

Bauer Norbert

A NÖVÉNYZET EGY ÚJABB LEHETSÉGES HATÁSA A MAGASHEGYSÉGI KARROS TÉRSZÍNEK FEJLŐDÉSÉRE

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző a legújabb alpesi-ökológiai kutatások eredményeinek felhasználásával a növényzetnek a karrosodásban betöltött újabb lehetséges, közvetett hatására hívja fel a figyelmet. Vastag hótakaróval borított alpesi vegetációtípusokra jellemző, hogy a fotoszintézis és légzés egyensúlya a légzés irányába eltolódik, s ennek következtében a hó alatti légréteg CO_2 -koncentrációja rendkívüli mértékben megnő. Hóolvadáskor a felhalmozott CO_2 – a légér irányába szinte teljesen elzárt diffúziós út helyett – a talajba ill. az olvadékvizekbe diffundál, s agresszív CO_2 -ként a karrosodás intenzitását növeli. A hóolvadáskor történő karrosodás jelentőségét az éppen ekkor legintenzívebb talajmikrobiológiai folyamatokból származó CO_2 -kibocsátás tovább fokozza.

Az alábbi rövid közleményben a növényzet magashegységi karrosodásban betöltött szerepének egy új aspektusát – a legfrissebb alpesi-ökológiai kutatások eredményeit felhasználva – kívánjuk bemutatni.

Az élővilágnak a mézskő (és természetesen más közettípusok) felszíni oldódására gyakorolt hatásainak vizsgálata immár több mint száz éve megkezdődött. Kezdetben a növényvilág számos hatását, majd később más elképzelések a mikrobiális világ életműködései során keletkező termékek jelentőségét tekintik fontosabbnak. A téma komplexitását ismerve minden bizonnyal értelmetlen kategorikus és kizárólagos okokat keresni a jelenségre. Bizonyos, hogy számos – sok esetben talán helyspecifikus – kiváltó tényezőről kell beszélni. A tudományterület természetes fejlődésének szükségszerű lépéseiként értelmezhető, hogy részben, illetve teljesen eltérő nézetek születtek és élnek mind a mai napig. A probléma megoldásának nehézségei közül a következők emelhetők ki:

1. A közvetlen vizsgálhatóság és a valóság, sok tényezőt egyaránt figyelembe vevő modellezés nehézsége.
2. A karrosodás (ill. a karsztjelenségek) rendkívüli komplexitása, mely például az eltérő klimatikus feltételek közötti közel azonos intenzitásban nyilvánul meg. Az intenzíven karrosodó térszínek jelenlegi képében a növényzet illetve a talaj borításának mértékét tekintve is óriási a változatosság. A formák relatív hosszú életkora, s a vegetáció képének klíma-

függő dinamikus makro- és mikromintázat-változásai tovább nehezítik a problémát.

Kutatástörténeti áttekintés

ECKERT (1898, 1902) már felveti a növény gyökereiben jelenlévő savaknak a karrosodás folyamatára való kedvező hatását, de semmiképpen sem tartja ezt a karrosodás fő mozgatórugójának. A humuszsavak járulékos hatásának tekinti a formák lekerekítését. Kortársai és későbbi karrkutatók között is kevesen foglalkoznak a kérdéssel, s akik felvetik, azok vagy tagadják, vagy maximum óvatos kijelentéseket tesznek e témában. SAWICKI (1909) egyenesen a növényzet és talaj teljes eltűnését tartja a karrosodás megindítójának, csakúgy, mint a – Velebit-hegység növényföldrajzi, florisztikai monográfiáját megíró – botanikus DEGEN (1936). Degen megállapítása a növényzet és a talaj sziklafel-szint védő hatásáról meglepő, hiszen már a nagy előd BORBÁS (1900) is felismeri a Dunántúli-középhegység „mészszikláinak növényzetét” tanulmányozva a „szirtap-ritó” ill. „szirtromboló” fűveknek a sziklák „elmállásában”, „apritásában” vállalt jelentékeny szerepét. PHILLIPSON (1932) az erdők alatt is előforduló karrak kapcsán újra felveti a gyökerek oldó hatásának szerepét a karrosodás folyamatában. LINDNER (1930) a karrképződést soktényezős és komplex folyamatnak tartja, melyre az alacsonyabb rendű növényzet hatással van. LEÉL-ÓSSY (1952) szerint a növény és talajtakaró alatt „tovább fog folyni a karrosodás, de erősen csökkentett mértékben.” BULLA (1954) a sűrű növényzet jelenlétét a karrosodás számára kedvezőtlennek ítéli meg. FEHÉR (1954) a talaj CO_2 -tartalmát tanulmányozva a hőmérséklet és nedvesség növekedésével párhuzamba állítja a növényi és talajmikrobiológiai folyamatok intenzitásával. JAKUCS Pál (1955, 1956) a karsztosodás, főként a felszíni karrformák keletkezésében már igen fontosnak

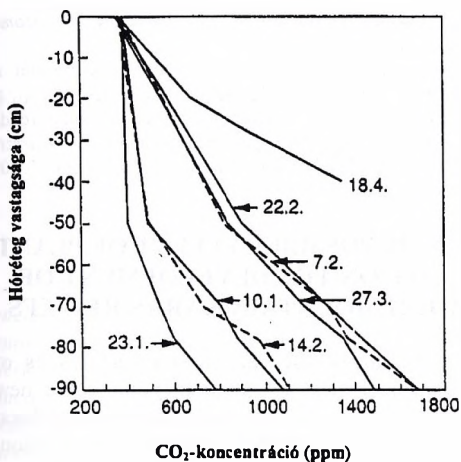
tartja a különböző biogén hatásokat. Összegzi a témával kapcsolatos addigi kutatások eredményeit, s használja a geográfiai és biológiai karszt fogalmát. A dolgozat egyik kimagasló értéke, hogy a jelenleg megfigyelhető középhegységi felszíni karrok kialakulásának idejét egy korábbi „*kedvezőbb éghajlati korban*” keresi. A növényzet karrosodásban betöltött szerepét elsősorban középhegységi területeken tartja jelentősnek. A növényzet és a talajmikroszervezetek sav-kiválasztó tevékenységét a karrformák kialakításában már elsődlegesnek tartja, de a gyökerek mechanikai hatását is jelentősnek véli. Fontos megállapítása, hogy a magyarországi karsztkopárok, ördögszántás sziklagyeppek, lejtősztyepek dominálta lejtők vegetációja másodlagos, erdőirtások nyomán alakult ki. BALÁZS (1964) a karsztkorrózió intenzitása és az adott terület növényi és talajviszonyai között összefüggést feltételez, de ezt inkább tendencia-jellegűnek véli. JAKUCS László (1971) nagy összességében a növényzet vegetációra gyakorolt közvetett és közvetlen hatásait összegzi. Lényeges, hogy STOKLASA és DOEREL (1926) kutatásai nyomán felismeri a talajbaktériumok CO₂-termelésének a növényzetnél jóval nagyobb jelentőségét.

Az újabb kutatások során is számos érdekes eredmény született, mely a karrosodás folyamatának jobb megértéséhez fontos lehet. A talajborítás karszttomogenetikai hatásait ZÁMBÓ (1986) elemzi, VERESS (1992, 1995) elkülöníti a talaj alatti és talaj nélküli területek karrjait. VERESS (1992) a talajjal fedett térszinek karrosodásáért a biogén eredetű szén-dioxidot tartja felelősnek. BÁRÁNY-KEVEI és mts-i (1999) a hazai karszterületeken is kimutatja a karszttalajok savanyodási tendenciáját, s a talajkémhatás-változások fitoindikációban is megnyilvánuló jelzéseire hívja fel a figyelmet. A karszterületek eróziós aerájában megmutatózó talajsavanyodási folyamatokat és azok vegetációban megnyilvánuló hatását a Júliai-Alpokban végzett vizsgálatai alapján már DAKSKGLOBER (1996) is leírja. BALOGH (1995) az ausztriai Totes Gebirge alhavasí övének karrterületein végzett botanikai vizsgálatokat, keresett összefüggéseket a magashegységi karrok és vegetációjuk között.

A legújabb alpesi-ökológiai kutatások eredményeit felhasználva az alábbiakban a növényzetnek a magashegységi karrosodásban betöltött, újabb lehetséges – közvetett hatására – szeretnénk felhívni a figyelmet. Az alpesi-ökológiai kutatások egy fontos részterülete a növényvilág alkalmazkodási formáinak, különleges életciklusának tanulmányozásával foglalkozik. Az elmúlt évtizedekben intenzíven kutatott téma alapvető szintézise KÖRNER (1999) munkája. Habár ez a munka növényélettani-ökológiai szemléletű, eredményei és előzményei számos más tudományterület számára értékesek, hasznosíthatók. A karrosodás szempontjából különösen érdekesek lehetnek a hó alatti gázkoncentráció anomáliákra (különösen a

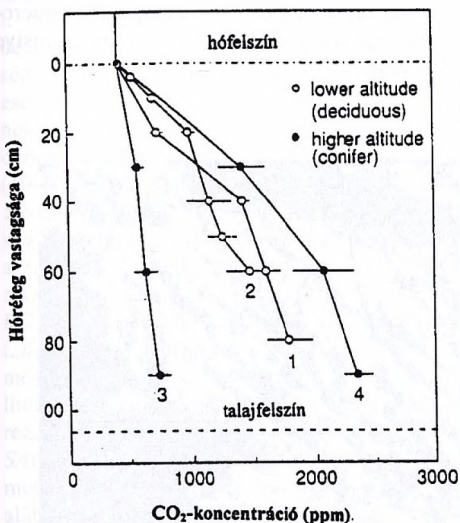
CO₂) irányuló kutatások. Erre vonatkozóan MARIKO és mts-i (1994) ill. SONESSON-TIJUS (1989 unpubl. in KÖRNER 1999) eredményei kiemelkedő fontosságúak. Az igazi alpesi növények különösen jól alkalmazkodnak a hó alatti, lelassult életműködéseket mutató élethez. A hó alatti, téli anyagcserére a fotoszintetikus aktivitás és légzés arányának jelentős eltolódása jellemző. Mivel ennek közege a hó alatti légréteg, mely a légkörtől a hórétteg minősége és vastagsága függvényében jelentősen elkülönül, a gázok koncentrációjának aránya is megváltozik. A fotoszintézis intenzitásának csökkenése elsősorban a hóréttegen átjutó fény mennyiség csökkenését követi, mely 25–30 cm vastag hórétteg esetén néhány százalék, gyakorlatilag egyenlő a nullával (GEIGER 1965). Fontos, hogy a hó alatt keletkező CO₂-felhalmozódás általában nem eredményez fotoszintetikus túlműködést, mivel a fényhiány és az alacsony hőmérséklet ezt felülszabályozza. A felhalmozódó CO₂-diffúziója a Fick-törvényt követi, a tengerszint feletti magasság növekedésével (a légnyomás csökkenésével) nő, de nagy mértékben meghatározza a hórétteg vastagsága és a hó minősége (porózus hó, tömör hó, olvadó jeges hó, jég). A hórétteg vastagsága és a hó alatti CO₂-koncentráció között SONESSON-TIJUS (1989), MARIKO és mts-i (1994) szinte lineáris összefüggést talált, melyet csak a hórétteg tömörödése torzít (*1. és 2. ábra*). A hórétteg alatti CO₂-koncentráció a dúsabb vegetációjú (erdők és zárt gyepek) területeken a legmagasabb. MARIKO 2200 m-en, hegyi tülelű erdőkben 90 cm-es hórétteg alatt – ami magashegységekből, így a Júliai-Alpokban is teljesen megszokott – 2500 ppm-et is mért, ami rendkívül magas, a talajban átlagosnak tekinthető értékek is (~1000 ppm) mintegy 2,5-szerese. Általában jellemző, hogy a legmagasabb értékeket a tél elején és közvetlenül a hóolvadás előtt méri, mely a növényzet életműködéseinek aktivitásával és a tömörödő, olvadó hó diffúziós-csökkenésével szépen párhuzamba állítható.

A fentieket figyelembe véve nagy a valószínűsége, hogy a magashegységi növénytakaróval fedett mészkőfelszínek karrosodásához a növényzet ilyen közvetett módon is jelentősen hozzájárul. Olvadáskor a hó alatti magas CO₂-koncentráció – mely sokszor a talaj CO₂-koncentrációját is meghaladja – könnyedén a talajba, ill. az olvadó, lefolyó vízbe diffundál, s fokozza annak agresszivitását, pusztító hatását. Bizonyos azonban, hogy a karrosodás hóolvadáskor jelentkező fokozottabb intenzitásának ez a jelenleg is



1. ábra. Vegetációval borított alpesi területek hóréteg alatti CO_2 -koncentrációjának alakulása I. (SONNESON-TIJUS 1989 unpubl. on KÖTNER 1999 nyomán)

A felvételek Észak-Svédországban készültek. A nyílak a mérési dátumokat jelzik, a hóvastagság mérésére mindig a hófelszint használták referenciaként, ezért a hóvastagság az olvadás, tömörödés során változott. A CO_2 diffúziójának a hó keresztmetszetében várható lineáris változását a hó minőségének változásai torzítják.

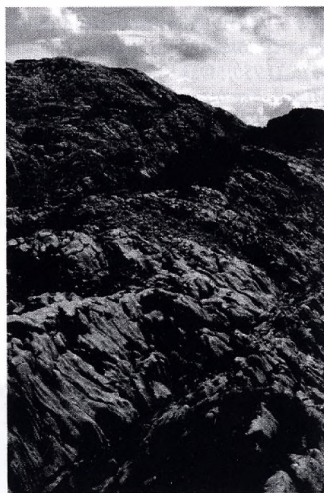


2. ábra. Vegetációval borított alpesi területek hóréteg alatti CO_2 -koncentrációjának alakulása II. (MARIKO és mtsi 1994 nyomán)

CO_2 -koncentráció vázlata 0,8 méternél mélyebb hóban japán hegyi erdőkben 1320 (1), 1500 (2), 1980 (3) és 2200 méter tengerszint feletti magasságon, március és május hónapok között.

csupán egyik – de valószínűleg jelentős – tényezője, az egyéb biogén és abiogén hatótényezők mellett. Közismert, hogy az alpesi területeken a talajban a mikrobiális aktivitás – így a CO_2 -ki-bocsátás is – hóolvadáskor, illetve a hóolvadást követő időszakban a legnagyobb (ez részben a hóréteg alatt jelentkező anoxiával is összefüggésben van). Ezek alapján valószínűnek tűnik, hogy a magashegységi fedett karrosodásban a biogén tényezők is a szerves CO_2 termelésén keresztül járulnak hozzá legintenzívebben a mészkő oldódásához. A gyökerek által termelt szerves savak hatásának karrosodásban játszott szerepének részletes feltárása további kutatásokat igényel.

Bauer Norbert
Bakonyi Természettudományi Múzeum
Zirc



Magashegységi karrfelszín – Totes Gebirge (Hazlinszky Tamás felvétele)

IRODALOM

- BALÁZS, D. (1964): A vegetáció és a karsztkorrózió kapcsolata – *Karszt és Barlang I.* p. 13–16.
- BALOGH L. (1995): Tájékoztató botanikai vizsgálatok a Totes Gebirge (Salzburgi-Alpok) alhavasi övének karrterületein – *Karsztfejlődés I.*, Szombathely, p. 113–131.
- BÁRÁNY-KEVEI, I.–HOYK, E.–ZSENI, A. (1999): Karsztökológiai egyensúlymegbomlások néhány hazai karszterületen – *Karsztfejlődés III.* p. 79–91.
- BORBÁS, V. (1900): A Balaton tavának és partmellékének növényföldrajza és edényes növényzete – *Budapest*
- DEGEN, Á. (1936): *Flora Velebitica – Budapest, 1936.*

ECKERT, M. (1898): Die Karren oder Schratzen – *Petermanns Mitteil.* 44. p. 69–71.

ECKERT, M. (1902): Das Gottesackerplateau, ein Karrenfeld im Allgäu. wiss. Ergänz – *Hefte z. Zeitschr. d. Deutsh. u. Öst. Alp.-Ver. Bd. 1.*

EHRENDORFER F., (1973): Liste der Gefässpflanzen Mitteleuropas – *Stuttgart*

FEHÉR, D. (1954): Talajbiológia – *Budapest*

GEIGER, R. (1965): The climate near the ground – *Harvard University Press, Cambridge*

JAKUCS, P. (1955): Geobotanische Untersuchungen und die Karstaufforstung in Nord-Ungarn – *Acta Botanica* 2/1-2. p. 89–131.

JAKUCS, P. (1956): Karrosodás és növényzet – *Földrajzi Közlemények* 3. p. 241–249.

JAKUCS, L. (1971): A karsztok morfofenetikája – A karsztfejlődés variációi – *Akadémiai Kiadó, Budapest*

KÖRNER, C. (1999): Alpine Plant Life – *Functional Plant Ecology Of High Mountain Ecosystems, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg*

LEÉL-ÖSSY, S. (1952): Karrosodás és karros formák – *Hidrológiai Közöny* 32. p. 298–303.

LINDNER, G. (1930): Das Karrenphänomen – *Petermanns Mitteil, Ergänzungsheft*, 208. p. 1–83.

MARIKO, S.–BEKKU, Y.–KOIZUMI, H. (1994): Efflux of carbon dioxide from snow covered forest floors – *Ecological Research* 9. p. 343–350.

PHILLIPSON, A. (1932): Allgemeine Geographie II.

SAWICKI, L. (1909): Beiträge zum geographischen Zyklus im Karste – *Geograph, Zeitschr.* 15. p. 185–281.

SZUNYOGH G. (1999): A talajelborítás hatása a karros

formakincs fejlődésére – *Karsztfejlődés III. Szombathely* p. 31–42.

VERESS M. (1992): A karsztosodás mikroformái a karrok – *Természet Világa* 123/3. p. 129–131.

VERESS M. (1995): Karros folyamatok és formák rendszerezése Totes Gebirge-i példák alapján – *Karsztfejlődés I. (Totes Gebirge karrjai), Szombathely, 7–30.*

A NEW POSSIBLE EFFECT OF PLANT LIFE ON THE DEVELOPMENT OF HIGH MOUNTAIN KARRS-RELIEFS

The author uses the most recent results of Alpine-ecological research, to point out a new possible indirect effect of the plant cover in karst development. It is typical of the alpine vegetation, covered by thick snow, that the balance of photosynthesis and breathing shifts to the breathing side, this means that the CO₂ concentration of the layer under the snow cover increases considerably. During the snow melting the CO₂ diffuses into the ground or into the melting water - because the way to the airspace is completely blocked – and increases the rate of karst development by becoming aggressive CO₂. The rate of karst development at snow melting is increased even more by the ground microbiological processes which are the most intensive at that time.



Karrbarázdák – Steinernes Meer (Hazslinszky Tamás felvétele)