

Eszterhás István

A HOMOKKŐ BARLANGOK KÜLÖNLEGESSÉGEI: A GYÖKÉRSZTALAGMITOK

ÖSSZEFOGLALÁS

A cseh- és németországi homokkőhegységek barlangjaiban különös bioszpeleológiai jelenségek a gyökérsztalagmitok. Ezek több meghatározott feltétel együttes jelenlétében fejlődő, jellemzően sztalagmitformájú, élő gyökérfonadékok. Rendszeres kutatásuk mintegy tízéves múltra tekint vissza. A Vulkánszpeleológiai Kollektíva 1992-es tanulmányútja során a gyökérsztalagmitok legjobb ismerőjének, Jirí Kopecký-nek kalauzolása mellett vizsgálta ezt a hazánkban ismeretlen jelenséget. A szakirodalom tanulmányozása Kopecký úr magyarázatai és saját vizsgálódásaink alapján kívánjuk a barlangkutatók táborával megosztani ezirányú ismereteinket.

Mi a gyökérsztalagmit?

Felszínközeli homokkőbarlangokban, e kőzet kisebb fülkéiben, ereszeiben kialakult, sztalagmitformájú élő gyökérfonadékokat nevezük gyökérsztalagmitoknak, nevük a jelenség német leírójától származik. A korai, bizonytalanul körülhatároló elnevezésük után Németországban kezdtek használni a „Wurzelstalagmit” szót, ezt fordították cseh nyelvre, mint „kořenový stalagmit”. Tehát kézenfekvő, hogy e szót tegyük át magyar nyelvre is „gyökérsztalagmit”-ként. A gyökérsztalagmitok barlangban található, meghatározott formájú gyökérfonadékok, amelyek hidrotopikusan fölfelé növekednek. A barlang terében határozott oszlop-, bunkó-, kúp- vagy párnaformákat öltő gyökérfonadékok gombákkal is együtt élnek. Méretük fejlődési stádiumuktól függően változó, kezdetben csak néhány mm vastag szőnyegcské az aljzaton, de az optimális helyeken kifejlődött példányok között 10–15 cm vastag, 60 cm magas oszlopok is előfordulnak. A gyökérsztalagmitok mindig csepegőhelyek alatt fejlődnek ki, így elnevezésüket nem csak formájuk, de helyzetük is indokolja.

Homokkőereszekben a gyökérsztalagmitokon kívül előfordulnak sztalagmitformájú mohaképződmények is a csepegőhelyek alatt. Az előbbieket analógiájára ezeket mohasztalagmitoknak is nevezhetjük. E jelenséget eddig alig kutatták, csupán R. RAU (1964) foglalkozott velük.

Előfordulásuk

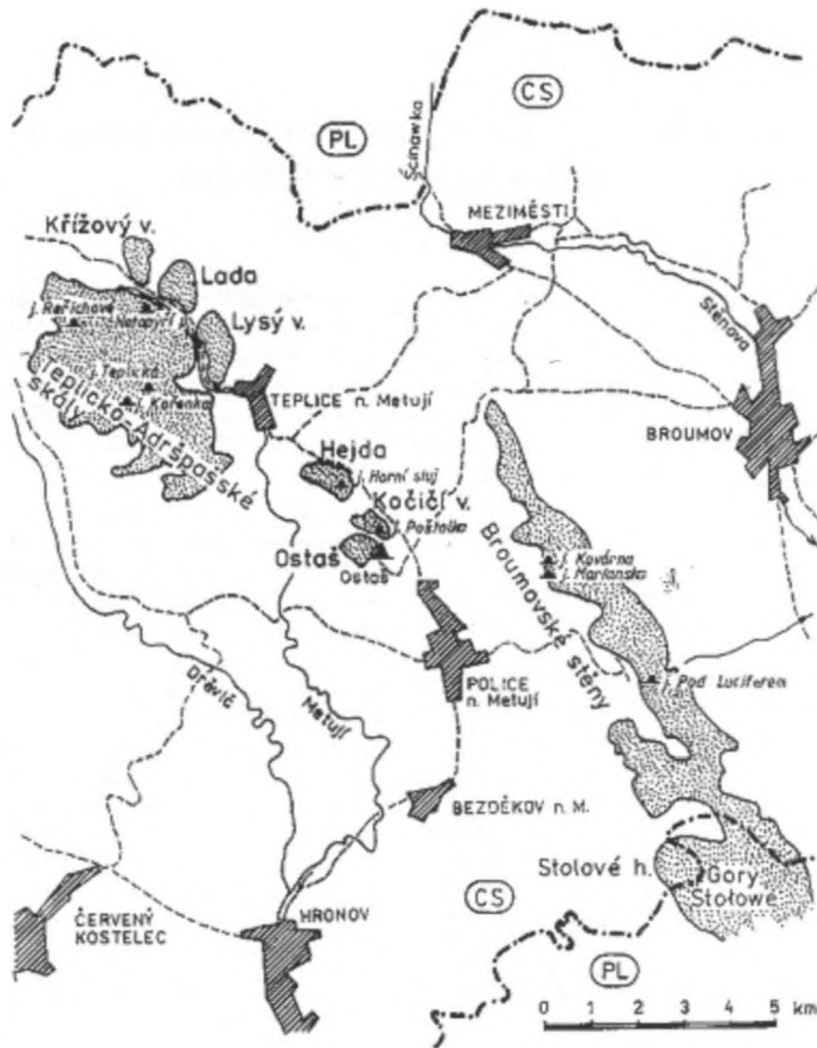
Eddigi ismereteink szerint gyökérsztalagmitok csak néhány közép-európai homokkőhegység

barlangjaiban fordulnak elő. Észak-Csehországban az Óriás-hegység (Krkonoše) szomszédságában levő Broumovi (Braunau)-hegységből ismeretesek. Aztán a német-cseh határ két oldalán elhelyezkedő homokkőhegységekből, a Lausitz-hegység német oldalán a Zittauer Gebirge-ben és a cseh oldalon lévő Lužické hory-ban; továbbá az Elbai-homokkőhegység német részében, a Sächsische Schweiz-ben és cseh folytatásában, a Děčínské stěny-ben fordulnak elő gyökérsztalagmitok (KOPECKÝ 1989).

A Vulkánszpeleológiai Kollektíva 1992. évi tanulmányútja során a Broumovi-hegység néhány barlangját és az ezekben található gyökérsztalagmitokat vizsgálhatta. Így a következőkben főként e tapasztalatok alapján, valamint Jirí Kopecký úr személyes tájékoztatása, a német és cseh szakirodalom ismeretében számolunk be e különös bioszpeleológiai jelenségekről.

Barlangok kialakulására a Broumovi-hegységben főként az erősen tagolt homokkőfennsík alkalmasak. Két nagyobb fennsík: az Adršpašsko-teplické skály (Adersbach-Teplíci-sziklák) és a Broumovské stěny (Braunai-sziklafalak); kisebb fennsíkroögök: Křižovy vrch, Lada, Hejda, Lysý vrch, Ostaš Kočiči vrch – valamint Lengyelország felől kisebb részben átnyúló Groy Stołowe (Stolové hory) azok a kistájak, ahol a vidék barlangjai találhatóak (KOPECKÝ–JENIK 1988, SCHÖNKE–WUTZIG–MENGENS 1988, TÁSLER–PROUZA 1980).

E homokkőfennsík felső-kréta (ezen belül középső-turon) ún. kockásan törő homokkövekből (Quader-Sandstein) épülnek fel. E kőzetek többnyire finomszemcsés homokból cementálódtak



1. ábra. A Broumovi-hegység homokkőfennsíkjai
(Szerkesztette: Eszterhás István 1992)

össze, színük vörhenyes vagy szürkésbarna (TÁSLER—PROUZA 1980). Településük, morfológiai és petrográfiai eltéréseik szerint további zónákra osztja őket a német geológiai irodalom. E besorolás szerint a hegység keleti fennsíkjait (Broumovské stěny, Stolové hory) egy kb. 170 m vastag idősebb, kvarcos földpátos homokkő alkotja, mely az ún. „alsó lamarcki zóna” a, illetve b szintjéhez tartozik. Mintegy 50–100 m-es rétegtkülönbség tapasztalható az előbbi, s a hegység nyugati részét alkotó homokkőfennsíkok (így a Teplické skály) között. A nyugati fennsíkokat kb. 130 m vastag, inkább csak kvarcos homokkő építi

fő, „szkafita zóna” c és d szintjét foglalja magába.

A tájak megjelenése hasonló a többi ismeretebb középidői homokkővidékéhez, vagyis jellemzőek, különösen a peremeken a sziklatornyok, kőgombák, a belső területeken az egymásnak dőlt kőbálványok, ingókövek stb.

A Broumovi-hegységben 1989-ig 92 barlangot regisztráltak (KOPECKÝ 1990). Ezek többsége kőtömbök közötti álbarlang, sziklatornyok közötti kimállásos üreg, réteglapmenti ereszt; kevesebb az atektonikus barlang vagy tektonikus hasadék. (A cseh, Vítek-féle nomenklatúra más-

képp csoportosítja a barlangokat!) A legnagyobbak a Teplici-barlang (1065 m), a Pod Luci-ferem-barlang (360 m), a Řeřicho-barlangrendszer (200 m), a Netopýři-zsomboly (-38 m), a Teplici-zsomboly (-32 m), melyek impozáns patakos-szifonos, vagy szakadékbárányok, de a gyökérsztagmitok nem ezekben élnek.

A kisebb álbárányokban, felszakadásokban, sziklaereszekben találhatóak a gyökérsztagmitok. Eddig a Broumovi-hegységnek 19 ilyen bárányjában 58 db gyökérsztagmitot sikerült összeírni (KOPECKÝ S.—KOPECKÝ J. 1990). Leglátványosabb ilyen üregek a Kořenka-lyuk (4 sztagmittal). A „gyökeres” bárányok közül a Teplicifennsíkon ezeket volt alkalmunk meg is tekinteni. Továbbá a gyökérsztagmitok szempontjából jelentősebb üregek még a Horni-lyuk, a Pisečibárány és a Pruchodna-bárány.

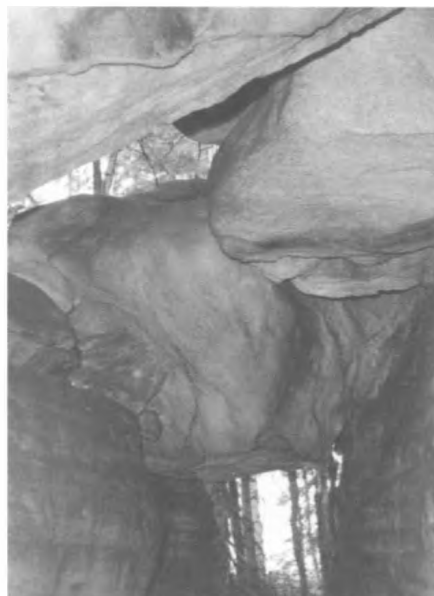
A német- és csehországi homokkőhegységekben eddig kb. 35 üregben mintegy 100 gyökérsztagmitot tartanak nyilván (KOPECKÝ S.—KOPECKÝ J. 1990, SCHÖNE—WUTZIG—MENGES 1988, WINKELHÖFER 1984). A 4—5 évvel korábbi adatok szerint:

a Broumovi-hegységben 19 helyen 58-at,
az Elbai-homokkőhegységben 9 helyen 28-at,
a Zittai-hegységben 5 helyen 11-et.

Kutatástörténetük

A gyökérsztagmitokról szóló első megbízható adat Johannes Ruschertől származik, ő 1931 áprilisában készített fényképet a szász-svájci Bellhöhle-ben (kat. Sz: KÖ 26) egy kicsiny gyökérsztagmitról, melyet saját gyűjteményében a következő szöveggel helyezett el: „Saug-Wurzel-Stöcke” (szívó gyökértuskók). Majd 1942-ben Oppenheimer számolt be a jelenségről, egy sziklaboltozat csepegőhelye alatt megfigyelt gyökérburjánzásról (R. WINKELHÖFER 1984).

Az 1970-es évek elején egyre több helyen – Németországban kívül már Csehországban is – találtak gyökérsztagmitokat. Németországban két drezdai csoport (a Hfg. Kulturbund Dresden és Hfg. DWBO Dresden) tagjai igyekeznek minél többet megtudni a szász-svájci és zittai bárányok gyökérsztagmitjairól. Csehországban a ZO ČSS 5—03 Broumov területi csoport foglalkozik a Broumovi-hegység, valamint a német határ közelében lévő gyökeres bárányokkal, munkájukba bevonva néhány csoportoktól független szaktekinélyt (JENIK J., VÍTEK J.) és állami kutatóintézetet is. A német és cseh csoportok egymással jó munkakapcsolatban vannak. Eredm-



1. kép. A Kořenka-bárány kőtömbök közti álbárány (Eszterhás I. felvétele)

nyeikről, problémáikról egymásnak beszámolnak, látogatják egymás bárányjait.

A legeredményesebb munkát a broumovi csoport tudta felmutatni, és ebben oroszánrészre van Jiří Kopecký-nek. Ő az, aki kitartóan és módszeresen tevékenykedik mind a terepen, mind az ismeretek rendszerezésében, publikálásában, szervezi és irányítja a megismerés folyamatát. A gyökérsztagmitok rendszeres vizsgálata 1985 óta folyamatos, elsősorban alaktani, ökológiai vizsgálatok történnek a Broumovi-hegység három



2. kép. A Kořenka-bárány legnagyobb gyökérsztagmitja mögött jobbról Jiří Kopecký, balról Szobonya Károly (Gönczöl Imre felv.)



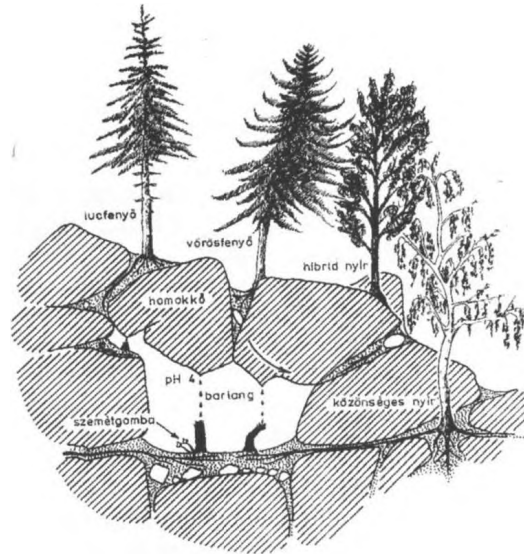
3. kép. Homokkőszirt a Stremenské podhradí szurdokvölgye mentén (Eszterhás I. felv.)

barlangjában (J. Kořenka, Pisečná, Horní sluj), ahol havonta följegyzik a fontosabb fizikai tényezőket és a gyökerek növekedésének mértékét, valamint az ökológiai rendszerben bekövetkezett összes változást (JENIK J.—KOPECKÝ J. 1989). Kidolgozták a változások regisztrálásának legoptimálisabb módszerét, és ezek szerint gyűjtik az adatokat. Rendszeresen mérnek (növekedést, hőmérsékletet, vízhozamot stb.), amit Oldřich Jenka által készített fotódokumentáció egészít ki. Egy sor jelenségre már sikerült magyarázatot kapni, de még mindig vannak megoldatlan problémák a gyökérsztagmitokkal kapcsolatban. Kopeckýék bíznak abban, hogy a rendszeresen összeállított adathalmaz, a mind több specialista bevonása a kutatásokba előbb-utóbb feleletet ad a még megválaszolatlan kérdésekre. Kopecký J. módszere szerint hasonló megfigyeléseket végeznek két száz-svájci és egy zittai barlangban is.

A gyökérsztagmitok kialakulásának feltételei

Az eddigi ismeretek szerint a gyökérsztagmitok kialakulásának alapvető feltétele bizonyos növényfajok, megfelelő kőzetek, ezekben csőpőghelyekkel rendelkező üregek együttese. Valószínűleg fontos szerepe lehet még további hidrológiai és klimatológiai összetevőknek is.

A megismert gyökérsztagmitok mindegyike meghatározott fafajhoz kötődik. Leginkább a luc-



2. ábra. Gyökérsztagmitok kialakulásának feltételei (Jiří Kopecký után)

fenyő (*Picea abies*) gyökere hajlamos gyökérsztagmitot alkotására. A németországi Zittai-hegységben viszont vörösfenyő (*Larix decidua*) gyökereiből is képződik. Másik csoportja a fáknek, melyek alkalmasak erre a burjánzási módra, a nyírfáké. Ezek közül a közönség nyír (*Betula pendula*) és ennek a molyhos nyírral alkotott hibridje (*Betula aschersonia* = *B. pubescens* x *B. pendula*) szokott gyökérsztagmitokat képezni (JENIK J.—KOPECKÝ J. 1989, SCHÖNE—WUTZIG—MENGENS 1988).

Mind a fenyők, mind a nyírek hajlamosak szimbiózisban élni bizonyos gombákkal. Ez az együttélés gyökérkapcsolatban (mikorrhiza) teste-

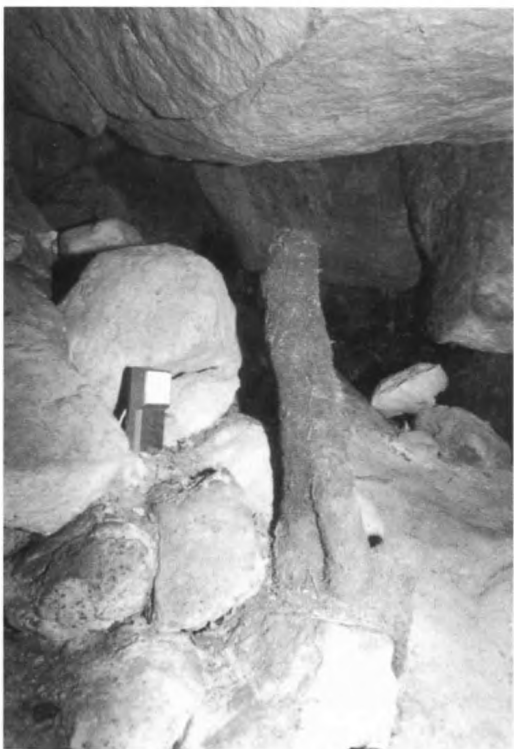


4. kép. Megbeszélés a Kořenka-barlang előterében. A látható fenyő- és nyírfa gyökerei vesznek részt a gyökérsztagmitok kialakulásában (Gönczöl Imre felv.)



5. kép. A lámpa előtt fejlődése kezdetén levő gyökérsztagmit, mögötte a gyökerekkel szimbiózisban élő szemétgombák, balról egy fejlett gyökérsztagmit (Gönczöl Imre felv.)

sül meg. A kapcsolat során a gombatelep hifái beburkolják a fás növények gyökérzetét. A gombahifák segítik a fát a víz és tápanyag felvételében, és cserébe a fától szerves anyagokat kapnak. A fák és gombák mikorrhizás együttélését leginkább savanyú talajokon figyelték meg. A gyökérsztagmitok esetében is érvényesül e feltétel, hisz a homokkőbarlangok környezetében csak sa-



6. kép. A mennyezet csepegőhelye alatt jól fejlett, 60 cm-es gyökérsztagmit (Gönczöl Imre felv.)

vanyú talajok fordulnak elő. A fás szárú növények, vagy a fenyők és a nyírek is csak néhány meghatározott gombafajjal képesek az együttélésre. Több gombát sikerült a gyökérsztagmitokon is észlelni, ilyen a változékony pénzecskegomba (*Clitocybe laccata*), több szemétgomba (*Naucoria*), köztük a turjángomba (*N. sphagnum*) vagy a karcsúgomba (*Fayodia gracilipes*). Továbbá mikrogombák is élnek a barlangi gyökérfonadékban, de hogy ezek szimbióták vagy paraziták, netán szaprofiták – az még további tanulmányozást igényel (JENIK J.—KOPECKÝ J. 1989, SCHÖNE—WUTZIG—MENGENS 1988).

Gyökérsztagmitokat idáig csak kréta korú homokkő barlangjaiban, ereszeiben sikerült találni. Így nyilvánvaló, hogy ez a kőzetfésülés is alapvető feltétele eme alakzatok képződésének, hisz az előbb említett fás szárú növények és a velük mikorrhizában élő gombák más, barlangokkal, üregekkel rendelkező kőzetekben (pl. mészkő, vulkáni kőzet) is élnek, és ott mégsem hoznak létre gyökérsztagmitokat. Valószínűnek látszik, hogy ennek egyik magyarázata, hogy a homokkőálladékba, ami a sztagmitokat tartalmazó barlangokban bőségesen van, a gyökerek könnyen be tudnak hatolni, míg a mészkő vagy vulkánikus kőzetek barlangjai esetében lényegesen kisebb a lehetőség. Az viszont nyilvánvaló, hogy az üregeknek csak a felszín közeli részein fejlődnek ki gyökérsztagmitok, ott ahová még eljuthatnak a fák gyökerei. Optimális üregformák ehhez a kötömbök alkotta álbarlangok, a réteg-hézag-barlangok stb., amelyeknek az alján általában bőven van közettörmelék, málladék, és viszonylag felszínközelen vannak.

Fontos feltétele a gyökérsztagmitok kialakulásának, hogy legyen az üregekben állandó vagy viszonylag állandó csepegőhely. Gyökérsztagmitok minden esetben csak a csepegőhelyek alatt alakulnak (JENIK J.—KOPECKÝ J. 1989, SCHÖNE—WUTZIG MENGENS 1988). Ha a mennyezetet alkotó kötömb, amelynek élén vagy csúcsán csepegőhely van, lassan elmozdul, úgy ezt a növekedő gyökérsztagmit követi és görbe sztagmit válik belőle. Ha olyan gyorsan mozdul el a csepegőhely, hogy azt nem tudja növekedésével követni a gyökérsztagmit, vagy megszűnik a csepegés, akkor az elpusztul. Kedvező feltételek között a gyökérfonadék elérheti a főtét és oszlopot, sztagmát alkothat. A gyökérsztagmitok előnyben részesítik azokat a helyeket, ahol bőséges a vízkinálat. A mérések szerint az átlagos csepegésintenzitás 15–25

csepp/perc, de csapadékos időben ez jelentősen megnő. A maximum ilyenkor 38 csepp/perc, kb. 10 ml/perc víztartalommal. A csepegő vizek pH-értéke általában 3,7—4,0. Ez persze időszakként változik. Bőséges vízkínálat esetében alacsonyabb pH-értékeket részben az itteni erdők talajának savanyúsága, részben a homokkő ásványi összetétele magyarázza.

A gyökérsztagmitok kialakulásának feltétele az előbbieken túl a fényszegény, vagy teljesen sötét hely. Így nyilvánvaló, hogy csak barlangokban, sziklaereszekben, vagy kisebb résekben, omladékközi térben indulnak fejlődésnek. Előfordult már, hogy sziklaomlás, erdőtűz stb. következtében világosságra kerültek gyökérsztagmitok. Ilyenkor előbb moha lepi be fényfelőli oldalukat, majd elpusztulnak (SCHÖNE—WUTZIG—MENGENS 1988).

Éghajlatilag mind a német-, mind a csehországi gyökérsztagmitos homokkőhegységek a közép-európai középhegységi klímához tartoznak. A csapadék mennyisége 600—900 mm évente. Maximuma június-július-augusztusban van, ekkor 250—350 mm-nyi eső hull. A középhőmérséklet a barlangok (300—600 m tszf.) magasságában 7—8 °C. A januári középhőmérséklet -3—8 °C, a júniusi +16—18 °C. Mivel mindegyik itt tárgyalt homokkőhegység morfológiailag erősen tagolt (szurdokvölgyek, fennsíkok, tornyok), klimatikai viszonyaik kis területen belül is erősen eltérnek.

A gyökérsztagmitos barlangok, mivel közel vannak a felszínhez és többségük erősen átszellőzött, kis eltéréssel jól követik a felszíni hőmérséklet alakulását. Nyáron akár +10 °C-ig is süllyedhet. Telente a gyökérsztagmitokat többnyire vastag jégkéreg burkolja (JENIK. J.—KOPECKÝ J. 1988, WINKELHÖFER R. 1975).

A gyökérsztagmitok fejlődése

A fenyő- vagy nyírfajok gyökérzete a homokkősziklák rései között behatol a barlangtár alatti, törmelékes, málladékos kitöltésbe. Ott nedvességet, tápanyagot keresve behálózza azt. Ha csak a barlangi kitöltés nedves, akkor a gyökerek láthatatlanul a barlang aljának felszíne alatt maradnak. Ha viszont a gyökér olyan helyre ér, ahol a felülről csöpögő víztől az átlagosnál jobban átnedvesedik a barlangi kitöltés, ott fölfelé irányuló hajszálgökök sokaságát fejleszti. A hajszálgökök rövidesen megjelennek a felszínen, ahol gyökérfonadékhálót hoznak létre. E gyökérburjánzásnak az a célja, hogy mind több ned-



7. kép. Finom hajszálgökök hálózják be a sztagmit felszínét (Gönczöl Imre felv.)

vességhez jutassa a fákat.

A gyökérfonadék-hálóra előbb-utóbb rátelepednek a fás növényekkel szimbiózisban élő gombák, és segítségükkel még több nedvességet tud felvenni a fa. A barlang felszíni gyökérhálóból a továbbfejlődés során párnaszerű fonadék válik, melynek alkotásában már a hajszálgökök fonadékán és a velük együtt élő gombákon túl homokszemek is bőségesen részt vesznek. Ez utóbbiakat ez egyre magasabbra törő gyökerek emelik fel a fekümladékból, törmelékéből.

Mivel a víz a felszín felől érkezik, az egyre burjánzó képződmény erősebben növekszik fölfelé, mint oldalirányba, s lassan egyre magasodó oszlopocskát, gyökérsztagmitokat alkot. A növekedés mértéke főleg a csepegőhely vízkínálatától függ. A növekedésben évszakonkénti ingadozás is mutatkozik. Megfigyelték és megmérték (JENIK J.—KOPECKÝ J. 1989, SCHÖNE—WUTZIG—MENGENS 1988), hogy novembertől áprilisig egy relatív magassági növekedés van. Ez a térfogat gyarapodás valószínűleg a sztagmitban és a barlangaljzatban lévő víz fagytagulásával van összefüggésben. A késő tavaszi és nyár eleji hónapokban a gyökértuskó őszi méretére zsu-



8. kép. Ha a mennyezet csepegőhelye lassan elmozdul, akkor a gyökérsztagmit a sztagmit felszínén elpusztult penészgombák vannak) (Gönczöl Imre felv.)

gorodik. Júliusban következik aztán az új gyökerek sarjadásával a tulajdonképpeni gyarapodás. A növekedés tényleges mértéke a különböző gyökérsztagmitokon igen eltérő. Esetenként évekig nem tapasztalható növekedés, másutt 7 mm-es évi növekedést is mértek már (SCHÖNE—WUTZIG—MENGE 1988). Az új

gyökerek fehéres-sárgás színűek, csúcsukon enyhén pirosak. E zsengekori színeződés nem tart sokáig, hamar felveszik jellegzetes sötétbarnavörhenyes színüket.

Az eddigi gyökérsztagmitokról szóló szakirodalom egy részében (JENIK J.—KOPECKÝ J. 1989, SCHÖNE—WUTZIG—MENGE 1988) a



9. kép. Kicsiny mohasztagmit a Teplici-sztlák egyik homokkőfülkéjében (Gönczöl Imre felv.)

képződmények negatív geotropizmusáról esik szó. Ez felületes szemlélődőnek igaznak is tűnik, mert a gyökerek általános lefelé hatolása helyett (pozitív geotropizmus), esetünkben látványos felfelé burjánzást észlelhetünk. A gyökérsztagmitok ingermozgását tekintve viszont egyáltalán nem a nehézségi erő befolyásolta növekedésről (geotropizmus) van szó, hanem a víz irányába való elmozdulásról, azaz hidrotropizmusról. A geotropizmus jelensége a növényvilágban bár általános, de igen különböző módon érvényesül és többnyire csak a növekvő főgyökerekre hat. Az oldal- és hajszálgyökerek minden irányba való növekedését az élettan tudománya a kellően meg nem indokolt oldalirányú (transzverzális) geotropizmussal magyarázza. Ugyanakkor a gyakorlatból számos geotropizmust zavaró tényező ismeretes (pl. az etilén hatása), továbbá kísérletileg az is bizonyított (MOLISCH 1926), hogy a hidrotropizmus ingere erősebb a geotropizmusnál. Mindent összevetve, a barlangokban tapasztalt gyökérsztagmit-növekedés irányát a pozitív hidrotropizmus szabja meg.

Télen a gyökérsztagmitokat tartalmazó legtöbb barlangtér fagypont alá hűl. Egyre inkább lelassul a csepegés és a ritkábban lecseppenő, túlhűlt víz ráfagy a gyökérsztagmitokra. Így lassan tekintélyes jégbuzogány burkolja be a sztagmitokat. Ez azonban nem jelent különösebb megrázkódtatást a gyökérfonadéknak és gombáinak, mert évszakos programjuk szerint egyébként is minimálisra csökken életfunkciójuk. A jégburok tavaszi leolvadása után a hajszálgyökerek fonadéka károsodás nélkül tudja folytatni élettevékenységét.

A gyökérsztagmitok makroformáinak gazdasága vetekszik a valódi kalcitsztagmitok formavariánsainak számával. Nincs két egyforma gyökérsztagmit. Szélességük 3–10 cm, magasságuk, fejlettségi állapotuktól függően, az aljazaton levő néhány mm-es hálózattól akár a 60 cm-ig terjed. Főbb formáik a párna, a lekerékített kúp, az enyhén kúpos rúd, a buzogány, a gomba, illetve ezek különféle változatai. A csöpögőhelyek lassú elmozdulása miatt görbe sztagmitok alakulnak ki, mert a gyökérfonadék mindig azok felé növekedik. Néhány esetben megfigyelték, hogy a gyökérfonadék növekedése során elérte a mennyezeti csöpögőhelyet. Ez esetben már gyökérsztaglagnátról kell beszélnünk. Kezdetben csak néhány hajszálgyökér ér a mennyezethez, később pedig egyre több és kiszélesedő lepény-, majd gombaformát alkotnak.



10. kép. Homokkőhasadék a Slavenski-szikla előterében (Eszterhás I. felv.)

A gyökérsztagmitok többsége azonban nem válik sztaglagnáttá, mert még a mennyezet elérése előtt elpusztul, ha a fa vagy annak gyökere elsorvad, vagy ha megszűnik a csepegés, vagy a gyökérnövekedés üteménél gyorsabban mozdul el a csepegőhely, továbbá ha a barlang felszakad, vagy valami más ok miatt a homályos derengésnél nagyobb fény jut el a gyökérsztagmitokhoz. Ilyenkor mohák, harasztok és más növények telepednek a nedves fonadékra és az már nem tud kellő mennyiségű vizet szállítani a fa többi része felé. A gyökérsztagmitok elpusztulásuk után még néhány évig megőrzik formájukat. Lassan bomlanak le bennük a fás részek, de végül is egy humuszkúppá válnak.

A gyökérsztagmitok, azon kívül, hogy maguk igen bonyolult ökológiai rendszert alkotnak, számos más élőlénynek is biotópot (zárt életteret) adnak. Közibük telepednek algák és jó néhány gomba is, melyektől még nem lett kiderítve, hogy szervesen a gyökérsztagmitokhoz tartoznak, vagy csak biotópnak „használják” azt. A barlangi állatvilág sokasága tartja búvóhelynek és tápanyagforrásnak a gyökérsztagmitokat. Férgek,

pókok, rovarok, csigák és ezek lárvái aránylag nagy számban fordulnak elő a fonadékbán.

IRODALOM

- JENIK J. (1984): Program sustvých porozování kořenových stalagmitů v pseudokrasových jaskyních – *Archiv ČSS 5 03 Broumov*
- JENIK, J. (1985): Stalagmitcke Kořani v jeskyních – *Vesmír 64. Praha p. 357.*
- JENIK, J.–KOPECKÝ J. (1989): Kořenoe stalagmity v pískovcových jeskyních – *Proceedings of 2nd Pseudokarst Symposium of Broumov 1985; Knihova ČSS Sv. 10. Praha p. 26–34.*
- KOPECKÝ J. (1985): Zpráva o vyseledcích sledování vybrancých lakolit kořenových stalagmitů dle dohonuté osnovy v období listopad 1984 – červenec.
- KOPECKÝ J. et al. (1985–88): I; II; III; a IV. zpráva o vyseledcích selování vybrancých lakolit kořenových stalagmitů – *MS. Str. 25, II, 41, UV. ČSS a Archiv ZO 5-03 Broumov*
- KOPECKÝ, J. et al. (1988): Kořenové stalagmity a stalagnaty v pseudokrasových terénech Broumovske vrchoviny – jejich vyzkum a ochrane MS str. 56 + prilachy Archiv OK – *ONV v Náchodě a Archiv ZO ČSS a Archiv ZO 5-03 Broumov*
- KOPECKÝ, J. (1988): Tajemství pískovcových skol – *Speleoforum '88. Brno. p. 8–10.*
- KOPECKÝ, J. (1989): Vyzkum kořenových stalagmitů a stalagnatů – *Speleoforum '89. Brno. p. 68.*
- KOPECKÝ, J. (1989): Zápis aktivu ČSS o dokumentácia kořenových tvarů v pískovcových terénech pseudo-krasového relifu – *Archiv UV. ČSS Praha Archiv ZO ČSS 5-03 Broumov.*
- KOPECKÝ, J. (1989): Stov a problematika vyzkumu pseudokrasu v kvdrových pískovcových Broumovske vrchoviny – *Proceedings of 2nd Pseudokarst Symposium in Broumo 1985. Knihova ČSS Sv. 10. Ōraha. P. 127–133.*
- KOPECKÝ, J. (1990): Současny stav vyzkumu pseudo-krasu pískocového reliéfu Broumovske vrchoviny – *Proceedings of 4th Pseudokarst Symposium in Podolánky. Knihorna ČSS Svazek 23. Praha. P. 61–67.*
- KOPECKÝ, J. sen.—KOPECKÝ, J. jun. (1990): Kořenove tvary v pískovcových jeskyních – jejich vyzkum, dokumentace a ochrana – *Proceedings of 4th Pseudokarst Symposium in Podolánky, Knihorna ČSS Svazek 23. Praha. P. 72–81.*
- KOPECKÝ, J. —JENIK, J. (1988): Erforschung und Dokumentatioön der Wurzel-stalagmiten – *Vorträge d. 3. Pseudookarst Symposium, Kulturbund der DDR., Dresden. P. 35.*
- KOPECKÝ, J.—VÍTEK, J. (1982): Exkurzni průvodce – *Abstract of 1st Pseudokarst Symposium in Broumov. Praha. P. 2–3.*
- MOLISCH, (1926): A növényélettan mint a kertészet elmélete – in *Hortobágyi T. (1962): Növénytan — Tankönyvkiadó, Budapest p. 398, 408.*
- OPPENHEIMER (1942): Root cushions, root stalagmites and similar structures – *Palestine J. Bot. 4. p. 11–19.*
- RAU, R. (1964): Ein Säulenfeld aus Moos – *Natur unjd Museum 94. (I. 11) p. 435–437.*
- RUSCHER, J. (1931): Photo aus „Saug-Wurzel-Stöcke“ – *Privatarchiv.*
- SCHÖNE—PROUZA (1978): Wurzelstalagmiten in der Sächsischen Schweiz und Zittauer Gebirge – *Vorträge, 3. Pseudokarst Symposium. Kulturbund der DDR. Dresden. P. 26–27.*
- TASLER—PROUZA (1978): Synoptic geological map of the Broumov spur (1:100000) – *Czech Geological Office no. P 10 5711/78*
- VÍTEK, J. (1980): Kořenove stalagmity v pískovcových – *Živa rač 28. č. str. 94. Praha*
- VÍTEK, J. (1980): Die "Wurzelstalagmiten" auch in Sandsteinhöhlen Böhmens – *Der Höhlenforscher 12. Dresden*
- WINKELHÖFER, R. (1975): Stalagmitenförmige Wurzelbildungen in Sandsteinhöhlen – *Höhlenforscher 7. Dresden. P. 25–26.*
- WINKELHÖFER, R. (1984): Wurzelstalagmiten – *Durch Höhlen der Sächsischen Schweiz. Dresden. P. 3–4.*

BESONDERHEITEN DER SANDSTEINHÖHLEN: DIE WURZELSTALAGMITEN

Die Wurzelstalagmiten sind interessante Gebilde in den böhmischen und deutschen Sandsteinhöhlen. Ihr Vorkommen ist mit den Wassertropfstellen der Höhlen und Abries verbunden. Es handelt sich um ein Wurzelgeflecht, das sich dem Hydrotropismus entsprechend keulen- und kuppelförmig entwickelt. Der Durchmesser der Wurzelstalagmiten ist 3–10 cm, ihre Länge kann auch

60 cm erreichen, aber die meisten sind kleiner. Die Wurzelstalagmiten wachsen im Halbdunkel oder Dunkel befindlichen Tropfstellen – bei optimalen Bedingungen – 7 mm pro Jahr. Sie kommen nur in Sandsteingebieten vor, so in Böhmen in der Braunauer Hochebene (Broumovská vrchovina), in Deutschland im Elbsandsteingebirge (und im seinen böhmischen Teil –

Dečinské stěny), ferner im Zittauer Gebirge (und im seinen böhmischen Teil – Lužické hory). In diesen Gebieten wurden bisher in ug. 35 Fundorte beinahe 100 Wurzelstalagmiten bekannt.

Die bisher gefundene Wurzelstalagmiten verknüpfen sich alle mit bestimmten Baumarten. Die Mutterbäume sind Birken (*Betula pendula*, *B. aschersonia*) und Fichten (*Picea abies*), fallweise auch Lärchen (*Larix decidua*). Die Entwicklung der Wurzelstalagmiten wird durch die mit den

Baumwurzeln in Symbiose lebenden (Mykorrhiza) Pilze auch befördert.

Gegenwärtig werden die Forschungen fortgesetzt und spezielle Dokumente über den Wurzelstalagmiten ausgearbeitet. Die Zusammenarbeit der böhmischen und deutschen Höhlenforscher verspricht einen Erfolg. Der kompetenteste Fachmann des Themas ist Jiří Kopecký aus Broumov.

