

## KARROSODÁS ÉS NÖVÉNYZET

JAKUCS PÁL

Amíg a geográfiai szakirodalom karszt és karsztosodás fogalmon a leginkább mészkő és dolomit kőzet felszínén és belsejében létrejött morfológiai alakulásokat, formákat érti, addig a növénytani irodalomban karsztosodáson és karszton a legtöbb esetben a mészkő és dolomit területek erdőtlenedését és kopárosodását, tehát csupasztságot értünk. A kettő megkülönböztetésére a továbbiakban Zólyomi (1942) alapján a geográfiai, ill. biológiai karszt és karsztosodás megjelölést használok.

A növényzet és a geográfiai karsztjelenségek (ebbe a karrosodást is beleértve) kapcsolatát két csoportba oszthatom: 1. Amíg a nagy felszíni karsztformák esetében (dolinák, víznyelők, barlangnyílások) a növényzettől függetlenül létrejött karsztforma hat döntően a vegetáció alakulására (elsősorban a karsztformákat kísérő sűrű expozíció okozta ökológiai jellegek megváltoztatásával), addig 2. a karros formák kialakulásánál, a karrosodásnál a növényzetnek van igen lényeges szerepe.

Az első kapcsolatra, mely a növényföldrajzi irodalomban gyakran szerepel, e helyen nem térek ki, hanem a geográfiai karsztjelenségek másik csoportjával foglalkozom részletesebben, az alapkőzet felszínén végbemenő lepusztulási folyamattal, a karrosodással és ennek a folyamatnak a növényzettel való kapcsolatával.

Karrokknak általában a kőzet (elsősorban a mészkő alapkőzet) felszínén található apró egyenetlenségeket nevezzük. Miután azonban a karros formák igen változók lehetnek, s kialakulásuknál is több tényező játszhat szerepet, szükséges megjegyezni, hogy a továbbiakban a karros formák alatt elsősorban a hazai karrformákat, a leginkább a mészkő felületén található lyukakat, hasadékokat, tarajokat, barázdákat értem, szemben pl. az Alpok repedezett, egymással párhuzamosan futó barázdákból álló hatalmas karrmezőivel. Hazánkban sokfelé találkozhatunk karrosodással, a legszebb karrjelenségeket azonban kétségtelenül a Tornai Karszt területén találjuk.

A karrosodásnak, vagyis a karros formák kialakulása vizsgálatának messzemenő irodalma van. Az 1700-as évektől napjainkig dolgozatok, tanulmányok hosszú sora foglalkozott, különösen az Alpok mészkőhegyeinek és a Horvát Karsztok karrjainak kialakulási kérdéseivel. Jó irodalmi összefoglalást találhatunk ezekről pl. Eckert 1896-os vagy Lindner 1930-as tanulmányában. A századforduló nagy karrkutató geográfusai, mint Eckert, Cvijic, Penck stb. leszűrve az addigi vizsgálati eredményeket, s összegezve a karrok kialakulásáról alkotott nézeteket, a sokszor bizarr alakokat mutató karros formák létrejöttét a levegő széndioxidját magábavevő csapadékvíz korrodáló hatásának tulajdonítják, mely behatolva a mészkő kőzetszerkezetével indokolt apró repedéseibe, ott oldómunkát végez.

Lindner (1930) tanulmányában a karrképződést, mint számos egymástól részben független tényező függvényét határozza meg. Ezek egyrészt a kőzetek milyenségén alapulnak (petrografikus-kémiai összetétel, fizikai-szerkezeti tulajdonságok), másrészt viszont csak vonatkoztathatók a kőzetre (klíma, ill. magasság és ezzel kapcsolatban az atmoszféra tulajdonságai, hőmérséklet, jég- és hóhatás, a fagy repesztő hatása, a karrjelenségek tektonikus előkészítése, a talaj glaciális előzetes átalakulása, növényzet\* és a humuszréteg hatása).

Ha végigtekintjük a karr-irodalmat, azt láthatjuk, hogy kevesen foglalkoztak a karrosodás és a magasabbrendű növényzet kapcsolatával, illetve ezt a kérdést mellékesen kezelték. Először Eckert (1902) céloz a Gottesacker-plateau-ról írt dolgozatában arra, hogy a növények gyökereiben jelenlevő savak elősegítik a karrképződést, korabeli kutatótársai azonban s egyéb dolgozataiban ő maga is a magasabbrendű növényzetben inkább a karrosodás megfojtóját látják. Ilyen értelemben nyilatkozik pl. Sawicki (1909), aki azt állítja, hogy addig nem fejlődik a karrforma, amíg el nem távolodik a talaj és törmelék-takaró, s nem marad csupaszon a mészkő. Phillipson (1932) Allgemeine Geographie-jében észrevéve az utak és kőfejtők feltárásánál azt, hogy erdők alatt is lehetnek karrok, újra felveti azt az Eckert által már érintett gondolatot, hogy a növényzet gyökereinek oldóhatásával kedvező lehet a karrképződésre. Szavai azonban nem találunk nagy visszhangra, így pl. nagy Velebitkutató botanikusunk, Dégen Árpád, kinek 1936-ban megjelent Flora Velebitica c. munkája, hatalmas geográfiai anyagot is felőlel, szintén foglalkozva a karrok kialakulásával, a következő értelemben foglal állást: Karrok ott keletkeznek — írja — ahol a kőzetet nem védi kémiai erózióval szemben a védő növényi és humusztakaró, mely védelemhez néha elég a törmelék-takaró is. Bulla B. (1954) Általános természeti földrajz c. munkájában is hasonló kijelentést olvashatunk: „... a sűrű növénytakaró a karrosodás folyamatára nem kedvező”.

Leél-Óssy S. (1952) Karrosodás és karros formák c. dolgozatában magyarországi karrkutatásai alapján részletesen és alaposan foglalkozik a karrkialakulás kérdésével. A növényzet és karrosodás kapcsolata problémájában azonban középponton marad. Céloz ugyan arra — ismerte Phillipson munkáját —, hogy a jelek azt mutatják, hogy a növényzet és a talajtakaró alatt is lehet karrokat megfigyelni, mégis kétségtelen — írja, — hogy a növényzet letompítja a karrosodást a talajfejlődésben való közreműködésével. Leél-Óssy szerint a karrosodás folyamatának előrehaladása egyenesen a növényzet kipusztulását vonja maga után. A karrosodás menete közben „a karros tarajok egyre jellegzetesebbek és élesebbek lesznek és egyre sűrűbben emelkednek ki a felszínből. A felület egyre járhatatlanabbá válik. A barázdákat betömő talaj lassan teljesen eltűnik és vele együtt kipusztul a növényzet is. Az erdőt előbb cserjés, majd bozót váltja fel, végül kopár és kietlen sziklafelszínre válik a karrmező”. Leél-Óssy jól meglátja az egymásután következő változásokat. A lényegét azonban nem a helyes oldaláról fogja meg. A karrosodást állítja a folyamat középpontjába mint okozót, s geográfiai szemlélettel a karrosodás folyamatának előrehaladásával magyarázza a növényzet lepusztulását. A valóságban éppen fordítva van. Az erdő lepusztításával hordódik le mindjobban a talajtakaró (aránylag igen rövid idő alatt), s kerül ki a fel-

\* Lindner növényzeten kizárólag alacsonyabbrendű növényzetet, Kryptogamokat ért.

színre a már régóta kialakult — és esetleg közben már többször a felszínen levő és ismét talajjal eltakart — karros forma. S ha további degradáció (legeltetés, bokortűz stb.) ismételten hozzájárul a vegetáció újbóli fellazulásához, a talaj mégjobban továbbhordódik és a karr még csupaszabbá válik.

A növényzet és a karr viszonyának fent ismertetett, általánosan elfogadott szemlélete egyrészt onnan származik, hogy a látható karros formák leginkább csupaszok. A vegetáció alatti, talajjal fedett mészkőfelszín s annak karrformái csak ritka alkalmakkor kerülnek napvilágra (talajfeltárások, bányák stb.). Másrészt viszont onnan származik a növényzet szerepét hátterbe szorító szemlélet, hogy az alpesi területeken és általában a fátlan, növényzetnélküli mediterrán jellegű vidékeken, ahol a legtöbb ilyen vizsgálat folyt, a hatalmas csapadék és hólé tömegek valóban szinte szemmel láthatóan alakítják a mészkőfelszínt. S miután ott a kiálló sziklákon legtöbbször csak fejlett zuzmó és moha állomány található, könnyen érthető, hogy a kutatók nagyrésze a növény és a karr közötti kapcsolatot szinte kizárólagosan csak a zuzmók és mohok mállasztó és ezek savhatásának kicsiny méretű oldó szerepében látják.

Meg kell említenünk azt az ismert tény is, hogy a talajban levő humusz-savak a kőzet felületére jutva hozzájárulhatnak annak rombolásához. Eckert (1898) általános szabályként állítja fel azt, hogy talajjal betakart mészkőfelületen, ha a humuszsav a mélybe mosódik, annyira hozzájárul a kőzet oldásához, hogy annak felszínén sohasem lehet találni durva vagy cakkos formákat, vagyis szerinte a talajtakaró alatt kisimulnak a még meglevő karrok is.

Az itt ismertetett általánosan elfogadott nézetekkel szemben, ill. részben azok mellé a legújabb növényélettani és talajbiológiai kutatások ismeretében szeretnék néhány új szempontot nyújtani. Ennek lényege: a magasabbrendű növényzet (füvek, cserjék és fák) gyökereinek savkiválasztó tevékenységével, ezenkívül a talaj mikroorganizmusainak a gyökérzet köré való gyűjtésével és azok fokozott savtermelésével igen erősen hozzájárul a karrképződés folyamatához a talajfelszín alatt, s lehet a karrok egyrészenek elsődleges kialakító oka. A gyökérzet, mint fúró szerepel a kőzet korrodálásánál; felerősíti és maga köré gyűjti a karrosodáshoz szükséges többi tényezőket is.

A növénytani irodalomban Sachs (1856) tankönyvében vált először ismertté az a ma már klasszikusnak mondható kísérlet, mellyel ő a mészkővön található gyökérlenymatokat utánozta úgy, hogy csiszolt márványlapokat cserépbe helyezett, rájuk homokot öntött, s ezután növényeket ültetett a cserépbe. Egy idő múlva a lapon korróziós rajzok jelentek meg, melyek meggyeztek a gyökerek futásával.

A Sachs-féle kísérlet lényegét Frey—Wyssling (1949) röviden így foglalja össze: az anyagfelvétellel kapcsolatban a növényi gyökerek savakat választanak ki, amelyek közül a szénsav a legfontosabb. Fehér D. (1954) összefoglaló Talajbiológia c. könyvében a talajkialakítás biológiai tényezői között megtaláljuk a magasabbrendű növényeket is, melyeknek gyökerei repesztik az altalaj szikláit és szénsav és más oldó hatású váladéktermelésükkel bontják a még szétbontatlan részeket.

A magasabbrendű növényi gyökérzet savkiválasztó hatásával egyenértékűnek látszik az a tény, hogy a növényi gyökerek azzal, hogy a talajban állandóan különböző szerves vegyületeket választanak ki, a talajbaktériumok, mikroorganizmusok számára vonzóerőt képviselnek, s ezzel maguk köré

gyűjtik azokat (Makszimov, 1948). A mikroorganizmusok pedig életműködéseik közben savakat és széndioxidot juttatnak a talajba, melyek a gyökerek mellett jelentős mértékben hozzájárulhatnak a karrak kialakításához. Fehér D. idézett munkájában ezt írja: „A talajbaktériumok és gombák ... részben közvetlenül vesznek részt a kőzetet alkotó ásványok bontásában (kén, vasbaktériumok stb.), részben — és ez a működésük a legfontosabb és legáltalánosabb — közvetve, anyagcseretermékeik ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , organikus savak) útján.

Legújabban a növényélettani irodalomban Rippl—Waldes is részletesen tárgyalja (1952) a talajmikroorganizmusok anorganikus és organikus savakkal történő oldáslehetőségeit. Hangsúlyoznunk kell, hogy a karrképződés folyamatában természetesen a mikroorganizmusok által termelt savak közül minden egyéb savnál nagyobb jelentősége van a szénsavnak. A szénsav a kalciumkarbonátot könnyen oldja kalciumhidrokarbonáttá. Ennek a folyamatnak igen nagy jelentősége van a talajból való növényi tápanyagfelvételben, de ugyanakkor a karrak kialakulásához is döntő mértékben hozzájárulhat. Jó példa a mikroorganizmusok szénsavtermelés útján való korróziós hatásának mértékére a londoni középületek nagyméretű károsodása (Paine, 1933). Itt ugyanis az állandó párás és ködös levegőben az épületek díszítésein megtelepedett baktériumok sok helyen a felismerhetetlenségig korrodálták azt.

Ismert tény, hogy amíg az atmoszferikus levegő viszonylag igen kevés széndioxidot (0,03—0,04 térfogatszázalék, ami megfelel literenként 0,00055 g szénsavnak) tartalmaz (Lundegardh, 1954), addig a talajlevegőben a széndioxid mennyisége jóval nagyobb, esetleg néhány százalék is lehet. Ez a  $\text{CO}_2$  mennyiség részben a növények gyökereinek, részben a talajlakó életközösségeknek (baktériumok, talajállatvilág stb.) lélegzési, vagy anyaglebontó (pl. cellulózelebontás) munkájának eredménye.

Igy válnak a talajmikroorganizmusok a kőzetmállasztás fontos tényezőivé, s a gyökerek köré csoportosulva, azok irányító és önmagukban is mállasztó tevékenységével együtt a karrképződés folyamatának mozgatójává is.

Csakis a gyökerek és mikroorganizmusok tevékenységével lehet megmagyarázni mészkővidékeink sok karrformáját, pl. a sziklában ferdén lefelé futó kerek lyukakat, gyöckérnyom alakú vájatokat stb-t. (A kerek lyukakat Dégen Á. [1936.] úgy próbálta értelmezni, hogy a bennük meggyűlt esővizet a viharok örvénylő mozgásba hozták, s ez vájta ki őket.)

A fenti bizonyítások azt a következtetést vonják maguk után, hogy a karrképződés nem szünetel és nem hal el a talaj és növénytakaró alatt, sőt intenzíven ott fejlődik.

Itt kell megemlítenünk azt, hogy a mikroorganizmusok fent vázolt életműködéséhez több tényező szükséges. Ezek közül fontos a megfelelő hőmérséklet és nedvesség optimális foka. Ezt igazolja az a tény, hogy a talaj  $\text{CO}_2$ -tartalma nyáron éri el a maximumát (Fehér, 1954). Melegebb, csapadékosabb, mediterrán jellegű klíma tehát feltétlenül kedvezőbb a növény- és talajélet számára is, intenzívebb talajbeli és növényi életműködés pedig, — mint mondtuk — a karrképződés meggyorsulását siettet. A mediterrán klímában való fokozottabb karrképződést már Sawicki (1909) is észrevette, s helyesen a melegebb hőmérsékletben és a csapadékosabb éghajlatban kereste az okot, de nem a növényzeten keresztül, hanem közvetlenül a felszínre hatóan. Álláspontja csak részben helyes, ugyanis minden valószínűség szerint a Horvát Karszt és a mediterrán vidéki karsztok nagy részének karrformái

is növénytakaró alatt alakultak ki, de itt a növénytakaró lepusztulásával (emberi hatásra történt) a felszínre került elsődleges karrformákat a nagyobb-mértékű felszíni korrózió azóta erősebben átformálta.

A növényzet és a talajmikroorganizmusok fent vázolt karrkialakító hatásának ismeretében a ma felszínen levő karrjaink elsődleges kialakulási idejét egy régibb, a növényzetre valószínűleg kedvezőbb éghajlati korban kell keresnünk. Ha figyelembe vesszük a faszénvizsgálatok és pollenanalízisek legújabb eredményeit (összefoglaló irodalom Zólyomi, 1952), azt láthatjuk, hogy csak (!) az utolsó interglaciális idejétől számítva is többször volt jellemezhető hazánk területe meleg, csapadékos klímajelleggel. Hazai karrjaink kialakulásának fő fázisait ezekbe az időkbe belehelyezve a karrosodás menetét hol nekilendülő, hol lassúbbodó, állandóan tartó folyamatként kell felfognunk.

A karrok kialakulásánál a növényzetnek ma főleg nálunk, tehát közép-hegységi, közép-európai területeken van elsődleges szerepük. A magashegységekben, havasokban, növényzetnélküli sziklákon előtérbe kerülhet a víz mechanikai és oldó hatása, valamint a külső inszoláció és fagyhatás karralakító hatása. Érdekes összehasonlításként a felszíni karrformákat egybevetethetjük a barlangokban, növényi tevékenység kizárásával létrejött korróziós formákkal. A barlangokban teljesen hiányoznak a felszíni karrformákra oly jellemző apró lyukak, vajatok stb., az itteni korróziós formák a magashegyi növényzet nélkül létrejött karrokhoz hasonlóak.

Ha a karrkialakító tényezőket osztályozni kívánjuk, az alábbi 3 csoportot különböztethetjük meg. Előre kell bocsájtani, hogy a kőzetszerkezet és repedéshálózat mindhárom csoportban egyformán szerepet játszhat, és hogy a három csoport a természetben sokszor egymással keveredve hozza létre a változatos karros formákat :

1. Magasabbrendű növényi gyökérszövet, ill. talajmikroszervezet savki-választó hatására létrejött karrok. (Növényzettől fedett területeken, főleg a vízszintes karrmezőkön található. A karrok jórészenek elsődleges formái.)

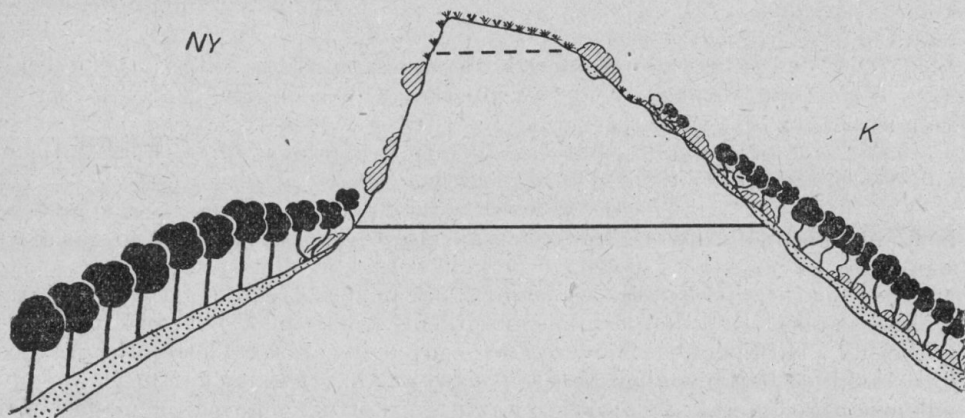
2. A víz mechanikai és kémiai hatására létrejött karrok (elsősorban havasokban, barlangokban, valamint főleg meredek karrlejtőkön, sziklákon található formák).

3. Külső inszolációra, fagyhatásra létrejött karrok (hasonlóan az előzőhöz elsősorban havasokban, ill. a növényzettől megfosztott területeken, talaj alól kikerült karrformáknál fellépő másodlagos karrok).

A növényzet és a karrosodás közötti kapcsolatot tovább szűkítve, valószínűnek látszik, hogy a karrosodás folyamata ma is és régen is a mediterrán-xerotherm jellegű fás-bokros növénytársulások, valamint a bojtosgyökerű fűfélékből álló sziklasztyeppok alatt folyt és folyik legintenzívebben. Az előzőnek megfelelő jellegű növénytársulás ma nálunk a molyhos-tölgygel jellemezhető karsztbokorerdő (Querceto-Cotinetum), az utóbbinak a Festucetum sulcatae sztyeppét.

A Bükk hegységi Bélkő élükön álló rétegfejkibúvásai gyönyörű karros formákkal vannak tele. Mint az ábrán látható (1. ábra) a vegetáció itt ma részben sziklasztyepp és sztyepp, részben lejjebb karsztbokorerdő, s ezalatt szálerdő. A karros formákat is ennek megfelelően el tudjuk különíteni. A tetőn a fátlan, talajtakaró nélküli füves területeken a karrok olyan formái dominálnak, ahol a fűfélék nagymennyiségű apró gyökérszálaik hatásán keresztül korrodálják a mészkövet ; ilyen karros formáknak tartom elsősorban a kerek, függőleges

lyukak nagyrészét (2. ábra). A talaj e helyen hordódott le a legjobban a felületről, s ezért a Békő karrjai közül ezek látszanak a legtipusosabbaknak. Pedig a Békőn a füves növénytársulások alatti vegetációs öv ma a karsztbokorerdő, s véleményem szerint itt is éppen annyira intenzív a karrosodás menete, mint a tetőn. A csekély talajú termőhelyen az idős, görcsös, szívós,



1. ábra. Vegetációs keresztmetszet a Bükk hegységi Békőről. A vonal feletti részek karrosodottak, a szaggatott vonal felett főleg fűvek gyökerhatására keletkezett karrokat találunk

Разрез горы Белькё с указанной растительностью (горы Бюкк). Участки над линией подверглись карровому процессу, над прерывистой линией встречаются карры, образовавшиеся прежде всего под воздействием корней трав

Profil der Vegetation vom Békő im Bükkgebirge. Die Abschnitte oberhalb der Linie sind verkarst; die Karren oberhalb der punktierten Linie sind zumeist infolge der Wurzelwirkung der Gräser entstanden

letörpülő törzsű, a fennmaradási lehetőségeikért jobban küzdő fák kíméletlenebbül hatolnak be a sziklarepedések közé. A két karrképződéses öv alatt a lejtőlábi vastag talajtakarós szálerdőkben a karrképződés valószínűleg szünetel, vagy csak igen csekély mértékű. Itt ugyanis a fák gyökereinek van elég lehetőségük, hogy a talajban szerteágazva, s a nagyobb kőzetrepedéseket kihasználva megélhessenek.

Hazai karrformáink legnagyobb részét kopár erdőtelen területekről ismerjük. Ha azonban e helyek növényzetét megvizsgáljuk, azonnal kimutathatjuk, hogy karros területeink legnagyobb része nem eredeti, ősi vegetációval fedett. Másodlagos karsztkopárjaink nagy száma igazolja legjobban azt, hogy hazai karrjaink legnagyobb része is növényi és talaj-takaró alatt alakult ki. A karrok nagymértékű felszínre kerülése elsősorban az utóbbi évszázadok nagymértékű erdőirtásainak és a juhtenyésztésnek a következményei. Az eredetileg erdős területeken az erdő letarolása után a talaj gyorsan lehordódhat, ezáltal a visszaerdősülés nem következhet be.\*

\* Hasonlóan a Horvát Karszt karrjainak nagyrésze is csak a rajtuk álló eredeti szálerdő mesterséges kitermelése után, már a történelmi időkben került a felszínre.

A Tornai Karszt mészkőterületeinek 15–16%-a ma karsztkopár. Ez a nagy szám azonban még ma is továbbnövekedőben van. Több tény igazolja ezt. Így pl. az 1780-as években felvett (II. József kora beli) térképlapok alapján kiszámíthatjuk, hogy a Tornai Karszt déli nyúlványa, a dombvidékes Cserehát abban az időben kb. 43,6%-ban erdős volt. 90 évvel később felvett térképek tanúsága szerint ugyanennek a területnek már csak 36,3%-a volt erdővel borítva, s máig ez a szám rohamosan továbbcsökkent 22,5%-ig.

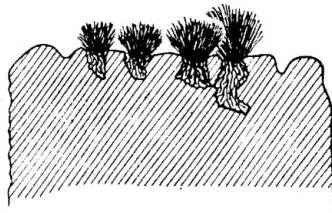
Az Aggteleki barlang 1890-ben épült verestói bejáratának megnyitásakor, a bejárat dolinában még szép, idős fákból álló erdő állott. Ma ennek nyoma sincs, a bejárat és környéke erdőtlen, kopár dolina lett. Hasonló a szomszédos Verestó nagyobb kiterjedésű, ma teljesen kopár dolinája, itt az állatok taposása okozta nagymértékű talajlehordódás következtében még ma is sok helyen kerülnek a felszínre az egykori erdők talajban maradt gyökérmaradványai.

Minden szónál beszédesebb a mellékelt egyik fénykép is (2. kép). A kép a Jósvafőt környező hegyekről készült (baloldalon a barlangi szálló). A képen látható második hegygerincen (de máshol is) szépen kivehető, hogy azokon a meleg, déli lejtőkön, ahol erdőirtással kitermelték a fákat, ma csak bokros, karsztkopár terület van, közvetlenül a karsztkopár területek mellett azonban hasonló kitettségben és alapközetben éles határral áll a még ki nem termelt idős erdő.

Így terjednek egyre inkább az egykor erdővel borított mészkő hegyeken a terméketlen karsztkopár foltok, s így válnak mindinkább láthatóvá az egykor talajjal fedett karrformák is. Ezeknek a száraz, legtöbbször jellegzetes karros formákat hordozó karsztkopárokká degradált területeknek a visszaerdősítése a legnagyobb feladat. E kérdésre itt nem akarok bővebben kitérni, csupán arra kell rámutatnom, hogy a karsztos területek újrafásításánál minden esetben az egykori erdők helyén megmaradt cserjefoltokból kell kiindulni. Az erdősítési munkálatoknál mindenkor az ősi, természetes, a környező hasonló lejtőkön ma is tenyésző fafajokat kell előnyben részesíteni, s a munkát fokozatosan kell végezni a természetes szukcesszió figyelembevételével. (Pl. sztyeppfoltot először előcserjésíteni kell, s csak annak tartós fennmaradása esetén lehet fák (elsősorban molyhos tölgy) ültetésére gondolni.)

### Összefoglalás

Hazai karros formák vizsgálata alapján megállapítható, hogy a talajbeli élet feltétlenül hozzájárul a karrképződéshez. A gyökerek köré csoportosuló talajmikroszervezet nagy része és maga a gyökér is táplálkozása érdekében savtermelésével oldja a kőzetet, s ez igen elősegíti a karrosodás menetét. A nedvesség és csapadékvíz is elsősorban a gyökerek mentén szívárog lefelé, mely feszítőhatása révén is könnyebben be tud hatolni a mészkő repedéseibe. A karrképződés a magasabbrendű növényzettel fedett területeken minden időben a tenyészeti lehetőségek szélső határán álló, kevéstalajú, bokros,



2. ábra. Fűfélék bojtos gyökérszetük apró hajszálvégződéseivel állandóan korrodálják a mészkőfelszínt

Ветвистые корни трав постоянно корродируют окончаниями волосиков поверхность известняка

Die Gräser üben durch die winzigen Wurzelhaare eine ununterbrochene korrodierende Wirkung auf die Kalkstein-Fläche aus

szívós, letörpülő erdők és bokorerdők, valamint füves sziklasztyepek alatt folyt és folyik ma is legintenzívebben. A magasabbrendű növényzet gyökerei tehát közvetlen és közvetett hatásukkal a karrok kialakulásának fő okozói lehetnek, ezzel szemben hazánkban a csapadékvíz közvetlen karrkialakító szerepének kisebb hatást tulajdoníthatunk. Ez ugyanis amennyire kémiai és mechanikai hatásánál fogva korrodál, ugyanannyira ki is simítja és legömbölyíti a már meglévő formákat.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bulla, B.*: Általános természeti földrajz. II. k. Budapest. 1954.  
*Degen, Á.*: Flora Velebitica. Budapest. 1936.  
*Eckert, M.*: Das Karrenproblem. Zeitschrift für Naturwiss. 1896. 68. p. 321 — 432.  
*Eckert, M.*: Die Karren oder Schratten. Petermanns Mitteil. 1898. 44. p. 69—71.  
*Eckert, M.*: Das Gottesackerplateau, ein Karrenfeld im Allgäu. Wiss. Ergänz.-Hefte z. Zeitschr. d. Deutsch. u. Öst. Alp-Ver. 1902. Bd. 1.  
*Fehér D.*: Talajbiológia. Budapest. 1954.  
*Frey-Wyssling, A.*: Stoffwechsel der Pflanzen. Zürich. 1949.  
*Jakucs, P.*: Geobotanische Untersuchungen und die Karstaufforstung in Nordungarn. Acta Botanica. 1955. 2/1—2. p. 89—131.  
*Leel. Össy, S.*: Karrosodás és karros formák. Hidrológiai Közlöny. 1952. 32. p. 298—303.  
*Lindner, G.*: Das Karrenphänomen. Petermanns Mitteil. Ergänzungsheft. 1930. 208. p. 1—83.  
*Lundegardh, H.*: Klima und Boden (IV. Aufl.) Jena. 1954.  
*Максимов, Н.*: Краткий курс физиологии растений. Москва. 1948.  
*Phillipson, A.*: Allgemeine Geographie II. 1932.  
*Rippel-Baldes, A.*: Grundriss der Mikrobiologie. Berlin. 1952.  
*Sachs, J.*: Handbuch der Experimental Physiologie. Leipzig. 1865.  
*Sawicki, L.*: Beiträge zum geographischen Zyklus im Karste. Geograph. Zeitschr. 1909. 15. p. 185—281.  
*Zólyomi, B.*: Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete az utolsó jégkorszaktól. MTA Biol. Oszt. Közl. 1952. 1. p. 491.—543.

#### КАРРОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

*Пал Якуч*

Резюме

На основании проведенных в Венгрии исследований автор установил, что корни высших растений (травы, кустарники, деревья), выделяя кислоты и собирая вокруг себя почвенные микроорганизмы, также выделяющие кислоты, сильно способствуют развитию карровых явлений в подповерхности почвы и являются причиной первичного образования большей части карров. Играя роль сверла при корродировании горной породы, корневая система укрепляет и собирает вокруг себя все остальные факторы, необходимые для развития каррового процесса. Автор делит карровые формы на три группы, указывая при этом на то, что структура горной породы и сеть трещин в ней играет равную роль во всех случаях. (Конечно, в природе эти группы очень редко бывают изолированы.)

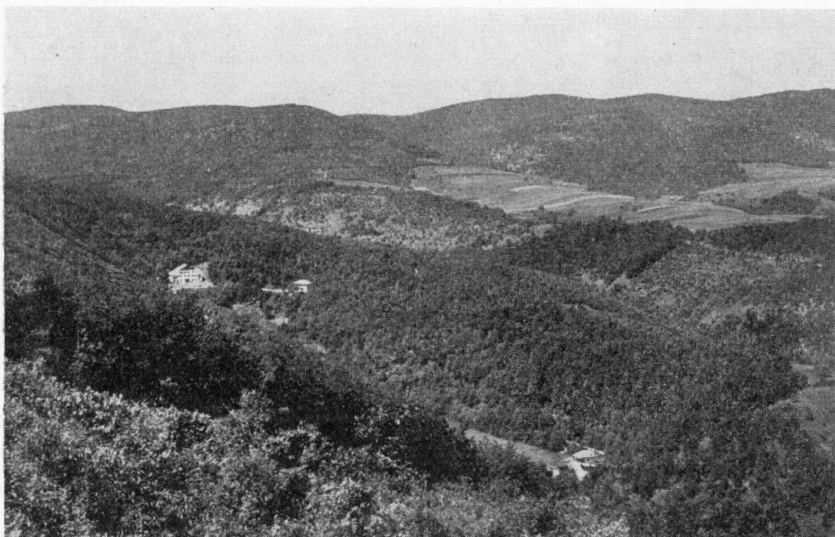
1. Карры, образовавшиеся под воздействием корней высших растений и микроорганизмов, выделяющих кислоты. (На территориях, покрытых растительностью, прежде всего на горизонтальных карровых полях, под весьма тонким слоем почвы. Первичная форма значительной части карров.)

2. Карры, образовавшиеся под механическим и химическим воздействием воды (прежде всего под вечными снегами, в пещерах, на крутых карровых склонах, на скалах)



1. Gyökérnyomokat viselő talaj alól kikerült karrok] Jósvalő mellett. (Magyar Foto, Hollenzer)

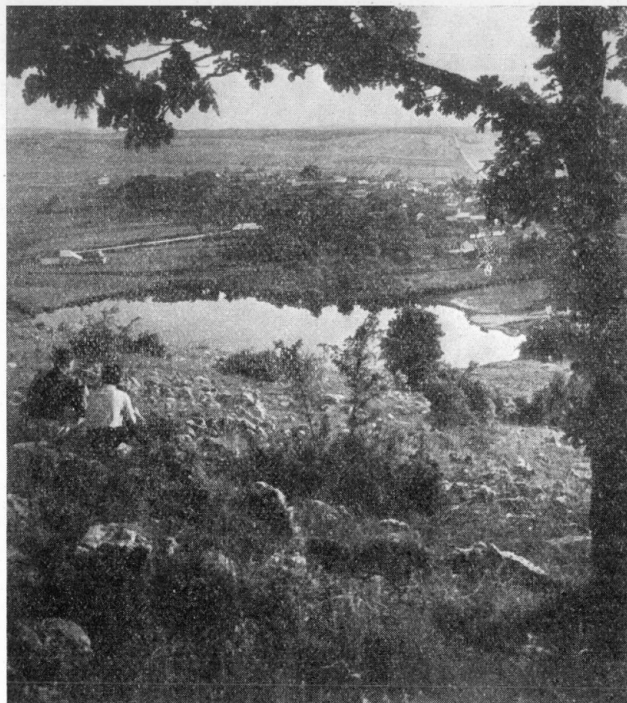
Карры, вышедшие из-под почвы, имеющей следы корней. Район Йошвафё  
 Karren bei Jósvalő, welche von der Bodendecke mit Spuren von Wurzeln befreit hervortreten



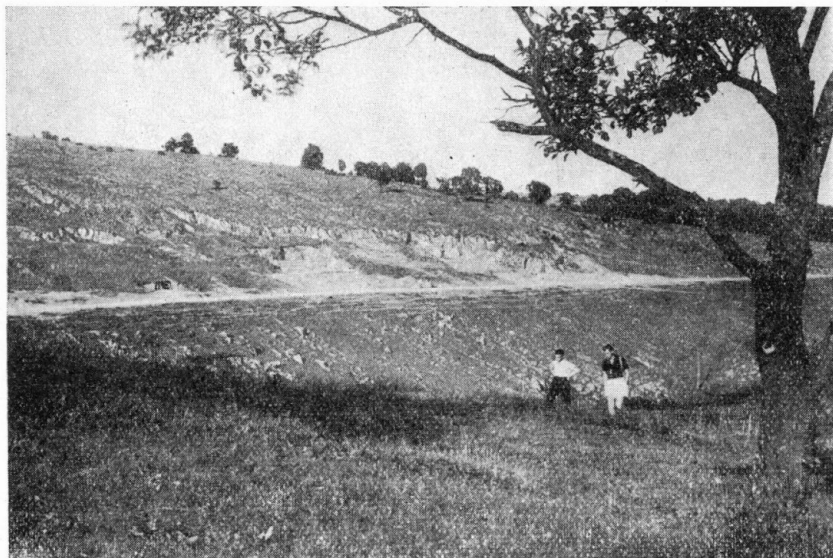
2. Látkép Jósvalő mellől. Jól láthatók az erdőirtás nyomán fellépő, állandóan terjedő karsztkopárok. (Magyar Foto, Hollenzer)

Вид у Йошвафё. Хорошо видны карстовые поля, образующиеся вследствие истребления лесов.

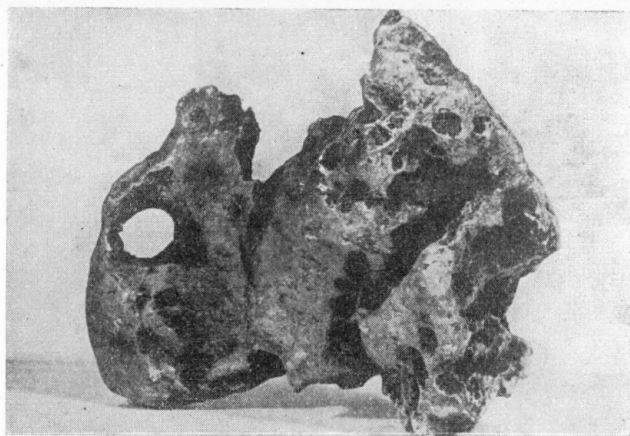
Landschaft in der Nähe von Jósvalő. Die nach der Waldrodung aufgetretenen, sich ständig ausbreitenden kahlen Karrflächen sind gut sichtbar



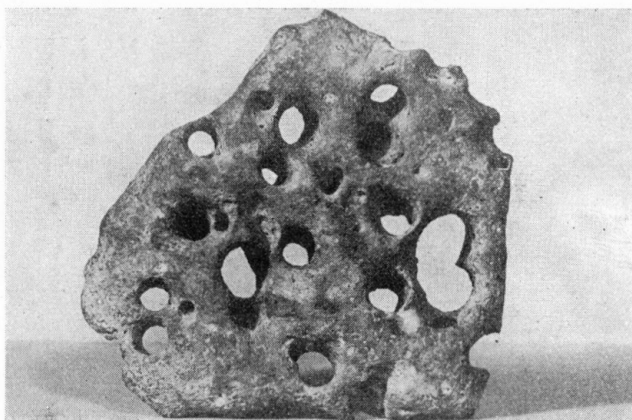
3. Degradált növényzetű karsztos lejtő Aggtelek mellett. (Magyar Foto, Hollenzer)  
 Карстовый склон с деградированной растительностью около Аггтелек  
 Karrabhang mit degradierender Pflanzendecke bei Aggtelek



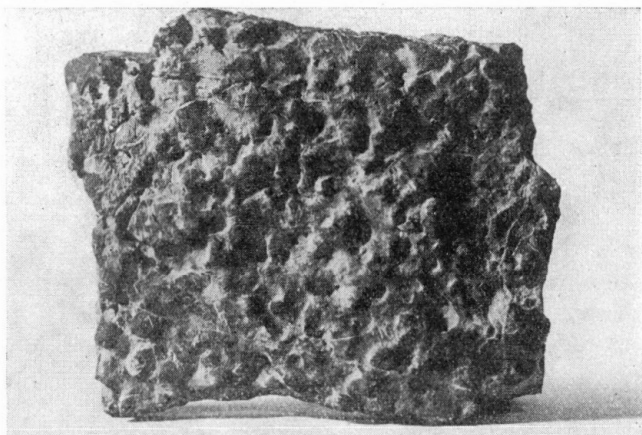
4. Legeltetés hatására kopárosodott karsztos felszín Aggtelek mellett. (Magyar Foto, Hollenzer)  
 Карстовая поверхность около Аггтелека, оголенная вследствие выпаса  
 Durch Abgrasung verkahlte Karrfläche bei Aggtelek



a



b



c

5. a, b, c. Különböző keménységű mészköveken, növényi gyökérzet hatására fellépő karrosodás a Bükk hegységéből. (Foto: Jakucs P.)

Карповый процесс на известняках различной твердости, начавшийся под воздействием корней растений (горы Бюкк)

Durch Pflanzenwurzeln bewirkte Verkarrung an Kalksteinen von verschiedener Härte aus dem Bükkgebirge



3. Қарры, образовавшиеся под воздействием внешней инсоляции, морозов (под вечными снегами, на территориях, лишенных растительности, вторичная форма карров на территориях, потерявших почвенный слой).

## VERKARRUNG UND PFLANZENDECKE

*P. Jakucs*

### Zusammenfassung

Der Verfasser stellt auf Grund seiner in Ungarn ausgeführten Untersuchungen fest, dass die Pflanzen höherer Ordnung, (Gräser, Sträucher und Bäume), durch die Ausscheidung von Säuren, ferner durch die Ansammlung von Mikroorganismen um ihre Wurzeln und durch die erhöhte Säureerzeugung derselben in hohem Masse zum Prozess der Verkarrung beitragen und die eigentliche primäre Ursache der Verkarrung bilden. Bei der Korrodierung des Gesteins spielen die Wurzeln die Rolle des Bohrers; sie verstärken und konzentrieren auch die übrigen zur Verkarrung notwendigen Faktoren. Unter Betonung dessen, dass die Gesteinsstruktur und das Netz der Risse überall die gleiche Rolle spielen mag, werden die abwechslungsreichen Karrformen durch den Autor in drei Gruppen geteilt (welche in der Natur oft vermischt auftreten):

1. Die durch die Säurerzeugung der Wurzeln von Pflanzen höherer Ordnung bzw. der Bodenmikroben entstandenen Karren (auf bepflanzten Flächen, besonders auf feuchten Karrfeldern, unter sehr dünnen Bodendecken). Dies sind die primären Formen der meisten Karren.

2. Durch die mechanische und chemische Wirkung des Wassers entstandenen Karren (vornehmlich auf Schneegebirgen, in Höhlen, ferner zumeist an steilen Karrgehängen, Felsen, usw.).

3. Infolge äusserer Insolation, Frostverwitterung entstandenen Karren (wie Gruppe 2. zumeist in Schneegebirgen bzw. auf nackten Gesteinsflächen, an vom Boden hervortretenden Karrformen entstandenen sekundäre Karren).