

A Duna—Tisza közti talajok sómérlegei

II. Sómérlegek öntözött viszonyok között

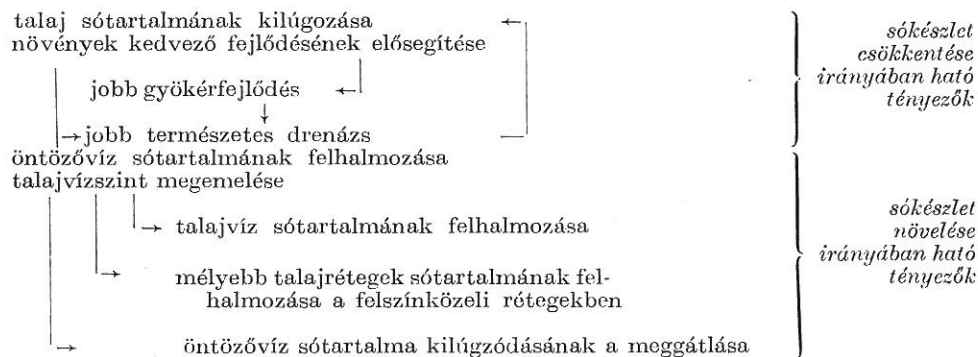
VÁRALLYAY GYÖRGY

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A talajok sókészetére ható mesterséges (emberi beavatkozások következményeként előálló) tényezők közül kétségtelenül az öntözés a legjelentősebb, amely a sómérlegek alakulásában gyakran döntő változásokat eredményez.

Az öntözés hatása a talajok sómérlegére igen különböző, gyakran teljesen ellentétes lehet, amit az alábbi vázlat is bizonyít:

Öntözés hatása a talajok sómérlegére



Hogy adott viszonyok között az öntözés sokrétű sóforgalmi hatása közül melyik, mikor és milyen súllyal jelentkezik, azt elsősorban az alábbi tényezők szabják meg:

1. természeti viszonyok [23]

2. öntözés körülményei (öntözések gyakorisága, időpontja, módja, öntözővíz adagja, sótartalma, sóösszetétele, stb.)

A tényezők összehatásának eredményeképpen az öntözés háromféle módon befolyásolhatja a talajok sómérlegét:

1. öntözés csökkenti a talaj sókészetét («—»-hatás)

2. öntözés növeli a talaj sókészetét («+»-hatás)

3. öntözés egyensúlyban tartja a talaj sómérlegét («=»-hatás).

Ennek megfelelően az öntözések gyakorlatában is három alapvető probléma jelentkezhet a sóforgalommal, a sómérlegekkel kapcsolatban:

1. Megfelelő talajviszonyok (könnyű mechanikai összetétel, jó vízáteresztőképesség, kedvező drénviszonyok, stb.) és talajvízviszonyok (mélyen elhelyezkedő, nem ingadozó szintű talajvíz) mellett, nagy adagban alkalmazott, kis sótartalmú öntözővizekkel a talaj vízzeljárható sókészelete csökkenthető, kilúgozható. Ezen az elven alapszik a szikes

talajok „kimosása”, ami vagy teljesen, vagy bizonyos mélységig (gyökérszóna), vagy bizonyos rövidebb időszakra (vegetációs periódusra, vagy annak kritikusan sóérzékeny szakaszaira) csökkenti a sókoncentrációt a természetett növények számára káros küszöbérték alá [11, 12, 15]. Tulajdonképpen ide sorolhatók HERKE [9, 10] és HARMATI [8] kutatásai is, akik a Duna—Tisza közti rizstermesztés kilúgzó és talajjavító hatásáról írnak, NÉMETH [14] és RIBIÁNSZKY [16] pedig a halastavak kilúgzó hatásáról közölnek adatokat. Tekintettel azonban arra, hogy hazai viszonyok között ezek az eljárások — a beszívárgó többlet-víz mennyiség elvezetésének a hiányában — vitathatatlanul talajvízszintemelkedéssel járnak, sok esetben kérdéses lehet, hogy vajon a felszínközébe emelkedő sós talajvizek hatása nem egyenlíti-e ki, sőt esetleg nem múlja-e felül a kilúgzó hatást, vagy nem okoz-e esetleg sófelhalmozódást a környező területeken. Pontos választ erre a kérdésre csak a szabatos sómérlegek felállítására adhatna.

2. Az öntözött talajok sómérlegeinek második igen jelentős alkalmazási területe a sós vizekkel történő öntözések állandó ellenőrzésénél és az ilyen körülmények között állandóan fennálló szikesedésveszély kiküszöbölésénél van. Különösen a száraz vidékek felszíni vizekben szegény területein válik gyakran elkerülhetetlenné a rendszerint sósfelszínalatti vizek, vagy éppen a sós tengervíz felhasználása öntözésre [3, 4, 7].

Ezek a területek az öntözővíz nagy sótartalma miatt — ezt nem lehet kiküszöbölni. Az öntözést tehát olyan meliorációs, vagy agrotechnikai intézkedésekkel kell kiegészíteni, ami az intenzív sófelhalmozódást, a talajkiképzését megakadályozza [3, 4, 7], vagy egy vegetációs perióduson kívül végrehajtott sósvizes atmosféra legalább a növényekre elsősorban káros sómaximumokat kell csökkenteni [4].

Hazai sósvízöntözésünk (a Duna—Tisza közti csökutak nagy sótartalmú vízzel történő öntözés) egyrészt a sók közvetlen, fiziológiai hatásán keresztül válhat veszélyessé a természetett növényekre, másrészt a kieserülhető nátriumtartalom növelésével, a talaj fizikai ésvízgazdálkodási tulajdonságainak lerontásával csökkentheti jelentős mértékben az öntözött talajok termékenységet. Súlyosbítják itt a problémát a nem megfelelő drénviszonyok (mészakkumulációs szintek, magas talajvízszint). A Duna—Tisza közti könnyű mechanikai összetételű talajok vízkapacitása kicsi, víztartóképesége gyenge és a légköri csapadék nedvesítő hatása többnyire csak a 0—40 cm-es talajrétegre korlátozódik. Ezért a mezőgazdasági termelés egyik legnagyobb problémája ezen a területen a növények zavartalan vízellátásának a biztosítása: az öntözés. A jelenlegi műszaki feltételek nem teszik lehetővé, hogy a táj egészén jóminőségű Duna-vízzel történjék az öntözés, más felszíni vízforrás pedig a területen nincs. Ezért elkerülhetetlenül szükség van a felszínalatti vízkészlet kiaknázására és a felszínalatti vizek öntözésre történő felhasználására. Míg ennek a Duna menti mintegy 3—5 km-es területsávban és a Duna—Tisza közti homokháton nincs is különösebb akadálya (bár ez utóbbi részen a kutak vízhozama gyakran nem kielégítő), addig a Dunavölgy és a Homokhát közti területeken igen komoly problémát jelent. Itt ugyanis a csökutak 15—30 m mélységből származó vize erősen sós ($> 2 \text{ g/lit.}$) és sóösszetétele is kedvezőtlen. A jelenlegi vízminőségnormák ilyen vizeket öntözésre alkalmatlannak minősítenek és felhasználásukat nem engedélyezik [13]. Ilyen módon mintegy 10—15 000 hektárnyi területen az öntözés vízminőségi akadályok miatt nem terjedhet, ami jelentős mértékben gátolja a mezőgazdaság fejlődését. Nem érdektelen tehát annak a megállapítása, hogy vajon ilyen sós vizekkel történő öntözés milyen hatást gyakorolt a talajok sóforgalmára, mikor és milyen feltételek között vezet a talajtermékenységre káros szikesedési folyamatok megindulásához, s miképp lehet esetleg ezeket a káros hatásokat megelőzni, megszüntetni, de legalább bizonyos mértékig korlátozni, mérsékelni.

3. Az öntözött talajok sóforgalom-kutatásainak igen jelentős hányada irányul arra, hogy azokat a vízminőségi és talajtani feltételeket állapítsa meg, amelyek mellett az adott terület talajain, a különböző öntözővizek felhasználása sem a talajok sótartalmának lényeges csökkenéséhez, sem annak lényeges emelkedéséhez nem vezet, tehát a talaj sómérlege nem változik. Ezeknek a feltételeknek a megállapítása és mérése viszont a g könnyebb az olyan területeken, ahol az öntözés közvetett sóforgalmi hatása (a talajvízviszonyok befolyásolásán keresztül) elhanyagolható (2, 17, 18, 22). Sokkal nehezebb e feltételek megállapítása magas talajvízű területeken, ahol az öntözés közvetlen és közvetett hatása bonyolultan összefonódva érvényesül.

Hazánkban az öntözött talajok sóforgalmának a kutatása 1902-ig nyúlik vissza. SIGMOND [19], ÁRANY [1], de különösen HERKE [9, 10] igen sok adatot közöl az öntözésnek a talaj sótartalmára gyakorolt hatására vonatkozóan. Sajnos az adatok nem minden esetben teszik lehetővé a bekövetkezett változások szabatos sómérlegekkel történő értékelését, így az egyes hatótényezők szerepét gyakran igen nehéz elkülöníteni és értékelni.

Megnehezíti ezt az a tény, hogy Magyarországon az esetek többségében az öntözés közvetett (talajvízszint megemelése által keresztül ható) hatásával is igen jelentős mértékben kell számolni.

DARAB [5, 20] és SZABOLCS [20, 21] hazánk Tiszántúli öntözött területeire vonatkozóan közöl igen részletes sóforgalmi adatokat, melyek alapján DARAB [5] elkészítette néhány tiszántúli öntözött talaj sómérlegét és alkalmazta a sómérlegeket az Alföld öntözési irányelveinek a kidolgozásánál [6]. Ezen alapelveket használta fel a Duna—Tisza közí talajok öntözés nélküli viszonyok közötti sómérlegeinek elkészítése során a szerző is [23].

Jelen vizsgálataink célja az volt, hogy olyan sómérlegeket állítsunk fel az ország egyik jellegzetes területén, a Duna—Tisza közén, amelyek jól és elkülöníthetően jelzik az öntözés közvetlen és közvetett hatását a talaj sóforgalmára. Az ilyen sómérlegek ugyanis eredményesen felhasználhatók az öntözés előfeltételeinek (pl. vízrendezés stb.), körülményeinek (felhasználható öntözővíz minősége és mennyisége, öntözés gyakorisága, intenzitása, módja, víz-elosztás egyenletessége, stb.) és az öntözést kiegészítő szükséges intézkedéseknek (felesleges vizek elvezetése, drénviszonyok javítása, talajművelés, stb.) a meghatározásánál és a szikesedés elleni megelőző védekezés kidolgozásánál.

Vizsgálati anyag, módszerek

Vizsgálatainkat a Duna—Tisza közének középső részén, Solt és Fülöp-szállás községek közti területen végeztük, a táj jellegzetes talajtípusán: erősen karbonátos, könnyű mechanikai összetételű réti talajon. A sóforgalomvizsgálatokat 1961 nyarán részletes talajgenetikai felvétel előzte meg. Ennek ered-

1. táblázat

A vizsgálat körülményei Solton

(1) Öntözés dátuma	(2) Vizsgált szelvény					
	S-1		S-5		S-7	
	(3) Öntözővíz mm	(4) Kísérleti növény	(3) Öntözővíz mm	(4) Kísérleti növény	(3) Öntözővíz mm	(4) Kísérleti növény
1961 VI.			35	lucerna	35	lucerna
1961 VII.	30	kukorica				
1962 V.	30	kukorica				
1962 V—VIII.			185	lucerna	35	lucerna
1963 V—VI.	60**	cukorrépa	30*	lucerna	30*	lucerna
1963 VII—VIII.	120	cukorrépa	60	lucerna	60	lucerna

* 30 mm-es öntözés 12 nappal a mintavétel előtt

** 40 mm-es öntözés közvetlenül a mintavétel előtt

A S-1 szelvény öntözése az 1—1 esőkívütből, a S-5 és S-7 szelvények öntözése az 1—2 esőkívütből történt

a) Mintavételek időpontja

1.	1961	VI.	2.
2.	1963	VI.	21.
3.	1964	V.	5.
4.	1964	XI.	10.
5.	1965	VI.	2.

ményeit figyelembe véve választottuk ki vizsgálataink céljára egy olyan területet, ahol a Bajai Vízügyi Igazgatóság által 1960-ban épített 2 csőkútból öntöztek. A csőkutak vize igen erősen sós volt (4000, ill. 6300 mg/liter) és a 18—22 m mélységből származó víz NaCl-os sóösszetétele igen élesen eltért a 180—220 cm mélységben található talajvizek NaHCO_3 -s jellegétől (6. ábra). Ez lehetővé tette a talajvízből, illetve az öntözővízből származó sófelhalmozódás bizonyos elkülönítését, ami a sómérlegek elkészítése szempontjából különös előnyt jelentett.

A vizsgálat módszere teljesen hasonló volt öntözés nélküli viszonyok között végzett sómérleg-vizsgálataink módszeréhez [23].

A kiválasztott talajok genetikai, fizikai és kémiai jellemzésére részletes helyszíni és laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk. Ezek eredményeit foglaltuk össze a 2., 3. és 4. táblázatokban.

A sóforgalom tanulmányozása céljából 1961—1965-ig terjedő időszakban, 5 alkalommal gyűjtöttünk be talajmintákat az év különböző időszakaiban, öntözött és öntözetlen periódusaiban (1. táblázat), a kiválasztott három talajszelvény meghatározott szintjeiből (2. táblázat), a talajvíz szintjének mélységéig. A talajminták sótartalmát és sóösszetételét 1 : 5 arányú vizes kivonatban határoztuk meg. Az adatok alapján összeállítottuk a sóprofilok és sóösszetétel időszakos változásait, amelyet szemléletesen mutat be az 1., és 2. ábra. Párhuzamosan mértük a talaj nedvességtartalmát is.

Az anionok és kationok 1 : 5 arányú vizes kivonatban meghatározott mennyisége alapján kiszámítottuk a talajok szintenkénti sókészletét (5. táblázat) és ennek időszakonkénti változása alapján a talajok globális (a talajszelvény talajvízszintig terjedő rétegvastagságára vonatkozó) és szintenkénti sómérlegeit. Az adatokat igen szemléletesen mutatják be a 3., 4. és 5. ábra sómérlegei.

A sóforgalom vizsgálatával párhuzamosan figyelembe vettük a sóforgalomra ható fő tényezők (csapadékvizonyok, párolgás, talajvízviszonyok, öntözés) jellemző adatait is:

- a) a csapadék és párolgás mennyiségét és eloszlását (6. táblázat),
- b) a talajvízszint mélységét és hatásának határfelületét (talajvízből kapillárisan telített talajréteg határa) (7. táblázat), valamint kémiai összetételét és annak váltakozását (6. ábra),
- c) a kiadagolt öntözővíz mennyiségét (1. táblázat) és annak kémiai összetételét (6. ábra).

Ezen adatok birtokában kiszámítottuk, hogy az egyes tényezők hogyan, s milyen mértékben hatottak a sómérlegek alakulására (8. táblázat).

Végül megállapítottuk, hogy a sókészlet tapasztalt változásai milyen hatást gyakoroltak a talaj kicserélhető Na^+ -tartalmára (7. ábra).

Vizsgálati eredmények és azok értékelése

A Kiskunságtól délre elterülő ún. „Solti-lapály”-on a viszonylag magasabb térszíni elemeken (96—98 m) elhelyezkedő réti talajok fordulnak elő legnagyobb kiterjedésben, a mezőgazdasági termelésnek pedig szinte kizárólagos bázisát jelentik. A vizsgálataink céljára kiválasztott három talajszelvény egyaránt ezt a genetikai típust képviseli. A S—5 és S—7 szelvényt egyébként ugyanazon tábla két különböző pontján, az S—1 szelvényt pedig egy szomszéd-

2. táblázat

A talajszelvények általános talajvizsgálatai adatai

(1) Szelvény száma és talajtípus	(2) Genetikai szint		(3) Mintavétel cm	pH		CaCO ₃ %	(4) Humusz %	(5) Összes N %	
	jel	cm		H ₂ O	KCl				
S—1.									
Réti talaj	A	0— 21	0— 2	7,60	7,01	11,33	3,33	0,159	
			2— 5	7,75	7,14	11,12	3,17	0,167	
			5— 10	7,70	7,21	10,71	3,14	0,152	
			10— 20	7,75	7,26	11,12	3,11	0,143	
	B	21— 40	20— 30	7,58	7,08	11,12	3,11	0,153	
			30— 40	7,61	7,14	44,22	1,13	0,066	
	B _k	40— 56	40— 55	7,85	7,38	52,48	0,43	0,041	
	C	74—130	55— 75	8,35	7,80	42,70			
			75—100	8,60	8,10	33,27			
			100—130	8,60	8,05	37,81			
			130—160	8,62	8,30	37,19			
		160—190	8,75	8,20	16,94				
S—5.									
Réti talaj	A	0— 20	0— 2	7,80	7,30	13,46	3,22	0,160	
			2— 5	7,70	7,15	16,15	3,54	0,152	
			5— 10	7,65	7,25	15,11	2,41	0,164	
			10— 20	7,95	7,34	15,53	1,98	0,146	
			20— 34	7,90	7,28	34,78	1,01	0,073	
	B	20— 34	20— 34	7,90	7,28	34,78	1,01	0,073	
	B _k	34— 66	34— 46	8,05	7,55	37,27			
			46— 66	8,40	8,18	39,46			
	C	66— 80	66— 80	8,45	8,10	32,48			
			80—	80—110	8,84	8,42	32,06		
				110—140	8,88	8,45	29,44		
				140—170	8,90	8,45	32,06		
				170—200	8,75	8,35	29,19		
			200—230	8,70	8,25	23,43			
S—7.									
Réti talaj	A	0— 18	0— 2	7,60	7,15	15,24	2,58	0,172	
			2— 5	7,65	7,20	15,02	3,08	0,142	
			5— 10	7,60	7,20	16,07	2,33	0,137	
			10— 18	7,80	7,25	17,91	1,74	0,135	
			18— 30	7,70	7,35	21,70	1,77	0,118	
	B	18— 44	30— 44	8,00	7,55	39,03			
			44— 58	8,30	8,00	57,15			
	B _k	44— 58	58— 85	8,50	8,00	31,30			
			85—110	8,70	8,25	25,04			
	C	110—	110—140	8,75	8,10	38,79			
			140—170	8,75	8,30	23,94			
			170—200	8,60	8,25	19,45			
			200—230	8,35	8,00	13,21			

3. táblázat

A vizsgált talajok mechanikai összetétele %-ban

(1) Szelvény száma és mintavétel mélysége cm	(2) Hig- rosz- kópos víz %	(3) Sósa- vas veszte- ség %	(4) Mechanikai frakció mm-ben							(5) Fizikai	
			1— 0,25	0,25— 0,05	0,05— 0,01	0,01— 0,005	0,005— 0,001	<0,001	Fizikai		
									homok	agyag	
S—1.											
0— 2	3,42	14,56	0,83	19,57	22,54	9,99	5,77	26,74	42,94	42,50	
2— 5	3,64	14,14	0,63	24,83	15,51	8,97	8,85	27,07	40,97	44,89	
5— 10	3,65	14,16	0,80	20,11	20,74	8,02	8,10	28,07	41,65	44,19	
10— 20	3,53	13,73	0,83	21,51	21,79	6,30	8,52	27,32	44,13	42,14	
20— 30	3,60	14,53	0,74	18,36	19,82	10,52	9,90	26,13	38,92	46,55	
30— 40	2,21	47,55	0,15	10,23	14,57	4,01	6,44	17,05	24,95	27,50	
40— 55	1,52	52,76	0,10	3,19	19,85	3,71	6,74	13,65	23,14	24,10	
55— 75	1,06	37,96	0,96	21,09	18,51	8,00	2,99	11,36	39,79	22,35	
75—100	0,68	27,98	0,19	41,73	18,29	3,94	2,40	5,47	60,21	11,81	
100—130	0,77	38,60	0,30	15,41	25,31	6,62	8,94	4,82	61,40	20,38	
130—160	1,19	38,39	0,47	11,94	20,59	7,74	9,84	10,53	33,00	28,11	
160—190	0,93	18,32	12,58	42,10	6,83	3,57	7,42	9,18	61,51	20,17	
S—5.											
0— 2	2,22	16,84	1,08	29,35	23,34	4,61	6,84	17,94	53,77	29,39	
2— 5	2,38	9,33	0,71	30,11	28,03	4,88	7,45	19,49	58,85	31,82	
5— 10	2,45	18,25	1,13	19,70	28,81	3,57	8,90	19,64	49,64	32,11	
10— 20	2,70	19,35	0,65	22,35	25,29	5,50	6,91	19,95	48,29	32,36	
20— 34	1,72	36,69	0,21	15,75	23,04	2,68	6,68	14,95	39,00	24,31	
34— 46	0,77	42,69	0,03	21,71	21,40	2,96	3,73	7,48	43,14	14,17	
46— 66	0,41	30,59	0,08	40,89	20,16	2,26	2,10	3,92	61,13	8,28	
66— 80	0,46	28,11	0,07	37,42	25,20	1,91	4,03	3,26	62,69	9,20	
80—110	0,45	31,73	0,14	36,93	21,83	2,38	3,72	3,27	58,90	9,37	
110—140	0,37	28,58	0,27	52,49	12,60	1,92	2,11	2,03	65,36	6,06	
140—170	0,40	32,49	0,16	34,45	24,42	2,11	2,91	2,46	59,03	8,48	
170—200	0,25	27,36	0,24	66,35	3,37	0,34	1,69	0,65	69,96	2,68	
200—230	0,23	24,08	2,71	66,93	4,10	0,26	1,80	0,12	73,74	2,18	

dos táblán tártuk fel. A feltárt szelvények helyszíni és laboratóriumi vizsgálata alapján megállapíthatjuk, hogy a szóbanforgó réti talajok morfológiai, fizikai és kémiai tulajdonságai közül elsősorban az alábbiak hatnak a talajok sóforgalmára, befolyásolják azok sómérlegeit:

1. Könnyű mechanikai összetétel. Az A és B-szint mechanikai összetétele az S—1 szelvényvel jellemzett területen vályog, az S—5 és S—7 szelvényekkel jellemzett részeken homokos vályog. A B-szint alatt a mechanikai összetétel hirtelen egész homokossá válik, különösen az S—5 szelvényben (3. táblázat).

2. Intenzív mészkumulációs szint (B_k) 40—60 cm mélységben, amelynek $CaCO_3$ -tartalma eléri, sőt meghaladja az 50%-ot (2. táblázat).

3. A talaj karbonátgazdagsága. A mészkumulációs szintek mellett az A-szint (10—17%), B-szint (20—40%) és C-szint (15—40%) $CaCO_3$ -tartalma is igen nagy (2. táblázat).

4. A talaj lúgos kémhatása: pH 7,6—8,9 (2. táblázat).

5. A $NaHCO_3$ -típusú sótartalom, amely az egész talajszelvényben kevesebb mint 2 mgé/100 g talaj.

4. táblázat

A vizsgált talajok kicserélhető kationjai

(1) Szelvény száma és mintavétel mélysége cm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	T	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
	mg.e./ 100 g talaj						S %-ban			
S-1.										
0-2	11,51	2,30	0,46	0,26	14,53	14,35	79,2	15,8	3,2	1,8
2-5	12,06	2,25	0,66	0,27	15,24	14,91	79,1	14,8	4,3	1,8
5-10	12,06	2,30	0,64	0,26	15,16	15,02	79,0	15,1	4,2	1,7
10-20	12,15	2,27	0,74	0,27	15,43	15,46	78,7	14,7	4,8	1,8
20-30	10,42	2,19	0,69	0,20	13,50	12,14	77,2	16,2	5,1	1,5
30-40	11,98	2,76	0,92	0,19	15,85	14,74	75,6	17,4	5,8	1,2
40-55	7,98	3,21	0,56	0,16	11,41	10,00	65,6	28,1	4,9	1,4
S-5.										
0-2	11,24	1,51	0,43	0,21	13,39	12,97	83,9	11,3	3,2	1,6
2-5	10,58	1,68	0,70	0,20	13,16	13,44	80,4	12,8	5,3	1,5
5-10	11,35	1,86	0,59	0,22	14,02	13,68	80,9	13,3	4,2	1,6
10-20	11,50	2,25	0,70	0,25	14,20	14,35	78,2	15,3	4,8	1,7
20-34	12,75	1,56	0,94	0,18	15,43	14,93	82,6	10,1	6,1	1,2
34-46	12,58	2,04	1,08	0,19	15,89	14,67	79,2	12,8	6,8	1,2
46-66	9,09	2,96	0,81	0,13	12,99	12,01	70,0	22,8	6,2	1,0
S-7.										
0-2	10,71	1,58	0,29	0,22	12,80	12,95	83,7	12,3	2,3	1,7
2-5	11,32	2,13	0,33	0,24	14,02	13,61	80,7	15,2	2,4	1,7
5-10	11,96	1,66	0,59	0,23	14,34	14,14	83,4	10,9	4,1	1,6
10-18	11,66	1,99	0,46	0,23	14,34	13,67	81,3	13,9	3,2	1,6
18-30	12,91	1,64	0,41	0,25	15,21	14,42	84,9	10,8	2,7	1,6
30-44	10,67	2,32	0,99	0,17	13,67	14,24	78,2	17,0	3,6	1,2
44-58	10,72	3,70	0,98	0,14	15,04	14,99	71,3	24,6	3,2	0,9

6. A kicserélhető kationok közül a Ca²⁺ az uralkodó (75-85%). A Mg²⁺-mennyisége a B_k-szintekben 10-15%-ról hirtelen 22-28%-ra ugrik fel. A Na⁺-mennyisége általában 3-6% között mozog (4. táblázat).

7. A talajok alatt átlagosan 2 m körüli mélységben helyezkedik el az ingadozó szintű (130-240 cm), (sós 2000-4000 mg/liter), NaHCO₃-típusú talajvíz (7. táblázat, 6. ábra).

A talajok könnyű mechanikai összetételéből adódó igen jó drénviszonyokat a rossz vízáteresztőképességű mészakumulációs szintek kissé lerontják, s különösen a magas talajvízszint befolyásolja azt igen kedvezőtlenül.

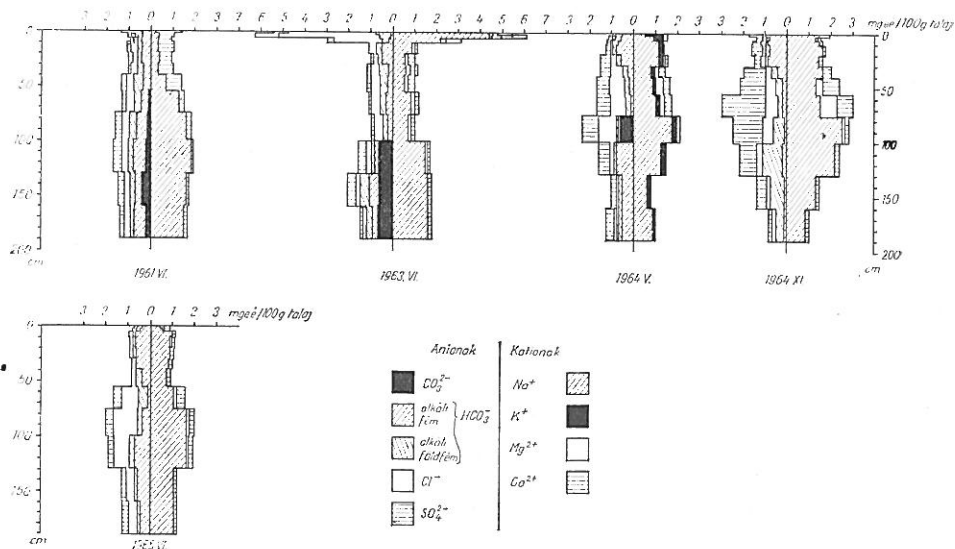
A sómérleg-vizsgálatok első lépéseként az öntözés előtti viszonyokat kellett rögzítenünk. A talajok általános genetikai jellemzésén túlmenően ezért megállapítottuk a vizsgált három talajszelvény sóprofiljait (1., 2., 3. ábra), valamint globális és szintenkénti sóképletét (5. táblázat) öntözés előtt: 1961. VI-i mintavétel.

Az adatokból kitűnik, hogy a három vizsgált talajszelvény sóképlete - a talajvíz szintjéig terjedő mintegy 200 cm-es talajrétegre számítva - egyaránt kb. 30-34 tonna hektáronként. A sóprofilok is nagyon hasonlóak egymáshoz: A sótartalom a felső 40 cm-es szintben 1 mgeé/100 g talaj körüli, a

szelvény mélyebb rétegeiben 1,5–2 mgeé-re emelkedik. A sók összetétele tekintetében megállapítható, hogy a felső szintekben kisebb mennyiségű NaHCO_3 mellett elsősorban a $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -tartalom jelentős. A mélységgel a kémhatás egyre lúgosabbá válik, s ez különösen 40–50 cm mélységben szembetűnő, ahol — a megjelenő 0,3–0,8 mgeé/100 g talaj mennyiségű szódában kifejezett fenoltalein lúgosság hatására — a pH 7,8–8,0-ról hirtelen 8,3–8,5-re ugrik (2. táblázat). Ennek eredményeképpen a kalciumhidrokarbonát oldhatósága teljesen visszaszorul, s a NaHCO_3 válik uralkodóvá a talaj oldható sókészletében (1, 2, ábra). A jellegzetes sóprofilok kialakulásában a sós, NaHCO_3 -s talajvíz (6. ábra, 7. táblázat) hatásának volt megkülönböztetett jelentősége.

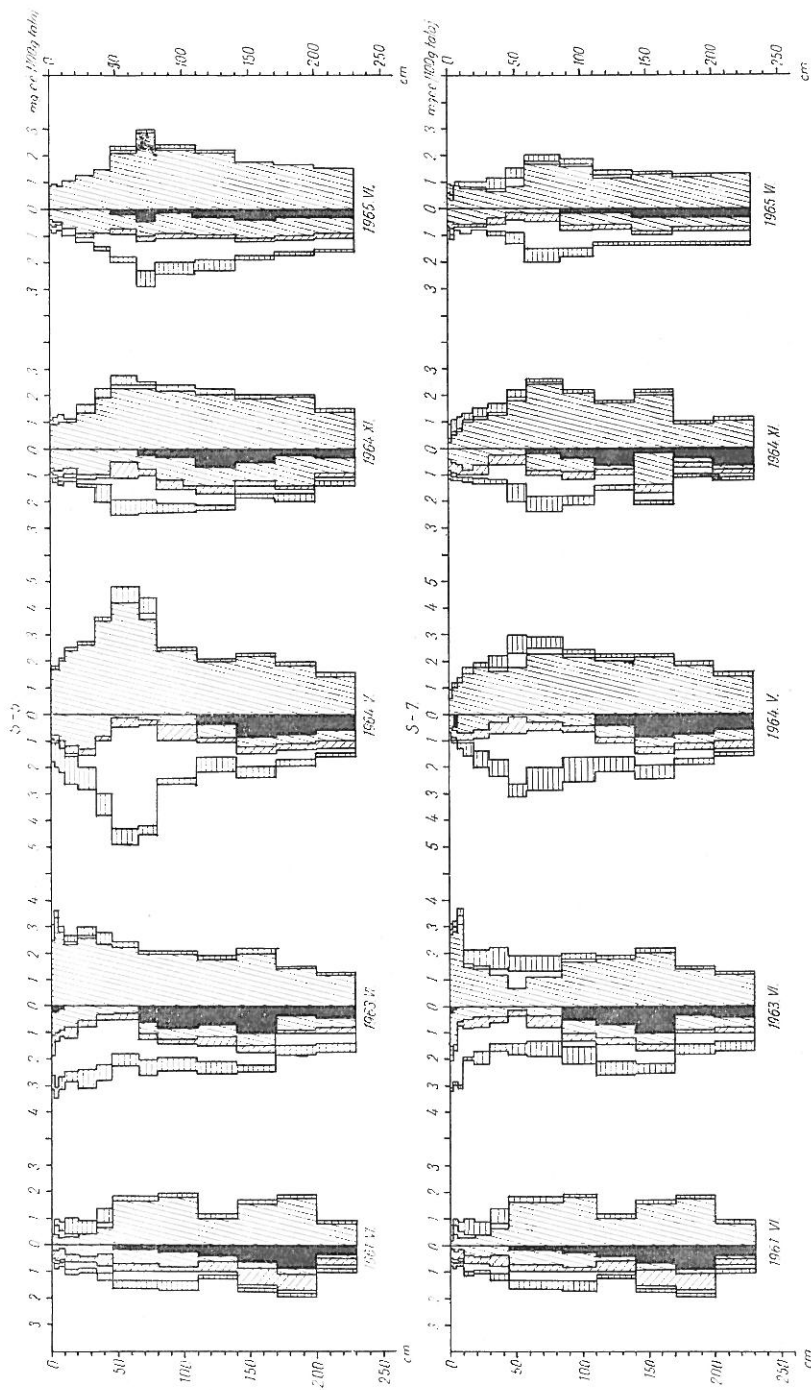
Az 1961. VI. — 1963. VI. -ig terjedő két év folyamán az S—1 szelvényen jellemzett területen az 1—1. csőkútból öntöztek kukoricát és cukorrépát (1. táblázat). A permetező öntözéssel kiadagolt 120 mm-es vízmennyiséggel — mivel az öntözővíz literenként kb. 4000 mg sót (főleg NaCl -t) tartalmazott — mintegy 4,80 tonna sót juttattak ki hektáronként. A mintavétel közvetlenül egy 40 mm-es öntözés után történt, amellyel 1,60 tonna/hektár só került a talajba.

Az 1. ábrán bemutatott sóprofil jól jelzi, hogy az öntözővízből származó NaCl típusú sómennyiség elsősorban a talaj felső 10 cm-es rétegében halmozódott fel, ahol a sótartalom ennek következtében hirtelen 5–6 mgeé-re emelkedett. A szintenkénti sómérleg (4. ábra) alapján mennyiségileg is megállapítható, hogy az utolsó öntözéssel kijuttatott 1,60 t/ha sómennyiség a 0–10 cm-ig terjedő talajrétegben található, az előző öntözések alkalmával kiadagolt sómennyiség (3,20 t/ha) ki nem lúgozódott hányadával (1,33 t/ha) együtt. Ebből az is következik, hogy 1961, 1962 és 1963 során az öntözővízzel kijuttatott sómennyiség jelentős része — mintegy 40%-a (1,87 t/ha) — kilüg-



1. ábra

A S—1 szelvény sóprofiljai. (mg.eé./100 g talaj)



2. ábra
A S-5 és S-7 szelvény sóprofiljai. (mg eé./100 g talaj)

5. táblázat

A vizsgált talajok sókészlete (adatok tonna/hektár-ban)

(1) Szel- vény száma	(2) Mintavétel mélysége cm	(3) S ó k é s z l e t				
		1961 VI.	1963 VI.	1964 V.	1964 XI.	1965 VI.
S—1.	0— 2	0,30	0,95	0,23	0,37	0,16
	2— 5	0,34	1,64	0,43	0,48	0,27
	5— 10	0,46	1,34	0,72	0,86	0,59
	10— 20	1,10	1,12	1,48	1,80	1,11
	20— 30	1,04	1,03	1,66	1,71	1,41
	30— 40	1,06	1,15	1,53	2,09	1,03
	40— 55	2,10	1,59	2,42	3,22	1,49
	55— 75	2,85	2,18	3,34	5,64	3,15
	75—100	4,52	2,35	5,59	6,62	4,79
	100—130	5,76	5,08	5,15	7,19	5,90
	130—160	5,00	6,66	2,83	4,47	3,91
	160—190	4,85	5,23	3,76	2,66	3,77
	0—190	29,38	30,32	29,16	37,11	27,58
	S—5.	0— 2	0,16	0,61	0,38	0,23
2— 5		0,28	0,77	0,62	0,38	0,32
5— 10		0,46	1,52	1,17	0,70	0,48
10— 20		1,10	2,71	2,84	1,25	1,17
20— 34		1,46	4,05	4,17	2,28	2,02
34— 46		1,67	3,03	4,33	2,66	2,01
46— 66		3,60	4,33	8,61	5,19	4,76
66— 80		2,52	3,54	5,38	3,36	4,06
80—110		5,78	7,48	7,59	7,55	7,38
110—140		4,20	7,45	6,71	7,51	7,07
140—170		5,95	7,72	7,72	6,22	5,92
170—200		6,67	5,25	6,36	6,51	5,43
200—230		3,11	4,96	4,98	4,72	5,00
0—230		36,96	53,42	60,86	48,56	45,79
S—7.	0— 2	0,16	0,66	0,22	0,21	0,17
	2— 5	0,28	0,91	0,37	0,36	0,33
	5— 10	0,46	1,49	0,67	0,64	0,48
	10— 18	0,88	1,57	1,45	1,12	0,81
	18— 30	1,26	2,54	2,41	1,81	1,16
	30— 44	1,95	2,25	3,10	2,02	1,51
	44— 58	2,52	2,24	3,74	2,87	1,85
	58— 85	4,86	5,34	7,20	6,66	5,13
	85—110	4,81	5,50	6,01	5,58	4,52
	110—140	4,20	7,45	6,71	5,06	4,29
	140—170	5,95	7,72	7,72	7,14	4,34
	170—200	6,67	5,25	6,36	4,98	4,27
	200—230	3,11	4,96	4,98	3,79	4,30
	0—230	37,11	47,88	58,94	42,24	33,16

zódott a talajból. A talajszelvény 20—100 cm-es rétegében egyébként is bizonyos mértékű kilúgzódás figyelhető meg, elsősorban a NaHCO_3 -tartalom csökkenésében (1. ábra). Ez a kilúgzás aligha tulajdonítható a kisadagú permetező öntözések hatásának, inkább a talaj kedvező drén-sajátságai és a csapadékviszonyokkal (6. táblázat) magyarázható.

6. táblázat

A vizsgált terület csapadékviszonyai (mm-ben)

(1) Időszak													(2)	(3)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Évi összeg	Havi átlag
50 éves átlag	33	35	36	51	61	62	51	51	50	50	55	42	577	48
1961	22	32	4	84	48	73	20	19	2	19	59	32	414	34
1962	13	36	59	30	24	34	82	5	59	5	68	21	436	36
1963	77	64	34	29	25	42	51	77	75	23	27	88	612	51
1964	1	15	30	43	47	96	46	99	35	88	48	60	608	51
1965	67	7	46	79	70									

a) Mintavételek közti időszakok csapadékviszonyai

(1) Időszak	Tényleges mm	Sok éves mm	(3) Havi átlag	
			tényleges mm	sok éves átlag mm
1964 V. — 1964 XI.	411	325	68	54
1964 XI. — 1965 VI.	377	313	54	45
1964 V. — 1965 VI.	788	638	61	49
1961 VI. — 1963 VI.	889	1154	37	48
1963 VI. — 1964 V.	472	516	43	47
1961 VI. — 1964 V.	1361	1670	39	48
1961 VI. — 1964 XI.	1772	1995	43	48
1961 VI. — 1965 VI.	2149	2308	45	48

b) A vizsgált terület párolgási adatai
(területi párolgás havi értékei mm)*

Időszak	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Év
Sokéves átlag	7	9	22	48	85	92	91	70	50	26	13	7	520
1960	7	9	22	64	79	106	81	79	51	17	13	7	535
1961	7	9	22	66	76	110	100	88	66	31	13	7	595
1962	7	9	22	61	94	96	80	94	49	21	13	7	553
1963	7	9	22	63	97	100	110	77	73	18	13	7	566

* Kecskemét adatai (I—III. és XI—XII. hó adatai átlagadatok)

A tényezők összehatásának eredményeképpen az S—1 szelvény globális (a talaj talajvízszintig terjedő 190 cm-es rétegvastagságára számított) sókészlete csupán 0,94 t/ha-ral növekedett, holott a kiadagolt öntözővízben 4,80 t/ha mennyiségű só volt. Ha a megfigyelt időszakokra a DARAB [5] által javasolt sómérleg-számítási eljárást alkalmazzuk, megállapíthatjuk, hogy a talaj „só-

forgalmi tényező"-je, ún. „d”-értéke a vizsgált időszakra vonatkozóan —3,86 t/ha, az alábbi összefüggés szerint:

$$d = b - (a + c), \text{ ahol:}$$

d = „sóforgalmi tényező”	t/ha
b = sókészlet a megfigyelési időszak végén	t/ha
a = sókészlet a megfigyelési időszak elején	t/ha
c = öntözővízzel kiadagolt só-mennyiség	t/ha

Tekintve, hogy a $b - a$ nem más, mint a sómérleg (m),
 felírható, hogy: $m - c = d$
 Jelen esetben: $+ 0,94 - 4,80 = - 3,86$

7. táblázat

A vizsgált terület talajvízviszonyai

	(1) Mintavételi időszak		S-1	S-5	S-7
			szelvény		
a) Talajvízszint mélysége cm	1. 1961	VI.	200	240	240
	2. 1963	VI.	190	220	240
	3. 1964	V.	150	190	200
	4. 1964	XI.	190	220	230
	5. 1965	VI.	130	190	200
b) Talajvíz hatása cm	1. 1961	VI.	100	110	120
	2. 1963	VI.	80	80	120
	3. 1964	V.	75	70	110
	4. 1964	XI.	95	80	110
	5. 1965	VI.	75	80	85

A sómérleg ($m = + 0,94$ t/ha) és a sóforgalmi tényező ($d = - 3,86$) alapján megállapíthatjuk, hogy az adott természeti körülmények és agrotechnikai feltételek mellett a talajból 3,86 t/ha mennyiségű só kilúgzódott ugyan, mivel azonban az öntözővízzel ennél több sót (4,80 t/ha) adagoltak ki a talajra, annak sókészlete az öntözés következményeként kismértékben (0,94 t/ha—1) növekedett (8. táblázat).

Ugyanezen időszakban (1961 VI—1963 VI) az S—5 és S—7 szelvényekkel jellemzett területen az 1—2. csókútból öntöztek lucernát (1. táblázat). A permetező öntözéssel kiadagolt 100, illetve 250 mm-es vízmennyiséggel a talajra kijuttatott sómennyiség — mivel az öntözővíz literenként kb. 6300 mg sót (főleg NaCl-t) tartalmazott — 15,75, illetve 6,30 t/ha.

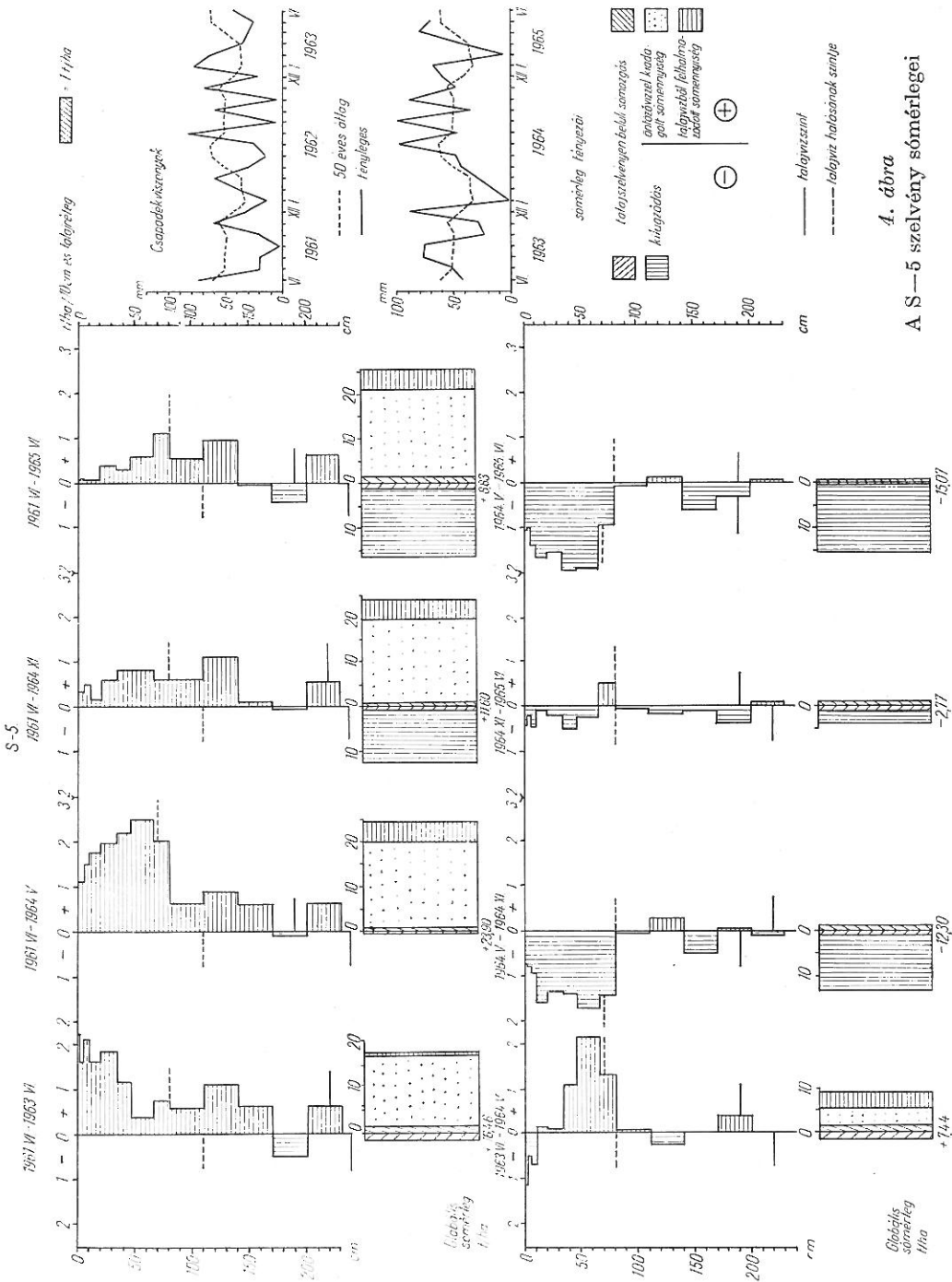
A 2. ábra sóprofiljai, valamint a 4. és 5. ábra sómérlegei jól mutatják, hogy az öntözés hatására a talaj oldható sókészlete — különösen az S—5 szelvényben jelentős mértékben növekedett. Bár a sófelhalmozódás maximumai itt is a felszínen jelentkeznek, a 0—10 cm-es rétegek sóprofiljai nem ugranak ki olyan élesen, mint az S—1 szelvény esetében, s csupán 4 mgé/100 g talaj-ra emelkednek. Ugyanakkor viszont a sófelhalmozódás nem korlátozódik a felső szintekre, hanem a mélyebb rétegekben is megfigyelhető. Ennek oka az, hogy az utolsó öntözés és a mintavétel közti 12 nap alatt lehullott 20—25 mm-es

8. táblázat
A vizsgált talajok sószerűségének tényezői

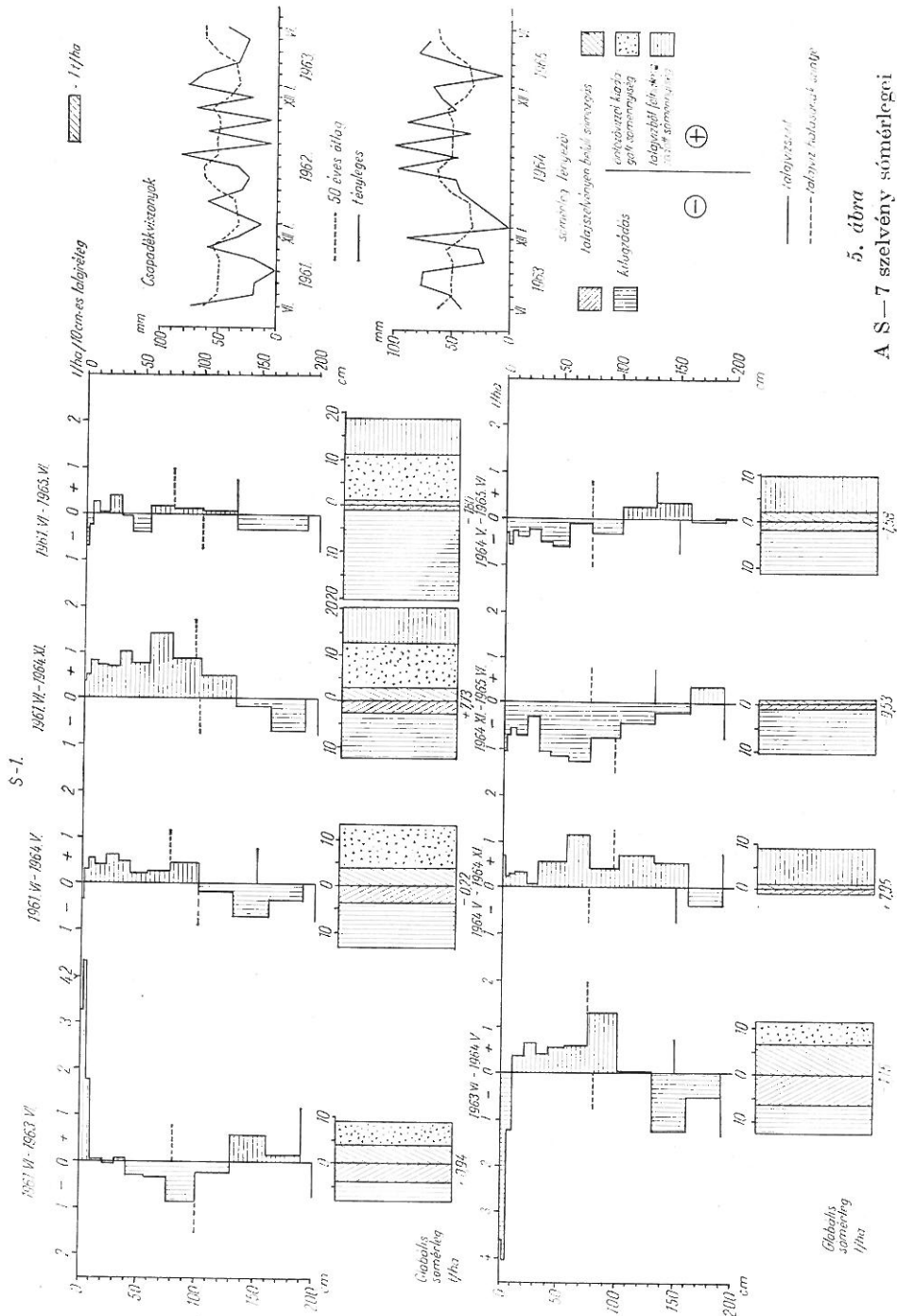
(1) Évek	(2) Sószerűség a megfigyelt időszak kezletén		(3) Sósórgalmi hányados h_i	(4) A sósórgalmat növelő tényezők				(5) Különböztetés	(6) Sósórgalmi m	(7) Sósórgalmi tényező $(m-c)$	
	kezletén	végén		Öntözővíz		talajvízből származó sók mennyisége	összesen				
				kiadagolt mennyisége	sótartalom						kiadagolt sósórgalmi mennyisége
t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha				
S-1. szelvény											
1961 VI. - 1963 VI.	29,38	30,32	1,03	4,0	4,80	—	4,80	+0,94	3,86		
1963 VI. - 1964 V.	30,32	29,16	0,96	4,0	4,80	—	4,80	-1,16	5,96		
1964 V. - 1965 VI.	29,16	27,58	0,95	—	—	7,95	7,95	-1,58	9,53		
1965 VI. - 1966 V.	29,38	27,58	0,94	4,0	9,60	7,95	19,35	-1,80	11,40		
1966 V. - 1967 XI.	29,16	37,11	1,27	—	—	7,95	7,95	+7,95	7,95		
1967 XI. - 1968 VI.	37,11	27,58	0,74	—	—	—	—	-9,53	9,53		
1968 VI. - 1969 V.	29,38	29,16	0,99	4,0	9,60	—	9,60	-0,22	9,82		
1969 V. - 1970 XI.	29,38	37,11	1,26	4,0	9,60	7,95	17,55	+7,73	1,87		
S-5. szelvény											
1961 VI. - 1963 VI.	36,96	53,42	1,44	6,3	15,75	0,71	16,46	+16,46	0,71		
1963 VI. - 1964 V.	53,42	60,86	1,14	6,3	3,78	3,66	7,44	+7,44	3,66		
1964 V. - 1965 VI.	60,86	45,79	0,75	—	—	—	—	-15,07	15,07		
1965 VI. - 1966 V.	36,96	45,79	1,23	6,3	19,53	4,37	23,90	+8,83	10,70		
1966 V. - 1967 XI.	60,86	48,56	0,88	—	—	—	—	-12,30	12,30		
1967 XI. - 1968 VI.	48,56	45,79	0,94	—	—	—	—	-2,77	2,77		
1968 VI. - 1969 V.	36,96	60,86	1,63	6,3	19,53	4,37	23,90	+23,90	4,37		
1969 V. - 1970 XI.	36,96	48,56	1,31	6,3	19,53	4,37	23,90	+11,60	7,93		
S-7. szelvény											
1961 VI. - 1963 VI.	37,11	47,88	1,29	6,3	6,30	4,47	10,77	+10,77	4,47		
1963 VI. - 1964 V.	47,88	50,94	1,07	6,3	3,78	—	3,78	+3,06	0,72		
1964 V. - 1965 VI.	50,94	33,16	0,65	—	—	—	—	-17,78	17,78		
1965 VI. - 1966 V.	37,11	33,16	0,90	6,3	10,08	4,47	14,55	-3,95	14,03		
1966 V. - 1967 XI.	50,94	42,24	0,83	—	—	—	—	-8,70	8,70		
1967 XI. - 1968 VI.	42,24	33,16	0,78	—	—	—	—	-9,08	9,08		
1968 VI. - 1969 V.	37,11	50,94	1,37	6,3	10,08	4,47	14,55	+13,83	3,75		
1969 V. - 1970 XI.	37,11	42,24	1,14	6,3	10,08	4,47	14,55	+5,13	4,93		



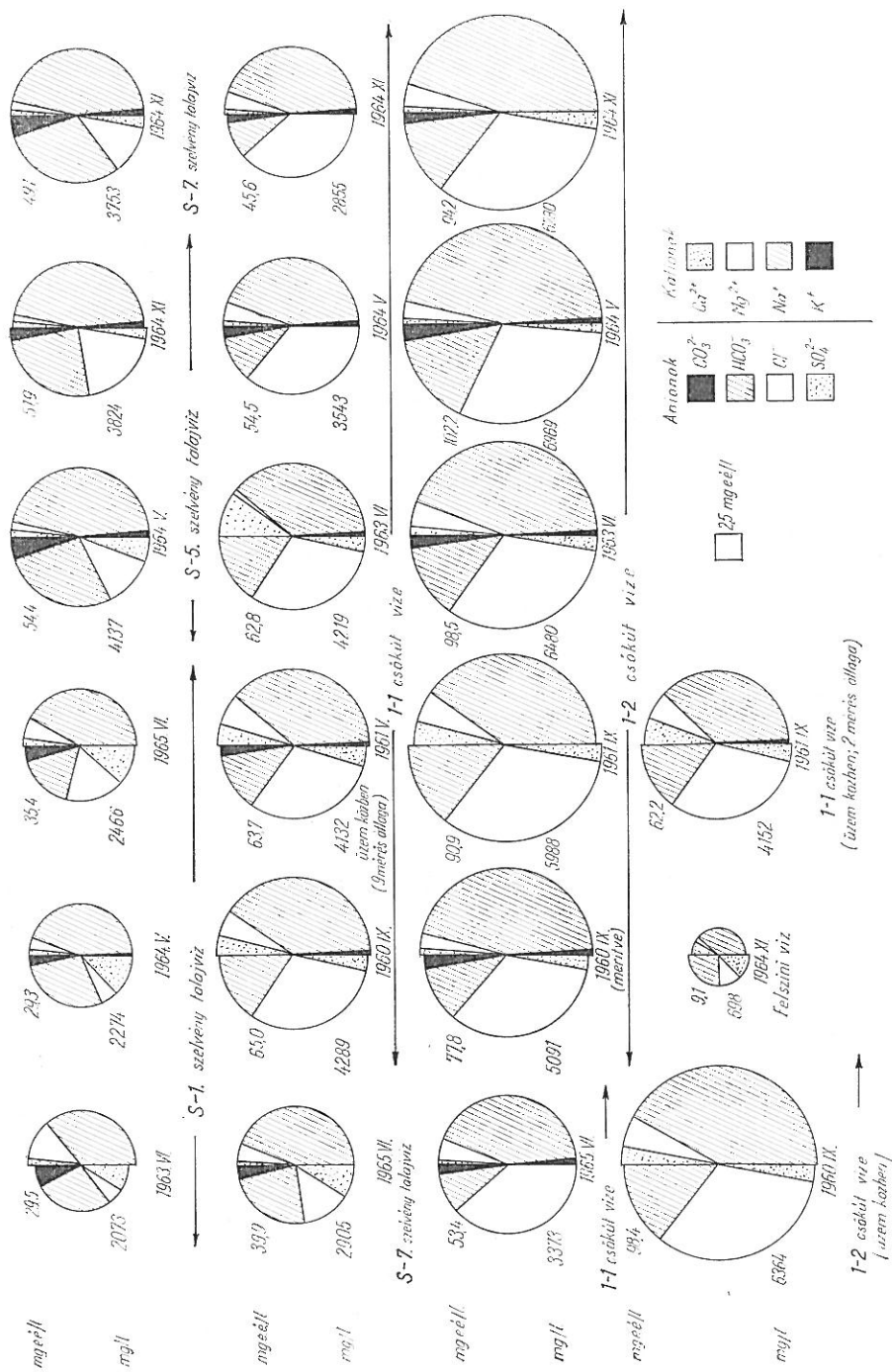
3. ábra
A S-1 szelvény sómérlegei



4. ábra
A S-5 szelvény sémái



5. ábra
A S-7 szelvény sémérlegei



6. ábra
Öntözővizek és talajvizek összetétele Solton

csapadék hatására a mozgékony NaCl-típusú sótartalom már kismértékben lefelé húzódott. Ez a lefelé húzódás azonban csak a talajvíz hatásának a határfelületéig történhetett, aminek eredményeképpen a sókészlet növekedése elsősorban az e fölötti talajsintekben tapasztalható (2., 5. ábra). Ugyancsak a talajvíz hatásának a határfelületén halmozódtak fel a talajvízből származó sók is.

Az 5. táblázat adatai szerint a globális sókészlet növekedése a vizsgált időszakban az S—5 szelvény esetében 16,46 t/ha, az S—7 szelvényénél pedig 10,77 t/ha, tehát elérte az eredeti sókészlet 42, illetve 23%-át. A d-értékek:

$$\begin{aligned} m - c &= d \\ + 16,46 - 15,75 &= + 0,71 \text{ (S—5)} \\ + 10,77 - 6,30 &= + 4,47 \text{ (S—7)} \end{aligned}$$

jól tükrözik, hogy jelen esetben nemcsak a sós öntözővíz, hanem a talajvíz is szerepet játszott a sófelhalmozódásban. Mégpedig nemcsak az öntözővízzel kiadagolt sómennyiség kilúgzódásának a megakadályozása révén, hanem közvetlen sóforrásként is.

A sóforgalmi tényezők —S—1 szelvénytől eltérő — pozitív voltában minden bizonnyal az is szerepet játszott, hogy itt a talaj kedvező drénviszonyai a nagyobb sótartalmú öntözővíz hatására jelentős mértékben romlottak, s emiatt az időszakosan felemelkedő szintű talajvizek által felhalmozott sómennyiségek kilúgzódása nehézségekbe ütközött, lassult. Erre látszik utalni az a megfigyelés is, hogy míg az S—5 szelvény környékén, ahol a lucerna (feltehetően éppen az intenzívebb öntözés hatására) igen jól fejlődött, s dúsz gyökérzete a talajnak kedvezőbb természetes drenázst biztosított, a sóforgalmi tényező kisebb, mint az S—7 szelvény környékén, ahol a lucerna igen gyenge és csenevész volt.

A következő periódus (1963 VI—1964 V) elején (1963 VII—VIII) az S—1 szelvény környékén folytatták a cukorrépa, az S—5 és S—7 szelvények környékén a lucerna öntözését. Előbbinél 120 mm-es vízádaggal 4,80 t/ha mennyiségű, utóbbiaknál 60—60 mm-es vízádaggal 3,78 t/ha mennyiségű só juttattak ki a talajra. A lucernát októberben feltörték, s 1964-ben mindhárom szelvény környékén tavaszi árpát termesztettek — öntözés nélkül. Így a szóbanforgó időszakban az öntözéseket, mintegy 9 hónapos öntözés nélküli periódus, csapadékos őszi és száraz tavasz követte.

Az 1., és 2. ábra sóprofiljai, valamint a 3., 4. és 5. ábra sómérlegei egyaránt szemléletesen mutatják, hogy az őszi—téli csapadék a könnyű mechanikai összetételű talajban az előző öntözések során a talaj felső szintjeiben felhalmozódott — felszínen maximumot képező — sótartalom jelentős részét és az újabb öntözésekkel kiadagolt sók döntő hányadát a felső beázás és a talajvíz hatásának határfelületéig, 50—80 cm mélyséig, lúgozta illetve belemosta a talajvízbe (S—1). Ebben a mélységben kifejezett sófelhalmozódási szintek alakultak ki annál is inkább, mivel a talajvízből származó sók is ebben a rétegben halmozódtak fel (S—5).

A vizsgált egy év alatt az S—1 szelvény globális sókészlete kismértékben csökkent, az S—7, de különösen az S—5 szelvény sókészlete növekedett. A sóforgalmi tényezők értéke ennek megfelelően a következőképpen alakult:

$$\begin{aligned} m - c &= d \\ -1,16 - 4,80 &= -5,96 \text{ (S—1)} \\ +7,44 - 3,78 &= +3,66 \text{ (S—5)} \\ +3,06 - 3,78 &= -0,72 \text{ (S—7)} \end{aligned}$$

Ez azt jelenti, hogy a vizsgált periodusban az S—1 szelvény által jellemzett területen a kilúgzódás nemcsak a sóprofilok megváltozásában, hanem a talaj globális sókészletének csökkenésében is megmutatkozott, tehát a természetes csapadék kilúgzó hatása felülmúlta az öntözés sófelhalmozó hatását, vagyis az öntözés nem eredményezett sófelhalmozódást.

Az S—7 szelvénynél arra mutat a d-érték, hogy a talajból kisebb mennyiségű só (0,72 t/ha) kilúgzódott ugyan, de az öntözővízzel ennél több sót (3,78 t/ha) adagoltunk ki, a talaj sókészlete tehát az öntözés következtében növekedett (+3,06 t/ha).

Végül az S—5 szelvénynél a magasan álló, sós talajvíz nemcsak az öntözővízzel kiadagolt sómennyiség (3,78 t/ha) kilúgzódását akadályozta meg, hanem a sófelhalmozódásban (+7,44 t/ha) közvetlen sóforrásként (3,66 t/ha) is szerepelt.

A tapasztalt különbségek a három szelvény drénviszonyainak a különbözőségével magyarázhatóak. A könnyű mechaikai összetételű talajok eredetileg (öntözés előtt) kedvező drénviszonyai az S—1 szelvénynél az öntözés során nem romlottak jelentősebb mértékben. A kisebb sótartalmú, NaCl-os öntözővíz ugyanis csak átmenetileg okozott sófelhalmozódást a talaj egyes — elsősorban felszíni — rétegeiben, s ezt a kicserélhető nátriumtartalom igen mérsékelt megnövekedése követte csupán (7. ábra), így a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai az öntözés hatására tartósabban alig változtak. Mindezek eredményeképpen az S—1 szelvényben a természetes csapadék kilúgzó hatása jól érvényesülhetett. Ezt bizonyítja az is, hogy a d-érték a csapadékosabb 1963. VI—1964. V-ig terjedő időszakra számítva valamivel nagyobbak adódik (—5,96), mint a szárazabb 1961. VI—1963. VI időszakra vonatkozóan (—3,86).

Az S—7, de különösen az S—5 szelvény esetében — ezzel szemben — a nagy sótartalom vízzel történő öntözés sófelhalmozódást eredményezett, követte ezt a kicserélhető Na-tartalom jelentős megnövekedése (7. ábra), a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak, a talajszelvény drénviszonyainak a leromlása, ami az S—7 szelvénynél kevésbé, az S—5 szelvénynél azonban igen jelentékenyen akadályozta a természetes csapadék kilúgzó hatását, gátolta a kilúgzódási folyamatokat, megnehezítette az időszakosan felemelkedő szintű talajvízből származó sók talajvízszintsüllyedést követő kimosódását is. Az igen jól fejlett lucerna (S—5 szelvény) kedvező drénhatása nagyon jól ellensúlyozta a vízgazdálkodási tulajdonságok leromlását, azonban feltörése után ez a hatás már csak igen mérsékeltten érvényesült. Innen adódik az, hogy az S—5 szelvény d-értéke az előző időszakhoz viszonyítva jelentősen nőtt (+0,71, illetve +3,66), holott a csapadékviszonyok ennek ellenkezőjét indokolnák, amint ez az S—1 és S—7 szelvények esetében meg is figyelhető.

Az S—5 és S—7 szelvény sómérlegeinek különbségeiben — ezen túlmenően — az is döntő szerepet játszott, hogy míg a talajvíz hatása az S—5 szelvényben 70—80 cm-ig, addig az S—7 szelvénynél csak kb. 120 cm mélységig érvényesült (7. táblázat).

A következő évben (1964 V—1965 VI) öntözés egyik területen sem folyt. Az éves sómérlegeket két részre, nyári és téli félévre bontva elemeztük.

Az 1964 V—1964 XI-g terjedő nyári félévben az S—1 szelvény sókészlete jelentős mértékben nőtt (1., 3. ábra). Az adatokból kitűnik, hogy a főként Na_2SO_4 -ból álló sófelhalmozódás (7,95 t/ha) a talajvízből származik. Bár a vizsgálat időpontjában a talajvíz nem állt magasan, a szeptember elejei meg-

figyelések azt bizonyítják, hogy az igen csapadékos periodusban (csapadék mennyisége a sokéves átlag 127%-a; 6. táblázat) a talajvízszint időszakosan egészen felszínközébe emelkedett, ami a meleg nyári időszakban az egész szelvényben a sókészlet növekedését eredményezte.

Az 1964 XI—1965 VI-ig terjedő téli félévben a kilúgzódási folyamatok domináltak. A globális sómérleg $-9,53$ t/ha. Elsősorban az előző időszakban a talajvízből felhalmozódó Na_2SO_4 kilúgzódása figyelhető meg (1. ábra).

A jelentős évszakos dinamika ellenére az éves sómérleg (egyben mivel $c = 0$, d-érték) nagyon hasonló az előző időszakokéhoz ($-1,58$). Ez nagyrészt alátámasztja előző vizsgálataink [23] megállapítását, hogy a Duna—Tisza közti talajok sómérlege természetes viszonyok között, hosszabb időszak vonatkozásában egyensúlyban van, s kiegészíti ezt azzal, hogy a sómérlegek olyan stabilak, hogy bizonyos sóforgalmi beavatkozások (pl. jelen esetben a sós öntözővíz) hatását „pufferolni”, kiegyenlíteni képesek.

Ezt mutatják igen szemléletesen az S—5 és S—7 szelvény sóprofiljai (2. ábra) és sómérlegei (4, 5. ábra) is, amelyek mind a nyári, mind a téli félévben sókészlet-csökkenést indikálnak.

1964 V—1964 XI-ig a talajvízszint süllyedt (7. táblázat), s így a légköri csapadék igen tekintélyes mennyisége (6. táblázat) jelentős kilúgzódást eredményezhetett (12,30, illetve 8, 70 t/ha). Érdekes megfigyelni, hogy elsősorban az a NaCl-típusú sómennyiség (vagy legalábbis annak igen tekintélyes hányada) lúgozódott ki, amely az előző öntözések során az öntözővízből halmozódott fel a talajban, s eddig a magas talajvízállás kilúgzódását megakadályozta (2. ábra).

Az 1964 XI—1965 VI-ig terjedő időszakban — bár a talajvízszint kis mértékben emelkedett — folytatódott a kilúgzódás (2,77, illetve 9,08 t/ha). Ezt elsősorban az tette lehetővé, hogy a megelőző nyári félév során bekövetkező sókészlet-csökkenést gyorsan követte a kicserélhető Na^+ -tartalom csökkenése (7. ábra), ezzel párhuzamosan pedig a drénviszonyok javulása, ez lehetővé tette a csapadékvíz kilúgzó hatásának fokozott érvényesülését.

Az éves sómérleg (egyben d-érték) a fentieknek megfelelően:

nyári félév	téli félév	év	
-12,30	-2,77	= -15,07	(S—5)
-8,70	-9,08	= -17,78	(S—7)

mindkét szelvényben igen nagymértékű kilúgzódásra utal — igazolva előbbi megállapításainkat.

A részidőszakok alapján elkészített 1961 VI—1965 VI négyéves időszakokra számított sómérlegek és sóforgalmi tényezők az alábbiak szerint alakulnak:

m	—	c	=	d	
-1,80	—	9,60	=	-11,40	(S—1)
+8,83	—	19,53	=	-10,70	(S—5)
-3,95	—	10,08	=	-14,03	(S—7)

Megállapítható tehát, hogy a vizsgálatok négyéves időtartama alatt, az adott természeti körülmények és agrotechnikai feltételek mellett, a vizsgált könnyű mechanikai összetételű réti talajok sókészletéből mintegy 10—14 tonnányi lúgozódott ki hektáronként. A kissé kedvezőbb drénviszonyokkal rendelkező

(könnyebb mechanikai összetétel: 3. táblázat, kisebb talajvízhatás: 7. táblázat, öntözés hatására kevésbé leromló vízgazdálkodási tulajdonságok, stb.) S—7 szelvény esetében valamivel több, a kissé kedvezőtlenebb drén-sajátságú S-1 (viszonylag nehezebb mechanikai összetétel: 3. táblázat, magas talajvízszint: 7. táblázat) és S—5 (erősebb talajvízhatás: 7. táblázat, drénviszonyok időszakos leromlása az öntözés következtében stb.) szelvény esetében valamivel kisebb. Ez azt eredményezte, hogy azokon a talajokon, ahol az öntözések során kiadagolt sómennyiség ennél kisebb volt (S—1, S—7 szelvény), ott az öntözővíz sótartalma kilúgzódhatott, s az öntözés nem eredményezett sófelhalmozódást. Ott viszont, ahol az öntözővízzel talajba juttatott sómennyiség ezt meghaladta (S—5 szelvény), ott a talaj sókészlete nőtt, az öntözővíz sótartalmának egy része a talajban felhalmozódott.

A tapasztalt törvényszerűségek természetesen csak az adott (vagy közel hasonló) természeti feltételek (csapadék-, talaj-, talajvízviszonyok) és öntözési körülmények (kis adagú permetező öntözés, NaCl-os öntözővíz, stb.) között érvényesek, s a levont következtetések is elsősorban ilyen, vagy igen hasonló viszonyok közt használhatók fel legeredményesebben.

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a Duna—Tisza közti öntözött talajok szabatos sómérlegeinek elkészítése és főleg gyakorlati felhasználása csak akkor lehet eredményes, ha azok:

a) a talaj talajvízszintig terjedő rétegvastagságát elemzik, genetikai szintenként, illetve a talaj felsőbb szintjeiben vékonyabb rétegenként (0—2—5—10—20, stb.),

b) a változásokat hosszabb időn keresztül elemzik, rövidebb időszakokra bontva,

c) hasonló körülmények közt elemzik az öntözetlen „kontroll”-t is,

d) mennyiségileg elemzik a sóforgalomra ható tényezők időszakonkénti alakulását,

e) külön-külön elemzik és értékelik az egyes sóforgalmi tényezők hatását.

A sómérlegek időszakonkénti elemzése alapján összefoglalóan megállapítható:

1. Az öntözővízből (NaCl típusú) származó igen tekintélyes sómennyiség közvetlenül az öntözés után a talaj öntözővíz által átnedvesített rétegének felső részén (0—10 cm) halmozódik fel, igen jelentős sókoncentrációt eredményezve. Ennek következtében a talaj kicserélhető Na^+ -tartalma is ugrásszerűen fokozódik (7. ábra). Ez viszont oda vezet, hogy míg az öntözés kezdetén az öntözővíz akadály nélkül, egyenletesen és gyorsan szivárog a talajba, addig öntözés végén (különösen ha azt huzamosabb ideig folytatjuk, nagyobb vízadagokat alkalmazva) már eliszaposodással kell számolnunk, s a beáztatás távolról sem lesz a kedvező mértékben gyors és egyenletes. Ezt igazolja az a megfigyelésünk is, hogy pl. a rossz csőcsatlakozásoknál, stb., ahol relatíve igen nagymennyiségű víz kerül egy-egy kis területre, a talaj gyakran kisebb mélységben nedvesedik át — épp a felszíni rétegek igen kedvezőtlené váló vízgazdálkodási tulajdonságai miatt — mint a környező területrészekben.

2. Az öntözővízzel talajba juttatott sómennyiség — tekintettel arra, hogy annak legnagyobb részét „mozgékony” NaCl képezi — a légköri csapadék hatására gyorsan kilúgzódik, illetve megindul lefelé, a talajvíz irányába és a talajvíz hatása határfelületének a mélységében (talajvízből kapillárisan telített talajréteg felső határán) halmozódik fel. Ugyanitt (50—80 cm mélységben,

a 40—50 cm-es mélységben elhelyezkedő mészkumulációs szintek alatt) halmozódnak fel a talajvízből származó sók (elsősorban NaHCO_3) is. Ezek mennyisége gyakran igen jelentős és jóval meghaladja az öntözővízből származó sók mennyiségét. Követi a sók mozgását a kicserélhető Na^+ -mennyiségének az alakulása is, amelyben szintén megfigyelhető bizonyos lefelé irányuló elmozdulás (7. ábra).

3. Az adatokból kitűnik, hogy a Duna—Tisza közi talajok természetes viszonyok közt megállapított, egyensúlyban levő sómérlegei [23] az adott természeti viszonyok közt olyan stabilak, hogy bizonyos sóforgalmi beavatkozásokat „pufferolni” képesek, s külső hatásokkal szemben törekszenek ennek az egyensúlynak a fenntartására. Így pl. Solton két öntözéses és két öntözés nélküli év során, mintegy 10—14 t/ha mennyiségű só (főleg NaCl) tudott kilúgzódni a talajból. Ez a kiegyenlítő-képesség több tényezőtől függ és csak akkor érvényesülhet, ha:

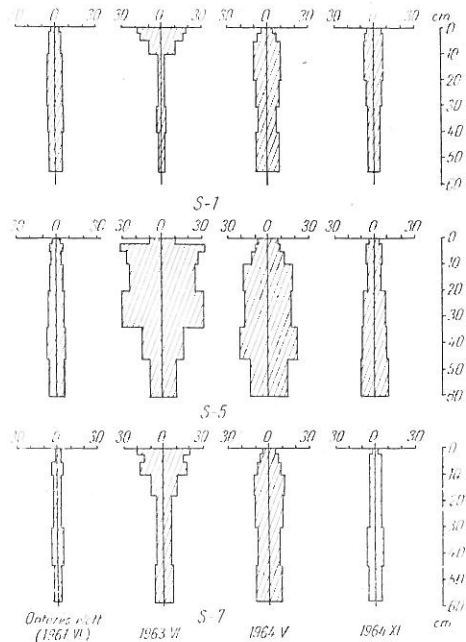
a) a talaj mechanikai összetétele könnyű, a talaj drénviszonyai megfelelőek,

b) nem kell (vagy csak egészen rövid periodusokra kell) az öntözővíz sótartalmának közvetett hatásaival számolni, tehát ha a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai, drénviszonyai a vizsgált időszakban nem változnak jelentősebben. Ennek egyik feltétele, hogy az öntözővíz nem szódás, vagy NaHCO_3 -os, hanem NaCl -s (esetleg Na_2SO_4 -s),

c) nem következnek be jelentősebb változások a természeti viszonyokban, d) szófelhalmozódás irányában ható tényező hatása nem tartós és nem folyamatos.

4. Adataink alapján megállapítható, hogy a Duna—Tisza közének vizsgált területein még ilyen igen nagy sótartalmú vizekkel történő öntözés esetén is (különösen, ha az öntözővíz nem karbonát-hidrokarbonátos, hanem kloridos) elsősorban a viszonylag magasan álló, ingadozó szintű, sós talajvizek fenyegetnek a szikesedés veszélyével. Mégpedig egyrészt az öntözővízzel talajba jutott sómennyiségek kilúgzódásának a megakadályozása, másrészt sótartalmuknak — hatásuk határfelületének a mélységében történő felhalmozódása révén.

5. Az eredmények tehát ismételtelen a Duna—Tisza köz vízrendezésének, illetve talajvízszintszabályozásának égető és sürgős szükségességét bizonyítják. A talajvízszint ingadozásának a mérséklése és sülyesztése nemcsak a jóminőségű öntözővizek nagy adagjaival történő öntözések közvetett (talajvízszint megemelésén keresztül érvényesülő) káros ha-



7. ábra

A kicserélhető Na mennyiségének változása öntözés hatására Solton. (Na^+ az $\text{S}\%_0$ -ban)

tását [23] küszöbölne ki, hanem lehetővé tenné — az egyébként megfelelő drénviszonyokkal rendelkező talajokon — az öntözővízzel talajba juttatott sótartalom kilúgzódását is, ami lehetőséget nyújtana arra, hogy bizonyos esetekben (pl. ha az öntözővíz NaCl-típusú) nagyobb sótartalmú öntözővizeket is felhasználhassunk a talaj sókészlete megnövekedésének, a talaj elszikesedésének a veszélye nélkül.

Ö s s z e f o g l a l á s

1. Sómérleg-vizsgálatainkat a Duna—Tisza közének középső részén, a Solti-lapályon végeztük, a táj jellegzetes talajtípusán: könnyű mechanikai összetételű réti talajon, 1961—1965-ig terjedő időszakban. A területen 1961, 1962 és 1963 években két csóktút igen sós (NaCl-os) vízzel öntöztek.

2. Sómérlegeink elkészítése során ugyanazokat a módszereket alkalmaztuk, mint a Duna—Tisza közti talajok természetes viszonyok közti sómérlegeinek összeállításakor [23]. Kiegészítettük azonban azokat a sóforgalomra ható e g y e s tényezők hatásának mennyiségi elemzésével.

3. Megállapítottuk, hogy az adott természeti feltételek közt elsősorban három tényező hat a talajok sómérlegeire:

a) csapadék és párolgásviszonyok

b) talajvízviszonyok

c) öntözés körülményei (elsősorban az öntözővíz sótartalma, sóösszetétele és kiadagolt mennyisége).

A talajviszonyok szerepe kettős:

a) öntözővízzel kiadagolt sótartalom kilúgzódásának a megakadályozása (a talajszelvény drénviszonyainak lerontása),

b) talajvíz sótartalmának a felhalmozása.

Ennek következményeként a Duna—Tisza közének vizsgált területein még nagy sótartalmú vizekkel történő öntözés esetén is e l s ő s o r b a n a felszínközeli, ingadozó szintű, sós talajvizek fenyegetnek a szikesedés veszélyével.

4. Vizsgálataink bebizonyították, hogy a szóbanforgó terület talajainak természetes viszonyok közt egyensúlyban levő sómérlege stabil, s külső hatásokkal (pl. az öntözővíz sótartalma stb.) szemben is törekszik ennek az egyensúlynak a fenntartására. Megkíséreltük e kiegyenlítő-hatás mértékének és feltételeinek a tisztázását. Megállapítottuk, hogy a vizsgált 4 év alatt az adott természeti körülmények és agrotechnikai feltételek mellett — *a talajok drénviszonyaitól függően* — mintegy 10—14 t/ha mennyiségű só lúgozódhatott ki a talajból, tehát az öntözés ott okozott sófelhalmozódást, ahol az öntözővízzel a talajba juttatott sómennyiség ezt meghaladta.

5. Adataink alapján néhány gyakorlati következtetést vontunk le az öntözések — elsősorban a Duna—Tisza közti csóktutak sós vízzel történő öntözések — feltételeire és körülményeire vonatkozóan.

I r o d a l o m

- [1] ARANY, S.: A szikes talaj és javítása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 1956.
 [2] BOWER, C. A.: Prediction of the effects of irrigation waters on soils. Salinity Problems in the Arid Zones, Symp. Teheran UNESCO. 215—222. 1961.
 [3] BRYSSINE, G.: Experiments in irrigation with brackish water carried out in Morocco. Salinity Problems in the Arid Zones, Symp. Teheran UNESCO 245—250. 1961.
 [4] COINTEPAS, J. P. & ROEDERER, P.: Preliminary results of the evolution of soil salinity due to irrigation with saline waters in Tunisia. Ann. Agron. 12. 121—126. 1961.

- [5] DARAB, K.: Hazai öntözött talajok sómérlege és sóforgalma. *Agrokémia és Talajtan.* **10.** 305—314. 1961.
- [6] DARAB, K.: Talajgenetikai elvek alkalmazása az Alföld öntözésénél. OMMI Kiadv. Ser. 1. No. 4. Budapest. 1962.
- [7] DURAND, J. H.: L'évolution des sols sous l'influence de l'irrigation. *Travaux des Sections Pédologie Bull. No. 6.* 1960.
- [8] HARMATI, I.: Öntözés hatása a talajra a Duna—Tisza közén. *Időszerű Öntözési Kutatások — 1959.* 39—42. 1960.; 1960. 47—49. 1961.; 1961. 35—38. 1962.; 1962. 65—66. 1963.
- [9] HERKE, S.: A dunavölgyi erősen szódás szikesek javítása rizstermesztéssel. *Délalf. Mezőg. Kísérleti Int. Évi Jel.* **2.** 161—208. 1959.
- [10] HERKE, S.: A belvízrendezés szerepe a szikesek sajátosságainak változásában a Duna — Tisza közén. *Hidrol. Közl.* **44.** 14—20. 1964.
- [11] KIZILOVA, A. A.: Movement of easily soluble salts in solonchak soils under leaching. *Salinity Problems in the Arid Zones, Symp., Teheran UNESCO 227—232.* 1961.
- [12] KOVDA, V. A.: Proiszhozhgyenyije i rezsím zaszolennüh počsv. I—II. *Izd. A. N. SSSR.* Moszkva 1946.
- [13] MAJOR, P.: Magyarország talajvízből öntözhető területei. *VITUKI Kiadv. No. 13.* Budapest. 1963.
- [14] NÉMETH, E.: A tógazdaság, mint szikjavítás. *Magyar Szikesek. FM Kiadv. 1934.*
- [15] RABOCSEV, I. Sz.: Regulirovanyije szolevogo rezsima počsv polivany v period vegetácii. *Počsvovedenyie (2—3)* 72—79. 1944.
- [16] RIBIÁNSZKY, M.: A tógazdaság szerepe a gyenge minőségű szikesek hasznosításában. *Agrártudomány.* **11.** (12) 7—11. 1959.
- [17] RICHARDS, L. A.: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA Agr. Handb. No. 60.* Washington, 1954.
- [18] SCOFIELD, C. S.: Salt balance in irrigated areas. *J. Agric. Res.* **61.** 17—22. 1940.
- [19] SIGMOND, E.: A békéscsabai öntözött székes réten végzett sómeghatározásokról. *Kísér. Közlem.* **4.** (1). 1—12. 1902.
- [20] SZABOLCS, I. & DARAB, K.: Oldható sók dinamikája öntözött talajokon. *Agrokémia és Talajtan.* **4.** 251—263. 1955.
- [21] SZABOLCS, I.: A vízrendezések és öntözések hatása a Tiszántúl talajképződési folyamataira. *Akadémiai Kiadó, Budapest.* 1961.
- [22] THORNE, D. W. & THORNE, J. P.: Changes in composition of irrigated soils as related to the quality of irrigation waters. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **18.** 92—98. 1954.
- [23] VÁRALLYAY, GY.: A Duna—Tisza közti talajok sómérlegei. I. Sómérlegek természetes (öntözés nélküli) viszonyok között. *Agrokémia és Talajtan* **15.** 423—452 1966.

Érkezett: 1966. május 8.

Salt Balances of Soils in the Region Between the Danube and the Tisza. II. Salt Balances under Irrigated Conditions

GY. VÁRALLYAY

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

Summary

1. The aim of our examinations was to establish salt balances — clearly and distinctly indicating the direct and indirect effects of irrigation on the salt dynamics of soils — relating to one characteristic region of Hungary, the territory between the rivers Danube and Tisza.

2. The salt balance examinations were conducted in the middle part of the territory between the rivers Danube and Tisza, on the characteristic soil type of the area, a strongly calcareous meadow soil of light mechanical composition, in the period from 1961 to 1965. In the years 1961—1963 the area was irrigated with the strongly saline (NaCl) water of two driven wells.

3. In the course of the examinations, the same methods were applied as formerly, when determining the salt balances of the soils in the same territory under natural conditions [23]. Thus we established the salt profiles as well as the global salt balances be-

tween the soil surface and the water table and the per horizon salt balances of the studied soils for the various, irrigated and non-irrigated cycles of the four year long period examined. These were completed with the quantitative analysis of the effect of individual factors influencing salt dynamics. The prepared salt profiles and salt balances have been summarized also in the form of diagrams.

4. It has been established that under the given natural conditions first of all the following three factors influence the salt balances of soils:

a) Precipitation and evaporation conditions.

b) Ground water conditions.

c) Irrigation conditions (in the first place the salt content, the salt composition and the amount of the irrigation water).

Ground water conditions play a dual role:

a) Prevention of the leaching of the salt content added to the soil in the irrigation water (deterioration of the drainage conditions in the soil profile).

b) Accumulation of the ground water's salt content.

As a result of this, even in the case of irrigation practiced with waters of high salt content (especially if the irrigation water is of the chloride type and not of the carbonate — hydrocarbonate type) it is, above all, the saline ground waters with a fluctuating water table near the surface that involve the danger of salinization and alkalization in the examined areas of the territory between the rivers Danube and Tisza.

5. Our examinations have proved that the salt balance — which is in a state of equilibrium under natural conditions — is stable in the soils of the area in question and it tends to maintain this equilibrium in spite of external effects (for example, the salt content of the irrigation water, etc.). The conditions of this equalizing effect are as follows:

a) Light mechanical composition of the soil and good drainage conditions.

b) In the course of irrigation, the water regime properties of the soil do not change (grow worse) considerably.

c) The natural conditions do not change considerably.

These conditions determine the degree of the equalizing effect, too. It has been established that during the examined four year period, large quantities of salts — about 10—14 tons/hectare, depending on the drainage conditions — were leached from the soil under the given natural and agrotechnical conditions. Thus irrigation caused salt accumulation only at those places, where the amount of salt added to the in the irrigation water exceeded that quantity.

6. Thus when preparing salt balances analysing the prospective effect of irrigations on salt dynamics, a certain "buffer" capacity of the soils — depending mostly on the change induced by irrigation in the soil's drainage conditions in addition to the salt balance of the soil under natural conditions — must be reckoned with.

7. The methodical conditions of the preparation of analytic salt balances are the following:

a) The soil profile should be analysed between the surface and the water table by genetic horizons, that is, by the thinner layers (0—2—5—10—20 cm, etc.) in the upper soil horizons.

b) The changes should be analysed for a longer time, in shorter periods.

c) The non-irrigated "control" should be simultaneously analysed.

d) A quantitative analysis of the tendencies and changes of the factors influencing salt dynamics should be carried out.

e) The effect of individual factors of salt dynamics should be quantitatively analysed in detail and evaluated.

8. On the basis of the salt balances, some important, practical conclusions were drawn in connection with the irrigation of the soils in question:

a) Water regulation and the control of the water table are essential conditions of effective irrigation in the area concerned. Diminishing the fluctuation of the water table and lowering its level not only eliminate the possible indirect detrimental effect (salt accumulation due to the rise of the water table) of high amounts of irrigation water of good quality but — on naturally well drained soils — they also promote the leaching of the salts when salt containing irrigation waters are applied.

b) If the soil conditions (light mechanical composition, naturally well drained soils) and the ground water conditions (stable water table, far below the surface) are favourable, in certain cases (for instance, if it is of the NaCl type) even irrigation waters of relatively high salt content may be used without increasing the soil's salt content, that is without involving the danger of salinization or alkalization.

Table 1. Circumstances of the examination in Solt. (1) Date of irrigation. (2) No. of the examined profile. (3) Irrigation water, mm. (4) Indicator plant. *a)* Date of taking samples.

Table 2. General soil examination data of the soil profiles. (1) No. of profile and soil type. (2) Genetic horizon. (3) Sampling depth, cm. (4) Humus %. (5) Total N.

Table 3. Mechanical composition of the examined soils. (1) No. of profile and sampling depth, cm. (2) Hygroscopic water %. (3) Loss in HCl processing %. (4) Mechanical fraction in %; particle size in mm. (5) Physical sand and clay.

Table 4. Composition of the exchangeable cations in the examined soils. (1) No. of profile and sampling depth, cm.

Table 5. Salt stock of the examined soils. Data are given in tons per hectare. (1) No. of profile. (2) Sampling depth, cm. (3) Salt content.

Table 6. Precipitation conditions (in mm) of the examined area. (1) Period. (2) Total annual. (3) Monthly average. *a)* Precipitation conditions of periods between samplings. *b)* Evaporation data of the examined area. (Monthly values of the territorial evaporation, in mm.)

Table 7. Ground water conditions of the examined area. (1) Period. (2) Depth of the water table, cm. *b)* Action of ground water, cm.

Table 8. Factors of the salt balances of the examined soils. (1) Period. (2) Salt content at the beginning and at the end of the observation period. (3) Quotient of salt dynamics. (4) Factors increasing the salt content: irrigation water (amount, mm; salt content g/l; amount of salts added to the soil in it, tons/hectare); amount of salts coming from the ground water, tons/hectare; and the total amount of salts, tons/hectare. (5) Leaching. (6) Salt balance. (7) Factor of salt dynamics.

Figure 1. Salt profiles of profile S—1. (meq./100 g soil.)

Figure 2. Salt profiles of profiles S—5 and S—7 (meq./100 g soil).

Figure 3. Salt balances of profile S—1. *a)* Global salt balance, tons/hectare. *b)* Precipitation conditions. *c)* 50 year average. *d)* Actual. *e)* Factors of salt balance. *f)* Salt movements within the soil profile. *g)* Leaching. *h)* Amount of salts added in the irrigation water. *i)* Amount of salts accumulated from the ground water. *j)* Water table. *k)* Level of the action of ground water.

Figure 4. Salt balances of Profile S—5. From *a)* to *k)*, see Figure 3.

Figure 5. Salt balances of Profile S—7. From *a)* to *k)*, see Figure 3.

Figure 6. The composition of irrigation waters and ground waters *a)* Profile S—1, ground water, *b)* Profile S—5, ground water. *c)* Profile S—7, ground water. *d)* The water of driven well 1—1. *e)* The water of driven well 1—2. *f)* Surface water.

Figure 7. The change in the amount of the exchangeable Na^+ due to the effect of irrigation in Solt. (Na^+ in the percentage of the S value.)

Balances des sels dans les sols situés entre le Danube et la Tisza II. Balances des sols irrigués

GY. VÁRALLYAY

Institut de Recherches de Pédologie et de Chimie Agricole de l'Académie des Sciences de Hongrie, Budapest

Résumé

1. Le but de notre travail a été d'établir les balances des sels pour un terrain caractéristique de la Hongrie, le pays entre le Danube et la Tisza, qui caractérisent d'une manière bien séparable l'influence direct et indirect de l'irrigation sur le régime des sels du sol.

2. Nous avons effectué nos recherches dans la partie moyenne du pays entre le Danube et la Tisza sur le sol caractéristique de la région: un sol de prairie de composition granulométrique moyenne, très calcaire, dans la période de 1961 à 1965. Sur ce terrain nous nous sommes servis pour l'irrigation en 1961, 1962 et 1963 de l'eau fortement salée (à NaCl) de deux puits forés.

3. Pour établir la balance des sels nous avons employé les méthodes dont nous nous sommes servis pour établir la balance des sels des sols de la région entre le Danube et la Tisza dans des conditions naturelles, sans irrigation [23]. Ainsi pendant la période de quatre ans nous avons établi pour les diverses périodes irriguées et non irriguées les profils

des sels des sols et nous avons établi les balances des sels globales des sols (rapportées à l'épaisseur de la couche du sol allant jusqu'au niveau de la nappe phréatique), ainsi que celles des divers horizons. Nous avons complété ces données par l'analyse quantitative de l'effet de certains facteurs ayant influence sur la balance des sels. Nous avons aussi réuni les profils et les balances des sels sous forme de diagrammes.

4. Nous avons établi que dans les conditions naturelles données ce sont trois facteurs qui ont une influence sur la balance des sels, notamment

a) les conditions des précipitations et de l'évaporation,

b) les conditions de la nappe phréatique,

c) les circonstances de l'irrigation (en premier lieu la salinité de l'eau servant à l'irrigation, la composition des sels et la quantité d'eau répandue).

Le rôle des conditions de la nappe phréatique est double:

a) empêchement de l'éluviation des sels donnés dans l'eau d'irrigation (détérioration des conditions de drainage du profil),

b) accumulation de la teneur en sels de l'eau de la nappe phréatique.

En suite de ces conditions, dans le terrain étudié du pays entre le Danube et la Tisza, se sont premièrement les eaux phréatiques salées, proches à la surface, à niveau oscillant irrégulièrement qui menacent d'alcalisation les sols, même aussi dans le cas de l'emploi des eaux fortement salines (surtout si l'eau d'irrigation n'est pas carbonatée-hydrocarbonatée, mais chlorurée).

5. Nos études ont prouvé que la balance des sels des sols du terrain mentionné en équilibre même envers des facteurs extérieurs (p. ex. salinité de l'eau d'irrigation, etc.). Les conditions de cet effet équilibrant sont:

a) la composition granulométrique légère du sol, bonnes conditions de drainage,

b) les conditions du régime hydrique du sol ne changent pas considérablement (ne détériorent pas) au cours de l'irrigation,

c) les conditions naturelles ne changent pas considérablement. Ces conditions établissent aussi le degré de l'effet compensateur. Nous avons établi que pendant les quatre années de l'expérience environ 10 à 14 t/ha de sels ont pu être emporté du sol par éluviation dans les conditions naturelles et agrotechniques données, en dépendance des circonstances du drainage des sols; ainsi l'irrigation a causé une accumulation des sels là où la quantité des sels ajoutée au sol a dépassé cette quantité.

6. En préparant des balances de sels pour l'analyse de l'effet probable des irrigations sur le régime des sels il faut donc prendre en considération un certain «pouvoir-tampon» du sol, qui dépend en premier lieu de l'altération des conditions de drainage du sol causée par l'irrigation.

7. Les conditions méthodiques de l'établissement des balances de sels analytiques sont les suivantes:

a) l'analyse par horizons génétiques de la couche de sol s'étendant jusqu'à la nappe phréatique, et même par couches plus minces (0—2—5—10—20 cm etc.) dans les horizons supérieurs du sol,

b) l'analyse des changements pendant un certain temps dans des périodes plutôt courtes,

c) l'analyse faite parallèlement du „contrôle” non irrigué,

d) l'analyse quantitative de la formation et des changements des facteurs ayant influence sur le régime des sels,

e) l'analyse quantitative détaillée et évaluation de l'effet des divers facteurs du régime des sels.

Nous sommes arrivés à certaines conclusions à partir de nos balances de sels par rapport à l'irrigation des sols en question:

a) Une condition indispensable de l'irrigation rationnelle c'est l'aménagement des eaux et le réglage de la nappe phréatique sur le terrain en question. La modération des oscillations de la nappe phréatique et son abaissement n'élimine pas seulement les effets nuisibles éventuels indirects des irrigations effectuées avec de hautes doses de l'eau de bonne qualité (accumulation de sels causée par l'élévation de la nappe phréatique), mais rend aussi possible l'éluviation des sels parvenus au sol avec les eaux d'irrigation dans le cas des sols dont les conditions de drainage sont convenables.

b) Dans des conditions favorables du sol (composition granulométrique légère, bon drainage naturel) et des conditions favorables quant à la nappe phréatique (nappe phréatique profonde, sans oscillations) l'on peut employer en certains cas (p. ex. avec des eaux du type NaCl) même des eaux à teneur en sels relativement haute sans l'enrichissement de la provision de sel du sol et le danger de l'alcalisation de la terre.

Tableau 1. Circonstances de l'expérience à Solt. (1) Date de l'irrigation. (2) Numéro du profil examiné. (3) Eau d'irrigation mm. (4) Plante de l'expérience. *a)* Dates des prises d'échantillons.

Tableau 2. Caractéristiques générales du profil du sol. (1) Numéro du profil et type du sol. (2) Horizon génétique. (3) Profondeur de la prise de l'échantillon cm. (4) Humus. (5) Azote total.

Tableau 3. Composition granulométrique des sols examinés. (1) Numéro du profil et profondeur de la prise de l'échantillon cm. (2) Hygroscopicité %. (3) Perte à l'acide chlorhydrique %. (4) Fraction granulométrique %; la grosseur des particules en mm. (5) Sable et argile physique.

Tableau 4. Cations échangeables des sols examinés. (1) Numéro du profil et profondeur de la prise d'essai cm.

Tableau 5. Teneur en sels des sols examinés. Données en tonnes/ha. (1) Numéro du profil. (2) Profondeur de la prise de l'échantillon. (3) Teneur en sels du sol.

Tableau 6. Précipitations tombées sur le terrain examiné en mm. (1) Période. (2) Somme totale annuelle. (3) Somme mensuelle. *a)* Précipitations tombées entre les prises d'essai. *b)* Évaporation dans le terrain examiné. (Évaporation mensuelle mm).

Tableau 7. Conditions de la nappe phréatique. (1) Numéro et date de la prise d'essai. *a)* Profondeur de la nappe phréatique cm. *b)* Effet de la nappe phréatique.

Tableau 8. Facteurs des balances des sels des sols examinés. (1) Période. (2) Quantité des sels au commencement et à la fin de la période d'observation. (3) Quotient de la régime des sels. (4) Facteurs de l'accroissement de la provision de sel—eau d'irrigation (quantité employée mm, sa salinité g/litre, quantité des sels répandus t/ha, quantité des sels provenant de l'eau d'irrigation t/ha et quantité totale des sels t/ha). (5) Eluviation. (6) Balance des sels. (7) Facteur de la régime des sels.

Fig. 1. Profils des sels de la coupe S—1 (mg équ/100 g de sol).

Fig. 2. Profils des sels de la coupe S—5 et S—7 (mg équ/100 g de sol).

Fig. 3. Balances de sels de la coupe S—1. *a)* balance globale tonnes/hectar, *b)* précipitations, *c)* moyenne de 50 années, *d)* effectifs, *e)* facteurs de la balance des sels, *f)* circulation en dedans du profil du sol, *g)* éluviation, *h)* quantité des sels répandus avec l'eau d'irrigation, *i)* quantité des sels accumulés provenant des eaux d'irrigation, *g)* nappe phréatique, *k)* niveau de l'effet de la nappe phréatique.

Fig. 4. Balances des sels de la coupe S—5. (Pour *a)*—*k)* voire la fig. 3.).

Fig. 5. Balances des sels de la coupe S—7. (Pour *a)*—*k)* voire la fig. 3.).

Fig. 6. Composition des eaux d'irrigation et des eaux souterraines à Solt. *a)* coupe S—1 nappe phréatique, *b)* coupe S—5 nappe phréatique, *c)* S—7 nappe phréatique, *d)* eau du puits foré 1—1, *e)* eau du puits foré 1—2, *f)* eau de surface.

Fig. 7. Changement de la quantité du Na échangeables sous l'effet de l'irrigation à Solt. (Na⁺ dans S%).

Солевой баланс почв междуречья Дуная и Тиссы II. Солевой баланс почв в условиях орошения

ДЬ. ВАРАЛЛЯИ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

Резюме

1. Цель наших настоящих исследований заключалась в составлении таких солевых балансов, для одной из наиболее характерной территории страны — междуречья Дуная и Тиссы, которые ясно и отчетливо показали бы прямое и косвенное влияние орошения на солевой режим почвы.

2. Изучение солевого баланса проводилось на средней части междуречья Дуная и Тиссы, на характерном почвенном типе района, а именно на сильно карбонатной луговой почве легкого механического состава, в период с 1961 по 1965 г. Орошение осуществлялось в 1961 1962 и 1963 годах сильно засоленной водой (NaCl) из двух трубчатых колодцев.

3. В ходе составления солевых балансов применяли те же методы, что и при составлении солевого баланса для почв в естественных условиях междуречья Дуная и

Тиссы. [23]. Составили солевой профиль почвы, глобальные (слой до зеркала грунтовых вод) и послонные солевые балансы, относящиеся к различным орошаемым и неорошаемым промежуткам времени четырехгодичного периода исследования. Все это было дополнено количественным анализом отдельных факторов, влияющих на солевой режим. Обобщили составленные солевые профили и солевые балансы в форме наглядных диаграмм.

4. Установили, что в данных природных условиях на солевой баланс почв в первую очередь влияют три фактора:

а) Условия выпадения осадков и испарения.

б) Условия грунтовых вод.

в) Условия орошения (в первую очередь содержание и состав солей в поливных водах и нормы полива).

Роль грунтовых вод двоякая:

а) Они препятствуют выщелачиванию солей, внесенных оросительными водами (ухудшение дренажных условий в почве).

б) Накопление солей в грунтовых водах. В результате этого на исследованных территориях междуречья Дуная и Тиссы, даже при орошении водами с очень высоким содержанием солей (особенно, если оросительные воды являются не карбонатно-гидрокарбонатными, а хлоридными), в первую очередь засоленные грунтовые воды, залегающие близко к поверхности и отличающиеся большим колебанием уровня залегания, угрожают засолением.

5. Наши исследования доказали, что солевой баланс почв упомянутой территории, который в естественных условиях находится в равновесии, является стабильным в противовес влиянию внешних воздействий (например содержание солей в оросительных водах) старается поддерживать это равновесие. Условия уравнивающего эффекта:

а) Легкий механический состав почвы и благоприятные дренажные условия.

б) Под влиянием орошения физические свойства почвы значительно не изменяются (не ухудшаются).

в) Естественные условия не изменяются в значительной степени. Эти условия определяют и размер уравнивающего эффекта. Установили, что за период исследования (4 года) в данных природных условиях и агротехнических обстоятельствах, в зависимости от дренажа может вымываться из почвы 10—14 т/га солей. Следовательно орошение вызывает накопление солей там, где количество солей, внесенное оросительными водами, превышает эту величину.

6. При составлении солевых балансов, определяющих ожидаемое влияние орошения на солевой режим почвы, необходимо учитывать определенную «буферную» способность почвы, которая в естественных условиях кроме солевого баланса зависит, в первую очередь, от изменения дренажных условий под влиянием орошения.

7. Методические предпосылки для составления подобных солевых балансов следующие:

а) Изучение почвенного профиля по генетическим горизонтам или в верхних горизонтах по более тонким слоям (0—2—5—10—20 см) до зеркала грунтовых вод.

б) Изучение изменений, происходящих за длительное время по отдельным периодам.

в) Параллельно проводить исследование неорошаемого контроля.

г) Количественное изучение образования и изменения факторов, влияющих на передвижение солей.

д) Подробный количественный анализ и оценка влияния отдельных факторов на передвижение солей.

8. На основе составленных солевых балансов сделали несколько практических выводов в связи с орошением вышеуказанных почв:

а) Для успешного орошения необходимым условием является урегулирование водной системы и грунтовых вод. Уменьшение колебания и снижение уровня грунтовых вод устраняет не только возможное косвенное вредное влияние орошения высокими поливными нормами вод хорошего качества (накопление солей вследствие повышения уровня грунтовых вод) но делает возможным при хорошем дренаже вымывание солей, вносимых в почву с поливной водой.

б) В определенных случаях (например, если тип оросительной воды NaCl) при благоприятных почвенных условиях (легком механическом составе, благоприятном дренаже и т. д.) и условиях грунтовых вод (глубокое залегание и постоянный уровень грунтовых вод) можно использовать оросительные воды с относительно

высоким содержанием солей, без опасения повышения содержания и в почве.

Табл. 1. Условия при исследовании в Шолт. (1) Время орошения. (2) Номер изученного разреза. (3) Поливные воды в мм. (4) Подопытное растение. а. время взятия образцов.

Табл. 2. Данные общего химического анализа почвенного разреза. (1) Номер разреза и тип почвы. (2) Генетический горизонт. (3) Глубина взятия образца в см. (4) Гумус в %. (5) Общий азот.

Табл. 3. Данные механического анализа. (1) Номер разреза и глубина взятия образцов в см. (2) Гигроскопическая влажность в %. (3) Потеря от обработки HCl в %. (4) Механические фракции в мм, % в пересчете на бескарбонатную навеску. (5) Физический песок и физическая глина.

Табл. 4. Данные анализа содержания обменных катионов. (1) Номер разреза и глубина взятия образцов в см.

Табл. 5. Запас солей в изученных почвах. Данные приводятся в тоннах на гектар. (1) Номер разреза. (2) Глубина взятия образцов в см. (3) Запас солей.

Табл. 6. Количество осадков для исследованной территории в мм. (1) Время года. (2) Всего за год. (3) Среднемесячное количество осадков. а) Условия осадков в периоды между взятием образцов. в) Данные по испарению, относящиеся к изученной территории (среднемесячные данные в мм).

Табл. 7. Почвенные условия изученной территории. (1) Номер взятого образца и время года. а) Глубина залегания уровня грунтовых вод в см. б) Влияние грунтовых вод в см.

Табл. 8. Факторы, влияющие на солевой баланс исследованных почв. (1) Время года. (2) Солевой профиль почв в начале и конце наблюдаемого периода. (3) Частное передвижение солей. (4) Факторы, увеличивающие содержание солей: поливная вода (норма полива в мм, содержание солей в г/л, внесенные соли в т/га, количество солей, происходящих из грунтовых вод в т/га, общее количество солей в т/га.). (5) Выщелачивание. (6) Солевой баланс. (7) Факторы солевого баланса.

Рис. 1. Солевой профиль разреза S—1. (в мг. экв./100 г почвы).

Рис. 2. Солевой профиль разреза S—5 и S—7. (в мг. экв./100 г почвы).

Рис. 3. Солевой баланс разреза S—1. а) глобальный солевой баланс в тоннах на гектар., б) условия выпадения осадков, в) среднее за 50 лет, д) фактическое, е) факторы солевого баланса, ф) движение солей по почвенному профилю, г) выщелачивание, h) количество солей, внесенное в почву с поливными водами, и) количество солей, полученное почвой из грунтовых вод, j) уровень залегания грунтовых вод, к) зона влияния грунтовых вод.

Рис. 4. Солевой баланс разреза S—5. С (а) до (к) смотри объяснение к рисунку 3.

Рис. 5. Солевой профиль разреза S—7. С (а) до (к) смотри объяснение к рисунку 3.

Рис. 6. Состав поливных и грунтовых вод в Шолт. а) грунтовые воды разреза S—1, б) грунтовые воды разреза S—5, в) грунтовые воды разреза S—7, д) вода из 1—1 трубчатого колодца, е) воды из 1—2 трубчатого колодца, ф) поверхностны воды.

Рис. 7. Изменение содержания обменного натрия под влиянием орошения. (Na⁺ в % от «S»).