

SZEMLE

Venezuelai sós talajok és vizek diagnosztikai ismérvei

A szikesedési folyamatok fontossága különösen öntözött területeken világszerte ismert. Mivel a szikesek javítása bonyolult és költséges, fontos, hogy a másodlagos szikesedési folyamatokat megelőzzük. Ehhez megfelelő előrejelzési módszerek szükségesek, amelyek rugalmasan alkalmazhatók és könnyen rendelkezésre álló információkon alapulnak. A megfelelő előrejelzési módszer lehetőséget nyújt arra, hogy az öntözött terület különböző irányú fejlesztéseinek alternatív lehetőségeit előre felmérjük és ennek megfelelően történjék a határozathozatal. Az öntözés hatására várható szikesedés mértéke és az öntözésnek a növényre és talajra gyakorolt hatása nemcsak az öntözővíz minősége következtében változhat, hanem nagyban befolyásolja azt az éghajlat, öntözési technológia és drenázs is. Ezért egy egyszerű diagnosztikai rendszer mindezeket a tényezőket magába kell, hogy foglalja a felhasználható víz minőségi ismérvein kívül.

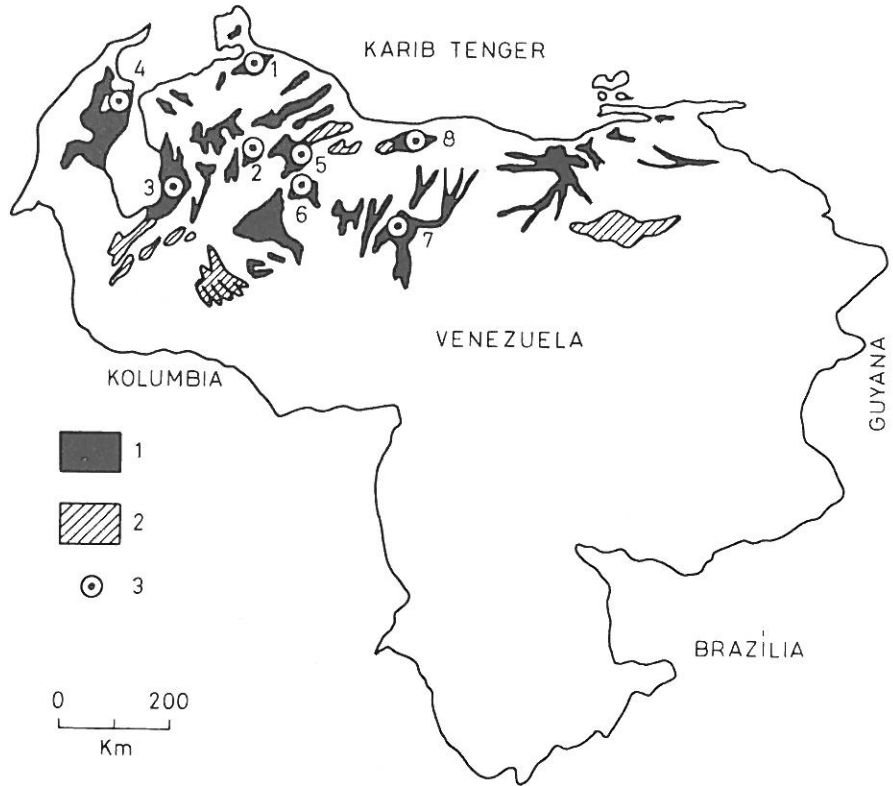
A sófelhalmozódás és alkáli talajok képződése a legfontosabb problémák fenti vonatkozásban. Gyakorlati okoknál fogva a talaj telítési kivonatában mért elektromos vezetőképesség, valamint SAR-értékek $[Na/(Ca + Mg)^{1/2}, \text{mol/l}]$ a fő kritériumok a meghatározásnál. Egy bizonyos talajmélységben a kialakult szikesedés mértéke nagyban függ a só-, vagy ionmértégtől, valamint attól, hogy az öntözés és kilúgzás mennyiben játszanak közre az anyagok oldódásában és kicsapódásában. A hozzáadott és eltávozott vízmennyiség különbsége az ún. *kilúgzási frakció* (LF) kifejezéssel jellemezhető, melyet eredetileg csak az összes sómennyiségre használtak, később azonban a nátriumszint jellemzésére is alkalmazták (PLA, 1967; RHOADES, 1968). Venezuelában — különösen az utóbbi 20—40 évben — az öntözés különböző éghajlati és talajviszonyok között, különböző öntözővizekkel folyik (lásd az 1. ábrát). Miután a tervezés és előrejelzés nem volt megfelelő, sok helyen merültek fel a másodlagos szikesedés problémái. Szabadföldi, üvegházi és laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk abból a célból, hogy értékeljük azokat a tényezőket, amelyek a másodlagos szikesedésért felelősek az egyes esetekben, valamint, hogy ezek összesítésével egy diagnosztikai modellt készítsünk (PLA, 1967, 1968, 1969, 1983; PLA és DAPPO, 1974, 1977). Javaslatok történtek arra, hogy az öntözéses földművelést jelentősebb csapadékkal rendelkező területekre is kiterjesszék. Ezért, hogy az öntözővíz minőségét és a várható szikesedést előrejelezhessük, sürgős feladat a legjobb és legalkalmasabb öntözési rendszerek kiválasztása. Az a tény, hogy a szemi-arid és szubhumid övezetben jelentős mennyiségű csapadék hullik, a prognózist nem teszi könnyebbé (sőt, inkább nehezebbé), mint az arid zónában.

Jelen dolgozatban röviden ismertetjük az általunk kidolgozott modellt és azt, hogy e modellt hogyan alkalmazhatjuk Venezuelában az aktuális és potenciális szikesedési problémák jellemzésére.

Diagnosztikai feltételek

Az alapvető közelítés az volt, hogy minden szóba jöhető öntözővíznél előrejelezzük az összes sótartalmat és Na adszorpciós arányt (SAR), amely a talajoldatban a kilúgzási frakció függvényében létrejön. E célból a $CaSO_4$, $CaCO_3$ és $MgCO_3$ kicsapódását és oldódását vettük

figyelembe (maximális oldhatóságuk alapján). Ez az egyszerűsített megközelítés figyelmen kívül hagyja az ionerősség, CO_2 nyomás, Ca : Mg arány és egyéb tényezők hatását (PLA, 1967; SUAREZ, 1981), amelyeket nehéz előrelátni az igen különböző és nem kontrollált szabadföldi körülmények között, inkább empirikus összefüggésekre és kísérleti bizonyítékokra támaszko-



1. ábra

Szikes vagy potenciálisan szikes talajok Venezuelában. 1. Szikes vagy potenciálisan szikes talajok. 2. Öntözéskor szikesedési problémák nem várhatók. 3. Mintavételi hely

dik (PLA, 1968, 1975), és így ésszerű előrejelzést adhat a legfőbb oldott és kicserélhető ionok minősége és koncentrációja vonatkozásában azokon az öntözött talajokon, ahol a só- és Na-ion-tartalom közel áll a kritikushoz. Feltételezhető, hogy a következő maximális koncentrációk fordulnak elő a talajoldatban:

- a) 30 me/l CaSO_4 ;
- b) 10 me/l Ca- és Mg-bikarbonát, abban az esetben, ha Na-bikarbonát nincs jelen;
- c) Hasonló töménységű Ca- és Mg-bikarbonát az öntözővízben, ha Na-bikarbonát is jelen van és felhalmozódik a talajoldatban.

E feltételezésekkel — ahol a pontosítást a használhatóság érdekében mellőzzük — kapjuk az 1. táblázatban bemutatott összefüggéseket a kilúgzási frakció és sókoncentráció, valamint SAR-érték között a telítési kivonat vonatkozásában.

Az 1. táblázatban jelzett összefüggéseken kívül — melyek a kilúgzási frakción alapulnak — más kémiai folyamatokat is figyelembe kell venni, amikor nátrium talajokról (PLA, 1975),

1. táblázat

Összefüggések a kilúgzási frakció (LF), valamint a telítési kivonat sókoncentrációja és SAR-értéke között

Körülmények	Kilúgzási frakció a telítési kivonat	
	sótartalmára vonatkoztatva	SAR-értékére vonatkoztatva
$B \leq CA$ $B \leq 10 \times LF$ $CAS \leq 30 \times LF$	$(Na + CA)/TS$	$(2 \times Na^2)/(SAR^2 \times CA)$
$B \leq CA$ $B > 10 \times LF$ $CAS \leq 30 \times LF$	$(Na + CA - B)/(TS - 10)$	$\left[\frac{SAR^2 \times (CAS + CACl)^2 + 80 \times Na^2}{20 \times SAR} \right]^{1/2} - \frac{(CAS + CACl)}{20}$
$B \leq CA$ $B \leq 10 \times LF$ $CAS > 30 \times LF$	$(Na + CA - CAS)/(TS - 30)$	Nem fordul elő
$B \leq CA$ $B > 10 \times LF$ $CAS > 30 \times LF$	$(Na + CA - B - CAS)/(TS - 40)$	$\left[\frac{(SAR^2 \times CACl)^2 + (320 \times Na^2)}{80 \times SAR} \right]^{1/2} - \frac{CACl}{80}$
$B > CA$	$Na/(TS - CA)$	$Na/SAR \times (CA/2)^{1/2}$

TS: telítési kivonat összes sótartalma, me/l; B: bikarbonát-; S: szulfát-; Cl: klorid-; Na: nátriumtartalom az öntözővízben; CA = Ca + Mg; CACl = CA - B - S; CAS = CA - B - CACl

vagy savas kémhatású sós talajokról (PLA és FLORENTINO, 1983) van szó. A Na-hidrokarbonát-nak Na-szulfátból való képződése anaerob viszonyok között (WHITTIG és JANITZKY, 1963) jelentős lehet igen kis átérésztő képességű talajoknál szubhumid vagy trópusi viszonyok között, ahol az öntözővíz sótartalma alacsony és főképp hidrokarbonátokat tartalmaz (lásd 2. táblázatot).

Az 1. táblázat adatai alapján következtetni lehet:

1. A kilúgzási frakciókra (LF), melyek egybe esnek a sókoncentráció különböző növények és éghajlati körülmények szerinti kritikus szintjeivel.
2. A kilúgzási frakciókra, melyek egybe esnek a SAR-értékek kritikus szintjeivel különböző talaj- és szikesedési viszonyok, és néha különböző növények esetében.
3. Azokra a kilúgzási frakciókra, amelyek értéke alatt a Ca- és Mg-karbonátok, vagy $CaSO_4$ kicsapódása valószínűleg előfordul.
4. A kilúgzási frakciók értékei, a talajok hidraulikus tulajdonságai és az éghajlat közötti összefüggésekre.

Fentiek alapján előrejelezhetők a következők:

1. Főleg sós vagy alkáli talajok képződnek-e, és azok a tényezők, amelyek kialakulásukhoz vezetnek.
2. Azoknak a növényeknek és öntözési módszereknek megválasztása és kombinációiknak kidolgozása, amelyek alkalmazása esetén a rendelkezésre álló víz és talajviszonyok között a sófelhalmozódás vagy Na-ion-felhalmozódás kritikus határai alatt maradhatnak.
3. Drenázs és kilúgzás szükséges mértéke.

Ha figyelembe vesszük a kilúgzási frakció értékeit — melyeket az 1. táblázat alapján számítottunk — és egy egységes só- és Na^+ -eloszlást feltételezünk a gyökérszónában az ún.

gyakori öntözések rendszerének (DIRKSEN, 1983) alkalmazása látszik megfelelőnek, hogy csökkentjük a kilúgzási frakciót anélkül, hogy az adott diagnosztikai szinten erősebb sötűró növényzettel kelljen felcserélni a növényi sorrendet.

2. táblázat

Potenciális szikes talajok típusai Venezuela öntözött területein a tényezők általános kombinációi szerint

Potenciális probléma	Öntözővíz		A talaj vízáteresztő képessége	Éghajlat Cs > PET (hónap)	Szikes talaj	
	sótartalma, me/l	sóösszetétele			Talajoldat sóösszetétele	Sók kicsapódása
Sófelhalmozódás	> 10	S > Cl > B (Cl > S > B)* Ca + Mg > Na	Nagyon lassútól lassúig	2 (2-4)*	S > Cl > B (Cl > S > B)* Na ≥ Ca + Mg	CaCO ₃ , MgCO ₃ és CaSO ₄
	< 10	B > S > Cl Ca + Mg ≤ Na	Nagyon lassútól lassúig	2 (2-4)*	S > Cl > B Na > Ca + Mg	CaCO ₃ , MgCO ₃ és CaSO ₄
Na % változása	< 10		B > S > Cl B > Ca + Mg Na ≥ Ca + Mg	Nagyon lassú	4-6	S > Cl > B Na > Ca + Mg
		(B > S > Cl)** (Na ≥ Ca + Mg)**			CaCO ₃ , MgCO ₃	
	< 10	B > S > Cl B > Ca + Mg Na ≥ Ca + Mg	Nagyon lassútól közepesig	2 (2-4)*	B > S > Cl Na ≥ Ca + Mg	CaSO ₄

Cs = csapadék; PET = potenciális evapotranspiráció; B = bikarbonátok; S = szulfátok; Cl = kloridok; * időszakosan; ** időszakosan, anaerob körülmények között

A talajok és vizek sótartalmának diagnózisa Venezuelában

A 2. táblázat azoknak a tényezőknek általános kombinációját mutatja be, melyek a korábbi vizsgálatok alapján általunk felhasználást nyertek a talajok só- és Na⁺-tartalmának változásait jellemző rendszer kidolgozására azok között az általános körülmények között, amelyekkel a jelenben és közeljövőben tervezett öntözésekkel kapcsolatban találkozhatunk Venezuelában.

Az 1. ábrán ezek a területek láthatók. Összes területük meghaladja az 1,5 millió hektárt. 8 mintavételi helyet választottunk ki, ahol jelenleg is található különböző tulajdonságú szikes talajok, és e mintavételi helyeken alkalmaztuk a fentiekben jellemzett diagnosztikai modellünket.

A 2., 3., 4. és 5. ábrák, valamint a 3. táblázat mutatnak be néhány eredményt e vizsgálatokból. E mintavételi helyeken az éghajlat, a sótartalom, az öntözővíz minősége és mennyisége mellett vizsgáltuk a telítési kivonat sótartalmát és Na-tartalmát.

Az 1., 2., 3. és 8. mintavételi helyeken talajvizet használtak öntözésre, míg a 4., 5. és 7. mintavételi helyeken felületi vizeket. Minden esetben jó összefüggést találtunk a talajok szikesedése és az éghajlat, valamint a vizek minősége között a 2. táblázatban látható előrejelzésekkel. Az 1., 2. és 4. mintavételi helyeken a sófelhalmozódás dominál, a 7. és 8. mintavételi helyeken viszont inkább a Na-ionok sajátos hatása. Bizonyítékok vannak arra, hogy a mintavételi terület egyéb helyein, mint például a 3., 5. és 6. pont esetében a sótartalom és a Na-ionok alkálikus hatása váltakozik.

3. táblázat

Az öntözővíz oldott ionjainak mennyisége (me/l), valamint a talaj vízáteresztő képessége (cm/h) a mintavételi helyeken

Ionok	Mintavételi hely							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
HCO ₃ ⁻	2,9	1,7	4,7	4,6	7,0	4,0	4,0	4,3
SO ₄ ⁻	6,5	9,5	6,2	2,6	16,0	2,9	0,2	0,5
Cl ⁻	17,0	2,0	1,0	2,3	4,5	0,2	0,2	1,2
Ca ⁺⁺	13,9	7,3	5,4	6,5	13,5	5,5	2,2	3,1
Mg ⁺⁺	5,0	2,9	3,1	1,6	4,9	1,1	1,5	0,6
Na ⁺	7,5	3,0	3,4	1,4	9,1	0,5	0,5	2,3
A talaj vízáteresztő képessége, cm/h	2,0	0,1	0,3	0,2	0,8	0,2	0,1	0,2

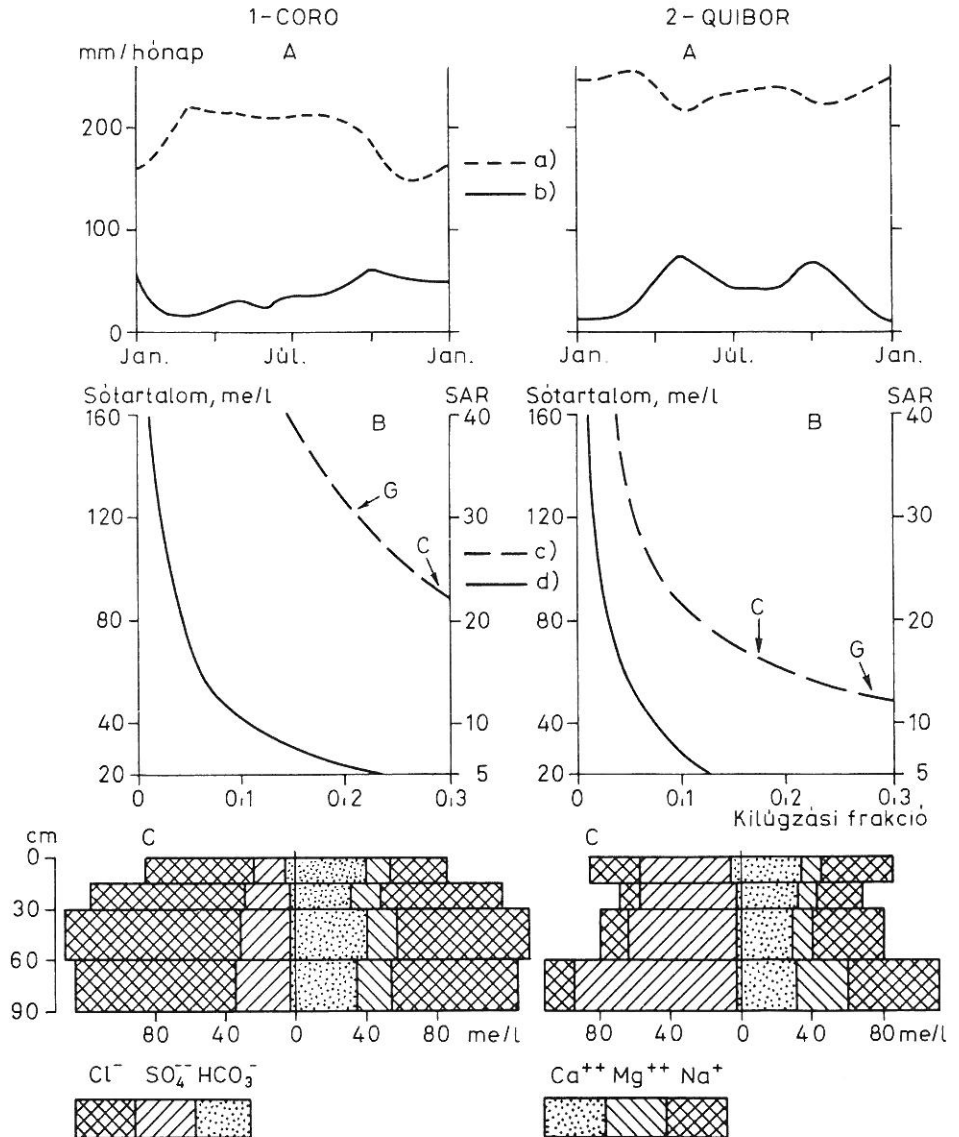
A 2., 3., 4. és 5. ábrák adatai mutatják az összefüggést a kilúgzási frakció, valamint a sókoncentráció és SAR-értékek, valamint a nyíllal jelzett minimális kilúgzási frakciók értékei és a Ca- és Mg-karbonátok (C), illetve CaSO₄ (G) kicsapódása vonatkozásában. Ezen értékeket az 1. táblázat alapján számítottuk. Mind a kilúgzási frakció indexei, a talaj minden só- és nátriumszintjére, valamint egy megadott LF-értékkel várható só- és nátriumszintek feltüntetést nyertek. Ennek alapján tisztázhatók a kritikus szintek összefüggései az adott tényezők figyelembevételével. Emellett előrejelezhetjük a növényi sorrend kombinációjának lehetőségeit, valamint az optimális öntözési technikát, melyek segítségével a kilúgzási frakciót elfogadható szinten tartjuk, az infiltráció és drenázs, a víz felvehetősége, a növények sótűrő képessége és a szikesedés kritikus szintjeinek figyelembevételével. Ezek a kritikus szintek függenek a talaj ásványi összetételétől, fizikai sajátságától és természetesen a szikes körülményeitől is. Ha a fenti tényezők mindegyike, vagy legalább legnagyobb része helyileg ismert, pontosabb táblázatokat is kidolgozhatunk egy alaposabb előrejelzés céljából (PLA és DAPPO, 1967; PLA, 1983).

A kilúgzási frakció értékeinek ismerete, valamint a sókoncentráció és Na % figyelembe vétele a sók kicsapódásánál lehetővé teszi, hogy megállapítsuk azt a LF-értéket, amely alatt a szikesedés jelentősen csökkenthető és azt a sótartalom-értéket, ahol ez bekövetkezik.

Hasonló levezetés szolgálhat arra, hogy meghatározzuk a kritikus Na-ion- vagy szódaszintet, amelyet a kilúgzási frakciók csökkentése következtében érünk el, ahol a Ca- és Mg-sók kicsapódnak (különös tekintettel a CaSO₄ esetleges kicsapódására a talajban). Mindezek a következtetések alapul szolgálhatnak azoknak a lehetőségeknek és az öntözőrendszerek hasznosítási módjainak kidolgozására, amelyeket RHOADES és munkatársai (1974) javasoltak abból a célból, hogy csökkentse a kilúgzási frakciót, amikor a sók a legaktívabb gyökérszóna alatt halmozódnak fel és csapódnak ki. Amikor a kilúgzási frakció értékeit a szikesedési folyamatok prognózisánál alkalmazzák, általában nem veszik figyelembe a sóeloszlás különböző értékeit a gyökérszónában, de a vízfelvétel eloszlását sem. Ugyancsak figyelmen kívül hagyják azt aényt, hogy az öntözés során a talajoldat koncentrációja megváltozik. Mindezek

ellenére a kilúgzási frakció értékei elég nagyok tűnnek ahhoz, hogy a gyakori öntözés módszerét javasoljuk, amely egy adott növényi sótűrő képességre számítva az LF-értékek csökkenését teszi lehetővé.

Ha a kilúgzási frakciót, mint a potenciális szolonyecsedés veszélyét tekintjük, nem

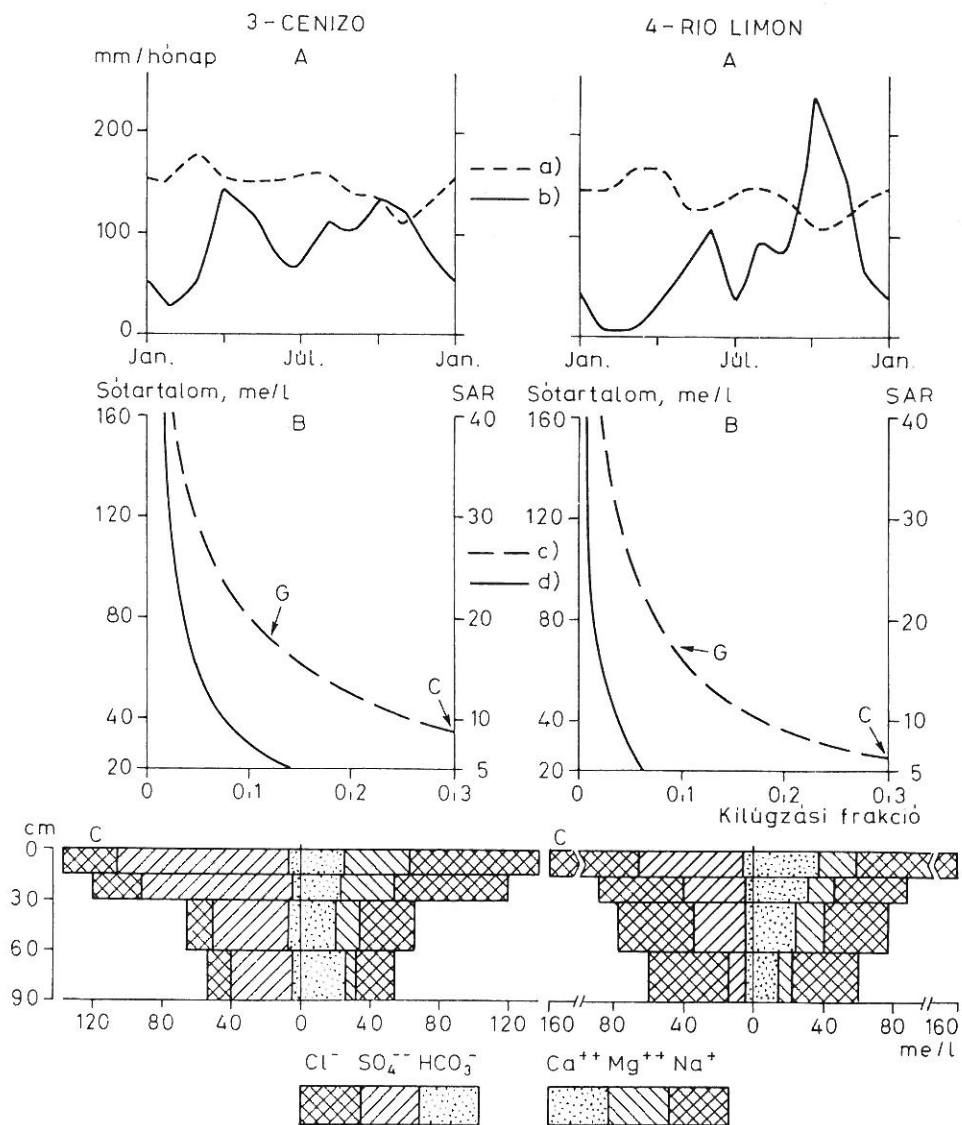


2. ábra

Az 1. (Coro) és 2. (Quibor) mintavételi hely jellemzői. A. Éghajlati jellemzők. a) potenciális evapotranspiráció; b) csapadék. B. Összefüggés a kilúgzási frakció, valamint a telítési kivat sótartalma és SAR-értéke között. c) várható sószint; d) várható Na-szint. C. A talaj sótartalma

rendelkezünk a fentiekhez hasonló lehetőségekkel az öntözés technikáját illetően és a kevés lehetőségek egyike az LF csökkentésére (PLA, 1969) Ca-tartalmú javítóanyagoknak az öntözővízhez való adagolása lehet. A számítás az előzőekben ismertetett módszer szerint történhet.

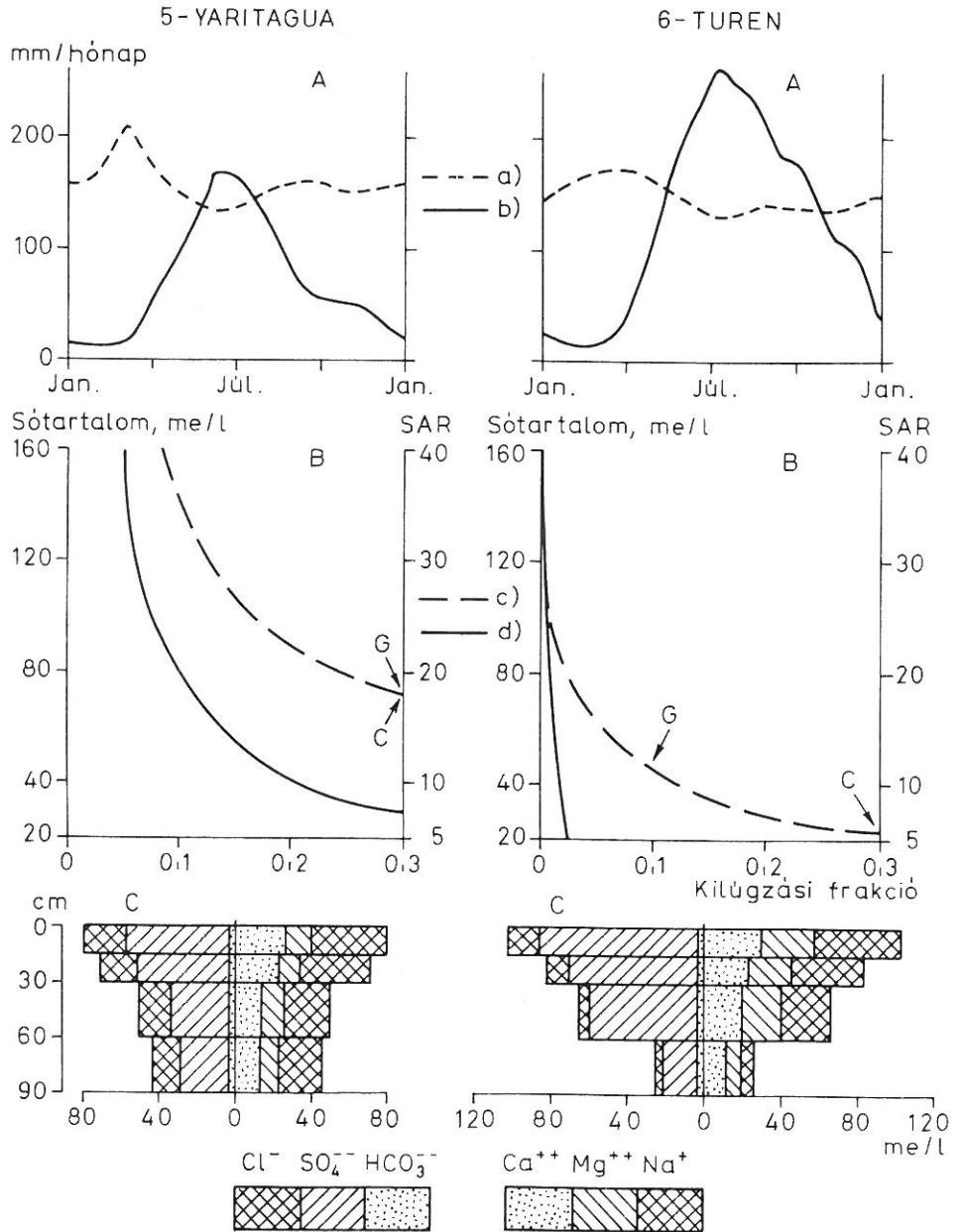
Diagnosztikai modellünk alapján az öntözővizek szódásodása alacsony sótartalom esetén a gyakoribb és szemiárid vagy szubhumid éghajlati körülmények között a rossz vízáteresztő képességű talajokon az időszakosan öntözésre használt vizek esetében, melyekhez



3. ábra

A 3. (Cenizo) és 4. (Rio Limon) mintavételi hely jellemzői. A—C: lásd 2. ábra

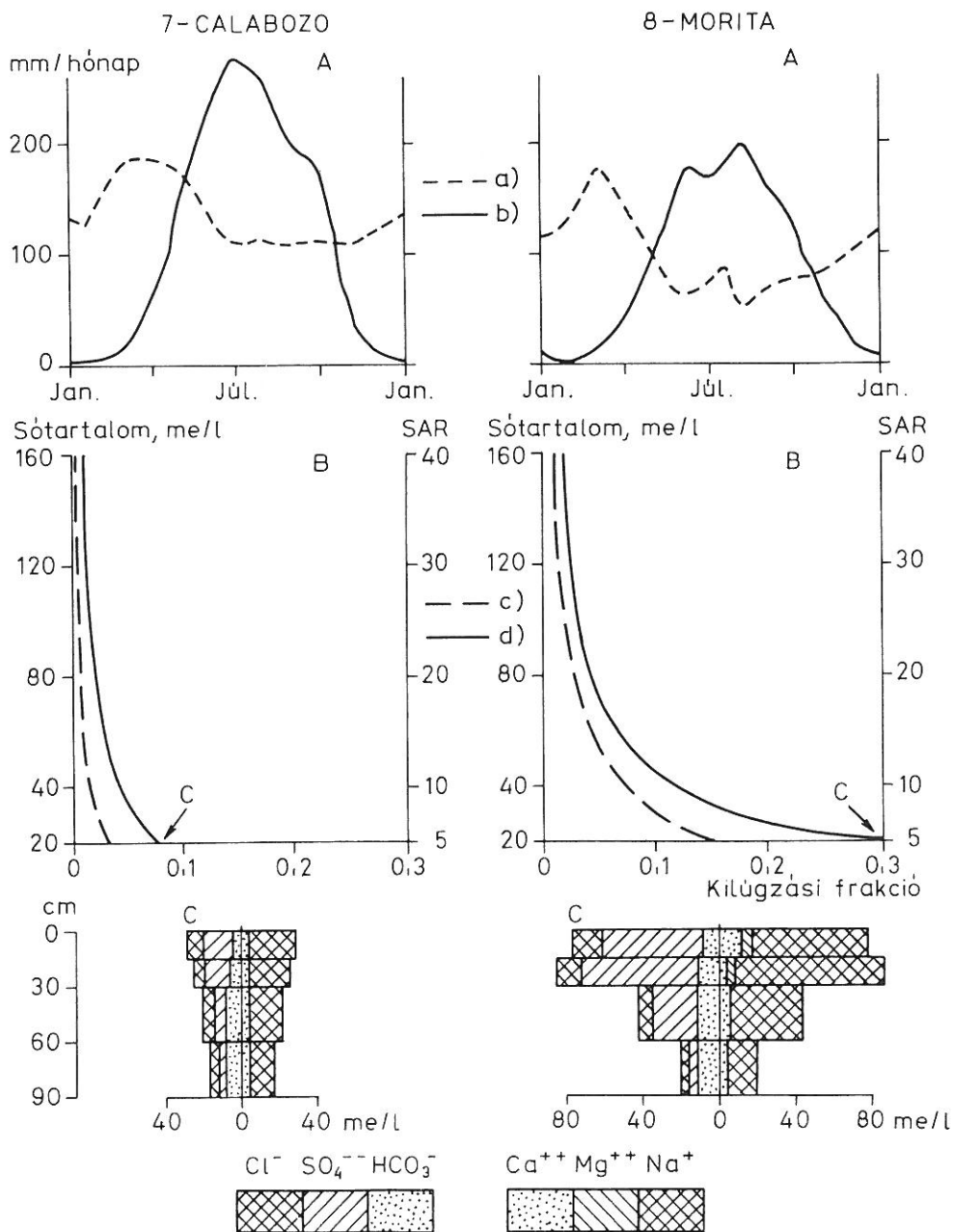
néha az anaerob körülmények között létrejövő szódásodás is csatlakozik (SZABOLCS, 1969).
 Ez összhangban van KOVDA (1965) megállapításával az alkáli szódás szikes talajokkal kapcsolatban.



4. ábra

Az 5. (Yaritagua) és 6. (Turen) mintavételi hely jellemzői. A—C: lásd 2. ábra

Végül, meg kell állapítanunk, hogy egy rugalmas megközelítési módszer hasonlóan az általunk kidolgozotthoz szélesebb környezeti körülmények között is felhasználható a sós és alkáli talajok vonatkozásában, mint a korábban kidolgozott rendszerek (AYERS és WESTCOT.



5. ábra

A 7. (Calabozo) és 8. (Morita) mintavételi hely jellemzői. A—C: lásd 2. ábra

1976), melyeket az arid éghajlat sajátos viszonyai között lehet alkalmazni. Ez a megállapítás fontos, amikor a prognózisnak különböző klimatikus, talaj-, hidrológiai és más környezeti viszonyok között kell megfelelni olyan területen is, ahol a különböző öntözési rendszerek alkalmazásának nincs vagy kevés a hagyománya.

Összefoglalás

Szerző a másodlagos szikesedés által érintett venezuelai területeken dolgozott ki megfelelő előrejelzési rendszert.

Megállapításai érvényesek más szemiárid vagy szubhumid területekre is, ahol a szerző modellje inkább alkalmazható, mint a sivatagi viszonyok között érvényes hagyományos modellek.

Irodalom

- AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W., 1976. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. Rome.
- DIRKSEN, C., 1983. Principles of root water uptake, soil salinity, and crop yield for optimizing irrigation management. Proc. Int. Symp. Isotope and Radiation Techniques in Soil Physics and Irrigation Studies. 235—247. IAEA. Vienna.
- KOVDA, V. A., 1965. Alkaline soda-saline soils. *Agrokémia és Talajtan*. **14**. Suppl. 15—48.
- PLA, I., 1967. Evaluación cuantitativa de los efectos de los bicarbonatos en el agua de riego sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos y factores que influyen sobre la magnitud de tales efectos. *Revista Fac. Agronomía. Alcance* 12. maracay.
- PLA, I., 1968. Evaluation of the quality of irrigation waters with high bicarbonate content in relation to drainage conditions. *Trans. 9th Congr. Int. Soil Sci. Soc. Adelaide*. **1**. 357—370.
- PLA, I., 1969. Calcium required as an amendment for irrigation waters with high bicarbonate content in relation to the drainage conditions. *Agrokémia és Talajtan*. **18**. Suppl. 283—289.
- PLA, I., 1975. Salt and water balances in irrigated soils under tropical conditions. Proc. Int. Symp. New Developments in the Field of Salt Affected Soils, Cairo, 1972. 117—126. Min. Agric. Cairo.
- PLA, I., 1983. Sistema integrado agua-cultivo-suelo-manejo para evaluar la calidad de agua para riego. Proc. Int. Symp. Isotope and Radiation Techniques in Soil Physics and Irrigation Studies. 191—206. IAEA. Vienna.
- PLA, I. & DAPPO, F., 1974. Sistema Racional para la Evaluación de Calidad de Aguas para Riego. Supl. Técnico No. 12. FUDECO. Barquisimeto, Venezuela.
- PLA, I. & DAPPO, F., 1977. Field testing of a new system for qualifying irrigation waters. Proc. Int. Conf. Managing Saline Water for Irrigation. 376—387. Lubbock, Texas.
- PLA, I. & FLORENTINO, A., 1983. Características y diagnóstico de suelos salino-ácidos en Venezuela. Proc. Int. Workshop on Salt-Affected Soils of Latin America. Maracay.
- RHOADES, J. D., 1968. Leaching requirement for exchangeable sodium control. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **32**. 652—656.
- RHOADES, J. D. et al., 1974. Minimizing the salt burdens of irrigation drainage waters. *J. Environ. Quality*. **3**. (4) 311—316.
- SUAREZ, D. L., 1981. Relation between pH and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternative method of estimating SAR of soil and drainage water. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45**. 469—475.
- SZABOLCS, I., 1969. The influence of sodium carbonate on soil forming processes and on soil properties. *Agrokémia és Talajtan*. **18**. Suppl. 37—68.
- WHITTIG, L. D. & JANITZKY, P., 1963. Mechanisms of formation of sodium carbonate in soils. I. Manifestation of biological conversions. *J. Soil Sci.* **14**. 322—333.

I. PLA SENTIS

Venezuelai Egyetem Mezőgazdasági
Kara, Maracay (Venezuela)

Érkezett: 1986. március 3.