KARSZTFEJLŐDÉS V.
Szombathely, 2000. pp. 103-114.

A KARSZTKORRÓZIÓS TALAJHATÁS ÉRVÉNYESÜLÉSE A KARRFEJLŐDÉSBEN

ZÁMBÓ LÁSZLÓ[1] - TELBISZ TAMÁS[2]

[1]ELTE Természetföldrajzi Tanszék, 1083 Budapest Ludovika tér 2.
[2]ELTE Természetföldrajzi Tanszék, 1083 Budapest Ludovika tér 2.

Abstract: Research of the past decades has proved that soil cover and soil deposits play a significant part in development of karst features. Focusing on the measurement of the growth and broadening of klufikarren, a field observation station was set up in a doline on the plateau of 600 m altitude of the Aggtelek Karst. Since the primary objective of the installation of the experimental station was the study of soil effect in karst corrosion, the soil fill was removed from one of the similar karren, thus measurements refer to bare karren and to covered karren. In bare karren infiltration occurs in pulses and ends abruptly; water from further minor events cannot reach the joints of the bedrock. The beginning of infiltration into covered karren is 1-5 hours delayed on the average compared to that of bare karren but attenuation is prolonged and in a rainy period moderate infiltration can be continual. A generally inverse relationship is revealed between the amount of infiltration and the carbonate concentration of water, but during uninterrupted though slight infiltration the carbonate concentration of water shows a sinusoidal curve probably caused by daily changes of root respiration and temperature.

Bevezetés

Az elmúlt évtizedek kutatásai bebizonyították, hogy a karsztos felszínfejlődésben, a karsztosodó kőzetek oldódásában és a karsztformák kialakulásában a talajtakarónak és a karsztos járatokba bemosódó, a talajból származó üledékeknek jelentős szerepe van. A karsztkorróziós talajhatásnak elnevezett komplex tényező esetenként különböző módon és változó erősséggel manifesztálódik a karsztkorrózióban és befolyásolja a legkülönbözőbb karsztformák fejlődését mindazon helyeken, ahol talajtakaró, vagy annak áttelepített maradványai jelen vannak.

Az elmúlt két évtizedben többirányú vizsgálatokat végeztünk a talajhatás jelentőségének feltárására a felszíni karrformák fejlődésében. Ezek közül a karrok növekedésének és tágulásának mérése céljából egy terepi megfigyelőállomást alakítottunk ki az Aggteleki-karszton, a 600 m tszf. magasságban fekvő Nagyoldal fennsíkjának egy dolinájában, az É-i kitettségű, erősen karrosodott dolinalejtőn.

Két hasonló méretű, párhuzamos irányú hasadék-karr barázdában, a karrgerincekről és a karrcsúcsokról lefolyó és összegyűlő csapadékvizet felszínalatti gyűjtőrendszerben felfogtuk és a beszivárgó víz mennyiségét, oldott karbonát-tartalmát és egyéb kémiai és fizikai jellemzőit a helyszínen és laboratóriumi vizsgálatokkal mértük. A karrbarázdák belsejében eredetileg

5–10 cm vastagságú fekete rendzina talaj helyezkedett el. A karrbarázdák oldalait és a karrgerinceket szakadozott településű moha és zuzmó növényzet borítja, a barázdában helyenként kisméretű egy- és kétszikű növények települtek meg a fekete rendzina talajon, amelyben gazdag baktérium és sugárgomba flóra tenyészik.

Vizsgálat módszere

A terepi méréseket két szakaszban végeztük. Az első, 1980 márciustól 1982 szeptemberig tartó szakaszban 861 napon keresztül a méréseket 2 hetenkénti észleléssel, beépített mechanikus és elektromos műszerekkel végeztük, a beszivárgó vizet 14 napos összegzésben mértük és mintáztuk. Az összesített eredmények egy részét tanulmányunk első felében ismertetjük. A mérések második szakaszát 1997 januárjától mostanáig számítjuk; a méréseket a jövőben is folytatni szándékozunk. A második szakaszban a méréseket a terepi állomásra beépített elektronikus adatgyűjtőkhöz kapcsolt szenzorok alkalmazásával végeztük: így folyamatos adatgyűjtés révén az oldásban fontos tényezők rövid időtartalmon (1 órán) belül bekövetkező változásait is mérni tudtuk és az oldásfolyamat részletes megismerése vált lehetővé. A második szakaszban feltáruló első részeredményeket a tanulmány végén ismertetjük.

Mivel a kísérleti állomás elsődleges célja a talajok hatásának a karrosodásban való feltárása; a két hasonló hasadékkar egyikéből a lehetőségek szerint eltávolítottuk a talajkitöltést, míg a másikban az eredeti talaj visszahelyezésre került, miután mindkét karrbarázda elszűkült alsó részét cementes homokkal elzártuk és ennek felszínét műgyantával borítottuk a beavatkozás mesterséges következményeinek kizárására. Így az eddigi mérések eredményei egy a talajhatástól nagyobbrészt mentesített ún. nyíltkarra és egy, az eredeti állapotoknak megfelelő, a karrbarázdában talajjal borított ún. fedettkarra vonatkoztathatók. A karr fejlődésében jelen vizsgálatunkban figyelembe vett, általunk mért tényezőket két csoportba osztva, megkülönböztetünk:

a. Kiváltó tényezőket:

- A karr felületein lefolyó és végső soron beszivárgó csapadékvíz mennyisége; ezt a felszín alatt elvezetve és elektromos impulzust adó, zárt térben működő kanalas mérőeszközökön és mintázókon átbocsátva tárolóedénybe gyűjtöttük, mennyiségét korábban csak 2 hetes összegzésben mértük, a második vizsgálati szakaszban folyamatosan regisztráltuk.
- Az aprózódás során keletkező és a karrbarázdába kerülő törmelék, amely a fekete rendzinába keveredve szintén oldásra kerül. Ennek mennyisége a két

barázdában statisztikusan egyenlőnek vehető, így az összehasonlításban nem vettük figyelembe.

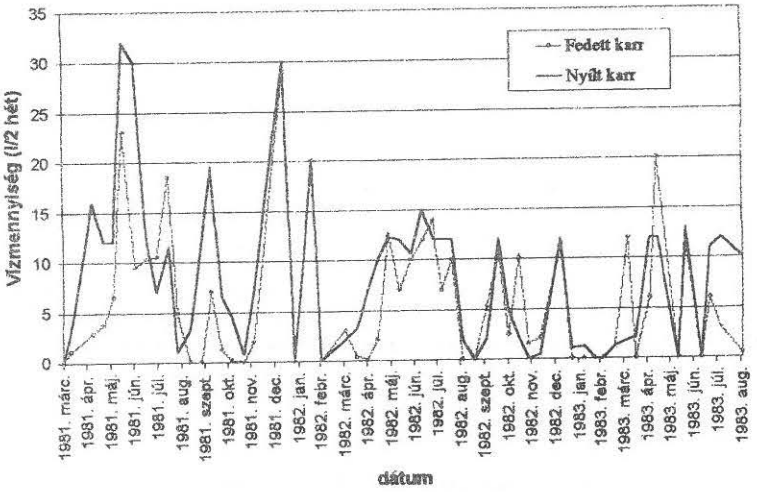
b. Befolyásoló tényezőket:

- a talaj és a beszivárgó víz hőmérséklete,
- a talaj nedvességtartalma (%-ban kifejezve).
- A beszivárgó víz CO_2-tartalma, amelyet a hirdogénkarbonátos oldódás döntő faktoraként a talajhatás egyik összetevőjének tekintünk, függetlenül attól, hogy a CO_2 forrása a mikrobiális mállás, a növényi gyökérlégzés, vagy a mikroklimatikus tér. A CO_2 mérése során analízisünk megkülönböztette a kötött, egyensúlyi és agresszív CO_2-formákat, így lehetővé vált az oldott karbonátok mennyiségének mérése és a további oldást eredményező agresszivitás figyelembevételével a potenciális oldóképesség számítása is.

A vizsgálat eredményei

Az oldásos karrfejlődés vizsgált tényezőire a következő megállapítások adódtak.

A karros lefolyás és beszivárgás vízmennyisége mind a nyílt karrban, mind a fedett karrban a csapadék felszínre számított mennyiségénél kevesebb, az elsőnél a veszteség (nedvesítés, evaporáció): ~ 23%, a másodiknál 45% (nedvesítés, evapotranspiráció, pórusvíz).

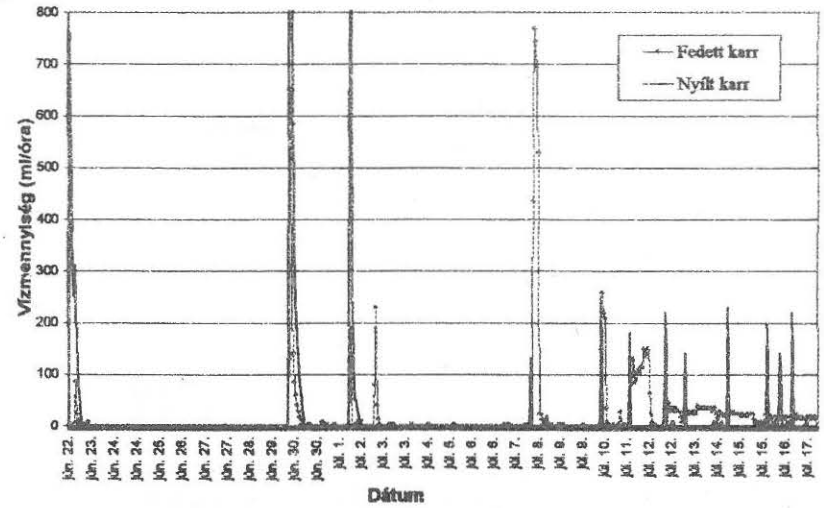


1. ábra: Lefolyás (beszivárgás) a karrokon, 1981-1983
Fig. 1: Drainage on karren, 1981-1983.

A karrfejlődésben számításba vehető legkisebb csapadék 8 C°-os évi középhőmérsékleten > 1 mm, illetve 0,02 mm/perc minimális csapadékintenzitás. A fenti paraméterek alacsonyabb értékeinek megfelelő csapadékok a nyíltkarrban sem kerülnek beszivárgásra és a csapadékveszteséget növelik. Ezek az értékek a vegetációs periódusban növekednek, fagypont alatti hőmérsékleten csökkennek.

A lefolyás-beszivárgás szezonális változását az *1. ábra* mutatja.

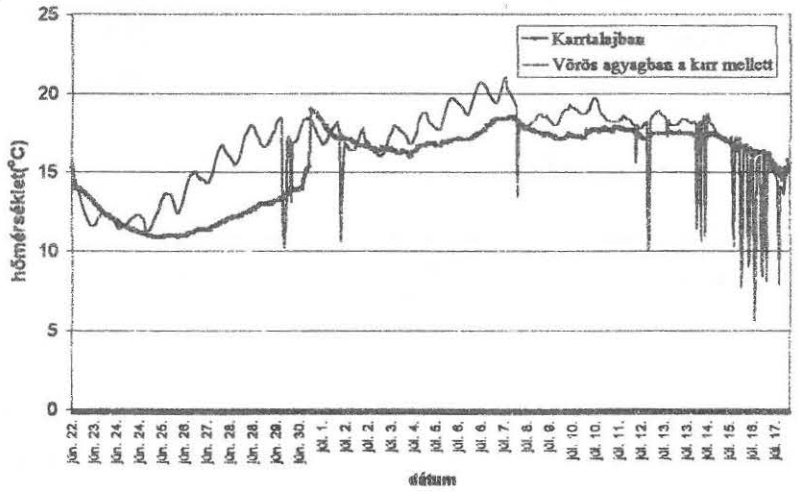
- A nyílt karrokban áprilistól növekedik a beszivárgás mennyisége, június-júliusban van az évi rendszeres maximum, augusztusban-szeptemberben egy másodlagos minimum, októberben egy másodlagos maximum, majd télen rendszeres minimum a jellemző. A téli beszivárgás 0 C° alatti hőmérsékleten 0, ezt azonban egy-egy frontális nagy csapadék megváltoztathatja.
- A fedett karrokban a beszivárgás hasonló változást mutat, de mennyisége átlagosan 25%-kal kevesebb a nyílt karrénál. Itt jellemző az, hogy a maximumok 2-3 héttel késnek a nyíltkarréhoz képest és a beszivárgás a csapadékos időszak kezdetéhez késve, de nagy intenzitással indul meg. A fedettkarr beszivárgásának alakulása a csapadék előtti 1-2 hetes periódus időjárási viszonyaitól és a talaj vízállapotától függ.



2. ábra. Lefolyás (beszivárgás) a karrokon, 1999. nyár.
Fig. 2: Drainage on karren, summer 1999.

Újabb méréseink alapján a karros beszivárgási folyamat részleteire további megállapítások tehetők (*2. ábra*).

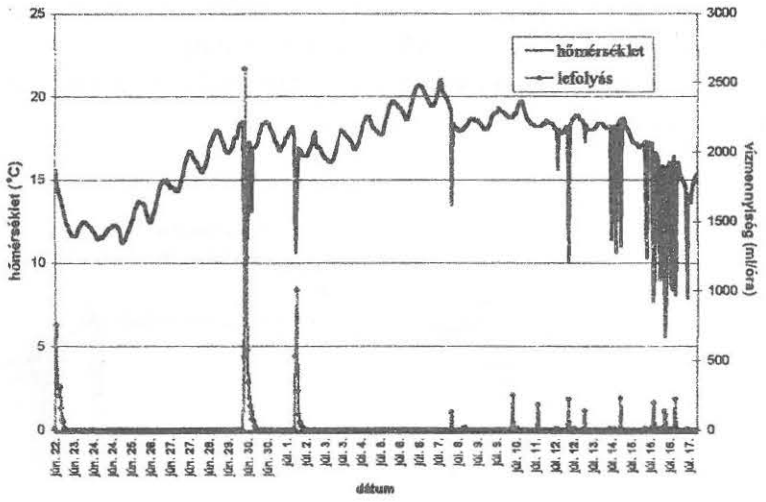
- A nyílt karrban a beszivárgás löketszerűen megy végbe és gyorsan lezárul, a további kis csapadékok vize nem jut az alapkőzet repedéseibe.
- A nyíltkarr beszivárgásának kezdete megelőzi a talajalatti infiltrációt.
- A fedettkarr beszivárgásának kezdete átlagosan 1-5 órával késik a nyíltkarrhoz képest, de annak „*lecsengése*" elhúzódik és esős periódusban a beszivárgás alacsony értékek mellett folyamatossá válhat (*2. ábra*: július 12–17. között).
- Nedves talajállapot (pl. talajnedvesség 96–100%) esetén a fedettkarrban már egészen kis csapadékok is beszivárgásra kerülnek.
- Agyagos fedettség esetén a csapadék gyorsan beszivárog, majd a duzzadás miatt lelassul, és hosszú a „*lecsengése*".



3. ábra: Hőmérséklet-ingadozások a talajban
Fig. 3: Fluctuations of temperature in the soil.

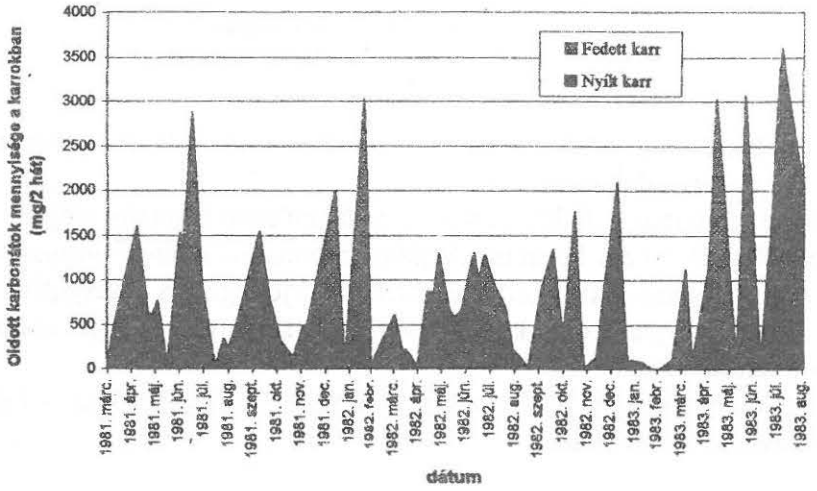
A beszivárgó víz és a talaj hőmérsékletének változása elsősorban a fedett karrokban jellegzetes (*3. ábra*).
- A fekete rendzinával fedett karrbarázda talaja nem frontális időjárási helyzetben jellegzetes napi hőmérsékletjárást mutat. Pl. nyáron (júliusban) 3–4 C°-os napi hőmérsékleti ingadozás észlelhető, jellegzetes sinusgörbe formájában. A nagy csapadékokat követő intenzív beszivárgás a talajt átlagosan 7–8 C°-kal lehűti.
- Agyagos talajfedettség esetén a szivárgó víz fenti hőmérséklet-befolyásoló hatása kevéssé tapasztalható.

- A lehűlés az intenzív beszivárgás kezdetével egyidőben megy végbe, de az elhúzódó kis intenzitású szivárgás idején a talajhőmérséklet visszaáll normális napi járására. Ezt az jelzi, hogy a beszivárgó víz nem hűti le tartósan a talajrészecskéket, ezáltal a talajbeli mikrobiális aktivitás és CO_2 -produkció nem csökken, viszont a hideg víz fokozott CO_2-felvevő képességével a szivárgó víz oldóképessége növekszik (*4. ábra*).



4. ábra: Hőmérséklet és lefolyás a nyílt karrban
Fig. 4: Temperature and drainage in the open karren.

A szivárgó víz karbonátoldó képességének alakulása – döntően hidrogénkarbonátos korróziót tételezve fel – az oldott CO_2 mennyiségének megfelelő.



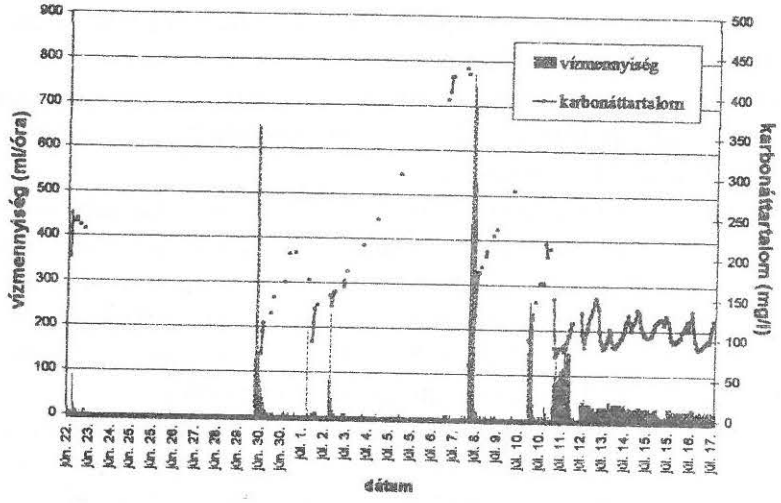
5. ábra: Oldott karbonátok mennyisége a karrokban, 1981-83.
Fig. 5: Quantity of dissolved carbonates in karren, 1981-1983.

- A nyílt karrban végbemenő oldás (*5. ábra*) évi változása kisebb méretű mint a fedettkar oldódásának évi járása.
- A nyílt karrban korrodált karbonát mennyisége általában a csapadék és a beszivárgás mérete szerint alakul. Az oldott anyag mennyisége a hóolvadásból, a nyáreleji csapadékmaximumból és az őszi másodlagos csapadék maximumból származó vízlevezetéssel kerül oldásra (maximum 1500-2000 mg/2 hét), míg az oldási minimumok a közbeeső száraz szakaszokban tapasztalhatók.
- A fedett karrokban feloldott karbonát mennyisége az év folyamán a nyílt karrénál nagyobb mértékben változik. A maximumok a nyílt karrokéhoz képest kétszeres értékek is lehetnek.
- A fedett karrok korróziójának mérete nem lineárisan csapadékfüggő, hanem a talajbeli biológiai aktivitás–beszivárgás egymásrahatása szerint változik. Ennek megfelelően az oldási optimum nem mindig igazodik a csapadék mennyiségéhez és minden évszakban mutathat kiemelkedő értékeket (pl. februárban is, *5. ábra*). Jellemző, hogy talajfagy idején és a teljesen száraz periódusokban a korróziós folyamat egészében szünetel.

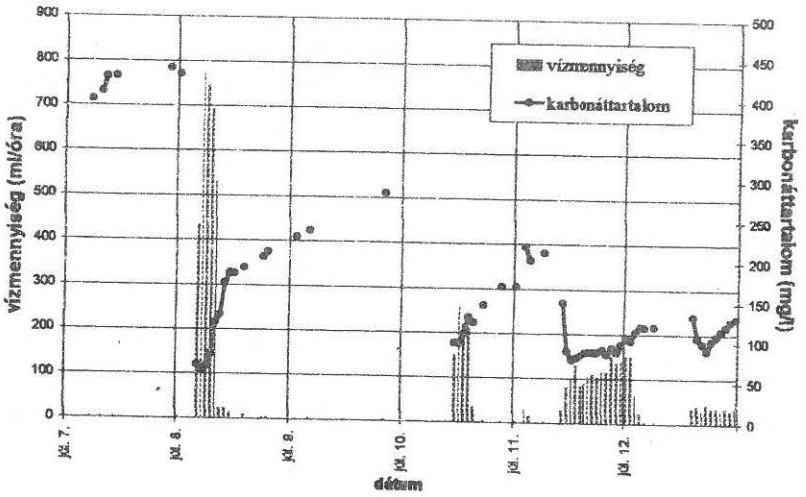
A második szakaszban végzett folyamatos észlelés a fedett karrban a beszivárgás és a karbonátoldódás újabb összefüggéseit tárta fel (*6. ábra*).
- Megállapítható, hogy általában fordított összefüggés van a beszivárgó vízmennyiség és a víz karbonát koncentrációja között. Ez a viszony azonban egy esőzéshez kapcsolódó beszivárgási szakasz során számszerűen és szabályszerűen változó összefüggést jelent.
- Egy beszivárgási szakasz esetén az alábbiak állapíthatók meg.

1. Az eső kezdetén a beszivárgó víz karbonát koncentrációja hirtelen a minimumra, 50–80 mg/l értékre esik.
2. Elnyújtott esőzés alatt a kezdeti alacsony karbonát koncentráció gyengén növekszik (80–130 mg/l).
3. A nagyobb esőt követő kisebb csapadékok beszivárgása során a koncentráció a minimumhoz képest 2–8-szorosra, 130–450 mg/l-re növekszik.
4. Egyenletes, elnyújtott beszivárgás idején a karbonát koncentráció napi periódus szerinti változást mutat. Ennek tágassága 80–140 mg/l között alakul.

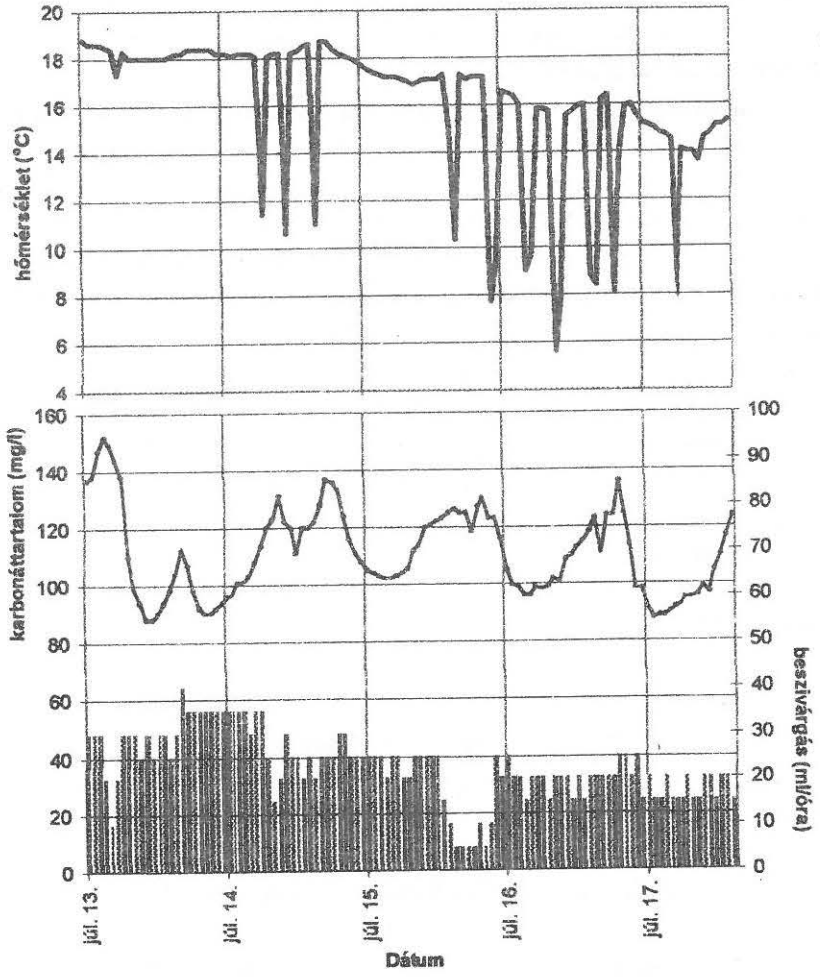
- Az egyenletes szivárgás részletes vizsgálata néhány következtetést enged meg (*7. ábra*).



Lefolyó víz mennyisége és karbonáttartalma a fedett karrban (B)



6. ábra: Lefolyó víz mennyisége és karbonáttartalma a fedett karrban
A: 1999.jún.22. - júl.17., B: 1999.júl.07. - júl.12.
Fig. 6: Quantity of draining water in covered karren and its quantity of carbonate.
A: 22 June – 17 July 1999., B: 07 July – 12 July 1999.



7. ábra: Talajhőmérséklet, karbonáttartalom és beszivárgás a fedett karrban
Fig.7: Temperature of soil, quantity of carbonate and infiltration in covered karren.

1. A beszivárgás intenzifikálódásával az oldott karbonát koncentráció a vízben csökken és fordítva.
2. A szivárgó víz mennyiségének és karbonát koncentrációjának összefüggése fordított, de nem lineáris.
3. Egyenleges, állandósult, alacsony szintű szivárgás karbonát koncentrációja is állandósul, ha a tényezők egyensúlya a tényezők szerinti oldási optimumon jön létre.
- Az oldásban fontos hőmérséklet és a szivárgás, talajbeli nedvességtartalom, amely a víz potenciális karbonátoldó képességében összegződik, és a belőlük következő biológiai aktivitási szint alakulását az állandósult gyenge szivárgás idején észlelhető karbonát koncentráció-szint járása mutatja. A koncentráció változásokat az alábbiak jellemzik.
1. A folyamatos gyenge szivárgás során a víz karbonát koncentrációja sinushullám-alakú járást mutat.
2. A koncentráció változásnak napi ritmusa van, amely valószínűleg a gyökérlégzés és hőmérséklet által befolyásolt.
3. A koncentráció szabályos napi ritmusát a beszivárgás által közvetített hőmérséklet változás rövid időre megzavarja, de a szivárgás méretének visszaállásával a koncentráció szabályos változása is helyreáll.
- A fenti megfigyelések arra engednek következtetni, hogy a talajnedvesség, talajhőmérséklet és talajbeli CO_2-produkció összhatásaként kialakuló oldási optimumot kifejező görbe szerint változik a szivárgó víz karbonát koncentrációja, és a napi periodikus változás amplitúdója 35–45 mg/l. A folyamatos szivárgás idején a talaj alatt átlagosan 100–110 mg/l a karbonát koncentráció a fedett karrokban.

Következtetés

A teljes mérési időszakokban végzett vizsgálatok eredményei arra engednek következtetni, hogy nyíltkarrokban mért kisebb oldott karbonátmennyiség mellett a nagyobb beszivárgási érték miatt létrejövő további potenciális oldóképesség a nyíltkarrok mélyülését segíti elő, míg a fedett karrokban a talaj alatt manifesztálódó nagyobb oldódás mellett megmaradó kisebb potenciális oldóképesség a fedettkarrok szélesedését segíti elő.

Eddigi adataink összegzése alapján a nyíltkarrok mélyülése 1,3 mm/ka, a fedettkarrok mélyülése 1,0 mm/ka, de utóbbiak szélesedése révén a teljes oldásos anyageltávolítás mérete a fedett karrokban nagyobb és ez a talajhatásnak tulajdonítható.

IRODALOM

AUBERT, D., (1969): Phénomenes et formes du karst jurassien. - Ecologiae Geol. Helv. 62(2), p.325-399.

BÁRÁNY-KEVEI, I., (1992): Ecological regulation of karst development. - New perspectives in Hungarian Geopgraphy. - Akadémiai Kiadó, p.77-80.

BÖGLI, A., 1960: Kalklosung und Karrenbildung. - Z. Geomorph., Suppl 2, p.4-21.

BÖGLI, A., (1980): Karst hydrology and physical speleology. - Berlin, Springer.

BROOK, G.A. - FOLKOFF, M.K. - BOX, E.O., (1983): A world model of soil carbon dioxide. - Earth Surface Processes and Landforms 8, p.79-88.

CROWTHER, J.L., (1983): Carbon dioxide concentrations in some tropical karst soils West-Malaysia. - Catena10., p.27-39.

CROWTHER, J.L., (1984): Soil carbon dioxide and weathering potentials in tropical karst terrain, Peninsular Malaysia: a preliminary model. - Earth Surface Processes and Landforms 9., p. 397-407.

DAOXIAN, Y., (1997): The carbon cycle in karst. - Z. Geomorph. 108, p.91-102.

FORD, D.C. - WILLIAMS, P., (1989): Karst Geomorphology and Hydrology. - London, Unwin Hyman.

GUNN, J. - TRUDGILL, S.T., (1982): Carbon dioxide production and concentration in the soil atmosphere: a case study from New-Zealand vulcanic ash soils. - Catena 9, p.81-94.

GUNN, J., (1986): Solute processes and karst landforms. - in: Trudgill, S.T. (ed.): Solute Processes. - Wiley and Sons, p.363-437.

VERESS, M. - TÓTH, G. - ZENTAI, Z. - KOVÁCS, GY., (2000): A magashegységi karrosodás mértékének és minőségének alakulása a különböző növényövekben. – Karszt és Barlang (megj. alatt).

WHITE, W. B., (1988): Geomorphology and hydrology of carbonate terrains. - New York, p.464.

ZÁMBÓ, L., (1986): A talajhatás jelentősége a karszt korróziós fejlődésében. - Kandidátusi értekezés, Kézirat.

ZÁMBÓ, L., (1986): Characteristic values of karst-corrosion soil impact in the soil cover of dolines. - Annales Univ. Sci. Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae Sectio Geographia. Tom XX-XXI., p. 311-325.

ZÁMBÓ, L., (1992): The soil effect in karst corrosion. - New Perspectives in Hungarian Geography. - Akadémiai Kiadó, Budapest, p.81-90.

ZÁMBÓ, L. - DARABOS, G., (1993): An investigation of microbial CO_2 production in karst soils. - In: Zámbó, L. (ed.): Conference on the Karst and Cave Research in Hungary, Jósvafő, p.141-146.
ZÁMBÓ, L. - TELBISZ, T., (1999): Relationship of the karst corrosional soil effect and the development of karren - IGU International Symposium on Nature Conservation and sustainable development on karst terrains, Budapest-Miskolc, 5-9 September, 1999., Abstract Vol p. 25.
ZSENI, A. - KEVEINÉ BÁRÁNY, I., (2000): Nagy-Britannia mészkőjárdái és a talajhatás azok fejlődésében – Karsztfejlődés V. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely p. 181-194.