

## Elsődleges szilikátásványok a talajokban

A talajokban előforduló ásványokról ismeretek magyar nyelven csak az aránylag kis számú, kutatási eredményeket ismertető közleményekben, egy-két részterületet bemutató szemleanyagban, és ezt a témát a szerkezetükből következően korlátozott mértékben tárgyaló tankönyvekben találhatók meg. Az elmaradást tovább fokozza, hogy az utóbbi években a talajásványtan — a modern anyagvizsgálati módszerek széles körű alkalmazásának köszönhetően — mind minőségileg, mind mennyiségileg rohamos fejlődésen ment keresztül. A külföldi szakirodalomban az eredmények összegzésére, szintetizálására is vállalkoztak [14, 21, 33, 40, 70, 71, 77, 105, 106, 107, 110]. Az eredmények azonban kevésbé jutottak el a magyar szakközönséghez, amihez nyilvánvalóan az is hozzájárult, hogy az említett munkák hazánkban csak korlátozott mértékben hozzáférhetők. A fentiek vezettek ahhoz, hogy megkíséreljek az újabb külföldi szakirodalom eredményei alapján rövid áttekintést adni az elsődleges szilikátásványok talajokban előfordulásáról és az azt befolyásoló egyes tényezőkről.

A talajokban az ásványok előfordulását alapvetően a talajképző közet, a mállási és a talajképződési folyamatok határozzák meg. Eszerint a talajban levő ásványok egy része a talajképző közetből öröklődött (elsődleges), míg más része a talajban keletkezett (másodlagos). Elkülönítésük sok esetben problematikus, már csak azért is, mivel ugyanaz az ásványfajta lehet elsődleges és másodlagos is. A továbbiakban az általában elsődleges szilikátásványokkal foglalkozom. A szilikátásványok közül az agyagásványok lehetnek elsődlegesek is, de mivel a másodlagos ásványok egy meghatározó csoportját alkotják, és ismertebbek, sokkal több információ jelent meg róluk, továbbá mivel az érintőleges összefoglalásuk is messze meghaladná egy ilyen dolgozat kereteit, ezért velük és a hozzájuk kapcsolódó rétegszilikátokkal nem foglalkozom. A továbbiakban az is kitűnik, hogy az agyagásványokhoz képest a többi szilikátásvány előfordulásával a talajokban a külföldi szakirodalomban is sokkal kevésbé foglalkoztak, annak ellenére, hogy szerepük sem a talajgenetika, sem a talaj termékenysége szempontjából nem elhanyagolható.

A talajokban előforduló ásványok ásványtani jellemzésére, közetekben való előfordulásuk és elterjedésük ismertetésére, valamint a mállást összefoglalóan tárgyaló munkákra itt nem térek ki, mivel ez megtalálható a magyar nyelvű jegyzetekben, tan- és kézikönyvekben [39, 62, 63, 64, 75, 84, 85, 108, 112, 113, 119].

A dolgozat tagolásánál a SZTRÓKAY [63] által ismertetett ásványrendszertant követem.

### Sziget- és csoportszilikátok

A talajokban a szigetszilikátok aránylag kis mennyiségben fordulnak elő, a mállással szemben legkevésbé ellenálló szilikátásványoktól (olivin) kezdve a legellenállóbbig (cirkon).

FIELDER és SWINDALE, GRAHAM, MAREL, PETTIJOHN, WEYL (cit. BREWER [14]), valamint MITCHELL [79]), JACKSON és SHERMAN [55] az *olivint* a legmállékonyabb ásványok közé sorolják.

LOUGHNAN [67] szerint az olivinben a  $\text{SiO}_4$ -tetraédereket összekötő oktaédes koordinációjú kationok elég mobilak, így kilúgzódásuk után a kristályrács különálló szilikát-tetraéderekre esik szét. Az ezek között meginduló polimerizáció kationok (elsősorban magnézium és vas) megkötésével rétegszilikátok képződéséhez vezethet. Az olivin mállásánál két

szélső esetet különböztet meg, az izomorf sor két szélső tagjának elbomlása és átalakulása szerint: egyrészt a forsterit mállását szerpentinné, másrészt pedig a fayalit mállását vas-oxiddá (hematitá) és kovasavvá.

Az olivin mállása során közepes kilúgzódásnál szerpentin, szaponit, nontronit, ferrihidrátok és gélek, míg erőteljes kilúgzódásnál rosszul kristályos szemektit, kaolinit, halloysit, vas-oxidok (goethit, hematit és rosszul kristályos illetve amorf anyagok) képződése várható [47].

DELVIGNE és szerzőtársai [24] is hangsúlyozzák, hogy az olivin egyike a legkevésbé stabil szilikátásványoknak, és ezért már az eredeti kőzetben is megindul az átalakulása, emiatt átalakulási termékeinek eredete igen nehezen különíthető el. Azokban a talajokban, ahol a mállástermékek felhalmozódnak, illetve kevésbé lúgozódnak ki, nontronit, míg az erőteljesen kilúgozott talajokban vas-hidroxid pszeudomorfozók képződése várható.

Az olivin mállását kísérletileg modellezve HUANG és KELLER [49] megállapította, hogy desztillált vízben, szénsavval telített vízben és komplexképző szerves savakban (ecet-, aszpargin-, szalicil- és borkósavban) oldva elsősorban a magnéziumionok és a kovasav oldódik ki. KELLER, BALGORD és REESMAN [60] adatai szerint az olivinből kioldódó magnézium mennyisége jelentősen megnő, míg a vasé a desztillált vízhez képest a szénsavas vízben lecsökken. Nagy magnéziumkoncentrációjú oldatok esetén valószínűsíthető egyes magnézium-szilikátok (így pl. szerpentin és klorit) képződését az olivinből. Híg sóoldatban (0,01 N  $AlCl_3$ ) vizsgálva az olivin oldódását LANYON és HALL [65] is megfigyelte a magnézium kioldódását, ami a hőmérséklettel nőtt, és váltakozó hőmérsékletű oldatban nagyobb mértékű volt, mint állandó hőmérsékletnél.

A gránátokat az ellenálló (LOUGHNAN [67], MAREL, PETTIJOHN cit. BREWER [14]), illetve a közepesen ellenálló-ásványok (GRAHAM, SMITHSON, WEYL cit. BREWER [14]) közé sorolják, és csak DRYDEN és DRYDEN (cit. BREWER [14]) ítéli mállékony ásványnak. MARSHALL [70] is a mállással szemben ellenálló ásványoknak tartja a gránátokat, de szerinte savanyú kémhatású közegben a geológiai időmértéket figyelembe véve aránylag gyorsan mállnak. A gránát izomorf sor tagjai közül a kalcium-gránátokat tartja a legmállékonyabbnak, míg a vas-magnézium- és aluminium-magnézium-gránátokat ellenállóbbnak. NICKEL [86] adatai szerint az almandin oldhatósága csökken a pH-érték növekedésével, és erősen lúgos közegben kevésbé oldódik. Erősen savas közegben az ásványból az aluminium és a vas oldódik ki, és csak a kovasav marad vissza, míg a pH-érték növekedésével nagyobb mértékben marad vissza előbb a vas, majd az aluminium is.

A szilikátásványok közül még jó néhány ásvány fordul elő általában ugyancsak kis mennyiségben a talajban (1. táblázat), így pl. az *andaluzit*, *cirkon*, *diszten*, *epidot*, *staurolit*, *titanit*, *topáz*, ezért ezeket összefoglalva tárgyalom. Ezen ásványok közül a cirkon igen ellenálló, közepes ellenállóképességű az andaluzit, disztén, staurolit, míg kevésbé ellenálló az epidot, topáz és a zoizit (DRYDEN és DRYDEN, FIELDS és SWINDALE, GRAHAM, MAREL, PETTIJOHN, SMITHSON, valamint WEYL cit. BREWER [14] és MITCHELL [79]), bár az egyes szerzők által felállított rangsorolásban vannak kisebb különbségek.

MARSHALL [70] a talajban a gránátok mellett előforduló többi ortoszilikát-ásványt (pl. andaluzit, disztén, staurolit és topáz) szintén ellenállónak tartja a mállással szemben. Kiemeli azt is, hogy a cirkon mind a kémiai, mind a fizikai mállással szemben igen ellenálló. Lúgos közegben azonban bizonyos mértékben mállhat, amint erre CAROLL [18] is rámutat, aki arra is utal, hogy a cirkonváltozatok mállással szembeni ellenállóképessége nem egyforma, legbomlékonyabb a radioaktív elemeket tartalmazó cirkon.

Különböző kémhatású oldatokban végzett oldási kísérletek szerint a cirkon igen ellenálló, és igen erősen savas közegben is csak kissé oldódik. Az epidot és a staurolit savas kémhatásnál jobban oldódik, míg a disztén a savas közegben ellenállóbb mint a lúgosban [86].

BUTTERFIELD (cit. BREWER [14]) szerint a cirkon is lehet autigén keletkezésű.

A csoportszilikátok közül a talajokban elsősorban a *turmalin* előfordulásával kell számolni (I. táblázat), amely ásványt DRYDEN és DRYDEN, GRAHAM, MAREL, SMITHSON, WEYL. (cit. BREWER [14], valamint MITCHELL [79]) és JACKSON [53] a mállással szemben legellenállóbb ásványok közé sorolják. MARSHALL [70] szerint is a turmalin igen ellenálló ásvány, amelyben a mállás a kristályszerkezetben levő csatornák mentén hatol előre. A nátrium kioldódása gyors, ami után egy kovasavban gazdag réteg marad vissza, amely semleges körüli kémhatásnál több alumíniumot tartalmaz. A turmalin oldódásának mértéke semleges kémhatásnál a legkisebb, az erősen savas és lúgos közegben bizonyos mértékben megnő [86].

### Láncszilikátok

A láncszilikátok közül a leggyakoribb és egyben kőzetalkotó ásványok a *piroxének*. Egyöntetűen a legmállékonyabb ásványok közé tartoznak (DRYDEN és DRYDEN, FIELDER és SWINDALE, GRAHAM, MAREL, PETTJOHN, SMITHSON, WEYL cit. BREWER [14], valamint MITCHELL [79]). Az előzőkből következően általában a homok- és az iszapfrakcióban fordulnak elő, az agyagfrakcióban csak kivételes esetben, korlátozott kémiai és fokozott fizikai mállásnál, mint pl. glaciális kőzetliszten kialakult talajokban [53].

HUANG [47] a lánc- és szalagszilikátok leggyakoribb előfordulási tagjainak stabilitási sorát a következőkben állapítja meg: hipersztén < augit < amfibol, amely nagyjából megfelel a fenti szerzők által megadott sorrendnek is. Az agyagszemcseméretnél is az igen mállékony ásványok, közvetlenül a só- és a karbonátásványok után sorolják be a piroxéneket [55].

Bázisos és ultrabázisos kőzetekből kiszeparált augit-, hipersztén- és diopszidkristályok pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatával is bizonyították BERNER és szerzőtársai [9], hogy a mállás ezeknél az ásványoknál sem az egész felületen, egyenletesen megy végbe, legömbölyítve a szemcsét, hanem meghatározott pontokon és megadott irányokban. A piroxének felületén a mállás során általában lécszerű maradási mélyedések keletkeztek, amelyek a c-tengellyel párhuzamosak, kialakulásukat azokon a pontokon valószínűsítik, ahol kristályhibák fordulnak elő. A mesterséges sósav-hidrogén-fluoridos kísérletekkel is hasonló morfológiai képet kaptak. Említésre méltó, hogy az általában elfogadott nézettel ellentétben az augit felszínén sokkal gyakoribbak az oldódási mélyedések, mint a hiperszténben, ezek szerint az augit gyorsabban mállik el. A piroxénekben várhatóan a fizikai és kémiai mállás a c-tengellyel párhuzamosan, a szilikátláncok hosszában hat. Az alkáliákban, kalciumban ill. a ferrovasban gazdagabb piroxének a legkevésbé ellenállóak a mállással szemben [70].

LOUGHNAN [67] szerint, mivel a szilikát-tetraéder-láncokat összekötő magnézium, vas és alumínium oktaéderes koordinációjú ionok kötése relatíve gyenge, a [110] szerinti hasadási síkok párhuzamosak a szilikátláncokkal, és a mállás ebben az irányban előrehaladva az ásványt részekre bontja. A szétbomlott szilikátláncok azonban rétegekké polimerizálódhatnak és a kationok beépülésével rétegszilikátok képződhetnek, így az alumínium és magnézium beépülésével klorit, montmorillonit vagy keverékük alakulhatnak. A vas oxidálódva vas-oxidokként, a felszabaduló titán anatóztként, a kalcium kalcitként kristályosodhat ki. Az intenzív mállásnál és kilúgzódásnál a felszabaduló kalcium és magnézium teljesen, a kovasav részben távozik el, és így kaolinit, ferri-oxidok és anatóz keletkezik.

A desztillált vízben és szénsavas vízben végzett oldási kísérletek szerint az enzstatit oldódott a legnagyobb mértékben, majd az augit és a legkevésbé a diopszid. Az enzstatit esetében mállástermékként klorit és szerpentin, míg az augitból zoizit, zeolit vagy montmorillonit képződésért valószínűsítik [60].

HUANG és KELLER [49] kísérletei szerint az augitból a komplexképző szerves savak (pl. ecet-, aszpargin-, szalicil- és borkősav) több alumíniumot, magnéziumot, vasat és kalciumot oldanak ki, mint a desztillált vagy a szénsavval telített víz.

ESWARAN [29] maláj-félszigeti pleisztocén andeziten-bazalton kialakult különböző talajtípusokban fény- és pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokkal az augit mállásának

I. táblázat  
 Sziget- és csoportszilikátok néhány előfordulása különböző talajokban

Ásvány	Ausztrália	Észak-Amerikai Egyesült Államok	Európa
andaluzit		Dunmore homoktalaj [53]	
cirkon	laterit, alluviális, barna- és vörös barnaföldek, sárga podzol, reliktum, feketeföld, podzol, vörös podzol és vályogtalajok [38] valamint laterit, szolgyos szolonyec és gilgai talajok [41] és laterit [20]	oklahomai Kirkland, Zaneis, Chickasha, Nimrod, Minco, Vanoss, Dougherty, Derby, Canadian, Lincoln, Yahola talajsorozatok [16], michigani podzol [74], New York állambeli barna podzol és podzol [17, 76], Hagerstown homoktalaj (Indiana, Pennsylvania, Virginia) és Dunmore homoktalaj (Virginia) [56], Bethel [5]-, marylandi Montalto [19]-, missouri Putnam [cit. 69] nebraskai Scott [1]-, missouri Tilisit [69] iszapos vályogtalaj, Grundy [72] iszapos agyagtalaj	hollandiai podzol [68], szársországi degradált feketeföld [100], thüringiai barnaföld, agyagbemosódásos barna erdőtalaj, podzol [97, 98], észak norvégiai regosol, brunisol és podzol [27]
disztén		oklahomai Minco, Vanoss, Dougherty, Canadian, Lincoln talajsorozatok [16], Hagerstown homoktalaj (Indiana) és Dunmore homoktalaj (Virginia) [56], marylandi Montalto [19]-, missouri Putnam [cit. 69]-, nebraskai Scott [1] iszapos vályogtalaj	thüringiai barnaföld, agyagbemosódásos barna erdőtalaj, podzol [97, 98], észak norvégiai regosol, brunisol és podzol [27]
epidot	alluviális, barna- és vörös barnaföld, laterit, sárga podzol, reliktum, feketeföld, podzol, vörös podzoltalajok [38]	oklahomai Kirkland, Chickasha, Minco, Vanoss, Dougherty, Canadian, Lincoln és Yahola talajsorozatok [16], michigani podzol [74], New York állambeli barna podzol és podzol [17], Hagerstown homoktalaj (Indiana, Pennsylvania, Virginia) [56], Grundy [72]-, marylandi Montalto [19]-, missouri Putnam [cit. 69]-, nebraskai Scott [1]-, Tilisit [69] iszapos vályogtalaj	hollandiai podzol [68], schleswig-holsteini podzol [121], szársországi degradált feketeföld [100], thüringiai barnaföld, agyagbemosódásos barna erdőtalaj és podzol [97, 98], württembergi barnaföld [121], észak norvégiai regosol, brunisol és podzol [27]

gránátok	oklahomai Kirkland, Zaneis, Minco, Vanoss, Dougherty, Canadian, Lincoln, Yahola talajszorozatok [16], New York állambeli barna podzol és podzol [17], michigani podzol [74], Hagerstown homoktalaj (Indiana és Pennsylvania) [56], Grundy [73]-, marylandi Montalto [19]-, missouri Putnam [cit. 69]-, nebraskai Scott [1]-, Tilsit [69] iszapos vályogtalaj	hollandiai podzol [68], schleswig-holsteini podzol [121], szársországi degradált feketeföld [100], thüringiai barnaföld, agyagbemosódásos barna erdőtalaj és podzol [97, 98], észak norvégiai regosol, brunisol és podzol [27]
olivin	Grundy iszapos vályogtalaj [73]	
staurolit	oklahomai Kirkland, Chickasha, Nimrod, Minco, Vanoss, Dougherty, Canadian, Lincoln, Yahola talajszorozatok [16], Hagerstown homoktalaj (Pennsylvania) [56], Grundy [73]-, marylandi Montalto [19]-, missouri Putnam [cit. 69] iszapos vályogtalaj	hollandiai podzol [68], thüringiai barnaföld, agyagbemosódásos barna erdőtalaj és podzol [97, 98], észak norvégiai regosol, brunisol és podzol [27]
titanit	Hagerstown homoktalaj (Pennsylvania) [56], Grundy [73]- és nebraskai Scott [1] iszapos vályogtalaj	thüringiai barnaföld, agyagbemosódásos barna erdőtalaj és podzol [97, 98], württembergi barnaföld [121] és észak norvégiai regosol [27]
topáz	Grundy iszapos vályogtalaj [73]	
turmalin	oklahomai Kirkland, Zaneis, Chickasha, Nimrod, Minco, Vanoss, Dougherty, Derby, Canadian, Lincoln, Yahola talajszorozatok [16], michigani podzol [74], Hagerstown homoktalaj (Indiana, Pennsylvania, Virginia) és Dunmore homoktalaj (Virginia) [56], Bethel [5]-, Grundy [73]-, marylandi Montalto [19]-, missouri Putnam [cit. 69]-, nebraskai Scott [1]-, missouri Tilsit [69] iszapos vályogtalaj	hollandiai podzol [68], szársországi degradált feketeföld [100], thüringiai barnaföld, agyagbemosódásos barna erdőtalaj és podzol [97, 98], észak norvégiai regosol brunisol és podzol [27]
zoizit	Grundy iszapos vályog [73]	

következő módjait különböztette meg: korlátozottan kilúgzott, így bázisokban gazdagabb talajban (Eutropept és Tropudalf) montmorillonitá, savanyú közegben (Dystropept) amorf vas-oxi-hidroxiddá és goethitté, míg a jól kilúgzott talajokban (Tropudult) goethitté alakul.

A *szillimanitot* is a láncszilikátokhoz sorolják. DRYDEN és DRYDEN, FIELDS és SWINDALE, GRAHAM, MAREL, PETTIJOHN, SMITHSON, WEYL (cit. BREWER [14], valamint MITCHELL [79]) ellenálló ásványnak tartja

### *Szalagszilikátok*

A szalagszilikátok közül leggyakoribb és ugyancsak közetalkotó ásványok az *amfibolok*. A mállékony ásványok közé tartoznak (DRYDEN és DRYDEN, FIELDS és SWINDALE, GRAHAM, MAREL, PETTIJOHN, SMITHSON és WEYL cit. BREWER [14], valamint MITCHELL [79]). Az amfibolokat az agyagszemcseméret esetében is a legmállékonyabb szilikátásványok közé sorolja JACKSON és SHERMAN [55], közvetlenül a só- és a karbonátásványok után. Elsősorban a homok- és az iszapfrakcióban fordulnak elő, az agyagfrakcióban csak igen ritkán, az olivinhez és piroxénekhez hasonlóan a glaciális közetliszten kialakult talajokban [53].

MARSHALL [70] szerint az amfibolokban a mállás a c-tengellyel, a szilikátszalagokkal párhuzamosan halad előre, elsősorban a kationokat oldva ki. Úgy véli, a nagy alumínium- és ferri-vas-tartalmú *bazaltos amfibol* sokkal ellenállóbb a mállással szemben savanyú közegben, mint a közönséges amfibol.

Az amfibol desztillált és szénsavas vízben végzett oldási kísérletei alapján vas-oxidok mellett bauxit és agyagásványok, így montmorillonit képződését tartják valószínűnek [60].

Az amfibol erősen savas és lúgos kémhatásnál oldódik legjobban, semleges kémhatásnál kevésbé [87].

BERNER és szerzőtársai [9] pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatai szerint észak-amerikai bázisos és ultrabázisos kőzetekből származó amfibolok felületén, illetve mesterséges sósavas-hidrogén-fluoridos maratásuk után általában lécszerű alakú, a c-tengellyel párhuzamos oldódási mélyedéseket figyeltek meg, amelyeknek képződése valószínűleg kristályhibáknál indult meg.

Az izraeli, Földközi-tenger melléki Rhodoxeralf talajból szeparált amfibolokon végzett hideg és forró vizes oldási kísérleteknél pásztázó elektronmikroszkóppal repedések, üregek keletkezését és az amfibollécek végeinek fűrészfogszerű kiképződését figyelték meg [122].

STEPHEN [109] úgy találta, hogy a skóciai appiniten (diorit változat) kialakult erdőtalajban az amfibol először a hasadási síkok mentén aprózódik fel, és kloritá alakul, emellett szfén, hematit és epidot keletkezik. A további kilúgozás során a kloritból klorit-ferromikulit közberétegzés, majd vermikulit képződik. GOLDICH [34] az amfibol beidellitetté alakulását figyelte meg Black Hill-i amfibolitban.

Ugyancsak skóciai appiniten kialakult barna erdőtalajban azt tapasztalták, hogy az amfibolban a vasban gazdagabb lemezek alakultak csak át jelentős mértékben, mégpedig duzzadó közberétegzett klorit-szaponittá [124].

A lánc- és szalagszilikátokat (2. táblázat) éppúgy, mint a sziget- és csoportszilikátokat (1. táblázat) igen eltérő földrajzi helyekről származó különböző talajtípusokból írták le. Előfordulásuk azonban ennél várhatóan jóval szélesebb. Az a tény, hogy adatok csak ezekről a helyekről vannak — amellett hogy nem törekedtünk teljességre — nem annak tulajdonítható, hogy ezek az ásványok vagy legalábbis egy részük nem fordul elő a legtöbb talajban, hanem azt jelzi, hogy kimutatásukra az adott talajban nem történtek vizsgálatok.

2. táblázat  
Lánc- és szalagszilikátok néhány előfordulása különböző talajokban

Ásvány	Ausztrália	Észak-Amerikai Egyesült Államok	Európa
hiperszién		New York állambeli podzol és barna podzol [17] és nebraskai Scott iszapos vályogtalaj [1]	spanyolországi Ochrandepts entico és Umbrandepts mollico [23]
ensztatit		nebraskai Scott iszapos vályogtalaj [1]	
diopszid		New York állambeli podzol és barna podzol [17] és nebraskai Scott iszapos vályogtalaj [1]	
augit	alluviális, barna-, vörös barnaföld, laterit, sárga podzol, relikttum, feketeföld, podzol, vörös podzoltalajok [38]	oklahomai Minco, Vanoss, Dougherty, Derby, Canadian, Lincoln, Yahola talajsorozatok [16], New York állambeli podzol és barna podzoltalajok [17], Hagerstown homok (Indiana, Pennsylvania, Virginia) és Dunmore homoktalajok [56], nebraskai Scott iszapos vályogtalaj [1]	schleswig-holsteini podzol [121], thüringiai agyagbemosódásos barna erdőtalaj [97, 98], schleswig-holsteini, weszfáliai, württembergi barnaföld [51, 97, 98, 121], észak norvégiai regosol, brunisol és podzol [27], spanyolországi Ochrandepts entico és Umbrandepts mollico [23]
tremolit		michigani podzol [74], Grundy [73], és nebraskai Scott [1] iszapos talaj	
homblende, zöld (kalcium) amfibolok	alluviális, barna-, vörös barnaföld, laterit, sárga podzol, relikttum, feketeföld, podzol, vörös podzoltalajok [38]	oklahomai Kirkland, Zaneis, Chickasha, Nimrod, Minco, Vanoss, Dougherty, Derby, Canadian, Lincoln, Yahola talajsorozatok [16], michigani podzol [74] és New York állambeli podzol és barna podzol [17], Hagerstown homok (Indiana, Pennsylvania, Virginia) és Dunmore homoktalaj (Virginia) [56], Grundy [73]-, marylandi Montalto [19]-, missouri Putnam [cit. 69]-, nebraskai Scott [1]-, Tilisit iszapos vályogtalaj [73], Sheridan agyagos vályogtalaj [5]	hollandiai podzol [68], schleswig-holsteini barnaföld és podzol [12], szászországi degradált feketeföld [100], spanyolországi Ochrandepts entico és Umbrandepts mollico [23], észak norvégiai regosol, brunisol és podzoltalajok [27]
oxi (bazaltos) amfibolok		Grundy [73]-, és nebraskai Scott [1] iszapos vályogtalaj	württembergi barnaföldtalaj [121]
szillimanit		Grundy iszapos vályogtalaj [73]	

## Térhálós szilikátok

## Földpátok

A földpátok a földkéreg leggyakoribb ásványai, amelyek a talajokban is előfordulnak, elsősorban azok homok- és iszap szemcsenagyságú frakcióiban, de esetenként kimutathatók — rendszerint kisebb mennyiségben — az agyagfrakcióból is.

Jelentőségüknek megfelelően számos összefoglaló munka jelent meg a földpátokról [6, 91, 104]. A földpátok mállásának és ennek talajtani vonatkozásainak a kor szintjén álló korszerű összefoglalását adta HUANG [47], MARSHALL [70, 71] és VAN DER PLAS [91].

JACKSON és SHERMAN [55] a közepesen mállékony, míg FIELDES és SWINDALE (cit. BREWER [14]) a mállással szemben ellenállóbb ásványok közé sorolja a földpátokat.

GOLDICH [34] szerint a földpátok stabilitásának növekvő sorrendje — az egyben az alumínium- és kalciumtartalom csökkenésének sorrendje is —: anortit — bytownit — labradorit — andezin — oligoklasz — albit — K-földpát.

NASH és MARSHALL [83] a plagioklasz-sor különböző tagjainál semleges kémhatásnál meghatározta a kötési energiákat és megállapította, hogy a nátrium kevésbé erősen kötődik az andezinban és anortitban, mint a sor többi ásványában. RAI és LINDSAY [93] termodinamikai alapon adja meg stabilitásukat, ahol is a földpátok között legkevésbé az anortit stabil, az alacsony hőmérsékletű albit stabilabb, míg a legstabilabb a *mikroklin*.

LINDSAY [66] szerint az albit oldhatósága a talajban nagyobb annál, hogy a mállással szemben ellenálló legyen, mivel az egyensúlyi nátriumkoncentrációja jóval nagyobb, mint általában a talajoldatok nátriumkoncentrációja. Az albit és anortit oldhatósága a pH-érték csökkenésével nő [13].

HELGESON és szerzőtársai [44] a vulkáni kőzetek mállását alapjában a hidrolízis és a szénsavas oldat savas hatása kombinációjának tekintik. A fázisdiagramok értelmezése alapján az albit hidrolízise során (a közbelső reakciótermékeket is feltüntetve) montmorillonit, kaolinit és gibbsit keletkezése várható.

A  $\text{MgO-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_{2(g)}$  rendszerben, 25 °C hőmérsékleten és 1 atm nyomásnál, és  $\log(\text{Mg}^{2+}) + 2\text{pH} = 10,82-9,85$  értékek között VERSTRATEN és SEVINK [120] szerint a kalcium-ionaktivitás és a pH-érték csökkenésével az anortittal szemben a gibbsit vagy kaolinit, ill. Mg-szmektit lesz termodinamikailag stabil.

HUANG [47] FETH et al. vizsgálatai alapján a  $\text{Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$  rendszer stabilitási diagramját értelmezve arra a következtetésre jut, hogy várhatóan az albit mállásterméke a montmorillonit vagy a kaolinit, ill. ezek az ásványok az átalakulási termékek a gibbsitképződés folyamatában.

Az albit hidrolízise LOUGHNAN [67] és MARSHALL [70, 71] alapján röviden a következőkben foglalható össze: az ásvány felületén vízfilm adszorbeálódik, a kristályrács negatív felületi töltése miatt a vízmolekulák két pozitív töltésével a felület felé. A felületi O-atomoknak csak egy le nem kötött negatív töltése van, így a felületen adszorbeálódott vízmolekulákból a H-ionfelesleg a kristályrácsba diffundál, és ennek megfelelően az addig a kristályrács elektromos töltésének kiegyenlítését végző nátriumionok a kristályrácsot elhagyják. Ennek következtében a nátriumionokat koordináló oxigének egymásra gyakorolt taszító hatása miatt a tetraéderek elmozdulnak.

MARSHALL [71] szerint az anortit kaolinitté mállása során, mivel az Al/Al+Si arány ugyanaz, és az  $\text{Si(OH)}_4$  mennyisége sem változik, a reakciót a kalcium- és a hidrogénion koncentrációja, ill. ez az arány befolyásolja. Az albit kaolinitté mállásának folyamata bonyolultabb, mivel itt  $\text{Si(OH)}_4$  szabadul fel.

A labradorit oldódása desztillált és szénsavas vízben KELLER, BALGORD és REESMAN [60] kísérletei szerint aránylag kismértékű, ebből következően agyagásvány (montmorillonit) mállástermékek képződését tartják valószínűnek.



A plagioklászok oldódását szerves savakban (ecet-, aszpargin-, szalicil- és citromsavban) HUANG és KIANG [50] vizsgálta. A desztillált vízben való oldódással ellentétben, a szerves savakban a kalciumban gazdagabb plagioklászok oldódtak jobban. A szerves savak növekvő komplexképző kapacitásuk sorrendjében oldották egyre nagyobb mértékben a földpátokat.

MARSHALL [70] megállapította, hogy az ionsere-folyamatok során az albit és az oligoklász nagyobb mértékben veszít kalciumot, az anortit pedig nátriumot, mint az a kristályrácsukbeli arányuknak megfelelné.

A plagioklász földpátok szerkezete alapján elkülönítene [6, 22, 104] egy alacsony, egy intermedier és egy magas sort, attól függően, hogy az adott kristályszerkezet milyen hőmérsékleten stabil. A plagioklászok izomorf sorában ugyanazon tag mállással szemben annál kevésbé ellenálló, minél jobban eltérnek képződési viszonyai a mállási körülményektől. Eszerint a magas hőmérsékleti sor tagjai kevésbé ellenállóak a mállással szemben mint az intermedier, ill. az alacsony sor tagjai. Ezt alátámasztja az a tény is, hogy LINDSAY [66] szerint az alacsony albit termodinamikai stabilitása — kaolinité mállásuk során a  $\text{Na}^+$  —pH rendszerben — nagyobb a magas albiténál.

A földpátok mállása, inkongruens oldódása során feltételezték azt, hogy a felületen az alkáliák kioldódása után amorf vagy kristályos kéreg alakul ki, ami lassítja a további mállást. NIXON [87] vizsgálatai kimutatták, hogy ez a kilúgozódott réteg csak elemi cella vastagságú. PETROVIC [89] és PETROVIC, BERNER és GOLDBERGER [90] vizsgálatai arra utaltak, hogy ha képződik is egy réteg a földpátok felületén, annak tulajdonságai olyanok, ami a további oldódást lényegében nem befolyásolja. Ilyen réteget a pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok [46] sem mutattak ki.

A röntgenfotoelektron-spektroszkópiás vizsgálatok, amelyek a földpát felületének néhány tízed Å-os rétegében alkalmasak a kémiai összetétel vizsgálatára, nem utaltak arra, hogy e réteg összetétele a módszer hibahatárát meghaladó mértékben térne el a földpát összetételétől.

BERNER és HOLDREN [7] új-mexikói szürkés barna podzol, dél-afrikai laterit, észak-karolinai laterit-szaprolit és illinois-i erősen savanyú talajból gyűjtött nátriumföldpátok pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata alapján arra mutatott rá, hogy a mállás a földpát felszínén nem egyenletes, mivel kioldódási üregek figyelhetők meg, és nincs a szemcsék felületén egy folyamatos, erősen kötődő mállási kéreg.

Feltételezik, hogy a kioldódás kristályrács hibák, diszlokációk pontjain indul meg. BERNER és HOLDREN [7, 8] a mállott földpátok felületén pásztázó elektronmikroszkóppal a (001) lapon olyan oldódási üregeket figyelt meg, amelyek megnyúlási iránya a (010) lappal párhuzamos volt. Az oligoklász az oldódási jelenségek az ikresedés síkjai mentén figyelhetők meg, amelyek egyben az alkáliák beépülésének irányai is [87]. NIXON megállapítása szerint [87] a plagioklászokból az alkáliák kioldódása mélyebben megy végbe, mint a káliumföldpátokban, ahol csak egy-két elemi cella mélységű.

EGGLETON és BUSECK [26] elektronmikroszkópos vizsgálatai azt mutatták, hogy a humid, mérsékelt égövi klímán a mikroklin és hasonlóan a plagioklászok mállása az ikresedett és a nem ikresedett részek határán indul meg, gömb alakú üregek képződésével. A nagyobb üregekben gyűrű alakú amorf anyag keletkezik, ami 10 Å-os bázisreflexiójú ásvánnyá — illített vagy dehidratált montmorillonittá — kristályosodik.

Bazalton kialakult skóciai talajok földpát szemcséinek pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata során WILSON [123] is oldódási üregeket figyelt meg.

A mikroelemzéssel kombinált pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok lehetővé tették azt is, hogy a földpátok felületén megfigyelhetők legyenek a közvetlen mállási termékek.

BOTTINO és szerzőtársai (cit. BISSON [11]) olaszországi gránitok földpátjainál egy gélfázison keresztül kaolinit- illetve gibbsitképződést mutattak ki. TAZAKI (cit. SMART és TOVEY [103]) plagioklász gibbsitesedését, míg SEDDOH és PEDRO gránit plagioklász földpátjainál szericitet, montmorillonitot és kaolinitet, CURMIE franciaországi gránitok plagioklászainál

kaolinitet, SINGER pedig izraeli bazaltok plagioklászaiiban halloysitet vagy szmektitet határozott meg (cit. BISDOM [10, 11]). TAZAKI (cit. SMART és TOVEY [103]) vulkáni hamu plagioklászaiiban halloysitet mutatott ki, ill. a felületén imogolitot [117] határozott meg. RODGERS és HOLLAND [96] tonalit morena kavics oligoklász földpátjainak mikrorepedéseiben szmektitet, a repedés belsejében pedig kaolinitet mutatott ki. KELLER [59] a földpátok kaolinosodása során először egy inkongruens oldódást, majd  $\text{Al}(\text{OH})_3$  kicsapódást, végül pedig allofán-, zeolit-, kaolinit- és halloysitképződést állapított meg.

ESWARAN és DE CONINCK [30] Entisol talajok földpátjainál halloysitesedést, az Ultisolokban kaolinitesedést írt le. ESWARAN és WONG CHAW BIN [31] maláj-félszigeti gránitban plagioklász pszeudomorfozátokat vizsgált, amelyeket gibbsit vagy pedig egy amorf gél állapot után halloysit, kaolinit és gibbsit alkotott.

ESWARAN [29] plagioklászok átalakulási termékeként malájföldi Eutropept talajban allofánt, gibbsitet, metahalloysitet, montmorillonitot, Tropudalf talaj egyik szelvényében kaolinitet, metahalloysitet, montmorillonitot, a másikban kaolinitet és gibbsitet, Dystropept talajok egyik szelvényében allofánt és metahalloysitet, a másik szelvényében pedig kaolinitet, allofánt és metahalloysitet mutatott ki polarizációs mikroszkóppal, pásztázó elektromikroszkóppal és esetenként röntgenfrakcióval.

RADOSLOVICH [92] azt tapasztalta, hogy általában a földpátok mállási termékei között kaolinit, halloysit, szericit, kvarc, gibbsit és allofán fordul elő, természetesen a környezeti viszonyoktól függően.

JACKSON [53] összegzése szerint a földpátok a mérsékelt égöv talajaiban közönséges ásványok, bár az anortit e talajokban is gyorsan mállik, és az izomorfsor bázisos tagjai (bytownit, labradorit) is inkább a kevésbé mállott talajokban fordulnak elő. Vulkánihamutalajok pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatával ESWARAN [28] plagioklász halloysitesedését mutatta ki.

RADOSLOVICH [92] utal arra, hogy a nátriumföldpátok üledékes kőzetekben gyakran autigén ásványok, így talajokbani képződésük sem zárható ki teljesen.

A káliföldpátokat mállással szemben ellenállóbbnak tekintik általában, mint a plagioklász földpátokat. Ezt a megállapítást RAI és LINDSAY [93] is megerősíti: a stabilitási diagramok ( $\text{pH} = 6$  és  $8$ ;  $\text{pCa}^{2+} = 2,5$ ;  $\text{pNa}^+ = 3,0$ ;  $\log \text{Al}^{3+} = 0-12$  és  $-\log \text{H}_4\text{SiO}_4 = 2,5-5,5$ ) kiértékelése alapján a mikroklin stabilabb, mint az alacsony hőmérsékletű albit és az anortit. HELGESON, GARRELS és MACKENZIE [44] a  $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  rendszer fázisdiagramjait értelmezve a káliföldpátokból csillám, kaolinit és gibbsit képződését valószínűsíti, feltüntetve a folyamat közbeni termékeit is. HESS [45] a  $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  rendszerben a csökkenő kovásv-aktivitásnál a következő mállási sorokat tartja lehetségesnek:

káliföldpát  $\rightarrow$  montmorillonit  $\rightarrow$  kaolinit  $\rightarrow$  gibbsit

$\rightarrow$  kaolinit  $\rightarrow$  gibbsit

$\rightarrow$  csillám  $\rightarrow$  gibbsit

$\rightarrow$  csillám  $\rightarrow$  kaolinit  $\rightarrow$  gibbsit.

MARSHALL [71] a káliföldpátok mállási folyamatának alapegyenletét értelmezve csak az ortoklász-muszkovit átalakulást tárgyalja, és utal arra, hogy szericitté vagy illitté történő átalakulás nem egyszerűsíthető le úgy, hogy ezeket az ásványokat a muszkovit egy speciális fajtájának tekintsék.

Az agyagszemcse nagyságnál a káliumföldpátokat JACKSON és SHERMAN [55] a mállékonyabb ásványok közé sorolja.

HUANG [47] a  $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  rendszerben FETH és szerzőtársai stabilitási diagramjait értékelve azt állapítja meg, hogy a káliföldpátok gibbsitté mállása során a csillám és a kaolinit az átmeneti fázisok.

A káliumtartalmú ásványok szerepéről a talajok K-forgalmában — így a földpátok mállásáról is — számos összefoglaló munka jelent meg (pl. [2, 25, 35, 53, 67, 70, 71, 91, 92, 101, 123]).

A káliumföldpátok mállását befolyásoló tényezők SCHROEDER [101] alapján a következők:

1. Belső tényezők:

- a) a kristályrács rendezettség;
- b) az ásvány nátriumtartalma;
- c) az ásvány szilíciumtartalma;
- d) szemcsenagyság.

2. Külső tényezők:

- a) hőmérséklet;
- b) oldattérfogat;
- c) mállástermékek kilúgzása;
- d) mállásikéreg-képződés;
- e) az oldat kémhatása;
- f) kelátképző anyagok milyensége és koncentrációja;
- g) növények káliumfelvétele.

RICH [95] szerint a mállás mértéke nő a kristályrácsban a Si/Al rendezetlenséggel, a nátriumtartalommal, ezért SCHROEDER [101] szerint a mikroklin ellenállóbb a mállással szemben, mint a szanidin vagy az ortoklász, ill. az ortoklász ellenállóbb, mint az anortoklász. A kristályrácsban az izomorf helyettesítés csökkenésével, a szilíciumtartalom növekedésével nő a stabilitás.

A szemcsenagyság csökkenése természetesen növeli a mállás mértékét.

RICH [95] szerint a pertitesedés is befolyásolja a mállással szembeni ellenállóképességet. A pertites földpátból az albit gyorsabban mállik, mint a káliföldpát. Miután a nátriumföldpát-lemez kioldódott, a megmaradt káliföldpátrészek gyorsabban mállanak el, mint a nem pertites káliföldpátnál.

A külső tényezőket tekintve a hőmérséklet és a talaj nedvességtartalmának a növekedése gyorsítja, míg a mállástermékek felhalmozódása fékezi a mállás folyamatát [101]. A kilúgzódó anyagforgalmi rendszerű talajok a kaolinit képződésének kedveznek, míg azokban a talajokban, ahol a kilúgzás gátolt, a kovasav felhalmozódhat, s ez a montmorillonit képződését segíti elő [54]. A földpát mállása során a korlátolt mértékű káliumkilúgzódás a földpát—csillám átalakulásnak kedvez [123], míg erősen kilúgzott, trópusi talajokban a földpátmállás egészen a gibbsitképződésig is eljuthat. A káliföldpátok mállásánál LOUGHNAN [67] is két esetet különböztet meg, ha az összes kálium kioldódik kaolinit, ha egy része megkötődik a kristályrácsban, illit keletkezik.

KELLER, BALGORD és REESMAN [60] is közöl adatokat a mikroklin desztillált és szénsavas vízben történő oldódásáról, és mállástermékként elsősorban a kaolinképződést valószínűsíti.

A földpátok felületén kialakuló mállási kéreg lassítja a mállást. Képződését régebben általánosnak tartották, míg az újabb anyagvizsgálati módszerekkel végzett vizsgálatok megkérdőjelezik e kéreg általános előfordulását, amint azt az előzőekben részletesen tárgyaltuk.

A földpátok felületi ún. abráziós pH-ja a lúgos tartományba (8—10) esik STEVENS és CARRON (cit. LOUGHNAN [67]) adatai szerint, összhangban azzal a megállapítással, hogy az alkálitartalmú alumino-szilikátok abráziós pH-ja lúgos, míg az alkálimenteseké savanyú.

PEDRO és SIEFFERMANN [88] az alumino-szilikátok mállásánál a közeg kémhatása és sótartalma, illetve ionkoncentrációja szerint négy alapvető mechanizmust különböztet meg, az acidolízist ( $\text{pH} < 5$ ;  $I$  (ionerősség)  $< 0,005$ ), hidrolízist ( $\text{pH} = 5 - 9,6$ ;  $I < 0,005$ ), szalinolízist ( $\text{pH} = 5 - 9,6$ ,  $I > 0,005$ ) és az alkalinolízist ( $\text{pH} > 9,6$ ;  $I < 0,005$ ), amelyekkel a talajban végbemenő mállási folyamatok is értelmezhetők. A mállási végtermékek az eltérő környezeti feltételek között különbözőek, így acidolízis esetében kovasav, alumínium, kálium-klorid, hidrolízisnél a kovasav mellett alumínium-hidroxid és kálium-hidroxid, szalinolízisnél kovasav, alumínium-hidroxid és kálium-klorid, míg alkalinolízisnél szilikát, nátrium-aluminátionok,

valamint nátrium- és kálium-karbonát képződését vezetik le. A folyamat végterméke más lesz, ha a mállás nem megy teljesen végbe, így pl. részleges hidrolízis során a körülményektől függően beidellit, illetve kaolinit vagy halloysit keletkezhet.

A kémhatás savanyodásával a kálicsillámpátok (ortoklász, mikroklin) káliumvesztése kissé nő csak meg, jóval kevésbé mint a csillámoké (biotit, muszkovit, flogopit), eszerint a földpátok és csillámok káliumkioldódásának különbsége a pH-csökkenésével nő [48].

TAN [116] szerint a humusz és fulvosav a káliumföldpátokból savanyú kémhatásnál (pH = 2,5) jóval nagyobb mértékben oldja ki a kavasavat, alumíniumot és káliumot, mint semleges kémhatásnál, és az ortoklász oldódásának mértéke nagyobb, mint a mikroklinnél.

A kelátképző anyagok és a szerves savak növelik a földpátok mállásának mértékét.

A növények káliumfelvétele egyrészt az egyensúlyok eltolásával, másrészt pedig speciális hatásukkal (savasság, szénsav, szerves savak, ioncsere, kelátképző anyagok kiválasztása) fokozza a mállást.

Autigén földpátokat leirtak üledékes kőzetekből: mészkőből, homokkőből, iszapkőből és palából (BERG, BASKIN, FINNEY és BAILEY cit. [78]), így talajban való képződésük lehetősége sem zárható ki.

A földpátpótlók, a nefelin és a kevésbé gyakori leucit különösen instabilak, és az első ásványok között mállanak el [67].

KELLER, BALGORD és REESMAN [60] adatai szerint a vizsgált alumínium-szilikátok között desztillált és szénsavas vízben a nefelin oldódása volt a legnagyobb, még az olivinét is meghaladó mértékű.

### Zeolitok

A talajtan kezdeti szakaszában az úgynevezett humusz-zeolit komplexumnak tulajdonították a talajok adszorpciós képességét. Az anyagvizsgálati módszerek fejlődésével lehetővé vált az egyes zeolitásványok meghatározása, ami nem erősítette meg azt a feltevést, hogy általában a zeolitok a meghatározói a talajok adszorpciós tulajdonságainak. Később az egyes talajok rendhagyó adszorpciós tulajdonságai, és a zeolitok kőzetekbeni előfordulásáról és genetikájáról való ismeretek fejlődése újra felvetették a zeolitok esetleges előfordulásának lehetőségét a talajokban.

A zeolitok előfordulását vizsgálva számosan [12, 43, 80, 82, 114] felismerték és általánosították azt a megfigyelést, hogy a zeolitok vulkáni kőzetek mellett előfordulnak az üledékes kőzetekben is, mégpedig sok esetben gazdaságilag hasznosítható minőségben és mennyiségben. Rámutattak továbbá, hogy a zeolitok képződhetnek sós tavakban is, amely folyamatnak vannak talajtani szempontból is értékelhető vonatkozásai, és érintették előfordulásukat a talajokban is. SURDAM és SHEPPARD [111] összefoglalóan értékelte a zeolitok előfordulását és képződését a sós tavakban. Véleményük szerint különösen a piroklasztikumokban kialakult sós tavak kedveznek a zeolitok képződésének. Leggyakrabban itt az *analcim*, *klinoptilotit*, *phillipsit*, *erionit*, *chabazit* és a *mordenit*. Ezekben a helyeken megvan az a nagy nátrium- és káliumion-aktivitás, pH-érték, valamint kavasav-koncentráció, amelynél ezek a zeolitok stabilisak, illetve képződésük várható [45].

Esetenként (pl. Lake Magadi, Kenya vagy Teels Marsh, Nevada) elkülöníthetők az autigén ásványok zónái, amelyeket a következő folyamatok hoznak létre:

- a) kőzetüveg → alkáli zeolit;
- b) alkáli zeolit → analcim;
- c) analcim → káliumföldpát;
- d) alkáli zeolit → kalciumföldpát.

A folyamatok fenti sorrendje a tó növekvő sótartalmát és lúgosságát is jelzi.

A zeolitok jóval ritkábban képződnek nem vulkáni tufákban kialakult sós tavakban is. HAY [42, 43] a zeolitok (*phillipsit*, *chabazit*, *analcim*, *nátrolit*) ilyen körülmények közötti

előfordulását írta le a tanganyikai Olduvai Gorge sós tavából. Elképzelése szerint itt az egyes zeolitok (analcim, klinoptilolit) agyagásványokból képződtek.

BABCOCK [3], majd SCHULTZ és szerzőtársai [102] a kaliforniai San Joaquin-völgy gránitos alluviumán kialakult lúgos kémhatású Fresno-sorozat talajaiban rendhagyó adszorpciós tulajdonságokat észleltek. Az utóbbiak okát keresve analcimit mutattak ki e talajokból, és BALDAR és WHITTIG [4] szerint a legtöbb analcimit a durvaagyag- (2—0,2  $\mu\text{m}$ ) és a finomiszapfrakcióban (5—2  $\mu\text{m}$ ) határozták meg, de kimutatható volt a finomagyag- (0,2  $\mu\text{m}$  >) és a durvaiszap-frakcióban (20—5  $\mu\text{m}$ ) is. A talajban az analcim mennyisége a felszíntől a mélységgel csökkent, amiből arra következtettek, hogy a talajban képződött. E feltevést azzal is bizonyították, hogy a talajból az analcimit kioldották, majd kikristályosították, s ennek során Na-phillipsitet kaptak.

A burundi-i Ruzini-folyó medencéjében kialakult lúgos, erősen szódás talajokból FRANKART és HERBILLON [32] írt le analcimit.

KAPOOR, SINGH és GOSWAMI [58] indiai (Maipur körzete, Uttar Pradesh) erősen karbonátos és lúgos alluviális talaj agyagfrakciójában határozott meg analcimit, amelynek a mennyisége a mélységgel csökkent. E tényből, és abból a megfigyelésből, hogy az analcim az iszapfrakcióban nem fordult elő, a zeolitnak a talajban végbement képződésére következtettek.

Az Indus-folyó alluviumán Pakisztánban kialakult talajokat vizsgálva HUSSAIN és AHMAD [52] is rendhagyóan nagy ESP-értékeket határozott meg. Ennek az alapján analcim jelenlétére következtettek, ezt azonban a röntgendiffrakciós vizsgálatok nem erősítették meg.

SMALE (cit. SZUPRŰCSEV [115]) a Nata-folyó (Becuána-föld) alluviumán kialakult öntéstalajok talajképző kőzetéből írt le klinoptilolitot.

Japánból (Aizu és Pusukawa körzete) rizstermesztéssel művelt elluviális talajoknak mind az agyag-, iszap- és homokfrakciójából KANEKO, SHOJI MASUI [57] határoztak meg klinoptilolitot, amelyet a talajképző kőzetből származtattak.

SAIGUSA és munkatársai [99] ugyancsak Japánból alluviumon kialakult paddy talajokból és a folyómeder hordalékából mutattak ki elsődleges eredetűnek tekintett klinoptilolitot és mordenitet.

Új-Zélandi rioliton kialakult talajok agyagfrakciójában KIRKMAN [61] határozott meg elsődleges eredetűnek tekintett mordenitet.

A Csad-tó melléki szódás talajokból MAGLIORE és TARDY mordenitet, tanzániai szódás talajokból HAY phillipsitet írt le (cit. SZUPRŰCSEV [115]).

A Szovjetunióban GORBUNOV és BOBROVICKIJ [36] a Kvirli és Rioni folyók (Grúzia) alluviumából és az azon kialakult talajokból határozott meg a 2—10  $\mu\text{m}$  frakcióban klinoptilolitot, míg TRAVNIKOVA és szerzőtársai [118] a Volga menti területek és a Kaspi-síkság szolonyec és szoloncsák talajaiból írták le ezt az ásványt.

GORBUNOV és szerzőtársai [37] a Szovjetunió talajaiban az agyagfrakció ásványtani összetételét összegezve a szolonyec és a csernozjom talajokból jelezték a zeolitok előfordulását.

Lengyelországban ősi alluviumon kialakult kilúgozott barnaföldek kolloidfrakciójából BROGOWSKI, DOBRZANSKI és KOCON [15] pásztázó és transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatokkal zeolit előfordulását valószínűsítette, amelyet a talajszelvénynek a felső 80 cm-ben lehetett kimutatni.

Összehasonlításul utalni kell arra, hogy az üledékes kőzetekben előforduló gyakoribb zeolitok (klinoptilolit, erionit, chabazit, phillipsit, analcim és mordenit) morfológiáját MUMPTON és ORMSBY [81] jellemezte pásztázó elektronmikroszkóppal.

A fenti igen rövid összefoglalásból is kitűnik, hogy számos új megállapítás született az ásványok talajokban előfordulásáról és az azt befolyásoló tényezőkről, amelyek közül egyesek más felfogást tükröznek, mint ami hazánkban jelenleg elterjedt.

## Irodalom

- [1] ADAMS, J. E. & MATELSKI, R. P.: Distribution of heavy minerals and soil development in Scott silt loam. *Soil Sci.* **79**, 59—69. 1955.
- [2] ARNOLD, P. W.: Nature and mode of weathering of soil-potassium reserves. *J. Sci. Food Agric.* **11**, 285—292. 1960.
- [3] BABCOCK, K. L.: Evidence for sodium fixation in salt-affected soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **24**, 85—86. 1960.
- [4] BALDAR, N. A. & WHITTING, L. P.: Occurrence and synthesis of soil zeolites. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **32**, 235—238. 1968.
- [5] BARSHAD, I.: Chemistry of soil development. In: *Chemistry of the soil.* (Ed.: BEAR, F. E.) 1—70. Oxford. IBH Publ. Co. New Delhi—Bombay—Calcutta. 1964.
- [6] BARTH, T. F. W.: *Feldspars.* Wiley Interscience Publ. John Wiley & Sons, Inc. New York—London—Sydney—Toronto. 1969.
- [7] BERNER, R. A. & HOLDREN, G. R. JR.: Mechanism of feldspar weathering: Some observational evidence. *Geology.* **5**, 369—372. 1977.
- [8] BERNER, R. A. & HOLDREN, G. R. JR.: Mechanism of feldspar weathering. II. Observations of feldspars from soils. *Geochim. cosmoch. Acta.* **43**, 1173—1186. 1979.
- [9] BERNER, R. A. et al.: Dissolution of pyroxenes and amphiboles during weathering. *Science.* **207**, 1205—1206. 1980.
- [10] BİSDOM, E. B. A.: A review of the application of submicroscopic techniques in soil micromorphology. I. In: *Submicroscopy of soils and weathered rocks. First Workshop of the International Working-Group on Submicroscopy of Undisturbed Soil Materials (IWGSUSM).* (Ed.: BİSDOM, E. B. A.) 67—116. Pudoc. Wageningen. 1980.
- [11] BİSDOM, E. B. A.: A review of the application of submicroscopic techniques in soil micromorphology. II. In: *Submicroscopy of soils and weathered rocks. First Workshop of the International Working-Group on Submicroscopy of Undisturbed Soil Materials (IWGSUSM).* (Ed.: BİSDOM, E. B. A.) 117—162. Pudoc. Wageningen. 1980.
- [12] BRECK, D. W.: Mineral zeolites. In: *Zeolite molecular sieves. Structure, chemistry and use.* (Ed.: BRECK, D. W.) 186—244. Wiley Interscience. New York. 1974.
- [13] BREEMEN, N. VAN & BRINKMAN, R.: Chemical equilibria and soil formation. In: *Soil chemistry. Basic elements.* (Eds.: BOLT, G. H. & BRUGGENWERT, M. G. M.) 141—170. Elsevier Publ. Co. Amsterdam—Oxford—New York. 1976.
- [14] BREWER, R.: *Fabric and mineral analysis of soils.* John Wiley & Sons, Inc. New York—London—Sidney. 1964.
- [15] BROGOWSKI, Z., DOBRZANSKI, B. & KOCON, J.: Morphology of natural zeolites occurring in soil as determined by electron microscopy. *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences. Serie des Sciences de la Terre.* **27**, 115—117. 1979.
- [16] BUCKHANNAN, W. H. & HAM, W. E.: Preliminary investigations of heavy mineral criteria as an aid in the identification of certain soils in Oklahoma. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **6**, 63—67. 1941.
- [17] CADY, J. G.: Soil analyses significant in forest soils investigations and methods of determination. III. Some mineralogical characteristics of podzol and brown podzolic forest soil profiles. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **5**, 352—354. 1940.
- [18] CAROLL, D.: Weatherability of zircon. *J. sediment. Petrol.* **23**, 106—116. 1953.
- [19] CAROLL, D.: Description of a Montalto soil in Maryland. *Soil Sci.* **75**, 87—102. 1953.
- [20] CAROLL, D. & WOOF, M.: Laterite developed on basalt at Inverell, New South Wales. *Soil Sci.* **72**, 87—99. 1951.
- [21] *Chemistry of the soil.* (Ed.: BEAR, F. E.) Oxford & IBH Publ. Co. New Delhi—Bombay—Calcutta. 1964.
- [22] DEER, W. A., HOWIE, R. A. & ZUSSMAN, J.: *Rock-forming minerals.* Vol. 4. Framework silicates. Longmans, Green and Co. Ltd. London. 1963.
- [23] DELGADO, M. et al.: Estudio edafológico de la Isla Alboran. Sep. Editado e impreso por el Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Granada y los Departamentos de Botánica, Edafología y Parasitología de la Facultad de Farmacia. Granada. 1972.
- [24] DELVIGNE, J. et al.: Olivines, their pseudomorphs and secondary products. *Pédologie.* **29**, 247—309. 1979.

- [25] DIEST, A. VAN: Factors affecting the availability of potassium in soils. In: Potassium in the soil/plant root system. International Potash Institute Research Topics No. 5. 37—59. (Extracted from Proceedings of 11th Congress of the International Potash Institute. 1978.) International Potash Institute. Bern. 1980.
- [26] EGGLETON, R. A. & BUSECK, P. R.: High resolution electron microscopy of feldspar weathering. *Clays Clay Miner.* **28**. 173—175. 1980.
- [27] ELLIS, S.: An investigation of weathering in some arctic-alpine soils on the Northeast flank of Oksskolten, North Norway. *J. Soil Sci.* **31**. 371—385. 1980.
- [28] ESWARAN, H.: Morphology of allophane, imogolite and halloysite. *Clay Miner.* **9**. 281—285. 1972.
- [29] ESWARAN, H.: The alteration of plagioclases and augites under differing pedo-environmental conditions. *J. Soil Sci.* **30**. 547—555. 1979.
- [30] ESWARAN, H. & DE CONINCK, F.: Clay mineral formations and transformation in basaltic soils in tropical environments. *Pédologie.* **21**. 181—210. 1971.
- [31] ESWARAN, H. & WONG CHAW BIN: A study of a deep weathering profile on granite in peninsular Malaysia: III. Alteration of feldspars. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **42**. 154—158. 1978.
- [32] FRANKART, R. & HERBILLON, A.: Présence et genèse d'analcime dans les sols sodiques de la Basse Ruzini (Burundi). *Bull. Groupe franç. Argiles.* **22**. 79—89. 1970.
- [33] GARRELS, R. M. & CHRIST, V. L.: Solutions, minerals and equilibria. Harper & Row. New York. 1965.
- [34] GOLDICH, S. S.: A study of rock weathering. *J. Geol.* **46**. 17—58. 1938.
- [35] GORBUNOV, N. I.: Mineralogija i fiziceszkaja himija pocsv. Izd. Nauka. Moszkva. 1978.
- [36] GORBUNOV, N. I. & BOBROVICKIJ, A. V.: Raszprosztralenie, genezis, sztruktura i szvojsztva ceolotov. *Pocsvovedenie.* (5) 93—101. 1973.
- [37] GORBUNOV, N. I. et al.: Raszprosztralenie, preobrazovanie i peredvizsenie vúzokodiszpersznüh mineralov v pocsvah. Trudü X. mezsdunarodnogo kongressza pocsvovedov. Moszkva. **7**. 17—22. 1974.
- [38] GRAHAM, E. R.: Soil mineralogy as an index to the trace-element status of some Australian soils. *Soil Sci.* **75**. 333—343. 1953.
- [39] GRASSELLY GY.: A geokémia alapjai. Tankönyvkiadó. Budapest. 1982.
- [40] GREENLAND, D. J. & HAYES, M. H. B.: The chemistry of soil constituents. Wiley Interscience Publ. John Wiley & Sons, Inc. Chishester—New York—Brisbane—Toronto. 1978.
- [41] HALLSWORTH, E. G. & WARING, H. D.: Studies in pedogenesis in New South Wales. VII. An alternative hypothesis for the formation of the solodized-solonetz of the Pilliga district. *J. Soil Sci.* **15**. 158—177. 1964.
- [42] HAY, R. L.: Phillipsite of saline lakes and soils. *Amer. Min.* **49**. 1366—1387. 1964.
- [43] HAY, R. L.: Geologic occurrence of zeolites. In: Natural zeolites. (Eds.: SAND, L. B. & MUMPTON, F. A.) 135—143. Pergamon Press. Oxford—New York—Paris—Frankfurt—Sydney. 1978.
- [44] HELGESON, H. C., GARRELS, R. M. & MACKENZIE, F. T.: Evaluation of irreversible reactions in geochemical processes involving minerals and aqueous solutions. II. Applications. *Geochim. cosmoch. Acta.* **33**. 455—481. 1969.
- [45] HESS, P. C.: Phase equilibria of some minerals in the  $K_2O-Na_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$  system at 25 °C and 1 atmosphere. *Amer. J. Sci.* **264**. 289—309. 1966.
- [46] HOLDREN, G. R. & BERNER, R. A.: Mechanism of feldspar weathering. I. Experimental studies. *Geochim. cosmoch. Acta.* **43**. 1161—1171. 1979.
- [47] HUANG, P. M.: Feldspars, olivines, pyroxenes and amphiboles. In: Minerals in soil environments. (Eds.: DIXON, J. B. & WEED, S. B.) 553—600. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison. 1977.
- [48] HUANG, P. M., CROSSON, L. S. & RENNIE, D. A.: Chemical dynamics of potassium release from potassium minerals common in soils. *Trans. 9th Internat. Congr. Soil Sci. Adelaide.* **2**. 705—712. 1968.
- [49] HUANG, W. H. & KELLER, W. Ó.: Dissolution of rock-forming silicate minerals in organic acids: simulated first-stage weathering of fresh mineral surfaces. *Amer. Min.* **55**. 2076—2094. 1970.
- [50] HUANG, W. H. & KIANG, W. C.: Laboratory dissolution of plagioclase feldspars in water and organic acids at room temperature. *Amer. Min.* **57**. 1849—1859. 1972.
- [51] HUFFMANN, H.: Mineralogische Untersuchungen an fünf Bodenprofilen über Basalt, Muschelkalk und Buntsandstein. *Heidelberger Beiträge zur Mineralogie und Petrographie.* **4**. 67—88. 1954.
- [52] HUSSAIN, M. S. & AHMAD, S.: A study of analcime mineral in some soils of West Pakistan. *Pakist. J. scient. ind. Res.* **12**. 34—36. 1969.

- [53] JACKSON, M. L.: Chemical composition of soils. In: Chemistry of the soil. (Ed.: BEAR, F. E.) 71—141. Oxford. IBH Publ. Co. New Delhi—Bombay—Calcutta. 1964.
- [54] JACKSON, M. L.: Weathering of primary and secondary minerals in soils. Trans. 9th Internat. Congr. Soil Sci. Adelaide. 4. 281—292. 1968.
- [55] JACKSON, M. L. & SHERMAN, G. D.: Chemical weathering of minerals in soils. *Advanc. Agron.* 5. 219—318. 1953.
- [56] JEFFRIES, C. D. & WHITE, J. W.: Some mineralogical characteristics of limestone soils of different localities. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 5. 304—308. 1940.
- [57] KANEKO, S., SHOJI, S. & MASUI, J.: An occurrence of zeolite in paddy soils. I. Abstract Soil Sci. Plant Nutr. 18. 206—207. 1972.
- [58] KAPOOR, B. S., SINGH, H. B. & GOSWAMI, S. C.: Analcime in a sodic profile. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 28. 513—515. 1980.
- [59] KELLER, W. D.: Kaolinization of feldspar as displayed in scanning electron micrographs. *Geology.* 6. 184—188. 1978.
- [60] KELLER, W. D., BALGORD, W. D. & REESMAN, A. L.: Dissolved products of artificially pulverized silicate minerals and rocks. I. J. sediment. *Petrol.* 33. 191—204. 1963.
- [61] KIRKMAN, J. H.: Clay mineralogy of Rotomahana sandy loam soil, North Island, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophys.* 19. 35—41. 1976.
- [62] KISS J.: Ásvány-közzetani alapismeretek. Tankönyvkiadó. Budapest, 1976.
- [63] KOCH S., SZTRÓKAY K. I. & GRASSELY GY.: Ásványtan I—II. Tankönyvkiadó. Budapest. 1967.
- [64] KUBOVICS I.: Kőzetmikroszkópia. Tankönyvkiadó. Budapest. 1964.
- [65] LANYON, L. E. & HALL, G. F.: Dissolution of selected rocks and minerals in a dilute salt solution as influenced by temperature regime. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 43. 192—195. 1979.
- [66] LINDSAY, W. L.: Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, Inc. New York—Brisbane—Toronto. 1979.
- [67] LOUGHNAN, F. C.: Chemical weathering of the silicate minerals. American Elsevier Publishing Co., Inc. New York. 1969.
- [68] MAREL H. W. VAN DER: Mineralogical composition of a heath podzol profile. *Soil Sci.* 67. 193—207. 1949.
- [69] MARSHALL, C. E.: A petrographic method for the study of soil formation processes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 5. 100—103. 1940.
- [70] MARSHALL, C. E.: The physical chemistry and mineralogy of soils. 1. Soil materials. John Wiley & Sons, Inc. New York—London—Sydney. 1964.
- [71] MARSHALL, C. E.: The physical chemistry and mineralogy of soils. 2. Soils in place. John Wiley & Sons, Inc. New York—London—Sydney—Toronto. 1977.
- [72] MARSHALL, C. E. & HASEMAN, J. F.: The quantitative evaluation of soil formation and development by heavy mineral studies: a Grundy silt loam profile. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 7. 448—453. 1942.
- [73] MARSHALL, C. E. & JEFFRIES, C. D.: Mineralogical methods in soil research. I. The correlation of soil types and parent materials, with supplementary information on weathering processes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 10. 397—405. 1945.
- [74] MATELSKI, R. P. & TURK, L. M.: Heavy minerals in some podzol profiles in Michigan. *Soil Sci.* 64. 469—487. 1947.
- [75] MAURITZ B. & VENDL A.: Ásványtan I—II. Kir. Magyar Egyetemi Nyomda. Budapest. 1942.
- [76] MCCAULEB, S. B.: Profile studies of normal soils of New York: IV. Mineralogical properties of the grey-brown podzolic-brown podzolic soil sequence. *Soil Sci.* 77. 319—333. 1954.
- [77] Mineralogy in soil science & engineering. SSSA special publication. No. 3. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison. 1968.
- [78] Minerals in soil environments. (Eds.: DIXON, J. B. & WEED, S. B.) Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison. 1977.
- [79] MITCHELL, W. A.: Heavy minerals. In: Soil Components 2. (Ed.: GIESEKING, J. E.) 449—480. Springer Verlag. Berlin—Heidelberg—New York. 1975.
- [80] MUMPTON, F. A.: Worldwide deposits and utilization of natural zeolites. *Ind. Miner.* 73. 30—45. 1973.
- [81] MUMPTON, F. A. & ORMSBY, W. C.: Morphology of zeolites in sedimentary rocks by scanning electron microscopy. In: Natural zeolites. Occurrence, properties, use. (Eds.: SAND, L. B. & MUMPTON, F. A.) 113—127. Pergamon Press. Oxford—New York—Paris—Frankfurt—Sydney. 1978.
- [82] MUMPTON, F. A. & SHEPPARD, R. A.: Zeolites. *GeoTimes.* 17. 16—17. 1972.



- [83] NASH, V. E. & MARSHALL, C. E.: Cationic reactions of feldspar surfaces. *Soil Sci. Amer. Proc.* **21**, 149—153. 1957.
- [84] NEMECZ E.: A mállási folyamatok geokémiája. In: *Az üledékes petrológia újabb eredményei. Magyarhoni Földtani Társulat Kiadványa. Budapest.* 293—313. 1971.
- [85] NEMECZ E.: *Agyagásványok. Akadémiai Kiadó. Budapest.* 1973.
- [86] NICKEL, E.: Experimental dissolution of light and heavy minerals in comparison with weathering and intratratal solutions. *Contribution to Sedimentology.* **1**, 1—68. 1973.
- [87] NIXON, R. A.: Differences in incongruent weathering of plagioclase and microcline. Cation leaching versus precipitates. *Geology.* **7**, 221—224. 1979.
- [88] PEDRO, G. & SIEFFERMANN, G.: Weathering of rocks and formation of soils. In: *Review in modern problems in geochemistry.* (Ed.: SIEGEL, F. R.) 39—55. UNESCO. International Association for Geochemistry and Cosmochemistry. Earth Sciences. 16. Paris. 1979.
- [89] PETROVIC, R.: Rate control in feldspar dissolution. I—II. The protective effect of precipitates. *Geochim. cosmoch. Acta.* **40**, 1509—1521. 1976.
- [90] PETROVIC, R., BERNER, R. A. & GOLDHABER, M. B.: Rate control in dissolution of alkali feldspars. I. Study of residual feldspar grains by X-ray photoelectron spectroscopy. *Geochim. et cosmoch. Acta.* **40**, 453—548. 1976.
- [91] PLAS, L. VAN DER: The identification of detrital feldspars. *Developments in Sedimentology.* **6**. Elsevier Publ. Co. Amsterdam—London—New York. 1966.
- [92] RADOSLOVICH, E. W.: Feldspar minerals. In: *Soil components.* (Ed.: GIESEKING, J. E.) 443—448. Springer Verlag. Berlin—Heidelberg—New York. 1975.
- [93] RAI, D. & LINDSAY, L.: A thermodynamic model for predicting the formation, stability and weathering of common soil minerals. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **39**, 991—996. 1975.
- [94] RICH, C. I.: Mineralogy of soil potassium. In: *The role of potassium in agriculture.* (Eds.: KILMER, V. J., YOUNTS, S. E. & BRADY, N. C.) 79—108. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison 1968.
- [95] RICH, C. I.: Potassium in soil minerals. In: *Potassium in soil.* 9th International Colloquium. 15—31. International Potash Institute. Bern. 1972.
- [96] RODGERS, G. P. & HOLLAND, H. D.: Weathering products within microcracks in feldspars. *Geology.* **7**, 278—280. 1979.
- [97] ROTSCHE, J.: Die Schwermineralzusammensetzung periglazialer Deckschichten des Thüringer Buntsandsteingebietes in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial. *Chemie der Erde.* **32**, 259—269. 1973.
- [98] ROTSCHE, J.: Die Leichtmineralzusammensetzung von Böden und quarterän Deckenschichten auf Buntsandstein in Ostthüringen. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde.* **18**, 101—110. 1974.
- [99] SAIGUSA, M. et al.: Clay minerals of paddy soils in Tohoku districts. II. Soils of the Northern area of Fukushima Basin. *Abstract. Soil Sci. & Plant Nutr.* **22**, 220. 1976.
- [100] SCHROEDER, D.: Mineralogische Untersuchungen an Lössprofilen. *Heidelberger Beiträge zur Mineralogie und Petrographie.* **4**, 443—463. 1955.
- [101] SCHROEDER, D.: Structure and weathering of potassium containing minerals. In: *Potassium in the soil/plant root system.* International Potash Institute Research Topics No. 5. 5—25. (Extracted from the Proceedings of 11th Congress of the International Potash Institute. 1978.) International Potash Institute. Bern. 1980.
- [102] SCHULTZ, R. K., R. OVERSTREET & BARSHAD, I.: Some unusual ionic exchange properties of sodium in certain salt affected soils. *Soil Sci.* **99**, 161—165. 1965.
- [103] SMART, P. & TOVEY, N. K.: *Electron microscopy of soils and sediments: examples.* Clarendon Press. Oxford. 1981.
- [104] SMITH, J. V.: *Feldspar minerals.* 1—2. Springer Verlag. Berlin—Heidelberg—New York. 1974.
- [105] *Soil chemistry. A. Basic elements* (Eds: BOLT, G. H. & BRUGGENWERT, M. G. M.) Elsevier Publ. Co. Amsterdam—Oxford—New York, 1976.
- [106] *Soil chemistry. B. Physico-chemical models.* (Ed.: BOLT, G. H.) Elsevier Publ. Co. Amsterdam—Oxford—New York. 1982.
- [107] *Soil components. 2.* (Ed.: GIESEKING, J. E.) Springer Verlag. Berlin—Heidelberg—New York. 1975.
- [108] STEFANOVITS P.: *Talajtan. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.* 1981.

- [109] STEPHEN, I.: A study of rock weathering with reference to the soils of the Malvern Hills. *J. Soil Sci.* **3**, 20—33. 1952.
- [110] Submicroscopy of soils and weathered rocks. First Workshop of the International Working Group on Submicroscopy of Undisturbed Soil Materials (IWGSUSM). (Ed.: BISDOM, E. B. A.) Pudoc. Wageningen. 1980.
- [111] SURDAM, R. C. & SHEPPARD, R. A.: Zeolites in saline, alkaline-lake deposits. In: *Natural zeolites. Occurrence, properties, use.* (Eds.: SAND, L. B. & MUMPTON, F. A.) 145—174. Pergamon Press. Oxford—New York—Paris—Frankfurt—Sydney. 1978.
- [112] SZÁDECZKY-KARDOSS E.: *Geokémia. Akadémiai Kiadó. Budapest.* 1955.
- [113] SZÁDECZKY-KARDOSS E.: *Közettan I—II—III. Tankönyvkiadó. Budapest.* 1962. 1963.
- [114] SZENDEROV, E. E. & HITAROV, N. I.: *Ceolitü, ih szintez i uszlovija obrazovanija v prirode.* Izd. Nauka. Moszkva. 1970.
- [115] SZUPRUCSEV, V. A.: *Ceolitü nektorüh pocsv i pocsvobrazujuscsih oszadocsnüh i oszadocsnovulkanogennüh porod. Naucsñie dokladü vüszsej skolü. Biologicseszkie nauki.* **19**, 114—119. 1976.
- [116] TAN, K. H.: The release of silicon, aluminium, and potassium during decomposition of soil minerals by humic acid. *Soil Sci.* **129**, 5—11. 1980.
- [117] TAZAKI, K.: Scanning electron microscopic study of imogolite formation from plagioclase. *Clays Clay Miner.* **27**, 209—212. 1979.
- [118] TRAVNIKOVA, L. Sz., GRADUSZOV, B. P. & CSIZIKOVA, N. P.: *Ceolitü nektorüh pocsvah. Pocsvovedenie.* (3) 106—114. 1973.
- [119] VENDL A.: *Geologia I—II. Tankönyvkiadó. Budapest.* 1957.
- [120] VERSTRATEN, J. M. & SEVINK, J.: Clay soils on limestone in South Limburg, the Netherlands. 2. *Weathering. Geoderma.* **21**, 269—280. 1979.
- [121] WEYL, R.: Studies of heavy minerals in soil profiles. *Z. Pfl. Dñng. Bke.* **57**, 135—141. 1952.
- [122] WILLIAMS, C. & YAALON, D. H.: An experimental investigation of reddening in dune sand. *Geoderma.* **17**, 181—191. 1977.
- [123] WILSON, M. J.: Chemical weathering of some primary rock-forming minerals. *Soil Sci.* **119**, 349—355.
- [124] WILSON, M. J. & FARMER, V. C.: A study of weathering in a soil derived from a biotite-hornblende rock. II. The weathering of hornblende. *Clay Miner.* **8**, 435—444. 1970.

SZENDREI GÉZA

Természettudományi Múzeum  
Ásvány- és Közettára, Budapest

*Érkezett: 1984. február 22.*