

Az adszorbeáló komplexumról (humuszreolitok) és annak jelentősé- géről a talajban

írta: Vági István.

A talajtanban már a tudomány megszületése óta megvan az az erőlködés, hogy vizsgálják azt a jelenséget, amely a kőzetből és a kőzetet alkotó ásványokból termőtalajt hoz létre és ezért kémiai szempontból összehasonlítja a termőtalajt a talajt alkotó kőzettel. A kőzetből keletkezett talaj fizikai és kémiai szempontból is igen különbözik attól a kőzettől, amelyből keletkezett, amennyiben a termőtalaj a növényzetnek kellő tápanyagot és vizet bocsát rendelkezésre, amire a kőzet eredeti állapotában nem alkalmas, mert a benne levő növényi tápanyagokat a kőzet ásványai nem adják át a növényi gyökérzetnek, továbbá a kőzetek eredeti állapotukban a növények részére a vizet sem tudják, fizikai tulajdonságuknál fogva, szolgáltatni. A természetben végbemenő azon jelenséget, amely a kőzeteket alkotó ásványokból termőtalajt alkot, *elmállásnak* nevezik, amely elmállás függvénye az éghajlatnak. Az elmállás végeredményben az ásványokból felszabadítja a tápanyagokat, hogy azokat a növény fel tudja venni, másodsor az elmállás folytán a kőzet fizikailag is megváltozik, amennyiben olyan fizikai tulajdonságokat vesz fel, amelyek folytán a növényzet abban a gyökerekkel működni tud és a vizet a növény részére el tudja raktározni, amely elraktározás az eredeti kőzetben lehetetlen lenne. Azonkívül az elmállás gondoskodik még arról is, hogy az ásványokból felszabaduló növényi tápsók a csapadékvíz folytán, a megváltozott fizikai tulajdonságok miatt, a talajból nagymértékben ki ne mosódjanak és a talajvízben ne tűnjenek el, mert akkor a talaj legfelső rétegei nagyon hamar elveszítenék a legfontosabb növényi tápanyagokat, ami bizo-

nyos túlnedves éghajlat alatt még így is nem is olyan ritka jelenség. Az elmállás, amely kizárólag éghajlati jelenség, eltérő éghajlat alatt más és más mállási termékeket hoz létre és a fizikai, a kémiai és a biológiai elmállásból tevődik össze. A fizikai elmállás az anyaközetből, kémiai változás nélkül, mind apróbb málladákszemeket hoz létre, míg azok olyan nagyságot érnek el, hogy a kémiai elmállás, amely a víz, a szénsav, az oxigén hatása alatt jön létre, szintén működésbe lép és ez az elmállás tulajdonképpen szabadítja fel az egyes növényi tápanyagokat az igen nehezen oldódó ásványokból. A kémiai elmállásnak egy változata a biológiai elmállás, amely a talajban felhalmozódott organikus anyag bomlásánál keletkezett anyagok (CO_2 , SH_2 , H_2SO_4 , HNO_3 és organikus savak) közreműködésével jön létre. Ez tehát tulajdonképpen szintén kémiai elmállás, amelynek eszközei a mikroorganizmusok működése folytán jöttek létre.

Hosszú évtizedeken át az volt a felfogás, hogy az elmállásnak eredménye a silicatokból (földpátokból) a kaolin ($\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$), amely vegyület keletkezése után a talajban összekeverődik kovasav és aluminium hydroxyddal és ez a keverék, amelyhez más mechanikai tisztátlanságok is csatlakoznak, mint amilyenek a quarz, csillám és az el nem bomlott földpátszemcsék, azután a vasoxydhydrat, képezi az agyagokat, ahogy ez még a (Handbuch für Bodenkunde I. kötetében 1929. Die gesteins und Bodenbildende Mineralien 95. oldal) meg van említve. Vizsgáljuk most már meg, hogy a silicatok (földpátok) elmállásánál általában a talajban valóban kaolin képződik-e, ahogy ezt előbb feltételezték, miután egyes kaolinelfordulásokból tényként kell elfogadni azt, hogy a földpátok mélységbeli elmállásából keletkezik a kaolin. Az orthoklasszból $2\text{K Al Si}_3\text{O}_8 - 4\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ egyenlet szerint keletkezhet kaolin és ennek megtörténtében nem lehet kételkedni. Hogy az orthoklasszból kaolin keletkezzen, annak nagymennyiségű kovasavat, káliumot kell veszíteni, azonban ugyanakkor nagymennyiségű vizet kell az orthoklassznak felvenni. Különösen a nagy kovasavvesztés olyan jellemző a kaolin képződésére, mikor aztán végül a kaolin kialakulásánál a $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ viszonyszám 2:1 felel meg. Az orthoklasszból a kaolinnak ilyen módon való

képződése túlnyomórészt csak mélységbeli elmállás folytán jön létre és a talaj felületén éghajlati elmállásából csak különleges klimatikus viszonyok mellett alakul ki a földpátokból kaolin. Ilyen különleges éghajlat a forró égövi nedves éghajlat, amelyben az esztendőnek egy része száraz, a tipikus Savanna éghajlat, amelyben a laterit-talajnem alakul ki és valóban annak bomlási szintjében, amely mindjárt a még változatlan anyakőzet felett fekszik, megtalálható igen sok esetben a kaolin. Ezért *Harrosowitz* annyira megy, hogy a kaolinelőfordulások egy nagy részét azzal magyarázza, hogy azok nem mélységbeli elmállásból származnak, hanem az előbbi geológiai korok lateritjeinek bomlási szintjében keletkeztek.

Erich Kaiser vizsgálatai után azt mutatják, hogy a szub-tropusos sivatagi arid klímában is keletkezik kaolin, tisztán éghajlati elmállás folytán és a *Nanib*-sivatagban valóban tömegesen talált amphibolpseudomorphosokat, amelyek kaolinból állottak, amelyek csakis éghajlati elmállás folytán jöttek létre. A mérsékelt hideg és meleg éghajlat alatt az éghajlati elmállásból kifolyólag kaolin, újabb felfogás szerint, nem keletkezik és a mérsékelt éghajlat alatt még nem sikerült bebizonyítani, hogy a silicátokból a jelenben kaolin képződne éghajlati elmállás folytán. Szintén úgy helytelen az a felfogás is, hogy savanyú lápok vize által keletkezik kaolin, amennyiben a savanyú organikus anyag hatása alatt a talaj podsolos kifehéredésen megy át, ami azonban egész valami más, mint a kaolinodás, amely jelenségnél kaolin keletkezik, amely koncentrált kénsavban oldódik, sósavban azonban nem. A talajokban azonban, úgy a mérsékelt, mint a meleg éghajlat alatt, az esetek túlnyomó részében kaolin nem keletkezik a talajban, hanem a kémiai elmállás olyan irányban folyik le, hogy a keletkezett mállási termékek nemcsak conc. kénsavban, hanem conc. sósavban is oldódnak. A mállásnak ezt a változatát *allofános* mállásnak nevezte el *Harrassovitz* és szerinte ez valamennyi éghajlat alatt nagyon gyakori, mikor *allofánok* képződnek, amelyek *Harrassovitz* szerint csak mésznatronföldpátokból keletkeznek, míg a balolin csak alkaliföldpátokból képződnek. Az allofánok conc. sósavban oldódó, amorph. kolloidális (gel.) tulajdonságú, víztartalmú aluminiumsilicátok, amelyek kémiai szerkezetéről nem tudunk semmit. A mérsékelt ég-

hajlat talajaiban előforduló rész, amely conc. sósavban oldódik, nagyrészt ezekből az allofánokból áll, de a forró égvői vörös, nem lateritszerű, agyagos és vályogos talajok szintén nagyobb mennyiségű allofánt tartalmaznak. Az allofánok mésznatronföldpátos (bazaltos) kőzetekből keletkeznek nagy mennyiségben és az allofánzás jelensége, hasonlóan, mint a kaolinképződésnél, azzal jár, hogy a silicátok elveszítik a bázisokat, de nagy kovasavveszteség is áll be, azonban ugyanakkor az allofánok nagyobb mennyiségű kémiailag kötött vizet is vesznek fel. Hogy azonban az allofánoknak mi a kémiai összetétele, azt egyáltalában nem tudjuk. *Harrassowitz* azt állítja, hogy kaolinból is további elmállásnál allofánok keletkezhetnek, így tehát csak megszorítással állítható, hogy az allofánok csak mésznatronföldpátokból keletkeznek, mert így kaolinton keresztül az allofánok is alkaliföldpátokból képződhetnek a laterit bomlási szintjében. A kaolinos és allofános elmállást *Harrassowitz siallites* elmállásnak nevezi, a kaolint és az allofánt pedig sialliteknek. Ha azonban a laterit bomlási szintjében a kaolinból allofán keletkezett, akkor az allofán a kaolinnak egy további bomlási terméke és talán a mérsékelt éghajlat agyagos és vályogos talajaiban előforduló allofánok mégis csak valamilyen kapcsolatban lehettek a kaolinnal, amely egyszer képződhetett, de a további bomlás folytán allofánba ment át. Ha a laterites éghajlat alatt a kémiai elmállás a siallites elmálláson túlmegy, amennyiben az allofánokból a kovasav kimosódik, akkor $Al(OH_3)$ keletkezik, több vagy kevesebb vízzel, amely terméket *Harrassowitz allitnek* nevezett el és amely termék jellegzetesen a laterit talajnemben halmozódik fel.

Így tehát az éghajlati elmállás termékeinek kémiai úton való létrejöttét az allitnál teljes egészében ismerjük és csak a siallites mállás részletei nincsenek még egészen tisztázva.

Ha már most megvizsgáljuk, mondjuk, egy tschernosem-talaj sósavas kivonatát, akkor azt fogjuk látni, hogy a sósavas kivonatban igen sok ásványi és organikus rész oldódik, vagyis az ilyen talajban az allofánszerű anyagok nagy mennyiségben fordulnak elő. Ha már most ezt a talajt a mechanikai analízis segítségével frakciókra osztjuk, akkor azt fogjuk látni, hogy minél finomabb frakciót kezelünk megfelelő koncentrációjú sósavval, annál nagyobb lesz a sósavban oldódó talajrész és különösen nagy

lesz a sósavban oldódó rész a 0:002 mm-nél kisebb málladékszemekből álló talajrészben, az úgynevezett *nyersanyagban*, amely talajválaszték tehát nagyobb mennyiségben tartalmaz allofánoszerű anyagokat. Ha már most ezt a nyersanyagot kémiai analízisnek vetjük alá, ahogy ezt különösen *Blanc* végezte el igen részletesen, akkor kitűnik, hogy ez az allofános anyag kémiai összetételében igen hasonlít a kaolinhoz, amennyiben a kaolinban $Al_2O_3:2SiO_2:2H_2O$ viszonyszám van meg és megközelítőleg hasonló viszonyszám nyerhető *Blanc* vizsgálatai alapján a nyersagyagból is. *Blanc* ebből azt következteti, hogy a nyersagyag kémiai szempontból igen közel áll a kémiai tiszta agyaghoz, a kaolinhoz, amely felfogás azonban nem helytálló, amennyiben a nyersagyag nem lehet kaolin, mert képlékenysége, hygroszkopicitása is különbözik a kaolintól, azonban a döntő különbség a kettő között az, hogy a nyersagyag rendkívül nagy báziskicserélődési képességgel bír, amely tulajdonság a legtisztább kaolinban még nyomokban sincs meg. Ha mi tudniillik a nyersagyagot, mondjuk, $CaCl_2$ vizes oldatával állni hagyjuk és aztán az agyagról leszűrjük a folyadékot és az agyagot kimossuk destillált vízzel, míg a Cl a vízben többé kimutatható nem lesz és aztán az ilyen módon előkészített agyagot vizes K Cl, NaCl vagy NH_4Cl -oldattal kezeljük, akkor azt fogjuk tudni kimutatni, hogy az agyagból Ca távozik el és az oldatba megy, helyét pedig a K Na NH_4 foglalja el, vagyis az agyagból a Ca más bázissal cserélődött ki és így báziskicserélődés jött létre. Ezt a báziskicserélődést a kaolinon egyáltalában nem vehetjük észre, akármilyen finom porrá törjük is azt mesterségesen, de ha bármilyen más silicatot is porrá őrölünk, a báziskicserélődés jelensége nem vehető észre, amivel döntően be van bizonyítva, hogy a nyersagyag apró málladékszemlein kívül, amelyek olyan jellemzőek reája, báziskicserélődési tulajdonsággal is bír, amely tulajdonsággal a talaj durvább málladéka, de a kaolin sem bír. Tudniillik *König* és *Hasenbaumer* kimutatták, hogy már 0.01—0.002 mm közötti málladékszemcséknél a báziskicserélődési tulajdonság erősen csökken, amely csökkenés az 0.1—0.05 mm közötti málladékszemeknél a nyersanyag báziskicserélődési tulajdonságnak majd $\frac{1}{45}$ -ét teszi már csak ki, úgy hogy nem lehet attól a gyanutól szabadulni, hogy a durvább málladékszemek (0.1—0.25 mm) már nem bírnak báziskicserélődési

tulajdonsággal, hanem ez az igen mérsékelt tulajdonságuk onnét van, hogy az iszapolási eljárással a nyersagyag egyes részeit, amelyek a durvább málladékszemekhez erősebben kapcsolódnak, nem sikerült tőlük elválasztani és azért ezek a durvább málladékszemek is bizonyos igen kis báziskicserélődési tulajdonsággal bírnak. A talajnak azt a részét, amely báziskicserélődési tulajdonságokkal bír, *adszorbeáló komplexumnak* nevezik. Ez az adszorbeáló komplexum azonban nemcsak a talaj ásványi alkotórészeiből veszi eredetét, hanem pl. az oroszországi tschernosemban nagy részben, sőt mondhatni, túlnyomó részben a humuszból ered és pedig az enyhe Ca- és Mg-al telített humuszból. Hogy az adszorbeáló komplexum organikus része a talajban levő telített humusznak milyen részét alkotja és hogy az miből áll, azt még ma nem tudjuk és *Gedroiz*, az adszorbeáló komplexum legsikeresebb kutatója ezért az adszorbeáló komplexum organikus részét külön vizsgálat tárgyává nem is teszi. Miután azonban az adszorbeáló komplexum báziskicserélődési tulajdonságokkal bír, tehát hasonlóan viselkedik, mint a talajban előforduló zeolith-ásványok (Natrolith, Chabasit, Analcim), amely ásványok a bennük levő bázisokat más bázisokkal fel tudják cserélni, azért a talaj adszorbeáló komplexumát is másképp *humusz-zeolith komplexumnak* nevezték el, dacára annak, hogy eddig még a legkisebb bizonyíték sincs arra vonatkozólag, hogy a zeolith-ásványok és az adszorbeáló komplexum között kémiai téren bármilyen szerkezeti hasonlóság lenne és azért pl. *Blanc* a humusz-zeolith komplexum elnevezést egyszerűen el is veti.

Hogy az adszorbeáló komplexum anorganikus része miként jön létre, erről keveset tudunk, viszont organikus részének létrejöttének körülményeiről egyáltalában nem tudunk semmit. Az anorganikus része az adszorbeáló komplexumnak úgy jöhet létre, hogy a silicátok a víz hatása alatt elveszítik az alkaliákat, azonban ezen kationok elvesztése nem egyszerű disszociáció útján jön létre, hanem akkor, mikor a bázisok eltávoznak a silicátból, az alumínium-kovasav anionban is nagy változás következik be és az esetleg több vegyületté eshet szét, amelyekben a kovasav és alumínium közötti viszonyszám egész más lesz, mint az eredeti silicátban. Hogy ez az elgondolás bizonyos valószínűséggel bír, látható legjobban az orthoklassznál, ha ezt finom por alakjában

vízzel keverjük össze, mikor az oldat erősen lúgos lesz a keletkezett KOH folytán, azonban képződni fog egy kolloidális, erősen hidratizált csapadék is, amely már nem olyan összetételű, mint az orthoklassz, amennyiben a K leválásával, úgy látszik, az orthoklassz molekulája szétbomlott és kolloidális tulajdonságú vegyületek keletkeznek. Ha már most ezeknek a kolloidális tulajdonságú vegyületeknek keletkezése után a bázisok is megmaradnak és nem mosódnak ki, akkor ezeket a kolloidális anyagokat adszorbeáció útján lekötik, miáltal bizonyos koagulált kolloidok képződnek, amelyek az adszorbeáló komplexumok (anorganikus részét alkotják. *Wiegnernek* az a felfogása, hogy az adszorbeáló komplexum úgy jön létre, hogy az elmállásnál kovasav és alumíniumhydroxid válik ki kolloidális állapotban, mikor a kovasav negatív töltésű, az alumíniumhydroxid pedig pozitív töltésű lesz. A kétféle ultramikron aztán emiatt egymásra nagy vonzást gyakorol és adheziós összekapcsolások keletkeznek, aminek az lesz az eredménye, hogy gel-alakban a két talajkolloid kiválik. A gel-alakban kivált két talajkolloid keveréke alkotja *Wiegner* szerint az adszorbeáló komplexum anorganikus részét. *Wiegnernek* ez a felfogása azonban nem egészen megfelelő, amennyiben még nem sikerült bebizonyítani azt, hogy a kovasav és az alumíniumhydroxid a talajban egymással szemben olyan mennyiségekben fordulnak elő, hogy a két talajkolloid egymással való találkozásánál a közömbösítés után a potenciál annyira a kritikus potenciál alá esne, hogy kölcsönös kicsapódás következne be. Még valószínűtlenebbé teszi *Wiegner* elméletét az a tény, hogy már ki van mutatva, hogy az alumínium hydroxid negatív töltésű is lehet. Ellene van *Wiegner* elméletének még az is, hogy egyáltalában nincs még bebizonyítva, hogy a kovasav és az alumíniumhydroxid egymásra való hatásából keletkező gelek képesek-e báziskicserélődésre. *Ganssen*, *Wiegnerrel* ellentétben, hosszú kísérletei alapján, amelyeket erős alkalikus oldatban végzett, azt állítja, hogy az éghajlattani elmállásnál keletkezett kovasav és alumíniumhydroxid egymásra kémiaiilag hatnak és zeolithszerű, valódi kémiai termékek keletkeznek, amelyek kémiai összetételükben igen hasonlítanak a *kristályos zeolithekhez*. *Ganssen* a talajban háromféle zeolithot különböztet meg. Olyanokat, amelyekben a Ca, Mg, K, Na kovasavhoz van kötve és amelyekből ezek a bázisok rövid idő

alatt csak kis mennyiségben cserélhetők ki. A második változatot azok a zeolithok alkotják, amelyekben a bázisos kationok alumíniumhoz vannak kötve és ezek a kationok könnyen kicserélhetők. Ezeket a talaj-zeolithokat *Ganssen aluminat-silicátoknak* nevezi, amennyiben bennük a bázisos alumíniumhydroxidon keresztül kapcsolódnak a kovasavhoz. Hogy ez a két talaj-zeolith-változat nem fordul elő kristályos állapotban, ennek *Ganssen* szerint az az oka, hogy a koncentrációk az elmállásnál, továbbá a talaj struktúrája és a talajviznek mozgása megakadályozza a kristályos kialakulást. *Ganssen* szerint a talaj-zeolithok harmadik változata az, amelyhez az ismert kristályos *Natrolith* és *Analcim* tartozik. *Ganssen* tehát az igen szép kísérletei után arra az extrém álláspontra helyezkedik, hogy a kolloidális talaj-zeolithok az adszorbeáló komplexum anorganikus része és a kristályos zeolithok egymáshoz közel állanak. *Ganssen* ezen felfogását a talajkutatók nagy része csak részben fogadja el. Így *Stremme* azt állítja, hogy a természetes ásványok, mint az allophan, Halloysit, tulajdonképpen igen közel állanak azokhoz a gel-keverékekhez, amelyek mesterséges úton kovasavból és alumíniumhydroxidből állíthatók elő és azért ezeket a természetes ásványokat is gel-keverékeknek tekinti. *Stremme* azt is állítja, hogy a talajzeolithok allofán-anyagok és kolloidális modifikációját képezik a kristályos zeolithoknak, amit *Dölter* kísérlete is látszanak bizonyítani, amennyiben az előbbi kovasav, alumínium só Na_2CO_3 és CaCO_3 oldatából zárt edényekből 130—180 C°-nál kristályos zeolithokat kapott, viszont közönséges hőmérsékletnél és nyitott edényben allofán-anyagok keletkeztek. *Blanc* az adszorbeáló komplexum anorganikus részét nem tartja zeolithoknak, mint *Ganssen*, mert a zeolithok keletkezését csak mélységbeli elmállással magyarázza és azok éghajlati elmállással, szerinte, nem is jöhetnek létre. Szerinte az adszorbeáló komplexum az allofán-agyagokkal van szoros kapcsolatban és elismeri, hogy ezek a zeolithok kolloidális modifikációi lehetnek, de azért mégis elveti a talaj-zeolith elnevezést. Ebből látható, hogy az adszorbeáló komplexum anorganikus részének kialakulásáról, nem szólva szerkezetéről, milyen eltérő vélemények vannak. Itt még megemlítem *Godroiz* felfogását is az adszorbeáló komplexum mibenlétéről. Szerinte, kémiai szempontból vizsgálva az adszorbeáló komplexum anorganikus részét, nagy a valószínűség,

hogy a vízben oldhatatlan só-tulajdonságú aluminosilicátokból áll, amelyhez aztán csatlakozik az adszorbeáló komplexum organikus része, vagy humatrész. Fizikai szempontból *Godroiz* szerint az adszorbeáló komplexumot a talaj legfinomabb málladéka alkotja, amely megközelítőleg összeesik a talaj kolloidális részével, de az is valószínű, hogy valamivel durvább málladékszemek is, mint az 0.001—0.00025 mm közötti frakció is részt vesz az adszorbeáló komplexum kialakulásában. *Godroiz* szerint az adszorbeáló komplexum kolloidrészesei nincsenek szabad, önálló szemek alakjában a talajban, hanem azok különböző nagyságú agregátokká egyesülnek, vagy pedig ezek a primőrszemcsék durvább málladékkal képeznek agregátokat, amikor ezek a legkisebb szemcsék a kötőanyag szerepét játsszák, azonban ezek a legkisebb szemcsékből álló agregátok sokkal nagyobb szemcsék felületéhez is hozzátapadhatnak. Vagyis látható, hogy az adszorbeáló komplexum legismertebb kutatója is milyen kevés határozottat mond az adszorbeáló komplexum mibenlétéről.

Nem tagadható, hogy az adszorbeáló komplexum ásványi része az éghajlati elmállás folytán a silicátokból keletkezik és folyton képződik a talajban, azonban a kialakulásával mind kevesebb primőrsilicát marad vissza a talajban és az esetben, ha a kőzet kevesebb silicátot tartalmaz, akkor a talaj-zeolithok kialakulásával a silicát-tartalék a talajban csökken és ha a keletkezett zeolithok elbomlanak különböző okok folytán, akkor a silicát-tartalék hiánya miatt új talaj-zeolithok nem keletkezhetnek és így a talaj termőképessége csökkenni fog, ahogy ezt majd később látni fogjuk. Az a szerencse, hogy megfelelő éghajlat mellett az adszorbeáló komplexum anorganikus része is csak lassan bomlik, de azért így is megvan a lehetőség, hogy az adszorbeáló komplexum ásványi része, bizonyos hosszabb idő múlva, a talajban egész alárendelt jelentőséggel bír. Az a szerencse, hogy a talajban az adszorbeáló komplexum organikus része nagyobb mennyiségben szerepel és nem tagadható, hogy a talajban az adszorbeáló komplexum organikus része sokkal nagyobb jelentőségű, mint az anorganikus rész. Tudniillik az organikus rész kialakulásánál nem kell attól félni, hogy nem lesz tartalék, amelyből a humatok keletkezzenek, mert azok évről-évre a talajon növe vegetációból veszik eredetüket, amennyiben az a talajban, megfelelő éghajlat

alatt, telített, enyhe humusszá alakul át, amely humuszból képződik az adszorbeáló komplexum organikus része. Ez még abban is különbözik az anorganikus résztől, hogy könnyen bomlik a mikroorganizmusok hatása alatt és így elég tápanyag áll a növényzet részére rendelkezésre, azonban, dacára ennek, nem kell attól félni, hogy az adszorbeáló komplexum organikus részéből hiány fog bekövetkezni, mert a vegetáció évről-évre új humuszanyagokat ad rendelkezésre a talajnak. Így lehet csak megérteni az istállótrágya szerepét a mezőgazdasági növények termesztésénél, humidabb éghajlat alatt, ahol az ásványi talaj-zeolithok már csak igen kis mennyiségben fordulnak elő és ahol az istállótrágyát nemcsak azért alkalmazzuk, hogy annak elbomlásával tápanyagokat kapjon a növényzet, hanem azért, hogy az istállótrágyából az adszorbeáló komplexum organikus része is képződjön és így már most meg lehet érteni, hogy miért nem nélkülözhető a műtrágyák mellett az istállótrágya sem, különösen humidabb éghajlat alatt. A zöldtrágya-növények termesztése és azok alászántása homokos talajon nemcsak azt a célt szolgálja, hogy nagyobb mennyiségű nitrogén kerüljön a talajba, hanem még azt is, hogy a homokos talajban, amelynek úgyis kicsi az adszorbeáló komplexum anorganikus része, megnagyobbodjon annak organikus része. Az orosz déli tschernosemen és gesztenyebarna talajon, ahol kevés már a humusz és ahol az istállótrágya klimatikus okok miatt nincs hatással, ott a talaj csökkent termőképességét az esetben, ha a talaj kimerült, úgy hozzák megint rendbe, hogy két-három évtizeden át a talajt nem művelik, hanem engedik, hogy rajta a mezőségi füvek szaporodjanak el és amelyek aztán nagymennyiségű telített humuszt hoznak létre, amelyből aztán az adszorbeáló komplexum organikus része szaporodik fel, míg végre a talaj újból elnyeri régi termőképességét.

Az adszorbeáló komplexumnak (most már együtt vesszük az organikus és anorganikus részt) a legjellemzőbb tulajdonsága, hogy vizes oldatból, amelyben Ca, K, Na, NH₄, Mg H ionok vannak, ezeket leköti, miután az ultramikronok felületén bizonyos vonzóerők lépnek fel, amelyek az előbb említett ionokat magukhoz vonzzák és lekötik. Ez a jelenség jellegzetes adszorbeációs jelenség és az ionok kapcsolása az ultramikronok felületéhez nem olyan erőteljes, mint pl. a Na-ionok kapcsolása a Cl₁ gyökhöz és ezért

ultramikronok felületén lekötött ionok sokkal labilisebb helyzetben vannak, mint pl. a Na a NaCl-ban. Emiatt, ha pl. az adszorbeáló komplexumot, mondjuk, CaCl_2 kezeljük, akkor az adszorbeáló komplexum nagy része Ca-ionokat köt le, amelyek azonban nincsenek erősen lekötve, mert ha már most az adszorbeáló komplexumot vízzel kimossuk, úgy, hogy a CaCl_2 eltávozzon és aztán az ilyen előkészített adszorbeáló komplexumot, mondjuk, NH_4Cl vizes oldatával kezeljük, akkor azt fogjuk látni, hogy az NH_4Cl vizes oldatában Ca-ionok jelentek meg és az adszorbeáló utramikronok felületéhez NH_4 -ionok kapcsolódnak. Vagyis báziskicserélődés következett be, ami olyan jellemző az adszorbeáló komplexumra. Sajnos, még nem tudjuk, hogy egy ilyen ultramikron mennyi iont képes adszorbeáció útján lekötni, mert minél koncentráltabb ion-oldatokkal kezeljük az adszorbeáló komplexumot, annál több ion lesz adszorbeáció útján lekötve és az adszorbeációs görbe asymptotikus alakot vesz fel. Az adszorbeáló komplexum ultramikronjai különös polisorptív tulajdonságúak, amennyiben egyértékű és kétértékű kationokat egyidejűleg köthetnek le és azért van az, hogy a talajban alkali és földalkali fémek, de még H-ionok is megtalálhatók az adszorbeáló komplexumhoz kapcsolva. Az adszorbeáló komplexum ultramikronjai azonban nem egyforma erővel kötik le az egyes kationokat. Így *Godroiz* kimutatta, hogy a legerősebben kapcsolódnak az ultramikronokhoz a H-ionok, amelyek természetesen ezért a legnehezebben cserélődnek ki. Azonban még ezek a H-ionok is eltérő erővel kapcsolódnak, amennyiben vannak olyan ultramikronok, amelyek a H-iont csak annyira kötik, hogy azt pl. normal KCl-oldattal ki lehet cserélni, miáltal a kicserélődési aciditás jön létre, viszont egyes H-ionok olyan erősen kapcsolódnak, hogy Na acetat oldatával kezelve, kicserélődnek, KCl-oldattal azonban nem, mikor a hydrolytes aciditás jön létre. Ez esetben a H kicserélődésének jelensége úgy magyarázható, hogy a Na acetatoldatában a hidrolízis jelensége folytán a vizes oldatban NaOH keletkezik és az OH-ionok erős vonzó hatása leválasztja a H-ionokat az ultramikronoktól. Hogy mi az oka annak, hogy az ultramikronok a H-el egyszer olyan erősen, máskor meg olyan könnyen kötődnek, erre még megfelelő magyarázat nincs. *Godroiz* kísérletei mutatják, hogy a H-ion 17-szer erősebben kapcsolódik az ultramikronokhoz,

mint a K-ion és 4-szer olyan erősen, mint a Ca-ion. A Ca-ionnak az az aránylag erős kapcsolódási tulajdonsága az ultramikronokhoz, tulajdonképpen a döntő ok, hogy az esetben, ha a talajból a CaCO_3 a szénsavas víz folytán kimosódik, mégis hosszabb ideig tart, míg az adszorbeáló komplexum megsavanyodik, továbbá, hogy így a talajban Ca-hiány következzen be.

A talajban az adszorbeáló komplexumhoz mindig Ca, Na, Mg, K, H kapcsolódik, ennek polisorptív tulajdonságánál fogva azonban, aszerint, hogy az ultramikronokhoz milyen ionok kapcsolódnak legnagyobb számban, az adszorbeáló komplexum a talajoknak igen jellegzetes tulajdonságokat kölcsönöz. *Godroiz* vizsgálatai alapján más és más az adszorbeáló komplexum hatása a talajra, aszerint, hogy az Ca-, Na- vagy H-ionokkal van túlnyomórészt telítve. *Godroiz* és *Wiegner* kísérletei különböző kötött agyagokkal, melyeket Ca-, Na-sókkal kezeltek, kimutatták azt, hogy egy agyag Ca-sókkal kezelve, ha Ca-ionokkal telítődött, a vizes dispersióban kisebb térfogatot vesz fel, mint amilyen a térfogata tiszta, sómentes vizes disperzióban, továbbá az ilyen agyag megszárítva morzsás szerkezetű lesz, a vizet átengedi, de kicsi a vízkapacitása is. A Na-sóval kezelt agyag egész más tulajdonságú. Már a vizes dispersióban hatalmas térfogatnövekedést mutat, ha megszárítjuk, akkor kőkemény anyaggá alakul át. Ha vízzel hozzuk össze, akkor lassan vizet vesz fel és nyúlós anyaggá alakul át, amelynek vízkapacitása igen nagy, de vízáteresztő képessége rendkívül csekély. Az ilyen Na-sóval kezelt anyag vízzel erősen megdagad. Ha azonban az anyagban levő adszorbeáló komplexum H-el telítődik, akkor az ilyen anyag a Na-al telített és Ca-al telített agyag tulajdonságai között van. Vizes oldatban erős a dispersiója, azonban távolról sem olyan nagy, mint a Na-agyagnál. Feltűnő nagy a H-el telített agyagnál a humusz dispersiója, amely olyan nagy lehet, hogy a szűrőpapíron is keresztül megy, úgy hogy a víz egész feketeszínű lesz. E háromféle agyagnak ez az eltérő viselkedése onnan van, hogy az adszorbeáló komplexum háromféle ionnal, Ca, Na és H-el telítve lett. A Ca-al telített adszorbeáló komplexum az éghajlati tényezők által a legnehezebben lesz megtámadva, sokkal könnyebben bomlik a H-el telített komplexum, viszont a legkönnyebben a Na-al telített komplexumot támadják meg az éghajlati tényezők.

Az adszorbeáló komplexum-bázis kicserélődési tulajdonságát az irodalomban a *permutitek*-bázis kicserélődési tulajdonságával hasonlítják össze. Ezek a mesterséges úton előállított anyagok, amelyek úgy jöttek létre, hogy pl. 3 súlyrész kaolint, 6 súlyrész kvarcot és 12 súlyrész Na_2CO_3 olvasztanak össze, mikor aztán az olvadékat vízzel kivonatolják. Az ilyen módon nyert olvadék 2 SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O . $2\text{H}_2\text{O}$ ideális összetétellel bír és erős báziskicserélődési tulajdonságul, amennyiben pl. CaCl_2 oldatából kicseréli a Ca és a Na megy oldatba. Ilyen Na permutitet a víz keménységének csökkentésére használják, amennyiben a vizet ilyen permutit-szűrőn átszűrjük, amikor a víz keménységi foka 0-ra csökken. A szűrőn aztán csak Na Cl vizes oldatát kell keresztül engedni, mikor a Ca lesz kicserélve és újból Na lép be a permutitba és a szűrő újból használható víz lágyítására. Habár a permutit a legnagyobb-szerű báziskicserélődési tulajdonsággal bír, mégis nagyon merész dolog volna a permutit kémiai szerkezetét összehasonítani az adszorbeáló komplexummal, amennyiben a legújabb vizsgálatok azt mutatják, hogy a permutitok az ő amorph alapmasszájukban határozott elektrolitos ion vezetőképességgel bírnak, viszont a kristályos zeolitok ionvezetőképessége rendkívül kicsi, amennyiben bennük az ionok nem mozgékonyak és a bennük lévő víz is molekulárisan van lekötve (Günther, Schulze, Weigel). Így tehát igen valószínűtlen, hogy a permutitok és a talaj adszorbeáló komplexuma között kémiai téren valami közelebbi kapcsolat lenne, ha már a kristályos zeolitok és permutitok között olyan nagy a különbség.

Az adszorbeáló komplexum fogalmának tisztázása után vizsgáljuk már most meg, hogy az milyen hatással van a talajok megművelhetőségére, a talaj fizikai tulajdonságára, a talajszelvény kialakulására, a talaj termőképességére és a talaj vízháztartására.

Nézzük először meg, hogy a talaj adszorbeáló komplexuma milyen befolyást gyakorol a talaj megművelhetőségére, mert e kérdés igen fontos, amennyiben e kérdéssel, sajnos, a gyakorlatban egyáltalában nincsenek tisztában.

Mi is tulajdonképpen a célja a talajnak mechanikai eszközökkel való megdolgozása? Erre az az egyszerű felelet, hogy a talaj megmunkálásával azt olyan állapotba akarjuk hozni, amely állapotban legjobban felel meg a természetett növények igényeinek, de

nemcsak a vetés és csirázás időszakában, hanem azon egész időszak alatt, amelyben a növény leéli az életét a talajban, hogy termést hozzon létre. Ez a megművelés azért történik, mert a talajok óriási túlsúlyban természetes állapotban nem bírnak olyan tulajdonságokkal, hogy rajtuk a mezőgazdasági növényeink megfelelő módon fejlődhessenek. A megművelés jelentőségével a legtöbb gazda, sajnos, nincs tisztában és nem tudja, hogy átlagban a rendelkezésére álló gazdasági eszközökkel a talajt csak akkor tudja sikeresen megművelni, ha annak adszorbeáló komplexuma megfelelő állapotban van, továbbá, ha a víztartalma megfelelő, mert ellenkező esetben a megművelés sikertelen lesz és az ilyen talajokat, hogy az évenkénti talajművelés sikeres legyen, először *melliorálni*, vagyis gyökeresen meg kell javítani. Ezt a tényt a gyakorlati gazdák egyáltalán figyelembe nem veszik és olyan talajokat művelnek meg, amelyeket először melliorálni kellene és így aztán csodálkoznak azon, hogy a talaj megművelése megfelelő eredményt hozni nem tudott. Ez természetes is, mert hiszen még a legjobb talajok megművelésének teljes sikere igen nagy mértékben függ az éghajlati tényezőktől is, amelyekre befolyást nem gyakorolhatunk. Így aztán megérthető az is, hogy még a legjobb talajoknál is a megműveléssel sokszor bajok vannak és az agrikultúrkémia és a talajtan mai álláspontja szerint a talaj megművelésével csak a legritkább esetben sikerül azt olyan mértékben fizikailag megváltoztatni a növények követelményei szempontjából, mint amilyen mértékben pl. a trágyázás alkalmazásával sikerül a talaj tápanyagtartalmát befolyásolni.

A talaj megművelésével elsősorban a talajnak olyan struktúráját akarjuk elérni, amely struktúra mellett a talaj víztartalma, „levegő”-tartalma mindenkor a legjobb legyen. Ebből aztán most már következik, hogy az esetben, ha túlsok csapadék van humid éghajlat alatt, akkor a megműveléssel a felesleges vizet a felső talajrétegekből a talajvíz rétegeikre vezetjük le, viszont, ha aridabb éghajlat alatt a talaj szárazságban szenved, akkor a megművelés azt a célt szolgálja, hogy a nedves évszakban leesett csapadékvíz olyan mélyebb rétegekbe raktározza el, hogy azokból a szárazság idején a növény a vizet fel tudja venni.

Ma a talajtani tudomány bebizonyította, hogy a talajban a porüstérfogat teljesen vízzel van töltve, a növény elpusztul, mert

levegőhiány áll be. Viszont ha a pórusterfogatban csak levegő van, de a víz hiányzik, akkor a szárazság öli meg a növényt. Éppen ezért a megműveléssel azt akarjuk elérni, hogy a pórus volumenben a víz és a levegő közötti viszony optimális legyen. Természetesen a talajban élő mikroorganizmusok folytán a pórusok levegőjében sokkal több CO_2 is van, mint a szabad atmoszféri levegőjében és pl., ha a talajlevegő CO_2 tartalma 2% körül van, ami *Lundegardh* szerint nem is olyan ritka eset a talajban, akkor a növények azt megsínylik és éppen azért a talaj megművelése még azt a célt is kell, hogy szolgálja, hogy minél erősebb legyen a CO_2 diffúziója a legfelsőbb talajrétegekből a szabad atmoszféra felé, mert máskülönben a talajban olyan CO_2 felhalmozódás állhat be, amely a vegetációt is elpusztíthatja. Éppen azért a talaj megművelésével a talaj szellőzőképességét is megfelelő állapotba akarjuk tartani. Természetesen a szellőzőképesség annál nagyobb, minél nagyobb a pórusterfogat a talajban és azért a talaj megdolgozása ezt a célt is szolgálja. Magától értetődik, hogy a szellőzőképesség nagyobbodása csak olyan mértékig kívánatos, hogy ezáltal a talaj víztartóképesége ne csökkenjen, mert ez esetben a talaj elveszíti helyes és szükséges víztartalmát. Természetesen ebből következik, hogy minél lazább szerkezetű a talaj, annak fellazítása mind kisebb kell, hogy legyen, viszont kötött talajok fellazítását annál erőteljesebben kell keresztülvinni. A talaj megművelésével továbbá azt a célt is szolgáljuk, hogy a talaj hőmérsékletét is bizonyos mértékben szabályozzuk, amennyiben arra törekedünk, hogy a megművelés csak olyan legyen, hogy a talajban nagy hőingadozások ne forduljanak elő, hogy tavaszkor a talaj elég gyorsan melegedjen fel, viszont nyáron az alsóbb rétegekben a felmelegedés túlerős ne legyen. Tehát végeredményben a talaj megművelésével azt akarjuk elérni, hogy annak optimális vízvezető-, víztartó- és levegő-szellőzőképessége legyen és hogy hőmérsékleti viszonyai is megfelelőek legyenek.

Ezt az állapotot akkor érjük el megközelítőleg a legjobban, ha a talajnak a megműveléssel morzsás szerkezetet kölcsönözünk és a talajtól távol tartjuk az egyes szemcsés szerkezetet, melyben a gazdasági növényeink normális terméseket hozni nem tudnak. Így tehát a talaj megművelése alapján véve a morzsás

szerkezetet akarja elérni, amely szerkezet esetében a talajok fizikai és kémiai, továbbá biológiai szempontból is a legjobban felelnek meg gazdasági növényeink igényeinek.

Ha azonban a talaj megmunkálása elsősorban a talaj tartós morzsás szerkezetét célozza, akkor ennek eléréséhez bizonyos körülményeket kell figyelembe venni, amelyeket a gyakorlati gazdák nem nagyon vettek figyelembe, ami természetes is, amennyiben ezeket a körülményeket a talajtani tudomány is csak azóta látja tisztán, amióta a talajok klimatikus osztályozása általánosan el lett fogadva, továbbá tisztázva lett az éghajlat és a talajban kialakuló adszorbeáló komplexum közötti kapcsolat.

A gyakorlati talajmegmunkálásnál eddig az a felfogás uralkodott, hogyha jó talajművelő-eszközök állanak rendelkezésre, akkor a talajt megfelelő morzsás szerkezetbe lehet hozni és nem tudták megmagyarázni azt a jelenséget, hogy extrém humid éghajlat alatt, továbbá semiarid és semihumid úgynevezett szerkezettel bíró sós talajoknál még a legjobb talajművelő eszközök, traktorok és gézekék alkalmazásával is a talaj a humid éghajlat alatt aránylag hosszabb idő múlva, a sós talajok viszont a legközelebbi idő múlva elveszítették morzsás szerkezetüket és a feláldozott költség hiábavaló volt. Az adszorbeáló komplexum fogalmának tisztázása után ezt a jelenséget is meg tudjuk érteni és most már tudjuk, *hogy bizonyos körülmények között még a legnagyobb talajművelő-eszközök sem tudják a talajt állandó helyes morzsás szerkezetben megtartani és hogy teljesen elhibázott a gyakorlat azon felfogása, hogy egymástól eltérő talajokat egyműveléssel megfelelő állapotba hozhatjuk, mely felismerés a talajok természetes osztályozásának kellő kidolgozása nélkül sohasem fejlődhetett volna ki.*

(Folytatjuk.)