
Érészhető vizkapacitás IW																										
Érészhető réteg vastagsága																										
Érészhető adagossága IR																										
Érészhető adagossága K																										
Érészhető adagossága k-Y																										
Érészhető vizkapacitás																										
Érészhető vizkapacitás																										
Érészhető vizkapacitás és só- szárlás																										
Érészhető vizkapacitás és só- szárlás																										

2. táblázat
 Különböző meliorációs beavatkozások hatása a talaj /terülely/
 főbb jellemzőire

Meliorációs beavatkozás		Talajtulajdonság											
		Tereprehabilitáció	Savanyú korrózió csökkentése	Szilikjavítás	Homokjavítás	Mélylazítás	Szervezet-javítás	Drtározás	Öntözés	Talajvíz szabályozás	Felszíni vízrendezés	Látéltetés	Vízterelő elleni védelem
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Mikroömborzat	+									○		+
2.	Talaj-változat	+	○	+	+								+
3.	Rétegzettség	+		○	○								+
4.	Termőréteg vastagsága	○		+	○	+							+
5.	Kémhatás /pH; v_1 , v_2 ; lugosság/		+	+									
6.	CaCO_3 -tartalom		+	○	○								
7.	Vízoldható só-tartalom /%, profil, összetétel/			+						○	○		
8.	Kicsérélhető Na^+ -tartalom			+						○	○		
9.	Szervesanyag-tartalom				+								+
10.	Humuszréteg vastagsága	+			+								+
11.	Ágyszorpciós kapacitás				+								○
12.	Szerkezet kifejezettsége és stabilitása		○	○	○	○	+		○				
13.	Tömörítettség		○	○	○	+	+		○		○		○
14.	Teljes vízkapacitás, $V_{T\%}$			○	+	+	+						+
15.	Szabadföldi vízkapacitás, $V_{K\%}$			○	+	+	+						+
16.	Holtvíztartalom, HV			+									+
17.	Hasznosítható vízkészlet, DV	○	+	+	+	+	+	○	+	+	+		+
18.	Víznyelés sebessége, IR		+	○	+	+	+	○			○		+
19.	Hidraulikus vezetőképesség, K			+	+	+	+						
20.	Kapilláris vezetőképesség			○	○		+				+		
21.	Felszíni lefolyás mértéke	○				+	+	+	○	○	+		+
22.	Belvíz-vesztettség mértéke	○	○		○	○	+	○	+	+	+	+	○
23.	Talajvíz terepalatti mélysége és vízszintális mozgása			○				+	○	+	○	+	
24.	Talajvíz só-tartalma és sóösszetétele			+					○	○	+	○	○

+ = elsődleges hatás

○ = esetleges melioráhatás

b/ Kidolgozásra /adaptálásra/ kerültek e tulajdonságok meghatározásának mérési, számítási, becslési módszerei. Ezeket korszerű Szabvány rögzíti /VÁRALLYAY, 1978/, részletes leírásukat pedig az új Talajvizsgálóati módszertan /BUZÁS, 1989/ I. kötete tartalmazza.

Módszerek és berendezések kerültek kifejlesztésre és gyakorlati alkalmazásra - egyebek mellett - a:

- talaj nedvességtartalmának in situ meghatározására /MTA TAKI, VITUKI/;

- a pF görbék /és az ezekről leolvasható fontos talaj vízgazdálkodási jellemzők, mint a teljes és szabadföldi vízkapacitás, holtvíztartalom, hasznosítható vízkészlet/

3. táblázat
A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória-rendszere

Kate- gória száma	Vari- áns	Genetikai szint	Fizikai talaj- féleség jele	VK	HV	DV	IR	K
				sz	cm-es réteg			
				mm/10	cm-es réteg		mm/óra	cm/nap
1	1/1	0- 50	h	15	5	5-10	500	1000
		50-100	h	15	5	5-10		800-1000
		100-150	h	15	5	5-10		500- 800
		150-200	h	15	5	5-10		500- 800
2	2/1	a	hv	15-25	5-10	10-15	300-500	500-1000
		b	vh	10-20	4- 8	6-12		100- 500
		c	h	15	5	5-10		500- 800
	2/2	a	hv	15-25	5-10	10-15	150-300	500-1000
		b	hv	15-25	5-10	10-15		100- 500
		c	hv	15-25	5-10	10-15		300- 600
3	3/1	a	v	25-35	10-20	15-22	120-150	10- 20
		b	v	25-35	10-20	15-22		10- 50
		c	hv	15-25	5-10	10-15		100- 500
	3/2	a	v	25-35	10-20	15-22	100-300	10- 100
		b	v	25-35	10-20	15-22		10- 30
		c	v	25-35	10-20	15-22		30- 100
4	4/1	A	v	25-35	10-20	15-22	80-100	10- 30
		B	av	35-42	20-27	12-17		1- 5
		C	v	25-35	10-20	15-22		10- 30
	4/2	a	av	35-42	20-27	12-17	70-100	1- 10
		b	av	35-42	20-27	12-17		3- 7
		c	av	35-42	20-27	12-17		5- 10
5	5/1	A	av	35-42	20-27	12-17	60- 70	1- 5
		B	a	42-50	27-35	10-15		0,1-0,5
		C	av	35-42	20-27	12-17		0,5-2,0
	5/2	a	a	42-50	27-35	10-15	50- 70	0,1-1,0
		b	a	42-50	27-35	10-15		0,1-0,5
		c	a	42-50	27-35	10-15		0,5-1,0
6	6/1	a	a	42-50	27-35	10-15	30- 50	0,1-1,0
		b	a	42-50	27-35	10-15		0,05-0,25
		c	a	42-50	27-35	10-15		0,1-0,5
	6/2	A					10- 50	0,1-1,0
		B						0,01-0,1
		C						0,1-0,5
	6/3	A					10- 50	0,1-1,0
		B						0,01-0,1
		C						0,1-0,5
	6/4	a					10- 50	0,1-0,5
		b						0,5-1,0
		c						0,1-0,5
	6/5	a	l	l	50	35	10- 50	0,01-0,1
		b	l	l	50	35		
		c	v,av	v,av	30-40	15-25		
7	7/1	A				10	1- 10	
		B					0,01-0,1	
		C					0,01	
8	8/1	a	l	50	35	10-15		
		c	hv	15-30	5-10			
		c	v	25-35	10-20			
		c	av	35-42	20-27			
		c	a	42-50	27-35			
9	9/1	a/+b/	hv	15-25	5-10	10-15		
		v	v	25-35	10-20			
		av	av	35-42	20-27			
		a	a	42-50	27-35			
		l	l	50	35			

vezőtlen, 26 %-án közepes és 31 %-án kedvező vízgazdálkodásúnak. A talajok kedvezőtlen vízgazdálkodásának fő okai a nagy homoktartalom /10,5 %/, a szikesedés /10 %/, a nagy agyagtartalom /11 %/, az időszakos felszíni vízborítás, láposodás, mocsarasodás /3 %/, valamint a sekély termőréteg /8,5 %/. A közepes vízgazdálkodás fő okai a mérsékeltlen könnyű mechanikai összetétellel /11 %/, agyagfelhalmozódás a talaj egyes rétegeiben /12 %/, végül a mérsékelt vagy a talaj mélyebb rétegeiben megjelenő szikesedés /3 %/. A kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodású talajok arányát és azok okait az egyes megyékben a 2. ábrán mutatjuk be /VÁRALLYAY, 1981/.

Következik az elmondottakból, hogy a talaj termékenységét szabályozó /annak megőrzését vagy növelését célzó/, a talaj zavartalan funkcióit biztosító beavatkozások zöme a talaj vízháztartásának szabályozását, nedvesésgazdálkodásának optimalizálását célozza.

Ezeknek a beavatkozásoknak világszerte, így hazánkban is, egyre nagyobb a jelentősége. Nagy biztonsággal előrejelezhető ugyanis, hogy a növényi hozamok - káros környezeti mellékhatások nélküli - növelésének a víz válik fő korlátozó tényezőjévé, és a mezőgazdaságfejlesztés lehetőségei a vízkészlet-gazdálkodás sikerétől válnak függővé, hazánkban is /PETRASOVITS, 1982; SZALAI, 1989; VÁRALLYAY, 1987, 1988; VÁRALLYAY et al., 1980/. Ennek három fő oka a következő:

1. Intenzív növénytermesztés növekvő vízigénye:
 - nagyobb termés \rightarrow nagyobb biotermék-produkció \rightarrow növekvő vízigény;
 - az agrotechnikai műveletek megfelelő minőségben történő elvégzéséhez; a talaj biológiai tevékenységének optimalizálásához; a talajban lévő és oda kijuttatott növényi tápanyagok kedvező érvényesülésének biztosításához egyaránt több víz szükséges.
2. Bizonytalan, és a jövőben sem növekvő vízkészletek:
 - légköri csapadék mennyisége a jövőben sem lesz több /sőt esetleg a környezet általános felmelegedését követően kevesebb/, szeszélyes tér- és időbeni variabilitása nem mérséklődik;
 - felszíni vízkészleteinkből - különösen "kisvízi" időszakban - nem hasznosíthatunk többet /kevesebb víz érkezik, és bizonyos mennyiség továbbhaladását garantálnunk kell/;
 - talajvízkészleteink nem termelhetők ki büntetlenül, környezeti károsodások nélkül;
 - az igénybevehető vízkészlet minősége nem fog javulni.
3. Növekvő mértékű másirányú felhasználás /mezőgazdaság más szektorai: állattenyésztés, melléküzemágak; ipar; településfejlesztés, urbanizáció, vezetékvesztés, vízellátás kiterjesztése; üdülés; környezetvédelem: egyensúly megőrzése/.

Egy növekvő igényt kell/ene/ tehát csökkenő mennyiségű és romló minőségű vízkészletekből kielégíteni. Az ellentmondás felszámolására egyetlen lehetőség van, a hatékonyabb vízfelhasználás.

Magyarországon ugyanis /még a viszonylag száraz Magyar Alföldön is/ az átlagosan 550 mm évi csapadék elvileg még a jelenleginél jóval magasabb termésszintek esetén is biztosítja a növények /zömének/ vízigény-kielégítését. Az átlagos csapadékmennyiség azonban többnyire igen szeszélyes időbeni és területi megoszlásban hull le, s csupán szerény hányada jut el a növényig. Ezért adódik azután gyakran, az indokoltnál is többször, zavar a növény vízellátásában, s van, vagy szükség lenne a hiányzó víz pótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására - esetleg ugyanabban az évben, ugyanazon a területen. A mezőgazdasági vízgazdálkodás alaptétele ezért itt nem lehet más, mint a vízfelhasználás hatásfokának növelése, amelynek legfontosabb eszköze a talaj vízháztartásának szabályozása, optimalizálása. Ennek érdekében elsősorban a talaj tulajdonságait kell úgy befolyásolni, hogy:

- meghatározására /VÁRALLYAY, 1973a/;
- matematikai leírására /VÁRALLYAY et al., 1979/;
- egyszerű talajfizikai jellemzők alapján történő számítására /RAJKAI, 1987-1988; RAJKAI-VÁRALLYAY, 1981; és VÁRALLYAY, 1987/;
- a kétfázisú /vízzel telített/ talaj hidraulikus vezetőképességének meghatározására bolygatatlan szerkezetű talajmintákon /VÁRALLYAY, 1987/ és talajoszlopokon /VÁRALLYAY, 1973b/;
- a háromfázisú /vízzel nem telített talaj/ kapilláris vezetőképességének, illetve az ezt jellemző $k-\psi$ vagy $k-\theta$ függvényeknek a meghatározására /VÁRALLYAY, 1974/, valamint számítására /RAJKAI, 1987-1988; VÁRALLYAY, 1987/.

Négylépcsős modellt dolgoztunk ki ingadozó talajvízszint feletti rétegzett talajszelvények háromfázisú zónájában végbemenő víz- és oldatmozgás leírására, kvantitatív jellemzésére /VÁRALLYAY, 1974 és 1980a/. A számítógépes modell felhasználásával jó közelítéssel számítható a talajvízből a talajvízszint feletti talajrétegekbe jutó víz /és a vele szállított oldható sók/ mennyisége. Meghatározható a növény jóminőségű talajvízből történő vízellátás-kiegészítését biztosító "optimális talajvízszint", illetve a kedvezőtlen minőségű talajvízből történő másodlagos szikesedés veszélyét kizáró "kritikus talajvízszint" terep alatti mélysége. Magyarországon mindkettőnek igen nagy jelentősége van a talaj vízháztartásában és anyagforgalmában.

2.

Megteremtődött a szükséges talaj- és vizanalízisek sorozatvizsgálati háttere. A Növényvédelmi és Agrokémiai Állomások kialakított /a közelmúltban ugyan sajnálatosan ismét átszervezett/ rendszerében létrehozott 5 talajtani-talajfizikai laboratórium ugyanis megfelelő talajfelvételezési, mintavételi, helyszíni és laboratóriumi vizsgálati kapacitást reprezentál. Jól mutatja ezt a Tanakajdi Laboratórium tevékenységének folyamattáblata, amelyet a 4. ábrán mutatunk be.

3.

A nagyszámú vizsgálati adat rendezéséhez, bizonyos célokra történő csoportosításához megfelelő kategória-rendszer szükséges. Ez soha nem általános, örökérvényű és objektív, hanem mindig bizonyos mértékig szubjektív, a szükségszerűen cél-, körülmény- és "méretarány"-függő.

a/ A mezőgazdasági vízgazdálkodási beavatkozások országos és regionális talajtani megalapozására kidolgoztuk a magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória-rendszerét és megszerkesztettük a kategóriák 1:100 000 méretarányú térképét /VÁRALLYAY et al., 1980/.

A kategória-rendszerben a talajokat vízgazdálkodási tulajdonságaik /szabadföldi vízkapacitás, holtvíztartalom, hasznosítható vízkészlet, víznyelés sebessége, hidraulikus vezetőképesség/ alapján 9 kategóriába soroltuk:

1. Igen nagy víznyelésű, vízvezető-képességű, gyenge vízraktározó-képességű, igen gyengén víztartó talajok.
2. Nagy víznyelésű és vízvezető-képességű, közepes vízraktározó-képességű, gyengén víztartó talajok.
3. Jó víznyelésű és vízvezető-képességű, jó vízraktározó-képességű, jó víztartó talajok.
4. Közepes víznyelésű és vízvezető-képességű, nagy vízraktározó-képességű, jó víztartó talajok.

5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető-képességű, nagy vízraktározó-képességű, erősen víztartó talajok.
6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető-képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok.
7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető-képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, szélsőséges vízgazdálkodású talajok.
8. Jó víznyelő és vízvezető-képességű, igen nagy vízraktározó- és víztartó-képességű talajok.
9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok.

A 9 fő kategórián belül a talajszelvény felépítése, illetve a leggyakrabban előforduló talajszelvény-variánsok szerint az alábbi al-kategóriákat különböztettünk meg:

- mechanikai összetétel a mélységgel egyre könnyebbé válik /könnyebb mechanikai összetételű alapkőzeten kialakult talajok/; 2/1, 3/1;
- mechanikai összetétel az egész szelvényben viszonylag egyenletes: 1/1, 2/2, 3/2, 4/2, 5/2;
- viszonylagos agyagfelhalmozódás a B-szintben: 4/1, 5/1.

A 6. kategóriánál a kedvezőtlen vízgazdálkodást eredményező igen kis hidraulikus vezetőképességű szint mélysége és oka szerint különböztetünk meg 5 al-kategóriát:

- 6/1: igen nagy agyagtartalmú talajok;
- 6/2: pszeudoglejes barna erdőtalajok;
- 6/3: sztyeppesedő és/vagy mély réti szolonyecsek, szolonyeces réti talajok;
- 6/4: mélyben sós és/vagy szolonyeces talajok;
- 6/5: lápos réti talajok.

A 8. kategória láptalajainál a szerves anyagban gazdag A-szint alatti alapkőzet mechanikai összetétele; a 9. kategóriánál a termőréteg-határt jelentő szint feletti rétegek mechanikai összetétele volt a variánsképző.

Az egyes al-kategóriák vízgazdálkodási tulajdonságainak jellemzőit foglaltuk össze a 3. táblázatban. Az al-kategóriák 1:100 000 méretarányú térképének egyszerűsített vázlatát mutatjuk be az 5. ábrán. A térkép területi adatait számítógépes folt-listán is rögzítettük.

b/ A talaj vízháztartás-szabályozásának ü z e m i é s t á b l a s z i n t ű talajtani megalapozásához sokoldalúbb és részletesebb adatanyag szükséges. Az ezirányú igények kielégítésére dolgoztuk ki a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak részletesebb kategória-rendszert, valamint e kategóriákat és a talaj vízháztartásának jellemzőit ábrázoló nagyméretarányú /1:10 000 - 1: 25 000/ térképezés módszertanát /VÁRALLYAY, 1983a, 1987/. Ez tulajdonképpen 4 térkép megszerkesztését foglalja magában, amelyeken kódrendszer alkalmazásával valamennyi fontosabb talajtulajdonság ábrázolásra kerül. A 4 térképlap általános talajtani jellemzőket /8 paraméter/, szikesedési jellemzőket /9 paraméter/, talajvíz jellemzőket /7 paraméter/ és talajfizikai-vízgazdálkodási jellemzőket /10 paraméter/ tüntet fel. Ez utóbbi térkép kategória matrixát mutatjuk be a 4. táblázatban.

A nagyméretarányú térképek teljes információanyaga szerves részét képezi az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében kifejlesztett számítógépes kartográfiai talajinformációs rendszer /TIR/ adatbázisának /CSILLAG et al., 1988/.

4.

A talaj-növény-talajvíz-felszínközeli atmoszféra rendszer vízmérlegének, illetve a talaj vízháztartásának, nedvességforgalmának jellege, az azt kialakító, meghatározó és befolyásoló tényezők szerepe, valamint ezek anyag-

4. táblázat

A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai térkép kategória matrixa

Kód No.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Kategória	Feltalaj fizikai félesége	Térfogat ₃ tömeg g/cm ³	pF 0 térf. % összes porozitás P ₀ teljes vízkapacitás VK _T	pF 2,5 térf. % szabadföldi vízkapacitás VK _{Sz}	pF 4,2 térf. % holtvíztartalom HV	Hasznosítható vízkészlet tér %	Hidraulikus vezetőképesség k = cm/nap	Kapilláris vízutánpótlás a talajvízből, mm/év	Rétegváltozás kód	Talajvízszint átlagos terepalatti mélysége, cm
1	h	< 1,0	< 35	< 10	< 2	< 2	< 0,01	0	=	< 0,5
2	vh	1,0-1,2	35-40	10-15	2-5	2-5	0,01-0,1	<50	-2	0,5-1
3	hv	1,2-1,4	40-45	15-20	5-10	5-10	0,1-0,5	50-100	>-2	1-2
4	v	1,4-1,6	45-50	20-25	10-15	10-15	0,5-1	100-150	+2	2-3
5	av	> 1,6	50-55	25-30	15-20	15-20	1-5	150-200	>+2	3-4
6	a		55-60	30-35	20-25	20-25	5-10	> 200	-k	4-6
7	na		> 60	35-40	25-30	25-30	10-50		+k	> 6
8	l			40-45	30-35	> 30	50-100		+K	
9	t			45-50	35-40		100-500		c	
0	v			> 50	> 40		> 500		r	

Rétegváltozás-kód:

- 1 homogén szelvényfelépítés
- 2 mechanikai összetétel /mő/ a mélységgel mérsékelten könnyebbé válik
- 3 mő a mélységgel erősen könnyebbé válik
- 4 nő a mélységgel mérsékelten nehezebbé válik
- 5 nő a mélységgel erősen nehezebbé válik
- 6 könnyebb mő réteg közberétegződése
- 7 mérsékelten nehezebb mő réteg közberétegződése
- 8 erősen nehezebb mő réteg közberétegződése
- 9 "temőréteg vastagságát" korlátozó szint fordul elő a talajszelvényben
- 0 többszörösen rétegezett talajszelvény

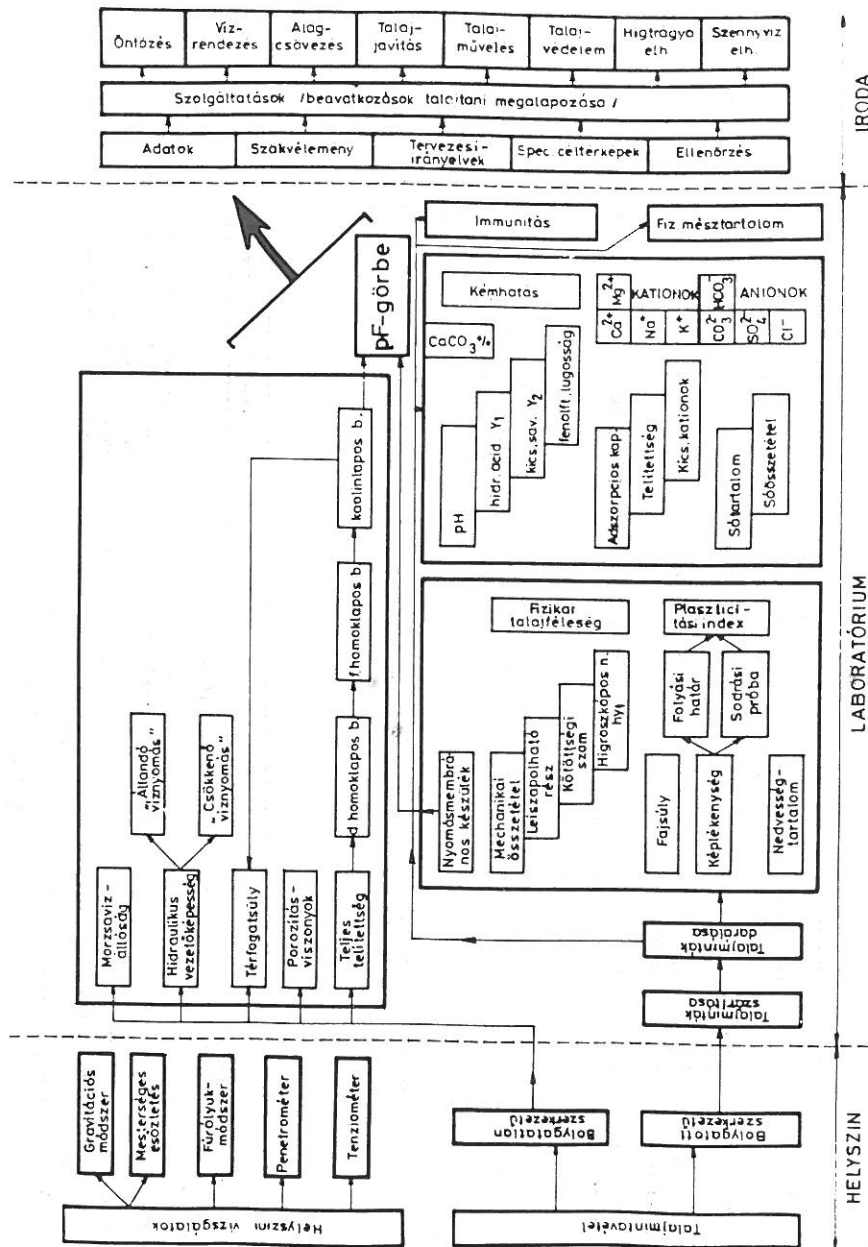
forgalmi /talajképződési és talajpusztulási/ következményei szerint magyarországi talajok 11 vízháztartási és 13 anyagforgalmi típusát különböztettük meg és jellemeztük, rámutatva arra, hogy milyen mértékben és irányban lehet /vagy kell/ ezeket befolyásolni, s melyek a szabályozás lehetőségei, feltételei, számításba vehető agrotechnikai és/vagy meliorációs módszerei /VÁRALLYAY, 1985, 1986a, 1987/.

5. táblázat

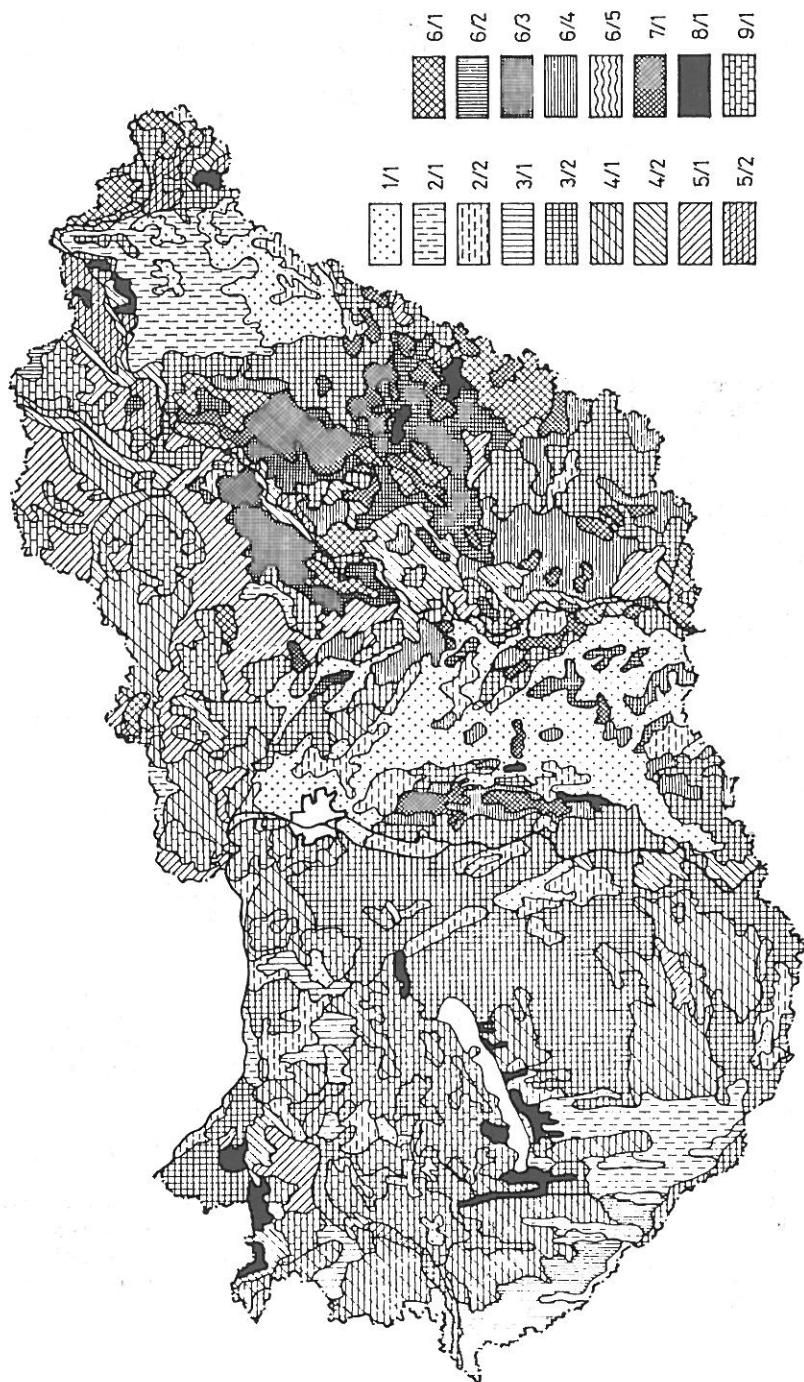
A talajvízháztartás-szabályozásának lehetősége, módszerei és környezeti hatásai

Lehetőségek	Módszerek	Környezeti hatások
Felszíni lefolyás	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	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 vetészerkezet /növény megválasztás/; talajjavítás; talaj-kondicionálás	4, 5b, 7
Hiányzó víz pótlása /öntözés/	öntözés	4, 7, 9, 10
Felülejes és káros vizek felszíni elvezetése	felszíni felszínalatti } vízrendezés /drénezés/	1, 2, 3, 5c, 6, 7; 11

Környezeti hatások	Kedvező hatások	Kedvezőtlen hatások
az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése		
1. Víz okozta talajeroszió; talajfolyás / 1a.	5. Kijuttatott tápanyagok 5a. beamosódása /→ felszíni vizek eutrofizáció/	9. Túlnedvesedés /belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás- mocsarasodás/
2. Másodlagos szikesedés	5b. kilógzódása /→ felszínalatti vizek/	10. Tápanyag-kilógzódás
3. Láposodás, vizenyősödés, belvízveszély	5c. immobilizációja	11. Szárazság-érzékenység
4. Aszályérzékenység, repedezés	6. Fitoloxikus anyagok képződése	
	7. Biológiai degradáció	
	8. Árvízveszély a vízfűjtő területen	



4. ábra
A Talajtani Laboratórium folyamata-vázlata



5. ábra

A talajok vízgazdálkodási tulajdonságait ábrázoló 1:100 000 méretarányú térkép egyszerűsített vázlata

Megszerkesztettük a vízháztartási típusok és anyagforgalmi kategóriák 1:500 000 méretarányú térképeit. A vízháztartási típusok térkép egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 6. ábrán.

Fenti térképanyagok, valamint a talajvíz-viszonyokra és a domborzatra vonatkozó 1:100 000 méretarányú térképek felhasználásával megszerkesztésre került, 1:100 000 méretarányban:

- az öntözés talajtani lehetőségei és feltételei térkép; valamint
- a belvízveszély talajtani feltételei és valószínűsége térkép, amelyek szintén nélkülözhetetlen részei a mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani megalapozásának.

5.

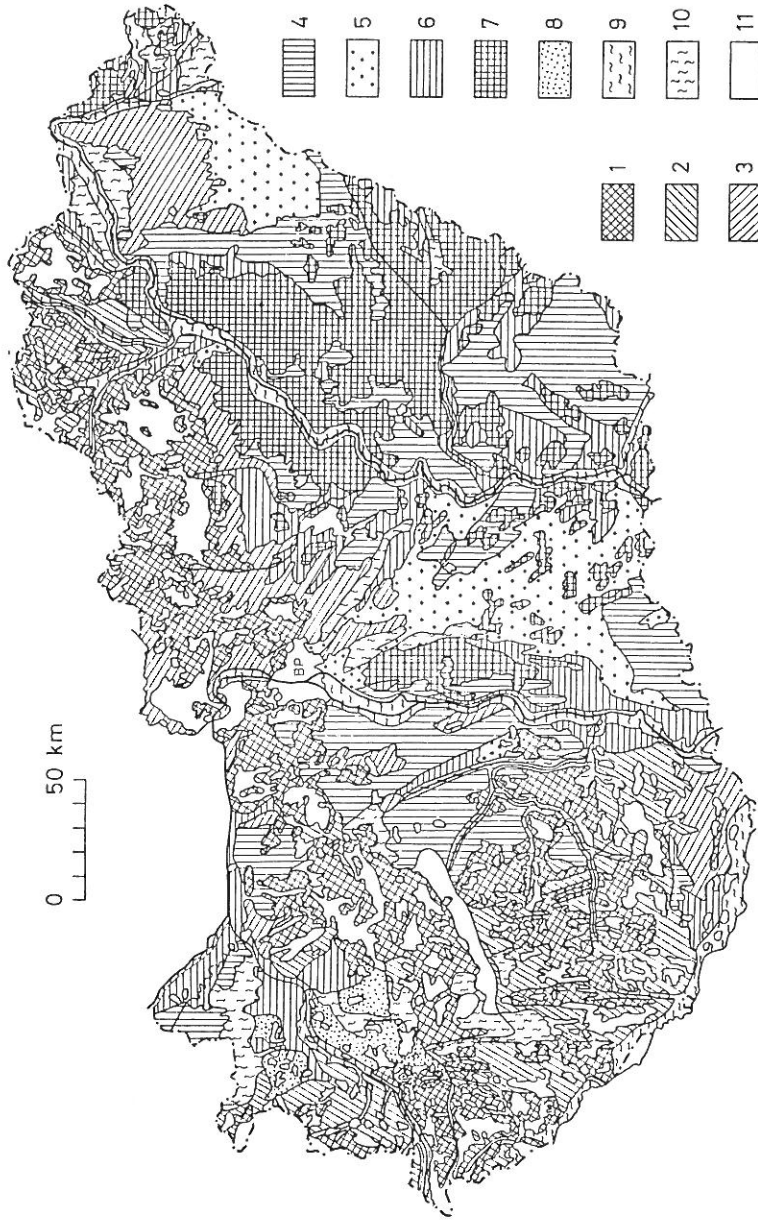
Az eredményes és racionális vízháztartás-szabályozás feltételei csak akkor biztosíthatók, körülményei csak akkor optimalizálhatók, ha - még a beavatkozások előtt - megfelelő részletességű, pontosságú és megbízhatóságú információkkal rendelkezünk a tervezett intézkedések várható hatásaira vonatkozóan. A hatás-prognózisok alapján lehet a döntési alternatívák közül az adott viszonyoknak leginkább megfelelő variánsokat kiválasztani, és azokra pontos módszereket, technológiákat kidolgozni és megvalósítani. Magyarországon a közelmúltban két ilyen nagyjelentőségű prognózisra került sor:

- a vízháztartás-szabályozási beavatkozások /öntözés, vízrendezés, talajvízszint-szabályozás/ várható hatásának előrejelzése a talaj szikesedési viszonyaira /elsősorban a Kiskörei Vízlépcső és Öntözőrendszer hatásterületén/;
- a talajvízből történő növényi vízellátás-kiegészítés várható mértékének előrejelzése /elsősorban a Bős-Nagymarosi Vízlépcsőrendszer északnyugati részének hatásterületén/.

Feltétlenül szükséges a vízháztartás-szabályozási beavatkozások hatására bekövetkező változások regisztrálása, folyamatos nyomon követése. Az erre szolgáló monitoring-rendszer lehetőséget nyújt a prognózis-modellek verifikálására, finomítására, pontosítására, valamint további modellek alkotására, ami jelentősen növeli az előrejelzések megbízhatóságát. A megbízhatóbb és sokoldalúbb prognózisok, valamint a regisztrált változások alapján egyre tudatosabban valószínűsíthetők meg a talaj vízháztartását szabályozó beavatkozások, javul azok eredményessége, hatékonysága.

Itt kell hangsúlyozni azt is, hogy a talaj vízháztartás-szabályozása nemcsak a primer biomassza termelés alapvető tényezője, hanem a környezetvédelem szempontjából is egyik megkülönböztetett fontosságú feladat. A vízháztartás-szabályozási beavatkozások túlnyomó része egyben környezetvédelmi intézkedés is /VÁRALLYAY, 1983b/, mint ezt az 5. táblázatban bemutatott összeállítás szemléletesen bizonyítja.

Összintén bízunk benne, hogy a mezőgazdasági vízgazdálkodás korszerű talajtani alapjai nemcsak kialakultak és megvannak Magyarországon, hanem sokoldalú alkalmazásra, széles körű gyakorlati felhasználásra is kerülnek. Meggyőződésünk, hogy ezt a mezőgazdaság /ezen belül a növénytermesztés/ nem nélkülözheti, mert a mezőgazdasági vízkészlet-gazdálkodás egyetlen reális alternatívája, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, csak így valószínűsíthető meg eredményesen.



6. ábra

Magyarország talajainak vízháztartási típusai. Az 1:500 000 méretarányú térkép egyszerűsített vázlatja. 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 típus. 10. Rendszeres felszíni vízborítás alatt álló típus. 11. Erdőterületek

Irodalom

- BUZÁS I. /Szerk./, 1989. Talajvizsgáló Műszerkönyv. I. kötet. A talajok fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálati módszerei. Mezőgazd. Kiadó. Budapest
- CSILLAG F. et al., 1988. The Hungarian Soil Information System: a thematic geographical information system for soil analysis and mapping. Bull. of the Hung. Nat. Comm. for CODATA, /5/ 1-13.
- PETRASOVITS I., 1982. Síkvidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- RAJKAI K., 1987-1988. A talaj víztartó képessége és különböző talajtulajdonságok összefüggésének vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 36-37. 15-30.
- RAJKAI K. et al. 1981. pF-görbék számítása a talaj mechanikai összetétele és térfogatsúlya alapján. Agrokémia és Talajtan. 30. 409-438.
- SZALAI Gy. /Szerk./, 1989. Az öntözés gyakorlati kézikönyve. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- VÁRALLYAY Gy., 1973a. A talajok nedvességpotenciálja és új berendezés annak meghatározására az alacsony /atmoszféra alatti/ tenziótartományban. Agrokémia és Talajtan. 22. 1-22.
- VÁRALLYAY Gy., 1973b. Berendezés bolygatatlan szerkezetű talajoszlopok hidraulikus vezetőképességének meghatározására. Agrokémia és Talajtan. 22. 23-38.
- VÁRALLYAY Gy., 1974. Háromfázisú talajrétegekben végbemenő vízmozgás tanulmányozása. Agrokémia és Talajtan. 23. 261-296.
- VÁRALLYAY Gy., 1978. A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata. MÉM Szabvány /MÉMSz-206/, Budapest.
- VÁRALLYAY Gy., 1980a. A talajvíz szerepe a talaj vízgazdálkodásában és a növény vízellátásában. Tudomány és Mezőgazdaság. 18. /5/ 22-29.
- VÁRALLYAY Gy., 1980b. Kedvezőtlen vízgazdálkodás - korlátozott talajtermékenység. Magyar Mezőgazdaság. 35. /37/ 8-9.
- VÁRALLYAY Gy., 1981. Kedvezőtlen vízgazdálkodás - korlátozott talajtermékenység. Agrokémia és Talajtan. 30. 151-161.
- VÁRALLYAY Gy., 1982. Korszerű talajnedvesség szabályozás. Magyar Mezőgazdaság. 37. /50/. 10-11.
- VÁRALLYAY Gy., 1983a. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak és vízháztartásának térképezése. "Vízgazdálkodás és termelési potenciál a mezőgazdaságban" c. Nemzetközi Tudományos Konferencia anyaga, Szarvas, 344-364.
- VÁRALLYAY Gy., 1983b. A talaj vízgazdálkodása és a környezetvédelem. Agrokémia és Talajtan. 32. 438-447.
- VÁRALLYAY Gy., 1985. Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan. 34. 267-298.
- VÁRALLYAY Gy., 1986a. Relationships between the moisture and nutrient regime of soils. Proc. 9th World Fertilizer Congress, 1984. CIEC, Belgrade-Coettingen-Vienna-Budapest. 95-106.
- VÁRALLYAY Gy., 1986b. A talaj vízháztartásának szabályozása. Magyar Mezőgazdaság. 41. /2/ 7.
- VÁRALLYAY Gy. 1987. A talaj vízgazdálkodása. MTA Doktori Értekezés. Budapest.
- VÁRALLYAY Gy., 1988. Talaj, mint a biomasza-termelés aszályérzékenységének tényezője. Vízügyi Közlemények, LXX. /3/ 46-68.
- VÁRALLYAY Gy. et al. 1979. A pF-görbék matematikai leírása. Agrokémia és Talajtan. 28. 295-312.
- VÁRALLYAY Gy. et al., 1980. Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória-rendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan. 29. 77-112.