

A szikes talajok kémiai jellemzői közötti összefüggések

FILEP GYÖRGY

Agrártudományi Egyetem, Debrecen

A szikes talajok legfontosabb kémiai jellemzői: a vízben oldható sók mennyisége, a sók minősége (elsősorban a talajoldat szikesítő hatását kifejező nátrium adszorpciós arány, SAR_c), a talaj szilárd fázisának nátriumtelítettsége ($ESP = Na_S \%$) és a pH.

A talajok sótartalmának mérése és értékelése

A talaj *sótartalmának* kifejezésére kétféle megoldás kínálkozik:

- a meghatározott konzisztenciájú talajpaszta elektromos vezetőképességéből (EC_p) számított só % (g só/100 g talaj), vagy
- a paszta folyadékfázisának (vizes kivonatának) vezetőképessége (EC_c), ill. az ebből számított só %.

Magyarországon – SIGMOND (1923) javaslatára – az Arany-féle kötöttségi szám (K_A) meghatározásakor készített paszta elektromos vezetőképességéből becsült só % használata terjedt el. A paszta elektromos vezetőképessége (EC_p) azonban nemcsak a sótartalomtól és a talaj:víz aránytól, hanem a kicserélhető kationok minőségétől is függ (RICHARDS, 1954; RHOADES et al., 1989), ezért abból sem a só %-ot, sem a talajoldat sókoncentrációját nem lehet közvetlenül számítani.

A talajok sótartalom szerinti osztályozása és a növények sótűrő képességének rangsorolása világszerte a telítési talajpasztából kivont folyadék (*a telítési kivonat*) vezetőképessége (EC_c) alapján történik. A telítési paszta víztartalma (*a telítési százalék*: SP) átlagosan mintegy 1,2-szerese a K_A -nak.

Néhány szántóföldi és kertészeti növény (EC_c -vel jellemzett) sótűrő képessége az 1. ábrán, a talajok sótartalom szerinti csoportosítása pedig az 1. táblázatban található.

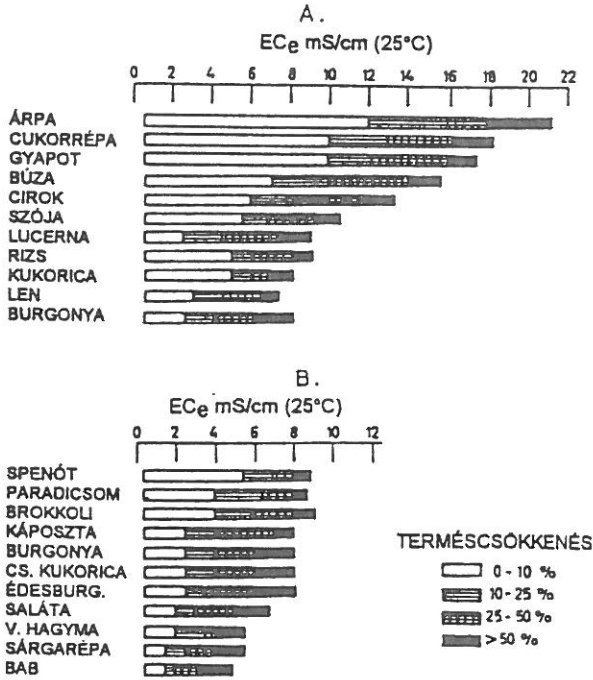
Az 1. ábrából kitűnik, hogy ha

$EC_c < 2$ mS/cm: a talaj sótartalma a mezőgazdasági növények fejlődését nem gátolja,

$EC_c = 2-4$ mS/cm: néhány nagyon sóérzékeny növény fejlődése gyenge,

* A Magyar Talajtani Társaság és a Magyarhoni Földtani Társulat Mérnökgeológiai Szakosztálya által szervezett „A szikesedés aktuális problémái” című előadói ülésen (MÁFI, Budapest, 1997. december 8.) elhangzott előadás anyaga

- $EC_e = 4-8$ mS/cm: a legtöbb termesztett növény termése csökken, csupán a sótüdő növények fejlődése zavartalan,
 $EC_e = 8-16$ mS/cm: csak a sótüdő növények fejlődnek megfelelően, s ha
 $EC_e > 16$ mS/cm: csak néhány nagyon sótüdő növény él meg.



1. ábra

Néhány szántóföldi (A) és kertészeti növény (B) sótürése
 (BERSTEIN, 1964 adatai alapján)

1. táblázat

A talajok sótartalom szerinti kategorizálása

(1) Kategória (sóosztály)	(2) Hazai* (SIGMOND, 1923)	(3) Nemzetközi (RICHARDS, 1954)
I. Nem sós	só % < 0,1	$EC_e < 2$ mS/cm
II. Gyengén sós	só % = 0,1-0,25	$EC_e = 2-4$ mS/cm
III. Közepesen sós	só % = 0,25-0,5	$EC_e = 4-8$ mS/cm
IV. Sós	só % = 0,5-1,0	$EC_e = 8-16$ mS/cm
V. Igen sós	só % > 1,0	$EC_e > 16$ mS/cm

* a só % a talajpaszta vezetőképességéből becsülve, s a paszta víztartalmát minden talajnál egyformának véve

A telítési kivonat vezetőképessége (EC_e mS/cm) egyszerűen átszámítható mg/l-ben kifejezett sókoncentrációra. Magyarországi szikes (szolonyec) és gyengén szikes talajoknál FILEP és WAFI (1993) szerint:

$$c_{tk} \text{ mg/l} = 797 EC_e; \quad (r = 0,981), \quad (1)$$

melyben a szorzófaktor 1,24-szerese a RICHARDS (1954) által az USA szikes talajaira megadott 640-es értéknek. Az eltérést a sóösszetétel különbözőségére lehet visszavezetni.

Az (1) egyenlet felhasználásával, a talajoldat sókoncentrációját és a talaj tömeg %-ban kifejezett sótartalmát is becsülni lehet. A talajoldat sókoncentrációja azonban – a kivonat koncentrációján kívül – függ a talaj szemcseösszetételétől, vízgazdálkodási jellemzőitől és pillanatnyi nedvességállapotától is. Vízkapacitásnyi nedvességtartalom mellett,

homoktalajnál: $c_{VK} \approx 1,2 \cdot c_{tk}$

vályogtalajnál: $c_{VK} \approx 2,0 \cdot c_{tk}$

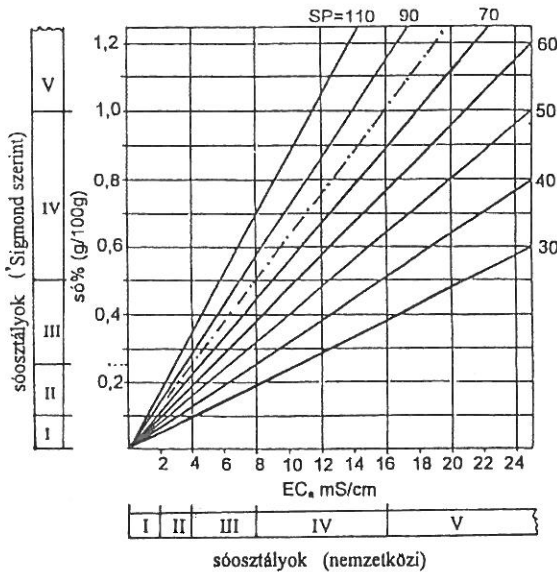
agyagtalajnál: $c_{VK} \approx 2,5 \cdot c_{tk}$,

ahol VK a vízkapacitás, tk a telítési kivonat jele.

A talaj sótartalma pedig, az (1) összefüggést figyelembe véve, a

$$\text{só \%} = EC_e \frac{SP}{1000} \cdot 0,797 \quad (2)$$

képlettel számítható (2. ábra).



2. ábra

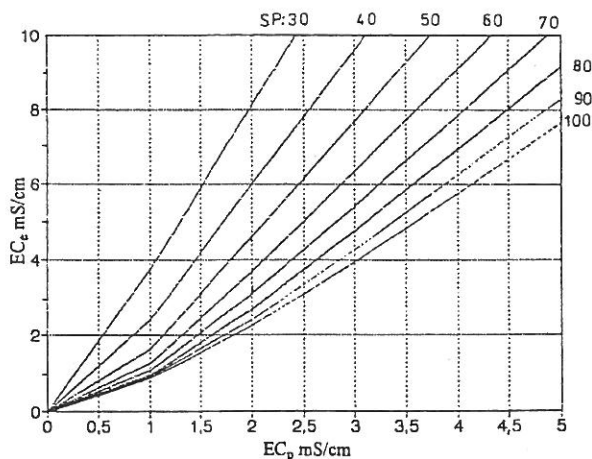
A telítési kivonat elektromos vezetőképességéből (EC_e) a (2) egyenlettel számított só % függése a talajpaszta víztartalmától

A (2) egyenletből és a 2. ábrából látható, hogy egy adott EC_e érték – a talaj kötöttségétől (a telítési paszta víztartalmától) függően – különböző só %-ot jelent, s a kivonat vezetőképességére alapozott sóosztályok csak akkor egyeznek meg a magyarországi só % határértékekkel, ha az $SP = 79$ ($K_A \approx 65$). A 2. táblázat

2. táblázat

A telítési % (SP), a kivonat elektromos vezetőképessége (EC_e) és a (2) egyenlettel számított só % közötti összefüggés homok-, vályog- és agyagtalajoknál

(1) Textúra osztály	SP	EC_e mS/cm			
		2	4	8	16
		(2) só %			
a) homok	< 35	< 0,06	< 0,11	< 0,22	< 0,44
b) h. vályog	35–45	0,06–0,07	0,11–0,14	0,22–0,29	0,44–0,57
c) vályog	45–58	0,07–0,09	0,14–0,18	0,29–0,37	0,57–0,74
d) a. vályog	58–70	0,09–0,11	0,18–0,22	0,37–0,45	0,74–0,89
e) agyag	70–80	0,11–0,13	0,22–0,26	0,45–0,51	0,89–1,02
f) nehéz agyag	> 80	> 0,13	> 0,26	> 0,51	> 1,02



3. ábra

A telítési paszta és a telítési kivonat elektromos vezetőképessége (EC_p , ill. EC_e) közötti kapcsolat különböző kötöttségű (SP értékű) szikes mintáknál

látásban közölt számítások szerint – ugyanolyan EC_e (ugyanolyan kivonat-koncentráció) esetén – a vályogtalajok tömegszázalékban megadott sótartalma 1,3–1,5-szerese, az agyagtalajoké pedig mintegy 1,8–2,2-szerese a homoktalajénak.

Az eddigiek is bizonyítják, hogy a kétféle (a hazai és a nemzetközi) kategóriarendszer egybevetése, a mért adatok összehasonlítása és esetleges interpre-

tációja csak az EC_p-EC_e közötti összefüggés ismeretében s az EC_p értékek EC_e -re történő átszámítása esetén lehetséges. A feladat megoldásához mintánként elvégzett számítás szükséges, mivel az EC_p-EC_e kapcsolat is függ a paszta nedvességtartalmától. Az általunk vizsgált mintákra kapott eredményeket a 3. ábra mutatja.

Az EC_e számítása az EC_p -ből

A telítési *paszta elektromos vezetőképességét* a következő összefüggés fejezi ki (RHOADES et al., 1989):

$$EC_p = \left[\frac{(\theta_s + \theta_{ws})^2 EC_e EC_s}{(\theta_s) EC_e + (\theta_{ws}) EC_s} \right] + (\theta_w - \theta_{ws}) EC_e, \quad (3)$$

melyből az EC_e , a másodfokú egyenletek megoldó képletét alkalmazva, kifejezhető, mint

$$EC_e = \left[-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac} \right] / 2a, \quad (4)$$

ahol

$$a = [\theta_s (\theta_w - \theta_{ws})]$$

$$b = [(\theta_s + \theta_{ws})^2 EC_s + (\theta_w - \theta_{ws})(\theta_{ws} EC_s) - (\theta_s) EC_p]$$

$$c = -\theta_{ws} EC_s EC_p.$$

Jelölések:

- θ_s = a szilárd fázis térfogata a pasztában, cm^3 ;
- θ_w = a víz összes mennyisége a telítési pasztában, cm^3 ;
- θ_{ws} = a paszta víztartalmának a szilárd fázis felületével érintkező része, amelyik biztosítja a szemcsék felületén az áramvezetést, cm^3 ;
- $\theta_w - \theta_{ws}$ = a szemcsék közötti teret kitöltő víz térfogata, cm^3 ;
- EC_s = felülethez kötött folyadékkréteg (a nedves szemcsfelület) vezetőképessége, mS/cm .

Az SP-vel összefüggő paraméterek értékének becslésére alkalmas egyenletek pedig:

$$\theta_w = SP \sqrt{\left[\left(\frac{100}{\rho_w \cdot \rho_s} \right) + SP \right]} \quad (5a)$$

$$\theta_s = 1 - \theta_w \quad (5b)$$

$$EC_s = 0,019(SP) - 0,434 \quad (5c)$$

$$(\theta_w - \theta_{ws}) = 0,0237 \cdot (SP^{0,6657}) \quad (5d)$$

ahol:

- ρ_s = szilárd fázis sűrűsége (2,65), g/cm^3 ;
- ρ_w = a víz sűrűsége (1,00), g/cm^3 .

Vizsgálataink és számításaink szerint az EC_p -ből a fenti módszerrel becsült EC_e és a kísérletileg mért EC_e értékek között szoros kapcsolat van:

$$EC_e \text{ (szám)} = 0,8085 EC_e \text{ (mért)} + 0,2633; \quad (6)$$

$n = 105$; $r = 0,971$; az Y becslés standard hibája: 0,75. A RHOADES et al. (1989) által javasolt módszer tehát gyakorlati szempontból megfelelő adatokat szolgáltat.

Néhány talajminta mértékadó jellemzőit, s az ezekből becsült só % értékeket a 3. táblázatban foglaltuk össze. Az adatok azt mutatják, hogy

- a számított és a mért EC_e -ből a (2) egyenlettel kapott só % mindegyik mintánál gyakorlatilag megegyezik,
- az EC_p -ből a hazai só %-skála alapján becsült só tartalom kb. 1,6–2,2-szerese az EC_e -ből számítottnak,
- az EC_p -ből a (2) egyenlettel (az SP-t figyelembe véve) számított, korrigált só % a vizsgált mintáknál jóval kisebb, mint a sóskála szerinti értékek, s a nagy só tartalmú talajoknál jelentősen eltér az EC_e -ből becsült mennyiségtől is.

Az előzőekből nyilvánvaló, hogy mind a talajok minősítéséhez, mind a növényeket érő sóterhelések becsléséhez az EC_e ismerete szükséges. A telítési kivonat készítése és az EC_e -nek az EC_p -ből történő átszámítása azonban nagyszámú minta esetén hosszadalmas. Gyakorlati célú munkáknál (a szikes talajok esetenkénti jellemzésénél, hasznosításuk elbírálásánál, a régebbi EC_p -sóló adatok EC_e -re történő átszámításánál, sómérlegek készítésénél) ezért a 3. ábrából leolvasott közelítő EC_e értékek használatára is szükség lehet.

3. táblázat

A telítési paszta és a telítési kivonat vezetőképességéből számított só % értékek összehasonlítása

(1) A minta jele	SP	EC_p	EC_e		(4) Só %			
			(2) (mért)	(3) (szám.)	(5) (skála)	(6) (korr.)	(7) (EC_e mért)	(8) (EC_e szám)
1.	77	1,64	2,14	2,07	0,22	0,10	0,13	0,13
2.	69	1,50	1,98	1,84	0,18	0,08	0,11	0,10
3.	100	4,26	7,98	6,54	0,90	0,34	0,64	0,52
4.	76	1,28	1,34	1,44	0,15	0,09	0,08	0,09
5.	72	1,47	2,33	2,00	0,25	0,11	0,13	0,11
6.	54	5,04	10,88	10,41	1,05	0,62	0,47	0,45
7.	67	2,80	3,98	5,18	0,34	0,15	0,21	0,28

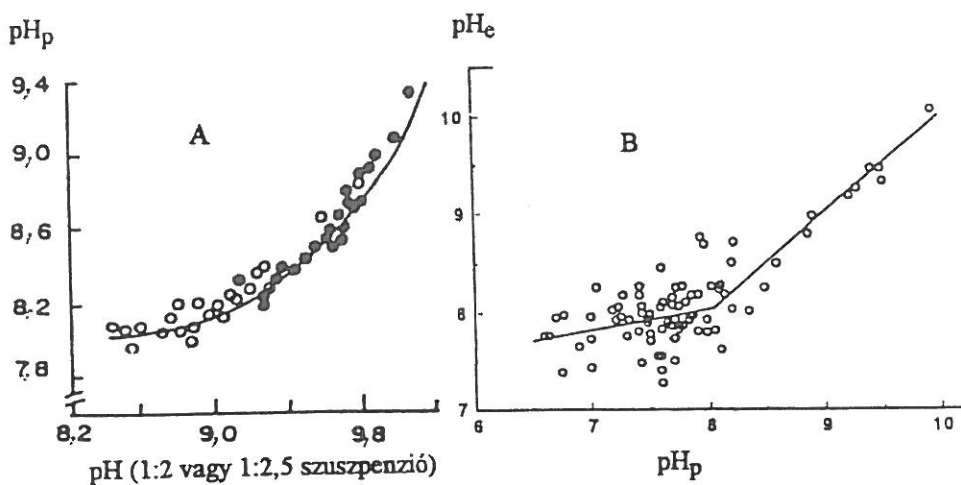
(5) só %-skálával kiegészített készülékkel mérve; (6) a paszta elektromos vezetőképességéből az SP figyelembevételével becsült értékek; (7) a mért EC_e -ből a (2) képletel számítva; (8) a Rhoades-módszerrel kapott EC_e -ből számított adatok; $SP \approx 1,2 K_A$

A pH-ESP és az SAR_e-ESP közötti összefüggések

A szikes talajok osztályozásának alapjául szolgáló kémiai jellemzők (a sótartalom, a kicserélhető Na relatív mennyisége = ESP = Na_s %), és a pH között szoros összefüggés van. Az összefüggéseket leíró egyenletek paramétereinek számszerű értéke azonban nagymértékben függ a vizsgált talajok tulajdonságaitól (szemcseösszetételétől, humusztartalmától stb.) és a jellemzők meghatározására használt módszerektől.

A talajok pH-ját első közelítésben a talajoldat kémiai összetétele és koncentrációja, valamint a kicserélhető kationok mennyisége, minősége és a különböző kationok egymáshoz viszonyított aránya (szikeseknél az ESP értéke) szabja meg. A laboratóriumban észlelt pH azonban – ugyanazon talajnál is – különböző lesz aszerint, hogy a talajpaszta, a talajszuszpenzió vagy a vizes kivonat pH-ját mérjük, ill. hogy milyen talajvíz arányt állítottunk be a vizsgált rendszerben. A talajok jellemzésére leggyakrabban az 1:2,5 vagy az 1:5 arányú szuszpenzió, illetve a telítési kivonat és/vagy a telítési paszta pH-ját használják.

A telítési paszta és az 1:2 (vagy 1:2,5) arányú szuszpenzió pH-ja, valamint a pH_p és a telítési kivonat pH-ja (pH_e) közötti összefüggés tendenciája a 4. ábrán látható. Ebből kitűnik, hogy az 1:2 vagy az 1:2,5 szuszpenzió pH-ja, az adott talajmintáknál 0,7–1,0 pH-egységgel nagyobb, mint a telítési pasztáé (4A. ábra). A pH_p és a pH_e viszont – RHOADES és munkatársai (1997) szerint – gyakorlatilag megegyezik, ha a pH_p > 8,05 (4B. ábra). A kevésbé lúgos kémhatású talajoknál pedig: pH_e = 6,265 + 0,222 pH_p; (n = 86).

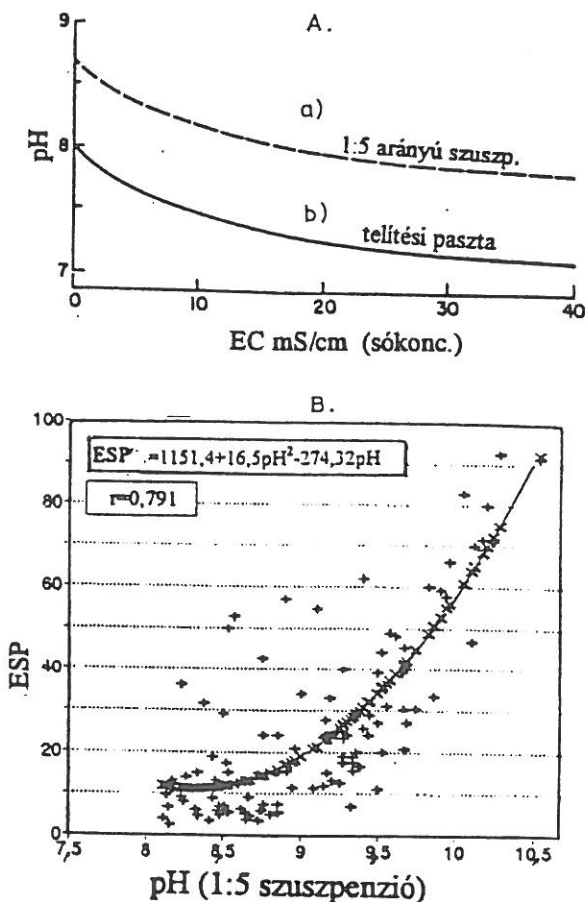


4. ábra

A telítési talajpaszta pH-ja (pH_p) és az 1:2 arányú szuszpenzió (A), valamint a pH_p és a telítési kivonat pH-ja (pH_e) közötti összefüggés (B) (ABROL et al. (1980), illetve RHOADES et al. (1997) nyomán)

A talaj:víz arány és a sókoncentráció hatását a mért pH-ra az 5A. ábra szemlélteti. Eszerint, a DREGNE (1976) által vizsgált talaj telítési pasztájának pH-ja nagy sótartalom esetén 7,1; az 1:5 arányú vizes szuszpenzióé viszont 7,8. Ha a minta oldható sótartalma lényegesen csökken (vagy elhanyagolhatóan kicsi) a pH_p értéke 8,0 körülire, az 1:5 szuszpenzió pH-ja pedig 8,7-re emelkedik. A nagyobb sókoncentráció és a kisebb talaj:víz arány tehát a pH csökkenéséhez vezet. Ez különösen fontos azért is, mert a szikesek minősítésénél/osztályozásánál egyes irányelvek a pH_p -t (USA, India), mások az 1:2,5 arányú szuszpenzió pH-ját adják meg.

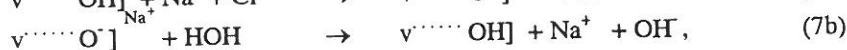
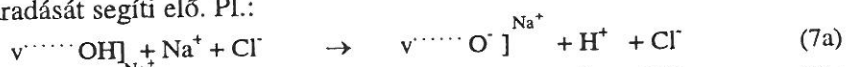
A fenti jelenségek értelmezéséhez, elsősorban a talajkolloidok változó (pH-függő) töltéseinek szerepét és a változó töltések kialakulását/megszűnését befolyásoló tényezőket kell figyelembe venni. Az ezzel kapcsolatos elmélet szerint, a gyenge sav jellegű felületi csoportok ($-COOH$, $-AlOH$, $-FeOH$ stb.)



5. ábra

A sókoncentráció (A) és az ESP (B) hatása a szikes talajok pH-jára

protonvesztését, vagy a disszociáció visszaszorulását elsősorban a talajoldat OH^- és H^+ -koncentrációja (kémhatása) szabályozza, jelentős szerepe van azonban az oldat összkoncentrációjának, s a koncentráció változásának is (VAN OLPHEN, 1963; FILEP, 1988). A sókoncentráció növekedése a gyenge sav karakterű gyökök disszociációját (a felületi negatív töltések számának emelkedését), az oldat hígulása pedig a gyökök protonálódását, ill. a protonált állapot fennmaradását segíti elő. Pl.:



ahol v a változó töltésű helyek jele. A (7a) reakció következtében tehát a Na^+ ionok adszorpciója, s az oldat H^+ -koncentrációja megnő (a pH csökken), hígítás esetén pedig (7b) a Na^+ -deszorpció és az oldat OH^- -koncentrációjának növekedése kerül előtérbe.

A sókoncentráció változása, az agyagásványok *állandó* (az izomorf helyettesítés miatt keletkezett) negatív töltéseinek számát nem módosítja.

A *kolloidok Na-telítettsége* (ESP), a szilárd fázis és az oldat közötti kölcsönhatásokból adódóan, tehát jelentősen *befolyásolja a talaj pH-ját*. Ezt bizonyítja a szakirodalmi adatok feldolgozásával kapott 5B. ábra is. Az ábra szerint az NH_4 -acetátos módszerrel mért ESP és az 1:5 arányú szuszpenzió pH-ja között, másodfokú egyenlettel leírható szoros összefüggés van. A számított „elméleti” és a mért értékek között mutatkozó jelentősebb különbségeket feltehetően az adott talajminta átlagostól eltérő sótartalmára és sóösszetételére lehet visszavezetni.

Az SAR_e -ESP közötti *korreláció*. A Gapon-egyenletnek megfelelően a telítési kivonat nátrium adszorpció arányának értéke (SAR_e) és a kolloidok Na-telítettsége (ESP) között is szoros az összefüggés. A tájegységekre érvényes tapasztalati egyenletek megfogalmazása nagy segítséget jelent a különböző minták gyors minősítésénél, mert a könnyebben/gyorsabban meghatározható SAR_e -ből következtetni lehet az ESP-re. A tiszántúli szikes talajokra kapott egyenlet a következő (FILEP & WAFI, 1993):

$$\text{ESP} = \left[1 - \frac{1}{1 + 0,0251 \text{SAR}_e + 0,017} \right] \cdot 100; \quad (r = 0,931), \quad (8)$$

$$\text{ahol } \text{SAR}_e = \text{Na} / \sqrt{0,5(\text{Ca} + \text{Mg})}.$$

A számításhoz szükséges ionkoncentrációk (Na, Ca, Mg mgé/l) a telítési kivonatban mért értékeket jelentik.

Összefoglalás, következtetések

1. A talajpaszta vezetőképességéből közvetlenül becsült só % nem adja meg a talaj tényleges oldható sótartalmát. Emiatt a hazai szikesek sótartalom szerinti csoportosítása nem egyezik meg a nemzetközileg használt (elfogadott) kategóriákkal. Ebből következik az is, hogy a növények sótűrését kifejező (az USA-ban kidolgozott) táblázatokat/grafikonokat hazai viszonyok között csak kvalitatív következtetések megfogalmazásához lehet felhasználni.

2. Szükséges a nemzetközileg elfogadott vizsgálati és értékelési módszerek mielőbbi bevezetése, s ezek alapján

- a szikes talajaink minősítéséhez használt paraméterek újraértékelése,
- a pH (1:2,5), pH_p és a pH_c , valamint
- az ESP– pH közötti összefüggések részletes vizsgálata.

Irodalom

- ABROL, I. P. et al., 1980. A fresh look at a diagnostic criteria for sodic soils. Proc. Intern. Symp. Salt-affected Soils, Karnal, India. 142–147.
- BERSTEIN, L., 1964. Salt tolerance of plants. USDA Agric. Int. Bull. No. 23. 10–12.
- DREGNE, H. E., 1976. Soils of Arid Regions. Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam.
- FILEP GY., 1988. Talajkémia. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- FILEP GY. & WAFI, M. J. K., 1993. A talajoldat sókoncentrációjának és a talaj nátrium-telítettségének (ESP) számítása a telítési kivonat jellemzőiből. Agrokémia és Talajtan. **42**. 245–256.
- RHOADES, J. D. et al., 1989. Estimating soil salinity from saturated soil-paste electrical conductivity. Soil. Sci. Soc. Am. J. **53**. 428–433.
- RHOADES, J. D. et al., 1997. Determining soil and water sodicity from electrode measurements. Commun. Soil Sci. Plant Anal. **28**. 1737–1765.
- RICHARDS, L. A. (Ed.) 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook No 60. USDA. Washington, D. C.
- *SIGMOND E., 1923. A hazai szikesek és megjavítási módjaik. MTA kiadv. Budapest.
- VAN OLPHEN, N., 1963. Introduction to Clay Colloid Chemistry. Intersci. Publ. New York.

Érkezett: 1998. december 7.

Correlations Between the Chemical Characteristics of Salt Affected Soils

G. FILEP

University of Agricultural Sciences, Debrecen (Hungary)

Summary

The salt % estimated directly from the conductivity of the soil paste is not equivalent to the actual soluble salt content of the soil. For this reason, the grouping of Hungarian salt affected soils according to salt content does not conform with the internationally recognized categories. It follows from this that tables/graphs elaborated in the USA to express the salt tolerance of various plants can only be used to draw qualitative conclusions under Hungarian conditions.

The internationally accepted analytical and evaluational methods should be introduced as soon as possible, after which they should be used

– to re-evaluate the parameters employed in classifying salt affected soils in Hungary, and

– to carry out a detailed analysis of correlations between pH (1:2.5), pH_p and pH_e , and between ESP and pH.

Table 1. Classification of soils according to salt content. (1) Category (salt class). I. Not saline; II. Weakly saline; III. Moderately saline; IV. Saline; V. Very saline. (2) Hungarian ('SIGMOND, 1923). (3) International (RICHARDS, 1954). *Remark:* Salt % estimated from the conductivity of the soil paste, taking the water content of the paste to be identical for each soil.

Table 2. Correlation between the saturation percentage (SP), the electrical conductivity of the extract (EC_e) and the salt % calculated using Equation (2) for sandy, loamy and clayey soils. (1) Soil texture category. a) Sand; b) Sandy loam; c) Loam; d) Clayey loam; e) Clay; f) Heavy clay. (2) Salt %.

Table 3. Comparison of the salt % values calculated from the conductivity of the saturation paste and the saturation extract. (1) Sample code. (2) Measured; (3) Calculated; (4) Salt %; (5) Scale; (6) Corrected; (7) EC_e (measured); (8) EC_e (calculated). *Note:* (5) Measured with an instrument fitted with a salt % scale; (6) Values estimated from the electric conductivity of the paste taking into consideration the SP values; (7) Calculated from measured EC_e values using Equation (2); (8) Data calculated from the EC_e values obtained using the Rhoades method: $SP \approx 1.2 K_A$.

Fig. 1. Salt tolerance of certain field crops (A) and horticultural plants (B) (based on the data of BERSTEIN, 1964). A. Field crops (from top to bottom): barley; sugar-beet; cotton; wheat; sorghum; soya; alfalfa; rice; maize; flax; potato. B. Horticultural plants: spinach; tomato; broccoli; cabbage; potato; sweetcorn; sweet potato; lettuce; onion; carrot; bean. Legend: Yield reduction.

Fig. 2. Dependence of the salt % calculated from the electric conductivity of the saturation extract (EC_e) using Equation (2) on the water content of the soil paste. Horizontal axis: salt categories (international). Vertical axis: salt categories (according to 'Sigmond).

Fig. 3. Relationship between the electrical conductivity of the saturation paste and the saturation extract (EC_p and EC_e) for salt affected soil samples with different degrees of plasticity (SP values).

Fig. 4. Correlation between the pH of the saturation soil paste (pH_p) and the 1:2 suspension (A), and between pH_p and the pH of the saturation extract (pH_e) (B), after ABROL et al. (1980) and RHOADES et al. (1997), respectively.

Fig. 5. Effect of salt concentration (EC, mS/m) (A) and ESP (B) on the pH of salt affected soils. a) 1:5 suspension; b) Saturation paste.