

A talajban végbemenő ásvány-átalakulási folyamatok

NEMECZ ERNŐ

Veszprémi Vegyipari Egyetem, Ásványtan Tanszék

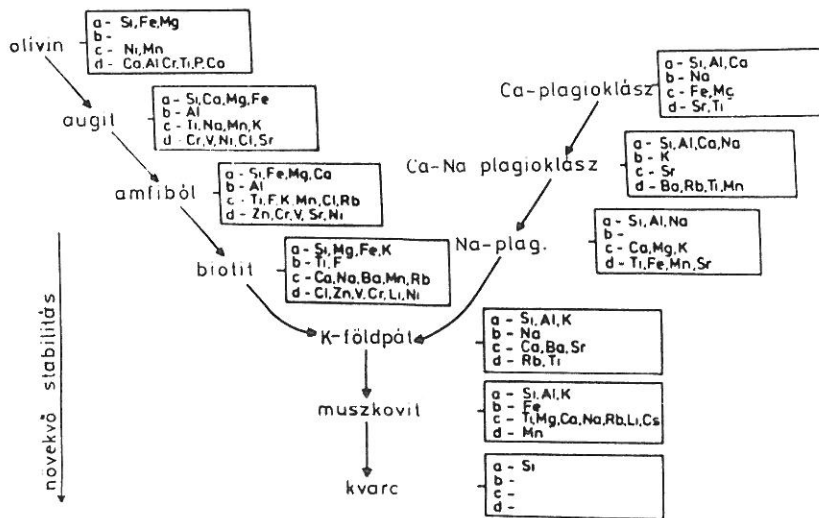
A talajok anorganikus komponensei /ásványai/ a mállási/képződési sebesség szempontjából két csoportba foglalhatók. Egy részük /pl. a vas kioldódása majd kicsapódása, a kalcit oldódása és kiválása/ viszonylag gyorsan zajló folyamatok eredményei. A másik csoport ásványai viszont oly lassú reakciók révén változnak, hogy emberi léptékkal szemlélve a talaj stabilis összetevőinek szimbólumává váltak /pl. kvarc/. A talajásványtani irodalom ezért első sorban fenomenológiai szempontból tárgyalja azokat /STEFANOVITS, 1975; SZENDREI, 1984; HINRICH, 1985/, felsorolva mindazokat az ásványokat, amelyek a vizsgálatok során az észlelés körébe kerültek /statikus módszer/.

Bár az előfordulás gyakorisága bonyolult kapcsolat révén maga is utal valamely ásvány stabilitására, az utóbbival mélyrehatóbban laboratóriumi vizsgálatok és elméleti termodinamikai megfontolások foglalkoznak. Ezek hosszú sorából kiemeljük GOLDICH /1938/ munkáját, aki elsőként adta meg a legfontosabb közetalkotó ásványok stabilitási sorrendjét /l. ábra/. Ebből kitűnik, hogy a stabilitási sorrend mintegy fordítottja az ásványok magmából történő kiválási sorrendjének.

E kutatások, mint látható, inkább a mállási folyamatokra irányulnak, vagyis azokra, amelyek révén a primer kőzetek ásványainak atomjai a felszíni viszonyok /atmo-, hidro-, bioszféra/ körülményei közötti stabilis elrendezésbe mennek át. Végso soron a talaj maga is a mállási folyamatok termékének fogható fel, s így felmerülhet a kérdés, van-e értelme beszélni a talaj mállásáról.

Ha a talajok ásványi komponenseit szemügyre vesszük, nyilvánvalóvá válik, hogy ezek többsége még nem jutott el az elméletileg lehetséges átalakulási folyamat végpontjába. Így azok a folyamatok, amelyek a primer kőzet ásványainak lebomlásához és a talajok kialakulásához vezetnek, nem szűnnek meg hatni a talajokban sem, s azok csupán az ásványi komponenseket tekintve is tovább folytatódnak.

Másfelől felmerülhet az a kérdés is, hogy vajon - a szélsőségesen arid és nivális területektől eltekintve - beszélhetünk-e egyáltalán a bioszféra közrehatása nélküli mállási folyamatról. A tényleges természeti folyamatok ugyanis arra utalnak, hogy a földfelszín nagy részén a mállás és talajképződés túlnyomóan átfedő jelenség. Vagyis úgy találjuk, hogy a talaj geológiai szempontból is rendkívül fontos képződmény.



1. ábra

Primer ásványok stabilitási sorrendje a mállás során /GOLDICH, 1938; WEDEPOHL, 1969; DEER et al., 1963/. Gyakoriság: a = 10x %; b = x %; c = 0,1 x %; d = 0,0x %

A talajászványok többségének átalakulása lassú, közvetlenül nem megfigyelhető jelenség. Ezért a statikusnak mondható vizsgálatok /pl. a mélység szerint vett átlagminták ásványi összetételének kvantitatív meghatározása/ nem engednek bepillantást a folyamat irányába, vagyis arra a legfontosabb mozzanatra, hogy a kiválasztott ásvány az adott helyen le-, vagy felépülőben van-e. Az átlagmintákban mutatkozó mennyiségi különbségek ugyanis többféle okra vezethetők vissza, többek között a rekonstruálhatatlan eredeti összetétel különbségére is.

Az idevágó vizsgálatok érdekessége és indokoltsága abban van, hogy a földfelszín adott helyén a talajban konkrétan lejátszódó mállási folyamatok nem szükségszerűen követik a GOLDICH-szabályt. Ez csak a folyamat általános irányát jelöli ki, amelyetől lokálisan, a helyi adottságoktól függően, számos eltérés, sőt rekurrencia léphet fel, amelyet a statikus vizsgálattal megfigyelni nem tudunk.

Az a módszer, amellyel ezt a nehézséget leküzdeni igyekeztünk, az előbbivel ellentétben dinamikusnak mondható és lényege röviden a következőkben világítható meg.

Vizsgálati módszer

A módszer azt a körülményt használja fel a probléma megoldására, hogy valamely oldódó /lebomló/ ásvány a folyamat során egyre apróbb szemcsékre bomlik fel, a szemcsék méretcsökkenése miatti fajlagos felület növekedése pedig növeli az oldódási sebességet. Huzamosan tartó folyamat esetében végeredményként azt találjuk, hogy a vizsgált minta szemcsenagyság szerint szétválasztott frakcióiban a nagyobb szemcsemérettől a kisebb felé haladva, csökken az ásvány relatív mennyisége.

Felépülő, vagyis a talaj adott pontján éppen keletkezésben lévő ásvány az előbbi jelenség fordítottját mutatja: mennyiségének relatíve nagyobb részét a kis szemcseméretű frakciókban találjuk és a nagyobb szemcsék irányába haladva mennyisége csökken. E jelenség fő oka az, hogy a rendkívül összetett talajoldatban a kristályok növekedése meglehetősen gátolt és az időközönként fellépő nagy koncentrációk miatt /pl. kiszáradás/ viszont sok kristálycsíra keletkezik, s így az ásvány mennyiségének nagyobb részét a kisebb szemcsefrakciókban találjuk.

Természetesen itt két ideális szélső esetet vettünk tekintetbe. A valószínűleg sokszor komplikációk merülnek fel, s ezek természetét figyelembe kell venni az értékelés során.

Mint hogy az eljárás lényege az ásvány különböző szemcseméretű-frakciókban mutatkozó mennyiségének összehasonlításában áll, ezzel egyúttal hallgatólagosan feltételezzük az egyes frakciók szemcséinek monomineralikus jellegét is. A dinamikus módszerrel összefüggő állítások tehát oly mértékben torzulnak, amilyen mértékben az egyes szemcsék nem teljesítik a homogenitásra vonatkozó feltételezést. Az alábbiakban tüntetjük fel a talaj ásványi szemcséinek lehetséges állapotát.

	A szemcse
homogén egykristály /egyfázis, monominerális/	ideális
homogén polikristályos	} reális*
heterogén polikristályos /polifázisos/	

* reális szemcse: különböző számú és/vagy fajú ideális szemcsék tartós alakú halmaza.

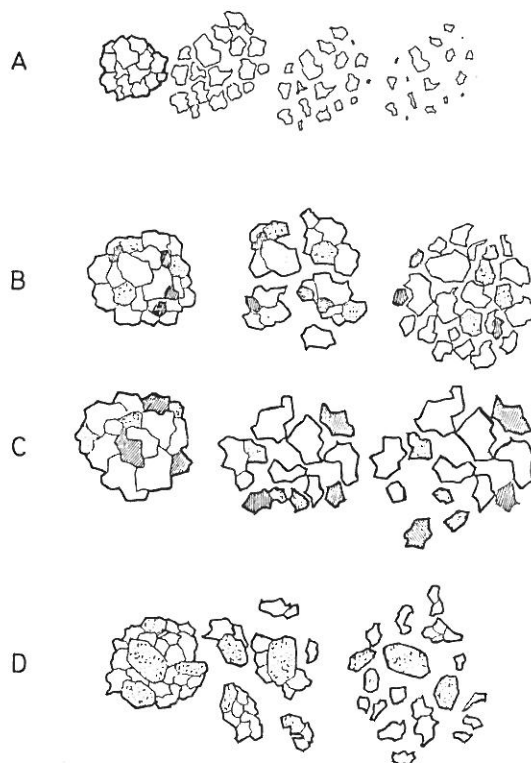
Ebből látható, hogy a módszer megbízhatósága annál jobb, minél inkább közelít a minta szemcseösszetétele az ideálishoz. Ennek mértékét az előkészítés /pl. ultrahangos diszpergálás, stb./ révén fokozhatjuk. Ebben az irányban hat maga a mállás is, amely a szemcsefelületeken haladva elsősorban a különböző ásványszemeket különíti el egymástól.

Kérdés természetesen, hogy a nagyságtól függően a szemcsék milyen mértékben térnek el az ideálistól és hol van a határa a szemcse abszolút nagyságának, amelynél nagyobb méret esetén a módszer használhatatlan.

Evégből tekintsük a szemcsék aprózódása során kialakuló viszonyokat /2. ábra/.

Az A sorban a szemcsék leépülés /mállás/ melletti normális eloszlását tüntettük fel, amelyen látható, hogy minél kisebb a kristályok szemnagysága, annál kisebb a minta egészén belüli tömege. A B és C sorban egy kisebb és nagyobb szemcséből álló aggregátum bomlását ábráztunk annak megvilágítására, hogy a nagyobb szemű aggregátum felbomlása során viszonylag nagyobb szemcsefrakciókban következik be a kvázi-homogén állapot, mint a kisebb szemcséjű aggregátumban. A kiértékelés során ezt a tényt figyelembe kell venni. A D sorban egy speciális álszemcsés állapotot mutatunk be a mátraházi andezit mállástermék esetében. Itt a plagioklász földpát teljes egészében kaolinittá alakul oly szoros kötésben, hogy a szemcsék az eredeti földpát alakját tartják meg. Így a kaolinit a földpátkristályok mérettartományában /20-80 µm/ jelenik meg, holott az individuális szemcsék tényleges mérete 2 µm alatt van.

E példák mind arra intenek, hogy a kiértékelés során a mikroszkópi, sőt elektronmikroszkópi vizsgálatok nem nélkülözhetők. Eddigi megfigyeléseink szerint a talajok 500-400 µm-től kisebb ásványi szemcséi a kvázi-homogén állapot felé haladnak, s különösen 50 µm alatti frakciókban gyakorlatilag megközelítik azt. Ez alól a gyakoribb komponensek közül a vas és a mangán másodlagos kiválásai képezhetnek kivételt, mert egyes ásványok felületéről a leg-



2. ábra

Polikristályos aggregátumok típusai. A. Szemcsék leépülés /mállás/ melletti normális eloszlása. B-C. Kisebb és nagyobb szemcsékből álló aggregátum bomlása. D. Speciális álszemcsés állapot andezit mállástermeknél

erélyesebb dezaggregálás hatására sem válnak le. Ennek fennforgását szintén mikroszkópi vizsgálat alapján kell megállapítani.

A fentiekből következőleg a dinamikus vizsgálat egyik legszorosabb előfeltétele a vizsgálandó minta lehető legtokéletesebb dezaggregálása. Itt ugyanis minden ásvány egyedi szemcséinek eloszlásfüggvényére vagyunk kíváncsiak, amit az aggregálódás csekély foka is eltorzít.

Ugyanílyen fontosságú a szemcsefrakciók méret szerinti éles elválasztása, amit a gondosan előkészített diszperzió szitálása útján végezhetünk el. Tapasztalatunk szerint a nedves és száraz szitálás kombinációja nyújt reális értékeket. A szemcseméret tekintetében a kisebbek felé haladva közelítünk a homogén állapot felé. 1-2 mm-nél nagyobb szemcsék zöme általában heterogén, s így dinamikus vizsgálatra alkalmatlan. Jelentősnek találtuk viszont a közönséges szitálás 50 μm alatti szemcsetartományának további felbontását, amit lézersugarakkal pontos méretűre lyuggatott fémsziták használatával és ultrahang hajtóerő segítségével lehet megvalósítani.

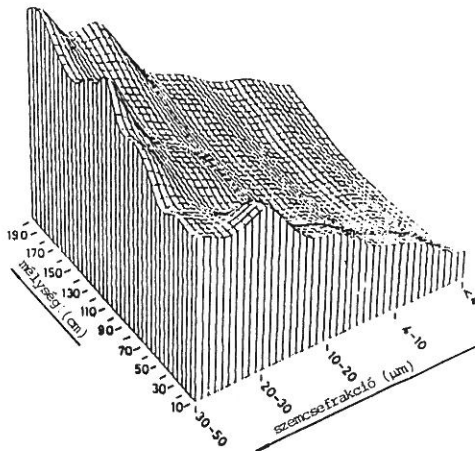
A továbbiakban abból a megfontolásból és gyakorlati megfigyelésből indultunk ki, hogy a mállás intenzitása, valamint az ásványi összetétel átalakulása a talaj felszínétől lefelé haladva változó és ennek követése céljából a talajból 10 cm-enként haladva lefelé átlagmintát vettünk. E mintából eltá-

volítottuk az 1500 μm -nél nagyobb szemcséket, továbbá H_2O_2 -kezeléssel a szerves komponenseket és azokat nem vettük figyelembe. Kb. 10 %-os diszperziót készítettünk, amelyet a diszperzitás növelésére ultrahanggal kezeltünk, elkerülve a szemcsék mechanikai aprózódását. A diszperziót a következő szitasorozaton bocsátottuk át: 1250-800-315-160-80-45-20-10-4 μm , meghatározva e frakcióknak a 110 $^{\circ}\text{C}$ szárazanyaghoz viszonyított tömegét. Ezt a mélység szerinti minden 10 cm-es vastagságú minta átlagából elvégezve a talaj tömeg szerinti szemcseeloszlás-diagramjához jutunk, amely értelem szerűen három dimenzióban ábrázolható. A frakció és mélység függvényében a harmadik dimenzióban valamely komponens, ásvány százalékban kifejezett tömegét ábrázoltuk, s e pontokat egy burkolófelülettel kötöttük össze. A diagram értelem szerűen csak a minimális és a maximális érték közötti tartományt öleli fel, ezt mindig azonos abszolút távolsággal ábrázolva. Így a kvantitatív értékeléshez a kezdőpont százalék értéke és a lépték ismerete nélkülözhetetlen, s ezeket az ábrákon külön feltüntettük.

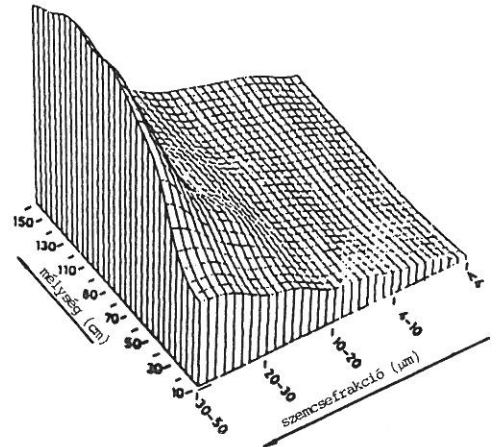
Vizsgálati eredmények

A szemcsés üledékes kőzetekben és talajokban valamely kiválasztott ásvány mennyiségi eloszlása a szemcsefrakciókban bizonyos jellegzetességeket mutat. Gyakori jelenség, hogy egy ásvány mennyisége a csökkenő szemmagysággal csökken /3. és 4. ábra/, ami annak következménye, hogy az ásvány az adott körülmények között leépülőben van. Minthogy a kisebb szemcsék a növekvő fajlagos felület miatt gyorsabban oldódnak, mint a nagyobb szemcsék, relatív mennyiségük folytonosan csökken, esetleg bizonyos szemcse nagyság alatt már egyáltalán nem fordulnak elő.

Az előbbi jelenség ellentéte és ugyancsak gyakran figyelhető meg, hogy az ásvány relatív mennyisége a csökkenő szemmagyság felé haladva növekszik /5. ábra/. Figyelembe véve a kisebb szemcsék jobb oldhatóságát, ilyen elosz-



3. ábra
Földpát eloszlása a bánhalmai szelvényben



4. ábra
Muszkovit eloszlása a borsosgyőri szelvényben

1. táblázat

A szemcseeloszlási folyamat és az eloszlási jellegzetesség közötti kapcsolat szemcsés üledékes kőzetben és talajban

Szemcse eloszlása	Rajta végbemenő folyamat	Az eloszlás jellegzetessége
normális	leépülés /mállás/	a nagyobb frakcióban relatív mennyisége nagyobb
inverz	felépülés /keletkezés/	a nagyobb frakcióban relatív mennyisége kisebb
anomális /vegyes/	zavart	nem konzekvens

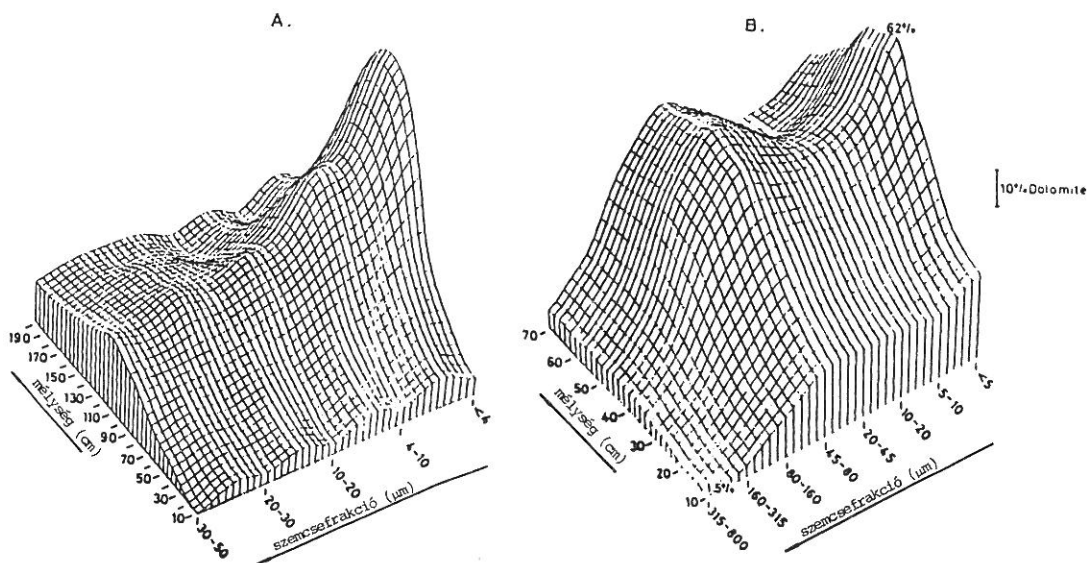
lási kép csak úgy állhat elő, ha a szóban forgó ásvány az adott talajban nem leépülésben, hanem éppen keletkezésben van /autigén ásvány/.

Végül ismerünk olyan eloszlásképet, amely egyik előbbi jellegzetességet sem mutatja és némiképp véletlenszerűen alakul.

Fenti összefüggéseket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

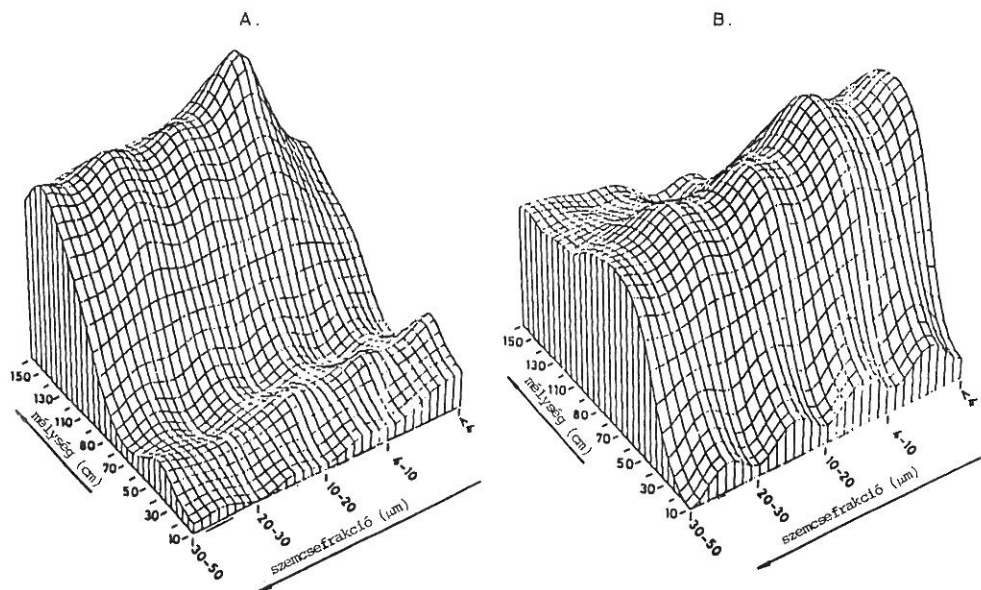
További eloszlástípusok abból adódnak, hogy a frakciók szerinti eloszlás kombinálódik a mélység szerinti eloszlással. Ilyen példát mutat az 5., 6. és 7. ábra. Az 5. ábrán a dolomit 110 cm mélységben maximumon halad keresztül, ugyanakkor erősen kifejezésre jut az inverz eloszlás, jelezvén, hogy a dolomit a mélységben keletkezésben lévő ásvány. A 6. ábra a kalcit 70 cm mélységben minden frakcióra kiterjedő minimumát jelzi, míg ugyanebben a mélységben a dolomit maximumát észleljük.

A mátraházai barna erdősegi talaj vizsgálatának érdekességét fokozta, hogy ebben az esetben teljesen biztosak vagyunk a talaj előd anyaga felől,



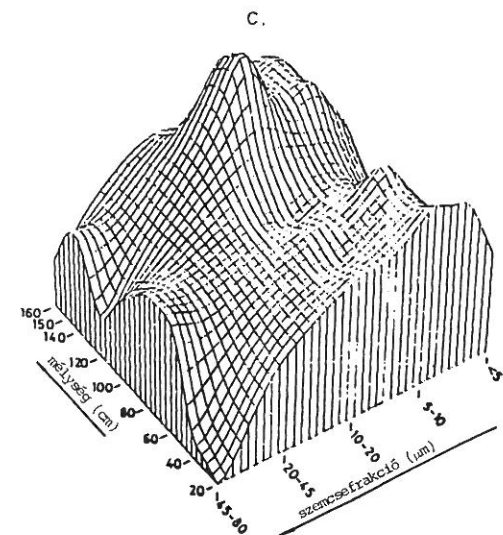
5. ábra

Dolomit eloszlása a bánhalmai /A/ és az apajpusztai szolonyec talajban /B/

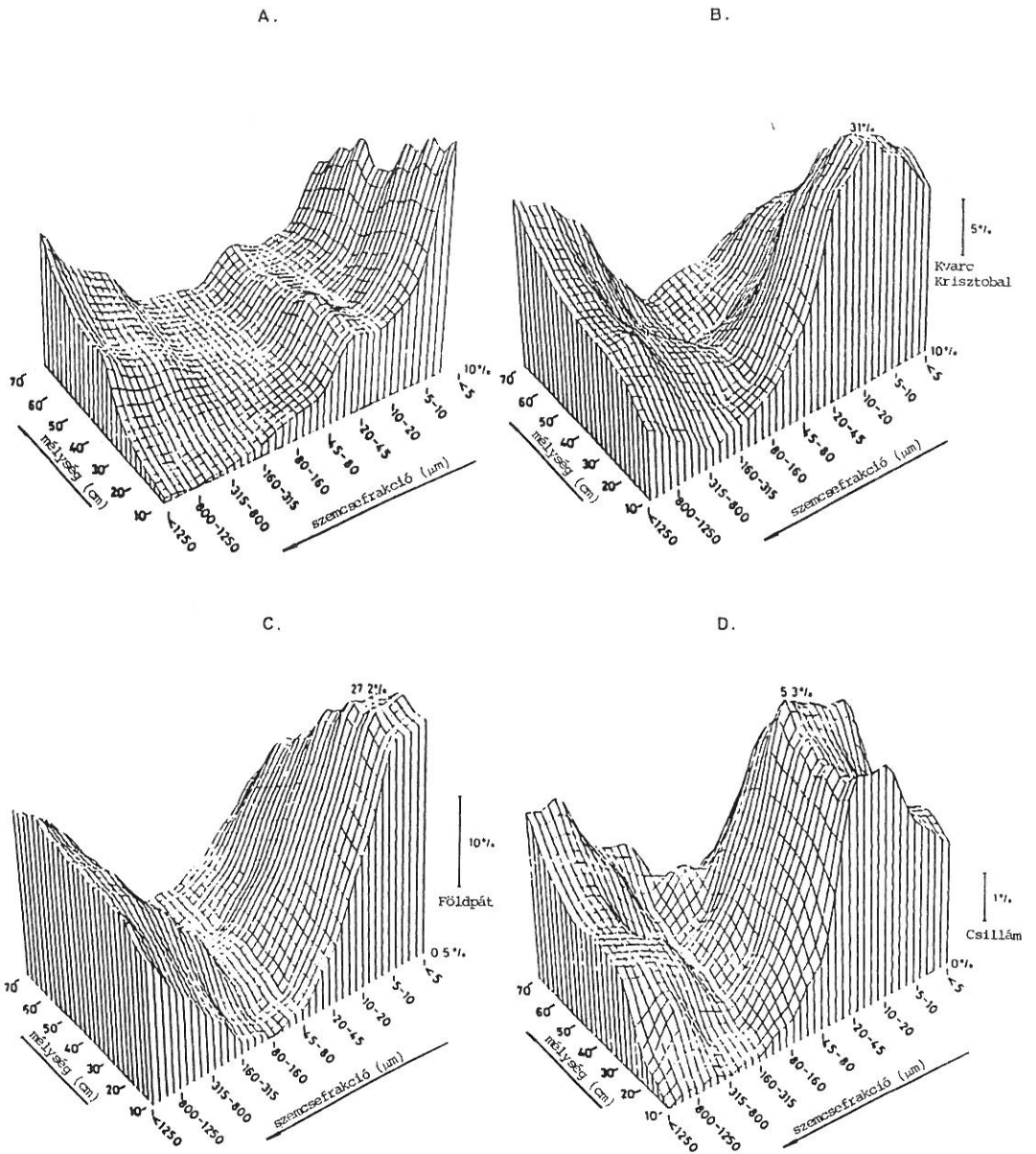


6. ábra
Kalcit /A/ és dolomit /B/ eloszlása a borsosgyőri szelvényben

amelyhez képest a mállás során a kémiai és ásványos összetételben beállott változásokat közvetlenül megítélhetjük. A kiindulási kőzet piroxén andezit, amelynek szálban álló összefüggő tömbje fölött 80 cm vastagságú talaj fejlődött ki /8A ábra/.



7. ábra
Tremolit eloszlása a bátaapáti lősz talajban



8. ábra

A. Szemmagyság eloszlása. B. Kvarc-kristobalit eloszlása. C. Földpát eloszlás. D. Csillám /hidrocsillám/ eloszlás andeziten kifejlődött barna erdei talaj szelvényében /Mátraháza/

Az ásványeloszlások tanulmányozása révén a következő megállapításokat tehetjük.

Az andezitben lévő kvarc a talajban lebomlóban van, míg a mállás során felszabaduló SiO_2 -tartalom főleg, a felszínhez közelebbi rétegben, krisztobalit formájában kristályosodik /a 8B ábrán a 160 μm körüli minimum tengelytől balra kvarc, jobbra krisztobalit található/. Hasonló viszonyokat találunk a földpátok esetében is /8C ábra/. Itt is a 80 μm -nél nagyobb szemcsék a plagioklász földpát lebomlására utaló eloszlást mutatják. A 45 μm -nél kisebb szemcsék inverz eloszlása jellegzetesen utal a K-földpát képződésére. A hipersztén /8D ábra/ eloszlási képét kétféle jelenség egyidejű érvényesülésével értelmezhetjük. A 45-80 μm közötti szemmagyság a teljes mélységben /bár a mélység felé csökkenő mértékben/ a maximumot képviseli. Ettől nagyobb szemmagyságok az eredeti andezitben fennállott statisztikus eloszlás maradványát képviselik. A kisebb szemmagyság felé a csökkenés meredekebb, ami a hipersztén normál eloszlásának, s így bomlásának felel meg.

Az előbbieken bemutatott példák jól szemléltetik azt a körülményt, hogy a mállás során bekövetkező fázis átalakulások nem mindig követik a GOLDICH szabályt. Szembetűnő, hogy némely esetben a stabilis módosulat oldódik /mint pl. a kvarc általában/, miközben ugyanezen vegyület termodinamikailag instabilis módosulata képződik a talajban /pl. krisztobalit/. Előfordul, hogy a plagioklász leépülését, K-földpát képződése kíséri.

Új felismerésnek számít, hogy a karbonátásványok közül a kalcit és Mg-kalcit gyakori újraképződése mellett a rendezett szerkezetű dolomit keletkezése is megfigyelhető egyes talajokban. Ugyanakkor dolomiton kifejlődött talajban a dolomit kristályok gyors oldódását, sőt a 80 μm -es szemmagyság alatt hirtelen eltűnését figyeltük meg.

A felsorolt példák megvilágítják az ún. dinamikus vizsgálati módszer jelentőségét. Szemléletesen mutatják, hogy a mállási folyamat kezdetétől a primer ásványoktól a végső oxidos, hidroxidos állapotig a talajok valamilyen köztes helyzetben vannak a kor, klíma, domborzat és a bioszféra befolyásától függően.

Egyelőre nem vagyunk abban a helyzetben, hogy az ásvány átalakulások típusai és a genetikai talajtípusok között kapcsolatot állapítsunk meg. Azok a folyamatok sem ismeretesek, amelyek helyről-helyre esetleg ellentétes fázisátalakulásokat váltanak ki. Nem zárható ki azonban, hogy kellő szélességű áttekintés után e folyamatok ismerete hozzájárul a talajok némely új tulajdonságának feltárásához.

Irodalom

- DEAR, W. A. et al., 1963. Rock-forming minerals Vol. 5. Longmans Green Co. London.
- GOLDICH, S. S., 1938. A Study of Weathering. J. Geol. 46. 17-23.
- HINRICH, L. BOHN et al., 1985. Talajkémia. Mezőgazdasági-Gondolat Kiadó. Budapest.
- STEFANOVIĆ P., 1975. Talajtan. Mezőgazd. Kiadó, Budapest.
- SZENDREI G., 1984. Elsődleges szilikátásványok a talajokban. Agrokémia és Talajtan. 33. 545-562.
- WEDEPOHL, K. H., 1969. Handbook of Geochemistry. Springer. Berlin-Heidelberg-New York.

Érkezett: 1990. december 18.