

## Vízben oldható sók felhalmozódása néhány nyugat-finnországi talajban

SZABOLCS ISTVÁN

*MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest*

Az oldható sók felhalmozódása a talajokban különböző okokra vezethető vissza. Egyes esetekben sós anyakőzet, más esetekben sós talajvíz okozza ezt a jelenséget, de nem ritka olyan eset sem, midőn a talaj anyagainak kémiai változásai képezik a sók forrását. Előfordul sófelhalmozódás tengerparti talajokban a tenger vizének befolyására, s az sem ritka eset, midőn a sók más területről kerülnek a felszíni vizek vagy néha a szél segítségével a felszíni talajrétegekbe. CHAPMAN [7] számbavéve a föld sós mocsarait és sivatagjait, számos példát sorol fel a fentiekre.

A sófelhalmozódás a talaj egyes rétegeiben, valamint a folyamat hatása a talaj sajátosságaira sok tényezőtől függ. KOVDA [12] megállapítja, hogy az éghajlati, geokémiai, hidrológiai és egyéb körülmények nagyban befolyásolják nemcsak a sófelhalmozódás és a talajok szikesedésének jellegét, hanem az oldható sók minőségét, kémiai természetét is. Ennek megfelelően csoportosítja KOVDA [12] a sófelhalmozódás és szikesedés különböző típusait, amelyek jellemzőek egyes természeti övezetekre.

Míg a száraz sivatagok és félsivatagok talajainak sófelhalmozódásáról igen sok közlemény lát rendszeresen napvilágot, a nedvesebb övezetek hasonló folyamatai aránylag kevésbé ismertek.

Különösen Észak-, de részben Nyugat-Európa egyes tengerparti vidékein előforduló sötét színű agyagtalajokról több szerző megemlékezik. Így például FROSTERUS [8] leírja, hogy a finn tengerparton ez a talaj előfordul, s a láptalajok egyik megnyilvánulási formájának tartják. Arról is említést tesz, hogy szárazabb időszakokban e talajok jelentős átalakulást szenvednek, s ahogy Finnországban nevezik „alaun” típusú talajokká alakulnak. Ilyenkor egyes alumíniumsók felhalmozódását, sőt a a talajfelszínen való kivirágzásukat is megfigyelte.

AARNIO és STREME [5] talajosztályozási rendszerükben a fent említett talajokat egy genetikai osztályba sorolják a Magyarországon előforduló szikes talajokkal, s megállapítják, hogy kialakulásuknál nem a klimatikus, hanem a hidrológiai viszonyok játszották a döntő szerepet.

AARNIO [1] később alaposabb vizsgálat alá vette a finn tengerpart agyagos képződményeit, s megállapította, hogy a sófelhalmozódás a sötét színű nagy kéntartalmú agyagos feltalajban jön létre. Rámutat arra is, hogy eme agyagok kémhatása eredeti nedves állapotban gyengén lúgos, ellentétben egyéb finnországi agyagképződményekkel, melyek kémhatása savanyú. AARNIO és LÖNNROTH [3] e talajokon szükségesnek és hasznosnak tartják a meszezést.

1.

## Nyugat-finnországi

| (1)<br>A minta<br>származási helye   | (2)<br>Elektromos<br>vezető-<br>képesség<br>1/ohm | (3)<br>Összes<br>keménység<br>nk° | (4)<br>Összes<br>oldott só<br>mg/l | pH  |
|--|---|-----------------------------------|------------------------------------|-----|
| A) Vaasa tengerpart és gáttal védett terület mögötti<br>tocsogóból 1961. VII. 14. .... | 935   | 17,52                             | 772,0                              | 4,5 |
| B) Ylistaro talajvíz minta a kísérleti telepről. Mélység<br>3 m. 1961. VII. 13. ....   | 1420  | 38,54                             | 1633,5                             | 3,7 |

KIVINEN [9, 10, 11] széleskörű vizsgálatai alapján rámutat a fenti talajok morfológiai és genetikai rokonságára a gyttjatalajokkal. Megerősíti, hogy kiszáritás folytán e talajok lúgos vagy semleges pH értékei erősen savanyúra változnak. E jelenséget a talajokban végbemenő oxidációs folyamatokkal magyarázza. A talajok felső rétegeiben felhalmozódó alumínium és vasszulfáton kívül lehetségesnek tartja a szabad kénsav előfordulását is. A szabad alumínium és vasvegyületek előfordulásával kapcsolatban utal a foszforműtrágyázás nehézségeire is e talajokon. Megvizsgálta e talajok kicserélhető kation-tartalmát is [10]. Ebből kitűnik a talajok nagyfokú telítetlensége. Ugyancsak értékes adatokat szolgáltat a szervesanyag tartalomra vonatkozóan is, mely igen különböző lehet. Vizsgálatai szerint 0,5 és 20% között változik. E megállapításokat megerősítik AARNIO [2, 4] vizsgálatai.

VUORINEN [20] minerológiai és fizikokémiai vizsgálatokat végzett a finnországi agyagképződményekben, PUROKOSKI [13] pedig különösen a kénvegyületek dinamikája szempontjából kutatta a nyugat-finnországi tengerpart sötét színű agyagképződményeit.

PUROKOSKI [13, 14] meghatározza e talajokban mind a szerves, mind pedig a szervetlen kénvegyületeket, azoknak redukált és oxidált formáit, megállapítja, hogy a tengerpartok talajainak kiszáritása, gáttal való leválasztása során a kénvegyületek gyors és nagymértékű oxidációja figyelhető meg a talajokban, mely együtt jár a savanyú kémhatás térhódításával. A talajokban előforduló nagymennyiségű kénvegyületeket, mint növényi tápanyagot is értékeli [15]. Korábbi szerzőkkel egybehangzóan megállapítja, hogy a meszezés e talajokon jó eredményeket mutat [14].

### Vizsgálatok, céljaik, módszereik és eredményeik

Vizsgálataim célja az volt, hogy a sófelhalmozódás dinamikáját és jellegét követve, megállapíthassam, hogy a szóban forgó talajok a szikesedés milyen sajátosságos előfordulásának példái, továbbá, hogy ez a folyamat miben egyezik az ismertebb szikesedési folyamatokkal és miben különbözik azoktól.

E célból a nyugat-finnországi Vaasa tengerparti területekről vettem talajmintákat, amelyek éppen a mintavétel időszakában nyertek gátak segítségével

## táblázat

## vízminták elemzése

| H <sub>2</sub> S | SiO <sub>2</sub> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> | Cl <sup>-</sup> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Cu <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> |
|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|
| mg/l             |                  |                               |                               |                 |                                |                                |                  |                  |                |                 |
| ny               | 26,5             | 35,6                          | 328,0                         | 143,0           | 22,5                           | 42,5                           | 37,02            | 13,55            | 17,2           | 127,5           |
| ny               | 105,5            | o.o                           | 986,0                         | 119,2           | 9,0                            | 256,0                          | 89,84            | 7,76             | 13,5           | 40,0            |

leválasztást a tengertől, s amelyek az előzőekben ismertetett kénvegyületeket tartalmazó agyagokhoz tartoznak. Ugyancsak mintákat vettem e körzetben az Ylistaro-i mezőgazdasági kísérleti állomásról, amelynek egyes talajrétegei genetikailag ugyancsak a hajdani tengerpart kénes agyagképződéséből származnak. Itt kell köszönetemet kifejezni Dr. E. Kivinen és Dr. J. Vuorinen professzoroknak, továbbá Dr. Purokoski, Dr. Sillanpää és M. Honkavaara tud. osztályvezetőknek, akik finnországi munkámban segítettek.

A minták vizsgálata során meghatároztam ezek néhány olyan kémiai sajátosságát, amelyek útbaigazítást adhatnak genetikájukról.

A talajmintákkal együtt azok alatt a talajvizeket is megvizsgáltam, ezeket az adatokat az 1. táblázat mutatja.

Az 1. táblázat adataiból láthatjuk, hogy mindkét vízminta jelentős mennyiségű oldott só-t tartalmaz, az Ylistaro-i több mint kétszeresét a Vaasa-i mintának. Szembetűnő a vizek igen savanyú kémhatása is. Mindkét víz nyomokban tartalmaz H<sub>2</sub>S-et. Az anionok közül túlsúlyban vannak a szulfátok, különösen az Ylistaro-i vízmintában.

Jelentős a kloridok mennyisége is, különösen a tengerhez közelebb eső Vaasa-i vízben. Figyelemre méltó, hogy mindkét vízminta a hazai gyakorlatban szokatlan nagy mennyiségben tartalmaz vas és alumínium ionokat, amely egyrészt kapcsolatos az előzőekben már ismertetett erősen savanyú kémhatással, másrészt e tény a talajok képződésére is kihat.

A vizek nátriumiontartalma a Vaasa-i mintában jelentős, az Ylistaro-i ban viszont sokkal csekélyebb. A vizek jellegének megfelelően a kalciumionok mennyisége igen csekély, hasonlóan a magnéziumionok mennyisége is. Hidrokarbonátokat csupán a Vaasa-i minta tartalmaz, igen keveset.

A vizek ismerete azért fontos, mert a talajképződés során ezekkel hasonló talajoldatok álltak egyensúlyban a szóban forgó agyagos képződésű talajokkal.

A mechanikai elemzések adatait a 2. táblázat mutatja be.

Mint a 2. táblázatból látható a nehéz mechanikai összetétel, a minták közös sajátossága. Különösen az Ylistaro-i minta felső szintje tűnik ki jelentős agyagtartalmával.

Érdekes adatokat szolgáltat a szóban forgó talajok teljes kémiai elemzése is, amelyeknek adatait a 3. táblázaton láthatjuk.

2. táblázat

## Nyugat-finnországi talajok mechanikai elemzése

| (1)<br>Talajminta megnevezése<br>és mélysége<br>cm | (2)<br>Higrosz-<br>kópos<br>víz<br>% | (3)<br>Sósavas<br>veszte-<br>ség | (4)<br>Szemcseátmérő mm%-ban |           |            |             |            | (5)<br>Fizikai<br>homok<br>% | (6)<br>Fizikai<br>agyag<br>% |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------|------------|-------------|------------|------------------------------|------------------------------|
|  |                                      |                                  | 0,25—0,05                    | 0,05—0,01 | 0,01—0,005 | 0,005—0,001 | 0,001<br>∇ |                              |                              |
| A) Vaasa 5. tenger-<br>parti tocsogó 20            | 1,84                                 | 3,20                             | 11,40                        | 38,15     | 9,69       | 16,20       | 22,36      | 49,55                        | 48,25                        |
| B) Ylistaro  |                                      |                                  |                              |           |            |             |            |                              |                              |
| 0—20   | 1,82                                 | 3,96                             | 2,80                         | 27,11     | 15,15      | 25,48       | 25,50      | 29,91                        | 66,13                        |
| 30—40  | 1,38                                 | 2,16                             | 13,23                        | 40,35     | 10,82      | 14,84       | 18,60      | 53,58                        | 44,26                        |
| 70—80  | 1,61                                 | 3,37                             | 11,18                        | 38,92     | 10,08      | 15,94       | 20,61      | 51,10                        | 46,63                        |

Mint a 3. táblázat mutatja, a talajminták kémiai összetételében lényeges különbség nincs. Ez a tény is megerősíti azt, hogy az Ylistaro-i talajok jelenleg Vaasa-i mintához hasonló képződményekből alakultak ki.

A teljes kémiai elemzés adatai között szembeszökő a kalcium csekély mennyisége, amely már nem állapítható meg a magnézium vonatkozásában. Az alkáli fémek mennyisége aránylag sok, nagy a másfélszeres oxidok aránya is, de legfeltűnőbb a kénvegyületek szokatlanul nagy mennyisége. Ez jóformán valamennyi szintben és mintában többszörösen meghaladja a hazai gyakorlatban megszokott értékeket, legtöbb azonban a Vaasa-i mintában, ahol  $\text{SO}_3$ -ra számítva majdnem eléri a 2,5%-ot száraz anyagra vonatkoztatva. Ez az adat megerősíti a talaj gazdag kén tartalmára vonatkozó korábbi állításokat, s emellett fontos befolyásolója a talajok lecsapolása után bekövetkező folyamatoknak is.

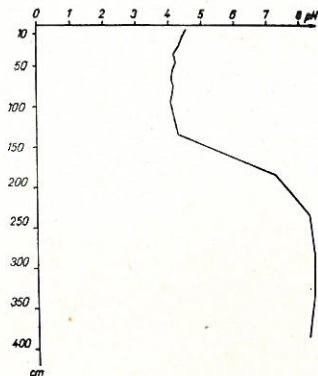
Mint az irodalmi források megállapítják a finnországi „alaun” talajok felszíne a kiszáritás után erősen savanyú kémhatást vesz fel. Az 1. ábrán egy Ylistaro-i talaj szelvényének pH profilját mutatjuk be.

3.

## Nyugat-finnországi talajok

| (1)<br>A minta származási helye<br>és mélysége<br>cm | (2)<br>Nedvesség-<br>tartalom<br>% | (3)<br>Izzítási<br>veszteség | SiO <sub>2</sub> | R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|--|------------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|  |                                    |                              | légszáraz        |                               |                                |
| A) Vaasa tengerparti tocsogó<br>5—10                 | 39,263                             | 3,306                        | 68,293           | 19,159                        | 13,210                         |
| B) Ylistaro 1.                                       |                                    |                              |                  |                               |                                |
| 0—20   | 31,720                             | 3,461                        | 62,394           | 21,715                        | 17,270                         |
| 30—40  | 28,607                             | 3,482                        | 66,286           | 18,417                        | 13,620                         |
| 50—70  | 34,810                             | 6,890                        | 59,515           | 21,556                        | 15,599                         |
| 70—80  | 33,126                             | 3,671                        | 67,287           | 19,374                        | 14,774                         |

Mint az 1. ábrán látható, a talaj felső szintje erősen savanyú, de a mélyebb szintek kevésbé savanyú kémhatásúak, sőt 2 m mélységben a kémhatás lúgosba csap át és 4 méter mélységben megközelíti a 8,5 pH-t.



1. ábra  
Ylistaro-i talajszelvény pH profilja

A kémhatásban mutatkozó nagy különbség azzal magyarázható, hogy míg a felső szintekben a kiszáritás és mezőgazdasági hasznosítás során a kénvegyületek oxidálódtak, s savanyúan hidrolizáló vas és alumíniumszulfátok keletkeztek, addig a mélyebb rétegekben az agyag eredeti állapotához hasonló viszonyok jobban fennmaradtak.

Az előzőekben már tárgyalt Vaasa-i és Ylistaro-i talajmintákból is végeztünk pH meghatározásokat, mégpedig fokozatos kiszáritás folyamán. E vizsgálatok eredményeit a 4. táblázat mutatja be.

A 4. táblázatból látható, hogy a talajok kémhatásának a kiszáritás hatására bekövetkező savasabbá válása legintenzívebb a Vaasa-i mintában, ahol az eredeti 6,68-as H<sub>2</sub>O-ban mért értékről 3,69-re csökkent le. Az Ylistaro-i

táblázat

teljes kémiai elemzése

| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO   | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | MnO   |
|--------------------------------|-------|-------|------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|-------|
| talajra számított %            |       |       |                  |                   |                               |                 |       |
| 5,204                          | 0,606 | 2,159 | 2,137            | 2,350             | 0,107                         | 2,434           | 0,041 |
| 4,235                          | 0,794 | 1,962 | 3,416            | 3,360             | 0,210                         | 1,878           | 0,009 |
| 4,683                          | 0,506 | 1,922 | 2,897            | 3,240             | 0,114                         | 0,707           | 0,023 |
| 5,811                          | 0,943 | 1,761 | 3,588            | 3,779             | 0,153                         | 1,173           | 0,064 |
| 4,489                          | 0,818 | 2,107 | 3,341            | 3,178             | 0,111                         | 1,359           | 0,041 |

szelvényben a csökkenés némileg kisebb mértékű, ami részben azzal magyarázható, hogy itt már a kiszáritás régen megtörtént, sőt jelentős idő óta mezőgazdasági művelés is folyik.

## 4. táblázat

Nyugat-finnországi talajminták pH-jának változása nedvességtartalmuk csökkenésével

| (1)<br>A minta származási helye<br>és mélysége<br>cm | (2)<br>Eredeti<br>nedves-<br>ségtar-<br>talom<br>% | pH               |      | (3)<br>Nedves-<br>ségtar-<br>talom<br>% | pH               |      | (3)<br>Nedves-<br>ségtar-<br>talom<br>% | pH               |      |
|--|--|------------------|------|---|------------------|------|---|------------------|------|
|  |  | H <sub>2</sub> O | KCl  |   | H <sub>2</sub> O | KCl  |   | H <sub>2</sub> O | KCl  |
| A) Vaasa tengerparti<br>tocsogó 20                   | 37,10  | 6,68             | 5,00 | 19,35                                   | 4,09             | 3,37 | légszáraz<br>állapot                    | 3,69             | 3,28 |
| B) Ylistaro  |  |                  |      |   |                  |      |   |                  |      |
| 0—20   | 31,72  | 4,70             | 3,71 | 11,604                                  | 3,99             | 3,37 |   | 3,92             | 3,37 |
| 30—40  | 29,89  | 5,11             | 3,90 | 9,328                                   | 4,18             | 3,44 |   | 3,97             | 3,44 |
| 70—80  | 33,19  | 4,77             | 3,78 | 17,607                                  | 4,02             | 3,39 | 3,81                                    | 3,37             |      |

Abból a célból, hogy a kémhatás változására a talaj oldható sókészletének összetételében, valamint ennek megváltozásában is alátámasztást, illetve magyarázatot nyerjünk, hasonlóan a 4. táblázatban követett módszerhez, azaz eredeti nedvességtartalom mellett, valamint légszáraz állapotban 1 : 5 arányú vizes kivonatot készítettünk a szóban forgó mintákból és meghatároztuk azok sókészletét. E vizsgálatok eredményeit mutatja be az 5. táblázat.

Az 5. táblázat adatainak vizsgálatánál mindenekelőtt az tűnik fel, hogy a minták egy része tekintélyes mennyiségben tartalmaz vízdoldható sókat. Eredeti nedves állapotban különösen a Vaasa-i mintára érvényes ez, de még nagyobb mennyiségű az oldható só az Ylistaro-i szelvény 50—70 cm mélységű rétegében. Érdekes megjegyezni, hogy míg a Vaasa-i minta sókészlete a kiszáritás után több mint 1,5%-ra, tehát az eredeti minta több mint kétszeresére emelkedik, addig az Ylistaro-i szelvény sótartalma a kiszáritás folyamán nem változik jelentős mértékben. Mind az eredeti nedves minták, de különösen a kiszáritott minták vizsgálatánál igen szembeszökő a vizes kivonat erősen savanyú kémhatása, ami a hazai talajokkal összehasonlítva — szokatlan. Az előzőekben már említett törvényszerűségnek megfelelően a kiszáritott minták kémhatása savasabb, mint az eredeti nedves mintáké. Míg a nedves minták vizes kivonatában csak esetenként és csekély mértékben volt titrálható savanyúság, addig a kiszáritott minták vizes kivonatában minden esetben jól mérhető volt. Különösen nagy értéket mutat a Vaasa-i minta kiszáritás utáni titrálható savanyúsága.

Az anionok közül a vizes kivonatban a szulfátok az uralkodók. Ebben a tekintetben is kiténik a Vaasa-i minta, ahol a szulfátionok mennyisége már a talaj eredeti nedves állapotában is meghaladja az 5,6 mg. e. é.-t a vizes kivonatban. Az Ylistaro-i szelvény 50—70 cm közötti rétegében is nagy ez az érték, meghaladja a 7,7 mg e. é.-t, ez a szám az előzőekben említett, e szintben mért nagymennyiségű oldható só összetételére is útmutatással szolgál.

5. táblázat

Nyugat-finnországi talajminták I : 5 arányú vizes kivonat elemzése  
(Adatok 100 g száraz talajra vonatkoznak)

| (1)<br>Számzási hely és szint-<br>mélység<br>cm | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | (2)<br>Száraz<br>mar-<br>adék<br>% | (3)<br>Izellási<br>mar-<br>adék<br>% | (4)<br>Oldható<br>humusz<br>% | (5)<br>Titrál-<br>ható<br>savó<br>nyúság<br>II | Fe+++  | Al+++ | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> -- | Ca++   | Mg++    | Na+     | K+     | (6)<br>Katio-<br>nok<br>összege/<br>anionok<br>összege |
|---|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--|--------|-------|-----------------|--------------------|--------|---------|---------|--------|--|
|   |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       |                 |                    |        |         |         |        |  |
| <i>a) Eredeti állapotban elemzve</i>            |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       |                 |                    |        |         |         |        |  |
| <i>A) Vaasa 5. tengerparti tocsogó</i>          |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       |                 |                    |        |         |         |        |  |
| 5—20  | 4,97                     | 0,620                              | 0,454                                | 0,140                         | —  | —      | —     | 0,0349          | 0,2744             | 0,0179 | 0,0356  | 0,0461  | 0,0181 | 6,173  |
|   |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       | 0,998           | 5,690              | 0,778  | 2,928   | 2,003   | 0,464  | 6,688  |
|   |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       | 0,0047          | 0,0155             | 0,0031 | 0,0016  | 0,00087 | 0,0023 | 0,4700   |
| <i>B) Ylistaro</i>                              |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       | 0,133           | 0,3236             | 0,225  | 0,147   | 0,038   | 0,060  | 0,4566   |
| 30—40   | 4,09                     | 0,1426                             | 0,072                                | 0,097                         | 0,0001   | ny     | ny    | 0,0099          | 0,0398             | 0,0091 | 0,0054  | 0,0028  | 0,0023 | 1,181  |
|   |                          |                                    |                                      |                               | 0,0998   |        |       | 0,285           | 0,833              | 0,455  | 0,4457  | 0,124   | 0,038  | 1,118  |
|   |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       | 0,0082          | 0,3733             | 0,051  | 0,049   | 0,0081  | 0,0114 | 6,991  |
| 50—70   | 4,05                     | 1,2597                             | 0,522                                | 0,563                         | ny   | ny     | ny    | 0,2120          | 7,771              | 2,52   | 4,087   | 0,355   | 0,029  | 7,983  |
|   |                          |                                    |                                      |                               | 0,0001   |        |       | 0,0048          | 0,0415             | 0,0073 | 0,0058  | 0,0024  | 0,0022 | 1,1005   |
| 70—80   | 4,44                     | 0,1391                             | 0,033                                | 0,102                         | 0,0988   | ny     | ny    | 0,136           | 0,8695             | 0,365  | 0,4767  | 0,103   | 0,057  | 1,0055   |
| <i>b) Légszáras állapotban elemzve</i>          |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       |                 |                    |        |         |         |        |  |
| <i>A) Vaasa 5. tengerparti tocsogó</i>          |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       |                 |                    |        |         |         |        |  |
| 20  | 3,37                     | 1,620                              | 0,995                                | 0,849                         | 0,0042   | 0,029  | 0,028 | 0,0300          | 0,7080             | 0,0708 | 0,1438  | 0,0550  | 0,0142 | 22,76  |
|   |                          |                                    |                                      |                               | 4,1590   | 1,531  | 3,119 | 0,8450          | 18,4350            | 3,5326 | 11,8302 | 2,3913  | 0,3641 | 19,28  |
|   |                          |                                    |                                      |                               | 0,0001   | 0,0003 | ny    | 0,0050          | 0,0242             | 0,0041 | 0,0027  | 0,0020  | 0,0049 | 0,6569   |
| <i>B) Ylistaro</i>                              |                          |                                    |                                      |                               |  |        |       | 0,1408          | 0,5037             | 0,2044 | 0,2253  | 0,0869  | 0,1256 | 0,6445   |
| 30—40   | 4,05                     | 0,036                              | 0,026                                | 0,011                         | 0,1248   | 0,0147 | ny    | 0,0060          | 0,0458             | 0,0103 | 0,0037  | 0,0040  | 0,0031 | 1,276  |
|   |                          |                                    |                                      |                               | 0,0001   | 0,0038 | ny    | 0,0060          | 0,0458             | 0,0103 | 0,0037  | 0,0040  | 0,0031 | 1,276  |
|   |                          |                                    |                                      |                               | 0,0960   | 0,2040 | ny    | 0,1690          | 0,9538             | 0,5118 | 0,3072  | 0,1739  | 0,0794 | 1,12   |
| 70—80   | 3,84                     | 0,142                              | 0,054                                | 0,089                         | 0,0002   | 0,0006 | ny    | 0,0060          | 0,0545             | 0,0069 | 0,0057  | 0,0035  | 0,0036 | 1,0912   |
|   |                          |                                    |                                      |                               | 0,1935   | 0,0322 | ny    | 0,1690          | 1,134              | 0,3475 | 0,4671  | 0,1521  | 0,0923 | 1,303  |

Ha megnézzük a szulfát-ionok eloszlását és mennyiségét a kiszáritotti minták vizes kivonataiban, láthatjuk, hogy míg a Vaasa-i minta esetében ezek mennyisége több mint háromszorosára növekedett, addig az Ylistaro-i minták esetében e növekedés csekély. A kloridok esetében hasonló törvényszerűség nem mutatkozik, a nedves és kiszáritott minták vizes kivonatainak klorid-tartalma majdnem azonos. Meg kell jegyezni, hogy a tengerhez ma is közel elhelyezkedő Vaasa-i minta klorid-tartalma a fenti ok miatt többszöröse az Ylistaro-i mintákban mért értékeknek.

A vizes kivonatok kationjai közül a száraz minták esetében igen meglepő a vas és alumínium ionok nagy mennyisége. Ez a jelenség az ismertebb szikes talajoknál alig fordul elő, s a vas és alumínium ionok mennyisége még megjelenésük esetén is csak elenyésző. A fenti jelenség is a Vaasa-i mintában szembetűnő, s ez meg is magyarázza e talaj kiszáradás utáni igen savanyú kémhatását. A vas és alumíniumszulfátok ugyanis köztudomásúan oly erősen hidrolizálnak, hogy az adott esetben helyenként a felszabaduló kénsav a talaj anyagában jelentős változások okozójává válhat. Ugyanúgy evvel magyarázható e talajok kiszáritás után tapasztalható igen rossz termékenysége, melyet a mezőgazdaság gyakorlatában meszezéssel javítanak.

Szembetűnő a vizes kivonat nagy magnéziumion-tartalma is, ugyancsak főként a Vaasa-i mintában. Itt kiszáritás után ez az érték majdnem ötszörösére növekszik és meghaladja az összes többi kationok együttes mennyiségét. Csekély a vizes kivonatban a kálium és kalciumionok mennyisége, bár utóbbi száritás után ugyancsak majdnem ötszörösére növekszik, míg előbbi alig változik.

A nedves mintákban jelentős a nátriumionok mennyisége is, de a káliumhoz hasonlóan ez sem változik jelentősen a minták kiszáritása esetén, ellentétben a két és három vegyértékű fémekkel.

A kémiai elemzések adatait értékelve egyet kell érteni azokkal a finn szerzőkkel, akik e talajok különleges tulajdonságait és dinamikáját a bennük előforduló nagymennyiségű kénvegyület jelenlétével és oxidációjával hozzák kapcsolatba. E folyamat, mely a talajok kiszáradása esetén gyorsan végbe megy, eredményezi a vízdíható sók felhalmozódását éppúgy, mint az intenzív savas kémhatást. Azonban e folyamat az általánosabban ismert szikesedési folyamatokkal csupán a vízdíható sók felhalmozódása tekintetében hasonló, más lényeges ismérveit tekintve gyakran éppen ellentétes. Míg a közismert szikesedési folyamatoknál a lúgos kémhatás kerül előtérbe, a fenti esetben éppen ellentétesen a savanyú kémhatás. Míg a nátriumionok a talajoldatban felszaporodnak az ismertebb szikesedési folyamatoknál, addig a szóban forgó esetben a sófelhalmozódás a két és háromvegyértékű kationok mennyiségének abszolút megnövekedésével, s a nátriumionok mennyiségének ezzel párhuzamos relatív csökkenésével jár. Így teljesen érthetővé válik, hogy a nyugat-finnországi agyagos talajokban tapasztalt sófelhalmozódás a talajkolloidokban való nátriumbecserélődést nem elősegíti, hanem akadályozza. Ennek bizonyítására az említett talajok kicserélhető kationjait is meghatároztuk eredeti nedves, továbbá kiszáritott állapotban. E vizsgálatok eredményeit foglalja össze a 6. táblázat.

A 6. táblázat adatai jól mutatják, hogy míg az eredeti nedves talajminták kicserélhető nátriumion-tartalma jelentős, addig kiszáritás után ez az érték mindenütt csökken. Az előzőekkel összhangban a  $H^+$  eé.-ben kifejezett telítetlenség minden mintánál szembetűnő a 6. táblázatban.



Számos külföldi szerző (ANTIPOV-KARATAEV [6], VERNER és ORLOVSKIJ [19], továbbá hazai szerzők is (SZABOLCS és munkatársai [16, 17], VÁMOS [18]) vizsgálatokat végeztek a szikesedéssel kapcsolatos szódaképződésnél szereplő kénvegyületekkel. Megállapították, hogy egyes esetekben a szulfátok redukciója a talajreakció lúgosabbá válását eredményezi és a szódaképződés

6. táblázat

Nyugat-finnországi talajok kicserélhető kationjai  
(Az eredmények 100 g száraz talajra vonatkoznak)

| (1)<br>A minta megnevezése és<br>mélysége<br>cm | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|---|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
|   | mgé/100 g talaj  |                  |                 |                |                |
| a) <i>Eredeti állapotban<br/>elemezve</i>       |                  |                  |                 |                |                |
| A) Vaasa tengerparti<br>tocsogó                 |                  |                  |                 |                |                |
| 5—20  | 4,415            | 2,541            | 4,92            | 1,747          | 20,253         |
| B) Ylistaro                                     |                  |                  |                 |                |                |
| 10—20   | 0,313            | 0,912            | 0,633           | 0,818          | 11,043         |
| 30—40   | 1,503            | 0,435            | 2,228           | 0,838          | 10,874         |
| 50—70   | 2,853            | 1,303            | 2,858           | 1,549          | —              |
| 70—80   | 1,140            | 0,435            | 2,286           | 0,892          | 14,239         |
| b) <i>Légszáraz állapotban<br/>elemezve</i>     |                  |                  |                 |                |                |
| A) Vaasa 5. tengerparti<br>tocsogó              |                  |                  |                 |                |                |
| 20  | 2,914            | 3,421            | 1,774           | 1,263          | 17,670         |
| B) Ylistaro                                     |                  |                  |                 |                |                |
| 0—20  | 0,269            | 0,970            | 0,452           | 0,698          | 16,620         |
| 30—40   | 0,609            | 0,822            | 0,374           | 0,552          | 11,359         |
| 70—80   | 0,559            | 1,151            | 0,391           | 0,652          | 13,276         |

egyik részfolyamata lehet. Egyes szerzők nagyobb, mások kisebb jelentőséget tulajdonítanak a jelenségnek, s részben biotikus, részben abiotikus folyamatokkal magyarázzák (SZABOLCS [16]).

Mint a nyugat-finnországi agyagképződményekben végbemenő folyamatok bizonyítják, a talajokban történő sófelhalmozódás során a fentivel ellentétes folyamat megy végbe és pedig igen nagy intenzitással. Nem a kénvegyületek redukciója, hanem oxidációja az, amellyel ez esetben találkozunk. Minden bizonnyal az oxidációs folyamatban abiotikus tényezők játszzák a főszerepet, természetesen a rész- és kapcsolt folyamatok mikrobiológiai vizsgálatainak fontossága is igen nagy.

Az ismertett változások nem maradnak hatás nélkül a talajok több fontos tulajdonságára. Példaként bemutatom a 7. táblázaton a szóban forgó nedves és száraz minták tápanyagviszonyainak elemzési eredményeit.

A 7. táblázatból látható, hogy a minták humusztartalma elég csekély, s ez a kiszáritással nem változik jelentősen, ami természetes is. Jelentős változás

következik be azonban a szárítás után a C/N arányban, amely minden esetben, de különösen a Vaasa-i minta esetében jelentősen szűkült.

7. táblázat

Nyugat-finnországi talajminták tápanyagviszonyai  
(Adatok g/100 g száraz talajban megadva)

| (1)<br>Minta származási helye és<br>mélysége<br>cm | (2)<br>Ö s s z e s                 |                       | N<br>% | (3)<br>Humusz<br>% | C/N   | (4)<br>Könnyen oldható        |                  |
|--|------------------------------------|-----------------------|--------|--------------------|-------|-------------------------------|------------------|
|  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>% | K <sub>2</sub> O<br>% |        |                    |       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|  |                                    |                       |        |                    |       | mg/100 g                      |                  |
| <i>a) Eredeti állapotban elemézve</i>              |                                    |                       |        |                    |       |                               |                  |
| A) Vaasa 5 tengerparti tocsogó                     |                                    |                       |        |                    |       |                               |                  |
| 20   | 0,1621                             | 0,617                 | 0,146  | 3,294              | 13,01 | 2,7                           | 33               |
| B) Ylistaro  |                                    |                       |        |                    |       |                               |                  |
| 0—20   | 0,1229                             | 0,7659                | 0,098  | 1,230              | 7,24  | 2,6                           | 1,7              |
| 30—40  | 0,1269                             | 0,562                 | 0,086  | 1,218              | 8,21  | 1,8                           | —                |
| 50—70  | 0,1574                             | 0,778                 | 0,137  | 2,167              | 10,90 | 1,9                           | 13,7             |
| 70—80  | 0,1317                             | 0,602                 | 0,097  | 1,409              | 8,35  | 5,2                           | —                |
| <i>b) Légszáraz állapotban elemézve</i>            |                                    |                       |        |                    |       |                               |                  |
| A) Vaasa 5 tengerparti tocsogó                     |                                    |                       |        |                    |       |                               |                  |
| 20   | 0,162                              | 0,928                 | 0,174  | 2,848              | 9,42  | 4,80                          | 52,62            |
| B) Ylistaro  |                                    |                       |        |                    |       |                               |                  |
| 0—20   | 0,145                              | 1,069                 | 0,121  | 1,592              | 7,56  | 2,60                          | 39,75            |
| 30—40  | 0,114                              | 0,867                 | 0,091  | 1,190              | 7,58  | 3,30                          | 28,91            |
| 70—80  | 0,110                              | 0,851                 | 0,085  | 1,363              | 9,24  | 2,60                          | 33,73            |

Természetesen nem változik a szárítás hatására a minták összes P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és K<sub>2</sub>O tartalma, azonban a felvehető K<sub>2</sub>O tartalom jelentősen megnövekszik szárítás után, míg a felvehető P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom alig változik.

Nyilvánvaló, hogy más jellegzetes tulajdonságok is jelentős változásokat szenvednek e talajok kiszárítása során. Különösen jelentősek lehetnek az organominerális kolloidokban, valamint az agyagásványok szerkezetében végbemenő változások.

### Ö s s z e f o g l a l á s

Finnország nyugati tengerpartjain, hasonlóan Észak- és Nyugat-Európa több vidékéhez, agyagos, sötét színű képződmények kerülnek a tengerek természetes vagy mesterséges visszaszorítása útján a talajképződési folyamatba. Gyakran kénhidrogént is tartalmaznak e képződmények és kémhatásuk többé-kevésbé lúgos.

E talajok esetenként a kiszáradás és oxidációs folyamatok eredményeként felső szintjeikben jelentős mennyiségű vízdoldható sókat tartalmaznak, melyek nagy része vas és főleg alumíniumsulfát. E sók hidrolízise oly nagy-

mértékű lehet, hogy a nevezett szintekben 2—3 körüli pH, sőt szabad kénsav is felléphet. E tény természetszerűen a mezőgazdasági termelés akadályát képezi, s a gyakorlatban meszezéssel harcolnak ellene.

Mivel a talajokban sófelhalmozódás fordul elő, vizsgálatok történtek annak megállapítására, hogy milyen genetikai hasonlóságok s milyen különbségek észlelhetők e talajok, valamint a sófelhalmozódást ugyancsak mutató hazai és más szikesek között. Megállapítható, hogy a szóban forgó finnországi „alaun” talajok és a szikes talajok csupán a vízdoldható sók felhalmozódásában hasonlóak, azonban e folyamat okai és következményei már eltérőek.

A megvizsgált talajokban a sófelhalmozódás alapvető oka a talajok rendkívül nagy, más típusokat több mint tízszeresen felülmúló kéntartalma. E kénvegyületek oxidálódnak, s így a keletkezett szulfátvegyületek [főleg  $Al_2(SO_4)_3$  és  $Fe_2(SO_4)_3$ ] erősen savas kémhatást eredményeznek.

Annak ellenére, hogy különösen a kiindulási állapotban, részben a tengervíz miatt, a talajok nátriumtartalma jelentős, a sófelhalmozódással párhuzamosan megnövekedő savas kémhatás miatt a nátriumionok aktivitása csökken, a talajkolloidokba való beépülésük nem valósulhat meg, s így a szikesedés sem haladhat előre.

Ellentétben az ismert szikesedési folyamatokkal, amelyekben az összsó-mennyiség növekedésével párhuzamosan növekszik a nátriumsók mennyisége, a vizsgált talajokban a fentebb vázolt okok miatt éppen az ellenkező folyamat figyelhető meg.

Ez a körülmény ad lehetőséget arra, hogy meszezés és helyes agrotechnika segítségével e talajokat aránylag könnyen megjavíthassák és bekapcsolhassák a mezőgazdasági termelésbe.

*Érkezett : 1962. május 2.*

### Irodalom

- [1] AARNIO, B.: Die Tontypen in SW-Finnland. Agrogeol. Julk. Helsinki. No. 28. 1928.
- [2] AARNIO, B.: Über die Tone Finnlands und ihre Eigenschaften. Agrogeol. Julk. Helsinki. No. 46. 1938.
- [3] AARNIO, B. & LÖNNROTH, H.: Der Kalkbedarf der Mineralböden in Finnland. Agrogeol. Julk. Helsinki. No. 31. 1932.
- [4] AARNIO, B. KIVINEN, E.: Die Böden Finnlands. Agrogeol. Julk. Helsinki. No. 47. 1938.
- [5] AARNIO, B. & STREMMER, H.: Zur Frage der Bodenbildung und Bodenklassifikation. Agrogeol. Julk. Helsinki. No. 17. 1924.
- [6] ANTIPOV-KARATAEV, I. & KADER, G.: O razvitii szoloncovüh processzov. Vopr. Trav. Sziszt. Zeml. Izd. AN SSSR. Moszkva. 514. 1953.
- [7] CHAPMAN, V.: Salt Marshes and Salt Deserts of the World. Leonhard Hill. London. 1960.
- [8] FROSTERUS, B.: Die Klassifikation der Böden und Bodenarten Finnlands. Agrogeol. Julk. Helsinki. No. 18. 1924.
- [9] KIVINEN, E.: Untersuchung über die Eigenschaften der Gyttjaböden. Agrogeol. Julk. Helsinki. No. 48—49. 1938.
- [10] KIVINEN, E.: Über die austauschbaren Basen in finnischen Tonböden. Agrogeol. Julk. Helsinki. No. 44. 1938.
- [11] KIVINEN, E.: Über Elektrolytgehalt und Reaktion der Moorwässer. Agrogeol. Julk. Helsinki. No. 38. 1935.
- [12] KOVDA, V.: Proiszhozdenie i rezsím zasolennüh pocsv. I—II. Izd. AN SSSR. Moszkva. 1946—47.

- [13] PUROKOSKI, P.: Die schwefelhaltigen Tonsedimente in dem Flachlandgebiet von Liminka im Lichte chemischer Forschung. *Agrogeol. Julk.* Helsinki. No. 70. 1958.
- [14] PUROKOSKI, P.: Über die schwefelhaltigen Böden an der Küste Finnlands. *Agrogeol. Julk.* Helsinki. No. 74. 1959.
- [15] PUROKOSKI, P.: Über Kalkungswirkung in schwefelhaltigen Böden an der Meeresküste Finnlands. *Agrogeol. Julk.* Helsinki. No. 72. 1959.
- [16] SZABOLCS, I.: A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akad. kiadó. Budapest. 1961.
- [17] SZABOLCS, I., MÁTÉ, F., MOLNÁR, F. & KOCH L-NÉ: Szikesedési folyamatok vizsgálata modellkísérletekben. *Agrokémia és Talajtan.* 5. 297. 1956.
- [18] VAMOS, R.: H<sub>2</sub>S the cause of the Bruzone. *Soil and Plant Food.* 4. 37. 1958.
- [19] VERNER, A. & ORLOVSZKI, N.: O roli szulfátreducirujuscsh bakterij v szolevom rezime pocsv Barabi. *Pocsvovedenie* (9) 553. 1948.
- [20] VUORINEN, J.: Untersuchung über die Koagulation des schweren Glazialtons. *Agrogeol. Julk.* Helsinki. No. 50. 1939.

### Накопление воднорастворимых солей в почвах Финляндии

И. САБОЛЬЧ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии АН Венгрии, Будапешт

#### Резюме

На морском побережье западной Финляндии, как и в других местах Западной Европы, в почвообразовательном процессе участвуют темноцветные образования оставшиеся после естественного отступления или после оттеснения моря. Эти образования часто содержат сероводород и реакция их более или менее щелочная.

В некоторых случаях эти почвы в результате протекающих в них процессов высыхания и окисления в верхних горизонтах содержат значительное количество воднорастворимых солей. Гидролиз этих солей может быть столь значительным, что рН указанных горизонтов становится около 2—3 и даже может появиться свободная серная кислота. Это явление препятствует ведению сельского хозяйства и в практике борьбу с ним ведут путем применения известкования.

В виду того, что в этих почвах наблюдается накопление солей, ведутся исследования для определения того, какое генетическое сходство, или какие различия наблюдаются между этими почвами и другими засоленными почвами в которых также наблюдается накопление солей.

Автор провел исследование механического состава, валовой анализ, определения рН, анализ водной вытяжки почвы 1:5, определение обменных оснований и усвояемых питательных веществ почвенных образцов: из Вааза и из Илистаро.

Из данных валового химического анализа видно низкое значение содержания кальция, чего нельзя уже отметить относительно магния. Количество щелочно-земельных металлов сравнительно высокое, высокое и соотношение полуторных окислов, но наиболее выделяется необычно высокое количество соединений серы. Содержание последних во всех горизонтах и во всех образцах во много раз превышает обычные величины, больше всего их в образце из Вааза, в котором эта величина в пересчете на SO<sub>3</sub> почти достигает 2,5% от сухого вещества.

Часть образцов содержит воднорастворимые соли в значительных количествах. В состоянии влажности при взятии образца это относится особенно к ваазскому образцу, но еще больше воднорастворимых солей обнаружено в горизонте 50—70 см илистарского профиля. Интересно отметить, что в то время как содержание солей в ваазском образце после высушивания достигло более 1,5%, т. е. более чем в два раза увеличилось по сравнению с их содержанием при полевой влажности, содержание солей в илистарском профиле в ходе высушивания не изменилось сколь-нибудь значительно. При анализе образцов полевой влажности и, особенно при анализе высушенных образцов обращает на себя внимание сильно кислая реакция водной вытяжки, что непривычно по сравнению с опытом анализа венгерских почв. Согласно упомянутой выше закономерности реакция высушенных образцов более кислая, чем образцов анализируемых при полевой влажности. В то время как в водных вытяжках из сырой почвы свободная кислотность встречалась

только редко и в незначительной мере, в водных вытяжках из высушенной почвы кислотность во всех случаях хорошо подавалась измерению. Особенно большие величины титруемой кислотности показал высушенный ваазский образец.

Из анионов в водной вытяжке преобладают сульфаты. Ваазский образец выделяется и в этом отношении. В водной вытяжке из последнего количество ионов сульфатов уже при полевой влажности почвы выше 5,6 мг.экв. В 50—70 см слое илистарского профиля эта величина также значительная и прсвывает 7,7 мг.экв., то есть эта цифра указывает и на состав определенного в этом горизонте большого количества воднорастворимых солей.

Если рассматривать распределение и количество ионов сульфатов в водных вытяжках из высушенных образцов, то увидим, что в то время как в ваазском образце это количество увеличилось более, чем в три раза, для илистарских образцов это увеличение незначительное. Для хлоридов подобная закономерность не наблюдается, содержание хлоридов в водных вытяжках из высушенных и влажных образцов почти аналогичное. Следует отметить, что содержание хлоридов в образце из Вааза, расположенном й в настоящее время ближе к морю, в несколько раз превышает содержание хлоридов в почве из Илистаро.

Среди катионов водной вытяжки из высушенной почвы вызывает удивление высокое содержание ионов алюминия и железа. У известных нам засоленных почв это явление не встречается, количество ионов железа и алюминия, если они и встречаются, незначительное. Указанное явление также более ярко выражено для ваазского образца, и этим можно объяснить сильно кислую реакцию этой почвы после высыхания. Общеизвестно, что сульфаты алюминия и железа столь сильно гидролизуют, что в данном случае оседающая местами серная кислота может вызвать значительные изменения в составе почвы. Этим же можно объяснить низкое плодородие этих почв после их высыхания, которое в сельскохозяйственной практике повышают внесением извести.

Выделяется также и высокое содержание иона магния в водных вытяжках, особенно в ваазском образце. В нем эта величина после высушивания почвы увеличивается почти в пять раз и превосходит общее количество остальных катионов. В водной вытяжке также отмечено незначительно количество ионов калия и кальция, хотя содержание последнего после высушивания возрастает почти в пять раз, содержание калия почти не изменяется.

В образцах полевой влажности количество ионов натрия довольно значительное, но наподобие ионов калия это количество в результате высушивания почвы не изменяется сколько-нибудь значительно, в противоположность двух и трехвалентным металлам.

В то время как для общезвестных процессов засоления на передний план выступает щелочная реакция, в описанном случае, как раз наоборот — главное значение имеет кислая реакция. При общезвестных процессах засоления происходит накопление ионов натрия в почвенном растворе, в описанном же случае накопление солей происходит за счет возрастания абсолютного количества двух- и трехвалентных катионов и происходящем параллельно с этим относительным снижением количества ионов натрия. Таким образом становится понятным, что накопление солей, наблюдаемое в глинистых почвах Западной Финляндии, не способствует, а препятствует обменному поступлению натрия в почвенные коллоиды.

Под влиянием высушивания общее содержание  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в образцах почвы не изменяется. Увеличивается, однако, под влиянием высушивания содержание усвояемого калия, в то время как количество усвояемого  $P_2O_5$  почти не изменяется.

Можно установить, что изученные финские «алаун» почвы и наши засоленные почвы похожи только тем, что и в тех и в других происходит накопление солей, причины же и следствия этих процессов уже различные.

Основной причиной накопления солей в изученных почвах является чрезвычайно высокое, более чем в десять раз превосходящее другие почвы, содержание серы. Эти соединения серы окисляются и образовавшиеся сульфаты [главным образом  $Al_2(SO_4)_3$  и  $Fe_2(SO_4)_3$ ] вызывают сильно кислую реакцию почвы.

Несмотря на то, что, особенно в исходном состоянии, отчасти из-за морской воды, содержание натрия в почвах значительное, увеличивающаяся по мере накопления солей кислая реакция, снижает активность ионов натрия, не дает им войти в состав коллоидов, и таким образом процесс засоления не может развиваться.

В противоположность известным процессам засоления, в ходе которых параллельно с увеличением общего количества солей, возрастает и содержание солей натрия, в исследованных почвах, из-за указанных причин, наблюдается как раз противоположный процесс.

Это обстоятельство создает возможность известкованием и введением правильной агротехники сравнительно легко провести мелиорацию этих почв и включение их в сельскохозяйственное производство.

*Табл. 1.* Анализ образцов воды из Западной Финляндии. (1) Место взятия образцов. А) Из озера около Ваазского поморья. В) Образец грунтовой воды с Илистарского опытного участка. (2) Электропроводность л/ом. (3) Общая жесткость  $\text{ик}^\circ$  (4) Общее количество растворенных солей мг/литр.

*Табл. 2.* Механический анализ почв Западной Финляндии. (1) Наименование почвенного образца, глубина взятия см. А) Вааза 5. В) Илистаро. (2) Гигроскопическая вода %. (3) Потери от обработки соляной кислотой. (4) диаметр частиц в мм, % (5) Физический песок %. (6) Физическая глина.

*Табл. 3.* Валовой химический анализ почв Западной Финляндии. (1) Место и глубина взятия образца. А) Вааза, В) Илистаро. (2) Влажность. %. (3) Потери от прокаливания в расчете на воздушно-сухую почву в %.

*Табл. 4.* Изменения pH финских почв по мере снижения влажности. (1) Место и глубина взятия образца см. А) Вааза, В) Илистаро. (2) Исходное содержание влаги (полная влажность) %. (3) Влажность.

*Табл. 5.* Анализ водной вытяжки (1:5) из финских почв (данные рассчитаны на 100 г сухой почвы). а) анализ при полевой влажности, б) анализ воздушно-сухой почвы. (1) Место и горизонт взятия образца см. А) Вааза, В) Илистаро. (2) Сухой остаток %. (3) Остаток после прокаливания %. (4) Растворимый гумус %. (5) Кислотность Н. (6) Сумма катионов (сумма анионов).

*Табл. 6.* Обменные катионы финских почв. (Результаты даны в пересчете на 100 г почвы) (а) анализ проведен при влажности взятия образцов, б) анализ проведен из воздушно-сухой почвы. (1) Наименование и глубина взятия образца в см. А) Заболоченная почва с побережья около Вааза. В) Илистаро.

*Табл. 7.* Содержание питательных веществ в финских почвенных образцах. (на 100 г воздушно-сухой почвы). (а) при влажности взятия образца, (б) в воздушно-сухой почве. (1) Место и глубина взятия образца см. А) Заболоченная почва с побережья около Вааза. В) Илистаро. (2) Общее. (3) Гумус %. (4) Легко растворимые.

## Accumulation of Water-Soluble Salts in Certain Soils of Finland

I. SZABOLCS

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

### Summary

On the western sea-shores of Finland, like in some other parts of Western and Northern Europe, soil development starts from a clayey dark formation on the lands reclaimed from the sea. These formations frequently contain hydrogen sulfide and have a more or less basic reaction.

Drying up and the following oxidative processes result in some cases in the accumulation of a remarkable amount of water-soluble salts in the upper horizons of these soils. The salts accumulated are mainly iron and especially aluminium sulfate. These are hydrolyzed to such an extent that soil pH in the horizons in question is sometimes as low as 2—3, and even free sulfuric acid is occasionally present. Lime is applied as a rule for the melioration of these soils.

In the studies presented a comparison was made, from the point of view of soil genetics, of these high-salt soils with those encountered in Hungary.

Particle-size composition, chemical composition, pH, composition of the 1:5 water extract, exchangeable cation content, and available nutrient content were determined in two soils from Finland, Vaasa and Ylistaro, resp.

A remarkable feature of the soil analytical data was the relative low level of Ca but not of Mg. Alkali metals were found in a higher concentration, and trivalent cations were also present in a relative high concentration, but the unusually high level of sulfuric compounds was certainly the most characteristic feature of the samples studied. The S-content values obtained in almost every horizons were multiples of those commonly

encountered in soils. In the soil sample from Vaasa, 2.5% of the total dry weight was accountable as  $\text{SO}_3$ .

Some of the samples contained water-soluble salts in a remarkable amount. In the wet state, the whole profile from Vaasa had a high salt content, and that from Ylistaro was characterized by an exceedingly high salt content in the 50—70 cm. horizon. It is certainly interesting to note that the soluble salt content of the Vaasa sample was nearly doubled by a drying, while that in the Ylistaro profile was left more or less unchanged. The pH value of the water extracts of the dry samples was strikingly low as compared to those encountered with Hungarian soils. As already indicated, a more acidic reaction was always found in the extract of the dried samples than in the extract of the original wet samples. While the acid equivalent of the original wet samples was very low in most cases, the respective values were remarkable after drying, especially in the Vaasa sample.

Sulfates prevailed in the anion fraction. In the original wet extract of the Vaasa sample more than 5—6 mg. equivalent  $\text{SO}_4$  was found. In the 50—70 cm. horizon of the Ylistaro sample slightly more than 7.7 mg. equivalent sulfate was present. In general,  $\text{SO}_4$  concentration changed parallel with soluble salt content.

With the Vaasa sample, drying resulted in a 3-fold increase in the soluble  $\text{SO}_4$  concentration, but soluble  $\text{SO}_4$  content was hardly affected by drying of the Ylistaro sample. Chloride content of the wet and dry extracts was roughly the same with both samples. It might be added in this connection that chloride content of the Vaasa sample was the multiple of that found in the Ylistaro profile, and that this difference is to be expected since the former is till near to the sea.

The high iron and aluminium content of the extracts of the dry samples is very interesting. These cations are absent or only present in traces in the Hungarian high-salt soils. Both cations were found in a much higher concentration in the Vaasa sample, and the very low pH of this soil after drying can be explained with their presence. Intensive hydrolysis of iron and aluminium sulfates is a well-known fact. The liberated sulfuric acid brings about remarkable changes in the soil. Soil fertility is low and it is greatly improved by lime treatment.

Especially high magnesium content was again found in the Vaasa sample. A nearly 5-fold increase is brought about by drying and the Mg-content of the extract of the dry sample is more than half of the total cation content. Potassium and calcium content of the extracts is low; the former is not affected by drying, but Ca-content was found to be increased parallel with Mg.

Remarkable amount of Na was found in the extracts but Na concentration in the extract was not increased by drying, just like K, and in contrast to the behaviour of bivalent and trivalent cations.

With the Hungarian high-salt soils there is a positive correlation between salt concentration and alkaline reaction. In the case of the soils in question, high salt concentration is accompanied by a very low pH value. Total salt content and relative Na concentration are increased parallel in Hungarian soils, in the studied case, however, bivalent and trivalent cations are increased but relative sodium concentration decreases. In these high-salt clayey soils in Western Finland salt accumulation inhibits, instead of promoting, the binding of Na ions by the soil colloids.

Naturally, total  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{K}_2\text{O}$  content of the samples is not affected by drying, but available  $\text{K}_2\text{O}$  content (in contrast to available  $\text{P}_2\text{O}_5$  content) is markedly increased.

In conclusion, the Finnish alumn soils studied have nothing in common with the Hungarian high-salt soils except that both are high in soluble salts. Salt accumulation has different causes and different consequences in these cases.

In case of the alumn soils studied, salt accumulation is mainly brought about by their very high sulfur content, which is more than ten times higher than the usually encountered value. The sulfuric compounds are oxidized and the sulfates formed in this way (mainly  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  and  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) lead to a markedly acidic reaction.

The binding of increasing amounts of Na ions by the soil colloids is a characteristic feature of salt accumulation under Hungarian conditions. There is a high original Na content in the Finnish soils studied, however, salt accumulation in this case is followed by increasing acidity, and the increasing  $\text{H}^+$  concentration is not favourable for the binding of  $\text{Na}^+$  by the soil colloids.

In contrast to the salt accumulation under local conditions, when there is a parallel rise in Na-ion concentration and total salt concentration, in the alumn soils studied Na-ion concentration decreases as total salt concentration is increased.

Melioration of the soils studied is more or less easily achieved by liming and appropriate farm management, because the harmful effects of Na ions are not to be controlled.

The author gratefully acknowledges the valuable assistance of M. Honkavara, Director of the Experimental Station, Ylistaro, Finland, and helpful discussions with Prof. Dr. Kivinen, Prof. Dr. J. Vuorinen, Prof. Dr. Purokoski, and Prof. Dr. Sillanpää.

### Captions

*Table 1.* Water samples from Western Finland. (1) Origin of the sample. A) Sea shore and diked puddle at Vaasa. B) Soil water from the Experimental Farm, Ylistaro. (2) Electric conductivity, 1/ohm. (3) Total hardness, German grades. (4) Total salt concentration, mg./l.

*Table 2.* Particle-size composition of two soil profiles from Western Finland. (1) Origin and depth of the sample, cm. A) Vaasa, sea-side puddle. B) Ylistaro. (2) Hygroscopic water capacity, %. (3) HCl loss. (4) Particle diameter, mm., %. (5) Physical sand, % (6) Physical clay, %.

*Table 3.* Chemical composition of two soil profiles from Western Finland. (1) Origin and depth of the sample, cm. A) Vaasa, seaside puddle. B) Ylistaro. (2) Water content, %. (3) Weight loss at heating, air-dry soil weight = 100%.

*Table 4.* Effect of decreasing water content on the pH value in two soil profiles from Western Finland. (1) Origin and depth of the sample, cm. A) Vaasa, seaside puddle. B) Ylistaro. (2) Original water content, %. (3) Water content, %.

*Table 5.* Composition of the 1 : 5 water extracts of two soil profiles from Western Finland (values for 100 g. dry soil). a) Analyzed in the original state. b) Analyzed after drying to the air-dry state. (1) Origin and depth of the sample, cm. A) Vaasa, seaside puddle. B) Ylistaro. (2) Dry residue, %. (3) Residue after heating, % (4) Soluble humus, %. (5) Neutralization acidity, H. (6) Total cations per total anions.

*Table 6.* Exchangeable cation content of two soil profiles from Western Finland (values for 100 g. dry soil). a) Analyzed in the original state. b) Analyzed after drying. (1) Origin and depth of the sample, cm. A) Vaasa, seaside puddle. B) Ylistaro.

*Table 7.* Available nutrient content of two soil profiles from Western Finland (values for 100 g. dry soil). a) Analyzed in the original state. b) Analyzed after drying. (1) Origin and depth of the sample, cm. A) Vaasa, seaside puddle. B) Ylistaro. (2) Total. (3) Humus, % (4) Readily soluble.