

AZ AGGTELEKI KARSZT TALAJAINAK
MIKROELEM-FORGALMA

SÁRI DIANA

Szent István Egyetem, Kertészettudományi. Kar, Talajtani és Vízgazdálkodási Tanszék 1118 Budapest, Villányi út 29-41. email: dsari@omega.kec.hu

Abstract: The solute ions leached by the soil solution affect to the components of the karstic rocks like limestone and they are capable to mobilise the minerals of the soils or precipitate to the solid materials. We studied the chemical interactions between the water and the solid soil components and the factors which influence these interactions, and after all the water quality resulted by complex system. For determining the reactions an applicable method the water analysis for microelements because their concentration does not change during a long time storage. The sampling area located in the Aggtelek-karst, Hungary. The observing points are in the wall and in the bottom of a dolina, at the feet of Szomor -mountain. Al, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Sr and Zn ions were determined from the water and soil samples by Varian SpectrAA 100 GTA atomic adsorption spectrophotometer instrument. Strongly temperature and pH influences were established on solute of calcareous minerals and pH influence on mobilisation of iron oxides. The iron oxides were more sensible for the alteration of pH than the carbonates. The weathering of iron oxides can easier indicate the secondary changes in the pH than the decomposition of limestone. The weathering of clay minerals are weakly influenced by the amount of rainfall.

Bevezetés

A mészkőkarstok kialakulásában és a mészkő oldódásában fontos szerepe van a talajnak, a rajta átfolyó víz kémiai összetételét és tulajdonságait a talaj állapota határozza meg (ZÁMBÓ L.-TELBISZ T. 1999). Az átszivárgó víz által kioldott anyagok kölcsönhatásba lépnek a karszt alapját képező mészkő alkotó vegyületeivel és mind az ott talált vegyületeket oldhatják, mind kicsapódhatnak a szilárd fázisra (ZÁMBÓ, L.-FORD, D. C. 1997). Végül ezek a kölcsönhatások alakítják a talaj fontos tulajdonságait. Befolyásolják a talaj tápanyag-gazdálkodását, ezzel meghatározva azon növényfajok és mikroorganizmusok körét, amelyek a talajon megtelepedve tovább alakítják azt. A talajásványok és a talajképző kőzet mállásának sebessége szintén a talajok tápanyagállapotát befolyásolják, ugyanakkor a kilugzáson és a talaj savanyodásán keresztül a pH-t is meghatározzák (CHAKRABARTI, C. L. et al., 1993).

Az Aggteleki karszton területpécifikumként a víznyelő- és beszivárgási pontok talajtakarójának összetétele és állapota a karsztvizek és így a barlangvizek összetételét is meghatározza (ZÁMBÓ L. et al 1999, ZÁMBÓ L.-TELBISZ T. 2000). Ugyancsak a területre jellemző néhány jégkorszaki

reliktumnövény amelyek élőhelyét talajviszonyait ugyancsak a talajon átszivárgó víz kémiai összetétele befolyásolja.

A talajokon átszivárgó oldat összetételének változását sok és sokféle laboratóriumban vizsgálták. Leggyakrabban egy-egy elem oldódását, kiválását vizsgálták. Komplex, több elemre kiterjedő vizsgálattal ritkábban találkozunk. A laboratóriumokban a kioldódásra és kiválásra ható egyéb tényezőket rendszerint állandó, standardizált körülmények között tartották. Előnye volt tehát a laboratóriumoknak, hogy egy-egy tényező elkülönített hatását is lehetett vizsgálni.

Legtöbbször a pH került vizsgálatra (PONIZOVSKIY, A. A.-IVANOVA, S. A. 1990, SANDERS, J. R. 1982). A kioldódás pH függését több szempontból is vizsgálták. Volt aki elkülönítve csak az adszorpció vagy csak az oldódás-kiválás hatását tanulmányozta (PINSKIY, D. L.-FIALA, K. 1985). Mások tapasztalati vizsgálatot folytattak és a folyamatok elkülönítése nélkül állítottak fel tapasztalati összefüggéseket (BOHN, H. L. 1992, MCLAUGHIN, D. W. et al. 1993, CSILLAG, J. et al, 1998).

A hőmérséklet is gyakran került a tanulmányok középpontjába, de átfogó termodinamikai méréseket csak elvétve végeztek. A hőmérsékletet leginkább mint figyelembe veendő tényezőt tapasztalati úton vizsgálták (HOGG, D. S. et al., 1993). Általánosságban a hőmérsékletet, mint egy fontos talajképző tényezőt tartják nyilván (az éghajlati tényező részeként), de a hőmérséklet ingadozás szerepéről még ebben az összefüggésben is kevés szó esik.

Az átszivárgó folyadék mennyiségének hatását mind kvalitatív, mind kvantitatív szempontból kevesen vizsgálták, annak ellenére, hogy a hatás meglétét régóta ismerik (AMACHER, M. C. et al., 1988, LEGRET, M. 1993). A laboratóriumokban végzett "flow" típusú kísérletekben is inkább a körülmények standardizálására, mint a hatás figyelembe vételére törekszenek (JARDINE, P. M. et al., 1985).

A talaj folyadékmennyiségének és kémiai összetételének együttes tapasztalati értékeléseit nehezíti, hogy nincs standard talajoldat kinyerési módszer, ami a kapott eredményeket összehasonlíthatóvá tenné. CSILLAG J. et al. (1995, 1999a, 1999b) kidolgoztak egy in situ talajoldat nyerési technikát első sorban olyan talajokra, amelyek még nem érték el a víztelítési szintet. Vízrel telített talajok esetén többféle liziméteres módszer ismeretes.

Jelen tanulmányunkban azt vizsgáljuk, hogy a csapadékvíz és a talaj milyen kölcsönhatásokba lép egymással és a kölcsönhatásokat milyen külső paraméterek befolyásolják. Végül az egész összetett, több tényezős rendszer milyen összetételű és minőségű karsztvizet eredményez.

A kölcsönhatások vizsgálatára a legalkalmasabb a mikroelemek koncentrációjának mérése, hiszen ez az érték nem változik az oldat hosszú tárolása

alatt sem és könnyen mérhető (SÁRI, D. 1998, FENXIANG, L. I.-BANIN, A. 1997, EVANS, L. J. et al., 1995). A szerves vegyületek, savak vizsgálata szintén alkalmas lenne, de a vízben lévő mikroorganizmusok a mintavétel után is alakítják változtatják azokat, tehát csak azonnali mérés alapján lehetne felhasználni a pillanatnyi vízminőség jellemzésére. Ugyanez a helyzet a pH-val, ráadásul a folyamatok, kölcsönhatások végén pH szinte biztosan nem egyezik meg a kiindulási pH-val. A mikroelemek mérésével követhetjük az oldódási-kiválási folyamatokat, mert a szilárd fázisú komponenseknek általában meghatározott mikroelem-tartalma van. Ugyanakkor egyszerre több elem mérésével külön lehet választani a víz agresszivitásának többirányú hatását.

Mintaterület

Mintaterületünk az Aggteleki karszton helyezkedik el. A terület egy nemzeti park része, ez ideális körülményeket teremt a kutatáshoz. A megfigyelési pontok egy töbör oldalában és alján helyezkednek el, a víznyelő a Béke-barlang fölött a Szomor-hegy aljában található. A terület morfológiáját részletesen ismerteti ZÁMBÓ L. (1998a). A terület éghajlata mérsékelt égövi, Magyarországon viszonylag nagy csapadékmennyiséggel rendelkezik (800 mm évente), de nem éri el az Európára jellemző átlagot. A csapadék éves eloszlása egyenletes. A hőmérséklet ingadozása a karsztos területeken általában elég jelentős, de a dolinában kiegyenlítettebb, bár hűvösebb (9,3 °C). A töbör északi oldalán zárt *Quercus petraeae-Carpinetum subcarpathicum* (gyertyános tölgyes) található, aljnövényzete ritkás. A déli oldalt annak ellenére, hogy itt a talaj nem sekély, *Ceraso-Quercetum pubescentis* (molyhos tölgyes) borítja. Itt az aljnövényzet sűrű teljesen zárt, száraz. A töbör alján a ritka cserjeszint mellett az aljnövényzet zárt, de üdőbb, mint a déli oldalon. A terület jellemző talaja a "terra rossa" (oxisol), ami Magyarországon a mainál melegebb időszakok reliktumtalajának számít, a jelenlegi csapadék és hőmérsékletviszonyok már inkább az átalakulását engedik meg. Az északi oldalon a kevesebb napsütés miatt a talaj már szemmel érzékelhető tulajdonságaiban is átmenetet képez a Ramann-féle barna erdőtalajjal. A talajtakaró mélysége a töbörkitöltés peremén is meghaladja az 1 m-t, de a töbör alján a 6 m-t is. Feltételezhető, hogy a hosszú időszakon át tartó lehordás töltötte fel a töbör alját a talajjal, ezért itt a talaj típusa nem szignifikáns, besorolása pedig a lejtőhordalék talajok közé történik.

A talaj fizikai összetételét az I. táblázat mutatja be. Mind az Arany féle kötöttségi számok, mind pedig az egyes mintavételi helyek és szintek agyagfrakció tartalma azt mutatja, hogy az agyagvándorlás még nem ment jelentős

mértékben végbe. Az értékek jó egyezést mutatnak ZÁMBÓ L. (1998b) méréseivel.

1. táblázat
Table I.

A talaj fizikai összetétele
The texture of the soils

a talaj fizikai összetétele			
hely	arany féle kötöttség	< 1 μ	1 μ - 2 μ
északi oldal, felső réteg	53	41	42
északi oldal alsó réteg	55	42	48
déli oldal, felső réteg	52	38	42
déli oldal alsó réteg	56	42	46
töbör alja, felső réteg	51	35	45
töbör alja alsó réteg	51	42	50

Mintavétel

A mintavételezés az Aggteleki Monitoring Rendszer (ELTE) mérőállomásain történt: a töbör alján a talajszelvény több szintjén, valamint északi és déli oldalán 0,5 m mélységben. A vízminta-vétel műanyag tálcákkal történt, amely a vizet egy vízgyűjtő zsákba vezeti. Ellenőrzésképp összegyűjtöttük minden időszak csapadékvizét, egy, a talajképző közet összetételével megegyező szikláról lefolyó, 2 m² alapterületű vízgyűjtő vizét is. Mintát 40 naponként vettünk 3 éven keresztül. A mintavételről ZÁMBÓ L. (1999) valamint SÁRI, D.-MORVAI, B. (1997) írt részletesebben.

Minden egyes észlelőhelyről talajmintát is szedtem és HNO₃/H₂O₂ feltárás után vizsgáltam a mikroelem-tartalmat. A talajminták ásványi összetételét DTG/DTA vizsgálattal határoztam meg. A II. táblázatban láthatók az egyes talajminták ásványianyag-összetétele. A táblázatból látszik, hogy a talajok oldható ásványianyag-tartalmában nincs szignifikánskülönbség.

Mérés

A vízmintákból és a feltárt talajmintákból Varian SpectrAA 100 GTA egységgel grafitküvetés módszerrel mértem az alábbi ionokat: Al, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Sr, Zn. A vizek pH-ját a hosszú tárolás miatt nem lehetett meghatározni.

II. táblázat
Table II.

A talaj ásványianyag-összetétele
Mineral content of the soils

hely	agyagásvány %	karbonát %	vasoxidok %	szervesanyag %
északi oldal, felső réteg	61	0.3	0.2	3
északi oldal alsó réteg	63	0.7	0.4	0.5
déli oldal, felső réteg	61	0.1	0.3	2.7
déli oldal alsó réteg	69	1.2	0.4	0.5
tőbor alja, felső réteg	58	0	0.5	5.1
tőbor alja alsó réteg	67	0.9	0.5	0.2

Kiértékelés

Magyarázó változók előállítása

Való igaz, hogy az elemek kioldódására nagyon sok tényező és sokféle módon hat. Ráadásul az egyes elemek nem csak egyfajta oldódó komponensből származhatnak, hanem a talajban több ásvány is tartalmazza ugyanazt az elemet. ezért az alábbi egyszerűsítést alkalmaztuk: a kioldódásra (a víz agresszivitására) ható tényezőket 3 egyenként különböző faktorokat összefoglaló tényezőre írtuk fel. A három kumulált tényezőt a leginkább meghatározó faktorokról neveztem el, a hőmérsékletről, a csapadékmennyiségről és a pH-ről. Az adatok kiértékeléséhez többváltozós statisztikai módszereket használtam, amely képes kezelni a tényezők azonos eredeti hatásokból következő multikollinearitását. A három magyarázó tényező közül kettő (hőmérséklet, csapadékmennyiség) adott volt, (aktuálisan mért értékek), a pH mérésére nem volt közvetlen lehetőség, ugyanis az oldó hatásban megjelenő pH nem azonos az összegyűjtött víz pH-jával, az már pontosan az oldás miatt módosult. A három magyarázó tényezőt az adatokból az alábbi módon állítottam elő.

Feltételeztem, hogy a víz pH-ja szoros összefüggésben van a vegetációs tevékenységgel, a gyökérsavak kibocsátásán keresztül a növényzet aktivitása határozza meg azt. A csapadékmennyiségen és a hőmérsékleten kívül ismerem a mintavétel idejét, tehát tudtam, hogy a vegetációs időszak mely szaka-

szában történt. A problémát az jelentette, hogy a növényzet hatását nem lehetett közvetlenül az évszaknak megfeleltetni, mert az évszak nem csak a növényzeten, hanem a hőmérsékleten és a csapadékmennyiségen keresztül is befolyásolta a vizek oldó hatását. A kereszthatások kiküszöbölésére megvizsgáltuk, hogy a három változót (hőmérséklet, csapadék, évszak) milyen elemkoncentrációk diszkriminálják. A diszkriminancia-analízis által kapott struktúra-mátrix segítségével egy többváltozós regresszióanalízist végeztünk, amely az évszak változót állította elő a hőmérséklet és a csapadékmennyiség változóból. Az évszak változó maradék szórását tekintettük ettől kezdve a pH-nak. A diszkriminancia analízis struktúra mátrixából kapott értékek ugyanis megadják, hogy az egyes elemek milyen súllyal szerepelnek az adott változó szétválasztásában, vagyis a változó értéke mennyire markánsan változik meg, ha az adott elem koncentrációja változik. Tehát alkottunk egy olyan változót, amely az évszaktól függ, de független az aktuális csapadékmennyiségtől és hőmérséklettől. Ezt a változót tekintem a növényzet által generált pH-nak. Ellenőrzésképp a csapadékvíz-gyűjtőre és a sziklán lefolyó vízre is vizsgáltam a növényzet hatását.

Az ásványok mikroelem-összetételének meghatározása

Az elemkoncentrációk korrelációs mátrixa alapján lineáris regresszióval előállítottuk az egymással kollinearitást mutató, összetartozó ionokból álló vegyületeket. Három jellemző vegyületszoprotot kaptunk: az agyagásványokat, a karbonát ásványokat és a vasoxidokat, és -hidroxidokat. Közvetlen mérésel a mészkő mikroelem-összetételét tudtam meghatározni, a vasoxidokat az agyagásványoktól mindkettő kolloid mérettartománya miatt nem lehetett elválasztani. A *III. táblázat* tartalmazza a mért és a számított elemtartalmakat.

*III. táblázat
Table III.*

*Az ásványcsoportok mikroelem-összetétele
The micro element content of the minerals*

ásványcsoport	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Sr	Zn
agyagásványok	1	0.005	0.37	0.02	-	0.17	0.01	-	0.006	0.008	0.035
karbonát ásványok	-	0.002	1	-	0.0005	-	0.13	0.0006	-	0.027	0.0025
vasoxidok	-	-	-	0.02	0.006	1	0.013	0.008	0.035	0.0041	0.013
karbonát ásványok (mért)	-	0.001	1	-	0.008	0.0007	0.16	0.001	0.0005	0.03	0.003

Az ásványok mikroelem-összetétele alapján nem csak azt tudtuk megállapítani, hogy a magyarázó változókkal hogy függnek össze az oldási viszonyok, hanem a kiugróan magas vagy alacsony ionkoncentráció-értékeket ki lehetett szűrni.

A magyarázó változók és az ionkoncentrációk összefüggései

A három magyarázó változó és a mért ionkoncentrációkkal jelzett ásványoldódási paramétereket három módszerrel vizsgáltam: egyutas ANOVA-val, diszkriminancia -analízissel és cluster-analízissel. Az ANOVA az ionkoncentrációkat egymástól függetlenül kezelte és megadta, hogy mely elemek határozzák meg a magyarázó változókat. A diszkriminancia-analízis az elemek egymás közötti összefüggését, kollinearitását is figyelembe vette. A cluster-analízis pedig a változókból képzett csoportok távolságát vizsgálta a magyarázó változóktól. A három statisztikai módszerrel kapott eredményeket összehasonlítottuk és értelmeztük. Valamennyi statisztikai vizsgálatot az SPSS 9.0 for Windows programcsomag segítségével végeztem.

Eredmények

A vízösszetétel kiugró értékei

Kiugró, egyedi elemkoncentrációkat a következő körülmények között találtam: erős növényzeti hatás mellett (alacsony pH) a vegetációs időszakban, közepes csapadékviszonyok mellett, bármely helyen és hőmérsékleten lehetett Mg és Mn, ritkábban Cr és Ni kiugró értékeket találni, a kiugró értékek egymástól függetlenek voltak. A csapadékvíznek ill. a szikláról gyűjtött víznek időnként kiugróan magas Zn tartalma volt függetlenül más körülményektől.

ANOVA

Az alábbi három statisztikai vizsgálattal azt próbáltam felderíteni, hogy az ásványok mállását hogyan határozza meg a három magyarázó változó. A mállás sebessége és a magyarázó változók értékei közötti összefüggés jellemzésére egy segédértéket definiáltam: az ANOVA által kiszámított F értéket (amely az ionkoncentráció és a magyarázó változó közötti kapcsolat szorosságát mutatja) megszoroztam az ásványban az adott ion normált sztöchiometriai számával. Minden ásványra összegeztem az elemeire kapott szorzatot. Az így kapott érték, bár konkrét természettudományi jelentése

nincs, sorba rendezi az ásványok és a magyarázó változók közötti kapcsolatot. Ellenőrző magyarázó változóként felhasználtam a mintavétel helyét is. Az eredmények a IV. és V. táblázatban láthatók. Megállapítható, hogy a hőmérsékletfüggése a karbonát ásványoknak a legnagyobb, a csapadékmennyiségtől mind az agyagásványok, mind a vasoxidok oldódása erősen függ, a növényzet által indukált savasság pedig a vasoxidok oldódását befolyásolja leginkább. A karbonát ásványok oldódását erősen befolyásolja a hőmérséklet és a pH, az agyagásványokét a csapadékmennyiség, a vasoxidokét pedig a csapadékmennyiség és a pH. A hely mint változó meghatározottsága átlagosan egy nagyságrenddel volt kisebb a többinél.

IV. táblázat
Table IV.

Az ANOVA számításokban kapott F értékek
The F values obtained by ANOVA

magyarázó változó	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Sr	Zn
hőmérséklet	0.09	2.4	2.8	0.8	0.2	1	3.2	0.7	0.06	3.7	0.5
csapadék	5.1	14.1	0.3	0.9	8.1	4.5	0.6	11.3	7.3	0.5	4.2
pH	0.003	10.7	2.7	1.1	0.9	3.4	2.1	0.8	1	2.2	0.9
hely	0.4	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	1.3	0.7	0.8	0.4	0.3

V. táblázat
Table V.

A magyarázó változók és az ásványcsoportok kapcsolatára jellemző számított érték (ANOVA)
The relationships between explaining functions and mineral groups (ANOVA)

ásványcsoport	hőmérséklet	csapadék	pH	hely
agyagásványok	1.4	6.26	1.73	0.67
karbonát ásványok	3.32	0.44	3.06	0.68
vasoxidok	1.09	4.98	3.52	0.37

Diszkriminancia-analízis

Az ANOVA-hoz hasonlóan a diszkriminancia-analízis esetén is egy definiált változó alapján hasonlítottam össze a különböző ásványok és változók kapcsolatát. Az F érték helyett a struktúra-mátrixban kapott együtthatók értékeivel számoltam. az előző módszerhez képest ez jobban figyelembe veszi a kereszthatásokat. Hátránya, hogy érzékenyebb az egyéb véletlen hatásokra, amelyeket egy ilyen elemzés nem tud kiküszöbölni. Az eredmények a VI. és VII. táblázatban találhatók. Az eredmények hasonlóak az előzőekben kapottakhoz, de észrevehető, hogy a hőmérséklet és a pH hatása felerősödött, a

csapadékmennyiség szerepe pedig erősen lecsökkent. A hely magyarázó változó itt sem kapott jelentős szerepet.

VI. táblázat
Table VI.

A diszkriminancia-analízis során kapott struktúra mátrix együtthatók
The structure matrix coefficients obtained by discriminate analysis

magyarázó változó	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Sr	Zn
hőmérséklet	0.001	0.07	0.7	0.037	0.001	0.3	0.02	0.03	0.06	0.005	0.05
csapadék	0.11	0.04	0.035	0.05	0.1	0.01	0.01	0.001	0.36	0.003	0.25
pH	0.003	0.07	0.05	0.002	0.009	0.25	0.75	0.08	0.035	0.002	0.002
hely	0.004	0.6	0.0035	0.004	0.3	0.0012	0.0027	0.0007	0.005	0.002	0.003

VII. táblázat
Table VII.

A magyarázó változók és az ásványcsoportok kapcsolatára jellemző számított érték (diszkriminancia-analízis)
The relationships between explaining functions and mineral groups (discriminate analysis)

ásványcsoport	hőmérséklet	csapadék	pH	hely
agyagásványok	0.31	0.14	0.072	0.0088
karbonát ásványok	0.7	0.037	0.15	0.0053
vasoxidok	0.3	0.027	0.26	0.0034

VIII. táblázat
Table VIII.

A cluster-analízis eredménye
The result of cluster analysis

csoportok	eset szám	távolságok			csapadék		hőmérséklet		növényzeti változó	
		agyag	karbonát	vasoxid	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
1. csoport	223	1.81	7.11	0.097	2.1	1.8	8.3	9.1	4.2	3.1
2. csoport	197	1.29	0.051	5.17	3.3	2.4	14.2	9.2	3.1	2.8
3. csoport	13	0.14	1.05	0.36	7.8	5.6	10	9.6	1.2	2.2

Cluster-analízis

A cluster analízis segítségével azt vizsgáltuk meg, hogy mely esetekben (időpontokban) melyik magyarázó tényező határozta meg leginkább az oldat összetételét. Az adott időponthoz tartozó ionkoncentrációk alapján a program három időpont-csoportot különített el. A csoportközéppontok alapján és a sztöchiometriai arányok segítségével ki lehetett számítani az egyes csoportoknak megfelelő magyarázó változót. az időpontok segítségével pedig a csapadék, hőmérséklet és pH átlagértékeit is hozzá lehetett rendelni. Az eredmé-

padék, hőmérséklet és pH átlagértékeit is hozzá lehetett rendelni. Az eredmények a 8. táblázatban vannak összefoglalva. Megállapítható, hogy bár a cluster-analízis hasonló eredményt adott az előző két értékeléshez képest, a jellemzők nem válnak szignifikánsan szét. Önmagában tehát a cluster-analízis nem ad megbízható eredményt, azonban a többi vizsgálat eredményét meg lehet vele erősíteni.

Következtetések

Végső következtetésként megállapíthatjuk, hogy a karbonát ásványok oldódását erősen befolyásolja a hőmérséklet és a pH, a vasoxidokét pedig a pH. A hőmérséklet karbonát ásványok oldódására gyakorolt erős hatását magyarázhatjuk azzal, hogy a CO₂ oldódása és termelődése erősen hőmérsékletfüggő és az oldott szénsav a karbonát ásványok jó részét oldja. A vashidroxidokat, oxidokat a szénsav nem bontja meg. A pH mindkét ásvány oldódását erősen befolyásolja, de ez várható volt. Érdekesség azonban, hogy a vasoxidok érzékenyebben reagálnak a pH változására, mint a karbonátok. Ennek esetleges (nem bizonyított) oka lehet, hogy a karbonát ásványok a jól kristályosodott mészkő és dolomit töredékeként kerültek a talajba, a jó kristályszerkezetet megbontani pedig lassú folyamat. A vasoxidok, hidroxidok mindenképp másodlagos talajbeli kiválások, feltehetően az agyagásványok mállástermékei. Méretük a kolloid tartományba esik, fajlagos felületük igen nagy. A savak tehát gyors reakcióban tudják oldani őket. Fontos következtetés azonban, hogy a pH másodlagos indikálására alkalmasabb a vasoxidok mállását figyelemmel kíséreni, mint a karbonátokét.

Az agyagásványok mállását -gyengén ugyan- de a csapadékmennyiség befolyásolja. Megjegyzendő, hogy bár a mállás során oldatba került ionok jó része alumínium ill. vasion, nem feltétlenül az ásvány teljes mállásáról van szó. Elképzelhető, hogy csak a duzzadás vagy más ozmotikus jellegű folyamat következtében az agyagásványok rétegeközi tere módosult és ez határozta meg a talajoldat összetételét. Ezt az elképzelést alátámasztja az a tény is, hogy az agyagásványok mállásához szükségesek időnként száraz meleg időszakok is, amelyek a jelenlegi körülmények között nem, vagy csak ritkán valósulnak meg.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond dr. Zámbo Lászlónak, az ELTE TTK Természeti földrajz tsz. munkatársának a mintagyűjtő helyek kialakításáért, és a gon-

dos mintagyűjtésért. A kutatás anyagi feltételeit az OTKA F 025899 sz. pályázata biztosította.

IRODALOM

- AMACHER, M.C.-SELIM, H. M.-ISKANDER, I. K. (1988): Kinetics of Cr(VI) and Cd retention in soils: a nonlinear multireaction model. - Soil Sci. Soc. Am. J. 52. p. 398-408.
- BOHN, H. L. (1992): Chemical activity and aqueous solubility of soil solid solutions. - Soil Sci. 154. p. 357-365.
- CHACKRABARTI, C.L.-CHENG, J.-LU, Y.-BACK, M. H.-SCHROEDER, W. H. (1993): Kinetic studies of metal ion speciation in the environment. in: Conf. on Heavy Metals, Toronto, 1993. p. 227-230.
- CSILLAG, J.-LUKÁCS, A.-BUJTÁS, K.-NÉMETH, T. (1998): Release of Cd, Cr, Ni, Pb and Zn to the Soil Solution as a consequence of soil contamination and acidification. - Advances in Geocology 31. p. 673-680.
- CSILLAG J.-FILEP GY.-FERENCZ G.-LUKÁCS A. (1999): Az alumínium- és mangánkoncentráció változása a talajoldatban a savterheléstől és a nedvességtartalomtól függően. - Agrokémia és Talajtan 48. p. 333-347.
- CSILLAG, J.-TÓTH, T.-RÉDLY, M. (1995): Relationships between soil solution composition and soil water content of Hungarian salt affected soils. - Arid Soil Research and Rehabilitation 9. p. 245-260.
- CSILLAG J.-PÁRTAY, G.-LUKÁCS, A.-BUJTÁS, K.-NÉMETH, T. (1999): Extraction of soil solution for environmental analysis. - Intern. J. Environ. Anal. Chem. 74. p. 305-324.
- EVANS, L.J.-SPICES, G. A.-ZHEO, G. (1995): Chemical aspects of heavy metal solubility with reference to sewage sludge amended soils. - Intern. J. Environ. Anal. Chem. 59. p. 291-302.
- FENXIANG, L.I.-BANIN, A. (1997): Long term transformations and redistributions of potentially toxic heavy metals in arid zone soils incubated I: Under saturated conditions. - Water, Air and Soil Poll. 95. p. 399-423.
- HOGG, D.S.-MCLAREN, R. G.-SWIFT, R. S. (1993): Desorption of copper from some New Zealand soils. - Soil Sci. Soc. Am. J. 57. p. 361-366.
- JARDINE, P.M.-PARKER, J. C.-ZELAZNY, L. W. (1985): Kinetics and Mechanisms of Al adsorption on kaolinite using a two-site nonequilibrium transport model. - Soil Sci. Soc. Am. J. 49. p. 867-873.
- LEGRET, M. (1993): Speciation and mobility of heavy metals in a simulated landfill. - In: Conf. on Heavy Metals, Toronto, 1993. p.463-467.

- MCLAUGHIN, D.-MCILWEEN, W.-PEARSON, R.* (1993): Preliminary results of a long term experiment to monitor the movement of lead through urban surface soil. - In: Conf. on Heavy Metals, Toronto, 1993. p.546-549
- PINSKIY D.L.-FIALA, K.* (1985): Significance of ion exchange and formation of difficulty soluble compounds in the adsorption of Cu^{2+} and Pb^{2+} on soils. - Pocsvoegegyenyije, 1985/9. p. 30-37.
- PONIZOVSKIY, A.A.-IVANOVA, S. A.* (1990): Influence of the pH on the Ca^{2+} - Na^{+} ion exchange equilibrium in soils. - Pocsvoegegyenyije, 1990/8. p. 53-60.
- SANDERS, J. R.* (1982): The effect of pH upon the copper and cupric ion concentration in soil solution. - J. Soil Sci. 33. p. 679-689.
- SÁRI, D.-MORVAI, B.* (1997): The effect of soil acidification on Cd and Pb precipitation. Symp. on "Natural and Anthropogenic Causes and Effects of Soil Acidification" Lublin, 23-24 september 1997 p 405-408.
- SÁRI, D.* (1998): Kinetic of mineral dissolution in soil water samples of Aggtelek karst. - 16th World Congress of Soil Science, Montpellier 20-26 August 1998.
- ZÁMBÓ L.* (1998a): Az Aggteleki Nemzeti Park felszínalaktana. - In: Az Aggteleki Nemzeti Park (szerk:Baross G.), Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 1998. p. 76-96
- ZÁMBÓ L.* (1998b): Az Aggteleki Nemzeti Park talajtakarója. - In: Az Aggteleki Nemzeti Park (szerk:Baross G.), Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 1998. p. 97-117.
- ZÁMBÓ, L.-FORD, D. C.* (1997): Limestone dissolution processes. - Earth Surface Processes and Landforms 22. p. 531-543.
- ZÁMBÓ, L.* (1999): Monitoring system for Karst corrosion phenomena on the Aggtelek-Plateau. in: Investigation of Karst corrosion on the Aggtelek-Plateau. - Budapest, ELTE, Dept. of Geography. p. 9-14.
- ZÁMBÓ, L.-TELBI SZ, T.* (1999): The influence of the soil zone on karst corrosion and karren development. - Essays in the Ecology and Conservation of Karst p. 187-192.
- ZÁMBÓ, L.-VIGASSY, T.-TELBI SZ, T.* (1999): Variances of karst corrosion on the basis of differences in the solution of Ca- and Mg -carbonates. - Essays in the Ecology and Conservation of Karst p. 193-200.
- ZÁMBÓ L.-TELBI SZ T.* (2000): A karsztkorróziós talajhatás érvényesülése a karrfejlődésben. - Karsztfeljlődés V., Berzsenyi Dániel Főiskola, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 103-113.