

VITARÓVAT

Szódás-szikesek és szolonyecsek

SZABOLCS ISTVÁN

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Budapest

Kevés olyan talajképződési folyamat van, amelyek alapvető okai és megjelenési formái annyira világosak és általánosan elfogadottak, ismérvei pedig annyira mérhetőek lennének mint a szikesedés folyamatainak. Közismert és általánosan elfogadott, hogy a szikesedés folyamatait a talajokban oldható sók okozzák, s ezek között is különösen fontos szerepet játszanak a nátrium sók. A szikes talajok felismerésének során majdnem minden nyelvben e talajok elnevezése is ennek alapján történt. Így szerepelnek e talajok a hazai szakirodalomban szikes vagy sós talajok, az orosz nyelvű szakirodalomban *zaszalonie pocsvi*— *szolonci*, *szoloncsáki*, az angolban *salt affected soil* — *saline soil* — *alkali soils*, a németben *Salzböden*, *Alkaliböden*, a franciában *sol salin*, *alcali* stb. elnevezésekkel. Részben már ezekből az elnevezésekből is kitűnik, de még inkább szembeszökő a szakirodalom tanulmányozása alapján, hogy a szikes talajok különböző főtípusait már elég régen felismerték és el is választották egymástól. Ez a felismerés nemcsak abból ered, hogy nyilvánvaló volt az, hogy a talajokban előforduló oldható sók mennyiségétől nagyban függenek a talajok tulajdonságai, hanem abból is, hogy a szikesedést előidéző sók milyensége jelentősen befolyásolja a létrejövő folyamatokat továbbá az így keletkezett különböző szikes talajok megjelenési formáit és tulajdonságait.

A szikesedést előidéző oldható sók, főképpen nátriumsók fenti szempontból két nagy csoportra oszthatók:

1. Semleges kémhatású nátriumsók.
2. Lúgosan hidrolizáló nátriumsók.

E két típust célszerű egymástól elválasztani még akkor is, ha a természetben gyakran nem egymástól szorosan elválasztva jelennek meg a talajokban, hanem pl. hazánkban is az esetek igen nagy részében mind egyik, mind pedig a másik csoport sói kisebb vagy nagyobb mennyiségben a szikes talajban vagy annak valamelyik szintjében fellelhetők.

Az a körülmény, hogy egyik vagy másik szikes talajban a semleges kémhatású vagy pedig lúgosan hidrolizáló sók dominálnak több okra vezethető vissza. Hazánkban, az éghajlati, geológiai stb. körülmények következtében aránylag nagy sótartalmú talajok nem fordulnak elő, ilyeneket általában a hazainál csak sokkal szárazabb éghajlatú országokban találhatunk. Ez a körülmény a magyar szikes talajok helyét bizonyos mértékben meghatározza akkor, amikor világviszonylatban elfogadott osztályozási rendszerekbe kell hazai talajainkat beleilleszteni, vagy pedig amikor más szikes talajokkal rendelkező országok tapasztalatait kívánjuk átvenni, vagy saját tapasztalatain-

kat ezeknek a területeknek a számára javaslatba hozni. Az alábbiakban ezért szeretnék rámutatni a szikes talajok néhány olyan általános sajátosságára, valamint különbözőségére, amelyek a sók mennyiségétől és minőségétől függően meghatározzák a talajok tulajdonságait. Ilyen összehasonlítás birtokában könnyebben megtalálhatjuk a hazai szikes talajok helyét a világ szikesei között, jobban megérthetjük, hogy mely külföldi tapasztalatok vehetők át hazánkban, és melyek alkalmazására nincs lehetőség.

Semleges kémhatású nátriumsók hatása a talajra és a talajképződési folyamatokra

A semleges kémhatású sók közül főképpen a NaCl és Na_2SO_4 játszanak szerepet a szikes talajok kialakulásában. E sók rendszerint száraz éghajlatú területeken, vagy tengerpartok közelében halmozódhatnak fel oly nagy mértékben, hogy a talaj szintjeibe kerülve döntő befolyást gyakorolnak a talajképződésre. Ilyen körülmények között e sóknak a talajban található mennyisége igen jelentős és már a felső szintekben néhány százalékot is kitehet. E talajok, amelyek a világ sok arid vidékén elterjedtek az orosz elnevezés nyomán *szoloncsák* mégpedig kloridos vagy szulfátos szoloncsák néven ismeretesek. Az angol nyelvű szakirodalomban igen gyakran *saline soils* néven szerepelnek. Hazánkban TREITZ PÉTER [21] sós talajoknak nevezi ezeket, elválasztva a szikes talajok típusától mint arra a későbbiekben rátérek. Treitz az idézett munkájában azt is leszögezi, hogy ezek a talajok a hazainál csak jóval szárazabb és melegebb éghajlat alatt alakulhatnak ki, például a kaliforniai kloridos-sós talajokat említi. Meg kell állapítani, hogy e talajok igen elterjedtek mind az öt világrész száraz területein és a világ összes szikes talajainak jelentősebb részét teszik ki.

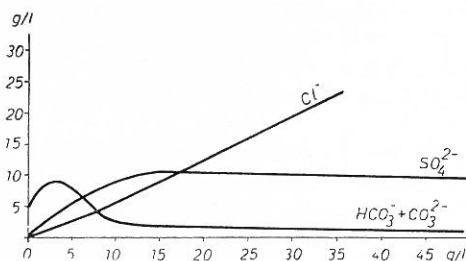
A Na_2SO_4 és NaCl a talajprofilban nemcsak különböző mennyiségben lehetnek jelen, hanem eloszlásuk is különböző lehet. Előfordul, és az az egyik tipikus eset, hogy a sók a talaj felszínén kikristályosodnak és maximális mennyiséggel szerepelnek a talaj felső szintjeiben, míg más esetben a felszíntől bizonyos mélységben mutat maximumot a talaj sóprofilja. A sófelhalmozódás ez előbbi esetben olyan nagy mértéket is ölthet, hogy a sós sivatagok talaja általában nehezen nevezhető egyáltalán talajnak, hiszen ilyen állapotban természetes termékenységgel nem rendelkezik.

Az előbbiekből nyilvánvalóan következik az is, hogy e talajoknak minden lényeges tulajdonságát a nagy sótartalom határozza meg, amellyel nemcsak folyadékfázisuk, kolloidalkatrészeik vannak telítve, hanem kristályos formában a talaj szilárd fázisának is jelentős részét alkotják. Az így kialakult nagy sótartalom és az a jelentős elektrolitkoncentráció, amely nedves állapotban a talajban uralkodik, jóformán lehetetlenné teszik a növények fejlődését ilyen talajokon, kivéve néhány extrém halofita növényt, melyeknek azonban gyakorlatilag jelentőségük nincs.

A Na_2SO_4 és NaCl mellett vagy ezeken kívül a sivatagi területek szoloncsák talajaiban a Mg-sók és Ca-sók (MgCl_2 , CaCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4) ugyancsak jelentős szerepet játszanak és pl. Észak-Afrika vagy a Közép-Kelet szikes taljai közül sok tartozik az ilyen típusokhoz. Ezekben a rendkívül száraz éghajlatú területeken nemcsak a talajok nagy sótartalma jellemző, hanem az egész környezeté, így pl. a felületi és talajvizéké is. Általános törvényszerűség, hogy

ezek kemizmusa megegyezik a talajokban található oldható sók kémiai összetételével, e területeken a sók felhalmozódása az egész természeti környezetet befolyásoló sőt uraló tényezővé válhat. Általános megállapítás, hogy a legnagyobb sótartalmú területeken a kloridok, némileg kisebb összes sókoncentrációnál pedig a szulfátok a jellemzőek az általános geokémiai törvényszerűségnek megfelelően, amelyek a mállás, kilúgzás és a sók felhalmozódásának folyamataira tipikusak. KOVDA [11, 12] két ábrát szerkesztett e törvényszerűség illusztrálására, melyeket az alábbiakban közlök.

Az 1. ábra jól mutatja, hogy a talajvizekben emelkedő összes sókoncentráció esetén elsősorban a kloridok mennyisége emelkedik, míg a szulfátok mennyiségi növekedése egy határon túl közel egyensúlyban marad. A lúgosan hidrolizáló Na-sók felhalmozódási törvényszerűségeire később térek vissza.

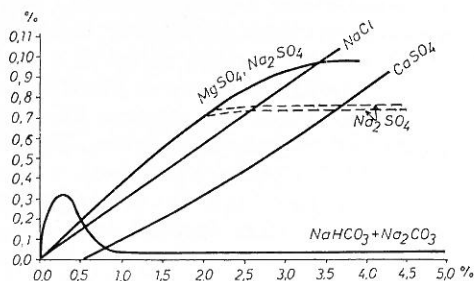


1. ábra

Összefüggés a talajvíz sókoncentrációja és összetétele között (KOVDA nyomán). Függőleges tengely: Egyes ionok koncentrációja, g/liter. Vízszintes tengely: Összes ionkoncentráció, g/liter

A 2. ábra ugyanezeket a törvényszerűségeket mutatja a talajok viszonylatában. Itt látható, hogy a NaCl mennyisége növekvő összes sókoncentráció esetén növekszik míg a szulfátok mennyisége egy bizonyos sókoncentrációnál egyensúlyba kerül. Ebben az esetben is sajátos törvényszerűségek vonatkoznak a lúgosan hidrolizáló sók eloszlásának görbéjére.

Közismert, hogy ezek a talajok, amelyeket a magyar nomenklatúrával kloridos, vagy szulfátos szoloncsákoknak nevezünk, nem mutatnak jól elvá-



2. ábra

Összefüggés a talaj szikességének és a lúgosan hidrolizáló Na-sók felhalmozódása között (KOVDA nyomán). Függőleges tengely: Különböző sók mennyisége a talajban, %. Vízszintes tengely: Vízoldható sók mennyisége a talajban, %

lasztható szinteket szelvényükben, ezért a régebbi magyar szakirodalmi kifejezés *szerkezet nélküli szikesek* néven ismeri e típust.

Miután tipikus kloridos és szulfátos szoloncsákok hazánkban nem fordulnak elő, mert nálunk a talajban előforduló ilyen sókoncentrációja sem oly jelentős, hogy e folyamatok uralkodóvá válhatnának, a továbbiakban részletesen inkább a szikes talajok másik nagy csoportjával foglalkozom.

Lúgosan hidrolizáló Na-sók hatása a talajra és a talajképződési folyamatokra

Azokat a talajokat, melynek képződésében és tulajdonságaikban domináló szerepet játszanak a lúgosan hidrolizáló Na-sók többféle néven nevezi a szakirodalom. Az angol szakirodalomban *alkali soils*, az oroszban *szodovie pocsvi*, hazánkban pedig *szódás szikei* talajok névvel illetik a hasonló képződeményeket. Több régebbi hazai szerző, mint pl. TREITZ is e talajokra szűkítette a *szikes talaj* elnevezést.

Mindenekelőtt meg kell jegyezni azt, hogy ámbár e talajokban a lúgosan hidrolizáló Na-sók túlnyomó részét legtöbbször a $\text{Na}(\text{CO}_3)_2$ vagy NaHCO_3 képezik, mégsem lehet a lúgosan hidrolizáló vegyületek körét csupán erre a két sóra korlátozni. Több szerző hívta fel arra a figyelmet GEDROITZ [4], KELLEY [9], ARANY [2], hogy a különböző szilikát vegyületek lúgos hidrolízise jelentős szerepet játszhat e talajképződési folyamatokban, sajnos mind pedig a talajszintekben levő szilikátok szerepe jelentős a talajok alkálikus tulajdonságainak kialakulásánál. Mindez azért is figyelmet érdemel, mert a kémiai elemzések során, kivéve igen ritka speciális vizsgálatokat, a talajban sohasem közvetlenül mérjük a $\text{Na}(\text{CO}_3)_2$ -ot és NaHCO_3 -ot, hanem titrálással az összlúgosságot, vagy szódalúgosságot határozzuk meg, és a kapott értéket számítjuk át szódára, vagy hidrokarbonátra. Ilyen alapon a talajvizsgálatok túlnyomó részénél az egyéb, lúgos hidrolízist kiváltó anyagokat közvetlenül nem mérjük. Mindez nem változtat azon a tényen, hogy az alkáli talajok kialakulásában és tulajdonságaiban a legnagyobb szerepet az összes, a lúgosan hidrolizáló sók közt a $\text{Na}(\text{CO}_3)_2$ -ot és NaHCO_3 -ot játsszák.

Ha ezeknek a sóknak felhalmozódási törvényszerűségeit nézzük meg az 1. és 2. ábrákon, láthatjuk, hogy ezek felhalmozódási maximuma ellentétben a semleges kémhatású sókkal mind a talajvizekben, mind pedig talajokban aránylag alacsony össz-sókoncentráció értékeknél található. A táblázatokból jól látszik, hogy 0,2—0,7% sókoncentrációnál éri el a maximumot a lúgosan hidrolizáló sók mennyisége, ennek ellenére e sók jelentősége a talajképző folyamatokban nem csekély. Természetszerűleg extrém körülmények között, mint például Pakisztánban, Iránban, Örményországban, Indiában, stb. előfordulhatnak olyan talajok is, ahol több százalékra tehető a lúgosan hidrolizáló sók mennyisége a talajokban, azonban ez minden esetben specifikus, helyi körülményekkel magyarázható, míg a világ legtöbb országában található szódás szikes talajokra inkább az 1. és 2. ábrán látható törvényszerűségek a jellemzőek.

Míg a talajtani szakirodalomban aránylag kevés vita van arról, hogy hogyan halmozódik fel és honnan származik a sós talajokban található nagymennyiségű NaCl és Na_2SO_4 , addig a lúgosan hidrolizáló Na-sók eredetére és

felhalmozódási törvényszerűségeire vonatkozó vita mind a hazai, mind pedig a külföldi szakirodalomban évtizedekig tartott és ma is számos közlemény foglalja közük ezzel a kérdéssel.

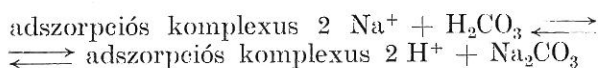
Közismert HILGARD [7], TREITZ [21], 'SIGMOND [14], MURAKÖZY [13], KELLEY [9], ARANY [2], SCHERF [15], VERNER és ORLOVSKIJ [23], KOVDA [10], SZABOLCS [16] és mások véleménye ezekben a kérdésekben, amelyeknek az alapján a lúgosan hidrolizáló Na-sóknak a talajban való megjelenésére, felhalmozódására és részben keletkezésére is ma már néhány általános megállapítást tehetünk. Világossá vált, hogy a szóda és más lúgosan hidrolizáló vegyületek a talajszintekbe különböző úton-módon juthatnak, s magában a talajszelvényben is különböző módokon keletkezhetnek. A helyi körülmények és a talajképződés konkrét viszonyai döntenek el, hogy mikor melyik folyamat az uralkodó és azt is, hogy milyen esetben mely folyamatokat lehet kizárni.

Alapvetően KELLEY, KOVDA és ARANY nyomán a szódának a talajban való képződésére a következő sémákat fogadhatjuk el:

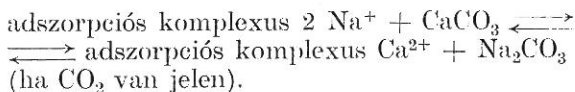
1. A földkéreg mállása során a széndioxid tartalmú víz és a különböző szilikát vegyületek kölcsönhatása eredményeképpen keletkezhetnek lúgosan hidrolizáló vegyületek. Ezek között a Ca, Mg, és Na-bikarbonátok különösen fontosak. Az oldatok bepárlódása révén a Ca, és Mg-karbonátok kicsapódnak az oldatból, míg a NaHCO_3 gyakran széndioxid veszteséggel szódává alakul. KOVDA állítása szerint ez a séma és a képződött termékek transzportja alapvető a szódás szikesek kialakulása szempontjából. A többi, alábbiakban ismertetésre kerülő szodaképződési séma részben vagy egészben ennek a folyamatnak a függvénye.

2. HILGARD sémája szerint [7] a NaCl vagy Na_2SO_4 CaCO_3 -val való reakciója során keletkezik a szóda a talajban. Ez a séma szakembereink előtt közismert és az is ismeretes, hogy neves talajkutatóink közül Treitz Péter ezt a szodaképződési elméletet vallotta magáénak.

3. GEDROITZ, 'SIGMOND és KELLEY a szódának a talajban való képződését mint a talaj adszorpciós komplexusának és a talajoldatnak reakciója következtében létrejövő folyamatot írták le. E reakció során a Na ionokkal többé vagy kevésbé telített talajkolloidok lépnek kölcsönhatásba a talajoldattal, amelyben részben az oldott széndioxid folytán hidrokarbonátok, sőt esetenként karbonátok is jelen vannak.



vagy



Fenti közismert sémát egyesek úgy tekintették, mint a szódának a talajban való képződésének egyedüli útját. Természetszerűleg ez túlzás, azonban a fenti folyamatok a talajtan gyakorlatában is igen fontosak. GEDROITZ sémája a talaj finomdiszperz rendszereinek és a talaj folyadékfázisában jelenlévő ionoknak reakcióján alapszik. Ezekben a folyamatokban az egyensúly-állapotok és a reverzibilitás igen fontos szerepet játszanak és ez magyarázza

hogy miért csak bizonyos, korlátozott mennyiségű Na_2CO_3 keletkezik ilyen úton a talajban. Ez a folyamat csak azokban az esetekben játszódik le, amikor a Na_2CO_3 mennyisége nem túl nagy a talajban (ilyen pl. a szolonyecképződés, amelyről a későbbiekben még szó lesz).

4. A szakirodalomban is és a szakemberek tudatában is igen nagy szerepet játszik az ún. *biológiai szódaképződés* sémája. A szóda a szulfátok biológiai redukciója során is keletkezhet, mint arra több szerző is rámutatott. KOVDA [11], SZABOLCS [18], TIMÁRNÉ és SZABOLCS [20], VÁMOS [22], VERNER és ORLOVSKIJ [23] részletesen leírták azokat a konkrét feltételeket, amelyek mellett e folyamatok lejátszódnak. Az első és legfontosabb ezek között a redukciós folyamatok állandó jelenléte a talajban. Amennyiben, akár időlegesen is, az oxidáció fellép, a kéntartalmú vegyületek oxidálódása révén a reakció nem alkálikus, hanem savanyú pH értékek felé tolódik el, mint azt SZABOLCS, KOVDA és mások leírták. TIMÁRNÉ adatai felvilágosítást adnak azokra a minőségi és mennyiségi mikrobiológiai ismérvekre is, amelyek a szódaképződés folyamatainál elengedhetetlenek a talajban.

Ellentétben számos feltevással a szódaképződésnek ez a módja nem általános és nem is uralkodó a természetben. Időlegesen fontos szerepet játszhat azonban pl. anaerób körülmények közt lápokban, tengerparti üledékekben, stb. ahol megfelelő mennyiségű és minőségű szerves anyag is rendelkezésre áll a mikrobiológiai folyamatok részére.

5. A biológiai szódaképződés másik lehetősége a Na tartalmú növényi részecskék lebomlásakor keletkező folyamat. KELLEY [9], KOVDA [11] és BAZILEVICS [3] írták le azokat a reakciókat, amelyeknek során egyes helyeken számottevő mennyiségű lúgosan hidrolizáló Na-vegyülettel gazdagodhatnak a talajok. Mint az előzőek is jól mutatják, a szódaképződés különböző sémái bizonyos jól meghatározott feltételekhez vannak kötve. Ezeknek a feltételeknek a fennállása esetén az adott úton jön létre a szódaképződés, míg egyik vagy másik feltétel hiányában erre nem kerülhet sor. Az is következik a fentiekből, hogy egyes esetekben egyik, más esetekben másik szódaképződési séma dominálhat a gyakorlatban, sőt bizonyos mértékben együttes lejátszódásuk is lehetséges. Például, ha aránylag kis sókoncentrációval találkozunk a talajban és a kolloidfrakció mennyisége jelentős, akkor a szódaképződés főként GEDROITZ sémája szerint fog végbemenni. Nem történhet ez meg akkor, ha az elektrolitkoncentráció igen nagy és a talaj pl. nem, vagy alig rendelkezik kolloid alkatrészekkel.

Nemcsak térben változhatnak a különböző szódaképződési folyamatok a konkrét helyi feltételektől függően, hanem ugyanazon a helyen is más és más utakon keletkezhet a szóda, akkor, ha a helyi feltételek az idők során megváltoznak. Pl. a Magyar Alföldön a XIX. században a vízborított területek aránya nagyobb volt mint ma és a szikesedés a lápok környékén általánosabb volt. Ezek között a körülmények közt a keletkező szódának, melyet sokáig szappangyártásra is felhasználtak és e célból összesepertek, nagy része valószínűleg biológiai úton keletkezhetett. Érdekes megjegyezni, hogy ugyanezek a területeken ma már szódát legtöbb esetben nem találunk, miután a körülmények jelentős mértékben megváltoztak SZABOLCS [17].

Ami a Magyar Alföldön a szódaképződés folyamatait illeti, a lecsapolások és vízrendezések utáni időszakban a biológiai szódaképződés visszaszorulásával egyre inkább előtérbe került a lúgosan hidrolizáló vegyületek keletkezésének és dinamizmusának GEDROITZ által leírt sémája.

Amennyiben a szóda mennyisége a talajban jelentős, azaz 0,5—1%-ot is elér, vagy ezt az értéket meghaladja, kialakulnak az ún. *szódás-szolocsák* talajok, amelyet az angol szakirodalom *saline carbonate solonchak*-nak vagy *sodium carbonate soils*-nak, vagy *saline alcali soils*-nak nevez. Hazai szakirodalomban részben az ilyen talajokat nevezik *szódás-szikeseknek*, azonban mint a későbbiekben visszatérek rá ez az elnevezés nem mindig ilyen értelemben használatos.

A szódás-szoloncásók esetében e szoloncásák talaj szelvénye sokban hasonlít a klorid vagy szulfát szoloncásókhoz, olyan értelemben, hogy jól elválasztható szintek ebben a szelvényben sem ismerhetők fel. Ellentétben azonban a semleges Na-sókat tartalmazó szoloncásák talajokkal, a szódás szoloncásák talaj kémhatása erősen lúgos pH értéke 8,3—8,5 fölött van és nem ritka esetben a 10-et is eléri. Ez az erősen lúgos kémhatás nemcsak a szelvény morfológiai sajátosságait, hanem a talaj kémiai tulajdonságain keresztül a fizikokémiai és fizikai tulajdonságait is nagymértékben befolyásolja. Az ilyen szoloncásák talajok, amennyiben jelentősebb mennyiségű kolloidanyagot tartalmaznak nedvesen ragacsosak, szárazon tömörek és repedezettek és nemcsak a jelentős sókoncentráció akadályozza meg a növények fejlődését, hanem a talaj rendkívül kedvezőtlen fizikai állapota és vízgazdálkodási sajátosságai is. Meg kell még jegyezni ehhez, hogy a szóda mind a Na_2SO_4 -nál, mind pedig a NaCl -nál lényegesen károsabb mind a talajra, mind pedig a növényre nézve. A talajban előforduló Na-sók károsító hatásának aránya hozzávetőlegesen a következően jellemezhető:



Természetesen a szódás szoloncásókban általában nem csupán Na-karbonát vagy Na-hidrokarbonát van jelen, hanem emellett semleges kémhatású Na-sók is kisebb, vagy nagyobb mennyiségben, sőt esetenként Mg-sók is. Azonban miután a fenti arányszámok alapján a szóda sokszorosan károsabb, mint a semleges kémhatású Na-sók, ezért még akkor is, ha a semleges Na-sók mennyisége a talajban szereplő szódának többszöröse az utóbbi határozza meg a talaj tulajdonságait és termékenységét is. Ezért soroljuk a szódás talajok közé azokat is, amelyek ámbár nagyobb mennyiségű NaCl -t, vagy Na_2SO_4 -ot tartalmaznak mint szódát, de kémhatásuk 8,3—8,5 fölött van.

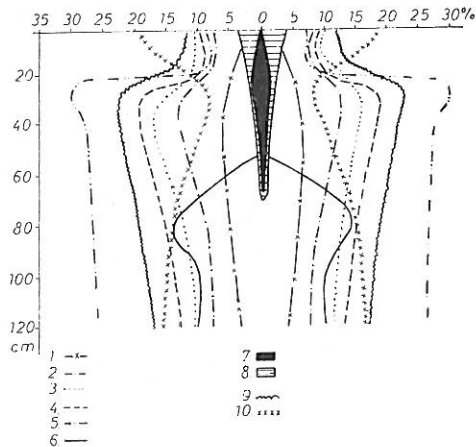
A fentebb jellemzett szódás-szoloncásók általában minden kontinensen elterjedtek, hazánkban azonban bár előfordulnak, aránylag csak kisebb területekre jellemzőek és sótartalmuk is aránylag csekélyebb. Összehasonlítva olyan területekkel, mint pl. a Középkelet vagy India egyes állami ahol a szódatartalom a talajok felső szintjében 2—3%-ot is elér a hazai szódás-szikes talajok csak enyhébb változatokat képviselhetnek.

Sokkal jellegzetesebb a Magyar Alföld viszonyaira a szikes talajoknak az a típusa, amely aránylag hígabb, lúgosan hidrolizáló Na-sók hatására képződik. Ezekre a talajokra jellemző, hogy a Na-sók összes koncentrációja alig vagy nem haladja meg az 0,2%-ot, míg a lúgosan hidrolizáló Na-sók ennek kisebb vagy nagyobb részét képezhetik.

Ezeknek a talajoknak döntő többsége egy úgynevezett *B* szintet tartalmaz és szolonyec talajok néven ismeretes. A régebbi magyar szakirodalom szerkezetes szikes talajoknak nevezi őket, azért, mert a *B* szintjük jól kifejlődött oszlopos

vagy prizmás szerkezetet mutat, amely a felette elhelyezkedő *A* szinttől élesen elválk. Az *A* szint, mint köztudomású kevésbé tömör, kevésbé sötét színű, mint a *B* szint és fizikai, valamint vízgazdálkodási tulajdonságai is sokkal kedvezőbbek annál. A szolonyec talajok *B* szintje az, amely meghatározza nemcsak ezt a genetikus talajtípust, hanem annak a leglényegesebb fizikai, kémiai fiziko-kémiai és biológiai tulajdonságait és ezzel együtt a termékenységet is azaz, hogy mennyire vonható be a mezőgazdasági termelésbe e talaj, illetőleg milyen javítási módszerekre szorul, ha hasznosítani akarjuk.

A szolonyec talajoknál az *A* és *B* szintek elválasztása során meg kell jegyeznünk, hogy némelykor a szolonyec talajok teljes mértékben nélkülözik az *A* szintet és *B* szintjük mindjárt a talaj felszínén kezdődik. Ezt a változatot



3. ábra

Szolonyec talajok néhány fizikai és fizikokémiai tulajdonságának vázlatja (KOVDA nyomán módosítva). 1. Hígroszkópos nedvesség. 2. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$. 3. Kationkicszerelő kapacitás. 4. Agyagtartalom. 5. Kicszerélhető $\text{Na}\%$. 6. CaCO_3 . 7. Vízdoldható humusz. 8. Humusz. 9. Holtvíztartalom. 10. Hasznos víz $\%$.

nevezzük *kérges szolonyecnek*, amelyet hazánkban is ismertünk és amelynek a leírása és jellemzése a magyar szakirodalomban is megtalálható. Ott ahol a szolonyec talajnak *A* szintje is van ez a hazai viszonyok között 1—40 cm-ig változhat. Meg kell jegyeznünk, hogy az *A* szint növekedő vastagságával a talaj termékenysége is kedvezőbbé válik. Ezek a körülmények is részletes megvilágítást nyertek hazai szakközleményekben, ezért a továbbiakban csak hivatkozni fogok rájuk.

A szolonyec *A* és *B* szintjei között jelentős különbségek vannak, és az alattuk elhelyezkedő alapkőzethez viszonyítva egyes alkatrészek az *A*, más alkatrészek pedig a *B* szintben halmozódnak fel. A 3. ábrán KOVDA nyomán bemutatom szematikusan a szolonyec talajok néhány tulajdonságát.

Ezen az ábrán a szolonyec talaj *B* szintje kb. 20 cm-nél kezdődik, ami hazai viszonylatban gyakori. Természetesen mind hazánkban, mind pedig külföldön sok olyan szolonyec található, ahol az *A* és *B* szint mélysége a fentitől eltérő.

Köztudomású, hogy a szolonyec talajokban mint az a 3. ábrán is látható a *B* szintben halmozódnak fel a másfélszeres oxidok, agyagrészecskék, a kicserélhető Na^+ s ennek megfelelően az *A* szintben található a magasabb SiO_2 tartalom, szervesanyagtartalom stb. Ami a talaj fizikai sajátságait illeti a legkedvezőtlenebb fizikai sajátságok ugyancsak a *B* szintben találhatóak. A helyi körülményektől függően sokféle olyan tulajdonsága is lehet a szolonyec talajnak, amelyek helyenként egymástól eltérőek. Gyakori eset, mikor a szolonyec talaj felső szintjeiben is jelentős mennyiségű oldható só található (0,25%-nál többet), de ezeknek mennyisége egyes kivételektől eltekintve a szolocsákokra jellemző, néhány %-ot nem éri el. Gyakori azonban az olyan eset is, amikor a szolonyec talajok felső szintjéből gyakorlatilag hiányoznak az oldható sók, sőt nem kevés esetben még a mélyebb szintekből is.

Ami a sók kémiai összetételét illeti, gyakran a hidrokarbonátok, néha a szulfátok vagy a kloridok az uralkodók ezek között. A talajprofilban rendszerint a *B*₁ és *B*₂ szintekben található a sófelhalmozódás maximuma, azonban a helyi viszonyoktól és a szolonyecképződés feltételétől függően ez előfordulhat e szintek alatt vagy e szintek felett. A talajok pH értékeinek vonatkozásában szintén eltérő értékeket találhatunk a különböző szolonyec talajokban. Erre a körülményre hazánkban mindig nagy figyelmet fordítottak és nem egy szolonyecosztályozás, illetőleg csoportosítás alapul ma is azon, hogy a talaj felszínén, vagy felső szintjeiben milyen pH értéket mérünk. Gyakran már a talaj felső szintjeiben, sőt a felszínén erősen lúgos pH-t találhatunk, ezeket nevezik szódás szolonyeceknek, más esetekben a talaj felszínén a pH érték közel semleges, megint más esetekben enyhén savanyú is lehet. Annak ellenére, hogy a talaj felszínén és legfelső szintjében a pH érték ilyen különbségeket mutat, a *B* szintben és a *B* szint alatt már általánosabb jellemzőket találhatunk a szolonyec pH-jára vonatkozóan. Kevés kivételtől eltekintve a szolonyec talajok *B* szintjében a pH érték lúgos és az marad az alatta levő szintekben is. Ez érthető, hiszen a *B* szintben található a kicserélhető Na^+ maximuma, amely a szolonyec talajnak és a szolonyec képződésnek legfontosabb ismertető jele. A *B* szintben gyakran még akkor is lúgos pH-t mérünk szuszpenzióban, ha a talaj vizes kivonatában vagy a talajoldatban található sók mennyisége kevés és nem mutat lúgos pH-t a vizes kivonat. A *B* szintben ugyanis, mint előbb is szó volt róla a kicserélhető kationok között a Na^+ -ok jelentős szerepet játszanak. Ezeknek határértékeire ugyancsak utal mind a külföldi, mind a hazai szakirodalom ezért részletes ismertetésüket itt mellőzöm. Vízrel érintkezésbe jutva a talaj adszorpciós komplexusáról a Na^+ -ok hidrolizálnak, így a pH-mérésnél lúgos kémhatást mutatnak. Maga a talaj kolloid komplexusa, azaz a többé-kevésbé Na^+ -al telített kolloidrészecskék is lúgosan hidrolizáló sónak foghatók fel olyan értelemben, hogy vizes szuszpenziókban, illetőleg a talajoldattal érintkezvén az ioncsere egyensúlyi törvényeinek megfelelően a Na ionok oldatba kerülnek és lúgosan hidrolizálnak. E hidrolízis mértéke több tényezőtől függ, így pl. a talajban levő kolloidok mennyiségétől, a kolloidokat alkotó agyag-ásványok, amorf szeretlen vegyületek, szerves anyagok milyenségétől, valamint a talajoldat összetételétől és koncentrációjától. Különösen jelentős szerepet játszik itt a CO_2 tenziója amely a talajoldatban mindig befolyásolja a karbonátok és bikarbonátok egyensúlyát. A fenti folyamat következtében a talaj-kolloidok hidrolízise ebben a szintben lúgos kémhatást hoz létre. Ez alól a törvényszerűség alól csak az erősen szolgyosodott *B* szintek esetében találunk kivételeket.

1. táblázat

Összefüggés a szikes talajoknak a Nemzetközi Talajtani Társaság Szikes Albizottsága szerinti és a hazai osztályozása között

Hazai osztályozás	A Nemzetközi Talajtani Társaság Szikes Albizottsága szerinti osztályozás
Kloridos és szulfátos szoloncsákok	Sós talajok (saline soils)
Szódás szoloncsákok	Alkáli talajok szerkezetes B-szint nélkül
Szódás szoloncsák-szolonyecek	
Karbonátos réti szolonyecek	Alkáli talajok szerkezetes B-szinttel
Karbonátos sztyeppesedő réti szolonyecek	(felszíntől karbonátos)
Réti szolonyecek	Alkáli talajok szerkezetes B-szinttel
Sztyeppesedő réti szolonyecek	(nem felszíntől karbonátos)
Szolonyececs réti talajok	
Mélyben sós csernozjomok és réti csernozjomok	Potenciálisan szikes talajok
Potenciálisan szikes talajok	

Függetlenül tehát attól, hogy a talaj felszínén semleges vagy akár gyengén savas kémhatást mérünk, a szolonyececs talaj a szolonyececs tulajdonságokat hordozó és meghatározó *B* szintben mindig alkálikus tulajdonságokat mutat, ezért szoros genetikai kapcsolat fűzi azokhoz a szikes talajokhoz, amelyeket az alkáli talajok vagy más néven szódás-szikes talajok csoportjába osztunk. A talaj felszínén vagy legfelső szintjében mért pH értékek ugyanis a szolonyececs talaj *A* szintjére és nem *B* szintjére jellemzőek, és legtöbb esetben azt mutatják, hogy az *A* szint jelen van-e, illetőleg milyen mély, hiszen a gyengén savas kémhatást általában jelentős *A* szintnél mérjük és minél mélyebb az *A* szint, annál kiterjedtebb ennek a savaskémhatásnak a szelvényen belüli tartománya.

Fentiek alapján kell egyetértőnk azokkal a szikes talaj osztályozási és csoportosítási rendszerekkel (SIGMOND, KELLEY), amelyek a szolonyececs talajokat a szódás-szikes talajokkal együtt osztályozzák. Erre utal nemcsak a magyar elnevezése, hanem az angol alkáli soils elnevezés is, amely tulajdonképpen a szolonyececs talajokra vonatkozik. Ugyanennek az elvnek alapján készítette el a Nemzetközi Talajtani Társaság Szikes Albizottsága a szikes talajok klasszifikációját, amelyben az alábbi beosztást követi:

1. Sós talajok (saline soils)
2. Alkáli talajok
 - a) Szerkezetes *B* szint képződése nélkül
 - b) Szerkezetes *B* szint képződésével

A fenti csoportosításban természetesen csak a fő osztályozási elvek jutnak kifejezésre, hiszen mind a sós talajok, mind pedig az alkáli talajok csoportján belül igen sok alacsonyabb taxonómiai egység is kidolgozást nyert, amelyek jól összehangolhatóak és korrelációt mutatnak a nemzeti klasszifikációkkal.

Ennek egyik példáját mutatjuk be Magyarországon esetében, amikor egybevetjük a Szikes Albizottság osztályozását a hazánkban használt nemzeti osztályozással. (1. táblázat)

A szolonyecképződés néhány alapvető törvényszerűsége és feltétele

A szolonyec talajok képződésének egyik elengedhetetlen feltétele az aránylag híg Na-sóoldatok hatása a talajszelvényre. Amennyiben a talajra ható sóoldatok töménysége nagy, szerkezet nélküli szoloncsák talajok képződése jön létre. Függetlenül azonban attól, hogy a sókoncentráció csökkenése vagy a sókoncentráció növekedése következtében éri el ez a koncentráció a szolonyec képződésre kedvező határértékeket, egy bizonyos koncentráció tartományban e talajok képződése törvényszerű. A talajtani szakirodalomban többen leírják azt a folyamatot, amikor a szoloncsák talajok kilúgzása, tehát a sókoncentráció csökkenése során következik be a szolonyecképződés. Legismertebb ezek közül GEDROITZ [4] sémája, amely a szoloncsákokból vezet le a szolonyec talajok képződését. Mások mint pl. ANTIPOV—KARATAEV [1] és VILJAMSZ [24] a növekvő sókoncentráció hatásának következtében mutatnak rá a szolonyecképződés lehetőségeire.

Amennyiben a szolonyecképződéshez szükséges sókoncentrációtartomány pontos számértékeit keressük, általános útbaigazítást kaphatunk az 1. és 2. ábrákon ahol a Na_2CO_3 koncentráció emelkedő görbéjének tartományában kell keresnünk azokat az értékeket, amelyek a szolonyecképződésre kedvezőek. Ugyanezeket az értékeket a szolonyec tulajdonságaival kapcsolatban laboratóriumi viszonyok közt is kimértük és ezek több publikációban is napvilágot láttak (SZABOLCS és DARAB [19]).

A fenti töménységű Na-sók oldata egymagában nem eredményezi a szolonyec profil kialakulását. E talajtípus képződéséhez feltétlenül szükséges váltakozó felfelé és lefelé irányuló sóoldatok mozgása a talajszelvényben. Így attól függően, hogy a sóoldatok a különböző talajszintekkel hogyan érintkeznek a felfelé, illetve a lefelé irányuló oldatmozgás során, párhuzamosan azzal, hogy a talajszelvény mikor és hogyan válik nedvesebbé és szárazabbá az éghajlati viszonyoknak és az esetleges öntözésnek megfelelően, kialakul a szolonyec profil képződéséhez szükséges anyagmozgás és átrendeződés. E folyamatok során számos olyan reverzibilis és irreverzibilis változás történik a talajszelvényben, melyek végső eredményükben a szolonyec talajra jellemző *A* és *B* szintek kialakulásához és egymástól való elkülönüléséhez vezetnek. Igen sok szerző mutatott rá ezekre a folyamatokra elsősorban GEDROITZ [4], SIGMOND [14], TREITZ [21], akik hangsúlyozták, hogy a szolonyec talajok kialakulásához száraz és nedves viszonyok törvényszerű és szabályos váltakozása is szükséges, amely más szóval azt jelenti, hogy a jól meghatározott töménységű sóoldatok hol a talajszelvényekben felfelé, hol a talajszelvényben lefelé mozognak. Ennek a mozgásnak a során oldatba kerülnek és felhalmozódnak bizonyos anyagok és az ismételt oldatmigráció során a talaj szilárd és folyadék fázisa mindig az előzőtől bizonyos mértékben eltérő viszonyok között reagál egymással. Ezek a változások olyan jellegűek, hogy nemcsak az oldható sók mozdulnak el a talajszelvényben, hanem a talaj anyagai is mélyreható változást szenvednek e folyamatok során és e változás termékei a talajszelvényben ugyancsak elmozdulnak és átrendeződnek.

2. táblázat

A Hortobágy 1100. szelvény 1:5 arányú vizes kivonatának elemzési eredményei

Mintavétel ideje Mélység cm	pH	Száras maradék %	Lúgosság			Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
			CO ₃ ²⁻	Alkáli HCO ₃ ⁻	Alkáli földfém HCO ₃ ⁻						
mgé/100 g talaj											
1959. máj. 5.											
0-10	—	0,33	—	1,49	0,13	0,06	1,65	0,45	0,16	4,08	0,04
10-20	—	0,24	—	1,89	0,12	1,24	2,76	0,29	0,12	6,26	0,05
20-40	—	0,31	—	1,70	0,17	1,30	4,81	0,25	0,07	8,52	0,05
40-60	—	0,30	0,16	1,74	0,19	1,30	4,71	0,17	0,13	8,52	0,04
60-80	—	0,69	0,12	1,45	0,21	1,24	6,97	0,18	0,15	9,69	0,04
80-100	—	0,90	0,12	1,03	0,27	1,70	9,67	0,25	0,14	12,00	0,04
100-120	—	0,97	0,08	1,01	0,14	2,14	10,72	0,27	0,22	13,00	0,04
120-140	—	0,87	0,08	1,11	0,21	2,42	8,70	0,24	0,19	12,00	0,03
140-160	—	0,74	0,08	1,10	0,23	2,28	7,15	0,26	0,21	10,45	0,03
160-180	—	0,77	—	1,11	0,31	2,09	7,22	0,25	0,24	11,00	0,02
180-200	—	0,73	—	0,99	0,17	1,79	7,48	0,23	0,36	9,90	0,02
200-220	—	0,40	—	1,20	0,28	1,30	3,08	0,18	0,21	5,90	0,01
1959. dec. 14.											
0-10	7,9	0,20	—	1,72	0,53	0,52	0,24	0,30	0,21	2,09	0,02
10-20	7,8	0,28	—	2,42	0,29	0,54	0,39	0,27	0,13	3,00	0,04
20-40	7,8	0,29	0,16	2,41	0,04	0,67	0,44	0,12	0,04	3,83	0,11
40-60	7,8	0,32	0,29	2,25	0,12	0,80	1,00	0,14	0,10	4,53	0,08
60-80	7,8	0,24	0,29	2,00	0,09	0,82	0,80	0,11	0,04	3,48	0,03
80-100	7,7	0,21	—	1,66	0,10	0,82	0,25	0,14	0,05	2,56	0,02
100-120	7,7	0,16	—	1,34	0,12	0,60	0,09	0,11	0,10	1,83	0,01
120-140	7,6	0,12	—	0,92	0,36	0,46	0,04	0,12	0,15	1,26	0,01
140-160	7,5	0,11	—	0,99	0,21	0,36	0,08	0,14	0,19	0,96	0,01
160-180	7,4	0,11	—	0,84	0,29	0,32	0,07	0,13	0,25	0,87	0,01
180-200	7,4	0,08	—	0,73	0,38	0,30	0,05	0,23	0,24	0,74	0,01
200-220	7,3	0,10	—	0,65	0,38	0,30	0,02	0,23	0,31	0,61	0,01
1960. máj. 5.											
0-10	8,5	0,40	0,20	1,60	1,03	0,28	1,37	0,38	0,22	3,91	0,10
10-20	8,5	0,33	0,37	1,60	1,35	0,21	0,86	0,41	0,15	3,78	0,02
20-40	8,5	0,45	0,31	1,60	1,17	0,18	0,74	0,66	0,16	1,96	0,09
40-60	8,4	0,20	0,09	1,13	0,14	0,14	0,33	0,36	0,07	1,52	0,06
60-80	8,5	0,31	0,59	1,57	0,75	0,19	0,30	0,37	0,19	2,31	0,03
80-100	8,3	0,19	0,17	1,73	0,75	0,18	0,22	0,17	0,11	2,93	—
100-120	8,3	0,18	0,08	1,11	0,85	0,14	0,13	0,19	0,15	2,07	—
120-140	8,0	0,14	0,06	1,05	0,30	0,11	0,13	0,21	0,22	1,41	—
140-160	8,0	0,12	0,06	0,66	0,57	0,17	0,09	0,26	0,28	1,09	0,06
160-180	8,0	0,12	0,08	0,84	0,38	0,14	0,12	0,24	0,35	0,98	0,04
180-200	8,1	0,13	0,06	0,78	0,41	0,17	0,11	0,31	0,35	0,87	—
1960. okt. 12.											
10-20	7,5	0,13	—	1,44	0,09	0,22	0,24	0,59	0,16	0,85	0,02
20-40	7,5	0,14	—	1,24	0,14	0,19	0,38	0,70	0,18	0,83	0,02
40-60	8,3	0,47	0,08	3,04	0,30	0,21	2,58	0,14	0,10	5,87	0,02
60-80	8,4	0,23	0,04	1,93	0,22	0,25	0,59	0,10	0,05	2,83	0,01
80-100	8,1	0,20	0,03	1,77	0,16	0,24	0,50	0,10	0,05	2,17	0,01
100-120	7,7	0,14	—	1,38	0,10	0,21	0,30	0,10	0,05	1,74	0,01
120-140	7,6	0,11	—	1,10	0,03	0,15	0,11	0,15	0,10	1,07	0,01
140-160	7,4	0,12	—	0,97	—	0,19	0,24	0,25	0,20	0,87	0,01
160-180	7,4	0,10	—	0,86	0,16	0,19	0,10	0,25	0,25	0,76	0,01

3. táblázat

A Hortobágy 1101. szelvény 1:5 arányú vizes kivonatának elemzési eredményei

Mintavétel ideje Mélység cm	pH	Szárz- maradék %	Lúgosság			Cl ⁻	SO ₄ ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
			CO ₃ ²⁻	Alkáli HCO ₃	Alkáli földtém HCO ₃						
mgé/100 g talaj											
1956. okt. 21.											
0-10	8,06	0,27	—	1,05	0,80	0,45	0,59	0,38	0,12	2,04	0,05
10-20	8,15	0,29	—	1,87	0,19	0,51	1,31	0,43	0,37	2,74	0,12
20-40	8,22	0,30	—	1,83	0,02	0,56	1,28	0,34	0,10	3,70	0,03
40-60	8,16	0,33	0,38	1,80	0,08	0,68	1,54	0,13	0,13	4,52	0,02
60-80	8,12	0,31	0,38	1,79	0,19	0,73	1,11	0,10	0,09	4,22	0,20
80-100	8,37	0,27	0,50	1,47	0,34	0,73	0,84	0,10	0,11	3,83	0,02
100-120	8,49	0,24	0,42	1,58	0,21	0,73	0,65	0,10	0,05	3,57	0,02
120-140	8,36	0,18	0,34	1,16	0,40	0,51	0,26	0,09	0,16	2,52	0,02
140-160	8,34	0,21	0,34	0,18	0,49	0,68	0,37	0,12	0,09	2,96	0,02
160-180	8,21	0,19	0,25	1,30	0,42	0,45	0,20	0,09	0,13	2,52	0,02
180-200	8,31	0,20	0,29	1,28	0,34	0,51	0,21	0,10	0,14	2,52	0,02
200-220	8,37	0,21	0,25	1,34	0,41	0,51	0,20	0,10	0,14	2,74	0,02
1959. máj. 5.											
0-10	7,65	0,22	—	1,11	0,13	1,62	0,67	0,41	0,23	0,94	0,05
10-20	7,84	0,25	—	0,57	0,25	1,72	0,75	0,42	0,23	2,61	0,03
20-40	7,81	0,30	—	0,63	0,29	1,80	1,28	0,34	0,21	3,26	0,04
40-60	7,83	0,27	—	0,59	0,21	1,52	1,51	0,27	0,24	3,52	0,02
60-80	7,92	0,34	—	0,44	0,55	1,20	3,06	0,61	0,31	4,36	0,04
80-100	8,14	0,17	—	0,86	0,36	1,16	0,13	0,13	0,12	2,31	0,01
100-120	7,97	1,13	—	0,44	0,50	1,28	0,05	0,17	0,06	2,00	0,02
120-125	7,88	1,60	—	0,21	0,59	1,59	0,10	0,29	0,26	2,00	0,02
1960. okt. 12.											
0-10	7,1	0,62	—	0,48	0,05	1,73	6,86	1,21	0,84	6,74	0,25
10-20	7,3	0,48	—	0,48	0,19	1,87	4,63	0,49	0,49	5,54	0,17
20-40	7,4	0,52	—	1,62	0,15	1,34	4,18	0,31	0,21	6,74	0,04
40-60	7,4	0,61	—	1,14	0,14	1,35	6,00	0,34	0,21	8,04	0,03
60-80	7,9	0,43	0,03	2,01	0,09	1,25	2,57	0,10	0,08	5,87	0,02
80-100	7,9	0,34	0,03	2,35	0,10	1,08	1,05	0,10	0,05	4,35	0,01
100-120	8,2	0,29	0,06	2,29	0,16	0,87	0,47	0,10	—	3,37	0,01
120-140	7,9	0,25	0,03	2,10	0,29	0,61	0,22	0,10	—	3,04	0,10
140-160	7,7	0,22	nyom	2,05	0,20	0,37	0,32	0,10	0,05	2,39	0,02
160-180	7,9	0,21	0,03	1,94	0,21	0,34	0,19	0,10	0,05	2,17	0,12
180-200	7,7	0,20	nyom.	1,86	0,24	0,24	0,04	0,10	0,08	2,17	0,01
200-220	7,7	0,17	nyom.	1,53	0,12	0,34	0,16	0,16	0,08	1,87	0,01

Maga a sómozgás is jelentős változásokat hoz létre a talajszelvényben. Meg kell jegyezni, hogy a szikes talajoknál az oldható sók dinamikája igen intenzív, sőt szezonidinamikája is jelentős. Ennek a folyamatnak a során nemcsak az oldható sók mennyisége változik az évszaktól vagy évjárártól függően a talajszelvényben és különösen ezeknek eloszlása az egyes szintekben, hanem a sók mennyisége is. Erre mutatjuk be példának a 2., 3. és 4. táblázatban három hortobágyi szikes talaj sóprofilját több éves dinamikában az 1:5 arányú vizes kivonatok elemzése alapján. Ezek az adatok jól illusztrálják nemcsak a különböző időszakokban mért sómennyiségek külön-

4. táblázat

A Hortobágy 1103. szelvény 1:5 arányú vizes kivonatának elemzési eredményei

Felvétel ideje	Szintmélység cm	Szárasmaradék %	Lúgosság				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
			CO ₃ ²⁻	összes HCO ⁻	alkáli fém HCO ₃	alkáli földfém HCO ⁻					
mgé/100 g talaj											
1956. V. 8.	0-20	0,57	—	2,59	2,23	0,35	0,78	6,41	0,48	0,07	6,62
	20-40	1,59	—	0,86	0,57	0,29	1,24	21,75	2,84	1,39	19,76
	40-60	0,43	0,19	1,19	1,16	0,04	1,52	11,77	0,34	0,16	10,19
	60-80	0,59	0,23	1,50	1,45	0,04	1,72	7,85	0,28	0,05	9,25
	80-100	0,50	0,23	2,08	1,06	0,02	1,64	4,83	0,19	0,06	7,28
	100-120	0,46	0,35	2,67	2,45	0,22	1,50	4,15	0,19	0,07	6,23
	120-140	0,33	0,35	2,45	2,43	—	0,96	3,20	0,15	0,13	4,82
1956. VI. 20.	0-20	0,53	—	2,25	1,67	0,59	0,30	4,56	0,67	0,10	5,75
	20-40	0,61	0,12	2,57	2,55	0,02	0,24	7,00	0,32	0,10	7,46
	40-60	0,51	0,16	1,83	1,72	0,10	0,26	7,83	0,23	0,19	9,25
	60-80	0,28	0,20	2,55	2,47	0,08	0,26	3,90	0,18	0,10	3,50
	80-100	0,38	0,12	2,04	1,84	0,20	0,24	4,25	0,34	0,08	5,25
	100-120	0,38	0,23	2,58	2,58	0,06	0,26	2,03	0,32	0,04	5,53
	120-140	0,34	0,27	2,88	2,88	—	0,36	1,44	0,17	0,07	5,42
1956. VII. 30.	0-20	0,63	—	1,43	0,23	1,20	0,52	12,66	0,72	0,36	8,63
	20-40	1,12	—	0,92	0,45	0,47	0,66	28,51	2,32	0,40	14,03
	40-60	0,92	—	1,86	0,22	1,65	1,04	15,61	0,48	0,45	13,98
	60-80	0,66	—	1,76	0,06	1,71	1,10	14,54	0,33	0,21	10,05
	80-100	0,88	0,10	2,39	0,16	2,24	1,14	9,97	0,28	0,25	9,27
	100-120	0,39	0,16	2,67	0,18	2,49	0,94	4,67	0,21	0,22	6,56
	120-140	0,39	0,20	3,12	0,30	2,82	0,88	7,79	0,21	0,12	6,01
1956. IX. 4.	0-20	0,65	—	3,87	3,01	0,26	0,44	7,13	0,68	0,29	6,96
	20-40	0,33	0,12	1,92	1,78	0,14	0,28	2,82	0,17	0,15	5,13
	40-50	0,40	0,12	1,62	1,54	0,07	0,30	6,31	0,18	0,12	6,28
	60-80	0,55	0,28	2,08	1,98	0,10	0,40	8,65	0,27	0,13	8,22
	80-100	0,37	0,28	2,34	2,08	0,16	0,38	3,75	0,17	0,12	5,36
	100-120	0,32	0,24	2,57	2,46	0,12	0,34	1,12	0,18	0,12	5,02
	120-140	0,27	0,24	2,43	1,99	0,43	0,30	1,38	0,23	0,19	4,68
1956. X. 3.	0-20	0,50	—	3,05	2,46	0,59	0,30	11,14	0,58	0,08	3,77
	20-40	0,32	0,20	3,52	3,37	0,16	0,28	2,62	0,21	0,07	5,08
	40-60	0,30	0,32	3,15	2,97	0,18	0,22	3,87	0,27	0,06	4,51
	60-80	0,30	0,24	2,29	2,48	0,32	0,22	2,34	0,18	0,07	4,11
	80-100	0,19	0,16	1,64	1,49	0,18	0,20	4,03	0,22	0,10	2,74
	100-110	0,16	—	1,82	1,78	0,04	0,20	1,13	0,16	0,08	2,23
	110-140	0,13	—	1,32	1,35	0,04	0,14	0,96	0,16	0,19	1,77

bözősegeit, hanem azt is, hogy a talajok szelvényében a szóda hol megjelenik, hol pedig eltűnik. Ez a változás nemcsak egyes szintekre jellemző, hanem a talaj egész szelvényére is.

Az 5. táblázatban a 1003 szelvény talajoldat elemzését mutatjuk be különböző időpontokban, ahol a vizes kivonatok adataihoz hasonlóan a karbonát ionok hol megjelennek, hol pedig eltűnnek az egyes talajszintekben.

A változások oka érthető, hiszen a talaj három fázisát is érintő reakciók, a talaj jelentős kolloidtartalma megmagyarázzák, hogy egyes esetekben jelentős szódatartalom lép fel, és a pH *szódás* és a *nem szódás* szikések közt határt

5. táblázat

A Hortobágy 1003. szelvény talajadatának elemzési eredményei

Felvétel ideje	Szintmélység cm	Nedvesség %	HCO ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
			mgé/liter						
1956. V. 8.	0-20	19,4	7,99	—	44,4	194,93	10,74	10,50	169,45
	20-40	15,4	3,75	—	81,4	182,05	12,19	10,14	180,83
	40-60	16,9	4,64	—	99,10	114,83	11,31	16,48	181,91
	70-80	15,1	3,98	—	124,2	109,34	10,7	3,03	178,67
	80-100	17,2	4,62	—	100,8	140,04	3,99	3,73	174,89
	100-120	21,8	8,20	0,76	22,20	56,86	1,61	1,78	141,96
	120-140	19,4	7,91	0,22	60,80	38,65	0,99	0,83	96,08
1956. VI. 20.	0-20	37,2	4,73	—	7,50	103,23	8,13	3,77	78,80
	20-40	23,2	7,62	—	9,60	145,62	8,06	8,26	118,21
	40-60	25,1	4,18	0,40	8,70	132,40	6,60	3,81	119,83
	60-80	24,7	4,76	—	5,90	33,82	0,71	0,25	24,29
	80-100	16,4	5,58	0,40	5,60	125,26	2,10	1,24	114,96
	100-120	17,0	3,16	—	40,36	27,91	1,46	0,81	78,27
	120-140	18,8	3,82	—	46,24	12,17	0,89	1,36	56,14
1956. VII. 30.	0-20	22,6	3,20	—	16,80	143,94	15,94	6,21	127,39
	20-40	26,4	4,04	0,62	49,00	162,19	20,72	11,40	179,21
	40-60	19,8	3,76	—	24,00	155,69	16,12	10,97	187,84
	60-80	21,7	4,31	0,71	44,80	163,45	10,70	6,17	180,21
	80-100	22,8	5,67	0,71	45,00	165,76	5,10	3,09	180,29
	100-120	23,6	5,13	0,44	43,30	113,93	2,60	1,62	141,96
	120-140	23,4	6,73	0,44	38,86	57,07	1,32	1,92	99,32
1956. IX. 4.	0-20	26,5	10,51	—	13,04	103,59	7,08	3,52	115,51
	20-40	30,0	10,07	—	8,70	125,69	4,99	3,41	144,66
	40-60	22,2	11,24	—	17,30	187,72	11,20	8,01	178,13
	60-80	23,9	3,64	—	27,10	157,21	7,49	3,95	172,73
	80-100	22,7	4,16	—	29,40	134,98	3,82	2,39	136,56
	100-120	22,2	5,73	0,84	19,70	50,23	1,46	1,06	64,79
	120-140	28,8	4,76	—	13,40	19,46	1,03	0,74	42,64
1956, X. 2.	0-20	35,9	11,49	2,31	5,76	30,14	3,14	2,37	34,33
	20-40	30,7	22,95	1,51	7,00	20,59	1,25	0,81	46,64
	40-60	20,0	18,07	2,22	8,00	11,93	0,71	0,14	34,00
	70-80	20,1	11,99	1,02	6,45	9,67	0,43	0,34	24,29
	80-100	20,3	5,55	—	6,06	13,31	0,28	0,31	16,19
	100-120	20,9	5,11	—	5,20	12,87	0,57	0,25	13,82
	120-140	25,0	5,09	—	5,22	11,17	0,75	0,25	11,77

képező 8,3—8,4 fölé emelkedik más esetekben viszont a szóda teljesen eltűnik és a talaj teljes szelvényének pH-ja a *nem szódás* szikesekre lesz jellemző.

Ez a megfigyelés is jól mutatja, hogy a szolonyec talajok mindig a lúgosan hidrolizáló szikes talajok csoportjába tartoznak, még akkor is, ha hosszabb vagy rövidebb ideig szelvényükben lúgos kémhatást csak a *B* szint alatt vagy ott sem találhatunk.

Azok a határértékek, amelyek a szolonyec talajoknál e típus megjelénésére jellemzőek (az S %-ában mért 15—20 fölötti kicserélhető Na-tartalom) mindig lehetővé teszik, hogy a lúgos kémhatás e talajokban fellépjen még akkor is, ha ez egyes periódusokban nem figyelhető meg. A 2., 3., 4. és 5. táblázatok adatai azt is jól bizonyítják, hogy a szikes talajok elnevezésénél vagy

jellemzésénél használt mérési eredmények mennyire viszonylagosak akkor, ha azok csak egyszeri helyszíni vizsgálat, illetve mintavétel és az ezt követő elemzések alapján készültek. Így jellemezni és csak ezen az alapon csoportosítani, illetőleg elválasztani egymástól a szódás és nem szódás hazai szikesekeket igen nagy hiba lenne, mivel e talajok sem a világviszonylatban ismert, igen magas szódatartalmú, sem pedig a csak vagy főként semleges Na-sókat tartalmazó talajokhoz nem tartoznak, hanem az aránylag híg, lúgosan hidrolizáló Na-sók által uralt és ezek hatására keletkezett csoportba tartoznak kivétel nélkül.

6. táblázat

Réti szolonyec talajok kicserélhető kationjainak vizsgálati adatai, Hortobágy 1100—1101.

Felvétel ideje és szelvény száma	Szint-mélység cm	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		mgé/100 g talaj					S %			
1959. X. 21.	0—10	3,26	0,87	14,7	2,8	26,25	15,07	4,03	67,95	13,13
	10—20	8,05	0,87	10,75	3,62	23,29	34,56	3,74	46,15	15,54
	20—40	10,65	0,94	10,75	2,80	25,15	42,35	3,76	42,75	11,13
1100	40—60	9,60	0,92	17,75	5,60	33,87	28,34	2,74	52,54	16,57
1959. X. 21.	0—10	4,13	0,85	18,40	3,85	27,33	15,11	3,09	67,34	14,45
	10—20	6,95	0,67	18,90	8,40	34,92	19,90	1,91	54,13	24,06
	20—40	12,8	1,25	19,2	10,4	43,65	29,32	2,87	43,98	23,82
1101	40—60	11,5	0,97	15,7	8,94	37,11	30,99	2,62	42,30	24,09

A 6. táblázatban a hortobágyi 1100 és 1101 szelvények kicserélhető kationjainak értékeit mutatjuk be. Ez a táblázat jól bizonyítja, hogy a szóbanforgó szelvények tipikus hazai szolonyeceteket reprezentálnak, jól kifejezett B szintekkel.

Visszatérve a szolonyecképződés folyamataira; ámbár a talajok ioncsere folyamatait úgy ismerik, mint reverzibilis folyamatokat, mégis, rövidebb vagy hosszabb időn belül e folyamatok a talaj anyagában számos, igen lényeges irreverzibilis változást is eredményeznek. A talajoldat érintkezése a talajkolloidokkal sohasem korlátozódik teljesen reverzibilis ioncsereére, erről bárki meggyőződhet akkor is, ha ismételten ioncsereének akar alávetni egy talajmintát többszöri kezeléssel. GEDROITZ [4], JACKSON [8], GORBUNOV [6], GEREI [5] és sokan mások rámutattak arra, hogy az ioncsere folyamatok nemcsak a kolloidok felületét érintik, hanem igen jelentős változásokat hoznak létre a kolloidok szerkezetében, az agyagásványok kristályrácsában, valamint a talaj organominerális kolloidjainak szerkezetében is. Természetszerűleg e változások milyensége és mértéke nagyban függ a talajkolloidok szerkezetétől a szilárd és folyadékfázis közötti egyensúlyi viszonyoktól, a közeg pH-jától és sok más tényezőtől. Mindezek együttes hatására jönnek létre azok az irreverzibilis változások, amelyek a szolonyecképződés során döntő jelentőségűek.

Ezek között az irreverzibilis változások között elsőnek a talaj másfél-szeres oxidjainak mobilizálódását, valamint a talajszelvényben való átrendeződését kell megemlítenünk. Ezzel párhuzamosan történik meg a talaj kova-

savvegyületeinek átalakulása és átrendeződése is a szelvényben. E folyamatok következménye a szolonyec talaj *A* és *B* szintjének kialakulása a két szint közötti lényeges különbségek létrejötté. Ezek a különbségek jól láthatók a 3. ábrán, ahol a talaj másfélszeres oxidjainak és kovasavvegyületeinek az *A* és *B* szintben való elrendeződésbeli és százalékos különbsége szembeűnő. Míg a másfélszeres oxidok oldható formába kerülve a mélyebb *B* szintbe kerülnek, a kovasavvegyületek az *A* szintben halmozódnak fel.

Nem foglalkozom most azzal, hogy milyen úton történik a másfélszeres oxidoknak és kolloidvegyületeknek a *B* szintbe való vándorlása, tény az, hogy ezeknek a szintbe való kerülése határozza meg a szolonyec talaj tulajdonságait, valamint a termékenységet, sőt javíthatóságának, hasznosíthatóságának lehetőségeit is.

Ugyancsak a *B* szintben halmozódik fel a szolonyectalajokban az oldható humuszvegyületek nagy része is, amely részben vagy egészen szorosan kapcsolatos az előbbi folyamatokkal. Az előzőekből következik az is, hogy a talajok kolloidtartalma a legszorosabb kapcsolatban áll a szolonyecképződés folyamataival. Annyira szoros ez a kapcsolat, hogy olyan talajokon, ahol bizonyos mennyiségű kolloid nem található, szolonyecképződés sem következhet be. Közismert pl. hogy durva homok alapközeten szolonyec talajt nem ismerünk.

Hosszabb vagy rövidebb idő alatt a szolonyecképződés folyamatai a talaj egész anyagában igen lényeges változást idéznek elő az agyagásványokra, eloszlásukra, struktúrájukra vonatkozólag, amelyek a későbbiekben igen *konzervatív* tulajdonságokká válnak még akkor is, ha a talaj szilárd és folyadék fázisa közötti egyensúlyi viszonyok változást szenvednek. Ilyen esetekben szokott előfordulni, hogy ámbár a talaj sőtartalmának koncentrációja fölülmúlja azokat az értékeket, amelyek a szolonyec talajokra jellemzőek, mégsem szoloncsák szelvényt, hanem szerkezetes, azaz *B* szinttel rendelkező szolonyec szelvényt találhatunk sok olyan helyen, amelyeknek sóprofilja inkább jellemző a szoloncsák, mint a szolonyec talajokra. Ilyenkor természetesen az a törvény, hogy a kialakult szolonyec szelvény sósodott el anélkül, hogy a talajszelvény struktúrája megváltozott volna. Természetesen hosszabb vagy rövidebb idő múlva ezek a talajok is átalakulhatnak szerkezet nélküli szelvényű szoloncsák talajokká, amennyiben a talajképződési körülmények ezt lehetővé, illetőleg szükségszerűvé teszik.

Nem célok itt a szolonyecképződéssel szoros genetikai rokonságban levő szologyképződési folyamatok elemzése, azonban azt meg kell jegyezni, hogy Alföldünkön is gyakran találhatunk igen szép, szerkezetes szolonyec szelvényeket, amelyekben azonban nem kicserélhető nátrium, hanem inkább magnéziumionok fordulnak elő a *B* szintben. Minden valószínűség szerint ezeknek a szelvényeknek a morfológiája sem így alakult volna, ha a magnéziumionok a nátriumionok előzetes vagy egyidejű hatása nélkül reagáltak volna a talajszelvény kolloidjaival.

A szolonyec talajok képződésének fenti törvényszerűségei nemcsak a talajok genetikája, hanem a mezőgazdasági termelés szempontjából is igen jelentősek. Az a tény, hogy bizonyos sókoncentráció-tartományhoz van kötve a szolonyec talajok képződése, nemcsak azért fontos gyakorlati nézőpontból, mert ez alatt a sókoncentráció alatt, nem állván fenn a szolonyecképződés lehetőségei, a talajok hasznosítása könnyebb, hanem azért is, mert gyakori eset világszerte, hogy a nagy sőtartalmú szoloncsák talajokat vizes kimosással

igyekezzenek megjavítani, illetve belőlük a káros sómennyiséget, vagy annak legalább egy részét eltávolítani. Ilyen esetekben a talajok sókoncentrációjának csökkenésével gyakran előfordul, hogy a szoloncsák talajok javítása során azokból nem alakulnak ki termékeny, kis sókoncentrációjú talajok, hanem igen rossz termékenységgű szolonyec talajok keletkezhetnek. Éppen ezért a szoloncsák talajok javításának technológiájában is ma már széles körben alkalmazzzák a savanyú kémhatású javítóanyagokat, elsősorban a gipszet a talajok kimosásával és drénezésével együtt.

Ugyancsak fontos a szolonyec folyamatok ismerete és e folyamatok figyelembe vétele akkor, amikor pl. öntözés esetében a talajoldat növekvő sókoncentrációjával kell számolnunk. Ilyen esetekben ez a sókoncentráció gyakran sokkal alacsonyabb, mint azt a nemzetközi szakirodalomban vagy kézikönyvekben a határértékként találhatjuk. Azonban miután ezek a sók nem csupán a talajoldatban fejtenek ki közvetlen hatást, hanem a talaj kolloidjaival reakcióba lépnek, ezért már aránylag kis sókoncentráció néhány-szori vagy egyszeri megjelenése után a talajszelvényben az igen kedvezőtlen termékenységgű szolonyec talajok keletkezésével számolnunk kell. Ezekben az esetekben tekintetbe véve azokat a bonyolult irreverzibilis folyamatokat amelyek a szolonyecképződés során bekövetkeznek, nem reménykedhetünk abban, hogy a talajoldat sókoncentrációjának lecsökkentésével az eredeti nem szikes talajok állapotát ismét visszaállíthatjuk. Éppen ezért a szolonyec folyamatot inkább meg kell előzni, mintsem a bekövetkezett folyamatot megállítani és eléggé bonyolult és költséges javító intézkedésekkel a talajt ismét termékenyvé tenni.

Köztudomású, hogy az oldható sók a talajoldat révén különböző helyről és különböző utakon juthatnak a talajszintekbe, így felülről lefelé mozgó talajoldatmozgás vagy alulról felfelé irányuló talajoldatmozgás, sőt oldal irányú mozgások útján is. Közismert, hogy hazánk természeti viszonyai közt a progresszív szikesedés általában a talajvizekből felfelé irányuló sómozgás, illetve oldalmozgás következtében jön létre, míg a felszínről lefelé történő sómozgás a Magyar Alföldön a szikesedés csökkenéséhez vezet. Ezen az alapon csoportosítjuk a hazai szolonyec talajokat és ilyen megfontolások segítségével nyertek megállapítást azok az úgynevezett kritikus talajvízszintek, amelyek fölött elhelyezkedő mineralizált talajvizek előbb vagy utóbb a talaj szikesedéséhez vezetnek, míg a kritikus talajvízszint alatt elhelyezkedő talajvíztükör esetében szikesedés a talajszelvényben nem következhet be.

Nyilvánvaló, hogy a kritikus talajvízszint ismerete és vizsgálata ugyan-csak nagy gyakorlati fontossággal bír, különösen öntözőrendszereink esetében.

A különböző sóoldatok mozgásának törvényszerűségei a talaj polidisz-perz rendszerében, valamint ezek következtében lejátszódó folyamatok részletes tanulmányozása és kvantitatív leírása még sok további munkát igényel. Mindenekelőtt e folyamatok kinetikájának ismeretére, valamint a folyamatoknak a talajokban történő anyagforgalomra való hatására és ezek mennyiségi jellemzésére kell újabb tanulmányokat folytatni. Jóllehet ismeretes, és általánosan elfogadott, hogy a talajszelvényekben fölfelé és lefelé irányuló oldatmozgás találkozási pontján, majd e folyamatok eredőjeként kialakuló szintben található bizonyos oldható anyagok maximuma mint azt jól bizonyítják hazai szikes talajaink szénsavasmész vagy gipsz szintjei is, e folyamatoknak a talaj anyagaira gyakorolt hatását éppúgy mint az oldatok mozgásának sebességét az oldat és szilárd fázis permanens kölcsönhatása és vál-

tozásai mellett még korántsem ismerjük olyan mértékben, hogy ezeknek pontos matematikai leírása lehető volna.

Az a tény is közismert, hogy a fent leírt sómozgások során lúgos kémhatás esetén a két vegyértékű kationok sói, különösen a Ca-sók kicsapódnak, ezáltal a Na-sók szinte egyeduralkodóvá válnak a talajoldatban és akadálytalanul fejthetik ki káros hatásukat. Ez is magyarázza, hogy a lúgosan hidrolizáló Na-sókat tartalmazó szikes talajokban miért kell a talaj kedvezőtlen tulajdonságaira vonatkoztatott határértékeket jóval alacsonyabban megállapítani, mint semleges Na-sók előfordulása esetén. Az itt uralkodó törvényszerűségek pontosabb megismerése céljából azonban, figyelembe véve a talaj polidiszperz rendszerének igen bonyolult viszonyait az alap kutatás előtt még számos fontos megoldandó feladat áll, mind a talajkolloidika, mind pedig a talajmineralógia területén.

A fentiekben rá kívántam mutatni arra, hogy hazai szikes talajaink kivétel nélkül szoros kapcsolatban állnak az úgynevezett szódás-szikes talajokkal még akkor is, ha felső szintjeik nem mutatnak lúgos reakciót. Ezért képződési feltételeikben tulajdonságaikban, kialakulásuk körülményeiben és a jelenlegi viszonyok közt várható talajképződési folyamatokban jóval több azonosságot mutatnak a szódát tartalmazó talajokkal, mintsem azokkal a semleges nátriumsókat tartalmazó talajokkal, amelyek hazánk természeti viszonyai között ismeretlenek.

Irodalom

- [1] ANTIPOV-KARATAEV, I. N.: Meliorácija szoloncov v SSSR. AN. SSSR. Moszkva. 1953.
- [2] ARANY, S.: A szikes talaj és javítása. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1956.
- [3] BAZILEVICS, N. I.: Geohimija pocsv szodovogo zaszenija. Nauka. Moszkva. 1965.
- [4] GEDROITZ, K. K.: Izbrannija szocsinenija. I—III. Szel'hozgiz. Moszkva. 1955.
- [5] GEREI, L.: Transformation and destruction of clay minerals in alkali soils as affected by soil forming processes. *Agrokémia és Talajtan. Suppl.* **17.** 119—124. 1968.
- [6] GORBUNOV, N. I.: Pocsvenntie kolloidü. AN. SSSR. Moszkva. 1957.
- [7] HILGARD, E. W.: Soils; their formation, properties, composition and relations to climate and plant growth in the humid and arid regions. MacMillan. London. 1912.
- [8] JACKSON, M. L.: Soil chemical analysis. Englewood Cliffs. Prentice-Hall. 1958.
- [9] KELLEY, W. P.: Alkali soils. Reinhold. New York. 1951.
- [10] KOVDA, V. A.: Proiszhoszenije i rezsím zaszaljonnüh pocsv. AN. SSSR. Moszkva. 1946—47.
- [11] KOVDA, V. A.: Alkaline soda-saline soils. *Agrokémia és Talajtan. Suppl.* **14.** 15—48. 1965.
- [12] KOVDA, V. A.: In: International source-book on irrigation and drainage of arid lands in relation to salinity and alkalinity. Draft edition. Ed. Kovda, V. A., van den Berg, C., Hagan, R. M. FAO/UNESCO. 1967.
- [13] MURAKÖZI, K.: A talajról. *Term. Tud. Közlöny.* **33.** 593—597. 1902.
- [14] SIGMOND, A. A. I.: A hazai szikesek és megjavítási módjaik. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1923.
- [15] SCHERF, E.: Alföldünk pleisztocén és holocén rétegeinek geológiai és morfológiai viszonyai és ezek összefüggése a talajalakulással, különösen a szikképződéssel. *Földt. Int. Évi Jel.* 1925—28. Budapest. 1935.
- [16] SZABOLCS, I.: A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1961.
- [17] SZABOLCS, I.: A konyári tó és az Alföld szikesedése. *Agrokémia és Talajtan.* **13.** 173—204. 1964.

- [18] SZABOLCS, I.: Limiting Factors in the Uptake of Ions by Plants from Salt Affected Soils. In: Limiting Steps in Ion Uptake by Plants from Soil. Techn. Rep. No. 65. IAEA. 140–144. Vienna. 1966.
- [19] SZABOLCS, I. & DARAB, K.: Investigation on the effect of anions on Na–Ca ion exchange. *Agrokémia és Talajtan. Suppl.* **17.** 21–40. 1968.
- [20] TIMÁR M.-né & SZABOLCS, I.: Szervesanyag hatása a szikesekben folyó szulfát-redukcióra. *Agrokémia és Talajtan.* **13.** 129–136. 1964.
- [21] TREITZ, P.: Sós és szikes talajok természetrajza. (A szerző saját kiadása). Budapest. 1924.
- [22] VÁMOS, R.: The biological effect of sulphate reduction in water-logged soils. *Agrokémia és Talajtan. Suppl.* **14.** 115–116. 1965.
- [23] VERNER, A. R. & ORLOVSKIJ, N. V.: O roli szulfátreducirujesih bakterij v szolevom rezsimе pocsv Barabü. *Pocsvovedenie* (9) 553–568. 1948.
- [24] VILJAMSZ, V. R.: *Pocsvovedenie. Goszud. Izd. Sz/h literat. Moszkva.* 1949.

Érkezett: 1972. június 2.