

A dunavölgyi talajok sófelhalmozódási folyamatai

VÁRALLYAY GYÖRGY

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Hazánkban a Hortobágyvidék, a Körösök melléke és a Tisza-Zagyvaszög mellett egyik legnagyobb kiterjedésű szikes terület a Duna—Tisza közén található. A Duna—Tisza közti szikesek nagyobb hányada a Dunavölgyben helyezkedik el, s alkot itt igen nagy összefüggő területeket. A dunavölgyi szikesek keletkezésének és igen kis termékenységének elsődleges oka azok nagy, vízben oldható sótartalma, jelentős NaHCO_3 és Na_2CO_3 készlete. Ez közvetlenül — fiziológiailag — és közvetve — a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak rontásával — egyaránt igen korlátozza e talajok eredményes mezőgazdasági hasznosításának lehetőségeit. Világos tehát, hogy mind talajgenetikai, mind talajhasznosítási szempontból különös jelentőségű a dunavölgyi talajokban végbemenő sófelhalmozódási folyamatok tisztázása.

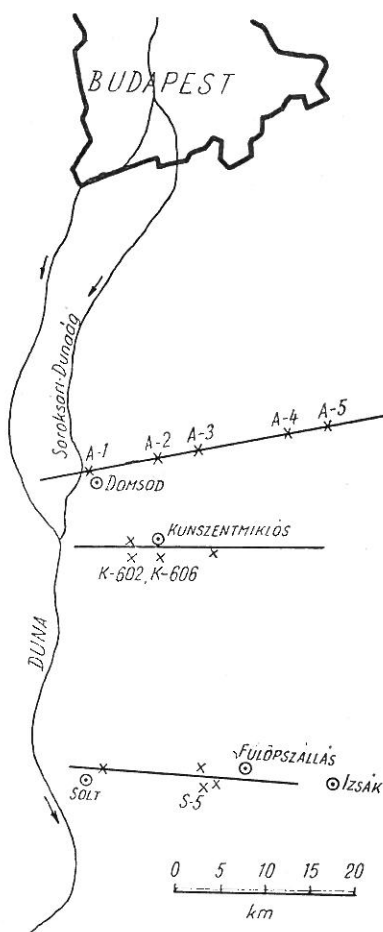
A Duna—Tisza közti szikes talajokra vonatkozóan TREITZ [23] már a századforduló táján közölt leírást, agrogeológiai elemzést, s rámutatott a hidrológiai viszonyok megkülönböztetett szerepére azok kialakulásában. Ez az irányvonal érvényesült — igaz gyakran különböző, sőt ellentétes megvilágításban — TIMKÓ [22], SCHERF [14] és ROHRINGER [11] munkáiban is. HERKE [2, 3] elsősorban a hajdani Duna-árvizek visszamaradó pangóvizeinek ismétlődő bepárlódásait tartja fontos sófelhalmozódási folyamatnak, bár a felszínalatti vizek sóforráskénti szerepét is ismételten hangsúlyozza. A Duna—Tisza közti szikesek keletkezését felszíni, vagy felszínalatti vizek hatására visszavezető elképzelések mellett olyan nézettel is találkozhatunk [1], amely szerint a szóbanforgó területen a szoloncsákokból másodlagosan alakultak ki a szolonyecek, miközben ezekre vékony, sómentes üledék rakódott. A hazai kutatások azonban ezt az adatokkal alá nem támasztott, s elsősorban más szikes területekre vonatkozó eredményekre alapozott teóriát nem igazolták, ellenkezőleg cáfolják azt [28].

Az utóbbi években a modern genetikus talajtan elvei egyre inkább érvényesültek a Duna—Tisza közti talajok képződési folyamatainak tisztázására irányuló kutatásokban is. Ezt bizonyítja JASSÓNAK [4] a réti öntéstalajokra, SZŰCSNEK [21] a dunavölgyi réti csernozjomokra és csernozjomokra vonatkozó közleménye, valamint a szóbanforgó terület szikes talajainak keletkezésével kapcsolatban SZABOLCS & JASSÓ [19], SZEKRÉNYI [20] és VÁRALLYAY [27] munkái. Jelen közleményünkben a Dunavölgy természeti viszonyainak elemzése, valamint több éves talajgenetikai és sóforgalomvizsgálataink [25, 26, 27] eredményei alapján néhány adattal és néhány következtetéssel kívánunk hozzájárulni a dunavölgyi talajokban végbement és végbemenő sófelhalmozódási folyamatok alaposabb megismeréséhez, s ezen keresztül a dunavölgyi szikes talajok képződésének tisztázásához.

I. A Dunavölgy természeti viszonyai

A Dunavölgy Magyarország „Alföld” természeti nagytájának egy jellegzetes részét, a Duna—Tisza köz nyugati részén elhelyezkedő, mintegy 3000 km² kiterjedésű Csepel—Solt—Baja-i síkság (1. ábra). A terület, amelynek nyugati határát élesen vonja meg a Duna, s amelynek legnagyobb szélessége Solt—Fülöpszállás—Kecel vonalában a 30 km-t is eléri, északon és délen (Budapest és Baja vonalában) 1—2 km-nyire szűkülve érintkezik a Pesti-síksággal, illetve a Bácskai löszháttal, míg kelet felé újszerű nyúlványokkal ölelkezve megy át a Duna—Tisza köz homokhátság területére [10, 16].

A terület geológiai felépítése és geomorfológiai képe közvetlenül (mint sóforrás és mint a talajképződés alapanyaga) és közvetve (hidrológiai viszonyok befolyásolásán keresztül) egyaránt nagymértékben befolyásolja a sófelhalmozódási folyamatokat.



1. ábra
A vizsgált szelvények földrajzi elhelyezkedése

Mint sóforrás kisebb jelentősége van a kristályos variszkuszi tönk kis sótartalmú, hidrokarbonátos, gázokkal telített, forró juvenilis vizeinek; a mezozoos mészkő és dolomitrétegek nagy alkáliföldfémhidrokarbonát-tartalmú karsztvizeinek és karszthévízeinek; a vastag agyagos-márgás oligocén rétegek csekélyebb, és a jó víztároló miocén üledékek igen tekintélyes jódos-NaCl-os telepvízkészletének, valamint az erősen konyhasós pannon rétegvizeknek. Az agyagos, vízzáró pannon üledékek ugyanis több száz méteres vastagságot is elérő rétegösszleteikkel hatalmas záróréteggként bélelték ki az egész medencét, s szigetelték el — a későbbi törésvonalaktól eltekintve — az idősebb és fiatalabb rétegsorokat, illetve azok vizét [16]. Ezeken a törésvonalakon keresztül felszivárogva azonban a NaCl-os miocén telepvizek és különösen az alsópannon rétegvizek helyenként jelentősen gazdagítják a pannon feletti egységes vízrendszer sókészletét [13]. Fentiekkel magyarázható pl. néhány Solt környéki csókkút 20—25 m mélységből származó 5—6 g/liter sótartalmú vizeinek NaCl-os összetétele, stb. [26, 27].

A táj legfontosabb természetalkító tényezője a pliocén végétől kezdve a Duna volt, amely a pleisztocénban és a holocénban ismételtelen hatalmas törmelékűpokat épített, majd szakaszjelleg változásait követő bevágódásokkal újra meg újra tagoltta szabdalta azokat. Közben ÉNy→DK-i folyásiránya fokozatosan szorult a mai Duna-meder által kijelölt É→D-i irányba [10].

A tektonikai törésvonalaktól eltekintve összefüggő vízzáró réteget képező pannon feketét — ennek megfelelően — igen változatos vastagságú, rétegezett-ségű és szemcseösszetételű, karbonátos Duna-üledékek borítják. Az eolikus akkumuláció igen ritka, s még a magasabb térszínre leülepedett löszrétegek kialakulásánál is kimutatható a folyóvizek akkumulációs, vagy denudációs tevékenységének a nyoma [16].

Ezek a főként fluviatilis üledékek képezték a Dunavölgyben a talajképződés alapanyagát és ezek az 50—100 m vastag folyóvízi üledéksorok tárolják a Dunavölgy igen gazdag réteg- és talajvízkészletét. Összefüggő víztartó- és vízzáró-rétegek nincsenek e tekintélyes rétegösszletben, a kavicsos, murvás, homokos víztartó rétegeket elválasztó vízzáró iszap és agyagcsikok igen különböző mélységben helyezkednek el, nem összefüggőek, vékonyak, kiékelődőek, lencsés településűek: az egész rétegösszlet egy egységes, összefüggő vízrendszert képez[12].

Hogy ez az egységes talajvízgyűjtő-rendszer területileg pontosan milyen kiterjedésű, az ma még nem teljesen tisztázott. Kutatásaink azonban UBELL [24] álláspontjával szemben RÓNAI [12] véleményét látszanak igazolni, amely szerint a Dunavölgy felszínalatti vízkészletének fő táplálója nem a helyben hullott, hanem a nagykiterjedésű peremi vízgyűjtőkre hulló csapadékvíz. A beszívargó vizek a vízzáró rétegek felszínalatti lejtőin hidrosztatikusan nyomulnak a 90—100 m tengerszint feletti magasságú medence felé. Elősegítik ezt a mozgást a peremrészek, illetve a medence vízháztartásában tapasztalható különbségek (talajvízpárolgás < talajvíztáplálás → vízfelesleg, illetve talajvízpárolgás > talajvíztáplálás → vízhiány) is, amelyek horizontális áramlással igyekeznek kiegyenlítődni [6].

A Dunavölgyben az igen kis esés miatt mintegy 40 km hosszban és 6—10 km szélességben (Apaj-Kunszentmiklós-Fülöpszállás vonalában) a talajvízáramlás nagyon lelassul, az idetartó felszínalatti vizek megtorlódnak, felhalmozódnak, „pangó” talajvíz keletkezik [11, 12]. Ez a pangó talajvíz, különösen azokon a részeken, ahol kis terepalatti mélysége miatt lehetőség van fokozott párolgására, fokozatosan töményedik, s nátriumhidrokarbonátos sótartalma gyakran igen jelentős. A Dunavölgyben ennek megfelelően többnyire szoros negatív korreláció tapasztalható a talajvízszint mélysége, illetve a talajvíz sótartalma között (1. táblázat), s néhány méteres nagyobb sótartalmú talajvízréteg alatt rendszerint kevésbé sós vizek találhatók [13].

A talajvízszint átlagos mélysége a Dunavölgyben általában 1—3 m. A Dömsöd-Bugyi-Tatárszentgyörgy-Kunszentmiklós közötti és a Fülöpszállás—Kiskőrös közötti nagy laposokon 1—2 m, az ezt övező területeken 2—3 m, a Dunát kísérő felsankolt parti sáv alatt 3—4 m, a Hátságperemek alatt 3—5 m [12]. Az ún. „kritikus talajvízszint” 2 m körül van. A talajvízszint évi ingadozása általában 50—150 cm, a hátságperemeken azonban ennél jóval nagyobb (2—3 m), ami a Dunavölgy felé irányuló jelentős talajvízáramlásra utal [12].

A terület évi átlagos csapadékmennyisége 550—600 mm, s ezt a 680—700 mm-es potenciális evapotranspiráció jelentősen felülmúlja. Az évi vízhiány 125—150 mm, s különösen a nyári hónapokban jelentkezik igen élesen [29].

1. táblázat

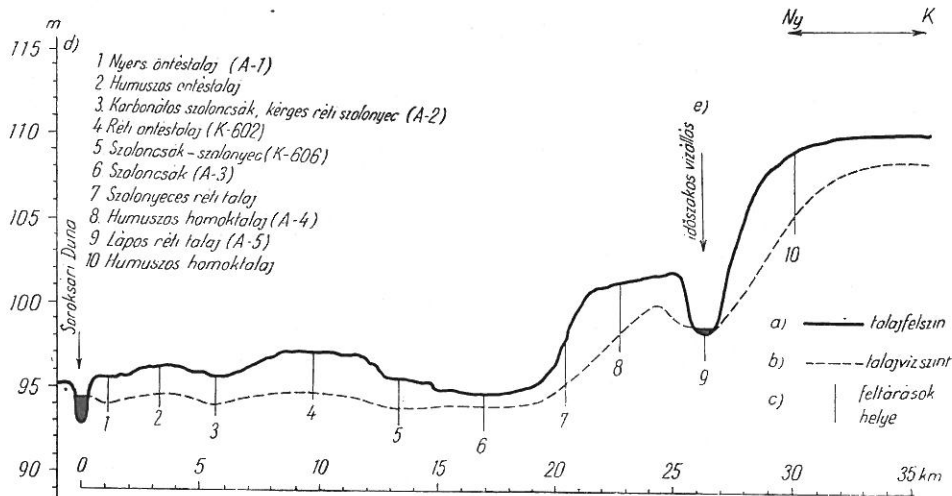
Összefüggés a talajok térszíni elhelyezkedése, a talajtípus, a talajvízszint
 átlagos terepalatti mélysége és a talajvíz kémiai összetétele között a
 Dunavölgyben

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Talajtípus	Tengerszint feletti magasság m	A talajvíz terepalatti átlagos mélysége m	A talajvíz sótartalma g/liter	A talajvíz kémiai összetétele (víztípus)
a) Nyers öntés	94—97	2—2,5	0,3—0,5	Ca—HCO ₃
b) Réti csernozjom	97—100	3—4	1,0—2,0	Na(Ca)— HCO ₃ (Cl)
c) Réti öntés, réti talaj	95—97	2—3	1,0—2,0	Na—HCO ₃
d) Szoloncsák-szolonyc	94—95	1—2	2,0—5,0	Na—HCO ₃
e) Karbonátos szolonyc	94—95	1—2	2,0—5,0	Na—HCO ₃
f) Szoloncsák	93—94	0,5—1,2	5,0—10,0	Na—HCO ₃

II. A Dunavölgy talajviszonyai

A Dunavölgy talajtípusainak elhelyezkedése szoros összefüggést mutat egyrészt a Dunától való távolsággal (a Duna árvizeinek hatása alól való felszabadulás óta eltelt idővel), másrészt a talajvízszint terepalatti mélységével (talajvíz hatásának mélysége, gyakorisága, időtartama, intenzitása), ami viszont többnyire a térszíni viszonyok függvénye (2. ábra).

Fentieknek megfelelően a Dunától távolodva nyers öntéseket humuszos öntések, réti öntéstalajok, majd réti talajok váltják fel attól függően,



2. ábra

Összefüggés a talajok térszíni elhelyezkedése, a talajvízszint terepalatti mélysége és a talaj genetikai típusa között a Dunavölgyben

hogy mennyi ideje érvényesül azok fejlődésében a réti talajképződési folyamat. A térszíni elemeken való elhelyezkedés tekintetében ugyanakkor a talajok ún. „hidromorf”-sora figyelhető meg, s a mélyebb fekvésű részek felől a magasabb fekvésű területek felé haladva láptalajok, lápos réti talajok, réti talajok, réti csernozjomok és csernozjomok követik egymást aszerint, hogy a talajok hidromorf vonásai mennyire kifejezettek, kialakulásuk során milyen mértékben hatottak a talajvízviszonyok. További változatosságot eredményez a talajviszonyokban a szoloncsások, szoloncsák-szolonyecek és szoloncsákos, karbonátos réti szolonyecek megjelenése.

A-1 szelvény

Talajtípus: Nyers Duna-öntés.

1	0—20	Fakóbarna, laza, gyengén morzsás, iszapos homok.
2	20—80	Szürkésbarna, gyengén morzsás, homokos iszap. 60 cm-től vasszíneződés.
3	80—130	Barnásszürke iszapos homok. Sok vasszíneződés.
4	130—160	Szürke iszap.
5	160—250	Szürke iszapos homok.

Talajvíz: 165 cm.

A-2 szelvény

Talajtípus: Szoloncsákos, karbonátos, kérges réti szolonyec — karbonátos Duna-öntés alapkőzeten.

A	0—2	Fakószürke, elporosodó szerkezetű gypszint.
B ₁	2—11	Barnásszürke, erősen tömődött, oszlopos szerkezetű vályog.
B ₂	11—26	Barnásszürke, kevésbé tömődött, prizmás szerkezetű vályog.
B _k	26—43	Fehéresszürke, tömődött, lemezes-prizmás szerkezetű iszapos vályog. Mészakkumulációs szint.
C	43—95	Sárga iszapos homok. 75 cm-től enyhe vasszíneződés.
	95—200	Sárgásszürke iszapos homok. Vasszíneződés.
	200—	Szürke, omlós durva homok.

Talajvíz: 180 cm.

A-3 szelvény

Talajtípus: Szoloncsák — karbonátos Duna-öntés alapkőzeten.

A	0—12	Egérszürke, szerkezet nélküli homokos iszap.
B ₁	12—30	Világosszürke, prizmás szerkezetű iszapos vályog.
B _k	30—52	Fehéresszürke, prizmás szerkezetű vályogos iszap. Mészakkumulációs szint.
C	52—110	Szürke, gyengén iszapos homok. Lejjebb lazán omló, folyós homok.

Talajvíz: 64 cm.

A-4 szelvény

Talajtípus: Humuszos homoktalaj — Duna öntéshomokon.

A _{sz}	0—13	Szürkésbarna laza homok.
A	13—28	Szürkésbarna, kissé tömődött homok.
B ₁	28—60	Világosbarna, enyhén morzsás, tömődött homok. 50 cm-től vasszíneződés.
B ₂	60—80	Világosbarna, laza homok.
B _k	80—100	Szürkésfehér, erősen tömődött homokos iszap. Mészakkumulációs szint. Enyhe vasszíneződés.
C	100—130	Sárga, enyhén tömődött iszapos homok. Vasszíneződés.

Talajvíz: 280 cm.

A-5 szelvény

Talajtípus: Lápos réti talaj közepes humuszszinttel — karbonátos Duna-öntés alapkőzeten.

A _{gy}	0—6	Fekete kotus vályog.
A	6—37	Fekete, laza, homokos iszap.
B	37—55	Szürke homokos agyag.
B _k	55—75	Világosszürke iszapos homok. Mészakkumulációs szint.
C	75—100	Barnásszürke omlós durva homok.

Talajvíz: 75 cm.

K-602. szelvény

Talajtípus: Réti öntéstalaj közepes humuszszinttel — erősen karbonátos Duna-öntés alapkőzeten.

A	0—18	Sötét szürkésbarna, morzsás vályog.
B	18—36	Sötét szürkésbarna, kitűnően morzsás vályog.
B _k	36—62	Szürkésárga, prizmás szerkezetű homokos vályog. Gyenge mészakumulációs szint.
C	62—80	Sárga, omlós homok.
	80—114	Sárgásszürke, omlós durva homok. Vasszíneződés.
	114—130	Szürkésárga iszapos homok. Vasszíneződés.
	130—240	Sárgásszürke omlós durva homok.

Talajvíz: 230 cm.

K-606. szelvény

Talajtípus: Szoloncsák-szolonyec — karbonátos Duna-öntés alapkőzeten.

A	0—15	Barnásszürke, prizmás-lemezes szerkezetű homokos vályog.
B ₁	15—35	Világosszürke, erősen tömődött, enyhén oszlopos szerkezetű vályog-agyagos vályog.
B ₂	35—47	Sárgásszürke, apróprizmás szerkezetű vályog.
B _k	47—64	Sárgásszürke, tömődött, prizmás szerkezetű iszapos vályog. Mészakkumulációs szint.
C	64—88	Szürkésárga, kissé tömődött homokos vályog.
	88—120	Szürke omlós homok. Vasszíneződés.

Talajvíz: 190 cm.

S-5. szelvény

Talajtípus: Réti talaj közepes humuszszinttel — karbonátos Duna-öntés alapkőzeten.

A	0—20	Barnásszürke, morzsás vályog, homokos vályog.
B	20—34	Sárgásbarna, morzsás, gyengén tömődött homokos vályog.
B _k	34—46	Világossárga, tömődött, gyengén iszapos homok. Enyhe mészakumulációs szint.
C	46—66	Sárga homok.
	66—80	Szürkésárga, omlós durva homok.
	80—110	Sárga, laza homok. Vasszíneződés.
	110—170	Sárgásszürke omlós durva homok. Vasszíneződés.
	170—200	Sárgásszürke iszapos homok. Enyhe vasszíneződés.
	200—230	Sárga, omlós homok. Vasszíneződés.
	230—	Szürke, omlós („fosó”) durva homok.

Talajvíz: 220 cm.

Legnagyobb kiterjedésben a terület északi részén réti öntéstalajok és szoloncsák-szolonyecok, a terület középső részén réti talajok és szoloncsák-szolonyecok fordulnak elő. A Duna jelenkori árterein nyers öntések, a régebben ármentesített területsávon humuszos öntések, a magasabb részeken réti csernozjomok, mélyebb fekvésben szoloncsákok és lápos réti talajok találhatóak, míg a Duna—Tisza közti homokhátság felé csernozjom típusú homok-

2. táblázat

A talajok általános vizsgálati adatai

(1) Szelvény száma, talaj típusa	(2) Genetikai szint		(3) Mintavétel cm	pH		CaCO ₃ %	(4) Humusz %
	jеле	cm		víz	nKCl		
A-1 Nyers öntés	1	0—20	0—20	7,97	7,13	22,28	1,62
	2	20—80	20—50	8,03	7,48	21,85	1,78
			50—80	7,98	7,75	22,07	0,92
	3	80—130	80—100	8,11	7,72	19,28	
100—130			8,18	7,86	17,14		
4	130—160	130—160	8,21	7,76	18,42		
A-2 Szoloncsákos, kérges réti szolonyec	A	0—2	0—2	7,53	6,87	6,32	3,52
	B ₁	2—11	2—11	8,65	7,17	9,69	2,36
	B ₂	11—26	11—26	9,42	8,88	26,54	1,27
	B _k	26—43	26—43	9,27	8,75	48,46	0,48
	C	43—95	43—70	9,88	8,72	26,54	
			70—95	8,95	8,38	24,44	
			95—	95—120	8,98	8,12	31,60
		120—150	8,88	8,20	24,01		
A-3 Szoloncsák	A	0—12	0—12	9,12	8,89	9,72	0,80
	B	12—30	12—30	9,03	8,72	19,87	0,36
	B _k	30—52	30—40	9,21	8,37	29,60	0,35
			40—50	8,91	8,21	31,71	
	C	52—110	50—70	9,06	8,57	20,29	
			70—100	9,11	8,57	19,87	
		100—130	8,83	8,46	18,60		
		130—160	9,02	8,38	15,64		
A-4 Humuszos homoktalaj	A _{sz}	0—13	0—13	7,52	7,12	10,64	1,67
	A	13—28	13—28	7,55	6,93	9,79	1,55
	B ₁	28—60	28—45	7,68	7,51	14,04	0,80
			45—60	8,04	7,69	18,73	0,83
	B ₂	60—80	60—80	8,18	7,72	19,15	0,69
	B _k	80—100	80—100	8,23	7,54	44,69	
	C	100—	100—130	8,07	7,43	28,59	
			130—160	8,03	7,55	25,54	
A-5 Lúpos réti talaj	A _{gy}	0—6	0—6	7,17	6,26	—	20,40
	A _e	6—37	6—20	8,38	7,83	0,85	9,82
			20—37	8,62	7,95	2,12	4,47
	B	37—55	37—55	8,66	7,07	7,66	3,84
	B _k	55—75	55—75	8,62	7,14	19,15	1,04
	C	75—	75—100	8,48	7,52	7,23	
		100—130	8,78	7,65	6,81		
K-602 Réti öntéstalaj	A	0—18	5—15	8,33	7,91	17,67	2,64
	B	18—36	25—35	8,39	7,85	25,07	1,64
	B _k	36—62	45—55	8,46	7,94	40,69	0,82
			62—80	8,67	8,13	34,11	0,35
	C	80—114	80—90	8,77	8,10	28,77	
			100—110	8,81	8,12	29,59	
			120—130	8,77	8,17	29,13	
			130—	150—160	8,55	8,16	28,50

2. táblázat folytatása

(1) Szelvény száma, talaj típusa	(2) Genetikai szint		(3) Mintavétel cm	pH		CaCO %	(4) Humusz %
	jele	cm		víz	nKCl		
K—606 Szoloncsák- szolonyec	A	0—15	5—15	9,10	8,29	18,90	1,75
	B ₁	15—35	20—30	9,28	8,39	12,39	1,21
	B ₂	35—47	35—45	9,32	8,43	23,52	0,25
	B _k	47—64	50—60	9,07	8,13	39,69	0,33
	C	64—88	70—80	8,91	8,13	34,65	0,35
		88—120 120—	100—110 130—140	8,89 8,97	7,85 7,68	25,20 28,77	
S—5 Réti talaj	A	0—20	0—20	7,80	7,30	13,46	3,22
	B	20—34	20—34	7,90	7,28	34,78	1,01
	B _k	34—66	34—46	8,05	7,55	37,27	0,92
			46—66	8,40	8,18	39,46	0,63
	C	66—80	66—80	8,45	8,10	32,48	
		80—	80—110	8,84	8,42	32,06	
		110—140 140—170	8,88 8,90	8,45 8,45	29,44 32,06		

talajok a Bácskai löszhát felé réti csernozjomok és csernozjomok képeznek fokozatos átmenetet.

A továbbiakban bemutatjuk a Dunavölgy legfontosabb talajtípusainak morfológiai leírását (szelvény leírások), alapvizsgálati adatait (2. táblázat), mechanikai összetételét (3. táblázat), sóprofiljait (3. ábra), kicserélhető kationjainak összetételét (4. táblázat), valamint néhány dunavölgyi felszíni víz és talajvíz kémiai összetételét (4. ábra).

A vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a talajok közös jellegzetességei a lúgos kémhatás, a nagy karbonáttartalom (2. táblázat), a könnyű mechanikai összetétel (3. táblázat) és az A—B—B_k—C szelvényfelépítés (kivéve a nyers öntéseket).

A réti öntés és réti talajok vízben oldható sótartalma csekély (< 2,5 mgeé/100 g talaj). A talajszelvényben lefelé egyre lúgosabb a kémhatás, az alkáliföldfémhidrokarbonátok oldékonysága visszaszorul, tehát a sótartalom fokozatosan NaHCO₃ típusúvá válik (3. ábra).

A szoloncsákok sóprofiljában a felszínen, a szoloncsák-szolonyecek és szoloncsákos szolonyecek sóprofiljában a B₂ szintben (20—30 cm mélységben) figyelhető meg a maximum: 25—35, illetve 6—10 mgeé. A vízben oldható só-készletet az erősen lúgos kémhatás (pH 9—10) miatt úgyszólván kizárólag nátriumsók, főleg NaHCO₃ és szóda alkotja. A felszíni sókivirágzásokban figyelemre méltó a NaCl mennyisége is (3. ábra).

A szikes talajok Na⁺ telítettsége igen nagy (a B-szintben gyakran az S-érték 50%-át, a szoloncsákok felszínén 60%-át is meghaladja a kicserélhető Na⁺ mennyisége). A többi talajokban a kicserélhető Ca²⁺ mellett (a kis vízben oldható Mg-só tartalom ellenére) figyelemre méltó a Mg²⁺ mennyisége is, elsősorban az időszakos vízhatás alatt álló mélyebb talajrétegekben (4. táblázat).

A különböző dunavölgyi talajtípusok alatti talajvizek összetételét a 4. ábrán mutatjuk be, az 1. táblázatban pedig a talajtípus, a térszíni fekvés, a talajvízmélység és a talajvízösszetétel között tapasztalható összefüggést foglaltuk össze.

3. táblázat

A vizsgált talajok mechanikai összetétele %-ban

(1) Szelvény száma	(2) Mintavétel mélysége cm	(3) Sósavas 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	homok	agyag
A-1	0—20	24,46	0,09	39,42	19,43	3,64	3,51	9,45	58,94	16,60
	20—50	25,39	0,20	32,47	22,35	6,87	1,94	10,78	55,02	19,59
	50—80	27,13	0,02	31,72	23,48	3,38	4,77	9,50	55,22	17,65
	80—100	28,27	0,01	34,68	20,29	4,66	2,97	9,12	54,98	16,75
	100—130	26,48	0,05	47,32	12,84	3,85	2,55	6,91	60,21	12,31
	130—160	29,44	0,03	24,74	27,32	2,97	4,99	10,51	52,09	18,47
A-2	0—2	10,68	0,11	19,97	39,29	5,51	6,45	15,99	61,37	27,95
	2—11	15,87	0,11	18,89	33,71	6,52	7,07	17,83	52,71	31,42
	11—26	21,92	0,05	23,86	24,90	4,92	6,37	17,98	48,81	29,27
	26—43	51,76	0,02	9,24	20,48	3,79	3,52	11,19	29,74	18,50
	43—70	32,42	0,00	18,27	35,69	3,03	3,58	7,11	53,86	13,72
	70—95	29,78	0,01	30,74	28,94	3,60	2,19	5,14	59,29	10,93
	95—120	35,95	0,00	5,33	42,82	3,99	4,95	6,96	48,15	15,90
	120—150	28,56	0,40	22,56	34,65	4,15	3,87	5,81	57,61	13,83
A-3	0—12	13,53	9,95	33,57	21,45	2,98	1,32	17,24	64,93	21,54
	12—30	25,33	7,25	31,42	11,70	2,15	5,83	16,32	50,37	24,30
	30—40	33,85	7,17	29,32	9,97	3,21	3,94	12,54	46,46	19,69
	40—50	26,05	7,38	44,10	8,57	2,58	3,00	8,32	60,05	13,90
	50—70	25,80	23,25	41,91	3,60	0,61	1,22	3,61	68,76	5,44
	70—100	22,98	32,21	36,45	3,86	1,07	0,81	2,72	72,42	4,60
	100—130	17,85	39,00	37,65	2,14	0,57	1,03	1,76	78,79	3,36
	130—160	17,94	36,37	39,57	2,95	0,99	0,15	2,03	78,89	3,17
A-4	0—13	9,70	11,78	69,41	3,25	0,31	1,31	4,24	84,44	5,86
	13—28	9,44	18,70	62,14	3,56	0,15	0,31	5,70	84,48	6,16
	28—45	17,08	10,90	57,34	4,70	1,81	2,46	5,71	72,99	9,98
	45—60	24,89	8,83	40,46	7,17	2,36	3,14	13,15	56,46	18,65
	60—80	23,36	9,37	45,48	7,84	1,12	2,32	10,51	62,69	13,95
	80—100	46,75	5,57	24,48	9,82	2,08	1,93	9,37	39,87	13,18
	100—130	31,54	4,15	34,89	15,82	2,58	3,76	6,46	55,66	12,80
	130—160	30,36	14,71	37,86	10,20	2,87	1,54	4,45	60,78	8,86
A-5	0—6	2,14	22,70	30,07	14,23	4,25	8,46	18,15	67,00	30,86
	6—20	1,90	17,85	38,60	10,43	2,78	9,83	18,61	66,88	31,22
	20—37	3,02	17,15	38,67	9,04	2,63	7,67	21,82	64,86	32,12
	37—55	8,74	26,39	30,75	6,84	1,17	6,12	19,99	63,98	27,28
	55—75	22,30	22,19	34,04	3,98	3,48	1,90	12,11	60,21	17,49
	75—100	9,10	62,30	21,33	2,19	0,15	1,00	3,95	85,80	5,10
	100—130	6,24	57,58	26,78	2,91	0,65	0,50	5,34	87,27	6,49
K-602	5—15	17,84	1,20	19,68	25,95	5,98	8,88	20,55	46,83	35,33
	25—35	29,93	0,61	13,08	23,21	5,76	8,07	19,34	36,90	33,17
	45—55	44,96	0,26	7,86	22,82	3,83	6,77	13,50	30,94	24,10
	65—75	35,32	0,02	18,82	32,52	3,71	5,51	4,10	51,36	13,32
	80—90	31,65	0,07	19,16	33,74	4,15	4,22	7,01	52,97	15,38
	100—110	32,55	0,21	17,88	33,82	4,15	4,11	7,28	41,91	15,54
	120—130	30,20	0,13	27,34	29,46	3,87	2,43	6,57	56,93	12,87
	150—160	28,65	4,30	46,80	13,28	1,29	0,55	5,13	64,38	6,97

3. táblázat folytatása

(1) Szelvény száma	(2) Mintavétel mélysége cm	(3) Sósavas veszté- 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	homok	agyag
K-606	5—15	19,44	0,14	4,18	29,91	11,08	14,21	21,04	34,23	46,33
	20—30	20,95	0,26	6,92	24,94	9,51	13,66	23,76	32,12	46,93
	35—45	26,79	0,18	9,75	20,88	7,09	11,26	24,05	30,81	42,40
	50—60	41,76	0,07	8,22	18,32	5,57	7,71	18,35	26,61	31,63
	70—80	36,86	0,06	11,92	27,39	5,89	4,65	13,23	39,37	23,77
	100—110	27,89	0,14	41,63	19,85	1,36	1,77	7,36	61,62	10,49
	130—140	30,96	0,10	24,35	33,06	2,71	2,22	6,70	57,51	11,53
S-5	0—20	16,84	1,08	29,35	23,34	4,61	6,84	17,94	53,77	29,39
	20—34	36,69	0,21	15,75	23,04	2,78	6,68	14,95	39,00	24,31
	34—46	42,69	0,03	21,71	21,40	2,96	3,73	7,48	43,14	14,17
	46—66	30,59	0,08	40,89	20,16	2,26	2,10	3,92	61,13	8,28
	66—80	28,11	0,07	37,42	25,20	1,91	4,03	3,26	62,69	9,20
	80—110	31,73	0,14	36,93	21,83	2,38	3,72	3,27	58,90	9,37
	110—140	28,58	0,27	52,49	12,60	1,92	2,11	2,03	65,36	6,06
	140—170	32,49	0,16	34,45	24,42	2,11	3,91	2,46	59,03	8,48

III. Talajképződési folyamatok a Dunavölgyben

A Dunavölgyben csak a Duna ismétlődő árvizeinek és üledékborításainak megszűnése után indulhattak meg a talajképződési folyamatok. Ezek közül döntően két folyamat érvényesült:

1. réti talajképződés,
2. sófelhalmozódás, szikképződés.

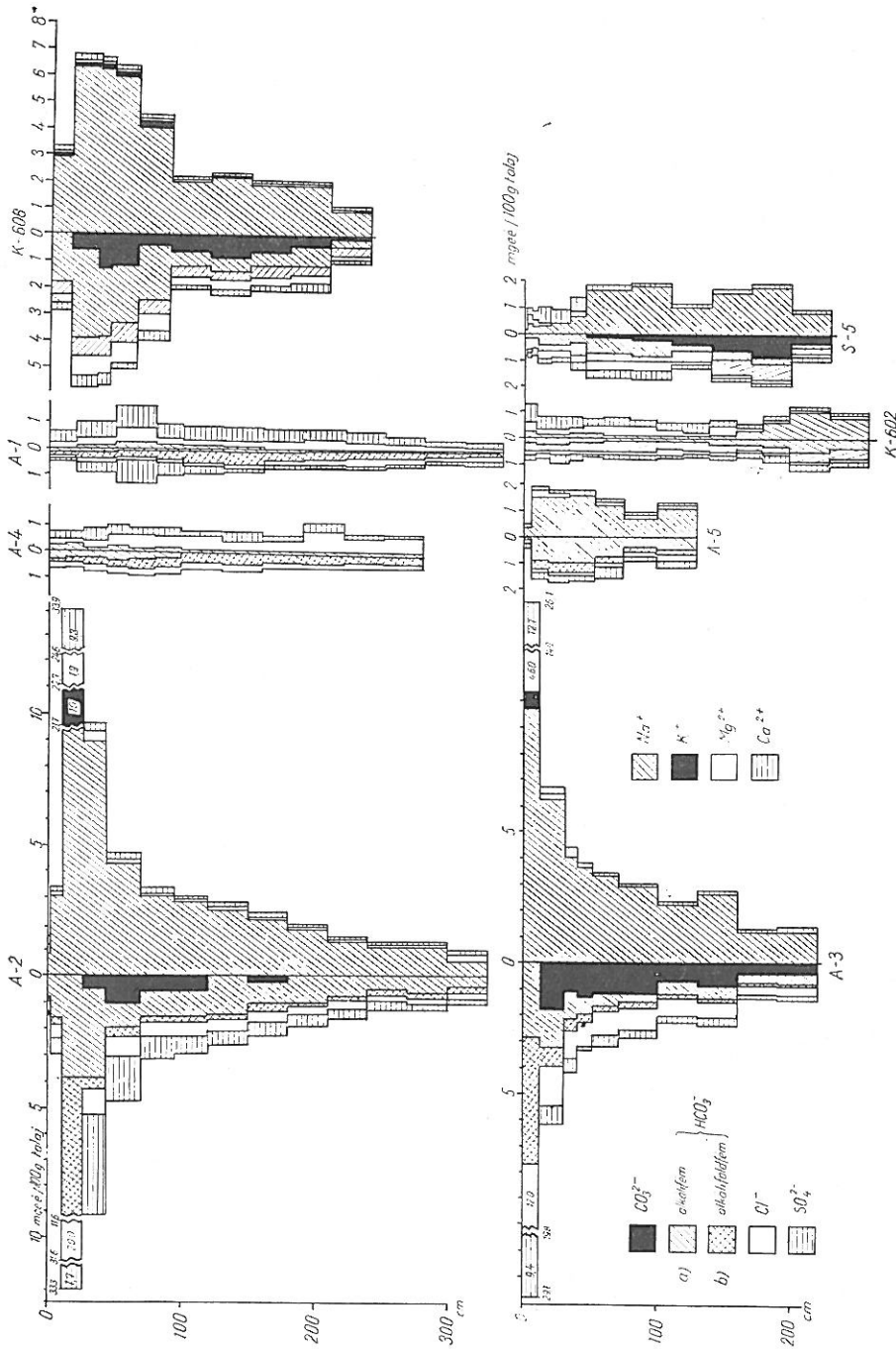
A kisebb területeken előforduló csernozjomok és futóhomokok, valamint a nyers öntések és humuszos öntéstalajok kivételével többé vagy kevésbé a Dunavölgy valamennyi talajtípusa magán viseli a réti talajképződés részfolyamatainak (humuszréteg kialakulása, morzsás-prizmás talajszerkezet kialakulása, mészkumulációs szintek kialakulása, stb.) bélyegeit, s a felszínalatti vizek jelen, vagy múltbeli hatását tükröző ún. „hidromorf” vonásokat (glejesedés, élénk vasdinamika, stb.).

Legjellegzetesebb ezek közül az alkáliföldfémhidrokarbonátok oldékonyságának visszaszorulása következtében oldhatatlan formában kiváló CaCO_3 és MgCO_3 felhalmozódása, a mészkumulációs (B_k) szintek kialakulása, amelyek két fő oka:

- a) a lefelé szivárgó vizek CO_2 -vesztést követő oldóképesség romlása,
- b) a párolgás következtében betöményedő felszínalatti vizek kémiai összetételének megváltozása és ellúgosodása.

A mészkumulációs szintek kialakulásának vázlatát mutatjuk be az 5. ábrán.

Természetesen a hidromorf bélyegek sokkal kifejezettebbek a ma is talajvíz hatás alatt álló lápos réti, réti és réti öntéstalajokban, mint a csak a múltban, csak időszakosan, vagy csak a mélyebb rétegekben talajvíz hatás alatt álló réti csernozjomokban.



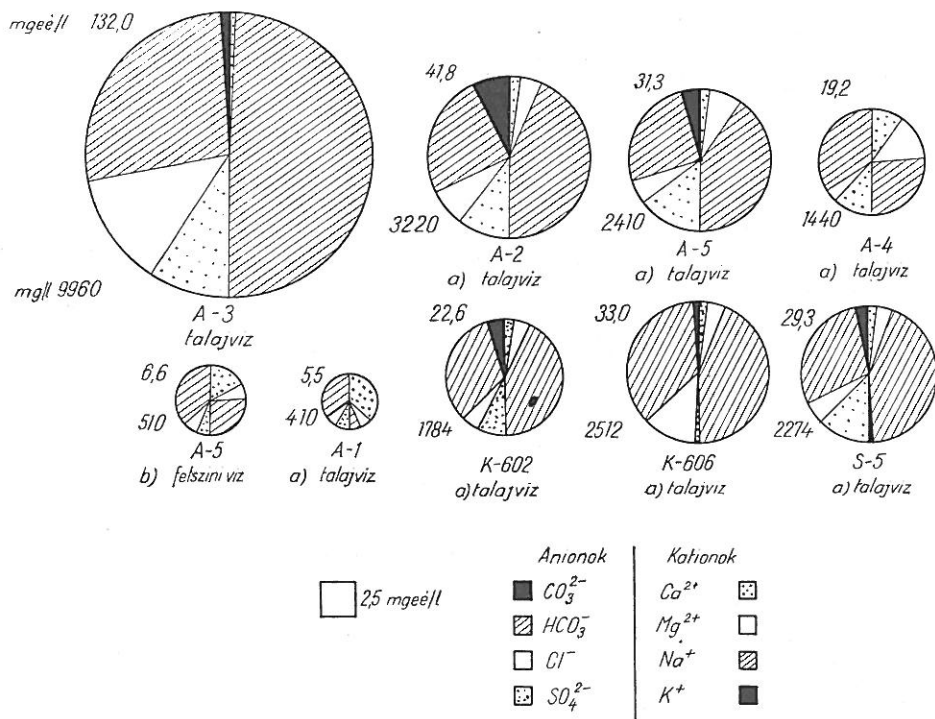
3. ábra A vizsgált talajok sóprofiljai (mg/kg talaj)

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 ⁺
	mgéé./100 g talaj						S-érték %-ban			
A-1										
0—20	8,50	1,15	0,28	0,18	10,11	10,12	84,1	11,4	2,8	1,7
20—50	12,50	1,48	0,33	0,15	14,46	13,62	86,5	10,2	2,2	1,7
50—80	10,75	0,66	0,22	0,10	11,73	12,87	98,3	0,6	0,2	0,9
A-2										
0—2	15,50	2,14	1,52	0,64	19,80	20,05	78,3	10,8	7,7	3,2
2—11	14,50	1,65	8,04	0,28	24,47	23,50	59,3	6,7	32,9	1,1
11—26	19,50	4,66	26,30	0,33	50,79	23,00	38,4	9,1	51,8	0,7
26—43	16,00	2,96	6,17	0,06	25,19	18,75	63,5	11,7	24,5	0,3
43—70	7,25	1,27	3,91	0,03	12,46	10,37	58,2	10,2	31,4	0,2
A-3										
0—12	10,50	0,99	17,87	0,31	29,67	15,25	35,4	3,3	60,2	1,1
12—30	15,50	1,48	8,17	0,15	25,30	21,48	61,5	5,8	32,2	0,7
30—40	14,00	1,48	5,67	0,10	21,25	18,25	53,4	5,6	21,6	0,4
40—50	11,50	2,30	3,93	0,07	17,80	14,12	64,6	12,9	22,1	0,4
50—70	6,50	1,21	1,97	0,04	9,72	8,62	67,0	12,4	20,3	0,3
A-4										
0—13	8,50	0,99	0,09	0,12	9,70	10,75	87,7	10,2	0,9	1,2
13—28	9,50	0,49	0,09	0,09	10,17	10,62	93,4	4,9	0,8	0,9
28—45	11,00	1,15	0,09	0,06	12,30	11,35	89,4	9,4	0,7	0,5
45—60	14,50	5,10	0,13	0,09	19,82	19,75	73,2	25,7	0,7	0,4
A-5										
0—6	21,75	3,95	7,57	0,50	33,77	35,35	64,4	11,7	22,4	1,5
6—20	21,00	3,95	4,49	0,37	29,81	30,25	70,5	13,2	15,1	1,2
20—37	15,00	8,63	7,24	0,50	31,37	29,00	47,8	27,5	23,1	1,6
37—55	12,50	6,09	5,26	0,33	24,18	23,50	51,7	25,3	21,7	1,3
K-602										
5—15	10,71	2,91	0,34	0,63	14,59	13,91	73,5	19,9	2,3	4,3
25—35	10,68	2,63	0,34	0,61	14,26	14,08	74,8	18,4	2,5	4,3
45—55	14,42	4,67	0,82	0,53	20,44	20,00	70,2	23,1	4,1	2,6
65—75	14,67	5,34	0,81	0,29	21,11	20,34	69,4	25,2	3,8	2,6
K-606										
5—15	9,94	3,78	4,27	0,27	18,26	16,95	54,4	20,7	22,4	1,5
20—30	6,08	2,84	13,54	0,47	22,93	17,82	26,5	12,4	59,0	2,1
35—45	7,83	4,42	11,38	0,54	24,17	16,57	32,4	18,3	47,1	2,2
50—60	10,64	5,80	8,62	0,23	25,29	19,10	42,1	22,9	34,1	0,9
S-5										
0—20	11,24	1,51	0,43	0,21	13,39	12,97	83,9	11,3	3,2	1,6
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

A szikes talajokban — amelyek kialakulása a Dunavölgyben minden esetben talajvízhatás alatt ment végbe — e hidromorf vonások ugyancsak megfigyelhetők.



4. ábra
A vizsgált felszíni és talajvizek kémiai összetétele

IV. Sófelhalmozódási folyamatok a Dunavölgyben

A dunavölgyi szikes talajok kialakulása során a réti talajképződés sófelhalmozódási folyamatokkal fonódott össze. A dunavölgyi sófelhalmozódási folyamatokra különösen jól alkalmazhatóak a KOVDA [7, 8] és JEGOROV [5]-féle geokémiai sófelhalmozódás alapelvei, s igen nagy segítséget nyújtanak a szóbanforgó probléma tisztázásához. Munkánk során a megelőző hazai kutatások tapasztalatai mellett elsősorban ezeket az alapelveket tartottuk szem előtt.

1. Vízben oldható sók forrása, származása

A dunavölgyi szikes talajok hatalmas sókészletének első dleges forrásai közül — véleményünk szerint — az Alföldet övező harmadkori vulkáni hegykoszorú kőzetei a legfontosabbak. Szerepüket először SZABÓ J. [17] említi 1859-ben. Nézetét később sokan elfogadták, de legélesebben talán

KREYBIG és ENDRÉDY [9] fejtették ki azon véleményüket, hogy e vulkáni kőzetek a szikesítő sók fő forrásai. Hogy milyen módon, arra vonatkozóan eltérő véleményekkel találkozhatunk. SZABÓ J. [17] riolittufa iszapborításról ír, SOMOGYI [15] pedig megállapítja, hogy a „vulkáni hamanyagoknak nemcsak mállástermékei települtek át — főleg folyami úton — az Alföldre, hanem végben az áttelepítés kőzet formájában is, részben már a vulkáni kitorés tufaszórásai kapcsán, de még inkább a pleisztocénkori eolikus denudáció és akkumuláció során”. Véleményünk szerint (bár arra alig található irodalmi utalás) legalább ilyen jelentős az a szerep, amelyet a vulkánikus kőzetek, főleg pedig mállott tufáik, a rajtuk keresztül szivárgó vizek nátrium sótartalmának a felúsításában játszanak, ezek közvetítésével hatva a medence sófelhalmozódására. Lehetővé teszi ezt:

1. a riolit és andezittufák mállott anyagai, elsősorban nagy plagioklász földpát tartalmuk miatt, viszonylag elég jelentős mennyiségű vízben oldható só, NaHCO_3 -t és szódát tartalmaznak

2. a Dunavölgy talajvizeinek táplálásában a peremi hegységekre és hordalékletjtőikre hullott csapadékvíznek van, vagy volt elsőrangú szerepe.

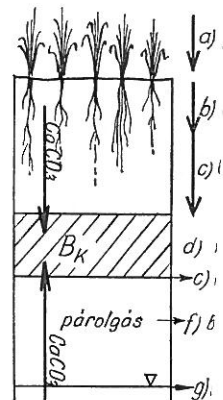
A medence felé szivárgó felszínalatti vizek ilyen módon nemcsak állandó víz-, hanem állandó nátriumhidrokarbonát-nátriumkarbonát típusú sóutánpótlást, folyamatos sóforrást is jelentenek.

A másodlagos sóforrások már sokkal változatosabbak a Dunavölgyben:

1. *Tengeri üledékek.* Bár a Dunavölgy területe alatti oligocén, miocén és pannon tengeri üledékek, illetve azok telep- és rétegvizei igen nagy sókészletekkel rendelkeznek, sóforráskénti szerepük a vastag, vízzáró pannon feké miatt csak a tektonikus törésvonalak mentén érvényesül, s csak helyi jelentőségű [12, 16].

2. *Eolikus eredetű sótartalom.* A Dunavölgyben az eolikus üledékek (löszök) nem alkotnak vastag, összefüggő réteget, rendszerint folyóvízi üledékekkel kevert településűek, vízben oldható sótartalmuk kicsi, így sóforráskénti szerepük jelentéktelen [16].

3. *Folyóvízi üledékek.* A szóbanforgó területet változatos, de rendszerint igen jelentős vastagságban borító Duna-üledékek ugyancsak nem képeznek jelentős sóforrást, hisz azok vízben oldható só, különösen pedig Na^+ tartalma igen kicsi, só mállásuk során sem képződnek azokból nátriumsók figyelemre méltó mennyiségben. Alátámasztja a fentieket az is, hogy a Dunavölgy egyéb részein, különösen pedig a Duna jelenlegi árterein nem figyelhető meg szikesedés, jóllehet azok felépítésében hasonló üledékek szerepelnek.



5. ábra
Mészakkumulációs szintek kialakulásának vázlata a Dunavölgyben. a) csapadékvíz, b) CO_2 -tartalmú talajoldat, c) CO_2 veszteség \rightarrow CaCO_3 kiválik, d) mészakkumulációs szint, e) talajvíz hatásának szintje, f) párolgás \rightarrow betöményedés \rightarrow rosszul oldódó CaCO_3 és MgCO_3 kiválik, g) talajvízszint

4. *Felszíni vizek.* A felszíni vizeket TREITZ [23], HERKE [2], SZEKRÉNYI [20] és mások nemcsak fontos, de döntő sóforrásnak tartják a Dunavölgyben. Ezt elsősorban azzal igazolják, hogy a Duna hajdani árterei, főleg azok, amelyek pangóvizek keletkezettek, ma többnyire tényleg szikesek. Ez azonban véleményünk szerint még nem bizonyítja, hogy a dunavölgyi szikesek sókészlete döntően a Duna bepárlódó árvizeinek „öröksége”, hisz ezek a területek a mélyebb térszíni fekvés miatt kaptak időszakos vízborítást, s e mélyebb fekvésű részeken — a talajvízszint lévén felszínközeli — a sófelhalmozódás ugyanúgy magyarázható az intenzívebb talajvízhatással is. Igaz, hogy évszázadok, sőt évezredek árvizei során még a Duna-víz kis sótartalma (100—200 mg/liter) ellenére is igen jelentős sómennyiség jutott ki az ártéri laposokra. A víz jelentős hányada a talajba szivárgott (annál is inkább, mivel a talaj akkor még nem volt szikes, tehát könnyű mechanikai összetételének megfelelően jó vízbefogadó-képességgel rendelkezett), másik része az árvíz levonulásakor lefolyást talált a folyó felé, s csak egy része, nem is nagyobb része, maradt pangóvízként a felszínen és párolódott be a száraz időszakokban. A talajok sókészletének és a Duna-víz összetételének különbségét (NaHCO_3 — $\text{Ca/HCO}_3/2$) azzal magyarázzák, hogy töményesedéskor a gyengébben oldódó alkáliföldfémhidrokarbonátok oldhatatlanná válva fokozatosan kiváltak és csak a jobban oldódó nátriumsók maradtak oldatban [2].

Ez igaz, azonban ebben az esetben a leggyengébben oldódó CaCO_3 maximumának a felszínen, illetve a felszínközeli kellett volna kialakulnia, ez alatt pedig a sók oldékonyságuknak megfelelő sorrendjét: MgCO_3 — NaHCO_3 — NaCl lehetne megfigyelni [7, 8]. Ez azonban, mint azt a 6. ábrán mutatjuk be, pontosan fordítva van a dunavölgyi talajokban, ami azt igazolja, hogy a fenti folyamat ténylegesen végbement ugyan, azonban nem a felszíni vizek hatása alatt felülről lefelé, hanem a felszínalatti vizek hatása alatt alulról lefelé (8. ábra).

Igazolja ezt az is, hogy a mai Duna-árvizek pangóvizeinek ismétlődő bepárlódásai még egészen kis sófelhalmozódást sem eredményeznek, lévén ezeken a területeken a Duna-hatás alatt álló talajvíz sóforrási szempontból jelentéktelen.

Nem jelenthetnek komolyabb sóforrást a Duna-Tisza közének magasabb fekvésű részeiről a Dunavölgybe tartó felszíni vizek sem, mivel:

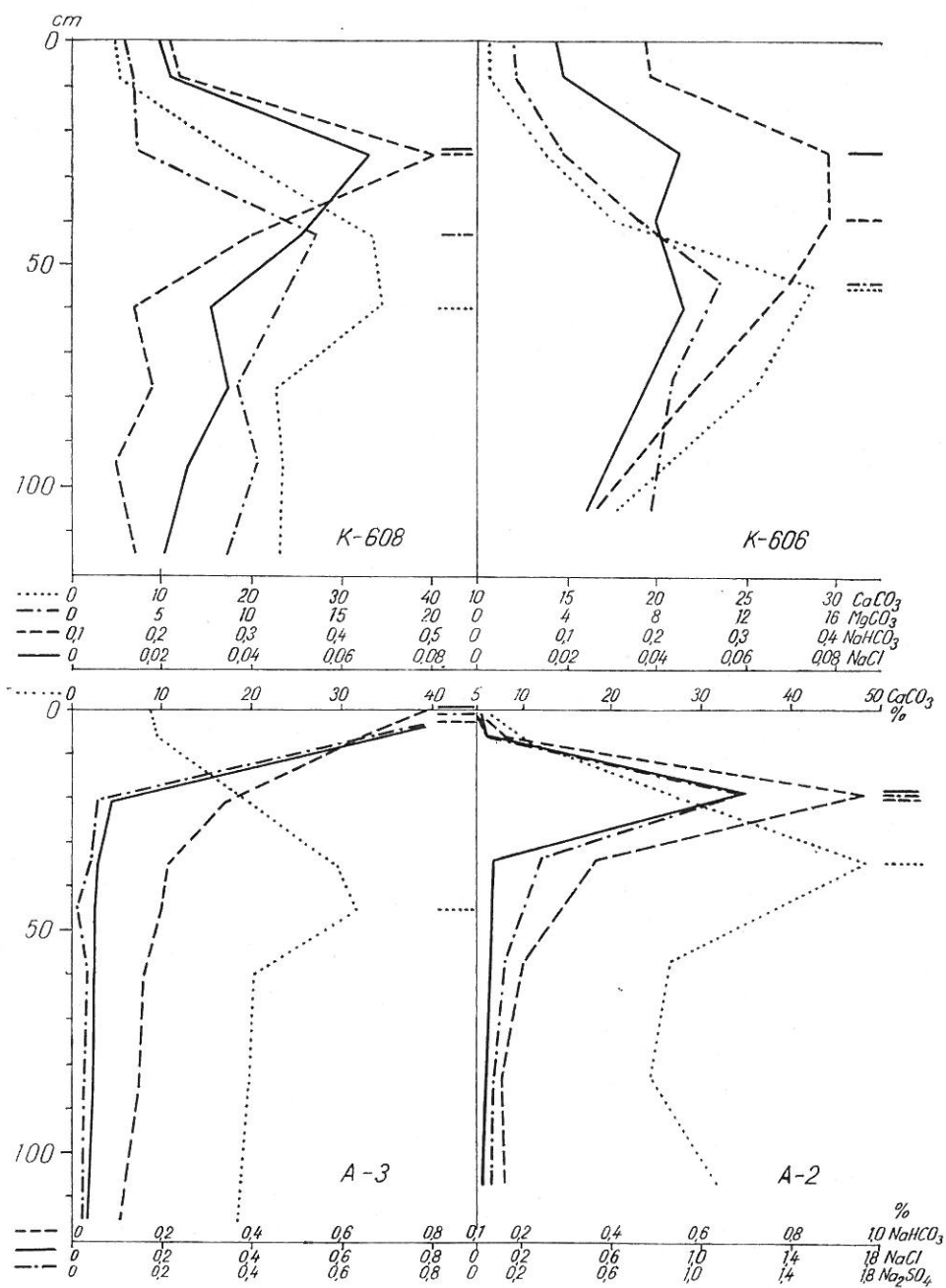
a) a szóbanforgó területek feltalaja vízben oldható sókban szegény
b) a felszínen elfolyó vizek csak rövid ideig és csak egy felületen érintkeznek a talajjal

c) a csapadékvíz elfolyó hányada a kedvező beszivárgási viszonyok miatt kicsi.

5. *Felszínalatti vizek.* A felszínalatti vizek sóforráskénti szerepét a dunavölgyi szikesekkel foglalkozó munkák kivétel nélkül megemlítik [9, 14, 15, 22], sőt hangsúlyozzák [2, 3, 20, 23], azonban többnyire csak másodrendűnek tartják a felszíni vizek után. ROHRINGER [11] ezzel szemben már 1934-ben kifejtette, hogy a dunavölgyi szikesek keletkezésének fő oka a szóbanforgó terület alatti pangó, felszínközeli, sós-szódás talajvíz. Hasonló megállapításra jutott Duna-Tisza közti talajgenetikai kutatásai során SZABOLCS és JASSÓ [19] is.

Vizsgálataink alapján — ez utóbbi véleményekkel egybehangzóan — a felszínalatti vizeket tartjuk elsőrendű sóforrásnak a Dunavölgyben.

Elsősorban azért, mert a felszínalatti vizek igen sok sóforrás együttes

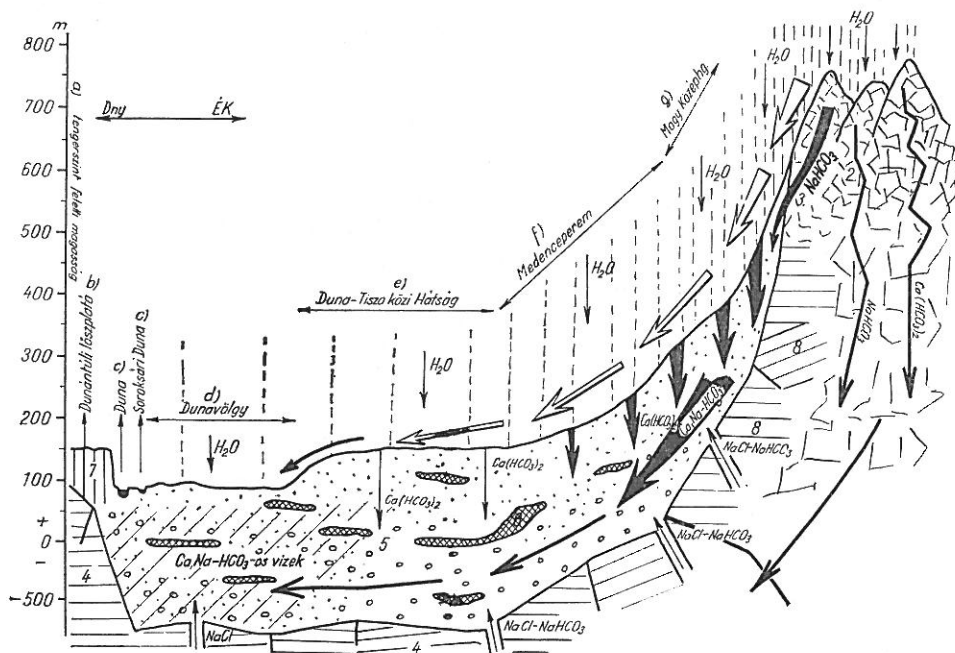


6. ábra

A sók oldékonyságuk szerinti differenciálódása a talajszelvényben

hatását „közvetítik”, foglalják össze (mélyebb geológiai rétegek, telep-, réteg- és talajvizek, leszivárgott felszíni vizek, árvizek, stb.).

Másodsorban azért, mert a felszínalatti vizek igen nagy területekről az egész dunavölgyi talajvízgyűjtő-területről) gyűjtik össze a vizeket és sókat, s halmozzák fel azokat aránylag kis területen.



7. ábra
Sófelhalmozódás folyamata a Dunavölgyben I. (vázlat)

Végül azért, mert a felszínalatti vizek sófelhalmozó hatása az időszakosan ható felszíni vizekkel szemben tulajdonképpen állandó, bár a téli félévben az igen kis párolgás miatt jelentéktelen.

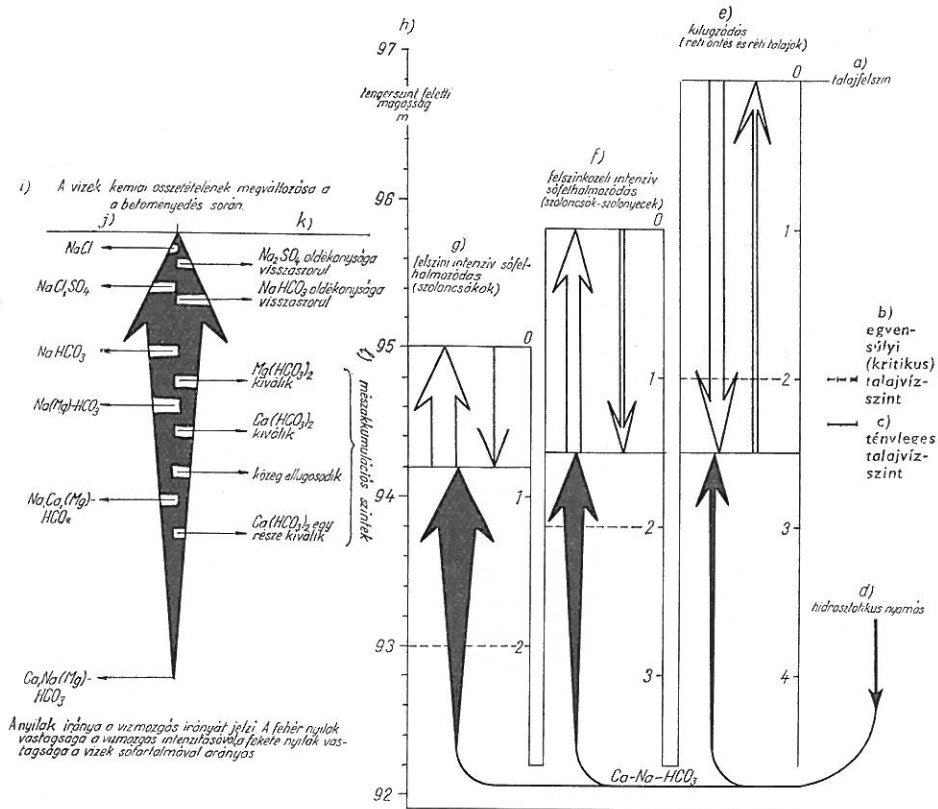
Bizonyítja állításunkat:

1. A dunavölgyi szikesek igen nagy sókészlete, ami csak több sóforrás együttes és többé-kevésbé állandó hatásával magyarázható, s alig képzelhető el másként, mint hogy nagy területekről származó sók kis területekre összpontosulnak.

2. A szikes talajok megjelenése, a sófelhalmozódási szintek kialakulása igen szoros összefüggést mutat a talajvízszint terep alatti mélységével (1. táblázat, 2. ábra), a sóforgalmi folyamatok a talajvízszint-ingadozásokat követik [25, 26, 27].

3. A sók oldékonyságuk sorrendjében történő differenciálódása a talajszelvényben: a CaCO_3 , MgCO_3 , NaHCO_3 , és NaCl maximumai egymás felétt helyezkednek el (6. ábra). Ez ugyanis csak úgy magyarázható, hogy a felfelé történő mozgása során egyre erősebben párolgó és emiatt fokozatosan

töményedő talajvízből először a leggyengébben oldódó CaCO_3 és $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ csapódik ki oldhatatlan formában, majd a MgCO_3 és a $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, míg a NaHCO_3 , de főleg a jól oldódó NaCl tovább mozoghat felfelé (8. ábra). Ezt a feltevést igazolja a felszíni sókivirágzásokban megfigyelhető relatív NaCl feldúsulás is (3. ábra).



8. ábra
Sófelhalmozódás folyamata a Dunavölgyben II. (vázlat)

6. *Biológiai sóforrások.* A Duna-szabályozási, lecsapolási és vízrendezési munkálatok előtt a Dunavölgy állandóan vízzel borított területein dús lápimocsári vegetáció tenyésztett, amely az anaerob körülmények miatt inkább szervesanyag, mint sófelhalmozódást eredményezett (kis sótartalmú kotu- és tőzeglapok).

Az időszakosan vízjárta területeken viszont megvoltak az időszakos kiszáradások, mint a gyors aerob bomlás és a sófelhalmozódás feltételei, a meg-megismétlődő árvizek, üledékborítások s a sófelhalmozódás miatt azonban viszonylag gyér volt a növényzet. A kisebb szervesanyag-tömeg elbomlása során így csak kisebb mennyiségű só képződhetett. Hogy a felszíni vízborítások megszüntetése után egyes területek elszikesedtek, az nem annyira a biológiai sóakkumulációval, sokkal inkább azzal magyarázható, hogy a szóban-

forgó területeken a vízborítástól felszabadulva akadálytalanul érvényesülhetett a felszínközeli sós talajvizek intenzív párolgása, s ebből adódó sófelhalmozó tevékenysége.

7. *Öntözővíz.* Az öntözővíznek a dunavölgyi öntözések megindulása, kiterjedése, s különösen a felszínalatti vizekkel történő ún. „csökutas öntözések” szélesebbkörű alkalmazása óta van sóforráskénti szerepe [26, 27].

2. *Vízben oldható sók felhalmozódásának folyamatai, szikes talajok kialakulása*

A dunavölgyi talajvízgyűjtőrendszer területére hulló csapadékvíz egy része közvetlenül, vagy közvetve (felszíni vizek közvetítésével) beszivárog a talajba és a talaj által vissza nem tartott hányada eljut a talajvízig. A talajvíztáplálás a fentiek alapján elsősorban azokon a területeken jelentős, ahol sok a csapadék, kicsi a párolgás, jelentéktelen a felszíni elfolyás (viszont esetleg jelentős a felszíni odafolyás), a talaj pórusai vízzel telítettek, s a talaj drénviszonyai megfelelőek. Ezek a feltételek elsősorban a medenceperemeken, s a hegylábi hordaléklejtőkön adóttak, s ezért elsősorban itt jelentős a lefelé irányuló függőleges vízmozgás.

Lefelé szivárgása közben a víz újabb és újabb rétegeket jár át, s azok oldható sókészletének egy részét feloldva egyrészt kilúgozza az átjárt szinteket, másrészt fokozatosan gyarapszik sókban (7. ábra).

Ez az enyhén sós, a peremi vízgyűjtők kőzetanyagának (mészke, lösz, riolit, andezit, stb.) megfelelően Ca (Na)—HCO₃ típusú víz jut be a medence pannon fekvéssel bélelt összefüggő felszínalatti vízrendszerébe, nyomul hidrosztatikusan a vízzáró pleisztocén rétegek felszínalatti lejtőin és a hajdani folyómedreket kitöltő törmelékű kavicságyaiban a mélyebb részek felé, s halmozódik fel épp a Dunavölgy pangóvizü talajvízmedencéjében (7. ábra). Ide jutnak a pannon tektonikus repedésein felszivárgó NaCl-NaHCO₃ típusú mélységi vizek is (7. ábra).

Kovács Gy. [6] talajvízháztartási vizsgálatai során megállapította, hogy a talajvíz csapadéktáplálása kevésbé csökken a mélységgel, mint a talajvíz-párolgás. Ennek megfelelően minden területen van egy olyan elméleti talajvíz-mélység, amelynél a talajvíztáplálás éppen egyenlő a talajvízpárolgással. Ezt a mélységet nevezi „egyensúlyi talajvízszint”-nek, s mérési adatai alapján ez a szint a Duna—Tisza közén kb. 2 m-es terepalatti mélységben alakul ki.

Az „egyensúlyi talajvízszint” megfelel a talajtanban használatos „kritikus talajvízszint” megjelölésnek. Ugyanis, ha a talajvíz tényleges szintje ennél magasabban van, úgy a felfelé irányuló víz- és sómozgás (sófelhalmozódás, szikesedés), ha mélyebben helyezkedik el, úgy a lefelé irányuló víz- és sómozgás (kilúgozás, sziktelenedés) válik uralkodóvá.

A Kovács Gy. által a Duna—Tisza közére megállapított 2 m-es érték egyébként egybevág sóforgalomvizsgálataink alapján [25, 26, 27] megállapított kb. 2 m-es értékkel.

Fentiek értelmében a Dunavölgy azon területein, ahol a pangó talajvíz szintje magasán áll, a talajvíz csapadéktáplálását (különösen a rossz víz-átresztőképességű szikes talajok esetében) jóval meghaladja a talajvízpárolgás, ami azt eredményezi, hogy a talajvíz feletti rétegeken áthaladó függőleges vízmozgás eredője határozottan felfelé mutat. Ez viszont együtt jár a talajvíz fokozatos töményedésével és kémiai összetételének eltolódásával. — A töményedés során ugyanis a gyengébben oldódó alkáliföldfémhidrokarbonátok

oldékonysága fokozatosan visszaszorul, azok oldhatatlan formában kiválnak (mészakkumulációs szintek), s csak a jól oldódó nátriumsók maradnak oldatban (8. ábra). Párhuzamosan a közeg ellúgosodik, s a talajvíz hatásának határfelületén (szoloncsákoknál a felszínen, szoloncsák-szolonyeceknél felszínközlemben) az intenzív párolgás következtében sófelhalmozódási szintek alakulnak ki (3. ábra).

Vizsgálataink alapján megállapítható:

a) minél kevesebb a csapadék, minél nagyobb a párolgás és minél közelebb van a felszínhez a talajvízszint, a sófelhalmozódás annál intenzívebb (8. ábra)

b) minél magasabban áll a talajvízszint, annál magasabban helyezkedik el a felső beázás és a talajvíz hatásának határfelületén kialakuló sófelhalmozódási szint [25, 27].

Fenti megállapítások értelemszerűen érvényesek a Dunavölgyi talajok sóforgalmára és egyes mesterséges tényezők sóforgalmi hatására vonatkozóan is, amelyről megelőző munkáinkban közöltünk részletes adatokat [25, 26, 27].

A sófelhalmozódási folyamatok eredményeképpen az érintett talajokban jelentős nátriumsó-készlet halmozódott fel, s mivel a sók döntő hányadát NaHCO_3 és Na_2CO_3 — tehát lúgosan hidrolizáló nátriumsók — alkotják (3. ábra), a talaj erősen lúgos kémhatású folyadékfázisában a Ca^{2+} és Mg^{2+} ionok csak egészen jelentéktelen mennyiségben szerepelnek. A nátriumsók uralkodóvá, sőt egyeduralkodóvá válása a talaj sókészletében a talaj folyadékfázisa és szilárd fázisa között fennálló ionegyensúly törvényszerűségeinek megfelelően a talaj adszorpciós komplexusának fokozatos Na^+ telítődéséhez vezet. A dunavölgyi szoloncsákok, szoloncsák-szolonyecek és szoloncsákos karbonátos szolonyecek kicserélhető kationjai közül ezért — különösen azok sófelhalmozódási szintjében — kivétel nélkül a Na^+ uralkodik, s mennyisége gyakran eléri, sőt meghaladja az S-érték 50–60%-át (4. táblázat).

E szikes talajok vízgazdálkodási tulajdonságai igen kedvezőtlenek, termékenységük kicsi.

3. Sófelhalmozódás és szikesedés feltételei a Dunavölgyben

Vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy a sófelhalmozódás és szikesedés alapvető feltételei a Dunavölgyben a következők:

1. Felszínközeli talajvízszint. Ez a feltétel ott biztosított, ahol a talajvízszint a kritikus nívó felett helyezkedik el, ami a Dunavölgyben általában 2 m-nél kisebb terepalatti mélységet jelent.

2. Pangó talajvíz. (A talajvíz ismételt felhígítódásának megakadályozódása). Ez a feltétel az igen kis talajvíz-esésű Dunavölgyben a Duna-menti területsáv és a völgyperemek kivételével adott.

3. Az intenzív potencionális párolgás érvényesülését biztosító körülmények (állandó felszíni vízborítás hiánya, stb.). Ez a feltétel a tavak, holtmedrek, lápos tocsogók és halastavak kivételével ugyancsak az egész Dunavölgyben adott.

Ennek megfelelően:

1. Szikes talajok csak azokon a területeken alakulhattak és alakultak ki, ahol mindhárom feltétel adott: a magasan álló pangó talajvizek intenzív párolgását a nyári időszakban többnyire nem, vagy csak egészen rövid ideig akadályozza felszíni vízborítás.

Megfelelő talajvízszint-szabályozó csatornák hiányában az adott területen, még inkább pedig a mélyebb fekvésű szomszédos területrészekben (ahol az öntözővíz kilúgzó hatása nem érvényesül) komoly sófelhalmozódást, káros szikesedést, a talaj termékenységének további csökkenését eredményezhetik. A Dunavölgyben sajnos többnyire ez utóbbi jelenséget lehet megfigyelni (pl. az apaji halastavak és rizstelepek környékének elszikesedését, szikességének fokozódását, stb.).

Irodalom

- [1] FRANZ, H.: Adatok a negyedkori rétegződéshez és a szikes talajok geneziséhez a Hortobágyon és annak peremvidékén. Debr. Agrártud. Főisk. Évk. 119—134. 1964.
- [2] HERKE, S.: A hidrológiai viszonyok szerepe a Duna—Tisza közti szikesek keletkezésében. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 21. 155—178. 1962.
- [3] HERKE, S.: A belvízrendezés szerepe a szikesek sajátosságainak változásában a Duna—Tisza közén. Hidr. Közl. 44. 14—20. 1964.
- [4] JASSÓ, F.: Adatok az alföldi réti öntéstalajok genetikájához. Agrokémia és Talajtan. 9. 53—66. 1960.
- [5] JEGOROV, V. V.: Szodovüe zaszolennüe pocsv v juzsnom Szinzjane. (k geohimii szodú). Pocsvovegyenyije (5) 1—12. 1961.
- [6] KOVÁCS, Gy.: A szikesedés és a talajvízháztartás kapcsolata. Hidr. Közl. 40. 131—139. 1960.
- [7] KOVDA, V. A.: Proiszhozgyenyije i rezsím zaszolennüh pocsv. Izd. AN SSSR, Moszkva, 1947.
- [8] KOVDA, V. A.: Geohimija pusztüny SSSR. Dokl. na V. Mezsd. Kongr. Pocsvov. Izd. AN SSSR, Moszkva, 1954.
- [9] KREYBIG, L. & ENDRÉDY, E.: Über die Abhängigkeit des Vorkommens von Alkali-böden im oberen Tisza-Gebiete Ungarns von der absoluten Höhenlage. Trans. of the 3rd Int. Congr. Soil. Sci. Oxford, 1. 357—360. 1935.
- [10] PÉCSI, M.: A magyarországi Dunavölgy kialakulása és felszínalaktana. Akad. Kiadó, Budapest. 1959.
- [11] ROHRINGER, S.: Az ármentesítések, lecsapolások és a szikesek közötti összefüggés. Magyar Szikesek, 21—34. FM Kiadv. Budapest, 1934.
- [12] RÓNAI, A.: A magyar medencék talajvize. Az Orsz. Talajvíztérképezési Munk. Eredm. M. Áll. Földt. Int. Kiadv. Budapest. 1956.
- [13] RÓNAI, A.: A felszínalatti vizek minőségének változása a mélységgel az Alföldön. Hidr. Közl. 45. 419—425. 1965.
- [14] SCHERF, E.: Alföldünk pleisztocén és holocén rétegeinek geológiai és morfológiai viszonyai és ezek összefüggése a talajalakulással, különösen a szikképződéssel. Földt. Int. Évi Jel. 1925—28-ról. 265—301. 1935.
- [15] SOMOGYI, S.: A szikes talajok képződésének földrajzi tényezői Magyarországon. Földr. Közl. 12. 219—244. 1964.
- [16] SÜMEGHY, J.: A Duna—Tisza közének földtani vázlata. Földt. Int. Évi Jel. 1950-ről 233—264. 1953.
- [17] SZABÓ, J.: Heves és Szolnok megye földtani leírása. Magy. Tud. Társ. Kiadása, Budán, 1859.
- [18] SZABOLCS, I.: A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akad. Kiadó, Budapest. 1961.
- [19] SZABOLCS, I. & JASSÓ, F.: A szikes talajok genetikai típusai és elterjedésük törvényszerűségei a Duna—Tisza közén. Agrokémia és Talajtan. 10. 173—190. 1961.
- [20] SZEKRÉNYI, B.: A víz szerepe és jelentősége a Sós és Kígyósér környéki talajok kialakulásában és hasznosításában. Kand. Ért. Budapest, 1962.
- [21] SZÜCS, L.: A Dunavölgy csernozjom talajai. Agrokémia és Talajtan 16. 1—26. 1967.
- [22] TIMKÓ, I.: A Kis-Kunság és Jászság szikes talajai. Földt. Int. Évi Jel. 1925—28-ról 254—263. 1929.
- [23] TREITZ, P.: A Duna—Tisza közének agrogeológiai leírása. Földt. Közl. 33. 1—20. 1903.

- [24] UBELL, K.: A talajvízháztartás jelentősége Magyarország vízgazdálkodásában. *Vízügyi Közlem.* **41.** 185—251. 1959.
- [25] VÁRALLYAY, GY.: Duna—Tisza közti talajok sómérlegei. I. Sómérlegek természetes (öntözés nélküli) viszonyok közt. *Agrokémia és Talajtan* **15.** 423—453. 1966.
- [26] VÁRALLYAY, GY.: Duna—Tisza közti talajok sómérlegei. II. Sómérlegek öntözött viszonyok között. *Agrokémia és Talajtan* **16.** 27—56. 1967.
- [27] VÁRALLYAY, GY.: A dunavölgyi talajok sófelhalmozódási folyamatai, sóforgalma és sómérlegei. *Kand. Ért.* Budapest, 1967.
- [28] VÁRALLYAY, GY.: Megjegyzések DR. H. FRANZ „Adatok a negyedkori rétegződéshez és a szikes talajok geneziséhez a Hortobágyon és annak peremvidékén.” c. közleményéhez. *Agrokémia és Talajtan.* **16.** 451—461. 1967.
- [29] Országos Vízgazdálkodási Keretternv. Orsz. Vízügyi Főig. Kiad. Budapest. 1964.

Érkezett: 1967. február 16.

Salt Accumulation Processes in the Soils of the Danube Valley

GY. VÁRALLYAY

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

Summary

The second most extensive salt affected area in Hungary, after the region beyond the Tisza river, stretches between the Danube and the Tisza. The larger part of these soils is located in the Danube valley; they form there vast, adjacent areas. The formation and the very low fertility of the solonchak, solonchak-solonetz and calcareous, solonchakized solonetz soils in the Danube valley are caused mainly by their high water soluble salt content and their considerable NaHCO_3 and Na_2CO_3 reserve. Therefore the elucidation of the salt accumulation processes taking place in these soils is vitally important from the point of view of both soil genetics and soil utilization. In the present paper we wish to furnish some new data relating to this subject.

The conclusions have been drawn on the basis of the results of research work investigating the natural and soil conditions of the Danube valley as well as on that of accurate soil genetical examinations carried out since 1960. It has been established that:

1. On the examined areas the Pannonian substratum constituting a continuous impermeable layer — except at the tectonic break lines — is covered by calcareous Danube sediments of substantial thickness (50—100 m), varied foliation and particle size. These fluvial sediments have made up the parent materials of soil formation and they store the considerable water reserve of the integral, subsurface catchment area of the Danube valley, which is mainly fed by rainwater falling on the extensive catchment areas of the basin-brims and seeping through more or less thick layers.

The average depth of the water table is 1—3 meters in the Danube valley.

2. The occurrence of the soil types in the Danube valley depends on the distance from the Danube, on the time elapsed since the last period during which they were under the influence of floods as well as on the depth of the water table (depth, frequency, time and intensity of the ground water's action) which — in most cases — is determined by the relief (Table 1, Figure 2).

3. Meadow alluvial soils, meadow soils and solonchak-solonetz soils are the most wide-spread in this area.

4. The common characteristics of the soils are the A—B—B_k—C profile, the strongly alkaline reaction, the high carbonate content and the light mechanical composition.

The meadow alluvial soils and meadow soils contain only negligible amounts of $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ type salts. The considerable salt content of salt affected soils is constituted mostly by NaHCO_3 and Na_2CO_3 (Figure 3).

5. The greatest part of the soils in the Danube valley developed under hydromorphic conditions (under the influence of ground water), as it is proved by their hydromorphic marks, mainly their lime accumulation (B_k) horizon.

6. In the course of the development of salt affected soils in the Danube valley, hydromorphic soil formation processes were closely intertwined with salt accumulation processes.

7. Among the primary sources of the soils' salt reserve in the Danube valley, the most important ones are the volcanic rocks (andesite, rhyolite and mainly their weathered tuffs) of mountains bordering the Lowland.

8. Among the secondary salt sources, the most important ones are the subsurface waters which give effect to the influences of several other salt sources (deep-lying geological horizons, fossil-, layer- and ground waters, infiltrating surface and flood waters, etc.).

This is proved by:

a) the substantial salt reserve of salt affected soils in the Danube valley (salts coming from extensive areas accumulate in a small area),

b) the close correlation between the development of salt accumulation horizons and the water table,

c) the close correlation between salt dynamics and the fluctuation of the ground water,

d) the distribution of salts according to their solubility in the soil profile: the maximums of CaCO_3 , MgCO_3 , NaHCO_3 and NaCl are on the top of each other (Fig. 6).

Surface waters play a less significant role as salt sources. Biological salt sources, deep-lying geological layers, profundal waters and — recently — saline irrigation waters are of local importance.

9. From the whole territory of the ground water catchment area the subsurface waters filtrate towards the lower lying Danube valley — they become rich in $\text{Ca}-(\text{Na})-\text{HCO}_3$ type salts meanwhile — and accumulate there (Figure 7).

At places where the stagnant ground water is near the surface, its more intense evaporation is possible under the otherwise relatively arid climatic conditions (there is a 125–150 mm water deficiency yearly). This results in the graduation of the ground water, the composition of which changes: the solubility of its alkali earth metal bicarbonates decreases so sodium bicarbonate becomes dominant. The medium turns alkaline and just above the zone of the ground water's action, salt accumulation horizons develop. Subsequently the adsorption complex of the soil becomes saturated with Na^+ : a salt affected soil has developed.

10. In the Danube valley the conditions for salt accumulation and for the formation of salt affected soils are the following:

a) high water table (evaporation exceeds infiltration),

b) stagnant ground water (the repeated dilution of the ground water is negligible),

c) conditions giving effect to the influence of intense, potential evaporation (lack of permanent water-logging, etc.).

11. The occurrence or absence of salt affected soil formation is subject to these conditions, in the light of which the reclamation methods can be elaborated for the salt affected soils of the area.

a) Prevention of further salt accumulation and alkalization by abolishing one of the above conditions:

1. Curbing or checking the subsurface water supply of the Danube valley (deep belt canals),

2. Lowering the water table under the critical level (~ 2 m),

3. preventing the occurrence of stagnant ground water (by installing a drainage system that assures intense water change).

b) Decreasing the present salt reserve by:

1. improving the drainage conditions of the soil profile (chemical soil amelioration, subsoil loosening, etc.),

2. irrigation.

Table 1. Correlation among the relief, the soil type, the average depth of the water table and the chemical composition of the ground water in the Danube valley. (1) Soil type. a) recent alluvial soil, b) meadow chernozem, c) meadow alluvial soil, meadow soil, d) solonchak-solonetz, e) calcareous solonetz, f) solonchak. (2) Height above sea level, m. (3) Average depth of the water table, m. (4) Salt content of the ground water, g/l. (5) Chemical composition of the ground water (water type).

Table 2. General analytical data of the soils. A-1 recent alluvial soil, A-2 solonchakized, calcareous, shallow meadow solonetz, A-3 solonchak, A-4 humous sandy soil, A-5 marshy meadow soil, K-602 meadow alluvial soil, K-606 solonchak-solonetz, S-5 meadow soil. (1) No. of profile, soil type. (2) Mark and depth of genetical horizon. (3) Sampling depth, cm. (4) Humus %.

Table 3. Mechanical composition of the examined soils, %. (1) No. of profile.

(2) Sampling depth, cm. (3) Loss in HCl processing, %. (4) Mechanical fraction, mm. (5) Physical sand and physical clay.

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

Figure 1. Geographical location of the examined profiles.

Figure 2. Correlation among the relief, the depth of the water table and the genetic soil type in the Danube valley. 1, Recent alluvial soil. 2, Humous alluvial soil. 3, Calcareous, solonchakized, shallow meadow solonetz. 4, Meadow alluvial soil. 5, Solonchak-solonetz. 6, Solonchak. 7, Solonetzic meadow soil. 8, Humous sandy soil. 9, Marshy meadow soil. 10, Humous sandy soil. *a)* soil surface, *b)* water table, *c)* location of profiles, *d)* height above sea level, *e)* temporary water-logging.

Figure 3. Salt profiles of the examined soils (meq./100 g soil). *a)* alkali metal, *b)* alkali earth metal.

Figure 4. Chemical composition of the examined surface- and ground waters. *a)* ground water, *b)* surface water.

Figure 5. Sketch of the formation of lime accumulation horizons in the Danube valley. *a)* rainwater, *b)* soil solution containing CO_2 , *c)* CO_2 loss \rightarrow CaCO_3 precipitates, *d)* lime accumulation horizon, *e)* level of ground water's action, *f)* evaporation \rightarrow graduation \rightarrow the scarcely soluble CaCO_3 and MgCO_3 precipitate, *g)* water table.

Figure 6. Distribution of salts according to their solubility in the soil profile.

Figure 7. The process of salt accumulation in the Danube valley, I. (sketch). *a)* height above sea level, *b)* Transdanubian loess plateau, *c)* Danube, *d)* Danube valley, *e)* the ridge between the Danube and the Tisza, *f)* basin-brim, *g)* Hungarian central range of mountains. 1. limestone, 2. rhyolite, andesite, 3. rhyolite and andesite tuff, 4. impermeable Pannon clay, 5. fluvial gravel, sand, sandy silt, 6. clay lens, 7. loess, 8. pleistocene clay. The direction of the arrows indicates the direction of water movement, while their width shows the amount of water. The width of the black arrows and the size of the chemical symbols indicate the degree of the salt content's increase.

Figure 8. The process of salt accumulation in the Danube valley, II. (sketch). *a)* soil surface, *b)* equilibrium (critical) level of water table, *c)* actual level of water table, *d)* hydrostatic pressure, *e)* leaching (meadow and meadow alluvial soils), *f)* salt accumulation near the surface (solonchak-solonetz soils) *g)* intense salt accumulation on the surface (solonchak soils), *h)* height above sea level, *i)* change in the chemical composition of waters during graduation, *j)* water type, *k)* sequence of the salts' precipitation, *l)* lime accumulation horizons. The direction of the arrows indicates the direction of water- and salt movements. The width of the white arrows is proportionate to the intensity of water movement, while that of the black arrows is proportionate to the salt content of the waters.

Les processus de l'accumulation de sels des sols de la vallée du Danube

GY. VÁRALLYAY

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

Résumé

On trouve en Hongrie après la région située au delà de la Tisza le terrain des sols à alcalis à la plus grande étendue dans le pays entre le Danube et la Tisza. La plus grande fraction de ces terrains à sols alcalins se placent dans la vallée du Danube et forment là de très grands terrains cohérents. La première cause de la formation et de la très petite fécondité des profils des solonchak, solonchak-solonetz, solonchakeux-solonetz carbonaté de la vallée du Danube est leur grande teneur en sel soluble en eau, leur provision considérable en NaHCO_3 et Na_2CO_3 . Par conséquent la mise au point des processus de l'accumulation du sel, qui s'effectuent dans ces sols est très importante, aussi bien au point de vue génétique que de l'utilisation du sol. Nous avons voulu servir des données nouvelles dans la présente publication.

Nous avons tiré nos conclusions, selon les résultats de recherches, relatifs aux conditions des sols et la nature de la vallée du Danube et les données de nos examens du génétique du sol détaillés depuis 1960.

Nous avons constaté que

1. Sur le territoire examiné, laissant de côté les lignes de cassement le sédiment pannonien forment une couche cohérente de fermeture hydraulique est couvert de sédiment du Danube carbonaté d'une épaisseur considérable (50—100 m), d'une stratification et composition granulométrique variée. Ces sédiments fluviaux formaient la matière fondamentale de la formation du sol et emmagasinaient les provisions très considérables de l'eau du système collecteur d'eau souterrain homogène de la vallée du Danube, dont la plus grande substance nutritive est l'eau atmosphérique, tombant sur les collecteurs d'eau aux bords des bassins d'une grande étendue et filtrant à travers les couches plus minces ou plus épaisses.

Dans la vallée du Danube la profondeur moyenne de la nappe phréatique est en général de 1—3 m.

2. Le placement des types du sol de la vallée du Danube montre une corrélation étroite, d'une part avec la distance du Danube (avec le temps écoulé depuis la libération sous l'effet des eaux d'inondation du Danube) d'autre part avec la profondeur souterraine de la nappe phréatique, (la profondeur, de l'effet de l'eau souterraine, sa fréquence, durée, intensité) ce qui est le plus souvent en fonction des circonstances, du niveau du terrain (Tableau 1., Fig. 2.).

3. Les sols alluviaux de prairie et sols de prairies de même que des solonchak-solonetz se rencontrent dans la plus grande étendue sur ce terrain.

4. Les caractéristiques communes de ces sols sont: la construction A-B-B_k-C du profil, la réaction chimique alcaline, la grande teneur en carbonates et la composition granulométrique légère.

La teneur en sel du Ca(HCO₃)₂ des sols de prairies et des sols alluviaux de prairies est insignifiante. La plus grande partie des provisions du sel très considérable des sols alcalins est formée de NaHCO₃ et Na₂CO₃ (Tableau 3.).

5. La formation de la grande partie des sols de la vallée du Danube s'effectuait par les circonstances de la formation des sols de prairie (sous l'effet de l'eau souterraine) ce qui est prouvé par les timbres hydromorphes des sols en premier lieu par les niveaux d'accumulations de calcaire (B_k).

6. Au cours de la formation des sols alcalins de la vallée du Danube, la formation du sol de prairie est liée aux processus de l'accumulation des sels.

7. Des sources primaires de la provision du sel des sols de la vallée du Danube, les roches de la couronne volcanique des montagnes aux bords de la plaine (andesite, riolite et surtout les tufs effrités de ceux) sont les plus importants.

8. Des sources de sels secondaires les eaux souterraines utilisant justifiablement l'effet collectif de plusieurs sources de sel, sont les plus importantes (les horizons géologiques plus bas, les eaux des terrains, des couches et des sols, les eaux de surface infiltrant, les eaux d'inondation etc.).

Cela est prouvé par:

a) la très grande provision du sel des terres alcalines de la vallée du Danube (les sels provenant d'un grand terrain se concentrent sur un petit terrain),

b) la corrélation étroite entre la formation des horizons de l'accumulation des sels et le niveau de la nappe phréatique,

c) la corrélation étroite entre la circulation du sel et l'oscillation du niveau de la nappe d'eaux,

d) la différenciation des sels selon leur solubilité dans le profil du sol, les maximums de CaCO₃, MgCO₃, NaHCO₃ et NaCl se posent l'un au-dessus de l'autre.

L'eau de la surface joue le rôle d'une petite source de sel, une importance locale ont des sources de sel biologiques des horizons géologiques plus bas, et des eaux souterraines de même que dans les temps derniers l'eau d'irrigation salée.

9. Du terrain entier du système collecteur de l'eau souterraine, les eaux filtrant vers la vallée du Danube située plus bas et en même temps s'enrichissant en teneur de sel du type Ca-(Na)-HCO₃ s'obstruent et s'accumulent dans la vallée du Danube (Tableau 7.).

Dans ces terrains où cause de la petite profondeur sous le terrain de cette eau souterraine stagnante (sur le terrain disposant de manque d'eau 125—150 mm par an en outre ayant un climat relativement sec) il y a possibilité d'évaporation augmentée, elle se concentre dans une plus grande mesure, sa composition devient NaHCO₃-é unilatéralement parce que la solubilité à hydrocarbonates alcalino-terreux est repoussée.

Parallèlement le milieu est alcalisé, sur les surfaces de limite de la nappe phréatique, des horizons de l'accumulation du sel se forment, le complexe d'adsorption après avoir été saturé des ions Na⁺, le sol devient alcalin.

10. Les conditions de l'accumulation du sel et de l'alcalisation dans la vallée du Danube sont par conséquent:

a) le niveau de la nappe phréatique est à la proximité de la surface (évaporation d'eau nutrition d'eau.)

b) eau de sol stagnante (l'empêchement réitéré de la dilution de l'eau du sol.)

c) les circonstances assurant que l'évaporation potentielle intensive se fait valoir (le manque de la couverture d'eau constante etc.)

11. L'entrée en jeu de ces conditions fixe l'existence ou le manque de l'alcalisation et mettant au point ces conditions on peut élaborer les méthodes de l'amélioration des sols alcalins de ces terrains.

a) L'empêchement de l'accumulation du sol ultérieure et de l'alcalisation par la suppression de l'une des conditions ci-dessus.

1. L'empêchement de renouvellement c'est à dire modération de l'eau souterraine de la vallée du Danube (l'égout de ceinture avec la coupure approfondie).

2. La submersion du niveau de la nappe phréatique sous le niveau critique (2 m).

3. L'empêchement de la formation de l'eau souterraine stagnante (système d'égout convenable assurant un échange d'eau vive).

b) La diminution de la provision du sol présent.

1. L'amélioration des circonstances de drainage du profil du sol (amélioration chimique du sol) ameublissement du sous-sol etc.

2. Irrigation.

Tableau 1. Corrélation entre le placement du niveau du terrain des sols, le type du sol, la profondeur moyenne souterraine du niveau de la nappe d'eau et la composition chimique de la nappe d'eau dans la vallée du Danube. (1) Le type du sol *a)* alluvial cru, *b)* chernozem de prairie, *c)* sol alluvial de prairie, *d)* solonchak-solonetz, *e)* solonetz carbonaté, *f)* solonchak. (2) La hauteur au dessus du niveau de la mer, (3) La profondeur moyenne souterraine de la nappe phréatique. (4) La teneur en sel de la nappe phréatique g/l. (5) La composition chimique de la nappe phréatique (de type d'eau).

Tableau 2. Données expérimentales générales des sols. A-1 alluvial cru, A-2 solonchak, solonetz de prairie carbonaté avec croûte, A-3 solonchak, A-4 sable humifère, A-5 sol de prairie marécageux, K 602 sol alluvial de prairie, K 606 solonchak solonetz, S-5 sol de prairie. (1) Numéro du profil, type du sol. (2) Signe et profondeur de l'horizon génétique. (3) Profondeur de la prise d'échantillon, m. (4) Humus %.

Tableau 3. La composition granulométrique des sols examinés %. (1) Numéro du profil. (2) La profondeur de la prise d'échantillon cm. (3) Perte à l'acide chlorhydrique %. (4) Fraction granulométrique mm. (5) Sable physique, sable argile.

Tableau 4. Les cations échangeables des sols examinés. (1) Numéro du profil, et la profondeur de la prise d'échantillon.

Fig. 1. Placement géographique des profils examinés.

Fig. 2. Corrélation entre le placement du niveau des sols, la profondeur souterraine de la nappe phréatique et le type génétique du sol dans la vallée du Danube.

1. Sol alluvial cru. 2. Sol alluvial humifère. 3. Solonetz à prairie carbonaté solonchakeux avec croûte. 4. Sol alluvial à prairie. 5. Solonchak solonetz. 6. Solonchak. 7. Terro à prairie solonetzoux. 8. Sol de sable humifère. 9. Sol de prairie marécageux. 10. Sol de sable humifère. *a)* le niveau du sol, *b)* le niveau de la nappe d'eau, *c)* la place de l'exploitation, *d)* la hauteur au dessus de la mer, *e)* le niveau de l'eau périodique.

Fig. 3. Les profils du sel des sols examinés (mg/100 g sol) *a)* alcalis, *b)* alcalino-terreux.

Fig. 4. La composition chimique des eaux de surface et souterraines examinées, *a)* eau souterraines, *b)* eau de surface.

Fig. 5. L'esquisse de la formation des horizons d'accumulations de calcaire dans la vallée du Danube. *a)* eau atmosphérique, *b)* solution du sol à contenu CO_2 , *c)* perte de $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ précipité, *d)* le niveau d'accumulation de calcaire, *e)* le niveau de l'effet de l'eau souterraine, *f)* évaporation \rightarrow concentration $\rightarrow \text{CaCO}_3$ et MgCO_3 mal solubles précipitent, *g)* le niveau de la nappe phréatique.

Fig. 6. La différenciation des sels selon leurs solubilité dans le profil du sol.

Fig. 7. Le processus de l'accumulation du sel dans la vallée du Danube, I. (esquisse) *a)* hauteur au dessus du niveau de la mer, *b)* plateau de loess située au delà du Danube, *c)* Danube, *d)* vallée du Danube, *e)* partie dorsale entre le Danube et la Tisza, *f)* bords du bassin, *g)* la Montagne Centrale de la Hongrie. 1. calcaire, 2. riolite, andésite, 3. tuf de riolite et andésite. 4. argile pannonien à fermeture hydraulique. 5. caillou, sable, limon sablonneux fluviaux, 6. lentille d'argile, 7. loess, 8. argile pleistocène. La direction des flèches désigne la tendance des mouvements de l'eau, leur épaisseur la quantité des

eaux, l'épaisseur des flèches noires et la grandeur des signes chimiques la mesure de l'augmentation de la teneur en sel.

Fig. 8. Le processus de l'accumulation du sel dans la vallée du Danube II (esquisse) *a)* le niveau du sol, *b)* le niveau en équilibre (critique) de la nappe du sol, *c)* le niveau effectif de la nappe du sol, *d)* la pression hydrostatique, *e)* lessivage (sol de prairie, sol alluvial de prairie), *f)* accumulation du sel proche à la surface (solonchak-solonetz), *g)* accumulation du sel intensive superficielle (solonchak), *h)* la hauteur au-dessus du niveau de la mer, *i)* le changement de la composition chimique des sols au cours de la concentration, *j)* le type de l'eau, *k)* l'ordre de la précipitation des sels, *l)* les horizons à accumulation de calcaire.

La direction des flèches désigne la tendance du mouvement de l'eau et du sel. L'épaisseur des flèches blanches et proportionnelle à l'intensité du mouvement de l'eau, l'épaisseur des flèches noires à la teneur en sel des eaux.

Процессы соленакопления в почвах долины Дуная

ДЬ. ВАРАЛЛЯИ

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

Резюме

В Венгрии после Затисья вторым большим районом распространения засоленных почв является междуречье Дуная и Тиссы. Большая часть этих засоленных почв приурочена к долине реки Дуная, где они образуют довольно большие сплошные массивы. Причиной образования солончаков, солончаков-солонцов и карбонатных солончаковых солонцов в долине Дуная и их весьма низкого плодородия в первую очередь является высокое содержание воднорастворимых солей, особенно NaHCO_3 и Na_2CO_3 . Поэтому, как с точки зрения генезиса, так и с точки зрения освоения этих почв весьма важным является изучение процессов соленакопления в почвах долины Дуная. В данной статье приводятся новейшие данные по этому вопросу. Выводы обосновывались данными исследований природных и почвенных условий долины Дуная и подробного изучения генезиса почв, начатого в 1960 году. Установили следующее:

1. На изученной территории паннонское ложе, представляющее собой, за исключением линий тектонических разломов, водоупорный слой, перекрывается различной мощности (50—100 м), переменнo — слоистыми, различного механического состава, карбонатными отложениями реки Дуная. Эти отложения текучих вод являются основной почвообразующей породой и хранят значительный запас воды общей подповерхностной водосборной системы долины Дуная, главным источником которого являются воды атмосферных осадков, выпадающих по периферии водосборного бассейна и просачивающихся через слои различной мощности. Средняя глубина залегания грунтовых вод в долине Дуная 1—3 м.

2. Распределение почвенных типов в долине Дуная тесно связано с одной стороны с расстоянием от реки Дуная (со временем, прошедшем после освобождения почв от влияния паводковых вод Дуная), с другой стороны с глубиной залегания грунтовых вод (глубина, многократность, продолжительность и интенсивность влияния грунтовых вод), что в свою очередь зависит от условий рельефа (Табл. 1, Рис. 2).

3. На вышеназванной территории больше всего распространены луговые аллювиальные и луговые почвы, а также солончаки-солонцы.

4. Общим для всех почв является расчлененность почвенного профиля на горизонты А—В—В_к—С, щелочная реакция, содержание карбонатов и легкий механический состав.

В лугово-аллювиальных и луговых почвах содержание $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ незначительно. В засоленных почвах большая часть солей представлена NaHCO_3 и Na_2CO_3 (Рис. 3).

5. Образование почв долины Дуная в основном проходило в луговых условиях (под влиянием грунтовых вод), на что указывают гидроморфные признаки, в первую очередь горизонты аккумуляции карбонатов кальция (В_к).

6. При образовании засоленных почв в долине Дуная луговые процессы переплетались с процессами соленакопления.

7. Первостепенными источниками солей в почвах долины Дуная являются горные породы вулканических гор, окружающих равнину (андезит, риолит, а главным образом их выветрившиеся туфы).

8. Среди второстепенных источников накопления солей (глубокие геологические слои, фосильные воды, пластовые и грунтовые воды, инфильтрационные поверхностные и полые воды и т. д.) наибольшее значение имеют подземные воды, испытывающие комплексное влияние многих источников солей.

Это подтверждается:

а) Значительным содержанием солей в засоленных почвах долины Дуная (соли со значительных площадей собираются на небольших территориях).

б) Тесной связью горизонтов накопления солей с уровнем грунтовых вод.

в) Зависимостью передвижения солей с изменением уровня грунтовых вод.

г) Дифференциацией солей в почвенном профиле соответственно степени их растворимости: CaCO_3 , MgCO_3 , NaHCO_3 и NaCl , максимумы их накопления располагаются друг над другом (Рис. 6).

Менее значительную роль в накоплении солей играют поверхностные воды, местного значения биологические источники солей, более глубокие геологические слои и глубинные воды, а в последнее время также засоленные поливные воды.

9. Поверхностные воды, стекая со всей территории почвенной водосборной системы в направлении глубоководящей долины Дуная, обогащаются солями типа $\text{Ca}(\text{Na}) - \text{HCO}_3$ накапливаются, аккумулируются (Рис. 7).

На тех территориях, где в результате неглубокого залегания застойных грунтовых вод (на территориях с относительно сухим климатом, где недостаток годового количества осадков достигает 125–150 мм) имеется возможность для увеличения интенсивности ее испарения, концентрация содержащихся в воде солей увеличивается и состав солей, в результате оттеснения на задний план степени растворимости гидрокарбонатов щелочно-земельных металлов, односторонне становится гидрокарбонатно натриевым. Параллельно подщелачивается и реакция среды, на границе влияния грунтовых вод образуются соленосные слои, затем при насыщении поглощающего комплекса ионами натрия почва засоляется.

10. Таким образом в долине Дуная предпосылками для накопления солей и засоления почв являются:

а) Близкое залегание грунтовых вод (испарение грунтовых вод > пополнения грунтовых вод).

б) Застойные грунтовые воды (воспрепятствие повторному разбавлению грунтовых вод).

в) Условия, обеспечивающие осуществление интенсивного потенциального испарения (отсутствие постоянного водного покрова и т. д.).

11. Наличие этих предпосылок определяет возникновение или отсутствие засоления и на их основании можно разработать методы мелиорации засоленных почв данной территории:

а) Устраняя один из вышеперечисленных факторов с целью прекращения дальнейшего соленакопления и засоления почв:

1. Препятствуя или уменьшая возможность пополнения подповерхностных вод долины Дуная (пояс глубоких каналов).

2. Снижая уровень грунтовых вод ниже критического. (≈ 2 м).

3. Предотвращая возникновение застойных грунтовых вод (определенная система каналов, обеспечивающая постоянную смену воды).

б) Снижая существующее содержание солей:

1. Улучшением дренажных условий почвы (химическая мелиорация, глубокое рыление и т. д.).

2. Орошением.

Табл. 1. Связь между залеганием почв по рельефу, почвенным типом, средней глубиной залегания уровня грунтовых вод и химическим составом грунтовых вод в долине Дуная. (1) Аллювиальные почвы. (2) Луговой чернозем. (3) Лугово-аллювиальные, луговые почвы. (4) Солончак-солонец, карбонатный солонец. (5) Солончак. а) Высота залегания над уровнем моря. б) Средняя глубина залегания грунтовых вод. в) Содержание солей в грунтовых водах в гр/л. д) Химический состав грунтовых вод (тип воды).

Табл. 2. Данные общего анализа почв. А—1 молодые аллювиальные почвы, А—2 солончаковатый карбонатный корковый луговой солонец, А—3 солончак, А—4 гумусированная песчаная почва, А—5 болотно-луговая почва, К—602 лугово-аллювиальная почва, К—606 солончак-солонец, S—5 луговая почва. (1) Номер разреза, тип почвы. (2) Обозначение генетического горизонта. (3) Глубина генетического горизонта. (4) Глубина взятия образцов.

Табл. 3. Механический состав исследованных почв в %-ах. (1) Номер разреза.

(2) Глубина взятия образца. (3) Потеря от обработки HCl. (4) Размер частичек в мм. (5) Физический песок и физическая глина.

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

Рис. 1. Географическое распределение почвенных разрезов.

Рис. 2. Связь между залеганием почв по рельефу, глубиной уровня грунтовых вод и типом почвы в долине Дуная. 1. Молодые аллювиальные почвы. 2. Гумусированные аллювиальные почвы. 3. Карбонатный, солончаковый луговой солонец. 4. Луговые аллювиальные почвы. 5. Солончак-солонец. 6. Солончак. 7. Солонцеватая луговая почва. 8. Гумусированная песчаная почва. 9. Болотно-луговая почва. 10. Гумусированная песчаная почва. а) Поверхность почвы. б) Уровень грунтовых вод. в) Место заложения разреза. д) Высота над уровнем моря. е) Периодическое стояние воды.

Рис. 3. Солевой профиль исследованных почв (мг/экв на 100 гр почвы). а) Щелочные металлы. б) Щелочно-земельные металлы.

Рис. 4. Химический анализ поверхностных и грунтовых вод. а) Грунтовая вода. б) Поверхностная вода.

Рис. 5. Схема образования известково-аккумулятивных горизонтов в почвах долины Дуная. а) Атмосферные воды. б) CO₂-содержащий раствор. в) Лишившийся CO₂ — выпадает CaCO₃. д) Известково-аккумулятивный горизонт. е) Граница влияния грунтовых вод. ф) Испарение — концентрирование — слаборастворимые CaCO₃ и MgCO₃ выпадают. г) Уровень грунтовых вод.

Рис. 6. Дифференцирование солей в почвенном профиле по степени их растворимости.

Рис. 7. Процесс накопления солей в почвах долины Дуная. I. (схема). а) Высота над уровнем моря. б) Задунайское лёссовое плато. в) Дунай. д) Долина Дуная. е) Седловина междуречья Дуная и Тиссы. ф) Окраины бассейна. г) Венгерское среднегорье. 1. Известняк. 2. Риолит, андезит. 3. Риолитовый и андезитовый туф. 4. Водоупорная паннонская глина. 5. Галька, песок опесчаненный ил водного происхождения. 6. Линзы глины. 7. Лёсс. 8. Плейстоценовые глины. Направление стрелок указывает направление движения воды, толщина стрелок — количество воды, толщина черных стрелок обозначает степень увеличения содержания солей в воде.

Рис. 8. Процесс накопления солей в почвах долины Дуная. II. (схема). а) Поверхность почвы. б) Равновесный (критический) уровень грунтовых вод. в) Настоящий уровень грунтовых вод. д) Гидростатический напор. е) Выщелачивание (луговые и лугово-аллювиальные почвы). ф) Накопление солей вблизи от поверхности (солончаки-солонцы). г) Интенсивное накопление солей на поверхности (солончаки). h) Высота над уровнем моря. i) Изменение химического состава вод в результате их концентрирования. j) Тип воды. к) Очередность выпадения солей. l) Известково-аккумулятивные горизонты.

Направление стрелок указывает направление движения воды и солей. Толщина белых стрелок соответствует интенсивности движения воды, толщина черных стрелок соответствует содержанию солей в водах.