

Szikes talajok tápanyagviszonyai és genetikájuk a Magyar Alföldön

II. Foszfor- és káliumállapot

H. P. SINGH és SZABOLCS ISTVÁN

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Mint előző dolgozatunkban [19] ismertettük, a szikes talajok humusz- és tápanyagállapota tekintetében a szakirodalomban a vélemények egymástól rendkívüli mértékben eltérőek. Az előző dolgozatban a talajok kialakulása, genetikai sajátosságai, valamint szervesanyag- és nitrogénállapotuk között igyekeztünk összefüggéseket kimutatni, jelen cikkünkben ugyanezt a szóban forgó talajok foszfor és kálium viszonyaira tesszük meg.

Meg kell állapítani, hogy mind a foszfor, mind a kálium dinamikájának kérdéseiben a szakirodalmi vélemények ugyanúgy eltérőek, mint a szervesanyag vagy nitrogén vonatkozásában.

A szikes talajok foszfordinamikáját, valamint a foszfátoknak a szikes talajokból való felvehetőségét igen sokan vizsgálták, s a vizsgálatok főképpen a szikes talajok teljes P_2O_5 tartalmát veszik alapul.

Több szerző azon a véleményen van, hogy a szikes talajokban előforduló lúgos kémhatás közvetlenül befolyásolja a növények fejlődését és ez a befolyás lényegesen fontosabb, mint a szikességnek a tápanyag felvehetőségére gyakorolt befolyása. SZABOLCS [22] megemlíti, hogy igen gyakran a szikes talajok gazdagok mind összes, mind ún. felvehető növényi tápanyagokban és mégis, ennek ellenére termékenységük kedvezőtlen, s a nagy mennyiségben jelenlévő tápanyagokból a talajoldatban a növények számára felvehető mennyiség igen kicsi. Meg kell említenünk, hogy a szikes talajoktan gyakran fellépő nedvesség-hiány is előmozdítja ezt a folyamatot.

Az irodalmi forrásmunkákat rendszerezve, általában háromféle véleményt találhatunk a foszforvegyületeknek a szikes talajokban végbemenő dinamikájára vonatkozólag a növényi táplálkozás szempontjából:

1. A lúgos kémhatás és a jelentős sókoncentráció gátolja a foszforvegyületek oldékonyságát.

2. A jelentős sókoncentráció növelheti, de a körülményektől függően csökkentheti is a foszfátok oldékonyságát, amely függ a sók koncentrációjától, a jelenlévő különböző ionoktól, valamint a talaj típusától.

3. A foszforvegyületek növények által való felvehetőségét gátolják a szikes körülmények.

1927-ben TEAKLE [23] bebizonyította, hogy a kalciumfoszfát lúgos körülmények közt oldhatatlan a talajban. MCGEORGE és BREAZEALE [14], BUHERER [3], MARTSON és mások [10] azt találták, hogy a sók, különösen pedig a kloridok akadályozzák a foszfátok felvehetőségét. SHAWARBI [21] azt bizonyítja, hogy a

felvehető foszfátok szikes körülmények közt csak igen kis mennyiségben vannak jelen a talajokban. RAYCHAUDHURI és LANDEY [17] egy alluviális sós talajt Punjabból (India) pufferoldatokkal kezelték és így pH-ját az eredeti 9,05-ről 3,70-re csökkentették. Megjegyzik, hogy a felvehető foszfáttartalom megnőtt kb. a háromszorosára. SINHA [20] Bihar (India) környékéről származó lúgos kémhatású paddy talajokban foszfáthiányról ír és ezt kapcsolatba hozza azok nehéz mechanikai összetételével, jelentős kalciumtartalmával, valamint lúgos kémhatásával.

A fenti csoportosítás szerint a második csoporthoz sorolható HIBBARD [7] véleménye, aki azt bizonyítja be, hogy a foszfátok oldhatósága nátrium-szulfát és ammóniumsulfát jelenlétében megnövekszik, viszont káliumszulfát jelenlétében csökken. LEHR és WESEMAEL [8] beszámol a foszfátok oldékonyságának csökkenéséről, különböző sók jelenléte esetén és a kationok vonatkozásában a következő sorrendet tünteti fel:



LEWIS, JORDAN és JUVE [9] azt írják, hogy a nátriumsók, különösen pedig a nátriumhidrokarbonát megnövelte a talajoknak, valamint a talajokba műtrágyák által bevitt foszfátok oldékonyságát. TOBIA és MILAD [24] a következő eredményekre jutottak:

a) $\text{Ca} < \text{Mg} < \text{K} < \text{Na}$ sorrendben növekszik a talaj foszfátjainak oldékonysága. Azt is megjegyzik, hogy a növekedés nagyobb mértékű nehéz mechanikai összetételű talajok esetében, mint könnyű mechanikai összetételű talajoknál.

b) Az alkáli fémek karbonátjai növelik az oldható foszfátok mennyiségét, míg a kalciumsók ezzel ellentétes hatást fejtenek ki. Későbbi dolgozatukban [25] bemutatják, hogy a nátriumsók jelenlétében növekedik azoknak a foszfátoknak az oldhatósága, amelyek kalcium- és magnéziumtartalmú anyagok által kötődtek meg, azonban ha a talajkolloidokon főként nátrium- és kalciumsók vannak adszorbeálva, a hatás ellentétes.

A kutatók harmadik csoportja, mint pl. TRUOG [26] hangsúlyozza, hogy amennyiben a pH 8,5 fölé emelkedik, megvannak a nátriumfoszfát képződésének lehetőségei, amely nagyobb oldhatóságánál fogva a növények számára hasznosítható. CHANG [4] a Mesilla-völgyben nagyobb mennyiségű oldható foszfátot talált szikes talajokban, mint nem szikes talajokban. AGRAWALA és mások [1] pozitív korrelációt találtak az ESP érték és a vízben oldható foszfátok mennyisége között.

Mint későbbiekben látni fogjuk, a mi vizsgálataink azt látszanak bizonyítani, hogy a fenti csoportok közül a második csoportba tartozó vélemény a legmegalapozottabb és a Magyar Alföld viszonyai közt ehhez hasonló megállapításokra jutottunk.

Ami a kalciumkarbonát hatását illeti, a foszfátok felvehetőségére meg lehet állapítani, hogy e kérdésben a szerzők túlnyomó többségének véleménye megegyezik.

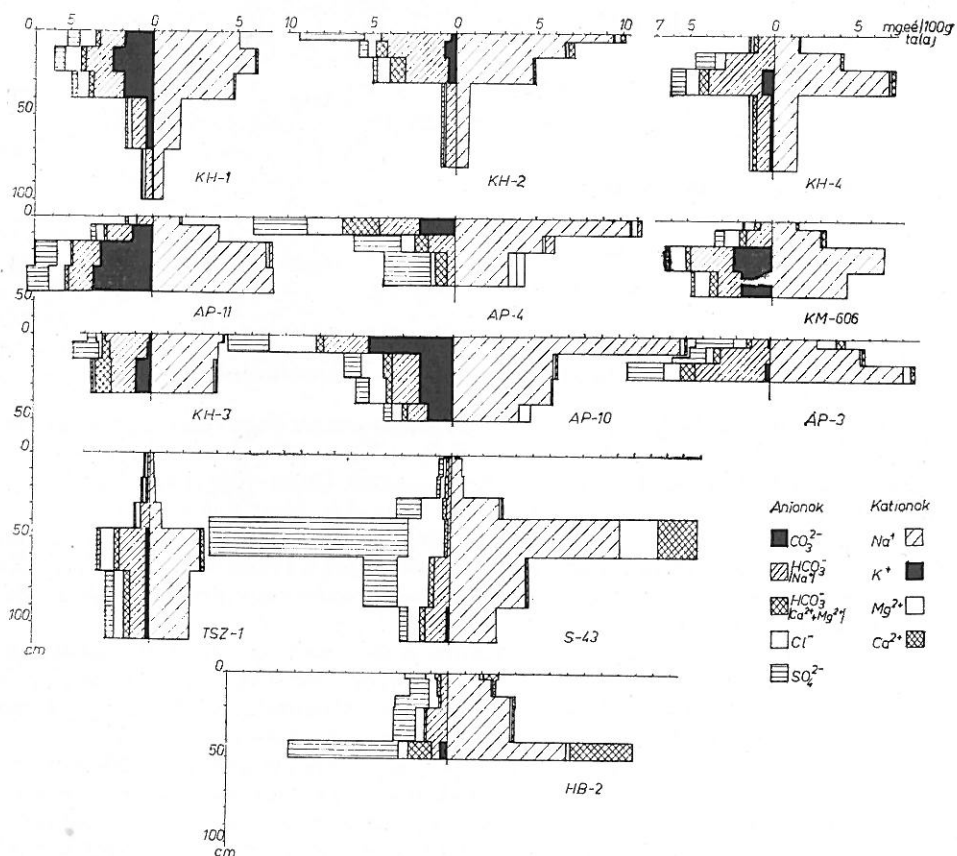
A kálium kérdéseiben aránylag sokkal kevesebb irodalmi forrásmunkával rendelkezünk, mint a foszfátok esetében. Azonban e tépelem vonatkozásában is igen sok félreértés és ellenkező vélemény található a szakirodalomban.

Sok irodalmi forrásmunka, mint pl. MELA [12], CHANG és FENG [5] és mások azon a véleményen vannak, hogy a talajokban mind az összes, mind az

ún. felvehető káliumtartalom jelentősebb szikes talajok esetében, mint nem szikes talajokban. RAYCHAUDHURI és LANDEY [17] azt találták, hogy a kálium felvehetőségének maximuma kb. pH 8,70 körül volt alluviális sós talajokban. RATHJE [16] beszámolt arról, hogy a kálium egyensúlyi koncentrációja az oldat és káliumtartalmú agyagásványok között emelkedő tendenciát mutat, emelkedő pH értéknél.

Másrésről a fentiekkel ellentétben számos szerző hangsúlyozza, hogy a szikes körülmények elősegítik a káliumnak a talajban történő leköttetését, így a felvehető kálium mennyisége ezekben a talajokban csökken. Néhány ilyen forrásmunkát említhetünk, pl. WIKLANDER [27], MITRA és PRAKASH [13], DHAR [6], MEHATA és SHAH [11], akik arról számolnak be, hogy pl. India szolonesák talajai igen szegények káliumban, és e talajokban a mélyebb szintekben a káliumtartalom különösen kicsi.

Fenti kérdéseket tanulmányoztuk a Magyar Alföld szikes talajain.



1. ábra

A vizsgált talajok 1 : 5 arányú vizes kivonatának elemzési eredményei

Anyag és módszerek

A vizsgált talajokról, valamint a vizsgálatoknál alkalmazott analitikai módszerekről előző közleményünk [19] ad tájékoztatót.

Ezenkívül jelen vizsgálatainknál elemeztük a talajok 1 : 5 arányú vizes kivonatát [15], a királyvízben oldható foszfor- és káliumtartalmat [2], továbbá a laktátoldható foszfor- és káliumtartalmat a következő módszerekkel:

a) A foszfor esetében ammóniumlaktátos kivonat [18],

b) A kálium esetében ammóniumlaktátos és kalciumlaktátos kivonat [2]; a talajok tulajdonságainak megfelelően.

A vizsgálatok adatainak feldolgozásánál bevezettük a következő oldhatósági tényezőket:

a) a P-re vonatkozólag:

$$\frac{\text{vízben oldható P}}{\text{laktátban oldható P}} \cdot 100 \quad \text{I.}$$

$$\frac{\text{laktátoldható P}}{\text{királyvízben oldható P}} \cdot 100 \quad \text{II.}$$

b) a K-ra vonatkozólag:

$$\frac{\text{laktátoldható K}}{\text{királyvízben oldható K}} \cdot 100 \quad \text{III.}$$

A talajok foszforvegyületei és dinamikájuk

Köztudomású, hogy a talajok foszfortartalmának nagy része szerves kötésben fordul elő. Ezt figyelembe véve, miután a Tisza völgyének talajai szervesanyagban gazdagabbak, mint az általunk vizsgált Duna-völgyi talajok, kézenfekvő, hogy ezek összes foszfortartalma is nagyobb, mint azt a 2. ábra adatai is mutatják. Ezen kívül az is megállapítható, hogy a Tisza völgyének talajai általában nehezebb mechanikai összetételűek, mint a Duna-völgyi talajok. Ez a tény viszont jelentős mértékben hozzájárul a foszforvegyületek talajban történő adszorpciójához.

E törvényszerűség alól vizsgálataink során csak egy kivételt találtunk, mégpedig az erősen szologyos HB-2 talaj esetében, mint azt a 2. ábra adatai is mutatják. Miután e talajon a szologyképződés folyamata jelentős mértékben kifejlődött, az alábbiakkal magyarázható a kisebb foszfortartalom.

Miután a szologyosodás a szervesanyag mennyiségének csökkenésével jár együtt, természetszerűleg ez érinti a szerves kötésben lévő foszfor mennyiségének csökkenését is. Az is ismeretes, hogy szologyosodás folyamán agyagos részek vándorolnak a talaj felső szintjeiből mélyebb szintekbe, ezáltal a felső szintek agyagtartalma csökken, így természetszerűleg adszorpciós kapacitása kisebb lesz. Mindezek negatív befolyást gyakorolnak a foszfortartalomra, mint ezt esetünkben az analitikai eredmények is bizonyítják.

Az ábra adatai azt is mutatják, hogy a talaj mélyebb szintjeiben növekvő foszfortartalmat találtunk, amely ugyancsak a fent elmondottaknak a bizonyítéka.

Amennyiben a talajokban az összes szén, valamint a királyvízben kioldható foszfor mennyiségét állítjuk arányba, mint az a 2. ábrán látható, a következőket állapíthatjuk meg:

a) A Tisza-völgyi talajok esetében kisebb mértékű humusz lebomlásra lehet következtetni, mint a Duna-völgyi talajok esetében, a C : P arány alapján.

b) A KH-1 és HB-2 talajok esetében 7,5, ill. 40,3 adódott a fenti arány vonatkozásában. Ez természetesen arra mutat, hogy a talajban nemcsak organikus, hanem anorganikus kötésben jelenlevő foszfátokat is tekintetbe kell vennünk.

c) A C : P arány tekintetében a következő sorrend állapítható meg az általunk vizsgált talajoknál:

szolonyec > szoloncsák-szolonyec > szoloncsák

Mint előző közleményünkben [19] írtuk, a talajok szervesanyagai vonatkozásában is hasonló sorrendet állapítottunk meg. Meg kell azonban állapítanunk, hogy míg a C : N arány aránylag szűkebb határok közt váltakozik, addig ez a C : P arány az általunk vizsgált talajokban sokkal tágabb.

Ha a 2. ábra adatait figyelembe vesszük, világosan látszik, hogy a laktátban oldható foszfátok mennyisége valamivel nagyobb a Duna-völgyi talajoknál, mint a Tisza völgyében.

Természetes körülmények között a foszfátoknak a talajokban való oldhatóságát főként az alábbi tényezők befolyásolják.

1. pH,
2. a kationok aktivitása,
3. az anionok aktivitása,
4. a talajok mechanikai összetétele.

1. pH értékek

A Duna völgyében a lúgosabb pH értékek főként a következő hatásokat gyakorolják a foszfátok oldhatóságára:

a) Elősegítik a szervesanyagok lebontását és ezáltal a szerves kötésben levő foszfátok oldhatóságát.

b) Elősegítik a szervesanyagok oldékonyságát és ezáltal szervesanyaghoz kötött foszforvegyületek oldatba kerülését.

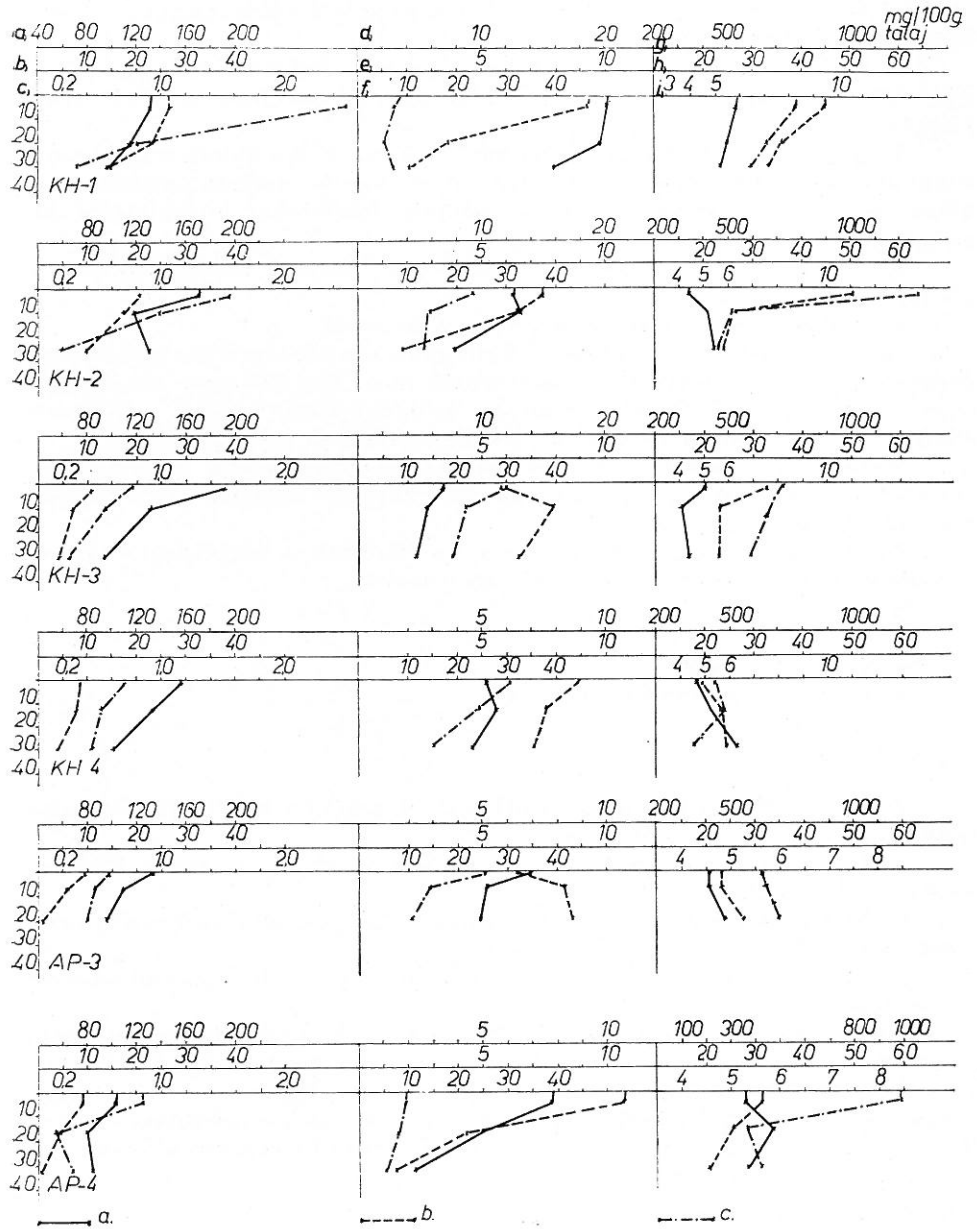
c) Csökkentik az anion adszorpciós kapacitást és ezáltal a foszfor adszorpció is csökken.

d) Csökkentik a vas és alumínium vegyületek oldékonyságát és ezáltal azt a lehetőséget, hogy ezek oldhatatlan formában kössék meg a foszfátokat.

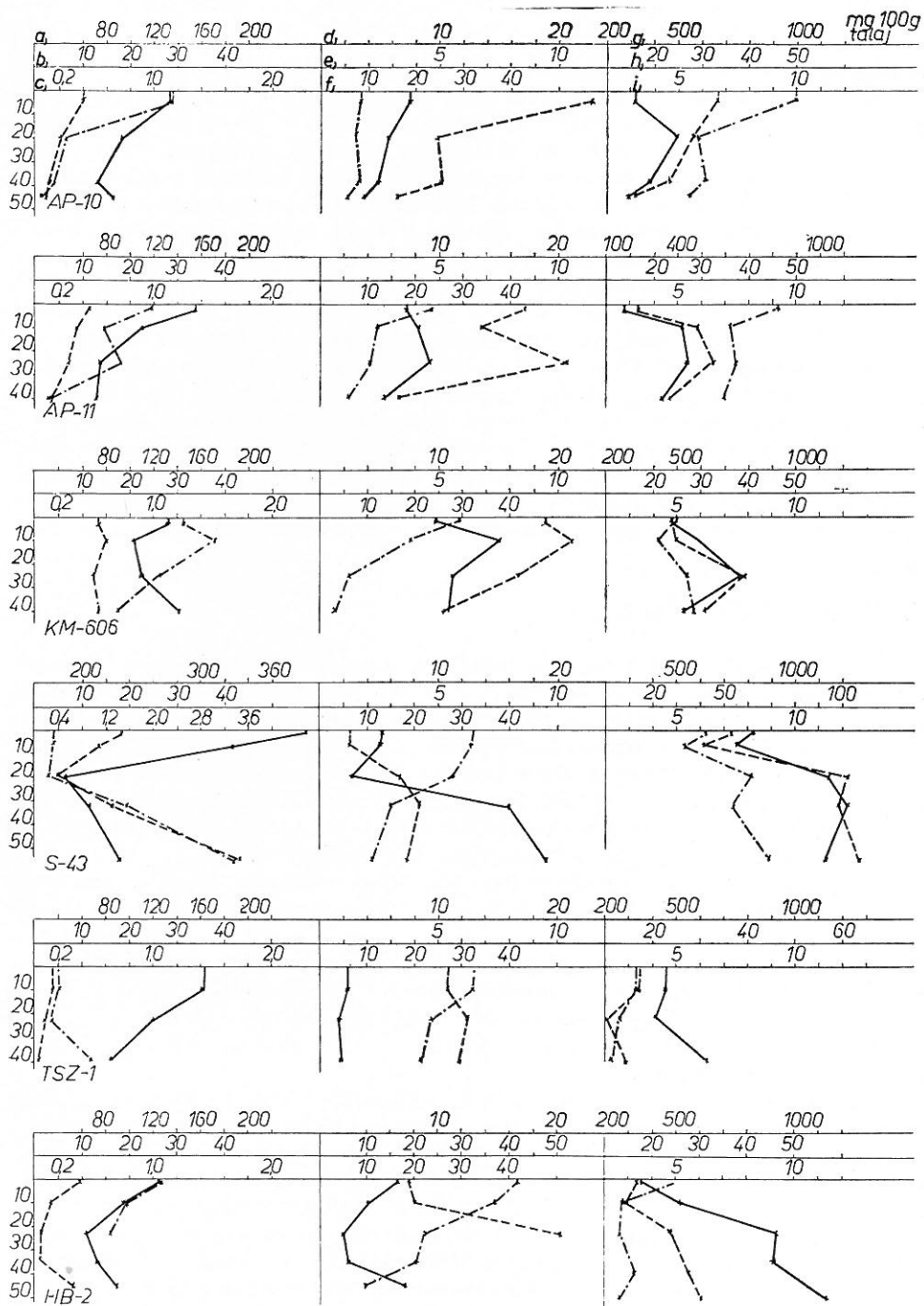
Fentiek alapján megállapítható, hogy a Duna völgyében az erősen lúgos pH az elsődleges oka a foszfátvegyületek nagyobb oldékonyságának, ellentétben a Tisza-völgy talajaival, amelyeknek pH értéke lényegesen alacsonyabb.

2. A kationok aktivitása

Köztudomású, hogy savas kémhatás mellett a foszfátok a vas és alumínium vegyületeivel, lúgos viszonyok mellett viszont kalciumionokkal képez-



2.
A vizsgált talajok foszfor és kálium állapota. a) Királyvízoldható foszfor tartalom. b) C : P arány. g) Királyvízoldható kálium. h) Laktát-



ábra

b) laktátoldható foszfor tartalom. c) Vízoldható foszfor tartalom. d) b/a . 100. e) c/b. 100. oldható kálium tartalom. i) b/a. 100 tartalom

nek nehezen oldható vegyületeket. Miután a Duna völgyében a pH jóval a semleges fölött van, a vas és alumínium vegyületei majdnem minden esetben oldhatatlan formában vannak jelen és nem befolyásolják a foszfátok oldhatóságát. A szódának a Duna-völgyi talajokban való egyik fontos hatása az, hogy a kalciumvegyületeket karbonát alakjában kicsapja, mint azt előző közleményünkben is említettük [19]. Ez azzal jár, hogy ezekben a talajokban a kalciumkarbonát mennyisége jelentős, viszont a kalciumionoknak a talajoldatban levő mennyisége jelentéktelen. Ez arra is vezet, hogy a talajkolloidokhoz a talajoldatban domináló szerephez jutott nátriumionok kötődnek, így az adszorbeált kalcium ionok mennyisége is csekély. Ezért megállapíthatjuk, hogy a foszfátok felvehetőségére az oldható kalciumvegyületek sem gyakorolnak jelentős hatást. Azonban mint az ismeretes, a kalciumkarbonát csökkenti a foszfátok oldhatóságát. A Duna-völgyi talajok esetében ez az egyedüli vegyület, amely negatív befolyást gyakorol a foszfátok oldhatóságára. A lúgos kémhatás és ezzel szoros kapcsolatban a humusz lebomlása arra vezetnek, hogy a nagyobb nátriumtelítettség folytán a foszfátoknak nagyobb mennyisége kerül oldható formába a Duna völgyében, mint a Tisza völgyében. A nagyobb nátrium koncentráció a talajokban gyakran nátriumfoszfát képződéshez vezet, amelynek — mint ismeretes — vízben való oldhatósága igen jó.

3. Az anionok aktivitása

Az anionok befolyásolják a foszfátok oldhatóságát, főképpen az anion adszorpciós folyamatokban való részvételükkel. Több szerves anion, mint pl. a humátok, vagy szervesetlen, mint pl. szulfátok említhetők ilyen tekintetben, s ezek az ionok az adszorbeált foszfátokkal kicserélődési reakcióba léphetnek. Miután a Duna-völgyében a lúgos kémhatás következtében jelentős mennyiségű szervesanyag kerül oldatba, így pl. humátok, vagy más szerves anionok foszfátokat helyettesíthetnek a kicserélődési reakciók során. Ezért előmozdítják a foszfátoknak a talaj folyadékfázisában való megjelenését.

Azokban a talajszelvényekben, ill. talajszintekben, ahol a szulfátok mennyisége jelentős (1. ábra), ezek az ionok ugyancsak előmozdítják a foszfátok oldhatóságát.

Így megjegyezhető, hogy a jelentősebb szulfát koncentráció együtt jár a laktátban oldható foszfátok mennyiségének növekedésével, pl. az S-43 talajszelvény esetében, amely a minták közt a legtöbb szulfáttartalmat mutatja, s ezzel együtt ez az egyedüli szolonyec talaj, ahol a laktátban oldható foszfátok mennyisége igen jelentős.

A szulfátokon kívül a karbonátok, hidrokarbonátok és kloridok szintén szerepet játszanak a foszfátok oldhatóságában. Ezek közül legjelentősebb a karbonátok és hidrokarbonátok szerepe, amelyek — mint fentebb is említettük — közrejátszhatnak a szervesanyagok lebomlásában, ill. oldatbakerülésében. Ilyen értelemben ugyancsak elősegítik a foszfátok oldhatóságát.

Ami azonban a kloridionokat illeti, ezek nem játszanak jelentős szerepet a foszfátok oldhatóságában. Nem mozdítják elő ezt a folyamatot, ellenkezőleg, némileg csökkentik azokban a sajátos esetekben, mikor a talajokban lejátszódó bonyolult kémiai reakciók során oldhatatlan termék, klórapatit keletkezhet. Meg kell jegyezni, hogy esetünkben a TSz-1 szelvény jelentős mennyiségű kloridot tartalmaz, s ezzel párhuzamosan oldható foszfortartalma is csekélyebb.

4. A talajok mechanikai összetétele

A Tisza-völgyének talajai nehezebb mechanikai összetételűek, mint a vizsgált Duna-völgyi talajok, ezen kívül pH-juk is lényegesen alacsonyabb azokénál. Így kézenfekvő, hogy anionadszorpciós kapacitásuk is nagyobb. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy nemcsak a kolloidok mennyisége, hanem azok minősége is lényeges befolyással bír az adszorpciós folyamatokra, elsősorban az agyagásványok vonatkozásában. Az általunk vizsgált talajok a laktátban oldható foszfát általunk kifejezett arányának vonatkozásában a következő sorral jellemezhetők:

szoloncsák-szolonyec → szoloncsák → szolonyec

A szolonyeekben a következő tényezőkkel magyarázhatjuk a foszfátok oldhatóságának csekélyebb mértékét:

1. A humusz lebomlás lassúbb ütemű, mint a szoloncsákokban vagy a szoloncsák-szolonyeekben.

2. A foszfornak nátriumfoszfát formájában való lekötődése a mélyebb rétegekben a kilúgzási folyamatok során.

Természetesen jelentős szerepet játszanak a pH viszonyok a szoloncsák-nál lényegesen alacsonyabb sókoncentrációk is. Lehetséges, hogy e talajok folyadékfázisában ortofoszfátok is jelen lehetnek, mint H_3PO_4 , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} és PO_4^{3-} . E vegyületek megjelenése és egymáshoz való aránya természetesen elsősorban a pH viszonyok függvénye. Irodalmi forrásmunkák szerint a $H_2PO_4^-$ ionok a legoldhatóbbak a $H_2PO_4^-$ ionok után és ennek megfelelően az általunk vizsgáltakhoz hasonló szolonyec talajokban gyakran jelentős mennyiségű oldható foszfátot találhatunk, mely egyes esetekben felülmúlhatja bizonyos szoloncsák vagy szoloncsák-szolonyec talajok oldható foszfáttartalmát. Fentiek jól mutatják, hogy a talaj pH értéke nagymértékben befolyásolja a foszfátok oldhatóságát, mégse tekinthető egyedüli tényezőnek ebben a vonatkozásban. Pl. előfordulhat a talajban, hogy ámbár a talaj PH-ja 6,5-ről 8,5-re növekszik, növekvő kalciumkarbonát tartalom következtében, mely mint fentebb említettük, csökkenti a foszfátok oldhatóságát. Ugyanilyen pH növekedés előállhat azonban nátriumkarbonát következtében is, amely természetesen ellenkező hatást fejt ki, azaz a foszfátok oldhatóságát növeli.

Úgy találtuk, hogy a szoloncsák szolonyeekben a laktátoldható foszfátok aránya nagyobb, mint a szoloncsákok esetében. Meg kell jegyeznünk, hogy az általunk vizsgált szoloncsákok (AP-4, AP-10), a legnagyobb sótartalommal rendelkeztek az összes szóban forgó talajok közül. Érdekes azonban, hogy a KH-1-es talaj, amely egy szoloncsák, a legnagyobb mennyiségű laktátban oldható foszfáttartalmat mutatta az összes talaj közül. Igaz, hogy ennek a talajnak az összó tartalma kisebb volt, mint a másik két szóban forgó szoloncsáknak (AP-4, AP-10). Az S-43 volt az egyedüli szolonyec talaj, amelyben a többtől eltérő nagy mennyiségű oldható foszfátot találtunk, különösen a talaj mélyebb rétegeiben. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ezek a mélyebb rétegek igen jelentős szulfát tartalmukkal tűntek ki, mint azt az 1. ábra mutatja, s emellett kémhatásuk is erősen lúgos [19]. Valószínű, hogy itt a mélyebb szintekbe jelentős mennyiségű foszforvegyület került a felsőbb szintekből való kilúgzódás útján.

Mint a 2. ábra adatai mutatják, a vízben oldható foszfátok mennyisége a szologyos HB-2 szelvény esetében igen jelentős. A vízben oldható fosz-

fátok mennyiségének megjelenése minden valószínűség szerint szoros kapcsolatban áll a szolgyosodási folyamatokkal és ezzel együtt híg nátriumfoszfát oldatok mozgásával.

Ismeretes, hogy a talajoldat mozgása a szoloncsák talajok, és részben a szoloncsák-szolonyec talajok esetében is, az év legnagyobb részében felfelé irányul, míg a szolonyec talajok esetében a felfelé és lefelé irányuló mozgások váltakozása a jellemző. Részben ezzel magyarázható a foszfátoknak is az az eltérő dinamikája, amelyeket vizsgálataink alapján a szoloncsák, ill. szolonyec típusú talajok esetében találtunk. Míg a szolonyecetek esetében jelentős foszfát-tartalom lelhető fel a mélyebb talajszintekben, ezt a tendenciát szoloncsákok esetében nem ismerhetjük fel.

Megállapíthatjuk, hogy a szikes talajokban a foszfátok dinamikája, a különböző foszfátvegyületek megjelenése, azok szintenkénti eloszlása és növények által felvehető formába való kerülése nagyban függ a szikes talaj kialakulásától és genetikai típusától, altípusától, változataitól. Ennek megfelelően a különböző fizikai, fiziko-kémiai, kémiai és biológiai folyamatok szabják meg a különböző szikes talajokban különböző időszakokban a foszfátvegyületek dinamikáját. Fentiek alapján e dolgozat elején ismertetett három irányzat közül a másodikkal kell egyetértünk, amely azt állapítja meg, hogy a szikesedés viszonyai között egyes esetekben növekszik, más esetekben csökken a foszfátvegyületek oldhatósága, ill. növények által felvehető formába való kerülése.

A talajok kálium dinamikája és káliumállapota

Vizsgálataink is megerősítik azt az általánosan elfogadott tényt, hogy a Tisza völgyének talajai gazdagabbak káliumban, mint a Duna-völgy talajai. A Tisza völgyében nehezebb mechanikai összetételű anyakőzetten képződtek a talajok, s ez képezi fenti megállapítás alapvető okát. Jól megerősíti ezt a TSz-1 szelvény vizsgálata a Tisza völgyéből, amely a szóbanforgó Tisza-völgyi talajok közt a legkönnyebb mechanikai összetételű és ennek megfelelően a legkisebb káliumtartalommal is rendelkezik.

Hasonló képet kapunk a KM-606-os talaj vizsgálati eredményeinek értékelésénél is, mely a Duna-völgyi talajminták közt aránylag a legnehezebb mechanikai összetételű, ennek megfelelően jelentősebb a káliumtartalma is.

Igen érdekes képet mutat a káliumvegyületek elhelyezkedése a vizsgált talajok különböző szintjeiben. Elfogadott megállapítás az, hogy szántóföldi termelés esetén a felvehető kálium mennyisége a felszíni réteg alatt mutat maximumot. A mi vizsgálataink viszont azt mutatják, hogy a szoloncsák talajok káliumtartalma vagy a legfelsőbb rétegben legnagyobb, vagy közvetlen alatta. Ez a megállapítás e talajok vízforgalmával magyarázható, hiszen mint előzőekben is említettük, e talajokban a felszín felé irányuló oldatmozgás domináló, amely természetesen ebbe a szintbe hozza fel és gyűjti össze a vízben oldható sókat a mélyebben fekvő szintekből. Ámbar ezek közt az oldható sók között a káliumsók csak kis mennyiségben szerepelnek, mégis bizonyos mértékű felhalmozódásuk bekövetkezhet. E folyamatot nagyban befolyásolják azok az egyensúlyi viszonyok is, amelyek az oldható, ill. kicserélhető kálium-ionok között fennállanak, ugyanis e talajoknál ez a felsőbb szint rendelkezik legnagyobb kolloid tartalommal, s ennek megfelelően az adszorbeált kálium mennyisége is aránylag jelentős.

Ami a szoloncsák-szolonyec és szolonyec talajokat illeti, ezeknél e talajokra jellemző talajjoldatmozgás, ill. kicserélődési reakciók ugyancsak nagymértékben befolyásolják azt, hogy melyik szintben mérhető legnagyobb kicserélhető, ill. oldható káliumtartalom.

A 2. ábra mutatja, hogy a laktátban oldható kálium mennyisége nagyobb a Duna-völgyi talajok esetében, mint a Tisza-völgyi talajoknál. A Duna-völgyi talajok főként szoloncsákok és szoloncsák-szolonyekek, míg a Tisza völgyében a réti szolonyec az uralkodó típus a szikes talajok között. Az általunk vizsgált különböző talajtípusokat a következő sorrendbe állíthatjuk a kálium vegyületek oldhatósága tekintetében:

KH-2 > AP-11 > S-43 > AP-10 > AP-4 > KH-3 > KH-1
AP-3 > KH-4 > KM-606 > HB-2 > TSz-1.

A fenti sorozatból, ha annak tendenciáját a talajtípusok vonatkozásában írjuk fel, a következőt kapjuk:

szoloncsák-szolonyec > szoloncsák > szolonyec.

A fentiekből két következtetést vonhatunk le:

1. A jelentős sótartalom előmozdítja a kálium vegyületek oldhatóságát, ezt mutatja ennek nagyobb mértéke a Duna-völgyében, mint a Tisza-völgyében.
2. A sók fent leírt hatásával kapcsolatban azonban meg kell állapítanunk, hogy egy bizonyos sókoncentráción felül ez már nem érvényesül, ezért nagyobb a káliumoldhatóság a szoloncsák-szolonyekekben, mint a szoloncsák talajokban.

Az S-43 az egyedüli olyan szolonyec talaj, amelyben a többi szolonyekekkel összehasonlítva nagyobb a kálium oldhatósága és ebben a talajban főként szulfátokat találhatunk. Mint azt az 1. ábra adatai mutatják, más szelvényekben is fellelhető jelentősebb mennyiségű szulfáttartalom, párhuzamosan a kálium vegyületek ugyancsak nagyobb mértékű oldhatóságával.

Ezek alapján arra lehet következtetni, hogy a szulfátionok befolyást gyakorolnak a káliumvegyületek oldhatóságára és ez a befolyás különbözik a többi, fentebb tárgyalt ion hatásától.

Természetesen ez a kérdés további vizsgálatokat is igényel, azonban általánosabb érvénye esetén a szulfáttartalmú műtrágyák igen kedvező befolyást gyakorolhatnak a kálium felvehetőségére is. Miután az előbbieken a szulfátoknak a foszforvegyületek oldékonyságára vonatkozó negatív hatásáról is beszámoltunk, különösen figyelemre méltó lehet a kérdésnek mind a két növényi tápanyag vonatkozásában való komplex vizsgálata.

Vizsgálataink alapján a TSz-1 szelvény mutatta a legkisebb kálium oldhatóságot. TSz-1 bázisokkal való telítettsége is legkisebb, mint azt előző közleményünkben bemutattuk [19], de ugyanezt látszik alátámasztani az 1. ábra is. Ebben a szelvényben minden valószínűség szerint a könnyebb mechanikai összetétel következtében a kilúgzási folyamatok erősebbek, amely mind az összes, mind a felvehető kálium bizonyos mértékű csökkenéséhez vezet.

A HB-2-es szelvény esetében a kálium csekély oldhatósága a szologyosodás folyamataival magyarázható. A szologyosodás során, amely egy sajátos degradációs folyamat, a talaj organominerális anyagai elbomlanak és a kationkicserélő kapacitás is csökken. Így jelentős mennyiségű kicserélhető és nem kicserélhető kálium kerül a talajjoldatba, s ezt a mennyiséget a talaj szilárd- és folyadékfázisa között fennálló egyensúly határozza meg. Ha a talaj adszorpciós kapacitása csökken és bizonyos kilúgzási folyamatok következnek be, ez az

egyensúly megbomlik és a talajoldat káliumion tartalma fokozatosan csökkenni fog, illetőleg a kálium ionok a mélyebb talajszintek felé vándorolnak. Minden valószínűség szerint ez a folyamat következett be a HB-2-es szelvény esetében is.

A kálium dinamikájával és szerepével kapcsolatos vizsgálataink is azt mutatják, hogy a szikes talajokban a kálium vegyületek mozgása, megjelenése és dinamikája nagyban függ a talaj kialakulásától, annak genetikájától, valamint az ezt befolyásoló folyamatoktól.

Összefoglalás

A Duna völgyében, ill. a Tisza völgyében megvizsgáltuk különböző szikes talajok foszfor- és káliumállapotát abból a célból, hogy képződéseik törvényszerűségei, sajátosságai, valamint tápanyagforgalmuk között összefüggést találjunk. A vizsgálatok alapján az alábbi megállapítások tehetők:

1. A szoloncsákokban, szoloncsák-szolonyecekben és szolonyecekben a víz- és sómozgás, a pH-viszonyok, a talaj kolloid frakciója, az oldatok és szilárd fázis egyensúlyi viszonyai határozzák meg a foszfátok oldhatóságát. Általában a felsőbb szintekben nagyobb mennyiségű az oldható foszfátok megjelenése. A C : P arány is különböző lehet a fenti tényezők függvényében.

A szologyos talajokban az oldható foszforvegyületek szelvényen belüli mozgása lefelé irányuló tendenciát mutat.

2. Az alkáli fémek karbonátjai és hidrokarbonátjai elősegítik a foszfátok oldhatóságát, részben azért, hogy lúgos viszonyok közt a talaj szervesanyagai oldható formába kerülnek, s ezáltal a szerves kötésben lévő foszforvegyületek is oldható formába jutnak. A szervesanyagok lebomlásakor szintén keletkezhetnek oldható formába jutó foszforvegyületek. Meg kell azonban állapítani, hogy amennyiben kb. 9-es pH fölé emelkedik a talaj kémhatása, a foszfátionok oldhatósága tovább már nem emelkedik. A vizsgált talajok a következő sorrendbe állíthatók a foszforvegyületek oldhatósága szempontjából:

szoloncsák-szolonyec → szoloncsák → szolonyec.

Megállapítható volt, hogy nemcsak a kémhatás, hanem a különböző sók minősége és egymáshoz való arányuk is jelentős mértékben befolyásolták a foszfátvegyületek oldhatóságát, így pl. nagyobb mennyiségű szulfátionok jelenlétében a foszfátvegyületek oldhatósága csökken. Ezek a hatások részben kation- és anioncsere törvényszerűségeivel magyarázhatók.

3. A szoloncsákok felső szintjeikben lényegesen nagyobb mennyiségű oldható káliumvegyületet tartalmaznak, összehasonlítva a mélyebben fekvő szintekkel, mint akár a szoloncsák-szolonyecek, akár a szolonyecek. Ez a jelenség szoros kapcsolatban áll a fenti szikes talajtípusokban uralkodó vízmozgással.

4. Az oldható sók általában elősegítik a kálium vegyületek oldhatóságát, azonban csak egy bizonyos koncentráció határig. A káliumvegyületek oldhatósága szempontjából a következő sorrend állítható fel:

szoloncsák-szolonyec → szoloncsák → szolonyec.

5. A szologyképződés, amely közismerten a szikes talajok sajátos degradációs folyamata, a kationkicszerelődési kapacitás csökkenéséhez vezet és ezáltal a talajban uralkodó egyensúlyi viszonyok megváltoznak, s ez jelentős hatást gyakorol az adszorbeált, valamint oldható káliumvegyületek mennyiségére és arányára is. Ilyen esetekben az adszorbensről lecszerelődő káliumionok mélyebb talajszintekbe lúgzódhatnak.

Irodalom

- [1] AGARVALA, S. C. et al.: Soil plant relationships with particular reference to trace elements in „usar” soils of Uttar Pradesh. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* **12.** 343—354. 1964.
- [2] BALLENEGGER, R.: Talajvizsgálati Módszertan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1953.
- [3] BUHERER, T. F.: The physico-chemical relationship of soil phosphate. *Arizona Agric. Expt. Sta. Tech. Bull.* **42.** 154—212. 1932.
- [4] CHANG, C. W.: Chemical properties of alkali soils in Mesilla valley, New Mexico. *Soil Sci.* **75.** 233—243. 1953.
- [5] CHANG, S. C. & FENG, M. P.: Potassium in soils of Taiwan, *Soils Fertilizers, Taiwan.* 1958—1959. 1—10. 1960.
- [6] DHAR, N. R. & SINGH, P. N.: Studies in the release of fixed potassium in calcareous alkaline soils of Rajasthan and fixation and release of potassium under laboratory conditions. *Proc. nat. Acad. Sci. India.* **33 A.** 357—378. 1963.
- [7] HIBBARD, P. L.: Factors affecting phosphate fixation in soils. *Soil Sci.* **39.** 357—358. 1935.
- [8] LEHR, J. J. & WESEMAEL, J. C. van.: The influence of neutral salts on the solubility of soil phosphate, with special reference to the effect of nitrates of sodium and calcium. *J. Soil Sci.* **3.** 125—135. 1952.
- [9] LEWIS, G. C., JORDAN, J. V. & JUVE, R. L.: Effect of certain cations and anions on phosphorus availability. *Soil Sci.* **74.** 227—232. 1952.
- [10] MATTSON, S. et al.: Phosphate relationship of soil and plant. VIII. Electrokinetics, amphoteric behaviour and solubility relationship of calcium phosphate. *Kgl. LantbrHögsk. Ann.* **18.** 128—153. 1951.
- [11] MEHATA, B. V. & SHAH, C. C.: Potassium status of soils in Western India. *Ind. J. Agric. Sci.* **26.** 267—268. 1956.
- [12] MELA, P.: El potasio en los suelos salinos. Potassium Symposium. Madrid. 149—172. Internat. Potash Institute. Bern. 1958.
- [13] MITRA, S. P. & PRAKASH, D.: Adsorption of potassium as influenced by concentration and pH of the solution. *Clay Min. Bull.* **3.** 151—153. 1957.
- [14] McGEORGE, W. T. & BREAZEALE, J. F.: Phosphate solubility studies on some unproductive calcareous soils. *Arizona Agric. Expt. Station Tech. Bull.* **35.** 1931.
- [15] NIKOLSKI, N. N.: Practical Soil Science. Israel Progr. Sci. Translations. Jerusalem. 1963.
- [16] RATHJE, W.: The dependence of the solubility of phosphorus and potassium in soil on the potential hydrogen ion concentration. *Pl. Soil.* **14.** 289—296. 1961.
- [17] RAYCHAUDHURI, S. P. & LANDEY, R. J.: Effect of soil reaction on the availability of phosphorus and potassium. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* **8.** 171—175. 1960.
- [18] SARKADI, J. et al.: Kalcium- és ammóniumlaktátos talaj kivonatok P-tartalmának meghatározása aszkorbinsav-ónkloridos módszerrel, melegítés nélkül. *Agrokémia és Talajtan.* **14.** 76—86. 1965.
- [19] SINGH, H. P. & SZABOLCS, I.: Szikes talajok tápanyagviszonyai és genetikájuk a Magyar Alföldön. I. Humusz- és nitrogénállapot. *Agrokémia és Talajtan.* **18.** 351—366. 1969.
- [20] SINHA, S. D. & BHATTACHARYYA, P. B.: Studies on phosphorus deficient soils in Singbhum district of Bihar (India). *Bull. Natn. Inst. Sci. India.* **26.** 37—41. 1964.
- [21] SHAWARBI, M. Y.: The status of phosphates in saline and alkaline soils with special reference to Egyptian soils. *Trans. 4th Int. Cong. Soil Sci.* **2.** 262—265. 1950.
- [22] SZABOLCS, I.: Limiting factors in the uptake of ions by plants from salt affected soils. *Techn. Rep. No. 65.* 140—144. Int. Atomic Energy Agency. Vienna. 1966.
- [23] TEAKLE, L. J. H.: Phosphate in the soil solution as affected by reaction and cation concentrations. *Soil Sci.* **25.** 143—162. 1927.
- [24] TOBIA, S. K. & MILAD, N. E.: Effect of adsorbed cations and free salts on phosphate fixation in some Egyptian alkaline soils. *J. Sci. Food Agric.* **5.** 156—160. 1954.
- [25] TOBIA, S. K. & MILAD, N. E.: Solubility of phosphate in the system hydroxyapatite-clay, as affected by exchangeable cations and some salts. *J. Sci. Food Agric.* **15.** 173—176. 1964.
- [26] TRUOG, E.: Lime in relation to availability of plant nutrients. *Soil Sci.* **65.** 1—7. 1968.
- [27] WIKLANDER, K.: Fixation of potassium by clays saturated with different cations. *Soil Sci.* **69.** 261—268. 1950.

Érkezett: 1969. június 10.

Nutrient Status of Salt Affected Soils in Relation to their Genesis, with Special Reference to the Soils of the Hungarian Plain

II. Status of Phosphorus and Potassium

H. P. SINGH and I. SZABOLCS

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

Summary

The status of phosphorus and potassium of the salt affected soils has been studied in the two genetically different regions of the Hungarian Plain — Danube valley and Tisza valley — in order to find a possible correlation between their genesis, properties and nutrient status. On the basis of the results of the examinations it may be stated:

1. The water and salt movements, the pH conditions, the soil's colloid fraction, as well as the equilibrium conditions between the solutions and the solid phases determine the solubility of phosphates in the solonchak, solonchak-solonetz and solonetz soils. In general the quantity of soluble phosphates is larger in the upper soil layers. The C : P ratio may also differ as a function of the above factors.

In the profiles of solodized soils the movements of soluble phosphorus compounds display a downward tendency.

2. Carbonates and bicarbonates of alkali metals promote the solubility of phosphates because, for one thing, they solubilize the soil's organic matter thus producing humate type anions which may replace phosphates from the absorbing complex. They also increase phosphorus mineralization by virtue of faster organic matter decomposition rate. If, however, the pH of the soil rises above 9, the solubility of phosphate ions does not increase further. The soils examined may be put in the following order with the decreasing solubility of phosphorus:

solonchak-solonetz → solonchak → solonetz.

It has been established that it is not simply the pH but the kind and concentration of the various salts which significantly affect the solubility of phosphorus in salt affected soils. For instance in the presence of larger amounts of sulphate ions the solubility of phosphorus compounds decreases. These phenomena can partly be explained by the regularities of cation and anion exchange.

3. As compared to the deeper layers, the surface layers of solonchaks contain a considerably higher quantity of soluble potassium compounds than those of solonchak-solonetz or solonetz soils. This phenomenon is closely connected with the prevailing direction of solution movements in these salt affected soil types.

4. In general the soluble salts promote the solubility of potassium but only to a certain concentration limit. The soils examined can be ranged as follows with the decreasing order of potassium solubility:

solonchak-solonetz → solonchak → solonetz

5. Solodization — which is a special degradation process occurring in salt affected soils — decreases the cation exchange capacity thus disturbing the existing equilibrium conditions in the soil, and affecting also the quantity and proportion of soluble potassium compounds. In cases like this the potassium released from the exchangeable state is leached from the soil or transported to deeper layers.

Fig. 1. Analytical data of the soils' 1 : 5 aqueous extract.

Fig. 2. The soils' status of phosphorus and potassium. Phosphorus: a) extractable in aqua regia; b) extractable in lactate; c) water soluble P. d) b/a. 100; e) c/b. 100; f) C : P ratio; Potassium: g) extractable in aqua regia; h) extractable in lactate; i) b/a. 100.

Nährstoffverhältnisse und Genetik der Alkali-(Szik-)böden in der Ungarischen Tiefebene

II. Phosphor- und Kaliumverhältnisse

H. P. SINGH und I. SZABOLCS

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften,
Budapest

Zusammenfassung

Die Phosphor- und Kaliumverhältnisse verschiedener Alkali-(Szik-)böden im Donau- und Theiss-Tal wurden untersucht, um zwischen den Gesetzmässigkeiten ihrer Bildung und ihren Eigenschaften einerseits, sowie ihrem Nährstoffhaushalt andererseits Zusammenhänge zu finden. Es konnte folgendes festgestellt werden:

1. Die Löslichkeit der Phosphate wird in den Solontschak-, Solontschak-Solonetz- und Solonetzböden durch die Bewegung des Wassers und der Salze, die pH-Verhältnisse, die Kolloidfraktion des Bodens, sowie durch die Gleichgewichtsverhältnisse der Lösungen und der festen Phase bestimmt. Im allgemeinen ist die Menge der löslichen Phosphate in den oberen Schichten grösser. In Abhängigkeit von den oben genannten Faktoren kann auch das C : P-Verhältnis verschieden sein.

Bei den Solodi-Böden hat die Bewegung der löslichen Phosphorverbindungen innerhalb eines Profiles eine nach unten zeigende Tendenz.

2. Die Löslichkeit der Phosphate wird auch durch die Karbonate und Hydrokarbonate der Alkalimetalle gefördert, teils dadurch, dass unter alkalischen Verhältnissen die organischen Stoffe des Bodens in lösliche Form gelangen und mit ihnen auch die in organischer Bindung anwesenden Phosphorverbindungen. Im Laufe des Abbaues der organischen Stoffe entstehen auch lösliche Phosphorverbindungen. Es muss aber festgestellt werden, dass wenn die Bodenreaktion über $\text{pH} = 9$ steigt, nimmt die Löslichkeit der Phosphationen nicht weiter zu. Die untersuchten Böden können auf Grund der Löslichkeit der Phosphorverbindungen in folgende Reihe gestellt werden:

Solontschak-Solonetz → Solontschak → Solonetz

Die Löslichkeit der Phosphatverbindungen wurde nicht nur von der Bodenreaktion, sondern auch von der Art und dem Verhältnis der verschiedenen Salze bedeutend beeinflusst. So z.B. nahm die Löslichkeit der Phosphatverbindungen in Gegenwart von einer grösseren Menge Sulphationen ab. Diese Wirkungen können teilweise mit den Gesetzmässigkeiten des Kationen- und Anionenaustausches erklärt werden.

3. Die oberen Schichten der Solontschakböden enthalten wesentlich grössere Mengen an löslichen Kaliumverbindungen, als die Solontschak-Solonetz-, oder die Solonetzböden. Diese Erscheinung steht in engem Zusammenhang mit der vorherrschenden Bewegung des Wassers in den oben genannten Alkalibodentypen.

4. Die Löslichen Salze fördern im allgemeinen die Löslichkeit des Kaliums, aber nur bis zu einer gewissen Konzentrationsgrenze. Auf Grund der Löslichkeit der Kaliumverbindungen kann die folgende Reihenfolge aufgestellt werden:

Solontschak-Solonetz → Solontschak → Solonetz

5. Die Solodjbildung, die einen eigenartigen Degradationsvorgang der Alkali-(Szik-)böden darstellt, führt zur Abnahme der Kationenaustauschkapazität, die im Boden herrschenden Gleichgewichtsverhältnisse ändern sich und dies wirkt auch auf die Menge und das Verhältnis der adsorbierten und löslichen Kaliumverbindungen aus. In diesen Fällen werden die vom Adsorbens abgetauschten Kaliumionen in tiefere Schichten ausgelaugt.

Abb. 1. Analyse des 1 : 5 Wasserausgusses der Böden.

Abb. 2. Phosphor- und Kaliumverhältnisse der Böden. Phosphor: a) Aufschluss mit Königswasser; b) Laktatauszug; c) wasserlöslicher P. d) b/a. 100; e) c/b. 100; f) C : P Verhältnis; Kalium: g) Aufschluss mit Königswasser; h) Laktatauszug; i) b/a. 100.

Содержание и распределение питательных веществ в засоленных почвах Венгерской низменности в связи с их генезисом

II. Содержание и распределение фосфора и калия

Х. П. СИНГ и И. САБОЛЬЧ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

Резюме

Изучалось содержание и распределение фосфора и калия в засоленных почвах долины Дуная и долины Тиссы с целью изучения зависимости между закономерностями, характером почвообразования и передвижением питательных элементов. На основе полученных данных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В солончаках, солончаках-солонцах и солонцах движение воды и солей, условия рН, коллоидная фракция почвы, условия равновесия между раствором и твердой фазой определяют растворимость фосфатов. В основном более значительное содержание растворимых фосфатов наблюдается в верхних горизонтах почвы. Соотношение С : Р тоже может быть различным в зависимости от вышеуказанных факторов.

В осолоделых почвах движение соединений фосфора в пределах разреза направлено сверху вниз.

2. Карбонаты и гидрокарбонаты щелочных металлов способствуют растворимости фосфатов частично тем, что органическое вещество почвы в щелочных условиях среды переходит в растворимые формы и благодаря этому, находящиеся в органической связи соединения фосфора, также переходят в растворимые формы. При разложении органического вещества также могут образоваться фосфорные соединения, переходящие в растворимую форму. Необходимо заметить, что по мере того как рН среды становится выше 9, растворимость фосфатов уже не увеличивается. Изученные почвы по растворимости фосфорных соединений можно расположить в следующем порядке:

солончак—солонец→солончак→ солонец

Можно было установить, что не только реакция среды, но и различное качество солей и их соотношение в значительной мере влияют на растворимость фосфорных соединений, так например, при значительном содержании сульфатных ионов снижается растворимость фосфорных соединений. Это влияние объясняется частью закономерностями катионного и анионного обмена.

3. Верхние слои солончаков с более высоким содержанием калия — по сравнению с нижележащими горизонтами- отличаются как от солончаков-солонцов так и от солонцов. Это явление находится в тесной связи с господствующим движением воды в вышеуказанных типах засоленных почв.

4. Растворимые соли в основном способствуют растворению калия, но только до определенного порога концентрации.

Почвы по растворимости соединений калия располагаются в следующем порядке: солончак—солонец→солончак→солонец

5. Осолодение, которое как известно является в засоленных почвах особым процессом деградации, приводит к снижению ёмкости поглощения благодаря чему изменяется равновесное условие, господствующее в почве, и это оказывает значительное влияние на количество и соотношение адсорбированных и растворимых соединений калия. В этом случае ионы калия, вытесненные из адсорбента, могут выщелачиваться в более глубокие горизонты почвы.

Рис. 1. Данные анализа водной вытяжки изученных почв в соотношении 1 : 5.

Рис. 2. Состояние фосфора и калия в изученных почвах. а) Содержание фосфора, растворимого в царской водке. б) Содержание фосфора, растворимого в лактате. в) Содержание воднорастворимого фосфора. д) $b/a \cdot 100$. е) $c/b \cdot 100$. и) Соотношение С : Р. г) Калий, растворимый в царской водке. ж) Содержание калия, растворимого в лактате. и) $b/a \cdot 100$.