

Modell a kalcium-szulfát oldódásának számítására öntözővizekben és szolonyec talajokban

DARAB KATALIN és CSILLAG JULIANNA

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A szikes talajok javításának gyakran fontos eleme a savanyú kémhatással disszociáló, jól, vagy közepesen oldódó kalciumtartalmú javítóanyag, leggyakrabban kalcium-szulfát adagolása a talajba, vagy öntözővízbe. A szükséges javítóanyag mennyiségének számításánál több tényezőt kell figyelembe venni. Ezek közül a legfontosabbak:

- a talajban, vagy vízben levő maradék karbonát semlegesítése;
- a talaj kicserélhető nátriumionjainak lecserélése, a kationcsere egyensúlyának eltolása a kalciumionok javára;
- a talaj folyadékfázisában a kalcium-szulfát telítési koncentrációjának beállítása.

Az ismert módszerek a javítóanyag mennyiségének számításánál csak az első két tényezőt veszik figyelembe és nem számolnak az oldat telítéséhez szükséges gipsz mennyiségével. A talajoldat telítéséhez szükséges javítóanyag mennyiségét számíthatjuk az oldat összes sókoncentrációjának és összetételének ismeretében. Hasonlóképpen számítható az öntözővizek minőségének, kémiai összetételének ismeretében az öntözővízben oldódó javítóanyag mennyisége, a kalcium-szulfát telítési koncentrációja.

Az ioncserehez szükséges kalcium-szulfát mennyiségének azt a mennyiséget vesszük, amely szükséges ahhoz, hogy a talaj kicserélhető nátrium százalékat 5 S%-ra, vagy ez alá csökkentse. A talajban ilyen mértékű javulás valóban el is érhető az esetek jelentős részében. A javulás mértékét és sebességét azonban befolyásolja a talaj kicserélhető nátrium százalékán túl az adszorpciós komplex felületével egyensúlyt tartó talajoldat koncentrációja és kémiai összetétele. Ezeket szem előtt tartva, modellt állítottunk fel, melyben egymást követő lépésekben szimuláljuk az oldódási és ioncsere folyamatokat. A modell alkalmazásának feltétele:

- a talajjal egyensúlyt tartó oldat kalcium-szulfátra telített;
- az ioncsere-egyensúly eltolódásakor, ha az oldat Ca^{2+} -ionra telítetlenné válik, az a javítóanyag oldódásával újra telítődik;
- a túltelített oldatból kicsapódó kalcium-szulfát oldhatósága megegyezik a javítóanyagéval, illetve azt nem befolyásolja;
- az ioncsere egyensúlyát meghatározó Gapon-féle szelektivitási koefficiens állandó, értéke nem függ az oldat koncentrációjától és a talaj nátrium-telítettségétől. Értéke a nem javított talajban mért adatokból számítható és arra jellemző érték:

$$K_G = \frac{\frac{RNA}{T-RNa}}{\frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+} + Mg^{2+}]}{2}}}} = \frac{ESR}{SAR} \quad /1/$$

ahol: []-ben a talajoldat kationjainak koncentrációi (m_e/l) szerepelnek; T ill RNA a talaj kationcserélő kapacitása, illetve a kicserélhető Na⁺-ionok mennyisége (m_e/100 g talaj); SAR a talajoldat nátrium adszorpciós aránya; ESR a talaj kicserélhető nátrium aránya /RICHARDS, 1954/;

- feltételeztük továbbá azt, hogy az oldat mozgásakor a figyelembe vett talajrétegbe belépő oldat változatlan, az eredetivel megegyező koncentrációval és kémiai összetétellel rendelkezik.

A modellt korábbi kísérletünk adataira alkalmaztuk. A kísérlet során réti szolonyec talajokból vett minták telítési kivonataiban mértük az analitikai tisztaságú gipsz és hemihidrát, valamint finom- és durvaszemcsés anhidrit oldhatóságát. Meghatároztuk a talajkivonatok kémiai összetételét az anyagokkal való telítés előtt és után /DARAB et al., 1979/. Számítógépes modellt dolgoztunk ki, amely lehetővé teszi az eredeti talajkivonat, illetve öntözővíz kémiai összetételének és a talajjavító anyag oldhatósági szorzatának ismeretében az oldat telítéséhez szükséges kalcium-szulfát mennyiségének számítását. A modell részletes leírása korábbi publikációinkban található /DARAB és CSILLAG, 1987-1988/. A számítógépes modell helytállóságát bizonyítja, hogy idegen és közös ionokat tartalmazó vizes sóoldatokban a modellel számított, valamint a mért /irodalomban közölt/ oldódott gipsz koncentrációk között szignifikáns eltérés nem volt /1. táblázat/.

Ezeket figyelembevéve, a kidolgozott eljárással néhány ismert sókoncentrációjú öntözővízben és talajvizben is /DARAB és FERENCZ, 1969/ számoltuk a kalcium-szulfát telítési koncentrációját, illetve a telítéshez szükséges gipsz mennyiségét kg/m³ értékben /2. táblázat/. Az így számított értékek numerikusan azonos a 100 mm kémiaileg javított öntözővízzel talajba vitt gipsz mennyiségével, t/ha dimenzióban kifejezve. Ez az érték változik a víz kémiai összetételétől függően. Legnagyobb a hidrokarbonátos vizeknél:

1. táblázat
Vizes sóoldatokban * mért és a számítógépes modellel kapott oldódott gipszmennyiségek összehasonlítása

n	\bar{X} _{mért}	\bar{X} _{számított}	\bar{X} _{mért} - \bar{X} _{számított}	Sd	t _{szám.}	t _{5%}	SzD _{5%}
							mmol/l
200	17,13	17,24	0,12	0,09	1,37	1,97	0,17

X: A Ca²⁺- koncentráció növekedése a gipsz oldódása következtében

* MgCl₂, KCl, NaCl, MgSO₄, K₂SO₄, Na₂SO₄, CaCl₂ oldatok és elegyek /az eredeti és gipsszel telített oldatok összetétele: cit.: in DARAB és CSILLAG, 1987-1988/

2. táblázat

Öntözővizek és talajvizek telítéséhez szükséges gipsz-mennyiség számítása /a vizek elemzési adatai DARAB és FERENCZ /1969/ által publikált adatok/

Víz eredete, száma	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	me/l				Cl ⁻	Víz típus**	Ca ²⁺ g	Δ Ca ²⁺	Δ CaSO ₄ ·2H ₂ O kg/m ³
				HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	me/l						
Holt-Körös, 29a	1,40	0,70	6,05*	3,69	3,46	1,00	Hidrokarbonát- -szulfátos	31,60	30,20	2,60		
Holt-Körös, 29b	0,96	0,78	8,40*	3,33	4,81	2,00	Szulfát- -hidrokarbonátos	31,06	30,10	2,59		
Holt-Körös, 38	2,59	1,11	2,34	3,52	1,67	0,80	Hidrokarbonát- -szulfátos	32,96	30,37	2,61		
Talajvíz, 39a	5,07	4,41	4,01	9,81	1,10	1,31	Hidrokarbonátos	36,54	31,47	2,71		
Talajvíz, 39b	4,90	8,72	4,27	7,98	6,66	2,26	Hidrokarbonát- -szulfátos	34,48	29,58	2,55		
Talajvíz, 42a	5,28	7,84	2,21	8,05	6,54	0,38	Hidrokarbonát- -szulfátos	34,14	28,86	2,48		
Talajvíz, 44a	11,88	10,12	6,28*	8,65	17,55	2,08	Szulfát- -hidrokarbonátos	33,20	21,32	1,83		
Talajvíz, 49a	8,80	35,20	65,96*	19,55	84,33	6,08	Szulfátos	25,16	16,36	1,41		
Talajvíz, 52a	2,25	3,03	9,83	11,78	1,82	1,51	Hidrokarbonátos	35,04	32,79	2,82		

* : Számított érték

** : Víz típus meghatározása: DARAB és FERENCZ /1969/ 23. táblázat /talajvizek/ és 32. táblázat /felszíni vizek/

Ca²⁺: a vizek telítési Ca²⁺-koncentrációja alapján

Δ Ca²⁺: a Ca²⁺-koncentráció növekedése a víz gipszszel történő telítése következtében /a számítógépes modellel

/DARAB és CSILLAG, 1987-1988/ kapott értékek

Δ CaSO₄·2H₂O: a vizek telítéséhez szükséges oldódó gipsz mennyisége /kg/m³/

2,7 - 2,8 t/ha, és ahogy az anionok között a szulfát részaránya növekszik, úgy csökken a víz telítéséhez szükséges gipsz mennyisége; a szulfátos víz-nél mintegy fele a hidrokarbonátos vizekre számított értéknek. A vizek számított Ca^{2+} telítési koncentrációja tükrözi azok eredeti kémiai összetételét is és a víz típusától függően 36,6 - 25,2 me/l között változik. Ennek megfelelően a talaj felső 10 cm-be 1 me/100 g talaj Na^+ -ion kicseréléséhez 41-60 mm öntözővízzel viszünk be elegendő kalcium-szulfátot /3. táblázat/.

Különböző mértékű a gipsz oldódásával az SAR-értékek csökkenése is a vizekben. A szulfátos vizek kivételével azonban minden kevert típusú víz alkalmas lenne nem szikes talajok öntözésére /4. táblázat/. A szulfátos víz

3. táblázat

Víz-típus-oldódó gipsz mennyiség összefüggése

Víz-típus	ΔCa^{2+} me/l	$\Delta \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kg/m ³	Ca_g^{2+} me/l	Öntözővíz * mennyisége mm
Hidrokarbonátos	31,5-32,8	2,7-2,8	35,0-36,6	42-41
Hidrokarbonát- szulfátos	28,9-30,4	2,5-2,6	31,6-34,4	47-44
Szulfát- hidrokarbonátos	21,3-29,6	1,8-2,6	33,2-31,0	45
Szulfátos	16,4	1,4	25,2	60

ΔCa^{2+} ; $\Delta \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Ca_g^{2+} : lásd 2. táblázat

* A talaj felső 10 cm-ében 1 me Na^+ /100 g talaj kicseréléséhez szükséges öntözővíz mennyisége

4. táblázat

Nátrium adszorpciós arány csökkenése öntöző- és talajvizek gipsszel történő telítése hatására

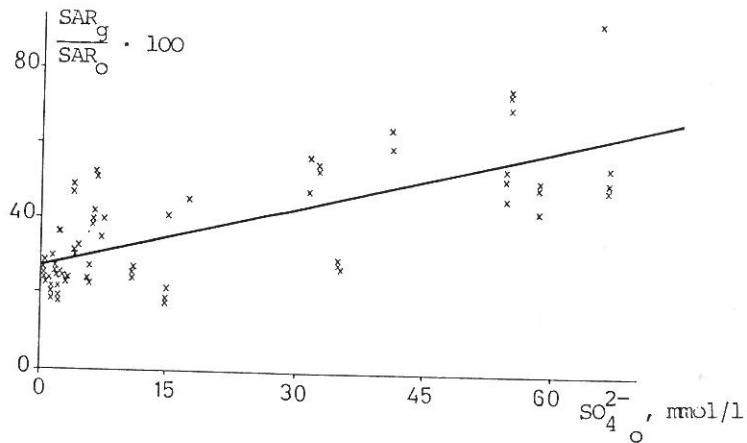
Víz eredete, száma	SAR_o	SAR_g	ΔSAR	$\frac{\text{SAR}_g}{\text{SAR}_o}$	Σ kation me/l
Holt-Körös, 29a	5,90	1,50	4,40	0,25	8,15
Holt-Körös, 29b	9,01	2,10	6,90	0,23	10,10
Holt-Körös, 38	1,72	0,57	1,15	0,33	8,40
Talajvíz, 39a	1,84	0,89	0,96	0,48	14,20
Talajvíz, 39b	1,64	0,92	0,72	0,56	18,25
Talajvíz, 42a	0,86	0,48	0,38	0,56	15,30
Talajvíz, 44a	1,89	1,35	0,54	0,72	28,30
Talajvíz, 49a	14,06	12,01	2,06	0,85	110,00
Talajvíz, 52a	6,05	2,25	3,80	0,37	15,10

Víz-típus megjelölése: lásd a 2. táblázatban

o : gipsszel való telítés előtt; g : gipsszel való telítés után

/49a/ SAR-értékét a gipszezés kevésbé csökkenti, nem teszi alkalmassá öntözésre a nagy sókoncentráció és SAR_g -érték miatt. A hidrokarbonátos vizek közül az új öntözővíz minősítési norma szerint az egyik /39a/ SAR_o -értéke az alkalmazhatóság határán mozog és gipszezéssel feltétel nélkül alkalmazhatóvá tehető. A nagyobb SAR -értékű hidrokarbonátos víz /52a/ alkalmazhatósága nem szikes talajokon még a gipszes javítás után is kétes.

Azok a vizsgálati adataink, melyek bemutatták, hogy a talaj oldatának összes sókoncentrációja és kémiai összetétele miként befolyásolja a kal-



1. ábra

Telítési talajkivonatok kalcium-szulfáttal történő kezelés után kapott SAR -értékei a kivonatok eredeti SAR -értékei százalékában, a kezeletlen oldatok SO_4^{2-} -koncentrációja függvényében. o : eredeti, kezeletlen talaj-kivonatban; g : kalcium-szulfáttal /gipszel, hemihidráttal, finom- és durvaszemcsés anhidrittel/ telített talajkivonatban mért érték

ciumszulfát-tartalmu javítóanyagok oldódását, már egy előbbi közleményünkben megjelentek /DARAB és CSILLAG, 1987-1988/. A kalcium-szulfát mért és számított telítési koncentrációi között a telítési talajkivonatok esetében is jó egyezéseket kaptunk. A telítési kivonatokban éppen úgy, mint a vizekben az eredeti kivonat és a kalcium-szulfátra telített kivonatok nátrium adszorpciós arányait összehasonlítva, itt is szembevetendő, hogy a szulfát-koncentráció növekedésével az oldat SAR -értékének csökkenése mind kisebb lesz /1. ábra/.

A kalcium-szulfát telítési koncentrációjának csökkenése az oldat szulfát-koncentrációjának növekedésével egyúttal azt is jelenti, hogy a kicsérlődési egyensúly kisebb mértékben tolódik el a kalcium javára, mint azonos, vagy kisebb koncentrációjú, nem szulfátos oldatok esetében /5. táblázat/. A vizsgált talajok nemcsak telítési kivonataik összes sókoncentrációjában és kémiai összetételében különböztek, de eltérő volt a talajok nátrium-telítettsége és a telítési kivonatok nátrium adszorpciós aránya is. Ennek megfelelően a talajok számított és a kalcium-szulfáttal telített telítési kivonattal egyensúlyt tartó nátrium-telítettségi értékei /ESP/ is eltérőek voltak. A szimulációs modellel számítottuk a finomszemcsés anhid-

5. táblázat

Szikes talajok telítési kivatának kation-összetétele és a szikesedési mutatók várható változása különböző feltételek mellett

Talajminta szintmél- ség, cm	SP	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Ca^{2+}
		me/l				
Cegléd-22 /40-50 cm/	96,0	6,83	0,69	0,79	13,04	65,43
Cegléd-16 /10-19 cm/	63,9	12,84	2,23	3,81	15,65	48,04
Cegléd-16 /55-65 cm/	79,1	65,50	2,21	12,24	50,70	40,35
Hortobágy-II /2-8 cm/	61,0	110,32	14,51	10,12	110,87	39,75
Hortobágy-II /8-17 cm/	86,7	109,44	1,96	8,08	119,56	29,01

Talajminta szintmél- ség, cm	RNA		SAR _o	SAR _g	ESP _o	ESP	ESP _e
	me/100 g	T talaj					
Cegléd -22 /40-50 cm/	2,25	32,68	15,2	3,5	6,9	2,4	1,1
Cegléd-16 /10-19 cm/	3,39	23,34	9,0	3,4	14,5	7,0	3,9
Cegléd-16 /55-65 cm/	5,94	25,72	18,9	10,3	23,1	16,9	13,6
Hortobágy-II /2-8 cm/	4,87	16,30	31,6	23,7	29,9	25,4	23,1
Hortobágy-II /8-17 cm/	10,37	23,37	53,4	27,4	44,4	33,8	26,3

SP: telítési százalék;

o: kalciumszulfáttal való telítés előtt; g: után; RNA: kicserélhető nátrium mennyisége /me/100 g talaj/; T: kationkicserélő kapacitás /me/100 g talaj/; Ca_g^{2+} : a Ca^{2+} -ion koncentrációja finomszemcsés anhidrittel történő telítésnél /mért adatok, me/l/; ESP: kicserélhető nátrium százalék nem mozgó folyadékfázis esetén; ESP_e: kicserélhető nátrium százalék mozgó folyadékfázis esetén.

/A talajkivonatok elemzési adatai DARAB et al. /1979/ által publikált adatok/.

rit oldódásával a telítési Ca^{2+} -ion koncentrációt, ismerve a kicserélődési egyensúly eltolódását, és megadtuk az új egyensúlynak megfelelő kicserélhető nátrium százalék értéket /ESP/. Majd feltételezve, hogy a talajba belépő oldat összetétele nem változik, számítottuk azt, hogy a talaj folyadékfázisának hányszoros cseréjével érhető el a belépő és az ott kalciumszulfáttal telítődő oldat nátrium adszorpciós arányának megfelelő kicserélhető nátrium százalék érték /ESP_e/.

Az adatok jól mutatják, hogy a javítóanyag oldódását és az ioncserét momentán egyensúlyi feltételekkel jellemezve, az oldat kalcium-szulfátos telítésének megfelelő kicserélhető nátrium százalék értékét a Ca^{2+} -ionok telítési koncentrációja, a talaj eredeti SAR- és ESP-értékei szabják meg. Ezt az értéket befolyásolja, hogy a kicserélődés eredményeként a talaj folyadékfázisának egyensúlyi Na^+ -ion koncentrációja megnő. Abban az esetben, ha a talajban feltételezzük az oldat mozgását, a kicserélhető nátrium százalék egyensúlyi értéke a belépő, kalcium-szulfáttal telített oldat nátrium adszorpciós arányának megfelelő érték és annál kisebb nem lehet.

Öntözővíz alkalmazása esetén a talaj egyensúlyi kicserélhető nátrium-ion százaléka lecsökkenhet a víz SAR-értékére. Az egyensúlyi állapot eléréséhez azonban folyamatos kilúgzás szükséges. A Hortobágy-II. számú szelvény 2-8 cm-es szintjében gipszezés és öntözés esetén /2. táblázat 29a sz. víz/, ha a gipsz oldódása után az SAR-érték 2,11, a vízkapacitásig telített talaj nedvességtartalmának hatszor kell kicserélődnie, ami 180 mm öntözővíznek megfelelően 4,7 t/ha gipszet képes feloldani, hogy a talaj kicserélhető nátrium százaléka 5 % alá csökkenjen /6. táblázat/.

6. táblázat
Kicserélhető nátrium százalék várható változása
szikes talajban gipsz és öntözővíz /29a/ adagolásával

RNa me/100 g talaj	ESP
2,51	15,4
1,75	10,7
1,32	8,1
1,06	6,5
0,88	5,4
0,76	4,7

RNa, ESP: lásd az 5. táblázatban

Irodalom

- DARAB K. és CSILLAG J., 1987-1988. Kalciumszulfát-tartalmú anyagok oldódásának vizsgálata és számítása számítógépes modellel. Agrokémia és Talajtan, 36. 47-64.
- DARAB K. és FERENCZ K., 1969. Öntözött területek talajtérképezése. OMMI. Budapest. 1969.
- DARAB K., RÉDLY L-né és CSILLAG J., 1979. A kalciumszulfát oldhatóságának számítása szikes talajok telítési kivonataiban. Agrokémia és Talajtan. 28. 45-64.
- RICHARDS, L.A. /Ed./, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No. 60. USDA. Washington, D.C.