

A sókilúgzás mechanizmusának vizsgálata talajoszlopokon

II. A talaj sóleadó és sóvisszatartó képességének számítása

FILEP GYÖRGY és KUN ANDRÁS

Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen és DATE Főiskolai Kara, Szarvas

A közlemény első részében [2] kimutattuk, hogy a sókilúgzás során két (eltérő sebességű és mechanizmusú) részfolyamatot lehet megkülönböztetni. A kilúgzás tanulmányozására javasolt reakciókinetikai megközelítés azonban nem alkalmazható sófelhalmozódással járó folyamatokra, ezért szükségesnek láttuk az értékelési módszer továbbfejlesztését, illetve a sómozgás törvényszerűségeinek további vizsgálatát. Alábbiakban a talaj sóleadó és sóvisszatartó képességének számszerű jellemzésére olyan új összefüggést ismertetünk, mely — az elméleti következtetéseken túl — számos gyakorlati probléma megoldásánál is előnyösen használható.

Anyag és módszer

A vizsgálatokat egy csernozjom, egy réti csernozjom és egy homok mechanikai összetételű kovárványos barna erdőtalaj felső rétegéből vett, eredeti szerkezetű és bolygatott mintákkal végeztük. A talajok néhány jellemzőjét az 1. táblázat mutatja. A kísérletek során vizsgáltuk: a bolygatott és az eredeti szerkezetű minták sóleadását; a vízborítás és az esőszerű öntözés eltérő hatását; a folyamatos és a szakaszos kilúgzás szerepét; a különböző összetételű sóoldatok által előidézett anyagmozgást.

Egyes esetekben az oszlop sótartalmát KCl hozzáadásával jelentősen növeltük azért, hogy a sómozgás pontosabban érzékelhető legyen.

A modellkísérleteket 6 cm magas, 4,6 cm belső átmérőjű fémhengerekben levő mintákkal (oszlopokkal) végeztük. Az oszlopokat különböző sótartalmú és Na-tartalmú öntözővizekkel és ionmentes vízzel öntöztük. A „nem sós öntözővíz” sókoncentrációja (C_0) = 570,0 mg/l, nátriumtartalma (Na_0) = 115,0 mg/l, s Na %-a 50 volt; a „sós öntözővíz”-nél pedig a C_0 = 1550,0 mg/l, Na_0 = 414,0 mg/l, a Na % = 66,6.

Az oldatokat, a talaj vízelnyelő képességéhez igazítva, esőszerűen — ill. 2 cm-es vízborítást alkalmazva — juttattuk a talajra. A kiadott vízmennyiség általában 120–130 ml (ez 72,4–78,4 mm vízadagolásnak felelt meg). A drénvíz sókoncentrációját és Na-tartalmát 10 ml-enként (0,06 ml/cm²)

1. táblázat

A vizsgált talajok fontosabb jellemzői

(1) A talaj		(2) K_d	(3) Térfogat- tömeg, g/cm ³	(4) VK _{tt} %	(5) Humusz	(6) Só- tartalom	(7) Mozgékony Na ⁺ mgeé/ /100 g talaj
típusa	származása				%		
A) Mélyben sós csernozjom	Debrecen	43	1,40	40,5	2,3	0,05	1,53
B) Réti csernozjom	Ebes	39	1,26	35,2	2,6	0,025	0,75
C) Kovárványos barna erdőtálatj	Józsa	27	1,42	23,8	0,83	0,01	—

VK_{tt}% = vízkapacitás térfogat %-ban; mozgékony Na⁺ = vízben oldható Na + kicserélhető Na.

meghatároztuk. A talaj eredeti vízdoldható sótartalmát a szokásos módon, a talajpaszta elektromos vezetőképességének mérésével [3], a mozgékony (kicserélhető + vízdoldható) Na-tartalmat pedig ammónium-acetátos módszerrel [1, 4] állapítottuk meg. A drénvíz-frakciók és az öntözővizek sókoncentrációját elektromos vezetőképességükből — RICHARDS [4] szerint — számítottuk a következőképpen: $mS \times 12,5 = \text{só mgeé/liter}$, illetve $\text{só mgeé/liter} \times 51 = \text{mg/liter}$. Végül, a g/liter-ben kifejezett koncentrációt alapul véve, megadtuk a V_d -térfogatú drénvízzel eltávozott sómennyiséget. A nátriumkoncentrációt minden esetben láng-fotométerrel mértük.

Az eredmények értékelése

A talaj kezdeti só-, illetve mozgékony Na-tartalmának és nedvességállapotának ismeretében — a drénvízkoncentrációt, a drénvíztérfogatot, s az öntözővíz jellemzőit figyelembe véve — számítani lehet az oszlop sótartalmának változását, az átmosás egyes szakaszaira vonatkozóan.

a) *Sómentes vízzel* történő átmosáskor, ha az oszlop mindenkor sókészletéből levonjuk a drénvíz által elszállított sómennyiséget, megkapjuk az adott kilúgzási szakaszra jellemző sótartalmat.

Eszerint

$$S_1 = C_0 \cdot V_0 - C_{d_1} \cdot V_{d_1} = S_0 - S_{d_1},$$

$$S_2 = S_1 - S_{d_2} \text{ stb.}$$

Ebből következően

$$|S_n = S_{n-1} - S_{d_n} \quad (1)$$

Jelölések:

S_0 = a talajoszlop kezdeti sótartalma, g; $S_0 = s_0 \cdot m/100$, ahol s_0 = a talaj sótartalma %-ban (g/100 g), m = az oszlopban levő talaj tömege, g;

$S_d = C_d \cdot V_d$ = meghatározott térfogatú drénvízzel kilúgzódott sómennyiség, g; C_d = a drénvíz sókoncentrációja, g/l; V_d = drénvíz térfogata, liter,

$S_{1,2 \dots n}$ = a talajoszlop számított sótartalma adott mennyiségű drénvíz keletkezése után.

b) *Oldott sókat tartalmazó vízzel* érintkező talajoknál figyelembe kell venni egyrészt azt, hogy a vizsgált réteg vízkapacitásig történő telítéskor, a drénvíz

keletkezése előtt $(VK - V) = VH$ térfogatú, $s C_{\delta}$ koncentrációjú víz azaz $C_{\delta} \cdot VH = S_{\delta}$ só kerül a talajba ($V =$ a pillanatnyi nedvesség; $VH =$ a talajréteg nedvességihiánya). Így a kilúgzás kezdetekor a talajréteg sótartalma $S_0 + S'_0$ lesz. Másrészt feltételezhetjük, hogy további vízadagoláskor a talajra kerülő öntözővíz és a drénvíz térfogata megegyezik, azaz $V_{\delta} = V_d$.

Fentiekből következően

$$S_1 = S_0 + C_{\delta} \cdot VH + C_{\delta} \cdot V_{d_1} - C_{d_1} \cdot V_{d_1} = S_0 + S'_0 + S_{\delta_1} - S_{d_1};$$

$$S_2 = S_1 + S_{\delta_2} - S_{d_2}, \text{ és így tovább.}$$

Általánosítva

$$S_n = S_{n-1} + S_{\delta_n} - S_{d_n} \quad (2)$$

ahol S'_0 a talajt átnedvesítő öntözővíz-részlettel bevitt sómennyiség, g; $S_{\delta_n} = C_{\delta_n} \cdot V_{d_n} =$ meghatározott mennyiségű öntözővízzel, az atmoszféra egyes szakaszaiban bevitt só, g. (A többi jelölés megegyezik az előző képletben alkalmazottakkal.)

A sómozgás intenzitásának érzékeltetése és az összehasonlítások megkönnyítése céljából az adatokat a kiindulási — a drénvíz megjelenése előtti — sómennyiség százalékában fejeztük ki: $(S_n/S_0) \cdot 100$; majd ezeket a megfelelő drénvíz-térfogat (V_d) függvényében ábrázoltuk. A drénvíz-térfogatot mm-ben adtuk meg, mely az

$$1 \text{ ml/cm}^2 = 10 \text{ mm} = 100 \text{ m}^3/\text{ha}$$

összefüggés alapján a kívánt dimenzióra egyszerűen átszámítható. A sótartalom %-os változását feltüntető grafikonokat az 1. és 2. ábrán közöljük.

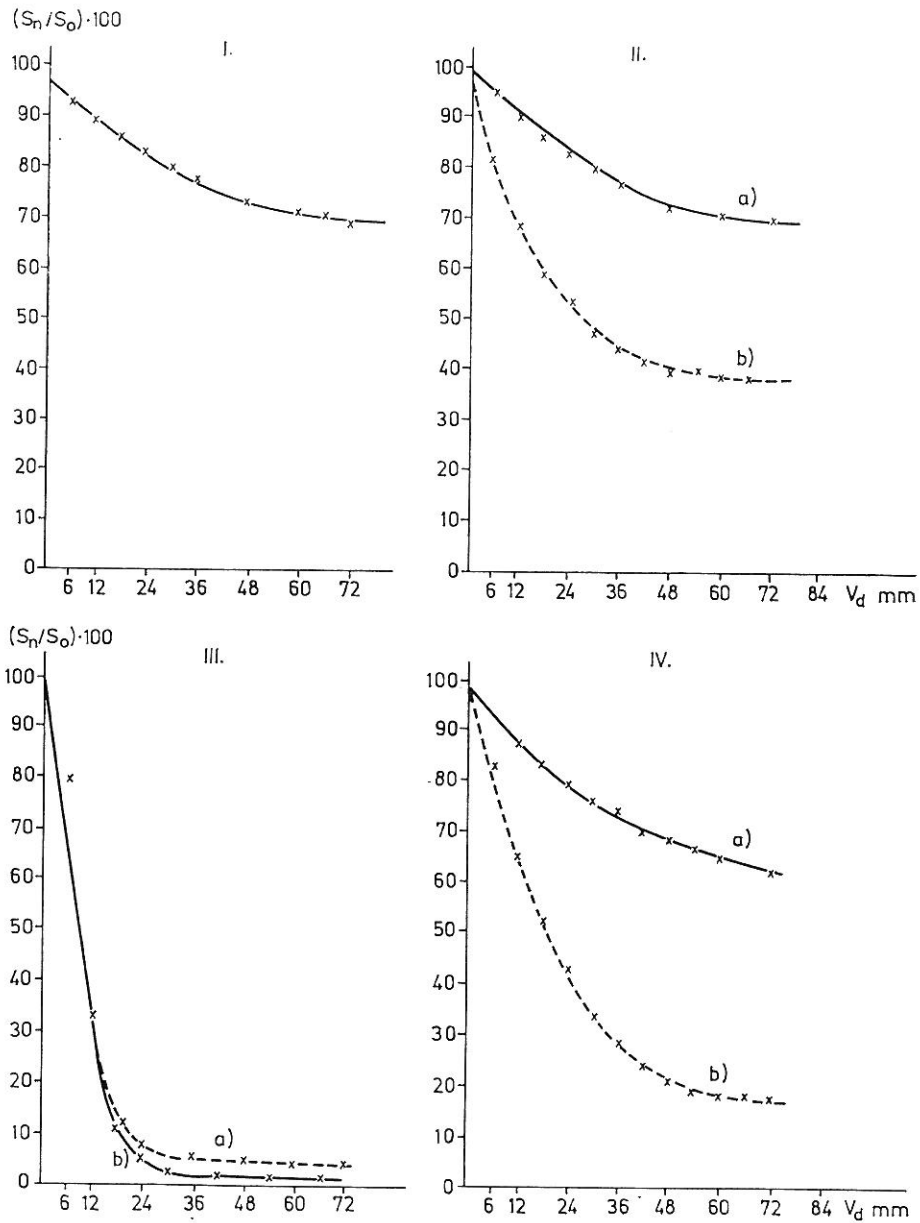
Az 1. és 2. ábra adatai szerint az öntözővíz mennyiségének növekedésével fokozatosan változik a talajok sótartalma. Látható továbbá, hogy a vízmozgást befolyásoló tényezők, pl. a talaj fizikai jellemzői: szerkezeti állapota, pórustérfogata, póruseloszlása (lásd: a holtgátott és eredeti szerkezetű minták kilúgzási görbéit), valamint a vízadagolás módja (vízborítás, illetve szakaszos és folyamatos kilúgzás) jelentős hatással vannak a sómozgásra.

Bár a grafikonok kielégítően mutatják a sótartalom alakulását, nem alkalmasak a sómozgás hatékonyságának számszerű jellemzésére. Ha viszont a százalékos értékek logaritmusát és a drénvíz-térfogat közötti összefüggést vizsgáljuk, olyan egyeneseket kapunk (3. és 4. ábra), melyek segítségével megoldható a folyamat kvantitatív értékelése.

A 3. és 4. ábrából kitűnik, hogy a sómozgás — ilyen megközelítéssel is — egy gyorsabb és egy lassabb szakaszra osztható, s az egyenes szakaszok meredeksége ($\text{tg } \alpha$) a folyamat sebességének, talajsajátságoktól függő, jellemzője. Az 1. és 2. szakaszra grafikusán megállapított $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_0$, illetve $\lg [(S_n/S_0 + S'_0) \cdot 100]_0$ kiindulási sótartalmat, valamint a számított $1/\text{tg } \alpha = = \text{tg } \alpha'$ értékeket, a 2. táblázatban összesítettük.

Meg kell jegyezni, hogy a $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_0$ grafikus értékei — a kísérleti hibák, illetve a számításnál alkalmazott egyszerűsítő feltételezés miatt — többé-kevésbé eltérnek az elméletitől. A $\text{tg } \alpha$ reciprokát pedig a további számítások egyszerűsítése céljából használtuk.

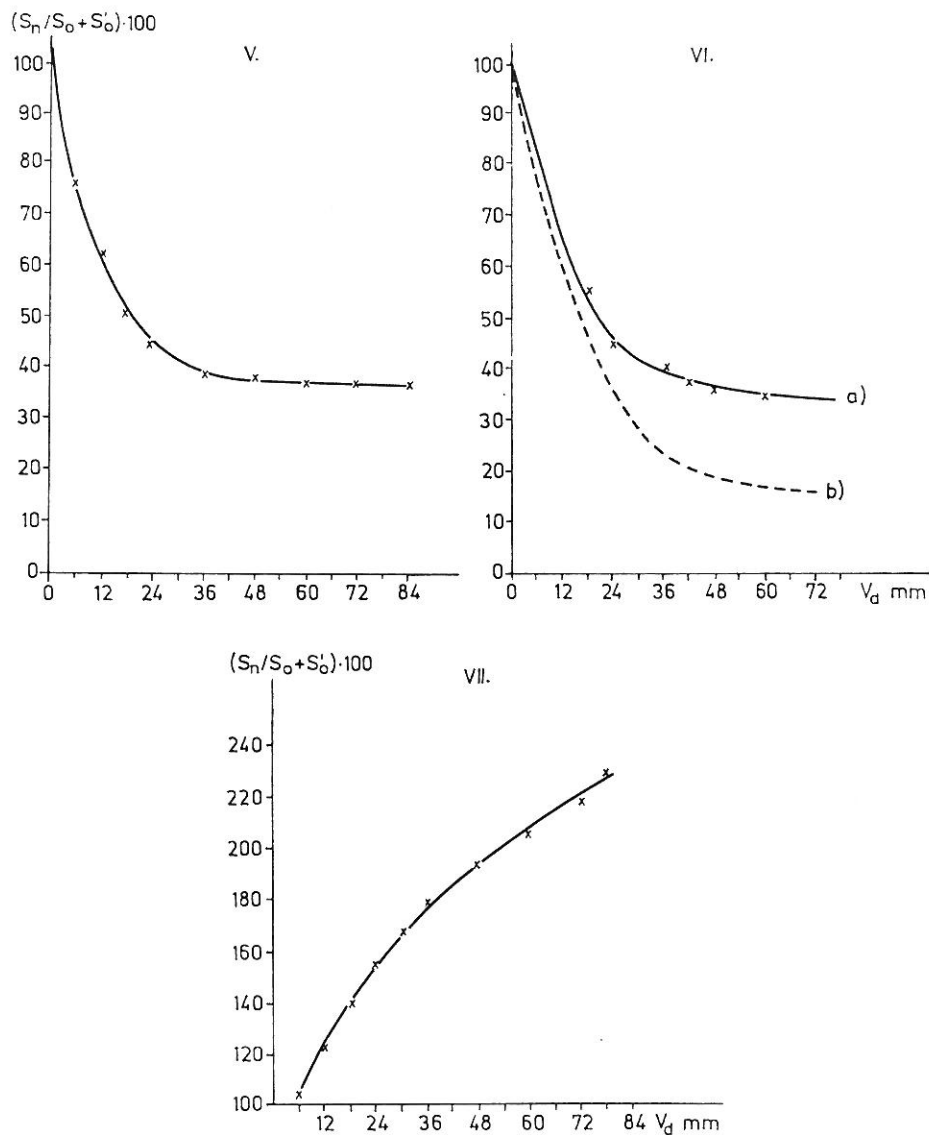
Mind a sótartalom %-os változása (1. és 2. ábra), mind a $\text{tg } \alpha'$ számadatai azt mutatják, hogy meghatározott szerkezetű talajban a sómozgás sebességét — függetlenül a kiindulási sótartalomtól — a talaj fizikai állapota, s ezzel össze-



1. ábra

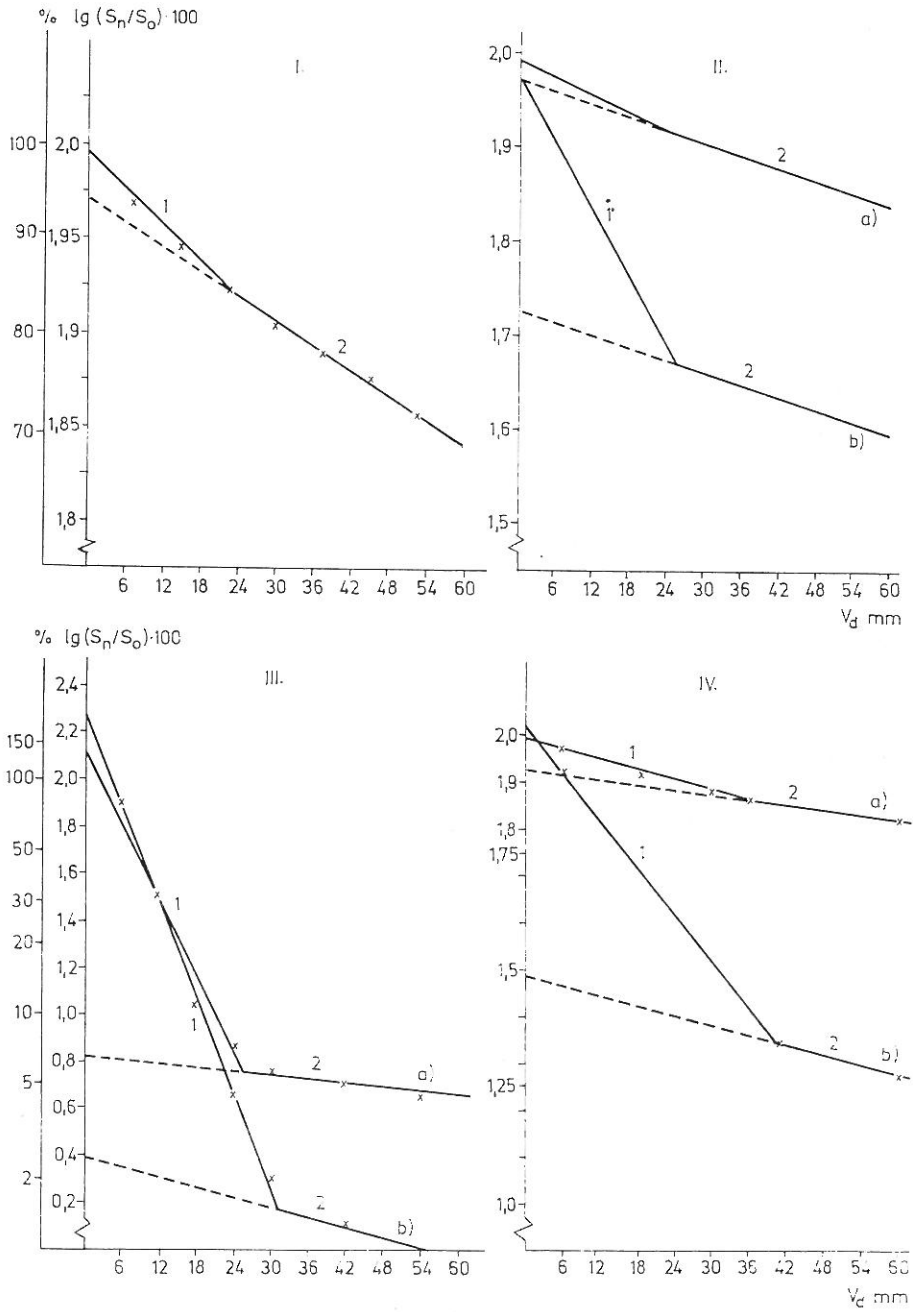
A relatív sótartalom-változás különböző kezdeti sótartalmú és szerkezetű talajok kilúgzása során. I. Csernozjom ($só\% = 0,05$), eredeti szerkezetű, desztillált vízzel esőszerű öntözés; II. Sós csernozjom ($só\% = 0,33$), a) eredeti szerkezet, b) bolygatott, desztillált vízzel esőszerű öntözés; III. Sós kovárványos barna erdőtalaj ($só\% = 0,3$), a) desztillált vízzel esőszerű öntözés, b) nem sós öntöző vízzel esőszerű öntözés; IV. Réti csernozjom ($só\% = 0,025$), nem sós öntöző vízzel a) esőszerű öntözés, b) vízborítással öntözve

függésben a vízmozgás intenzitása determinálja. Ezt bizonyítja egyrészt a 0,05 % és a 0,33% sótartalmú, eredeti szerkezetű csernozjomra kapott csaknem azonos α' ; másrészt az, hogy kisebb átfolyási sebesség mellett (bolygatott csernozjom), a drénvíz-frakciók sókoncentrációja, a kilúgzás hatásfoka nagyobb (1. ábra I. és II. rész).



2. ábra

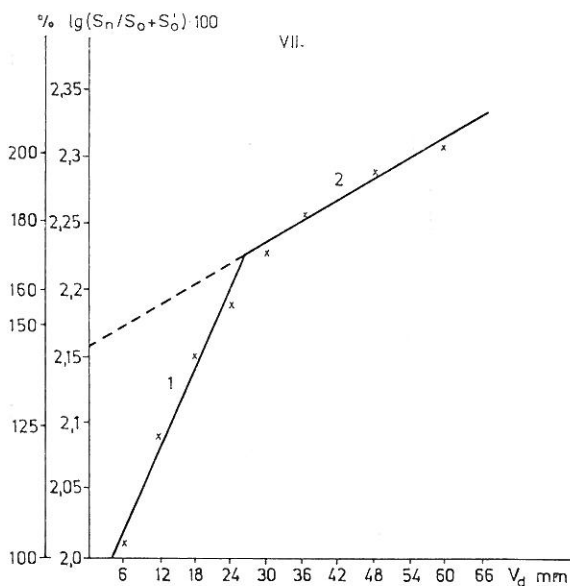
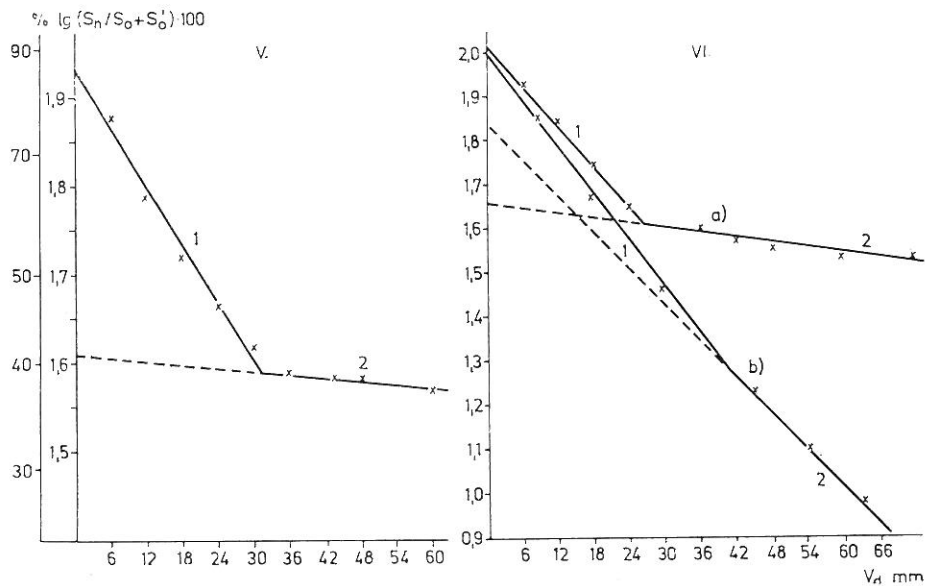
A talajok sótartalmának változása. V. Sós réti csernozjom (só% = 0,345), sós öntözővízzel esőszerű öntözés; VI. Sós réti csernozjom (só% = 0,325), a) sós öntözővízzel esőszerűen, folyamatosan öntözve, b) sós öntözővízzel esőszerűen, szakaszosan öntözve; VII. Réti csernozjom (só% = 0,025), sós öntözővízzel, esőszerűen öntözve



3. ábra

A sórtartalom-változás logaritmusának és a drénvíztérfogat közötti összefüggések. I—IV. talajokat és a)–b) kezeléseket lásd 1. ábra. 1 = Gyors kilúgzási szakasz; 2 = Lassú kilúgzási szakasz

Az ismertetett értékelési mód előnye — véleményünk szerint — elsősorban az, hogy megfelelő modellkísérletek alapján kielégítően becsülhető: 1. a talaj — sóoldat kölcsönhatása által befolyásolt anyagtranszport mértéke; 2. a talaj sótartalmának meghatározott mértékű változását előidéző öntözővíz-



4. ábra

A sótartalom-változás sebessége a vizsgált réti csernozjom talajoknál. Jelzéseket lásd 2. ábra

2. táblázat

A grafikusán meghatározott $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_0$, és a sótartalom-változás sebességét jellemző $\text{tg } \alpha'$ értékei ($\text{tg } \alpha' = 1/\text{tg } \alpha$)

(1) Talajminta jele és megnevezése	(2) Só, %	(3) Kezelés	$\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]$		$\text{tg } \alpha'$	
			1. szakasz	2. szakasz	1. szakasz	2. szakasz
I. Csernozjom	0,05	Desztillált víz, esőszerű öntözés	1,995	1,970	-313,4	-460,3
II. Sós csernozjom a) eredeti szerkezet	0,33	Desztillált víz, esőszerű öntözés	1,992	1,968	-315,8	-466,0
b) bolygatott		Desztillált víz, esőszerű öntözés	1,976	1,725	-91,1	-460,0
III. Sós kovárványos barna erdőtalaj a)	0,3	Desztillált víz esőszerű öntözés	2,160	0,820	-18,2	-420,0
b)		Nem sós víz, esőszerű öntözés	2,290	0,390	-15,4	-145,0
IV. Réti csernozjom a)	0,025	Nem sós víz, esőszerű öntözés	1,992	1,924	-272,7	-571,4
b)		Nem sós víz, vízborítás	2,015	1,489	-57,27	-284,2
V. Sós réti csernozjom	0,345	Sós víz, esőszerű öntözés	1,933	1,608	-90,9	-1500,0
VI. Sós réti csernozjom a)	0,325	Sós víz, folyamatos esőszerű öntözés	2,016	1,657	-65,75	-594,1
b)		Sós víz, szakaszos esőszerű öntözés	2,00	1,84	-57,18	-73,17
VII. Réti csernozjom	0,025	Sós víz, esőszerű öntözés	1,944	2,157	+81,1	+377,6

norma; 3. hogy adott mennyiségű légköri csapadék milyen arányú sómozgást idézhet elő a különböző talajoknál.

A 3. és 4. ábrához hasonló grafikonok alapján ugyanis megadható a $\text{tg } \alpha'$, a drénvíztérfogat, illetve az ennek megfelelő $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]$ közötti összefüggés. Eszerint a sótartalom adott mértékű csökkenéséhez, vagy növekedéséhez tartozó drénvízmennyiség a

$$V_d = \left[\lg \left(\frac{S_n}{S_0} \cdot 100 \right)_x - \lg \left(\frac{S_n}{S_0} \cdot 100 \right)_0 \right] \cdot \text{tg } \alpha' \quad (3)$$

egyenletből számítható. Az „x” index a tetszőlegesen megszabott sócsökkenést, illetve a megengedett gyarapodást, a „0” jelzés pedig az egyenesnek az y tengelyre vetített metszéspontját (a kiindulási szintet) jelenti. Sótartalmú vízzel érint-

kező talajoknál természetesen a $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]$ helyett a $\lg [(S_n/S_0 + S'_0) \cdot 100]$ adatokat kell a képletbe helyettesíteni.

Az előző formulából következően meg lehet adni azt is, hogy bizonyos mennyiségű víz átszivárgása után milyen mértékben csökken, vagy nő a tanulmányozott talaj sótartalma, azaz

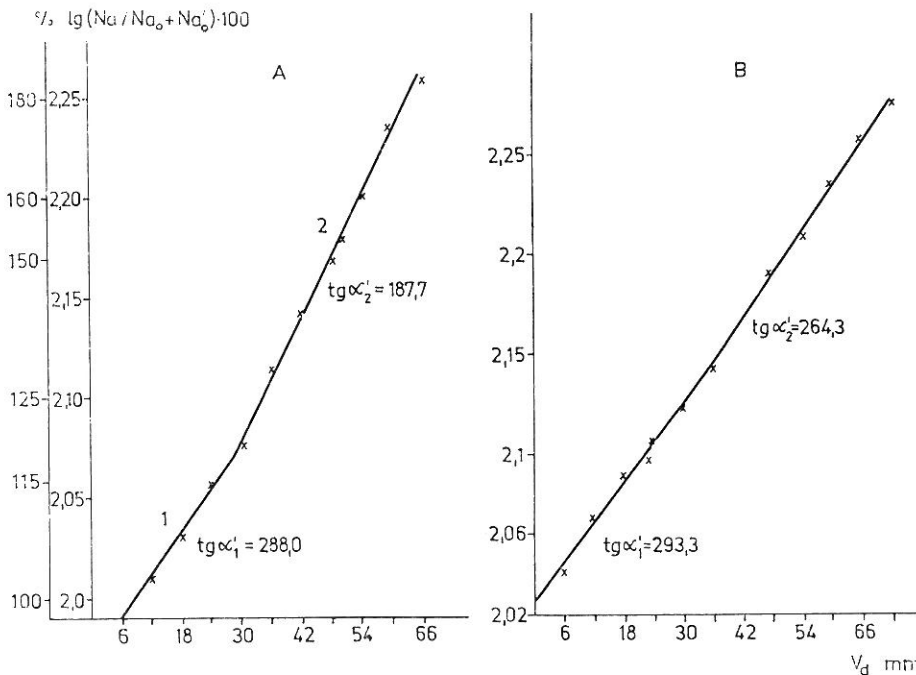
$$\lg \left(\frac{S_n}{S_0} \cdot 100 \right)_x = \lg \left(\frac{S_n}{S_0} \cdot 100 \right)_0 + \frac{V_d}{\operatorname{tg} \alpha'} \quad (4),$$

$$\left(\frac{S_n}{S_0} \cdot 100 \right)_x = \left(\frac{S_n}{S_0} \cdot 100 \right)_0 \cdot 10^{V_d/\operatorname{tg} \alpha'}$$

A bemutatott elv nemcsak az összes sótartalom, hanem bármelyik mobil komponens (pl. Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , NO_3^-) lemosódásának vagy felhalmozódásának értékelésére is eredményesen alkalmazható. Szem előtt kell tartani, hogy a kationok talaj általi visszatartásának vizsgálatakor mindig az összes mozgékony (oldatban levő + kicserélhető) készletet kell számításba venni.

Az általunk vizsgált, kis sótartalmú és sós, réti csernozjom talaj Na-tartalmának átmosás közbeni változását az 5. ábrán szemléltetjük.

Az ábrából kitűnik, hogy a szikes-sós öntözővíz hatására mind a sós, mind az eredeti talaj mozgékony Na-tartalma jelentősen emelkedett. Megfigyelhető továbbá, hogy nem sós talajban a Na-felhalmozódása — különösen kezdetben — valamivel gyorsabb ütemű volt, mint a sós csernozjomnál.



5. ábra

A sós és nem sós réti csernozjom talaj mozgékony Na-tartalmának alakulása sós-szikes vízzel kölcsönhatásban. A = sós talaj; B = eredeti talaj

A javasolt megoldás — úgy véljük — felhasználható: az öntözővíz és a talaj kölcsönhatásának tanulmányozásánál; a drénezett területek anyagforgalmának értékelésénél, ill. az azt befolyásoló tényezők parametrizálásához; a műtrágyák lemosódásának vizsgálata során és az egyes anyagok (pl. Mg-ionok) felhalmozódását elősegítő talajtulajdonságok kutatásánál.

Szabadföldi körülmények között lejátszódó folyamatok értékelésekor minden esetben szükséges, hogy az adott fizikai és kémiai tulajdonságú talajra vonatkozóan — a vizsgálandó komponens mozgását jellemző — $\operatorname{tg} \alpha'$ értékét modellkísérletben előzetesen meghatározzuk.

Összefoglalás

Különböző összetételű sóoldatokkal, s ionmentes vízzel kezelt eredeti szerkezetű és bolygatott talajminták sóleadását vizsgáltuk laboratóriumi körülmények között.

A talajoszlop sótartalmának, vagy Na-tartalmának mindenkori értékét — a talaj eredeti jellemzőinek ismeretében — az oszlopra vitt és a drénnel elszállított sómennyiség különbségéből számítottuk. Adszorbeálódó komponensek (pl. Na) talaj általi visszatartásának számításához — mind a kezdeti érték, mind a csökkenés, vagy növekedés megadásánál — nem a vízdoldható, hanem a mozgékony (oldható + kicserélhető) készletet vettük figyelembe.

A vizsgált paraméter változását a kiindulási (a drénnel megjelenés előtti) mennyiség (S_0) %-ában fejeztük ki, majd az értékeket a megfelelő drénnitertérfogat (V_d) függvényében ábráztuk (1. és 2. ábra). A drénnitertérfogatot mm-ben adtuk meg, mely az: $1 \text{ ml/cm}^2 = 10 \text{ mm} = 100 \text{ m}^3/\text{ha}$ összefüggés alapján, a kívánt dimenzióra egyszerűen átszámítható. Az adatok szerint a vízmozgást befolyásoló tényezők: a talaj szerkezete, térfogattömege, pórustérfogata, a pórusok mérete, a vízadagolás módja, jelentős hatással vannak a sómozgásra.

A folyamat kvantitatív jellemzésére a százalékos változás logaritmusa és a drénnitertérfogat közötti összefüggést használtuk (3., 4. és 5. ábra). Az egyenes szakaszok meredeksége ($\operatorname{tg} \alpha$) számszerűen jellemzi az adott talajoszlop sóleadását. A számításokhoz, az egyszerűség kedvéért a $\operatorname{tg} \alpha$ reciprokát ($1/\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha'$) használtuk.

A fenti megoldás az öntözővíz és a talaj kölcsönhatásának, a drénezett területek anyagforgalmának, illetve a műtrágyák lemosódásának tanulmányozásánál is eredményesen felhasználható.

Irodalom

- [1] DARAB, K. & FERENCZ, K.: Öntözött területek talajterképezése. Genetikus Talajterképek. Ser. I. No. 10. OMMI. Budapest. 1969.
- [2] FILEP, GY. & KUN, A.: A sókilúgzás mechanizmusának vizsgálata talajoszlopokon. I. A kilúgzási sebesség értelmezése és jellemzése desztillált vízzel kezelt talajoknál. *Agrokémia és Talajtan.* 25. 253—264. 1976.
- [3] Talaj- és trágyavizsgáló módszerek (Eds.: BALLENEGGER, R. & DI GLERIA, J.) Mezőgazd. Kiadó, Budapest. 1962.
- [4] USDA Handbook. No. 60. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. (Ed.: RICHARDS, L. A.) USDA. Washington. 1954.

Érkezett: 1981. március 25.

Studies on the Mechanism of Leaching of Salts in Soil Columns II. Evaluation of the Salt and Sodium Retention and Release of Soils

G. FILEP and A. KUN

Debrecen University of Agrarian Sciences, Debrecen, and College Faculty of the
Debrecen University of Agrarian Sciences, Szarvas (Hungary)

Summary

Under laboratory conditions salt release in soil samples with the original and disturbed structures was studied by leaching with distilled water and salt solutions of various compositions. Knowing the original salt content of the soil, the salt- or Na content of the soil column at any given time can be calculated from the difference between the salt quantity applied and that removed by the leaching water. When the retention of components which were adsorbed (e.g. Na) was determined, it was not the water soluble but the mobile (soluble + exchangeable) salt content that was taken into account when both the original values and the decrease or increase were calculated.

Changes in the parameter examined were expressed as % of the initial quantity (S_0 , before the appearance of leachate), after which the values were plotted as a function of the relevant leachate volume (V_d) (Figs. 1 and 2). The leachate volume was given in mm, which can be simply converted to the desired scale using the equation $1 \text{ ml/cm}^2 = 10 \text{ mm} = 100 \text{ m}^3/\text{ha}$. The data show that the factors which influence water movement: the structure, bulk density and pore volume of the soil, the size of the pores and the method of water application, have a significant effect on salt movement.

The correlation between the logarithm of the percental change and the leachate volume was used for the quantitative characterisation of the process (Figs 3, 4 and 5). The steepness of the various sections ($\text{tg } \alpha$) numerically characterises the salt release of a soil column with the given water permeability. For the sake of simplicity the converse of $\text{tg } \alpha$ ($1/\text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha'$) was used in the calculations.

On the basis of the above, the leachate quantity (V_d) associated with a given decrease or increase in the salt content or Na content can be calculated for any $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_x$ value using the equation:

$$V_d = \{ \lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_x - \lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_0 \} \text{tg } \alpha' \quad (3)$$

where x = the required reduction or permissible increase in salt content;

0 = the point where the straight lines intersect the y axis (initial level);

S_0 = original salt content of the soil column = $s_0 \cdot m/100$, where s_0 = the salt content of the soil as %, m = the soil mass in the column, g;

$S_n = S_{n-1} - S_{d_n}$ = calculated salt content of the column after n leachate fractions, g; $S_{d_n} = C_{d_n} \cdot V_{d_n}$, where C = concentration, g/l, V = volume, l.

This method can be successfully employed when studying interactions between irrigation water and the soil, the circulation of matter on drained areas or the leaching of fertilizers.

Table 1. Important characteristics of the soils examined. (1) Type of soil and site of origin: A) Chernozem soil saline in the deeper layers; B) Meadow chernozem; C) Brown forest soil with alternating thin layers of clay. (2) Stickiness, after Arany. (3) Bulk density, g/cm^3 . (4) Water capacity, volume %. (5) Humus, %. (6) Salt content, %. (7) Mobile Na^+ me/100 g soil (water-soluble + exchangeable Na).

Table 2. Plotted values of $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_0$ and $\text{tg } \alpha'$ values ($\text{tg } \alpha' = 1/\text{tg } \alpha$) characteristic of velocity of change in salt content. (1) Numbers and descriptions of soil samples: I—IV, see Fig. 1; V—VII, see Fig. 2. (2) Salt, %. (3) Treatments; for quality of irrigation water and method of irrigation, see Figs. 1 and 2.

Fig. 1. Relative changes in salt content during the leaching of soils of various initial salt contents and structures. I. Chernozem (salt % = 0.05), original structure, rain simulation with distilled water; II. Saline chernozem (salt % = 0.33), a) original structure, b) disturbed structure, rain simulation with distilled water; III. Saline brown forest soil with alternating thin layers of clay (salt % = 0.3), a) rain simulation with distilled water, b) rain simulation with non-saline irrigation water; IV. Meadow chernozem (salt % = 0.025), a) rain simulation and b) flooding with non-saline irrigation water.

Fig. 2. Changes in the salt contents of the soils. V. Saline meadow chernozem (salt % = 0.345), rain simulation with saline irrigation water; VI. Saline meadow chernozem (salt % = 0.325), a) continuous rain simulation with saline irrigation water, b) periodic rain simulation with saline irrigation water; VII. Meadow chernozem (salt % = 0.025), rain simulation with saline irrigation water.

Fig. 3. Correlations between the logarithm of changes in the salt content and leachate volume. For soils I—IV and treatments a)—b), see Fig. 1.

Fig. 4. Velocity of change in salt content for the meadow chernozem soils examined. For legends, see Fig. 2.

Fig. 5. Trends in the mobile Na content of saline and non-saline meadow chernozem soils in interaction with saline water.

Untersuchung des Mechanismus des Salzauslaugens in Bodensäulen II. Berechnung der Salzabgabe- und Salzzurückhaltungsfähigkeit der Böden

G. FILEP und A. KUN

Agrarwissenschaftliche Universität, Debrecen und Landwirtschaftliche Hochschule als Fakultät der Agrarwissenschaftlichen Universität zu Debrecen, Szarvas (Ungarn)

Zusammenfassung

Es wurde die Salzabgabe von Bodenproben mit gestörtem und ungestörtem Gefüge, welche mit Salzlösungen verschiedener Zusammensetzung und mit ionenfreiem Wasser behandelt worden sind, im Laboratorium untersucht.

Der jeweilige Wert des Salzgehaltes bzw. Na-Gehaltes der Bodensäule wurde — in Kenntnis der ursprünglichen Kennwerte der Böden — aus der Differenz der der Bodensäule zugeführten und mit dem Drainwasser weggeführten Salzmengen berechnet. Zur Berechnung der Menge der durch den Boden adsorbierten (zurückgehaltenen) Komponenten (z. B. Na) wurde — sowohl bei Angabe des Ausgangswertes, wie auch der Ab- und Zunahme — nicht der wasserlösliche, sondern der mobile (lösliche + austauschbare) Vorrat in Betracht genommen.

Die Änderung des untersuchten Parameters wurde in Prozenten der Ausgangsmenge (vor dem Erscheinen des Drainwassers, S_0) ausgedrückt, die Werte wurden dann in der Funktion des entsprechenden Drainwasservolumens (V_d) aufgezeichnet (Abb. 1. und 2.). Das Drainwasservolumen ist in mm angegeben, was — aufgrund des Zusammenhanges $1 \text{ ml/cm}^2 = 10 \text{ mm} = 100 \text{ m}^3/\text{ha}$ — auf die gewünschte Dimension einfach umgerechnet werden kann. Laut der Angaben haben die die Wasserbewegung beeinflussenden Faktoren, wie Bodenstruktur, Lagerdichte, Porenvolumen, Porenweite, Art der Wasserzufuhr, eine bedeutende Auswirkung auf die Salzbewegung.

Zur quantitativen Beschreibung des Vorganges wurde der Zusammenhang zwischen dem Logarithmus der perzentuellen Änderung und dem Drainwasservolumen verwendet (Abb. 3., 4. und 5.). Der Anstieg der geraden Kurvenabschnitte ($\text{tg } \alpha$) kennzeichnet zahlenmässig die Salzabgabe der Bodensäulen mit einer gegebenen Wasserdurchlässigkeit. Zu den Berechnungen wurde, der Einfachheit halber, der Reziprokwert von $\text{tg } \alpha$ ($1/\text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha'$) verwendet.

Aufgrund des obigen kann die zur Abnahme bzw. Zunahme des Salz- oder Na-Gehaltes nötige Drainwassermenge (V_d) mit dem Zusammenhang (3):

$$V_d = \{ \lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_x - \lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_0 \} \cdot \text{tg } \alpha' \quad |$$

für jeden beliebigen $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_x$ -Wert berechnet werden.

«x» bedeutet die gewünschte Salzabnahme, bzw. die erlaubte Zunahme, «0» hingegen den auf die «y»-Achse projizierten Schnittpunkt der Geraden (die Ausgangsmenge).

S_0 = ist der ursprüngliche Salzgehalt der Bodensäule = $s_0 \cdot m/100$, wobei s_0 = = der Salzgehalt des Bodens in %-en, m = die Bodenmenge in der Säule, in g, ist.

$S_n = S_{n-1} - S_{d_n}$ = der berechnete Salzgehalt der Bodensäule nach dem Entstehen von «n» Drainwasserfraktionen (in g); $S_{d_n} = C_{d_n} \cdot V_{d_n}$, wobei C = Konzentration (in g/Liter), V = das Volumen (in Litern) ist.

Obige Gleichung kann beim Studium der Wechselwirkung von Bewässerungswasser und Boden, des Materialumsatzes der mit Drainage versehenen Bodenflächen, bzw. der Auswaschung der Mineraldünger erfolgreich angewendet werden.

Tab. 1. Wichtiger Kennwerte der untersuchten Böden. (1) Bodentyp und Herkunftsort: A) In tiefen Schichten Salzhaltiger Tschernosemboden; B) Wiesentschernosemboden; C) Brauner Waldboden mit «kovárvány». (2) Bindigkeitszahl nach Arany. (3) Lagerdichte, g/cm³. (4) Wasserkapazität in Vol%. (5) Humus, %. (6) Salzgehalt, %. (7) Mobiles Na⁺, mval/100 g (wasserlösliches + austauschbares Na).

Tab. 2. Die graphisch bestimmten lg [(S_n/S₀) · 100]₀-Werte und die die Geschwindigkeit der Salzkonzentrationsänderung kennzeichnenden tg α'-Werte (tg α' = 1/tg α). (1) Zeichen der Bodenprobe und Bodentyp: I—IV: s. Abb. 1.; V—VII s. Abb. 2. (2) Salzgehalt, %. (3) Varianten: Qualität des Bewässerungswassers und Art des Bewässerungswassers und Art der Bewässerung s. Abb. 1. und 2.

Abb. 1. Relative Änderung der Salzkonzentration im Laufe der Auslaugung bei Böden mit verschiedenen anfänglichen Salzkonzentrationen und verschiedener Struktur. I. Tschernosemboden (Salzgehalt: 0,05%), ungestörte Struktur, regenartige Bewässerung mit destilliertem Wasser; II. Salzhaltiger Tschernosemboden (Salzgehalt: 0,33%), a) ungestörte, b) gestörte Struktur; regenartige Bewässerung mit dest. Wasser; III. Salzhaltiger brauner Waldboden mit «kovárvány» (Salzgehalt: 0,3%), a) regenartige Bewässerung mit dest. Wasser, b) regenartige Bewässerung mit salzfreiem Bewässerungswasser; IV. Wiesentschernosemboden (Salzgehalt: 0,025%), a) regenartige Bewässerung mit salzfreiem Bewässerungswasser, b) durch Überstauung bewässert.

Abb. 2. Änderung des Salzgehaltes der Böden. V. Salzhaltiger Wiesentschernosemboden (Salzgehalt: 0,345%), regenartige Bewässerung mit salzhaltigem Bewässerungswasser; VI. Salzhaltiger Wiesentschernosemboden (Salzgehalt: 0,325%), a) mit salzhaltigem Bewässerungswasser andauernd beregnet, b) mit salzhaltigem Bewässerungswasser in Abständen beregnet; VII. Wiesentschernosemboden (Salzgehalt: 0,025%), mit salzhaltigem Bewässerungswasser beregnet.

Abb. 3. Zusammenhänge zwischen dem Logarithmus der Änderung der Salzkonzentration und dem Volumen des Drainwassers. Böden: Abb. 1. I—IV.; Varianten: Abb. 1. a) und b). 1 = Abschnitt der schnellen Auslaugung. 2 = Abschnitt der langsamen Auslaugung.

Abb. 4. Geschwindigkeit der Änderung der Salzkonzentration bei den untersuchten Wiesentschernosemböden. Bezeichnungen: s. Abb. 2.

Abb. 5. Gestaltung des mobilen Na-Gehaltes bei einem salzhaltigen und nicht salzhaltigen Wiesentschernosemboden in Wechselwirkung mit Salz- und Sodahaltigem Wasser. A = salzhaltiger Boden; B = ursprünglicher Boden.

Изучение в почвенных колонках механизма выщелачивания солей II. Расчеты солеотдачи и солеудерживающей способности почвы

Д. ФИЛЕП и А. КУН

Дебреценский Аграрный Университет и Отделение Дебреценского Аграрного Университета
в Сарваше (Венгрия)

Резюме

В лабораторных условиях изучили солеотдачу почвенных образцов с ненарушенным сложением и структурой, обрабатывая их растворами солей различного состава и водой не содержащей ионы.

Содержание солей в почвенной колонке или величины содержания ионов натрия — зная показатели для исходной почвы — рассчитали по разности между количеством солей внесенных в почвенную колонку и вынесенных дренажной водой. За адсорбируемый компонент (например натрий) при расчете солеудерживающей способности почвы — в качестве исходной величины, величины снижения или увеличения содержания солей — принимали содержание не воднорастворимых, а подвижных солей (растворимые + обменные).

Изменение изучаемого параметра, выразили в процентах исходного содержания солей (перед появлением дренажных вод) и обозначили (S_0), полученные величины изображали в функции определенного объема дренажной воды (V_d). (Рисунки 1. и 2.). Объем дренажной воды выразили в мм, что на основе зависимости: $1 \text{ мм/см}^2 = 10 \text{ мл} = 100 \text{ м}^3/\text{час}$ можно просто пересчитать на любую размерность.

Результаты проведенных исследований показали, что факторы, влияющие на передвижение воды в почве: структура почвы, плотность, объем пор, размер пор, способ полива в значительной мере влияют и на движение солей.

Для квантитативной характеристики процесса использовали зависимость между логарифмом процентного изменения и объемом дренажной воды (Рисунки 3., 4. и 5.). Крутизна прямых участков ($\text{tg}\alpha$) численно выражает солеотдачу определенной почвенной колонки. Для упрощения расчетов использовали реципрок ($1/\text{tg}\alpha = \text{tg}\alpha'$).

На основании вышесказанного, для определения снижения или увеличения содержания солей или ионов натрия можно рассчитать (V_d) по уравнению (3):

$$V_d = \{ \lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_x - [\lg (S_n/S_0) : 100]_0 \} \cdot \text{tg}\alpha'$$

для любой величины $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_x$

Где: «x» требуемое снижение или допускаемое увеличение содержания солей; «0» означает точку пересечения прямых с осью «у» исходный уровень.

S_0 = исходное содержание солей в почвенной колонке = $s_0 \cdot m/100$, где s_0 процентное содержание солей в почве; m = масса почвы в колонке, г.

$S_n = S_{n-1} - S_{d_n}$ расчётное содержание солей в почвенной колонке после появления «n» количества фракций дренажной воды, г. $S_{d_n} = C_{d_n} \cdot V_{d_n}$, где: C — концентрация, г/л. V — объем в л.

Вышеприведенное разрешение задачи можно успешно использовать при изучении взаимодействия между оросительной водой и почвой, обмена вещества на дренированных территориях, выщелачивания вносимых минеральных удобрений.

Табл. 1. Основные показатели для изученных почв. (1) Тип почвы и место залегания: А) Глубокозасоленный чернозем. В) Луговой чернозем. С) Коварванная бурая лесная почва. (2) Связность по Арань. (3) Объемная масса г/см³. (4) Влагоемкость в объемных процентах. (5) Гумус в %. (6) Содержание солей в %. (7) Подвижный натрий в мг.экв (100 г) воднорастворимый + обменный натрий.

Табл. 2. Графически определенные значения $\lg [(S_n/S_0) \cdot 100]_0$ и величины tg ($\text{tg}\alpha' = 1/\text{tg}\alpha$), характеризующие скорость изменения содержания солей. (1) Почвенный образец и его название. I—IV. смотри на рисунке 1. V—VII смотри на рисунке 2. (2) Процентное содержание солей. (3) Обработки: химизм воды и способ полива указаны на рисунках 1. и 2.

Рис. 1. Относительное изменение содержания солей при выщелачивании почв с различным исходным содержанием солей и различной структурой. I. Чернозем (содержание солей — 0,05%), с ненарушенной структурой, дождевание дистиллированной водой. II. Засоленный чернозем (содержание солей — 0,33%), а) с ненарушенной структурой, б) с нарушенной структурой, дождевание дистиллированной водой. III. Засоленная коварванная бурая лесная почва (содержание солей — 0,3%), а) дождевание дистиллированной водой, б) дождевание оросительной, пресной водой. IV. Луговой чернозем (содержание солей — 0,025%), а) дождевание пресной оросительной водой, б) орошение затоплением пресной водой.

Рис. 2. Изменение содержания солей в почвах. V. Засоленный луговой чернозем (содержание солей — 0,345%), дождевание засоленной оросительной водой. VI. Засоленный луговой чернозем (содержание солей — 0,325%), а) постоянное орошение дождеванием, используя засоленную оросительную воду, б) периодическое орошение дождеванием, используя засоленную оросительную воду. VII. Луговой чернозем (содержание солей — 0,025%), дождевание засоленной оросительной водой.

Рис. 3. Зависимость между логарифмом изменения содержания солей и объемом дренажной воды. I—IV. почвы и а)–б) обработки смотри на рисунке 1 = Стадия быстрого выщелачивания. 2 = стадия медленного выщелачивания.

Рис. 4. Скорость изменения содержания солей в луговом черноземе. Обозначения V—VII. почвы и варианты от а) до в) смотри на рисунке 2.

Рис. 5. Содержание подвижного натрия в засоленном и незасоленном луговом черноземе при взаимодействии с засоленными поливными водами. А = засоленная почва. В = = исходная почва.