



Fotó: Hegyközségek Nemzeti Tanácsa

A TALAJ KÉMIAI TULAJDONSÁGAI II.

Dr. Hupuczi Júlia
Szegedi Tudományegyetem,
Mezőgazdasági Kar

Az előző cikk az oldódással és a kémhatás jelentőségével foglalkozott, mert ez a két tényező elengedhetetlen ahhoz, hogy a növények számára fontos tápanyagok bekerüljenek a talajba, és a növények fel is tudják azokat venni. Ebben a cikkben azzal fogunk foglalkozni, hogy a talaj mennyire képes ezeket a tápanyagokat raktározni.



A talaj raktározó funkciója is egy olyan szolgáltatás, mellyel nem mindig vagyunk tisztában, ugyanakkor folyamatosan használjuk azt. A fizikai tulajdonságok tárgyalásakor már volt szó róla, hogy a víz a talajba jutva kötődik a talajszemcsékhez azok felületi feszültsége miatt. Ennek következtében hidrátburok alakul ki a talajszemcsék körül és szintén ennek a vonzóerőnek köszönhető, hogy a kisebb átmérőjű pórusokban a víz megmarad a gyökérrégióban. A

talajszemcsék nem csak a vízmolekulákat vonzzák, hanem minden, ellentétes töltéssel rendelkező, talajba jutó anyagra hatással vannak – így az ionos formában megtalálható tápelemekre is. Ez a funkció segít abban, hogy a felszabaduló tápanyagok ne mosódjanak ki túl gyorsan az „A” szintből. Az előző cikk alapján pedig azt is tudjuk, hogy abban az esetben, ha a talaj kémhatása megfelelő, akkor az képes oldatba vinni a tápanyagokat, **ugyanakkor felmerülhet az a kérdés, hogy ha az ionok megkötődnek a talajszemcsék felületén, akkor a növények hogyan jutnak hozzá? Hogyan történik ez a megkötődés? Hogyan lesz a megkötött ionokból felvehető tápanyag? Hogy nem alakul ki tápanyaghiány? Van-e különbség az egyes talajok raktározó képességében? Ahhoz, hogy ezeket a kérdéseket meg tudjuk válaszolni meg kell ismerkednünk a kolloidokkal.**

A kolloidok kis méretű, de nagy fajlagos felületű és komoly felületi feszültséggel rendelkező anyagi részecskék. Sok érdekesség kapcsolódik hozzájuk, például az, hogy **a kolloid tulajdonságokat a méret határozza meg, nem az anyagi minőség.** A molekuláknál nagyobbak, de szabad szemmel nem láthatóak – de egy erős mikroszkóp azonban segít ebben. Ez a méret valahol 1 és 500 – más szakirodalom alapján 1000 nanométer között helyezkedik el általában – azonban a talajoknál a felső határ a 2000



nanométer, ami 2 mikrométernek vagy 0,002 mm-nek felel meg. A talajszemcse átmérők tanulmányozásakor is találkoztunk ezzel a számmal: ez az agyagfrakció felső határa.

A természetben előforduló, legalább két összetevőből álló anyagi rendszereket három csoportba tudjuk sorolni az alkotó részecskék mérete alapján:

homogén rendszerek = oldatok	a részecskék mikroszkóppal sem láthatóak	1 nm alatti méret
kolloid rendszerek	a részecskék szabad szemmel nem láthatóak	1 – 1000 nm (talajnál 2000 nm)
heterogén rendszerek	a részecskék szabad szemmel is láthatóak	2000 nm felett

Ezek a rendszerek úgy épülnek fel, hogy az egyik anyag szétosztatva található a másik anyagban. Előbbit diszperziós fázisnak, utóbbit mátrixnak vagy diszperziós közegnek nevezzük. Halmazállapotukat tekintve is tudjuk őket csoportosítani: minden halmazállapot lehet mátrix és szétosztatott fázis is, egyedül a gáz-gáz párosítás nem működik. A mindennapi életünk során gyakran találkozunk kolloidokkal: megesszük, megisszuk, magunkra kenjük őket, nap mint nap látjuk a levegőben, de a saját testünk is jelentős kolloid rendszereket tartalmaz. A köd, a felhők, a füst, a majonéz, a tej, a testápolók, de a vérünk is kolloid rendszer.

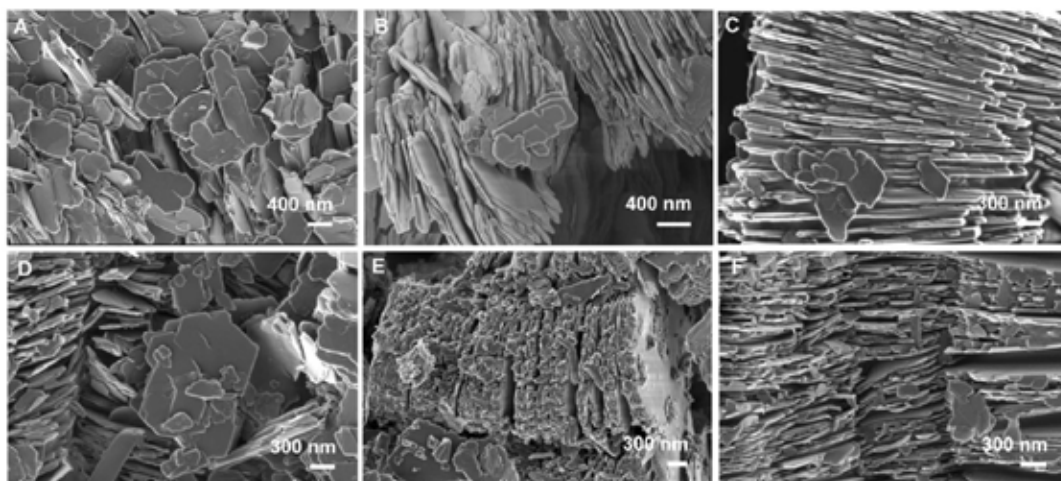
A kolloidok a valódi oldatok és a heterogén rendszerek határán helyezkednek el. Vegyünk 2 pohár vizet. Az egyikbe tegyünk konyhasót, a másikba sódert. Kevergessük mindkettőt. A konyhasó feloldódik a vízben, egy idő után nem látjuk a sót. Ha lezárjuk a pohár tetejét és sem fizikai (pl.: hő) sem kémiai (pl.: sav vagy lúg) hatás nem éri, akkor úgy is marad, vagyis az oldat stabil. A sódert hiába kevergetjük, nem fog feloldódni és a szemcséket továbbra is jól láthatjuk, mi több, ha abbahagyjuk a kevergetést, akkor az alkotók elkülönülnek: a sóder lesüllyed a pohár aljára. Ez utóbbi lesz a heterogén rendszer. **A kolloid rendszerek azért nagyon sajátosak, mert mindkét rendszerre**

hasonlítanak egyszerre: egyes tulajdonságaikban a homogén, míg másokban a heterogén rendszerekre.

A talaj is kolloid rendszer. A benne található diszperz fázis lehet szerves és szervetlen eredetű is. Szerves kolloidok a **humuszanyagok** és a különböző fehérjék, míg szervetlen kolloidok az **agyagásványok** és a kolloidnak megfelelő mérettartományba eső ásványtöredékek. E két nagy csoport tagjai alakban is különböznek: az agyagásványok inkább lemezes felépítésűek, míg a szerves kolloidok hosszú, összegabalyodott láncokból állnak.

Egy grammnyi humusz 800-1.000 m² fajlagos felülettel rendelkezik. Az agyagásványok közül a montmorillonit a legnagyobb: 600-800 m²/g. Ehhez képest egy homokszemcse csak 0,002 m²/g értéket mutat. A talaj átlagosan néhány m²/g értéktől kb. 500 m²/g értékig terjedő fajlagos felülettel rendelkezik. Vagyis a talaj fő megkötő képességét a kolloidok adják.

A fajlagos felület értéke közvetlenül nem mérhető. Közvetett mérésének egyik módja az ún. kationcserekapacitás (CEC) mérése. Ennek során mérik a felületen megkötött, majd más típusú kationnal lecserélt kationok fajlagos mennyiségét.



1. ábra: Elektronmikroszkópos képek agyagásványokról. A képeken kaolinit ásványok szerepelnek.

Forrás: https://www.researchgate.net/figure/FE-SEM-photomicrographs-of-kaolinite-in-the-kaolin-clay-samples-S1-A-S2-B-C-S3_fig2_281805898



Bár anyagukban és alakjukban különböznek, mégis sok közös vonásuk van. Az egyik legfontosabb a nagyon nagy fajlagos felület. Az agyagásványok réteges-lemezes szerkezete, míg a humuszanyagok láncai eredményezik ezt a nagy felületet, mellyel jelentős mennyiségű, ellentétes töltésű iont tudnak megkötni. Szintén közös vonás, hogy nagy mennyiségű vizet képesek megtartani ugyanezzel a módszerrel. Felületi sajátosságaik alapján elmondható, hogy többségében elektronegatívak. Ugyanakkor ekkora felületek esetében mindig találunk pozitív töltésű felszíneket is, de ezekből kevesebb van.

Talajban betöltött szerepüket tekintve a víz- és a tápanyagok megkötésén túl alapvető fontosságúak a talajaggregátumok kialakulásában. Ennek első lépése az, hogy az agyagásványok és a humuszanyagok összekapcsolódjanak, és szerves-ásványi komplexeket alkossanak. Itt is kiemelt jelentősége van a kolloid jellegnek: a kolloidok oldott sók jelenlétében

összetapadnak (koagulálnak), ezzel kialakítják azokat a mikroaggregátumokat, melyek már a nagyobb átmérőjű talajszemcséket is magukhoz tudják „kötni” szerves anyagok jelenlétében és segítségével. Ezt végiggondolva könnyen belátható, hogy miért nincs szerkezete a laza, humuszban és agyagban – vagyis kolloidokban szegény homoktalajoknak.



A szerző saját fotója

A tápanyagok megkötése

Az előző részben áttekintettük az oldódás jelentőségét. Tudjuk, hogy minden természetben található víz oldott anyagokat tartalmaz – csak abban a vízben nincs oldott anyag, ahonnan azt mesterségesen eltávolítottuk. A talajba szivárgó víz leginkább csapadék eredetű. A csapadékvíz oldott anyag tartalma igen alacsony, kémhatását tekintve légkörsemleges – ez egy nagyon enyhén savas állapotot jelent. Ezek a kémiai tulajdonságok kiválóan alkalmasak arra, hogy a víz a talajba szivárogva ionokat oldjon magába és felvegye a talaj kémiai jellegét. Abban az esetben, ha a talaj magas sótartalmú és lúgos hatású, akkor

a talajoldat (talajba szivárgó víz és a beoldott ionok, szerves savak, szerves vegyületek, gázok együttese) magas sótartalmú és lúgos hatású lesz, míg ugyanaz a csapadékvíz egy savanyúbb talaj esetében savanyúbb talajoldatot eredményez. **A beszivárgás során a vízre és az oldott anyagokra is hat a talajkolloidok felületi feszültsége és kialakul a vízből és oldott ionokból álló szolvátburok a kolloidok felületén. Itt azonban külön kell néznünk a pozitív töltésű kationokat és a negatív töltésű anionokat, ugyanis erre a két csoportra más-más szabályok érvényesek.**

Tápelemek	Felvehető kationok	Felvehető anionok	Felvehető molekulák
Makroelemek			
Nitrogén (N)	NH_4^+	NO_3^-	
Foszfor (P)		H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	
Kálium (K)	K^+		
Kalcium (Ca)	Ca^{2+}		
Magnézium (Mg)	Mg^{2+}		
Kén (S)		SO_4^{2-}	
Mikroelemek			
Vas (Fe)	Fe^{2+}		
Mangán (Mn)	Mn^{2+}		
Cink (Zn)	Zn^{2+}		
Réz (Cu)	Cu^{2+}		
Bór (B)			H_3BO_3
Molibdén (Mo)		MoO_4^{2-}	



A fenti – korábbi cikkben már látott – táblázat a tápelemek felvehető formáit mutatja meg. A tápelemek nagyobb része kation, ugyanakkor foszfor

csakis anionos formában van jelen. Ezért mindkét ionsoporttal foglalkoznunk kell.

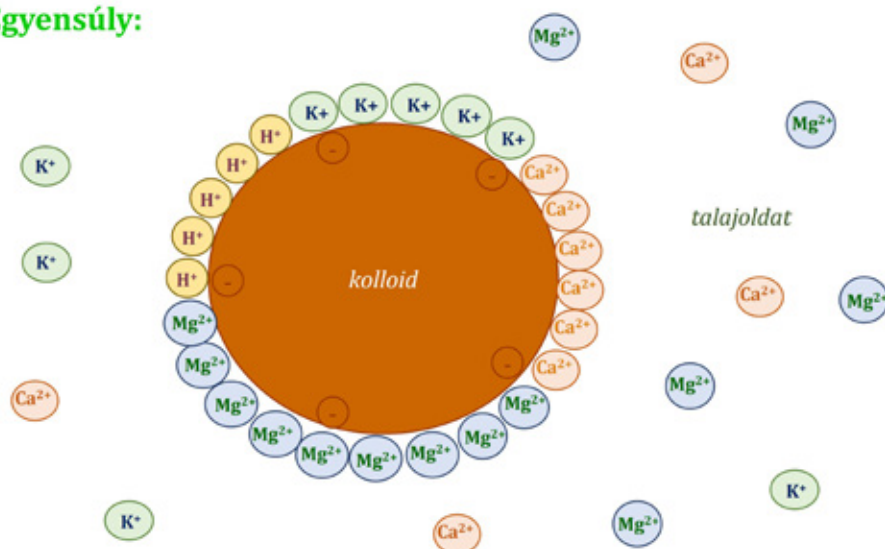
Felületi reakciók – kationcsere

A szolvárburok kationtartalma és a talajoldat kationtartalma dinamikus egyensúlyban van. Egyensúlyi állapotban a szolvárburok kationkoncentrációja jelentősen nagyobb a talajoldat kationkoncentrációjánál. Ugyanakkor a talaj-kolloidok felületén megkötött kationok nem kötődnek véglegesen, azok azonos jellegű ionokkal lecserélhetők.

Bármely kation kolloidfelszínen megkötött mennyisége mindig a talajoldatbeli koncentrációjától és a többi

kation adszorpciós képességétől függ. Vagyis a kolloidfelszínért komoly verseny folyik. A szabály egyszerű: **minél nagyobb egy kation töltése, annál jobb az adszorpciós képessége**, vagyis a kolloid körüli talajoldatból a legmagasabb töltéssel rendelkező kationok kapcsolódnak elsőként – ilyen például a háromszorosan pozitív töltésű alumínium-ion (Al^{3+}), ezeket követik a sorban a kétszeres (pl.: Ca^{2+} , Mg^{2+}), majd az egyszeresen pozitív töltésű kationok (pl.: K^{+} , Na^{+}).

Egyensúly:



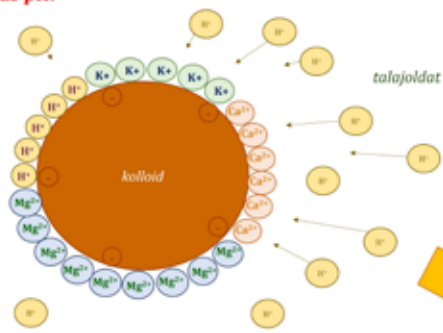
2. ábra: A kolloidfelszín kationtartalma dinamikus egyensúlyban van a talajoldat kationtartalmával (a szerző saját szerkesztése)

Abban az esetben, ha változik a talajoldat összetétele, ionkoncentrációja vagy kémhatása, akkor a rendszer is átalakul: úgynevezett kationcsere játszódik le. Számunkra leginkább a kémhatás változása érdekes. Ez az a kémiai folyamat, ami lehetővé teszi, hogy a megkötött tápanyagok ne maradjanak végleg a kolloidfelszíneken. Ezt használják ki a növények is, amikor gyökérsavakat termelnek. Általánosságban, külön megnevezés nélkül, savnak olyan anyagokat nevezünk, melyek vízzel reagálva hidrogénionra és valamilyen anionra esnek szét. Ebben az esetben minket ez a hidrogénion érdekel, ugyanis kis mérete és nagy töltése miatt erősen kötődik a kolloidfelszínhez és megkerüli az előbb leírt törvényszerűséget: a H^{+} mindig, minden körülmények

között megkötődik a kolloidfelszínen, akár a nagyobb töltésű kationokat is képes lecserélni a felszínről, így azok visszakerülnek a talajoldatba.

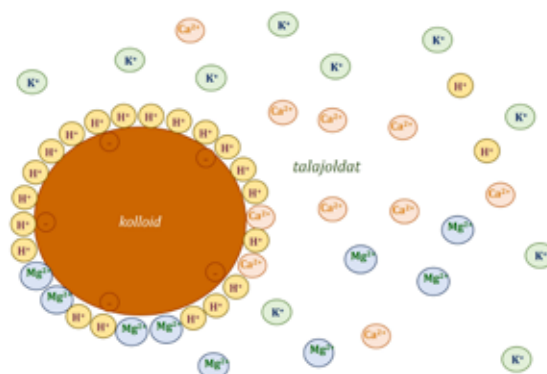


Savas pH:



Ez az enyhén savanyú hatás kedvező a talajnak és a növényeknek, azonban ha fokozódik, akkor tápanyag kimosódást okoz, ami a növényeknél hiánytüneteket vált ki, mert nem jutnak elegendő tápanyaghoz

Ha nő a H^+ mennyisége a talajban, akkor az lecseréli a kationokat a kolloidfelszínekről, melyek így oldatba kerülnek $\rightarrow$ a talajoldat felvehető tápanyagtartalma nő



3. ábra: Savak hatására a kolloidfelületekről a talajoldatba kerülnek a kationok (a szerző saját szerkesztése)

Enyhén savas közegben ez egy optimális tápanyagellátottságot biztosít: a gyökérsavak jobban érvényesülnek az eleve semleges vagy enyhén savanyú kémhatás mellett. A gyökérszőrök közelében a kémhatás lecsökken, ez a hidrogénion többlet kationokat juttat vissza a talajoldatba, melyet a növények fel is vesznek. Gond akkor van, ha a kémhatás jelentősen csökken. Ebben az esetben olyan mennyiségű kation cserélődik ki hidrogénionra, hogy megindul a nagyobb mértékű kimosódás és hosszabb távon tápanyaghiány alakul ki.

Amennyiben a kémhatás a lúgos irányba tolódik, akkor a talajoldat H^+ és OH^- tartalma az OH^- irányába mozdul. Ebben az esetben **megszűnik a hidrogénion kationcserélő hatása, nagy kolloidfelületek szabadulnak fel, ahova nagy mennyi-**

ségű kation kötődik le. Ez azt jelenti, hogy a talajoldat oldott ion tartalma lecsökken, vagyis a növények számára felvehető tápanyagok mennyisége csökken. **Ezért küzdenek a növények tápanyaghiánnyal lúgos közegben: az ionok oldhatósága jelentősen csökken.**



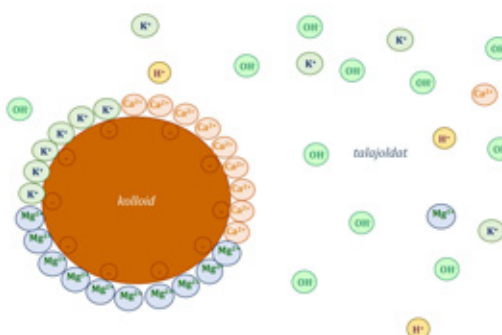
A szerző saját fotója

Lúgos pH:



A pH emelkedésével az ionok oldhatósága csökken, mert megkötődnek a kolloidfelszíneken. Ennek hatására a növények nem tudnak elegendő tápanyagot felvenni és hiánytüneteket mutatnak

Kolloidfelszín kationtartalma >> talajoldat kationtartalma



4. ábra: Lúgos közegben a kationok oldhatósága lecsökken, a szolvárburok kationtartalma jelentősen nő (a szerző saját szerkesztése)



Ez eltér az erősen savas közegben kialakult hiánytól. Míg az abszolút hiány, addig ez relatív. Savas közegben a tápanyagok a mélyebb talajrétegek irányába mozdulnak el a lefelé mozgó vízzel. Lúgos közegben azonban ott maradnak a gyökérrégióban, csak nem oldódnak.

Mindkét folyamat (túlzott savas vagy lúgos közeg) eredménye a hiánytünet. Azonban a növények csak a hiány tényét jelzik, az okot nem. Pedig nagyon fontos, hogy ismerjük a tápanyaghiány okát, mert akkor tudunk rajta hatékonyan változtatni. Savas közegben amennyiben csak tápanyagot juttatunk ki, de a kiváltó

okot nem szüntetjük meg – vagyis nem javítjuk az alacsony kémhatást, akkor a kijuttatott tápanyag nem fog optimálisan hasznosulni, a jelentős része továbbra is gyorsan fog mozogni a talajszelvényben, minden egyes esőzéssel vagy öntözéssel. Ezzel csak a talajvízbe mosatjuk a műtrágyát. Lúgos kémhatás mellett sem lesz hatékony a többlet tápanyag: nem azért nem veszi fel a növény, mert nincs, hanem mert nem oldódik. Ha nem szüntetjük meg a kiváltó okot, akkor a növényünk továbbra sem tud megfelelő mennyiségű tápanyagot felvenni, ráadásul tovább növeljük azt az ionkoncentrációt, ami már amúgy is nagy volt.

Felületi reakciók – anionok megkötése

Az anionok sokkal nagyobb kötési energiákat alakítanak ki a kolloidfelszínekkel, ezért a kötött anionokat nem lehet lecserélni. Itt nem érvényesül az a dinamikus egyensúly, amit a kationok esetében láttunk. Ez a folyamat azért nagyon fontos, mert **jelentősen csökkentheti a felvehető foszfor mennyiségét.** Miért nem alakul ki foszforhiány a művelésbe nem vont talajoknál? Mert rendelkezésre áll elegendő humuszanyag és mikrobiológiai aktivitás. A foszfátionok az agyagásványok felületeivel alakítanak ki erős kötéseket, azonban a humuszanyagoknak védő hatásuk van: mintegy „lefedik” azokat a helyeket az ásványi kolloidok felszínén, ahova a foszfátionok bekötődnének. Ezt nevezzük **humát hatásnak: megfelelő mennyiségű humuszanyag védi a foszfátionokat.** A mikrobiológiai tevékenységnél már volt szó róla, hogy képesek a foszfort oldott formába juttatni és abban tartani a növények számára, ezt nevezzük foszfor szolubilizációnak. Ebből is látszik, hogy

a fizika, a biológia és a kémia kéz a kézben jár a talajok esetében, nem lehet őket szétválasztani.

A talajban gyakran előforduló anionok:

Cl^- , NO_3^- (nitrát), H_2PO_4^- (dihidrogén-foszfát), HPO_4^{2-} (hidrogén-foszfát), PO_4^{3-} (foszfátion), SiO_4^{4-} (kovasav), SO_4^{2-} (szulfátion), F^-

Láthatjuk, hogy a talaj kémiai tulajdonságai és azok változásai jelentős hatást gyakorolnak a növények tápanyag-felvételére. Ugyanakkor azt is tudjuk, hogy ezek a változások szemmel nem láthatók, felismerésük komoly nehézségekbe ütközik. A növényi hiánytünetek mögöttes, kiváltó oka egymástól nagyon eltérő folyamatok eredménye is lehet. Mi a megoldás? A rendszeres talajvizsgálat és a laboratóriumi ellenőrzés. Ezért következő cikkünk a talajvizsgálati jegyzőkönyvekről fog szólni.

