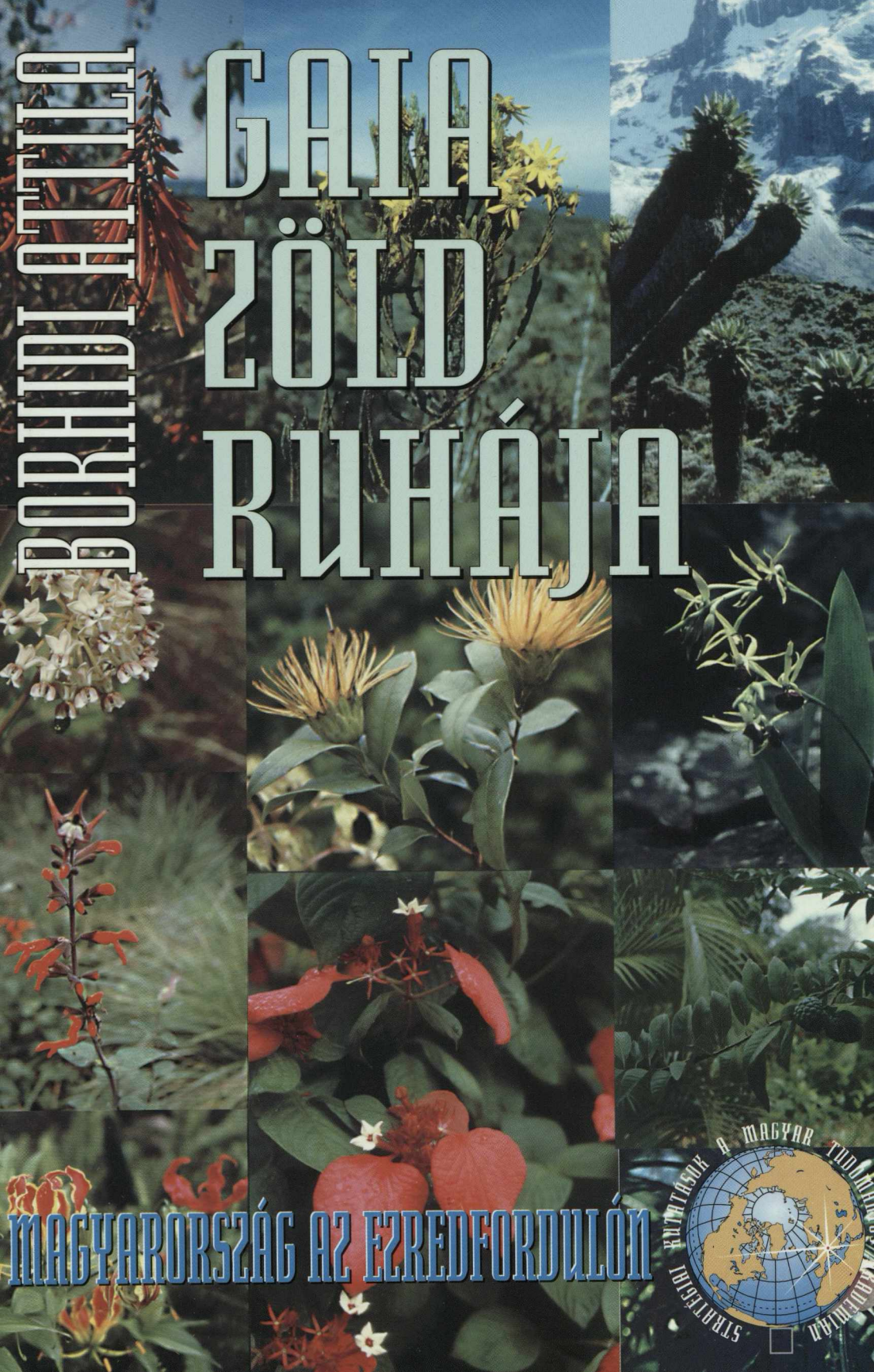

BORHIDI ATTILA
GAIA ZÖLD RUHÁJA
MAGYARORSZÁG AZ EZREDFORDULÓN
STRATÉGIAI KUTATÁSOK A MAGYAR TUDOMÁNYOSSÁG

Borhidi Attila

Gaia zöld ruhája

Magyarország az ezredfordulón
Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián

Szerkesztő
Glatz Ferenc

Olvasószerkesztő
Balogh Margit

Magyarország az ezredfordulón
Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián

BORHIDI ATTILA

Gaia zöld ruhája

Budapest 2002
MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

© Borhidi Attila

ISBN 963 508 335 1
ISSN 1418–656X

Kiadja a
Magyar Tudományos Akadémia
Kiadásért felel: Glatz Ferenc, a Magyar Nemzeti Stratégiai Kutatási Progam elnöke
Borító: Borhidiné Thúry Zsuzsanna, Horváth Imre
Tördelés: AbiPrint Bt., Budapest
Nyomdai munkálatok: Áldási és Németh Nyomda Bt., Budapest
Felelős vezető: Áldási Pálné
Megjelent 20,75 A/5 ív terjedelemben, 3000 példányban

Tartalom

Előszó helyett 9

Bemutatom Gaiát 13

I. rész
KÖVÜLT KRÓNIKÁK NYOMÁBAN

Hírt ad a növényi múlt 23
Üzenet a kövekben 23 • Történelemkönyv virágporból 25 • A barlangok krónikája 26

Az élő parányoktól a „nagy halálig" 27
Mennyi is az a félmilliárd esztendő? 27 • Az őstenger élete 27 • Föld! Föld! 28 • Megjelennek a szárazföld első urai 30 • A szénné vált dzsungel 32 • A sárkánygyíkok országában 35 • A sárkánylegenda nyomában 37

Virágba borul a Föld 39
Hol nyílt ki az első virág? 39 • Új őserdők születése 40 • Vándorló kontinensek, táguló óceánok 41 • Kolosszusok alkonya és a hódító egér 44 • A vándorlások kora 47 • Európa elveszti ékességét 49 • Kialakul a növényvilág tegnapi képe 52 • Hátráló növényvilág 52

II. rész
AZ EGYENLÍTŐTŐL A SARKOKIG

Űrhajó a szobában 59
Az Északi-sarktól a Déli-sarkig 60 • Ismét északra... 61 • Amiről a klímadiagram mesél 62 • Az éghajlat „fényképe" 64

Trópusok csodavilága 67
Hány emeletes az esőerdő? 68 • Élet és halál a magasban 73 • A zöld pokol 80 • A növényvilág szépségkirálynői 86 • Ahol a felhők születnek 90 • Mi lesz veled, esőerdő? 95 • Kakaó, kaucsuk, kó-

kusz és a többiek 103 • Elevenszülő növények 110 • Ahol a tél kellemesebb, mint a nyár 114 • India és a dzsungel könyve 116 • Az ernyő alakú fák ligetében 119 • Ami az elveszett paradicsomból megmaradt 122 • Az életmentő tűz 126 • A pálmaligetek szigetén 131 • Cukorszigetek és banánországok 134 • Korunk karriernövénye: a kávé 138

A szomjúság hazájában 141
Az oázison innen és túl 142 • A növényvilág főnixei 144 • Csak néhány nap az élet 145 • A mélyfúrók és a takarékosak 147 • Ahol a kövek is kivirágzanak 151 • A „szívós" növények hazája 154

Kék egű mediterrán 157
Libanontól Gibraltárig 158 • Ahol könnyű babérkoszorút fonni 162 • Rizs és tea 165 • Árnyéktalan erdők 167 • A búza hazájában 170 • Makkia és maffia 172

Erdők, rétek, puszták 175
Hóvirágtól hóhullásig 177 • Mit tudunk az erdőpusztulásról? 182 • A kasza is alakítja a tájat! 191 • Regényes lápvilág 194 • Virágpompás feketeföldek 204

Fenyvesek birodalmában 211
Egy erdő körülöleli a Földet 213 • Az erdők véget érnek 217 • A sötétség országa 221 • Észak virágai 222 • A rénszarvasok hazájában 223 • Akik a jég hátán is megélnek 224

Növények a frontvonalban 227
Növények a tenger alatt 227 • Lebegő törpék és úszó óriások 228 • Hódító növényvilág 229 • Harc a szél ellen 231 • Meghódolnak a dűnék 232 • Fenyérek, lápok, lidércek 234 • Zsákmányra leső növények 238 • Szigetek a szárazföldön 242 • A hegyvidékek pionírjai 243 • Amíg a szikla beerdősül 246 • A havasok különleges növényvilága 248 • A gleccserboglárka története 252

Kirándulások magashegységekbe 255
A Matterhorntól a Dinaridákig 255 • Végig a Kárpátok koszorúján 259 • Európa és Ázsia határán 265 • A növényvilág korelnökei 266 • Őskultúrák, ősvadon 270 • A Kilimandzsáró virágai 275 • A legek hegységében 282

III. rész
A NÖVÉNYEK TÁRSADALMA

Vannak-e növényi társadalmak? 287
A társadalom tényezői: a szociális magatartási típusok 296 • Működési és gazdálkodási alapelvek, mutatók 300 • Néhány politológiai kérdés 305 • Növényi kontra humán társadalom: konfliktusok és kilátások 305

Utószó helyett 309

Felhasznált irodalom 311

Summary 317

A kötet szerzője 325

Függelék

Ábrajegyzék 329

Képjegyzék 331

Előszó helyett

Több mint 30 év telt el azóta, hogy a *Növényvilág az Egyenlítőtől a sarkokig* című könyv megjelent. Az, hogy a könyv elfogyott, sikeres volt, hogy eredeti szándékán túl nemcsak a nagyközönség érdeklődését keltette fel, hanem időközben egyetemi és főiskolai segédkönyvnek is használták, azzal a jóleső érzéssel töltheti el a szerzőt: célját sikerült elérnie. Mindez azonban még nem elegendő ok arra, hogy erről a témáról új megközelítésben, új szempontok alapján egy új könyvet írjon.

Harminc év alatt a növénytan és a környezettan (ökológia) nagyon sok ismerettel gazdagodott. A *Növényvilág...* megjelenése előtt egy évvel indult meg a Nemzetközi Biológiai Program (IBP), amelynek az volt a célja, hogy a Föld különböző övezeteiben felmérjék az élőközösségek, biocönózisok és környezeti rendszerek, az ökoszisztémák termelő tevékenységét és termelőképességét. Ehhez csatlakozott az 1970-es évek elejétől az UNESCO által meghirdetett *Az ember és a bioszféra* című program (amelyet az eredeti angol cím: *Man and Biosphere* nyomán rövidítve csak MAB-programnak hívtak), amely már az élőközösségek működésével, védelmével és ésszerű felhasználásával foglalkozott. Ennek a programnak az eredményeként született meg az 1980-as évek elején a természeti erőforrásokkal való hosszú távú gazdálkodás alapelve, a *fenntartható fejlődés* koncepciója. Majd nem sokkal ezután, már a globális környezetváltozás kihívásaival kellett szembenézni, amelyhez a teljes földi élőrendszer működését kellett megismerni, s amelyhez az ismereteket egy korábban soha nem látott méretű, átfogó multidiszciplináris világprogram, a Nemzetközi Geoszféra-Bioszféra Program (IGBP) kereteiben zajló kutatásoknak kellett szállítaniuk. Ezek az ismeretek azonban már nem csupán tudományos érdekességet jelentettek, hanem fontos gazdaság- és környezetpolitikai döntések, nemzetközi szerződések alapjaiul is szolgáltak.

Az utolsó három évtized nem csak a biológiai tudományokat lendítette előre. Időközben lezajlott a geológia legújabb kori nagy forradalma is: megszületett a lemeztektonikai vagy globális tektonikai elmélet, amely teljesen új megvilágításba helyezte Földünk őstörténetét. A földkéreg egyre finomabb és aprólékosabb letapogatását a tudósok érdeklődésén túl nagymértékben fellendítette az energiaválság és a nukleáris fegyverkezési verseny. Az óceánok aljzatának megismerését a tenger alatti olajkincsek mielőbbi feltárásának igénye sürgette. A föld alatti atomrobbantások ellenőrzésére pedig olyan műszereket és módszereket kellett kidolgozni, amelyek biztosan megkülönböztet-

hetővé teszik a vulkáni kitöréseket és természetes földrengéseket a kísérleti robbantásoktól. Mindezek a kutatások rengeteg új növényi és állati kövületet is felszínre hoztak, amelyek nyomán az élővilág fejlődésére, az evolúció számos homályos mozzanatára is fény derült.

Időközben a szerzőnek is lehetősége nyílt hogy bekapcsolódjon különböző trópusi kutatási programokba, ismeretlen tájakat feltáró expedíciókba, és belekóstolhatott a felfedezés mámorába. Mindezek arra késztették, hogy több olyan fejezetet, amelyeket korábban külföldi szakkönyvek leírásaira támaszkodva írt meg, most *saját tapasztalatai,* friss személyes élményei, benyomásai alapján átdolgozzon vagy újraírjon.

Ma már a Föld bármely pontja elérhető turistautazással. A szinte korlátlan választékban újabb és újabb egzotikus tájak és országok válnak látogathatóvá, amelyekben a természeti környezet, a növény- és állatvilág a fő látnivaló. A könyv egyúttal segítségére kíván lenni világjáró honfitársainknak abban, hogy értő szemmel élvezzék idegen országok természeti szépségeit, gazdagságát.

Korábban örvendetes jelenségként könyveltük el, mára aggasztó gonddá vált, hogy növekvő számban alkalmaznak magyar szakembereket külföldön, többek között egzotikus országokban is. Megnőtt az érdeklődés a magyar diplomás szakemberek, orvosok, agrármérnökök, közgazdászok és különösen az informatikai szakemberek iránt. Nekik abban kíván segítségükre lenni e könyv, hogy új munkahelyük természeti környezetét tudatosan tudják élvezni és értékelni

A jelen könyv szempontjai között fontos hangsúlyt kapott a *természet-* és *környezetvédelem* kérdése. Az ezzel kapcsolatos gondok harminc éve még csak kopogtattak az ajtónkon mint alkalmi látogatók, ma viszont állandó bérlőtársaink, amelyekkel kényszerűen együtt élünk lakásunkban, munkahelyünkön, kertünkben és nyaralónkban, autónkban és gyermekkocsinkban; állandó kísérőink utazásainkon és kirándulásainkon. Harminc évvel ezelőtt még csak bizonyos tudat alatti szorongással, de többé-kevésbé önfeledten csodálhattuk a természet szépségeit, működésének tökéletességét, remek szervezettségét, olykor rejtélyesnek tűnő, eredeti megoldásait. Ma azzal a nyomasztó tudattal éljük mindennapjainkat, hogy a természet gazdagságát – a világ örökségét –, melyet Földanyánk – Gaia – 3 milliárd esztendő alatt halmozott fel számunkra a Gondviselő szeretetéből, tékozló kézzel, könnyelműen pazaroljuk.

A környezetvédelmi tudathasadásban élő emberek száma egyre nő. Van gyárigazgató, aki főfoglalkozású légszennyező, ugyanakkor megszállott természetvédő – a saját kertjében. S olyan is van, aki hét közben környezetvédelmi rendeleteket és jogszabályokat fogalmaz, hétvégén pedig térdig jár a műtrágyában, és gázálarcban permetezi a gyümölcsfáit. Ma – úgy érzem – minden, a természetről szóló írásnak felelősségérzetet kell ébresztenie olvasóiban, s tudatosítani, hogy mindenki egyénileg is felelős, és hogy külön-külön is sokat tud tenni természeti környezetünk épségéért, védelméért.

Természetesen mindez sokkal hatékonyabb, ha társadalmi összefogással, s még inkább, ha állami szerepvállalással, intézményi közreműködéssel egybekötve működik. Ezen a téren is sokat léptünk előre, de nem eleget. Ezren felül van az önkéntes természet- és környezetvédő társadalmi egyesületek száma, amelyeknek képviselői helyet foglalnak, sőt tisztségviselők az Országos Környezetvédelmi Tanácsban és a Parlament környezetvédelmi bizottságában. Igen jó természetvédelmi és környezetvédelmi törvényeink vannak, most már csak a megfelelő méretű, képzettségű és jogosítványú apparátus hiányzik, amely e törvényeknek érvényt tud szerezni, és apparátus alatt nemcsak kormányzati, tehát intézkedésre jogosult apparátust értek, hanem jó képességű és képzettségű tudományos apparátust is. Mindkettő hiányzik.

Igaz, az Akadémia vezetése 1996 nyarán ökológiai fejlesztési programot indított azzal a céllal, hogy az elmúlt évtizedben elmaradt ökológiai kutatóhálózat-fejlesztéseket Magyarországon bepótolja. És a kutatóhálózat-fejlesztés mellett célul tűzte ki egy helyzetfelmérés elkészítését a magyarországi ökológiai kutatások állapotáról. Az előbbivel egy munkaközösséget, ez utóbbival e könyv szerzőjét bízta meg.

A nemzeti stratégiai kutatások keretében folyó helyzetfelmérő kutatások a magyar ökológusok seregszemléjét eredményezték, melynek eredményét három kötetben tettük közzé 2001 tavaszán. E mostani könyv elkészítéséből a Magyar Tudományos Akadémia vezetősége bátorítást nyert az ökológia megbecsüléséhez és fokozott támogatásához. Remélhető, hogy az előző bekezdésekben leírt tudományfejlődés hullámai a magyarországi kutatásszervezetet és a magyarországi tudománypolitikát is elérik. Többek közt ez a szándék vezette a szerző tollát, amikor e könyv szövegét papírra vetette.

„Hadd emlékezzem meg az Úr műveiről.
Hadd beszéljem el azt, amit
a szememmel láttam!
Az Úr szava hozta létre a műveit,
s a teremtett világ teljesíti akaratát."

Sir 42, 15

Bemutatom Gaiát

Gaia eredetileg a Föld istenasszonya a görög mitológiában. Befolyásos, hatalmas személyiség. Gyermekei Uranosz, az ég és Pontosz, a tenger istene. Később számos huncut és hajmeresztő kaland részeseként mindenféle rémalakokkal népesíti be a földet, többek között az ő leszármazottai az emberek is. Az ókori görög Gaia-kultusz már mint a mindenség anyját tiszteli, az áldás és bosszú, élet és halál istenét. Athénben kiváltképpen a gyermekáldás, majd a bőség és termékenység istennőjeként tisztelték. A Római Birodalomban Gaia szerepét a bőség és termékenység más istenei, Robigo és Déméter veszik át, míg a Gaiának megfelelő Tellus jelentősége teljesen háttérbe szorul.

Néhány évtizede még a legmerészebb képzeletű ókorkutatók sem gondolták, hogy a 20. század második felében, amikor az információs társadalom műveltségi palettájáról szinte teljesen lekerül a görög és latin műveltség, Gaia egyszerre az ókori görög mitológia legfelkapottabb neve lesz és a modern emberiség túlélésének szimbólumává válik.

Minek köszönhető ez a hirtelen nagy népszerűség? Főleg két dolognak: a tudomány elképesztő ütemű fejlődésének és földi környezetünk talán még ennél is gyorsabb pusztulásának. Az űrkutatás lelkesítő eredményei, a túlnépesedés aggasztó perspektívái, a természetrombolás elszomorító tényei és az éghajlat felmelegedésének fenyegető réme mind arra késztették a tudósokat, hogy a Föld egészét, a földi környezet elemeinek működését összefüggéseiben lássák, globálisan szemléljék. Ennek a szemléleti megközelítésnek az eredményeként született meg a nagy felismerés, hogy a Föld nemcsak egyszerűen egy életet hordozó égitest, hanem maga is egy élő szervezet, amelyben az élő és élettelen részek egy egységes anyagcsererendszert alkotnak, vagyis Gaia egy élő bolygó.

Ahhoz, hogy Gaiát a maga különleges valóságában tudjam bemutatni, avatott vezetőt kértem fel *Mészáros Ernő* akadémikus, a légkörfizika tudósa személyében. Őt kérdezem:

– Mi, közönséges földi halandók, akik csak élősködünk ezen a csodálatos égitesten, úgy vagyunk Gaiával, mint a hat vak ember az elefánt megismerésével. Mind a hat másképp érzékelte, az egyik kígyónak, a másik oszlopnak, a harmadik falnak, a negyedik kötélnek, attól függően, hogy melyik testrészét érintette meg. Írd le, milyen Gaia kívülről, a maga egészében.

– Gaia a Naprendszerben különleges tulajdonságokkal rendelkezik. Már a kinézete is merőben más, mint a többi bolygóé. A mesterséges holdakról készített fényképek tanúsága szerint bolygónk színe kék, szemben a Mars vöröses, illetve a Vénusz csillogó fehéres színével. A kék szín a víznek és a légkörnek köszönhető, amelyek hatékonyan visszaverik a Nap rövidhullámú sugárzását. Ezt a kék alapszínt csodálatosan megtörik a felhők fehér, illetve a bioszféra zöldes árnyalatai. A Földön a felhőket víz alkotja, míg a Vénusz felhőit az igen meleg, szén-dioxid alkotta légkörben elsősorban kénsav építi föl, amely számunkra igen barátságtalanná tenné az ottani környezetet.

– Szóval az élő Gaia úgy forgolódik a Naprendszer holt bolygói között, mind csinos idegenvezető egy panoptikumban. Mi teszi ilyen különlegessé Gaiát?

– A Föld különleges tulajdonságait a bioszféra létének köszönhetjük. Ugyanakkor a földi élet megjelenése bolygónknak a Naprendszerben elfoglalt helyzetével és nagyságával függ össze. Így a Naprendszerben vagy bármely más csillagrendszerben, a Naptól, illetve központi csillagtól van egy bizonyos távolság, az ún. lakható zóna, ahol a víz mindhárom halmazállapotban előfordul, és a szén-dioxid nem fagy meg – hogy csak a legfontosabbakat említsük. A Föld pályája az egész év folyamán beleesik ebbe a zónába. Figyelemreméltó körülmény, hogy már a jelenlegi pályától való igen kis eltérés is veszélyeztetné a jelenlegi, az élet számára kedvező feltételeket, és bolygónk nagysága pontosan akkora, amekkora a bioszféra fenntartásához szükséges. Elegendően nagy ugyanis ahhoz, hogy légkörét megtartsa, ugyanakkor elegendően kicsi ahhoz, hogy vonzóereje a bioszféra számára ne legyen elviselhetetlenül nagy. Hangsúlyozni kell, hogy a Föld speciális tulajdonságain kívül, az élet megjelenésétől kezdve a bioszféra is aktív szerepet vállalt a földi környezet alakításában.

– Mint említetted, a földi környezet életfenntartó képességét a víz valamennyi halmazállapotának jelenléte és a földi légkör különlegessége teszi. Miben áll ez, és miből gondoljuk, hogy ezek az állapotok különlegesek?

– Bolygónk egyik leglényegesebb tulajdonsága, hogy rajta a víz több fázisban is előfordul. Ezt mindannyian jól tudjuk. Kevésbé közismert azonban, hogy a folyékony víz többségét adó óceánok sótartalma valamilyen okból kifolyólag pontosan olyan, amilyennek a bioszféra szempontjából lennie kell. Közvetett bizonyítékaink vannak arról, hogy a földtörténet során az óceánok sótartalma sohasem haladta meg a kritikus 6%-ot. Ennél magasabb sótartalom esetén ugyanis az élő sejtek ozmózissal gyorsan kiszáradnának, amely elhalásukhoz vezetne. Ma már nyilvánvaló, hogy a nagy kérdés nem az, hogy

miért sós a tenger, hanem az, hogy miért nem sósabb? A jelenlegi forrásokat – például a folyók sószállítását – figyelembe véve kiszámítható, hogy kb. 80 ezer év alatt kialakulna a tengerek mai sótartalma. A probléma az, hogy igazából nem ismerjük azokat a folyamatokat, amelyek a sót az óceánokból kivonják, vagyis beszabályozzák az óceáni ökoszisztémák számára megfelelő értéket.

– Ez valóban nagyon izgalmas kérdés, hiszen tudjuk, hogy a legfiatalabb óceán kora is mintegy 80 millió év, vagyis ezerszer hosszabb ideje töltődik vízzel – és persze sóval is – mint amennyi a jelenlegi sótartalom eléréséhez szükséges. Ismerve a Föld környezeti rendszereinek önszabályozó mechanizmusát arra lehetne gondolni, hogy maga az élővilág vonja ki a fölösleges sómennyiséget a tengerből és vázanyagként felhalmozva süllyeszti el a tenger fenekére, ahogyan ez pl. a kalciummal és a foszforral történik. Egyelőre azonban nem ismerünk ilyen élőlényeket, sem pedig olyan kémiai folyamatot, amely ezt lehetővé tenné.

Gaia másik nagy különlegessége az a kék palást, amely oly széppé teszi, mint mondtad. Ez a palást a légkör. Ennek mik a különlegességei?

– A Föld másik nagyon fontos jellemzője, hogy légköre szabad, azaz más elemekhez nem kötött oxigént tartalmaz. Az oxigén ugyanis a legfontosabb energiaforrása a bioszféra egy részének, nevezetesen az állatvilágnak és az embernek. Légkörünk másik lényeges ismérve az üvegházhatás, vagyis az a tulajdonsága, hogy a bolygó által kisugárzott hőt csak részben engedi ki a bolygóközi térbe. Az üvegházhatás a Föld története során mindig pontosan akkora volt, hogy a hőmérséklet az élet számára kellemes legyen. Így az üvegházhatású gázok, elsősorban a szén-dioxid koncentrációja a geológiai korok során olyan mértékben csökkent, hogy kiegyenlítse a Nap növekvő sugárzási energiáját. Ez a nagyszerű „együttműködés" biztosította, hogy kisebb ingadozásoktól eltekintve éghajlatunk lényegében állandó, az élőlények számára kellemes volt.

– Mindez valóban csodálatos, de kérdés, hogy mennyiben tekinthető különlegesnek? Mennyiben különböznek a földi légkör fizikai és kémiai tulajdonságai a Naprendszer más bolygóiétól?

– A Föld légkörének összetétele és nyomása nagymértékben különbözik a szomszéd bolygók légkörének összetételétől, illetve nyomásától, ami egyebek mellett megmagyarázza az éghajlati különbségeket is. Bolygónkon a légkör összetételét a nitrogén és az oxigén határozza meg, míg űrbeli szomszédaink légköre elsősorban szén-dioxid-molekulákból tevődik össze. A Földhöz képest a Vénuszon a nyomás nagy, míg a Marson meglehetősen kicsi. A Föld speciális légköre az élet terméke. Ha megbecsülnénk, hogy a bioszféra nélkül milyen légköre lenne a Földnek, akkor a jelenlegi levegőtől nagyon eltérő összetételű gázkeveréket kapnánk, amely valahol a Vénusz és a Mars légköre között lenne. A földi légkör szabályozásában két alapvető folyamat játszik szerepet: egyrészt a fotoszintézis, másrészt az üledékképződés. A szabad oxigén

a fotoszintézis terméke, míg az üledékképződés a szenet – szén-dioxidként – a levegőből – szintén az élővilág közreműködésével – karbonátok formájában az üledékes kőzetekbe juttatja. Ezzel szemben a szén a Vénuszon a légkörben mint szén-dioxid van jelen.

– *Mindabból, amit elmondtál, számomra az a nagy tanulság, hogy a földi légkör azért olyan egyedi és sajátos, mert maga a földi élővilág, mindenekelőtt a zöld növénytakaró „állította elő", ez a csodálatos, mágikus kelme, mely zöld ruhaként simul Gaia testére. Van-e még valami különlegesség Gaia tarsolyában, ami megkülönbözteti őt a többi bolygótestvértől?*

– Az űrkutatás eredményei világosan mutatják, hogy a Mars és a Hold felszínének kémiai összetétele nagyon hasonlít a szilárd Föld legfelső övének, a litoszférának az összetételéhez. Van azonban egy nagy különbség, éspedig az, hogy a Földön létezik egy olyan réteg, amelyet talajnak nevezünk. A talaj a bioszféra és a litoszféra kölcsönhatásának eredménye. A légköri viszonyok függvényében a mikroorganizmusok elmállasztják a kőzeteket. Ily módon két alrendszerből álló együttes jön létre. Ezek egyike az élő szervezetekből álló biológiai, míg a másik a szerves és szervetlen vegyületeket tartalmazó élettelen alrendszer. A talaj anyagát jelentős mértékben humusz építi föl, amely a termékenység meghatározója. A humusz növényi maradványok és mikroszervezetek által szintetizált nagy molekulájú szerves vegyületek kolloid elegye. Ioncserekapacitása nagy, így ioncsere útján megköti a növények számára felvehető tápanyagokat. A talaj – mint minden biológiai rendszer – anyag- és energiaforgalmát ún. negatív visszacsatolások útján szabályozni tudja, vagyis kibernetikai rendszerként viselkedik. Az önszabályozás azt jelenti, hogy igyekszik közömbösíteni minden olyan tényezőt, amely zavarja optimális működését.

A talaj tehát a Naprendszerben a Föld bolygó egyedülálló tulajdonsága. Ilyen értelemben tehát a Marsnak, illetve a Vénusznak nincs talaja, csak felszíne.

– *Ha az ember körülnéz a Földön vagy a Naprendszerben, mindenütt állandó mozgást lát. Messziről nézve a Naprendszer többi bolygója éppúgy mozog, mint a Föld, mégis az élő bolygó mozgásai sokrétűbbek, bonyolultabbak. Ha a Marson kitör egy vulkán, annak a következményei sokkal kisebbek lesznek, mintha ez a Földön történnék. Tudjuk, hogy a Föld története során annyi véletlenszerű esemény, természeti katasztrófa zajlott le, az élet mégsem forgott soha veszélyben, sőt egyre fejlettebbé vált. Hogyan értékeli ezt egy légkörfizikus?*

– A Föld egyik legfontosabb jellemzője, hogy egy hatalmas dinamikai rendszer, amelynek megnyilvánulásait vulkáni kitörések és földrengések formájában észleljük. A földkérget alkotó ún. tektonikai lemezek mozgásának felfedezése a 20. századi tudományos kutatások egyik legnagyobb eredménye volt. Századunkban sok más tudományág közismertebb forradalma mellett, a földtudományok is forradalmi fejlődésen mentek át.

James Lovelock neves angol gondolkodó, a híres Gaia-hipotézis megalkotója úgy gondolja, hogy a lemeztektonika kiváltásában biológiai folyamatok is szerepet játszanak. Ez a feltevés természetesen még megerősítésre vár. Az viszont tény, hogy a többi bolygón lemeztektonikai mozgásokra utaló nyomokat még nem azonosítottak. Az is nagyon valószínűnek látszik, hogy a lemeztektonika az élővilág fejlődését és a biológiai sokféleséget is jelentősen befolyásolta. Így például a dinoszauruszoknak sokkal hosszabb idő alatt kevesebb fajuk alakult ki, mint jóval rövidebb idő folyamán az emlősöknek. Ez alátámasztja azt az elképzelést, hogy az emlősök sokféleségét a szárazföldek szétválása segítette elő, amely a dinoszauruszok kora óta a lemeztektonikai mozgások miatt a Földön végbement.

Sőt, az sem zárható ki, hogy az ember kialakulása is lemeztektonikai mozgásokkal kapcsolható össze. Dinamikus mozgások ugyanis Afrika keleti részét leszakítani igyekeznek az afrikai lemezről. Ennek következtében az éghajlat oly módon változott meg, hogy Kelet-Afrikában eltűntek az erdők, és a terület egyre inkább szavannás, ligetes vidékké vált. Mindez oda vezetett, hogy elődeink kénytelenek voltak a füves felszíni életmódhoz igazodni, amelynek a két lábra állás is előfeltétele volt. Tekintve, hogy mindez az afrikai törésvonaltól keletre ment végbe, *Coppens* francia antropológus az ember keletkezésének történetét találóan *eastside story*-nak nevezte el.

Nagyon valószínű tehát, hogy lemeztektonika nélkül nem beszélgethetnénk itt a Föld fejlődésének és dinamikájának kérdéseiről.

– Bizonyos, hogy a lemeztektonikai események igen fontos változásokat idéztek elő a Föld élővilágának kialakulásában. Ezekről később még bőségesen lesz szó, amikor a növényvilág és a növénytakaró történetét áttekintjük. Ugyanakkor az emberekben ott munkál a kíváncsiság, hogy mindezekben az eseményekben mekkora szerepe volt a földön kívüli erőknek? A sci-fi irodalom, a fantasztikus tárgyú filmek jelentős része erről a kíváncsiságról szól. Sokan szeretnek eljátszani azzal a gondolattal, hogy földön kívüli lények és hatalmak beavatkoznak az ember, a társadalom életébe. Van ebben egyfajta nosztalgia is. Ha egy társadalomban az igazságtalanságok nagyon felszaporodnak, fölerősödik a vágy egy földöntúli, vagy újabban egyre inkább egy földön kívüli igazságszolgáltató személy vagy hatalom iránt.

Szóval, befolyásolták-e külső hatások a Föld különleges tulajdonságainak kialakulását, s ha igen, milyenek?

– Jelenlegi tudásunk szerint a Föld különleges tulajdonságait külső hatások is alakították. Ezek sok esetben véletlenszerű, katasztrofális eseményeknek voltak köszönhetők. Így felvetődik a kérdés, vajon bolygónk fejlődése mennyire a véletlen műve. Ezzel kapcsolatban nem csak arra gondolok, hogy valamikor 65 millió éve, a földtörténeti harmadkor hajnalán, valószínűleg egy hatalmas meteorit becsapódása következtében kihaltak a dinoszauruszok, mintegy átengedve az életteret az emlősöknek. Az sem zárható ki, hogy a Hold keletke-

zése hasonló, sőt még katasztrofálisabb eseményhez kapcsolódik. Feltételezések szerint valamikor a Föld történetének hajnalán egy hatalmas, Mars-méretű égitest csapódott a Földbe, és az ütközés következtében szakadt le a Hold anyaga. Ez a katasztrófa igen nagymértékben meghatározta a Föld különleges tulajdonságait. Holdunk tömege ugyanis meglehetősen nagy bolygónk tömegéhez képest. Ebből következik, hogy forgatónyomatéka jelentős hatást gyakorol a Földre.

Tudjuk, hogy az évszakokat a Föld forgástengelyének dőlése határozza meg. Egy francia kutatócsoport modellszámításokkal kimutatta, hogy a Naprendszer története során a belső bolygók tengelydőlése kaotikusan ingadozott, kivéve a Földet, amelynek tengelydőlése viszont alig változott. A vizsgálatok szerint ez az állandóság, amely éghajlatunk alakításában döntő volt, űrbeli útitársunknak, a Holdnak köszönhető. Az említett kutatócsoport a modellszámításokat a következő 1 millió évre is elvégezte. Azzal a feltételezéssel éltek azonban, hogy a jelen pillanatban megszűnik a Holdnak a Föld forgatónyomatékára gyakorolt hatása. Azt az eredményt kapták, hogy ebben a feltételezett esetben olyan jelentős éghajlati ingadozások lépnének föl, amelyek a földi életet teljesen lehetetlenné tennék.

Ez természetesen nem zárja ki azt a tényt, hogy a Föld tengelyének dőlése a múltban kisebb változásokon ment keresztül. Bolygónk egyéb pályaelemeinek változásaival együtt ezek a változások váltották ki az utóbbi kb. 2 millió évben szabályosan jelentkező jégkorszakokat. A jégkorszakok a bioszférát természetesen módosították, de igazából sohasem veszélyeztették.

– Mindebből úgy tűnik, hogy a Föld egy kiválasztott bolygó, amelynek küldetése az élet hordozása. Történetének minden véletlennek tűnő eseményéről kideríthető, hogy beleillik egy olyan tervbe, amely a Földnek élő bolygóvá való fejlődéséhez, Gaiává válásához járul hozzá. Lám, Gaia az egyetlen belső bolygó, amely az élet védelmében nem „dől be" a kozmikus csábításoknak és egyenes derékkal rója égi pályáját. Erkölcsének védelmére pedig egy kozmikus operáció keretében saját testéből „szüli meg" Hold-fiókáját, amelyről ugyancsak kiderül, hogy létezése és működése az élet fennmaradásának nélkülözhetetlen feltétele. Egy másik kozmikus katasztrófa azt eredményezte, hogy a törzsfejlődés folyamata felgyorsult a zárvatermő virágos növények és az emlős állatvilág hirtelen kifejlődésével. Ezekből és más jelenségek összevetéséből milyen következtetések vonhatók le?

– Mindenekelőtt az, hogy a Föld tulajdonságai igen különlegesek és pontosan olyanok, mint amilyenek az élet keletkezéséhez és fenntartásához szükségesek. Természetesen ezeknek a speciális jellemzőknek a kialakulásához – létrejöttük után – maguk az élőlények is alapvetően hozzájárultak. A kérdéskör további, igen messzire vezető, filozófiai mélységű érdekessége, hogy nem csak a Naprendszer és azon belül egyik bolygója, a Föld rendelkezik az élet létrehozásához szükséges különleges tulajdonságokkal. A mintegy 15 milliárd éve

nagy robbanással keletkezett Univerzum ugyanis pontosan akkora sebességgel tágul, amely a csillagok keletkezését lehetővé teszi. A tágulási sebesség éppen „megfelelő": nem olyan lassú, hogy összeomoljon az általunk ismert világ, ugyanakkor nem is annyira gyors, hogy megakadályozza a csillaghalmazok, illetve csillagok születését. Így keletkezhetett a Tejútnak nevezett galaxisban a Naprendszer, ezen belül különleges bolygónk, a Föld, és rajta a bioszféra, amelynek mi is tagjai vagyunk. *Albert Einstein*nel együtt azt a következtetést vonhatjuk le, hogy Istennek nem nagy választása lehetett, amikor a világot teremtette.

– *Én egy kicsit konkrétabban fogalmaznék: Isten pontosan tudta, hogy mit akar, amikor a világot teremtette, és ehhez bölcsen alkalmazta az általa alkotott törvényeket.*

Köszönöm a beszélgetést.

I. rész

Kövült krónikák nyomában

Hírt ad a növényi múlt

Üzenet a kövekben

A növények óriási faj- és alakgazdagságát látva ma már természetesnek tűnik, hogy Földünk mai növénytakarója, valamint az édesvizek és tengerek növényvilága évszázmilliók alatt végbement fejlődés eredménye. Nem volt ez mindig ennyire magától értetődő. Nemrég az ember csak a körülötte élő növényvilágról tudott, s arról a másikról, amelynek emlékeit a kőzetek őrzik, még nem volt tudomása. Egy-egy kövült csigaházat és kagylóhéjat az ókori ember is talált, de ezeket a tréfás kedvű természet játékainak tekintette, primitív szobroknak, melyeket a természet a valódi élőlényekről kőbe mintázott.

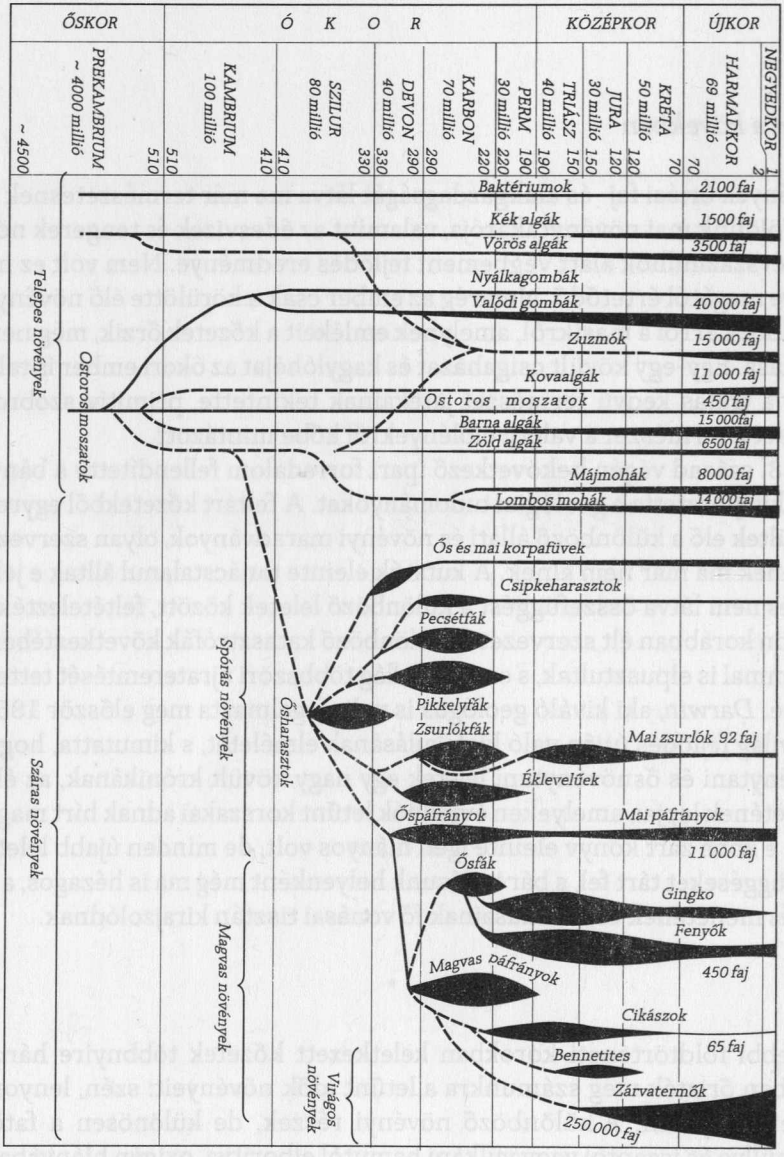
A 18. század végén bekövetkező ipari forradalom fellendítette a bányászatot, és kifejlesztette a geológiai tudományokat. A feltárt kőzetekből egyre-másra kerültek elő a különböző állati és növényi maradványok, olyan szervezeteké, amilyenek ma már nem élnek. A kutatók eleinte tanácstalanul álltak e jelenség előtt, és nem látva összefüggést a különböző leletek között, feltételezték, hogy a Földön korábban élt szervezetek különböző katasztrófák következtében több alkalommal is elpusztultak, s ez az élővilág többszöri újrateremtését tette szükségessé. *Darwin,* aki kiváló geológus is volt, fogalmazta meg először 1859-ben az élővilág fejlődés útján való kialakulásának elméletét, s kimutatta, hogy ezek az őslénytani és ősnövénytani leletek egy nagy kövült krónikának, az élővilág történetének lapjai, amelyeken évmilliók letűnt korszakai adnak hírt magukról. Persze e kőbe zárt könyv eleinte igen hiányos volt, de minden újabb lelet újabb összefüggéseket tárt fel, s bár tudásunk helyenként még ma is hézagos, a törzsfejlődés menetének és állomásainak fő vonásai tisztán kirajzolódnak.

*

A régebbi földtörténeti korokban keletkezett kőzetek többnyire háromféle formában őrizték meg számunkra a letűnt idők növényeit: szén, lenyomat és kövület alakjában. A különböző növényi részek, de különösen a fatörzsek vízbe hullva és iszaptól vagy vulkáni hamutól elborítva, oxigén hiányában nem korhadnak el, hanem egy lassú kémiai folyamat során elszenesednek, miközben sejtes szerkezetüket sokáig megtartják. Így a hazai fiatal barna kőszeneinkről (Várpalota, Hidas, Rózsaszentmárton) kimutatták, hogy a mocsárciprus-félékhez tartozó tűlevelű erdőkből keletkeztek. Ez azt jelenti,

1. ábra

A növényvilág fontosabb csoportjainak származástani kapcsolatai és megjelenésük a földtörténet folyamán



Az összefüggő vonalak a biztos, a szaggatott vonalak pedig a feltételezett származástani kapcsolatokat jelölik. Az egyes csoportok mellett feltüntettük a ma még élő fajok számát. A csoportokat jelző szimbólumok hosszanti kiterjedése a csoport élettartamát, a megjelenéstől a kihalásig, szélessége pedig a növénytakaróban betöltött szerepét, uralkodó vagy alárendelt jellegét ábrázolja.

hogy 15-20 millió évvel ezelőtt Magyarországnak azon a részein hasonló mocsárciprus-erdők éltek, mint ma Észak-Amerika atlanti-óceáni partvidékén, s a hegyeken mamutfenyők és *Glyptostrobus*ok, mint ma Kalifornia és Délkelet-Ázsia magashegységeiben.

Hasonlóan értékes eredményekkel szolgáltak a kovásodott, kövült fatörzsek szövettani vizsgálatai is. A kovásodás magas kovatartalmú hévizek környékén történt, sokszor teljesen eredeti, álló helyzetben őrizve meg a korabeli növényzetet. Ilyen nevezetes kovásodott fatörzs hazánkban Ipolytarnóc mellett van, a híres 46 méteres tarnóci kövült fenyő (*Pinus tarnócensis*), melyet 1837-ben fedeztek fel, s amelyről *Humboldt* is említést tesz. Becslések szerint élő állapotban, koronával együtt elérhette az 56 méteres magasságot. A szövettani vizsgálatok szerint ez a fa az észak-amerikai cukorfenyőhöz hasonlít, amely ma a Sziklás-hegységben alkot hatalmas erdőségeket. Ugyancsak a kovásodott fatörzsmaradványokból tudjuk, hogy mintegy 20 millió évvel ezelőtt a Balaton vidékén platánerdők, a hegyvidékeken pedig cédruserdők (*Libocedrus*) díszlettek.

A legtöbb „üzenet" a letűnt korok növényvilágáról – igen stílusosan – levelek formájában, pontosabban levél- és terméslenyomatok alakjában maradt fenn. Ezek a kőzetrétegek közé zárt lenyomatok árulnak el legtöbbet az egykori növényzet fajgazdagságáról, életkörülményeiről, és ezek alapján tudunk árnyaltabb képet rajzolni a növénytakaró sajátságairól, elhelyezkedéséről.

Újabban egyre gyakrabban kerülnek elő olyan leletek, amelyek nem lenyomatok, azaz kőnyomatok, vagyis másolatok az egykor élt növényekről, hanem valódi herbáriumi anyagok, amelyeket kőlemezek préseltek le évmilliókkal ezelőtt. Ezekből a növényi múmiákból hasonló kémiai, sőt korlátozott mértékben még genetikai analízist is lehet készíteni, mint a régebben gyűjtött herbáriumi anyagokból. Például a fosszilizálódott magokból elemezhető a fehérjék aminosav-összetétele, a levelek klorofillmaradványaiból pedig az örökítő anyag bázissorrendje. Húsz-harminc éve még a növényrendszertan legnagyobb tekintélyei kilátástalannak látták a törzsfejlődés tényleges kutatását, s az ilyen rendszereket tisztán spekulatív elméleteknek tekintették, amelynek lépései kísérletileg nem ellenőrizhetők. Mára ez a felfogás megdőlni látszik és nem lehetetlen, hogy az eddigieknél sokkal mélyebben fogunk belelátni a fejlődés menetébe és alaposabban megérthetjük az evolúció nagy művét.

Történelemkönyv virágporból

A különböző növényi részek konzerválásához, a fosszilizációhoz – mint láthattuk – bizonyos alkalmas körülmények szükségesek. Ez azzal jár, hogy a fosszilizációban a véletlennek túlságosan nagy szerep jut, és elsősorban a vízpartok növényzete fosszilizálódik. Így nehéz megállapítani, hogy a lenyomatok és törzsmaradványok az eredeti növénytakarót milyen mértékben

reprezentálják; belőlük elsősorban a növényzet minőségi összetételére következtethetünk, a mennyiségi viszonyokra, azaz a növénytakaróra csak kismértékben. Erre a virágpor-analízis alkalmasabb, amely a földtörténet során az egyes rétegekben megmaradt virágporszemekből – pollenből – engedi kiolvasni a növényi múltat. A virágporszemek a szél által sodorva nagy tömegben hullanak a különböző vízfelületekre, majd a tavak és lápok mélyén leülepedve, iszapba vagy tőzegbe ágyazva szabályos rétegekben felhalmozódnak. A spórák és virágporszemek vagy pollenek fontos tulajdonsága, hogy sejtfaluk külső rétege igen ellenálló, és szerkezetük nemzetségekre, sőt olykor fajokra is jellemző. A szelek szárnyán érkező virágporfelhők nagyobb területek, messzibb tájak növényzetéről is hírt adnak, s így a lápok és tavak üledékeinek virágporvizsgálata – a pollenanalízis – tágabb képet ad a növényzetről, mint a lenyomatok. Belőlük az is megállapítható, hogy erdős vagy puszta volt-e a táj, s hogy a különböző növénytársulások milyen arányban voltak képviselve a növénytakaróban. A hazai pollenkutatás eredményeként 70 ezer évre visszamenőleg tudjuk végigkövetni az Alföld növényzetének és éghajlatának változásait, de sok értékes adatunk van a növénytakaró harmadkori történetéről is.

A barlangok krónikája

Talán különösen hangzik, mégis igaz, hogy távoli elődünk, a kőkorszak ősembere, sőt már a tüzet ismerő barlanglakó előember is hagyott számunkra üzenetet az akkori élővilágról. Minden ősemberi lelőhely vizsgálatának egyik alapvető kérdése: volt-e tűzhelye? A tűz ismerete és használata szellemi rangot jelent az emberré válás folyamatában; nem véletlenül lett a tűz a tudás jelképe már a görög mitológiában is. Az ősemberi tűzhelyek növénytanilag is igen fontosak, mert az ősnövénytani üzenetek ott hevernek e tűzhelyen megszenesedett famaradványok alakjában. E faszénmaradványok szövettanilag kiválóan elemezhetők, s megállapítható, hogy milyen fával tüzelt az adott kor embere, milyen erdők voltak barlangja, tanyája környékén, és a tüzelésre használt fa termőhelyi igényének ismeretében az is, hogy milyen volt akkor az éghajlat. Az eljegesedések idején törpefenyővel és vörösfenyővel, a melegebb időszakokban tölggyel, juharral tüzelt a barlanglakó ősember.

Az ily módon sokféle korból feltárt és előkerült sokféle formájú üzenet lassanként egy egységes, nagy, összefüggő történetté kerekedett, amelyet az élővilág fejlődéstörténetének nevezünk. Ennek egyik része a növényvilágé, az a történetsorozat, amely a különböző növényi típusok kialakulását, elterjedését, s a Föld meghódítását mondja el. Úgy érzem, hasznos, ha röviden végigfutunk ezen a nagyszerű és nagyon izgalmas történeten, mert helyes, ha látjuk az okát, eredetét azoknak a gyakran meglepő jelenségeknek, amellyel a növényvilág nemcsak gyönyörködteti, de gyakran meg is hökkenti a feléje közeledő embert.

Az élő parányoktól a „nagy halálig"

Mennyi is az a félmilliárd esztendő?

A csillagászok a Föld korát 4,6 milliárd évre, a biológusok az élet korát kb. 3 milliárd évre becsülik. Ebből az utolsó 570 millió év az, amelynek élővilágáról biztos adataink vannak. A korábbi időszakokban keletkezett kőzetek többnyire oly mélyen fekszenek a földkéregben, hogy a rájuk nehezedő nyomás alatt átkristályosodtak, s ez a folyamat a bennük levő maradványokat is nagyrészt megsemmisítette. Az élet történetének ezek a lapjai sajnos olvashatatlanná fakultak, bár ma már baktérium és egysejtű kékalga létezéséről 3 milliárd éves, fonalas kékmoszatok létéről pedig 2 milliárd éves biztos leletünk van. Az a több mint félmilliárd esztendő azonban, amelynek élővilágáról „kézzelfogható" tudomásunk van, sok hiányért kárpótol, és elmondhatjuk, hogy az élővilág fejlődésének legfontosabb eseményei amúgy is erre az időre esnek.

Félmilliárd esztendő! Hatalmas, számunkra érzékelhetetlenül nagy idő. Hogy fogalmat nyerhessünk nagyságáról, képzeljük el, hogy erről az időszakról egy teljes napot betöltő, 24 órás filmet készítünk, ahol minden százmillió év eseményeire 4 és háromnegyed órányi vetítési idő jut. Éjfélkor beülünk a moziba és élvezettel kezdjük nézni az őstenger élővilágát. Hajnali 5 órakor fogjuk látni, hogy az első növény a szárazföldre „lép". A kőszénkorszak őserdeinek titokzatos életét reggel negyed 9-től délig szemlélhetjük. Az óriástermetű sárkánygyíkok világáról délután fél 3-kor pillantjuk meg az első képeket. Délután 5 órakor látjuk az első virágos növény megszületését, este fél 8-kor az első emlősállatok megjelenését, és 21 óra van, amikor kihal az utolsó óriáshüllő. Az ősember megjelenésére azonban még így is csak 3 perccel a film vége előtt kerül sor. A mozgalmas jégkorszakokra összesen 2 perc jut, az európai kultúra történetére 0,6 másodperc, Magyarország ezeréves történelmére pedig mindössze 0,2 másodperc.

Az őstenger élete

A földtörténeti ókor (paleozoikum) első három korszakában: a kambriumban, az ordoviciumban és a szilur nagy részében – mintegy 570–400 millió évig terjedő időszak alatt – még csak a tengerben volt élet. Valamely más bolygóról érkező űrhajósnak feltétlenül légzőberendezéssel felszerelkezve kellett volna

érkeznie; a földi légkör oxigéntartalma a mainak 10 százalékát sem érte el. Abból a légkör felső határán csak igen ritka és vékony ózonréteg alakulhatott ki, amely áteresztette az élőlények számára halálos ibolyántúli sugarakat. Ezek pusztító hatásától csak a vastag vízréteg védhette meg őket. A szárazföld a mai holdfelszínre emlékeztető, vulkánokkal tarkított, élettelen kősivatag volt.

Furcsa bolygó lehetett a Föld akkoriban. A kontinensmagokból négy nagy őskontinens alakult ki: *Fennoszarmácia,* a mai Európa őse; *Laurentia,* a mai Észak-Amerika őse; *Angara,* azaz Ős-Ázsia, és az összes mai déli kontinenst egyesítő hatalmas *Gondwana.* Mindezek túlnyomórészt a déli félgömbön foglaltak helyet, az északi félteke legnagyobb részét pedig tenger borította.

Az őstenger élővilága azonban már akkor is gazdag volt és mozgalmas életet élt. A növényvilágot a különböző algatörzsek képviselték: a primitív, kialakult sejtmaggal még nem rendelkező kékalgák, a különböző egysejtű ostoros moszatok, a zöldalgák igen sok képviselője, az igen jól megmaradt mészvázas algák, valamint a fejlett barna- és vörösmoszatok. A testi felépítése ezeknek a moszatoknak általában még kezdetleges: főleg egysejtűek vagy egyszerű fonalas algák. A ma ismert óriástermetű barnaalgák ekkor még nem alakultak ki.

Ez a növényvilág – az őstengerek állatvilágával összehasonlítva – szegényesnek és egyhangúnak mondható, aminek az az oka, hogy a vízi életmód nem támaszt nehéz feltételeket a növényi léttel szemben. Ezért a fejlődés üteme lassú, az új típusok csak nagy időközönként jelennek meg, a régiek lassan halnak ki. A vízben a növények számára nem alakul ki éles harc a létfeltételekért, az új típusok nem szorítják ki a fejletlenebbeket, s ez az oka, hogy a kambrium őstengerében élt valamennyi fontosabb algacsoport ma is él.

Az önálló mozgásra képes állatok számára ezzel szemben a vízi életmód kiváló fejlődési lehetőséget nyújtott. Amíg a növényvilág mai 14 törzséből csak 9 élt a kambrium őstengerében, a 16 állattörzsből már 15 képviseltette magát; csupán a legfejlettebb csoport, a gerincesek hiányoztak még. Ellenben a polipok és medúzák, a tüskésbőrűek és csigák, és különösen az ízeltlábúak csoportja a hatalmas tömegben élő háromkaréjú rákokkal s a sok egyéb állattípussal együtt már akkor is rendkívül színes élővilágot alkottak. A növényvilág számára az igazi küzdelmes élettér a szárazföld lesz. Csak előbb még meg kell hódítani...

Föld! Föld!

A fejlődés e fontos mozzanata a szilur vége felé, körülbelül 410 millió évvel ezelőtt zajlott le. Ekkorra a tengerekben élő hatalmas kiterjedésű algamezők már annyi oxigént termeltek és juttattak a levegőbe fotoszintézisükkel, hogy annak koncentrációja elérte a mai oxigéntartalom 10 százalékát. Ebből a mennyiségből kialakulhatott a légkör felső határán egy olyan vastag ózonréteg, amely el-

nyelte a káros ultraibolya-sugárzást, s ezzel elhárult a partraszállás legfőbb akadálya a hódításra kész növényvilág útjából. A szárazföldre lépés és a víztől való elszakadás folyamata nyilvánvalóan nem ment egyszerre. Teljesen valószínűtlen, hogy az évszázmilliókon át vízi életmódhoz alkalmazkodott algák valamiféle hirtelen elhatározással, egyszeri rohammal hódították volna meg a szárazföldet. Olyan eseményről van itt szó, amelyet időben bizonyára évmilliós nagyságrenddel kell becsülnünk. És nem az történt, hogy a növény a szárazföldi életmódhoz szükséges gyökérzettel és szállítószövet-rendszerrel partra szállt. Ellenkezőleg, a sekély tengerparti zónában és a folyótorkolatokban tömegesen élő algák mind gyakrabban találták szárazföldön magukat. Az árapály rendszeres járása, de még inkább a tenger hosszabb időre való visszahúzódása során a partokon és a folyótorkolatokban képződött zátonyokon szárazra került vízi növények vagy elpusztultak, vagy alkalmazkodtak a szárazföldi életmódhoz. Ez az alkalmazkodás nyilvánvalóan hosszú folyamat eredményeként jött létre; sok millió moszatgeneráció pusztult el, amíg a szárazföldi életre alkalmas alakok kifejlődtek.

Az első rohamosztagok tagjai közt nagy termetű, daliás barnamoszatokat találunk. Egy részük teste elágazó, csöves felépítésű volt (*Nematophyton*), egy másik csoport tagjai nagyméretű, földre terülő levelekre emlékeztető módon, kéregszerűen borították be a nedves partot. E növények spóráin védőréteget, kutikulát találtak, ami azt bizonyítja, hogy ezek szárazföldi életmódra áttért szervezetek voltak; vízben élő szervezeteken ugyanis ilyen réteg nem alakul ki. Ezeknek a növényeknek azonban még nem volt olyan alkalmazkodási fegyvertáruk, amely a szárazföldi életre hosszú távon alkalmassá tette volna őket.

Nem kis változásra volt szükség! A vízben ugyanis sem a víz- és tápanyagfelvétel, sem a test szilárdítása, sem a szaporodás nem jelent élettani nehézséget. Mindez a szárazföldön az élettani problémák egész sorozatát veti fel: a táplálékfelvevő és szilárdító szerv, azaz a gyökér kialakulását, a tápanyagszállítás szövetrendszerének, a szállítószöveteknek a kifejlődését, a növényi testet egyensúlyban tartó szilárdító szövetek és a testüket védő bőrszövet kialakulását. A szaporodás pedig még sokáig nem tud elszakadni a víztől. Ez nem azt jelenti, hogy a növény a szaporodás időszakában visszavándorolt a vízbe – mint azt a kétéltűek legtöbbje ma is teszi –, hanem azt, hogy a szárazföldi növények a partraszállástól számított jó százmillió éven keresztül csak olyan területen élhettek meg, amelyet legalább időszakosan víz borított, mert a földre hulló ivarsejtek csak víz segítségével találkozhattak és egyesülhettek. Ma is ismerünk olyan szárazföldi növénycsoportokat, amelyek ezt az ősi szaporodási formát mindmáig megtartották. Ilyenek a mohák és a csipkeharasztok, csakhogy mivel kicsi termetűek, nem igényelnek sok vizet; s a megtermékenyítés egy kiadós eső után, vagy akár egy csillogó hajnali harmatcseppben is végbemehet.

Megjelennek a szárazföld első urai

Az első szárazföldi szervezetekkel kapcsolatosan főleg két kérdés izgatta a kutatókat: milyenek is lehettek és hogyan alakultak ki a szárazföld első növényi lakói? (Bármennyire csábít is a szó, nem mondhatjuk azt, hogy az első telepesek. Telepes növényeken ui. a teleptestű, szövetileg még differenciálatlan, primitív felépítésű növényeket értjük, amilyenek pl. a soksejtű algák vagy a szárazföldi növények közül a zuzmók.) Az első szárazföldi növények csak kis számban lehettek teleptestűek, mert ez a szerveződési forma zsákutcát jelentett a fejlődésben; a nagyobb részük már határozott szöveti felépítéssel és leveles hajtással rendelkező növény volt.

A hajtásos növény kialakulásának folyamatát a szárazföldi életmódra való áttéréskor a következőképpen képzeljük el. A lapos teleptest először hengeres, szárszerű, ún. tengelyképletté alakult át, amelynek alsó része besüllyedt a nedves talajba és vízszintes irányban növekedve gyöktörzzsé alakult. Rajta rövidesen tápanyag- és vízfelvételre alkalmas sejtfonalak alakultak ki, hasonlóan a mai növények gyökérszőreihez. A tengely felső része a talajból kiemelkedett, eleinte csak néhány cm-re, de hamarosan 1-2 dm hosszúságúra. Ezzel az elhelyezkedéssel megkezdődött a munkamegosztás a növényi test részei között. A föld feletti részre a fotoszintézis, a felesleges víz elpárologtatása és a fajfenntartás, a szaporodás feladata jutott. Egyúttal a hajtásra esett az a szerep is, hogy a szárazföldi életmódnak megfelelően rendezkedjék be. A levegővel közvetlenül érintkező részeket a külső behatások leküzdésére és a párolgás csökkentésére alkalmas védőréteg, ún. kutikula vette körül; kialakult a bőrszöveti sejtréteg, melynek sejtjei közé a gázcsere lebonyolítására zárósejtekkel szabályozható légrések ékelődtek.

A szárazföldi életmód másik követelménye a föld feletti részek vízzel és tápanyaggal való ellátása volt. Ez, valamint a szervezet által a fotoszintézis útján termelt anyagok megfelelő helyre való szállítása egy szállítószövet-rendszer kialakulását is szükségessé tette. A szállítószövet a szár közepén elhelyezkedő hosszanti sejtekből állt, melyek egyben a megnövekedett növényi test szilárdítását is végezték. A bőrszövet és a szállítószövet között pedig – a raktározás feladatát teljesítő szövetféleség – az alapszövet foglalt helyet.

Ezek voltak tehát a szárazföldi életmód alapfeltételei, s most lássuk azokat a növényeket, amelyek ennek a sokféle követelménynek először tudtak eleget tenni.

*

Az első szárazföldi növények az ősharasztok, e villás elágazású, alig félméteres, fásodó szárú növénykék voltak, melyek vagy teljesen csupaszok maradtak, vagy felületüket apró, pikkelyszerű képletek borították. Ezek a növények a

sekély tengerpartokon, mocsaras lagúnák partjain, folyók torkolatvidékein, nedves fövenyes partokon alkothattak a mai sásos-kákás mocsári növényzethez hasonló vegetációt, de voltak néhány cm nagyságú őscserjék is, amelyek mohapárnaszerű bevonatokat alkothattak a tengerpartok szikláin.

Ez az őscserjésekből álló növényzet a devonkorszak első felében, 350–330 millió évvel ezelőtt érte el virágkorát, – mindazonáltal ez csak gyér, egyetlen szintből álló növénytakaró volt.

A devon második felében azonban jelentős fejlődésnek indult a növényvilág – az őscserjékből három irányban is –, amely a harasztok alakilag és szervezetileg egyaránt különböző típusainak kialakulásához vezetett. Létrejöttek a villás elágazású, pikkelylevelű korpafűfélék, az örvösen elágazó zsurlófélék és a devon végén a nagy, összetett levelű páfrányok is.

Az új növénytípusok megjelenése révén a növényzet beljebb hatolt a szárazföld belsejébe, bár még csak a vizenyős, mocsaras termőhelyeken hódított. A növények belső szervezete is tovább tökéletesedett, ami lehetőséget nyújtott arra, hogy egyes növények fatermetűvé nőjenek, s így a devon vége felé már kialakultak az első laza szerkezetű erdők. Létrejött tehát a növényzet térbeli szinteződése, a lombkoronaszintre és cserjeszintre tagolódó növénytársulás.

A devonkorszak második fele a páfrányerdők első nagy virágkora. Ekkor nemcsak a ma élő páfrányfákhoz hasonló, egyenes törzsű, csúcsukon nagy levélrózsát viselő, ernyő alakú páfrányok éltek, hanem többféle testfelépítésű, elágazó törzsű, emeletes lombkoronájú, magas fák is. Ezek legszebb képviselője volt – a mai mocsárciprusokra emlékeztető alakjával – az *Archaeopteris* nevű páfrányfa, amelyet a nyitvatermő ősfák, a *Cordaites*ek elődjének is tekintenek.

Még ugyanebben a korban újabb jelentős lépést tett a növényvilág a víztől való függetlenedésre, s ez a mag kialakulása volt. Az erdők alján megjelentek az első magvaspáfrányok. A mag az utódvédelmet és a fajfenntartást tette biztonságosabbá, eredményesebbé azáltal, hogy a megtermékenyített petesejt, majd az embrió a spóratartó védelmében fejlődhetett. Ezen kívül a mag nyugalmi állapotot is jelentett, amely lehetővé tette, hogy az embrió átvészelje a kedvezőtlen időszakot, és csak alkalmas körülmények között induljon meg az új generáció fejlődése.

Vessünk most búcsúpillantást a devonkori tájra, a hatalmas, füstölgő vulkánokra, a zord sziklás hegyvidékekre és a mocsaras-lápos folyóvölgyekre és partvidékekre, ahol a harasztok ritkás erdei zöldellnek mint a hódító növényvilág előőrsei.

A szénné vált dzsungel

A devon után a 70 millió esztendőt magában foglaló karbon- vagy kőszénkorszak következett, amelynek már igen fejlett növénytakarója volt. Ekkor az északi félgömbön, a mai Európa és Észak-Amerika területén olyan forró és esős volt az éghajlat, mint ma az Egyenlítő vidékén. Ebben a nedves trópusi klímában a folyók óriási területeket árasztottak el, amelyek elmocsarasodtak. Itt a forró, párás levegőjű mocsarak és lápok világában alakultak ki a Föld első trópusi őserdei.

A hatalmas kiterjedésű mocsárerdőket 25-30 m magas harasztfák alkották, amelyek közül különösen a pikkelyfa és a pecsétfa nevezetes. A pikkelyfa (*Lepidodendron*) nevét a törzsét borító, rombusz alakú, pikkelyszerű mintázatról kapta, amely nem más, mint a lehullott levelek forradásnyoma. A pecsétfa (*Sigillaria*) törzsét függőleges sorokban elhelyezkedő hatszögletes, pecsétre emlékeztető levélripacsok fedték. Törzsük villásan ágazott el, s az ágvégeken üstök módjára álltak a levelek. Ezek a fák alakjukat tekintve a mai pálmákhoz hasonlíthattak, de spórás, virágtalan növények voltak. Ebben az időben még a zsurlófélék is fává nőttek. A szintén 20-30 m-re megnövő, örvösen elágazó őszsurlók (*Calamites*), melyeknek törzse elérhette az 1 m vastagságot is, részt vettek a lombkoronaszint alkotásában. Laza lombjukkal, kisméretű leveleikkel viszonylag kevéssé árnyékoltak, s így az erdők cserje- és gyepszintje rendkívül buja volt. A cserjeszintet a szintén zsurlófélékhez tartozó éklevelű cserjék (*Sphenophyllum*) és a finoman csipkézett levelű páfrányok és magvaspáfrányok embermagasságú szövedéke alkotta, sőt a páfrányok egyes típusai fává is megnőttek. Törzsükre és ágaikra éklevelű zsurlók kúsztak fel, kialakítva a földtörténet első liánszintjét. A gyepszintet a mai korpafüvek közvetlen ősei és a leheletfinoman szeldelt levelű csipkeharasztok (*Selaginella*) alkották. Ez utóbbiak azért nevezetesek, mert fajai ma is élnek, s így a csipkeharasztokat tekinthetjük a Föld legidősebb ma is élő nemzetségének, melynek korát mintegy 300 millió esztendőre tehetjük. A karbonkori trópusi őserdőknek még lombos- és májmohákból álló mohaszintjük is volt, vagyis a devonkori kétszintű erdők a kőszénkorszak idejére már négy-, sőt ötszintűvé fejlődtek.

A szárazföldi növényzet fotoszintetizáló munkája következtében jelentős változás állt be a légkör vegyi összetételében is. A szén-dioxid-asszimiláció eredményeként felszabaduló oxigén fokozatosan felszaporodott a levegőben és így alkalmassá vált arra, hogy a szárazföldön az állatvilág is megtelepedjék. Ez a folyamat még a devonban megindult, s a karbonkor őserdeiben már változatos állatvilág élt. A sűrű páfrányosban megjelentek az első szárazföldi gerincesek: a páncélos fejű kétéltűek, az árnyas sűrűségben szalamandrák kúsztak nesztelenül, a tisztásokon őskrokodilok sütkéreztek. A kínzó moszkitók ekkor még nem léteztek, csótányok helyettesítették őket. A levegőben vitorlázómodell

nagyságú, 70 cm-es szárnyfesztávolságú óriás szitakötők röpködtek, az erdők szélén pedig 35 cm-es hatalmas botsáskák zizegtek.

E karbonkori trópusi mocsárerdők azért is igen nevezetesek, mert belőlük keletkeztek a legnagyobb és leghíresebb kőszéntelepek. Ez természetes is, ha meggondoljuk, hogy a Földön ma a legtöbb szerves anyagot produkáló termőhelyek a sekély tengerek és a trópusi őserdők. Becslések szerint a karbonkori mocsárerdők szervesanyag-produkciója is körülbelül annyi lehetett, mint a mai trópusi esőerdőké. A szenesedésnek a termőhely kiváló feltételeket biztosított. Az elhalt fatörzsek a mocsárba dőltek, ahol elmerülve évmilliók iszapja rakódott rájuk, s a levegőtől elzárva lassan elszenesedtek. Így vált 70 millió év szervesanyag-termelése a legkitűnőbb feketeszénné.

E kőszénkori mocsárerdők azonban nem voltak a vegetáció egyetlen képviselői a Földön. A nagy lápvidékek peremén s a dombokon az első nyitvatermő magvasfák, az ősfák (*Cordaites*) alkottak 20-30 m magas erdőket. Az ősfák szöveti szerkezete a ma csupán a déli félgömbön élő szobafenyőkéhez (*Araucaria*) hasonló. Kard vagy szalag alakú, egy méternél is hosszabb, párhuzamosan erezett levelik laza lombsátrat alkottak, s ezek alatt magvaspáfrányok alkottak cserjeszintet. A gyepszintet spóráspáfrányok, korpafüvek és csipkeharasztok alkották, és már a mohaszint is kialakult. Az erdők koronaszintjében szálanként megjelent a lombhullató páfrányfenyő, a *Ginkgo* is, amelynek ma már csak egyetlen élő faját ismerjük, a *Ginkgo bilobat*, a parkok és botanikus kertek kedvelt, különleges szépségű fáját.

*

Alig kétséges, hogy az említett erdők forró, nedves, a mai trópusi klímához hasonló éghajlat alatt éltek, amit a szénképződés mellett a felkúszó liánok és páfrányfák jelenléte, a pecsét- és pikkelyfák pálma alakja is bizonyítanak. A legfontosabb bizonyíték azonban az, hogy az említett fák szöveti szerkezetében éppúgy nem találhatók évgyűrűk, mint a mai trópusi fákéban. Nagyobb gondot okoz a kutatóknak a karbon növényzetének nagy kiterjedése az egész északi félgömbön. Hogyan lehetett akkor a trópusi éghajlat ennyire általánosan elterjedt a Földön, hogy még az Északi-sarkot is megközelítette?

Erre a kérdésre a legújabb geológiai ismereteink adnak magyarázatot. Az történt ugyanis, hogy a karbonkorszak során lezajlott tektonikai mozgások következtében a kontinentális lemezek összesodródtak. *Fennoszarmácia* és *Laurentia*, azaz Ős-Európa és Ős-Észak-Amerika még a szilurban bekövetkezett egyesülését a karbonban újabb jelentős geológiai esemény követte: az euramerikai-kontinens összeütközése Ős-Ázsiával. E „karambol" következtében gyűrődött fel az Urál-hegység, az egyesülés nyomán pedig az északi félgömb szárazulatai egyetlen kontinenssé lettek: megszületett a laurázsiai szuperkontinens. *Laurázsia* a karbonkorszak végén összekapcsolódott a déli

félgömb őskontinensével, a *Gondwanával* is, és ezzel létrejött az egyetlen nagy szuperkontinens, a *Pangea,* amelyet minden oldalról az Ős-Csendes-óceán, a *Panthalassia* hullámai mostak.

A kontinensek összesodródása következtében sokkal nagyobb területű szárazulat került a trópusi öv alá, mint ma, amikor a kontinensek nagy része a magasabb szélességeken helyezkedik el. Akkor a mai Észak-Amerika és Eurázsia nagy része a trópusok övébe esett, a Déli-sark viszont a Gondwanán vagy annak közelében helyezkedett el. Ezért a Gondwanán eljegesedések voltak, amelynek nyomait például Dél-Afrikában minden kétséget kizáróan sikerült kimutatni. A Pangea gigantikus méretű szárazulatát csak az Egyenlítő táján tagolta némileg egy-egy nyugatról és keletről mélyen benyúló tengeröböl, a későbbi Tethys-tenger kezdeményei. Ez azonban csak helyileg enyhítette az irdatlan méretű szárazföld belsejében uralkodó rendkívül szélsőséges, kontinentális éghajlatot, amelyhez a túlnyomórészt vízhez kötött életmódot élő, nedvességigényes növények még nem tudtak alkalmazkodni. Ezért összefüggő nagy erdőségek főleg a kontinens peremvidékén, a tengerpartokhoz közelebb eső területeken alakulhattak ki, amelyeket a kontinens szívében uralkodó sivatagok mindvégig elszigeteltek egymástól.

Így történhetett, hogy a devon végén a különböző kontinenseken kifejlődött páfrányflórák között – ugyanarra a szárazulatra jutva – évek tízmilliói alatt sem alakult ki genetikai kapcsolat. Sajátos módon, a szárazföldi összeköttetés ellenére, négy különböző flórabirodalom különült el az óriási kontinensen, amelyek mindegyikét egy-egy teljesen eltérő magvaspáfrány-flóra népesített be: nyugaton az amerikai *Arktokarbon-*, északon az angarai *Callipteris-*, keleten a cathaysiai *Gigantopteris-* és délen a gondwanai *Glossopteris*-flóra. Ősföldrajzi szempontból ez utóbbi, a mai Afrika, Elő-India és Ausztrália területén élt *Glossopteris*-flóra a legérdekesebb, amelyet nyelv alakú leveleket viselő cserjék alkottak. Ez a cserjés vegetáció biztosan az akkori mérsékelt égövön élt, mert a hideg évszak szabályszerű beköszöntésének jeleként a *Glossopteris*ek fájában évgyűrűket találunk.

Végigtekintve a Föld gyomrába zárt és kőszénné merevedett karbonkori növényvilágon, megállapíthatjuk, hogy bár a szárazföld nagy területei növényzettel nem borított, csupasz, sziklás tájak voltak, a völgyekben és síkságokon gazdag növényzet díszlett, melyen belül nagy harc folyt: a spórás és magvas növények harca a nagyobb elterjedését, az új termőhelyek birtokba vételéért. A vizes, mocsaras völgyekben még tartották uralkodó helyzetüket a spórás növények, de a szárazabb termőhelyeken egyre inkább a magvas növények vették át a vezető szerepet. Az a tény, hogy a megtermékenyülés a magkezdeményben, az anyanövényen indul meg, szaporodásukat és terjedésüket függetlenítette a víztől, és ez a szárazabb és hűvösebb tájakon egyaránt előnyt biztosított számukra. A harc, a fejlődés mindig áldozatokkal jár, s így volt ez ebben az esetben is. A magvas növényeknek három csoportja is megjelent a

kőszénkor folyamán, s csak egy, a magvaspáfrányok csoportja volt életképes, a másik kettő kipusztult. A karbon végén tehát még folyt a harc, de kimenetele nem lehetett kétséges.

A sárkánygyíkok országában

A permkorban meginduló aszályosodás hamarosan eldöntötte a spórás és magvas növények közt folyó harcot. A perm folyamán ugyanis az Egyenlítő délebbre húzódott. A forró, nedves trópusi éghajlatot meleg, száraz, szubtrópusi klíma váltotta fel. A mocsarak, lápok fokozatosan összezsugorodtak, s velük együtt húzódtak vissza a spórás növények is. A permben egymás után haltak ki, s az egykor 20-30 m-es büszke pecsétfákat és őszsurlókat minden korszakban egyre kisebb termetű utódok követték, mígnem napjaink szerény fűnemű növényeivé törpültek. Helyüket mindenütt a nyitvatermő növények, fenyők, *Ginkgo*-félék és cikászok vagy ságópálmák (*Cycas*) foglalták el.

A földtörténeti középkor elejét, a triász időszakát a tengerek nagyarányú előretörése, a szárazulatok visszahúzódása és az éghajlatban jelentkező aszályhullám jellemezte. De bármennyire is száraz volt akkor a Föld éghajlata, az Északi-sark környékén kedvezőbb, nedvesebb klímájú területek is voltak, ahol a *Ginkgo*k, a páfrányfenyők alkottak nagy kiterjedésű örökzöld és lombhullató erdőket. Tőlük délre, az alacsonyabb földrajzi szélességeken száraz, a szubtrópusi félsivatagi-sivatagi klímához hasonló éghajlati viszonyok uralkodtak, aminek megfelelően a növényzet a víz közelébe szorult. Itt találjuk meg az egykor hatalmas és büszke karbonflóra szerény utódait, a már csak 2-3 m magas zsurlóféléket, amelyek nádasszerű növényzetet alkottak; a homokos tengerpartokon pedig a pecsétfák utóda, a 10 m magasra növő, pálmákra emlékeztető *Pleuromeia* példányai álltak elszórtan.

A víztől távolabb ritkás facsoportokból álló, a mai szavannákat idéző, laza szerkezetű növénytakaró alakult ki, különös, hordó alakú törzsű, alacsony cikászokból és *Bennettites*ekből, amelyek közé szárazságtűrő magvaspáfrányok elegyedtek, és az egész együttesből melegkedvelő fenyők koronái emelkedtek elszórtan a látóhatár fölé, mint távoli esőfelhőt kémlelő őrszemek.

Az a különbség, amely a kőszénkorszakban az északi és a déli félgömb növényzete közt volt, a triászban már teljesen eltűnt. A perm végére kihalt a *Glossopteris*-flóra, és a Gondwanára, melynek éghajlata fokozatosan nedvesebbé vált, északról hatalmas *Ginkgo*-erdők terjeszkedtek ki, egészen a mai Ausztrália területéig.

A jura időszakban ismét meleg, nedves trópusi éghajlat alakult ki az északi félgömbön, aminek eredményeként a triász gyér, szárazságtűrő növényzetét újra buja trópusi vegetáció foglalta el, amit az ekkor keletkezett kőszéntelepek

is tanúsítanak. Ebből az időszakból származnak hazánk leggazdagabb és legjobb minőségű szénelőfordulásai a Mecsekben (Komló, Vasas). E szeneknek és a köztük fekvő meddő rétegeknek a vizsgálatából tudjuk, hogy itt egykor nagyon dús erdei növényzet élt. Ginkgók, üstökösfák, ságópálmák és páfrányfák alkották a lombkoronaszintet, és páfrányok sűrű szövedéke képezte a gyepet. Ebben a melegigényes trópusi vegetációban a krétakor hajnalán jelentkeztek a zárvatermő virágos növények, amelyek már egy új növénytakaró kialakulásának hírnökei voltak.

*

Maradjunk azonban még rövid ideig ebben a korszakban, amelynek regényes vonzerejét egy szinte hírmondó nélkül enyészetbe tűnt állatvilág, a sárkánygyíkok fantasztikus és minden képzeletet felülmúló világa jelenti.

A hüllőknek a perm végén kifejlődő csoportja a triász folyamán hihetetlen változatossággal és alakgazdagsággal népesítette be a szárazföldet és a vizeket egyaránt. Különböző típusai a földi élettér minden adottságát kihasználva hódították meg a Földet. Visszaszorították a kétéltűeket a lápokba és a mocsarakba, majd megrohamozták a vizeket és átvették az uralmat a halak és cápák világában, a tengerekben, sőt a repülősárkányok és madarak „rohamcsapataival" levegőt is megostromolták.

A szárazföldet olyan alakváltozatossággal népesítették be, mint ma az emlősök csoportja, de az alakjuk bizarrsága és nagysága tekintetében messze felülmúlták a mai állatvilágot. A páfrányos erdőkben apró, gyíkformájú rovarevő hüllők kúsztak. A szárazabb, szavannaszerű ligetes-füves tájakon jámboran legelésző, ám tankszerű, ijesztő kinézetű, óriási csontpajzsokkal és tüskékkel felfegyverzett, négy lábon járó *Stegosaurus*ok éltek. A növényevő sárkánygyíkok másik csoportja a kengurukra emlékeztetően, izmos hátsó lábaira és farkára támaszkodva, hatalmas ugrásokkal, a struccalakúak (*Struthiomimus*) pedig gyors futással menekültek a ragadozók elől a gyér növényzettel borított pusztaságokon.

Ekkor éltek ugyanis a Föld eddigi legnagyobb ragadozói. Ezek is két lábon jártak, mellső végtagjuk csökevényes volt. Rövid nyakuk, nagy fejük, hatalmas állkapcsuk, félelmetes ragadozó fogsoruk és karmaik a szárazföld rettegett uraivá tette őket. Az észak-amerikai *Tyrannosaurus* több mint 5 m magas volt, és testhossza meghaladta a 8 m-t, de Afrikában éltek ennél nagyobb, 10 m magas és több mint 12 m testhosszúságú ragadozó hüllők is.

Nagyság dolgában azonban még ezek a ragadozó kolosszusok is eltörpültek a vízpartokon és a folyókban, tavakban élő gigászi testű növényevő őshüllők mellett. Valamennyi képviselőjük – mint a híres *Brontosaurus*, *Brachiosaurus* és *Diplodochus* – hatalmas testű, négy, az elefántéhoz hasonló oszloplábon járó, hosszú farkú, hosszú nyakú, kisfejű, 20-30 tonna (!) súlyú hústorony volt.

Testhosszuk elérte a 20-25 m-t, magasságuk a 12-15 m-t, s ezzel méltán lehettek az eddig ismert legnagyobb szárazföldi állatok.

De nem csak a szárazföldet és a levegőt szállták meg a hüllők a permtől a kréta végéig terjedő uralmuk alatt. A tengeri sárkányok, a tengeri krokodilusok, a teknősök és más hüllők a tengeri életmódra visszatérve, a vizeket is uralmuk alá hajtották. A szárazföld és a víz után pedig a levegő meghódítása következett. Szárazföldi rokonaik után a repülő hüllők is rövid idő alatt óriási méreteket értek el. Az amerikai *Pteranodon* 6-7 m-es szárnyfesztávolságával minden idők legnagyobb repülő élőlénye volt, amely valaha is a levegőbe emelkedett.

A kréta időszak végével azonban a sárkánygyíkok valamennyien kihaltak; utolsó képviselőik egyike az *Iguanodon* volt. De még mielőtt a „nagy halál" bekövetkezett volna, újabb hatalmas fordulattal átalakult a Föld növényvilága.

A sárkánylegenda nyomában

Sokan élnek abban a tévhitben – látva a kelet-ázsiai népek művészetében és mitológiájában annyira jellemző sárkánymotívumokat –, hogy az ember és a sárkánygyíkok valamikor valahol együtt éltek a Földön. Hozzájárultak ehhez a harmincas évek végén divatos ősember-kalandfilmek is, melyek alkotói – nem tartván eléggé izgalmasnak az ősember tényleges életét – a sárkánygyíkok világába helyezték az embert. Az igazság az, hogy a sárkánygyíkok és az ember sohasem találkozhattak egymással. Az utolsó *Dinosaurus*ok is kb. 60-70 millió évvel ezelőtt haltak ki, és még a legprimitívebb emberős is csak 20 millió esztendővel ezelőtt jelent meg, az első valódi ember, a *Homo primigenius* pedig alig másfél millió éve.

Honnan mégis a sárkánylegenda? Egy kis valóság, egy kis fantázia és egy kis művészet. A valóság, hogy Földünkön – éppen Délkelet-Ázsiában – ma is élnek a gyíkokhoz tartozó nagytermetű varánuszok, melyeknek egyes fajai – mint az indonéziai komodó-gyík – a 4 m-es nagyságot is elérhetik. A jégkorszak elején ez az állatcsoport még hazánkban is élt, úgyhogy a vértesszöllősi ősember is láthatott óriás varánuszt, amelynek akkor 5 m-t meghaladó példányai is előfordultak. Bár ezek az óriásgyíkok általában nem támadták meg az embert, mégis szokatlan formájukkal, ijesztő méreteikkel megmozgatták az ember fantáziáját, s évezredek alatt sokfejű tűzokádó szörnyekké, az erő és elrettentés szimbólumaivá váltak.

Virágba borul a Föld

Hol nyílt ki az első virág?

Ha az ember megáll egy nagy virágüzlet kirakata előtt, s végigcsodálja a Föld minden tájáról származó virágszépségeket, vagy belépve magába szívja kábító illatukat, az élvezeten túl talán elfogja néha valami kandi kíváncsiság, és elképzeli, vajon milyen is lehetett az első virág? Jelentéktelen volt-e vagy szép, érdemes lett volna lehajolni vagy fára mászni érte? És hol nyílt ki vajon, Európában vagy Afrikában, hivalkodón egy hegytetőn vagy az őserdő mélyén rejtve, vagy a tengerből emelkedett-e ki mint Vénusz, vagy csak egy csendes tó tükrén ringott szerényen?

Ma már a botanikusok túlnyomó része megegyezik abban, hogy az első zárvatermő virágos növények pompás, nagy, színes virágú fák voltak, mégpedig az Amerikában és Délkelet-Ázsiában ma is élő, örökzöld tulipánfák és liliomfák (*Magnolia* és *Liriodendron*) rokonai. Velük csaknem egy időben jelentek meg a lágyszárú virágos növények első képviselői is, amelyek valószínűleg a vízi életmód hatásaként gyakran fellépő korai ivarérés (neotenia) révén keletkeztek az első fatermetű virágos növényekből. Ezeknek az első lágyszárúaknak is gyönyörű színes virágaik voltak, amelyek stílszerűen a habokból emelkedtek ki, és a tavak és folyók tükrén ringatóztak, hasonlóan ma élő rokonaikhoz, a tündérrózsákhoz, a lótuszvirágokhoz és a virágok királynőjéhez, a *Victoria amazonica*hoz (*Victoria regia*).

Amennyire egyöntetű a kutatók véleménye az első virágos növények mibenlétét illetőleg, annyira vitatott megjelenésük időpontja és helye. A századforduló táján rendelkezésre állott adatok alapján azt tartották, hogy a zárvatermők a harmadkor elején, az Északi-sarkvidék (Arktis) területén jelentek meg – ezért nevezték arktotercier elméletnek –, és onnan terjedtek szét az egész Földön. Ez az elmélet azonban megdőlt. Tudjuk, hogy a virágos növények már a krétakorban uralkodóvá lettek, sőt pollenjüket a jurakor elejéről is ismerjük. Valószínűnek látszik azonban, hogy a virágos növények kialakulása még ennél is korábban, a triászban, sőt esetleg már a permben megtörtént, és egy hosszabb lappangási idő után – melyben újabb formák alakultak ki – a krétában robbanásszerű sebességgel terjedtek el az egész Földön.

De hol volt ennek a hatalmas biológiai forradalomnak a kiindulópontja? Egyesek szerint a csendes-óceáni szigeteken, valahol a Fidzsi- és Tahiti-szigetek csodavilágában, ahol ma is él a zárvatermők egyik legősibb, legprimitívebb

virágszerkezetű és szöveti felépítésű fája, a félig nyitvatermő *Degeneria*, melynek termőlevelei csak később záródtak magházzá. Mégis nehéz elképzelni, hogy egy ilyen hatalmas vegetációfejlődési folyamat olyan földrészről induljon el, amely rövid időn belül elszakadt a többi kontinenstől, és a továbbiakban a növények elterjedésének, vándorlásának mindenfelől a tenger állta útját. A szigetek kiválóan megőriztek ilyen ősi típusokat, de kiindulópontnak aligha lehettek alkalmasak.

A zárvatermők legvalószínűbb hazájának az örmény *Tahtadzsjan* elgondolása nyomán Dél-Kína területét, a Himalája keleti lejtőit tekintjük. Ezt több érv is alátámasztja. Ezt a területet az elmúlt 100 millió év alatt alig érték jelentősebb klímaváltozások; ma már egyedül itt élnek a nyitvatermők igen ősi típusai (*Ginkgo, Metasequoia*), az ősi zárvatermők (liliomfák, fűszercserjék) pedig a legnagyobb fajgazdagságban. A forró, nedves trópusi és szubtrópusi éghajlati övezetből kiemelkedő hatalmas magashegység az élőhelyek olyan rendkívüli változatosságát nyújtotta a fajkeletkezés számára, amilyen a Földön másutt aligha található, s ez alkalmat és lehetőséget nyújthatott az örökzöld és lombhullató, melegigényes és hidegtűrő típusoknak egyaránt, hogy viszonylag kis területen kialakuljanak.

Ennek ellenére sokan úgy vélekednek, hogy az első virágos növények nem a Földnek egyetlen területén alakultak ki, hanem egymástól függetlenül több különböző ponton, mert csak így képzelhető el a Föld ilyen gyors ütemű benépesülése a virágos növényekkel. Mindenesetre bizonyosnak látszik, hogy több fejlődési központ feltételezése esetén is ezek egyike mindenképpen Délkelet-Ázsia területén volt.

Új őserdők születése

A zárvatermő növények megjelenése eleinte csak lassú változást hozott a növénytakaróban, a krétakor közepén azonban szinte egy csapásra átalakult a növénytakaró képe. Érthető, hogy ezek az egész sor új, kiváló biológiai tulajdonsággal rendelkező növények a verseny során hamarosan felülkerekedtek. Tökéletesebb vízszállító szöveteik révén életképesebbek voltak a száraz területeken, színes virágaik s az ezzel kapcsolatban kialakuló rovarmegporzás révén biztosabbá vált a megtermékenyítés, a zárt magház folytán az utódvédelem, s így a virágos növények nemzedékről nemzedékre egyre előnyösebb helyzetbe kerülve, átvették az uralmat a növénytakaróban.

Az északi félgömbön akkor ismét trópusi éghajlat uralkodott, az egyenlítő helyzete hasonló volt a karbonkoriéhoz, s a kedvező klimatikus viszonyok között az egyenlítő mentén az új trópusi vegetáció felhatolt a mai Északi-sarkig, meghódította az északi félgömböt, sőt átterjedt a déli féltekére is. A liliom- és tulipánfák, a babér- és fűszerfák után megjelentek a platánok, töl-

gyek, bükkök, nyárak, füge-, kávé- és kakaófélék, majd nem sokkal később a pálmák is.

Ez az új őserdő merőben más volt, mint a középkori, melyet kiterjedésben, fajgazdagságban és általában minden szempontból felülmúlt. De erősen különbözött a mai trópusi őserdőktől is. Ha végigtekintünk a Föld mai növénytakaróján, egyetlen olyan területet sem találunk, amelynek vegetációja megegyezne az akkorival, holott a ma élő növénycsaládok már akkor is kivétel nélkül megvoltak. Még leginkább Délkelet-Ázsia növényzete közelíti meg a krétakori vegetáció képét.

Mi tehát az alapvető különbség a krétakori és a mai trópusi növényzet között? Mindenekelőtt az, hogy a mai trópusi növénytakaró sok tízmillió év hosszú szelekciós tevékenységének eredményeként csupa specializálódott, alkalmazkodott fajból áll, míg a krétakori őserdőkben ez az alkalmazkodás még nem következett be. A régi fenyves erdők fái, a páfrányfenyők, a mamutfenyők és mocsárciprusok keveredtek az újonnan megjelent zárvatermő fákkal. Egymás mellett, egy erdőben éltek az örökzöld trópusi fák és pálmák az északi tájak fenyőivel és a mi lombhullató erdei fáinkkal. Ebből a rendkívül tarka és sokszínű dzsungelből alakult ki fokozatosan az erdők mai képe, mégpedig a földfelszín és az éghajlat változásának hatására.

Vándorló kontinensek, táguló óceánok

A krétaidőszak során nemcsak a növénytakaróban zajlanak le forradalmi változások; de gyökeresen megváltozik a Föld térképe is. A nagy, egységes szuperkontinens, a Pangea feldarabolódásának első lépése már a jura elején megindul, amikor a kelet–nyugati irányban kinyíló Tethys-tenger szétválasztja az északi és a déli félgömb két nagy szárazulatát, Laurázsiát és Gondwanát. Ezt követően a krétában tovább tagolódnak a szárazföldek, s a megnyíló óceáni medencék fantasztikus táncra késztetik a kontinenseket. Az Atlanti-óceán medencéjének megnyílásával megindul Laurázsia kettéválása Észak-Amerikára és Eurázsiára, délen pedig az Indiai-óceán medencéjének kialakulásával bekövetkezik az immár 400 millió éve egységes Gondwana széthullása. Ausztrália és Afrika elvált Indiától, s India, mint egy elszabadult hajó, sodródik északnak, Ázsia felé. Dél-Amerika szintén eltávolodik Afrikától, és lassú forgó mozgással közelít Észak-Amerikához, miközben felszíne, hegy- és vízrajza teljesen átalakul. Az elszakadás pillanatában még Dél-Amerikának a keleti partjai hegyesek, a nyugati partja sík és a folyók keletről nyugati irányban folynak. Az Atlanti-óceán kitáguló medencéje azonban nekiszorítja a dél-amerikai földrészt a merev csendes-óceáni lemezeknek, aminek következtében iszonyatos erővel gyűrődik fel az Andok 7 kilométer hosszú, hétezer méter magasságig tornyosuló lánchegység-rendszere. Ennek következtében a kontinens

teljes vízrendszere kénytelen hátraarcot csinálni és keleti vagy déli irányban keresni a tengerbe vezető utat, ahogyan ma ezt a földrész nagy folyói, az Orinoco, az Amazonas, a Paraguay, a La Plata vízrendszerei teszik. Közben az egyre táguló indiai-óceáni medencében északnak korcsolyázó kontinensdarabok – az Afrikáról keleten leszakadó India és Afro-Arábia – egymás után csapódnak az eurázsiai földrészhez. Az óriási erejű ütközések hatására több ezer kilométer hosszan gyűrődik fel a földkéreg, és létrejön az eurázsiai hegységek rendszere a Pireneusoktól az Alpokon, Kárpátokon, Kaukázuson át a Himalájáig. Új környezetek, új életterek milliói alakulnak ki a Földön.

A déli kontinensek korai elkülönülése folytán a növénytakaró itt rövid idő alatt teljesen önálló fejlődés útjára lép, aminek következtében Dél-Amerika, Dél-Afrika és Ausztrália növényvilága ma már annyira sajátos képet mutat, hogy önálló flórabirodalmaknak tekintjük őket. Az északi félgömb kontinensei azonban még sokáig összefüggnek egymással, s ennek eredményeként Észak-Amerika és Eurázsia növényzete a mai napig is sok közös vonást őrzött meg.

A növény- és állatföldrajz, továbbá az ősnövénytan és különösen az őslénytan nagyon sok olyan jelenséget tart számon, amelyek másként nem magyarázhatók meg, csak ha feltételezzük, hogy Földünkön a kontinensek és tengerek elhelyezkedése nem volt mindig a maihoz hasonló, és hogy az éghajlati viszonyok is többször változtak az évmilliók során. Ez nem egyszerű feltételezés, hiszen a geológiai kutatások számos hegységről mutatták ki, hogy anyaguk egykori tenger mélyén évmilliók alatt lerakódott üledék. Tudjuk, hogy Alföldünk helyén 30-40 millió éve még a *Tisia*nak nevezett, kristályos kőzetekből álló magashegység állt, amely a Kárpátok kiemelkedésekor süllyedt alá 2 m mélységbe, s helyét a Pannon-tenger foglalta el, majd ennek üledékei töltötték fel. A probléma nem az, hogy jogunk van-e feltételezni ilyen változásokat, mert tudjuk, hogy voltak ilyen változások. A kérdés az, mikor, hogyan, és főleg miért játszódtak le a Föld nagy geológiai forradalmai. Mi volt tehát az időről időre bekövetkező éghajlat- és felszínváltozás oka?

Korábban feltételezték, hogy a kontinensek helyzete mindig azonos volt a maival, de közöttük földhidak vagy más kontinensek voltak, melyeken át a növény- és állatvilág közlekedhetett, kicserélődhetett. Így vonult be az elsüllyedt földrészek, Atlantisz, Mu és Lemuria legendája a tudományba. Az oceanográfiai kutatások azonban megcáfolták ezeket a feltételezéseket. Kimutatták ugyanis, hogy a szilárd földkéreg az óceánok fenekén háromszor-négyszer vékonyabb, mint a kontinensek helyén, és hogy a tengerek mélyén nyoma sincs elsüllyedt földrészeknek.

A magyarázatot először *Alfred Wegener* osztrák geológus álmodta meg, amikor 1914-ben közzétette kontinensvándorlási elméletét. Ennek lényege az, hogy a kontinensek súlyától az alattuk fekvő szilícium–magnézium rétegek képlékennyé válnak, és ezen mintegy úsznak a szilárd szilícium–alumínium rögök. Ehhez az a megfigyelése szolgált alapul, hogy a kontinensek partvona-

lai sok helyütt egymásba illenek, sőt az ilyen partszakaszok geológiai felépítése is hasonló. *Wegenert* kora geológusai fantasztának bélyegezték, elméletét komolytalannak minősítették, őt magát kigúnyolták. Meghasonlottan és fiatalon halt meg. Nem érte meg, hogy az 1940-es években meginduló geológiai és geofizikai kutatások fényes bizonyítékokat szolgáltattak elméletének.

Pontos geofizikai mérésekkel megállapították, hogy számos földrész távolodik egymástól, mások viszont közelednek. Ebből keletkezett *Carey, Dirac, Jordan* és a magyar *Egyed László* által felvetett földtágulási elmélet, amely a Földet egy táguló léggömbhöz hasonlította, melyhez a feszítő energiát a Föld belsejében lezajló radioaktív folyamatok szabadítják fel. A Föld luftballonmodellje számos tetszetős vonása ellenére sem lett hosszú életű.

Az 1960-as évek elején megszületett *Hess* és *Dietz* óceánfenék-terjeszkedési elmélete, amely egyszerre világos logikai rendbe rakta az addig egymástól függetlennek vagy egymásnak ellentmondani látszó jelenségeket. Ez az elmélet azon a felismerésen alapul, hogy a földkéreg ősibb és vastagabb szárazföldi, valamint fiatal és vékonyabb tengeri kéreglemezekből áll. A kéreg alatti köpenyben feláramló magmatikus anyagok az óceánok közepén húzódó hátságok hosszanti hasadékvölgyeiben törnek elő folyamatos vulkáni működés közben. Ez állandóan növeli az óceáni lemezeket, amelyek nekifeszülnek a szárazföldek talapzatainak és eltolják őket egymástól. Ennek következtében a Földnek valójában gyors ütemben tágulnia kellene. Ha viszont így volna, akkor az elmúlt évmilliók során a Föld forgásának jelentősen le kellett volna lassulnia és a gravitációnak is erősen csökkennie, amit viszont a geofizikai, csillagászati és őslénytani kutatások nem igazoltak.

Kiderült, hogy a terjeszkedő óceáni lemezek számos helyen a kontinentális lemezekhez feszülve fokozatosan ezek alá tolódnak, és visszaolvadnak a köpenybe. Az óceáni lemezeknek ezt a bedarálását heves vulkáni tevékenység, hegységek felgyűrődése és mélytengeri árkok keletkezése kíséri. Ma Földünkön főleg a csendes-óceáni lemezek felemésztése zajlik látványos módon, amelyet az equadori, perui, chilei földrengéssorozatok, az alaszkai, keletszibériai és japán vulkánosság jelez. Kisebb méretű bedarálási folyamatokról árulkodik a Francia-Antillák vulkánjainak aktivitása, közelünkben pedig a földközi-tengeri lemez terjeszkedését jelzik Szicília és Olaszország vulkánjainak meg-megújuló kitörései és a Balkán-félsziget földrengései. Ha figyelembe vesszük, hogy napjainkban egy emberöltő alatt is annyi változás zajlott le a vulkánikus tevékenység következtében, hogy Dél-Chile, Alaszka és a Kamcsatkai-félsziget egyes részeinek domborzatát újra kellett térképezni, nem tűnik annyira elképzelhetetlennek, hogy a jura és a kréta 130 millió éve alatt teljesen átalakult Földünk felszínének arculata.

A klímaváltozások magyarázatához azonban egyedül a szárazföldek eme szédítő, gigantikus méretű mozgása sem elegendő. Már korábban is feltételezték, hogy a Föld mágneses pólusai is változtatták helyüket, azaz a kontinensek ván-

dorlásával egyidejűleg pólusvándorlások is lejátszódtak a különböző földtörténeti korokban. Napjainkra a korábbi sejtések bizonyossággá érlelődtek. Kiderült ugyanis, hogy a vulkáni működéskor kiömlő lávában levő mágneses részecskék a Földön éppen akkor uralkodó mágneses tér helyzete szerint rendeződnek, s az így kialakult mágneses erővonalak a láva kihűlésekor szintén megmerevednek. Az ily módon egymásra rakódó lávarétegek mindegyike egy-egy maradandó pillanatfelvétel a Föld mágneses pólusainak helyzetéről. A lávarétegekben elrejtett mágneses memória előhívásával tehát úgyszólván minden időpontra nézve meghatározható a pólusok helyzete. A vulkáni üledékek több kontinensen elvégzett párhuzamos vizsgálatából még azt is sikerült kimutatni, hogy ezek milyen irányban és milyen sebességgel sodródtak a különböző földtörténeti korokban.

A Földet tehát évmilliók során kétségtelenül olyan behatások érték, amelyek következtében forgástengelyének helyzete és ezzel együtt természetesen a mágneses pólusok, az Északi- és a Déli-sark, valamint az Egyenlítő helyzete is megváltozott. Ezzel magyarázható, hogy Észak-Európában az utóbbi félmilliárd esztendő alatt két ízben is hosszabb ideig a trópusi klíma uralkodhatott.

Kolosszusok alkonya és a hódító egér

A kréta időszakban nemcsak a Föld felszínének arculata és a növényvilág képe változik meg gyökeresen, hanem óriási szerepcserék zajlanak az állatvilág színpadán is. A mintegy 150 millió esztendeig uralkodó óriáshüllők, sárkánygyíkok világa a krétában gyors hanyatlásnak indul, s mire a Föld újkora az eocénnal beköszönt, hírmondó nélkül tűnik enyészetbe a tengeri sárkányok, a szárazföldi *Dinosaurus*ok és a repülő sárkányok ma már mesének tűnő birodalma.

Az őslénytan kutatói tulajdonképpen a mai napig tanácstalanul állnak e jelenség előtt. Több magyarázat van kihalásukra, de teljesen egyik sem bizonyítható. A sárkánygyíkok sokkal védtelenebb kortársainak hatalmas tömege maradt fenn, míg ők kivesztek. Pedig a krétában nem történt olyan jelentős klímaváltozás, mint amely a permben a kőszénkorszak élővilágát – elsősorban növényvilágát – elpusztította. A szárazulatok szétválásában sem láthatunk ilyen pusztító okot, hiszen az északi félgömb földrészein óriási területek maradtak mentesek mindenféle nagyobb arányú geológiai változástól. A „nagy halál" okát sokkal inkább biológiai tényezőkben kell keresnünk. Három ilyen valószínű ok jöhet számításba.

1. A túlságosan egyoldalúan specializált csoportok természetes elöregedése.*
2. A zárvatermők uralomra jutásával az élő környezet és a táplálkozási láncok átalakulása.

* Az egy irányban túlságosan alkalmazkodott szervezetek elvesztik a környezettel szembeni rugalmasságukat, s mivel tovább fejlődni nem tudnak, hosszabb idő után elöregednek és kipusztulnak.

3. A megjelenő és elszaporodó kistermetű rágcsáló emlősök nagy része hüllőtojással táplálkozhatott, és ellenük az óriáshüllők utódvédelme nem volt kielégítő.

Újabban a paleontológusok gyakran utalnak arra a tényre, hogy az emlősök korai és váratlan megjelenését a triászban nem követte olyan lenyűgöző törzsfejlődési siker, mint a zárvatermők kialakulását a krétában. A jura és a kréta ugyanis – az emlősök jelenléte ellenére – még a sárkánygyíkok virágkora, amely alatt az emlősök – 130 millió évről van szó! – valósággal lappangó életet éltek a *Dinosaurus*ok félelmetes árnyékában.

A hirtelen kipusztulás okai között egyre sűrűbben vetődik fel a kozmikus sugárzás katasztrófatényezőként. Már korábban említettük a pólusvándorlás jelenségét, mint geofizikai mérésekkel jól ellenőrizhető folyamatot. E mérések során egy igen különös jelenségre figyeltek fel: a pólusátfordulásra. Ez azt jelenti, hogy a pólusok helyzete nem változik meg, mágneses polaritásuk azonban, s vele a Föld mágneses terének iránya is felcserélődik. *J. D. Hays* nagyszámú kőzetminta vizsgálata közben rájött arra, hogy egyes állatcsoportok hirtelen – katasztrófaszerű – eltűnése és a pólusátfordulások gyakorisága között szoros összefüggés mutatkozik. Észrevette, hogy a tengeri és a szárazföldi állatok pusztulásai olyan földtörténeti időpontokra esnek, amikor a pólusátfordulások különösen gyakoriak voltak. Például a perm időszak vége felé, amikor a páfrányerdők és a kétéltűek korát a hüllők és nyitvatermők váltották fel. Hasonló nagy megrázkódtatás volt tapasztalható a kréta végén, amikor a sárkánygyíkok és egyéb hüllőcsoportok tűntek el hirtelen.

Ismert, hogy a pólusok által kialakított mágneses tér a sarkok irányába tereli a kozmikus sugarakat, s ezzel – mintha valami láthatatlan pajzs feszülne a légkör felső határára – védi a mérsékelt és a trópusi övezetek élővilágát. Az átfordulások ideje alatt azonban a mágneses tér gyengül, majd átmenetileg megszűnik, ennek következtében a mágneses védőpajzs erre az időre összeomlik, s a nagy energiájú sugárzás közvetlenül éri az élő szervezeteket és sejteket. Ez a hatás megzavarhatja a genetikai memória működését, illetve annak átprogramozását idézheti elő. Ily módon bizonyos élőlénycsoportok pusztulását vagy mutációval való megváltozását okozhatja.

Eme tetszetős elmélet számos részletét még erősen vitatják. Annyi azonban bizonyos, hogy az utolsó 2500 év alatt a Föld mágneses tere kb. 50%-kal gyengült. Ebből arra következtethetünk, hogy néhány száz év múlva újabb pólusátfordulásra számíthatunk. Szerencsés esetben nemcsak az átfordulás okát sikerülhet megfejtenünk, hanem azt is megfigyelhetjük, miként hat ez az esemény a földi környezetre és élővilágra.

A pólusátfordulások – vagy pontosabban: mágnesestér-átfordulások – elmélete mint a kipusztulások valószínű oka is cáfolható, hiszen az újkori mágneses térátfordulások hasonló hatásait nem észlelték.

Az 1980-as évek elején olyan felfedezések láttak napvilágot, amelyek ismét felvetették annak valószínűségét, hogy a krétakor végi „nagy halál"-nak mégis csak Földön kívüli oka lehetett. Kaliforniai tudósok a Föld számos pontján egy olyan rétegre bukkantak, amely a krétakor végén, 65 millió évvel ezelőtt keletkezett, és amely különösen gazdag aranyban és platinafémekben (irídium, ozmium, platina, ruténium, palládium). Ezeknek a fémeknek ilyen kombinációban való előfordulása pedig – a geológusok ismerete szerint – csakis Földön kívüli eredettel magyarázható.

Abban a néhány cm vékony agyagcsíkban, amely a földtörténeti középkort és újkort elválasztja egymástól, harmincszor több irídiumot találtak, mint a szomszédos rétegekben. Ez a réteg úgyszólván semmi ősleletet nem tartalmaz, míg az alatta fekvő kőzetben hemzsegnek a felső krétakori tenger állatainak maradványai, a felette levő rétegben viszont ez a fauna már igen szegényen képviselt, és főleg harmadkori szervezeteket találtak.

Ezekből a tényekből arra következtettek, hogy a kréta végén egy nagy tömegű, legalább 10 km átmérőjű aszteroidnak vagy üstökösnek kellett a Földdel „találkoznia", s ennek következtében, mintegy 500 milliárd tonnányi bolygón kívüli anyag került a Földre. Ezzel kapcsolatban amerikai fizikusok – különösen *O'Keefe* és *Ahrens,* valamint *Kenneth* és munkatársai – rendkívül széles körű vizsgálatokat és alapos számításokat végeztek. Arra az eredményre jutottak, hogy egy ilyen idegen égitestnek a légtérbe való behatolása és becsapódása a szokatlan fizikai és kémiai folyamatok olyan hatalmas sorozatát indítja meg, s az atmoszférának oly hosszan tartó szennyezését idézi elő, amely elegendő lehet a krétakori élővilág nagyfokú kipusztulásához.

Kiszámították egy katasztrófamodell úgyszólván minden lehetséges paraméterét. Például azt is, hogy egy ilyen tömegű bolygónak 18 000 km/óra sebességgel kellett a légkörbe csapódnia és ott apró részecskékre hullania. Ezek a részecskék mintegy 10 km magasan a légkörben eloszolva csak igen lassan ülepedtek le a Föld felszínére, s ezáltal évekig árnyékolták azt, alig engedve át a fotoszintézishez szükséges éltető napsugarakat. Az árnyékolás következtében igen sok állatfaj táplálék nélkül maradt és kipusztult, másrészt a napfény hiánya következtében a földfelszín és a tengerek hirtelen jelentősen lehűltek, ami szintén sok melegigényes – termofil – élőlény kihalását okozhatta.

Jogosan feltételezhető továbbá, hogy az égitest behatolásával nagy mennyiségű arzén- és ozmiumvegyületek – üstökös becsapódása esetén még cián-vegyületek is – kerültek a Földre, ami globális mérgezést váltott ki. Különösen az arzén- és az ozmiumvegyületek – klorid-komplexek alakjában oldódva és a tengerekbe jutva – idézhettek elő általános mérgezést. Bebizonyították, hogy a tengerben lebegő mikroszkopikus moszatok szinte teljesen kipusztultak. Ennek hatására a tengerek oxigéntermelése csökkent, és a feleslegessé vált szén-dioxid – mint üvegházhatású gáz – a levegőbe kerülve hirtelen meg-

növelte a légkör hőkapacitását. Vagyis viszonylag rövid időszak alatt hirtelen lehűlés, majd felmelegedés történt.

Kiszámították azt is, hogy a becsapódás nyomán keletkezett rezgéshullámok és az ütközés során felszabadult, illetve átalakult energia hirtelen felhevítette az atmoszférát, ami egymagában is pusztító hatású lehetett. Ugyanakkor a hirtelen keletkezett magas hőmérséklet számos kémiai folyamatot indíthatott meg az atmoszférában, például nitrogén-oxid-képződés révén az ózonpajzs elvékonyodását, amelynek pusztító következményeiről már korábban szó volt.

Persze ebben az elméletben is vannak hézagok. Az egyik, hogy nincs meg az a lyuk – az a kb. 100-150 km átmérőjű kráter –, amelynek egy ekkora égitest becsapódásakor keletkeznie kellett volna. Persze, ha az égitest az óceánba hullott, ott egy ilyen kráter megtalálása sokkal nehezebb, sőt talán hiába is keressük, mert az óceáni medencék fele azóta már újraképződött, s az egykori sebet friss heggel fedte be az óceáni lemezeket újratermelő vulkáni folyamat.

Bármi lehetett is azonban az ok, tény, hogy az állatvilág színpada a kréta végére hirtelen kiürült. *Kretzoi Miklós* írja igen találóan: *„Hiába várjuk a 30 m-t meghaladó méretű lomha növényevőket és 8-10 m-es ragadozó dinoszauruszokat. Nem bukkannak elő a mocsarak sűrűjéből, a fák árnyékából. Harminc tonnás testsúlyuk többé nem rengeti meg a földet, elszórt csontjaikon pedig a diadalmas jövő »egérkéi« rágcsálnak."*

A hasonlat az egérkékkel nem túlzott, csak nem szabatos. A földtörténet szárazföldjeinek óriásai szinte egy csapásra eltűntek a kréta végén, helyüket a középkor végének egér- és patkányméretű kis rovarevő hadából kibontakozó emlősállatok számtalan csoportja vette át.

A vándorlások kora

A harmadkor mintegy 60 millió esztendejét nyugodtan nevezhetjük a vándorlások korának, bár az igazi nagy költözködés ideje a negyedkor elejére, a jégkorszakra esik. Amikor az eocén elején beköszönt a harmadkor Európába, még árnyéka sem vetődik előre a későbbi nagy változásoknak. Melegégövi, szubtrópusi-trópusi éghajlat uralkodik ekkor Európa nagy részén. A mai London mellett a tengerparton mangrovenövényzetet ringatnak az óceán hullámai, melyből dagálykor csak a törpe mangrovepálma (*Nypa*) levélüstöke áll ki, ahogyan azt ma már csak Indiában és Indonézia partvidékein látjuk. A növénytakaró még az ősi kevertségét mutatja, s körülbelül az eocén végére fejeződik be a zárvatermő növényzet fejlődésének első nagy időszaka, a nagy típusok, a virágos növénycsaládok kialakulásának kora. Az oligocén elején megindul a pólusvándorlás. Az Egyenlítő dél felé húzódik, s Európában a trópusi éghajlat fokozatosan mérsékelten meleg klímává változik.

Ez a környezeti változás hozta létre a zárvatermő növények második fejlődési szakaszát. A növények kénytelenek voltak a megváltozott környezethez alkalmazkodni. Azt mondhatnánk, hogy ez az időszak volt a virágos növények „jellemfejlődési" kora, amikor az alkalmazkodás, az ökológiai igény és tűrőképesség kialakulásával a különböző növényi típusok meghatározott ökológiai karakterre tettek szert: kifejlődik a fajok jellemző magatartása a környezeti tényezőkkel szemben, és létrejönnek az ökológiai fajcsoportok, a melegkedvelő, hidegtűrő, nedvességigényes és szárazságtűrő stb. növények csoportjai. Ez a specializáció azonban most már törvényszerűen magával hozza annak szükségességét, hogy a növény megkeresse a számára legmegfelelőbb élőhelyeket, vagyis megindulnak a vándorlások. Az oligocénban ez a vándorlás még alig észlelhető. A mai Óbuda környékén például még trópusi jellegű, fajokban igen gazdag örökzöld erdők díszlenek, a folyó menti galériaerdőkben *Ficus*ok élnek, sőt Eger környékén a tengerparton (!) mangrovenövényzet és a mangrovepáfrány (*Acrostichum aureum*) bozótja borítja a fövenyt. A hegyeken egész éven át babérlombú erdők zöldellnek, amelyekben a szelídgesztenye őse, a *Castanopsis* uralkodik, míg a völgyekben a mamutfenyő és a *Libocedrus* koronái emelkednek magasan az erdő lombsátra fölé.

A miocénkor első részében még tart a szubtrópusi éghajlat, a második felében azonban már hűvösebb lesz a tél, a nyár pedig forró és száraz, vagyis a mai Földközi-tenger vidékén uralkodó mediterrán klíma alakul ki. A babérlombú erdők fái fokozatosan délre vándorolnak, helyüket szárazságtűrő, keménylombú örökzöld fák és cserjék veszik át. A tenger- és tópartokon a mocsárciprus (*Taxodium*) erdei uralkodnak – amely faj ma már csak Florida környékén él vadon –, a partoktól távolabb pedig örökzöld és lombhullató fákból álló elegyes erdők borítják a tájat. A hegyek alacsonyabb régióiban babérlombú erdők élnek dús páfrány- és mohaszinttel, felettük pedig fenyőerdők uralkodnak.

A miocénkor nagy földtörténeti eseménye a közép-európai magashegységek kialakulása volt. Az óriási felszíni változás, amelyet az Alpok és Kárpátok kiemelkedése jelentett, egész Európa képét átformálta, a Kárpát-medence pedig egyenesen akkor született meg. A mai Alföld és Dunántúl helyén emelkedő ókori kristályos magashegységek a mélybe süllyedtek, s köréjük – mint valami gigászi „kaptafára" – gyűrődött fel a Kárpátok hegyláncainak koszorúja. Ez a geológiai átalakulás természetesen nagy hatást gyakorolt a növényvilágra. A felgyűrődések során magasba jutott örökzöld növények egy része kipusztult, más részük vagy alkalmazkodva, vagy a környezet hatására átalakulva a magashegységek növénye lett, és részt vett az alpesi flóra kialakításában.

A pliocén elejére az éghajlat hűvösebb és csapadékosabb lett, s ennek következtében az örökzöld fák nagy része eltűnt a növénytakaróból, és a lombhullató fák jutottak uralomra. A melegigényes növényfajok újabb csoportja költözött a délebbi tájakra, és északról hidegtűrő növények érkeztek helyükre. A pliocén végére körülbelül a jelenlegihez hasonló, valamivel melegebb, a Bal-

kán-félsziget északi részén uralkodó mai éghajlat lehetett hazánkban. A növénytakaró is már nagyon hasonlított a maihoz, de fajokban még sokkal gazdagabb volt, úgy, amint azt ma Észak-Amerikában és Kelet-Ázsiában láthatjuk.

A harmadkor 65 millió esztendeje alatt tehát lassan kialakul a Föld növénytakarójának mai képe, a növényzet övi eloszlása a szélességi körök mentén és egymás fölött a hegyvidékeken. A lassú helycserék és vándorlások kora ezzel véget ér.

Európa elveszti ékességét

A nagy változások ideje azonban még csak most veszi kezdetét.

Mintegy 2 és fél millió évvel ezelőtt szinte minden átmenet nélkül, tragikus hirtelenséggel köszönt be a jégkorszak. Európa és Észak-Amerika nagy részét egymás után tizenegyszer borítja el a jég, és felszínét simára gyalulják a glecscserek. A növény- és állatvilág pusztul, miközben menekül dél felé. Különösen az óriások pusztulnak – ezek szervezete érzékenyebb –, a mamut és a mamutfenyő, a mérsékelt égövi bundás orrszarvú, a barlangi medve, az óriásszarvas és a fák, cserjék egész regimentje. Az eljegesedések közötti felmelegedések idején a növény- és állatvilág újra és újra visszatér ugyan a jég alól felszabaduló területekre, de a veszteségek egyre nagyobbak; a visszatérő fajok száma egyre kisebb. Európát, a szép leányt Zeusz ragadta el bika képében a görög mitológia szerint, Európa virágpompáját, élővilágának gazdagságát a negyedkor jeges korszakai rabolták el.

A tudósok máig is vitatkoznak a jégkorszakok okain, elméletek, elképzelések hosszú sora igyekszik magyarázatot találni e különös jelenség okára. A szerb *Milankovics* és a magyar *Bacsák János* kiszámították, hogy a Nap sugárzásának erősségében bizonyos periodikus változások vannak. De nem ez az egyetlen ok, hiszen ilyen periódusok máskor is előfordultak, és nem okoztak nagyobb eljegesedéseket. Másik valószínű okként itt van a pólusvándorlás. Geográfusok kiszámították, hogy az Északi-sark valahol Grönlandtól délkeletre, az Atlanti-óceán északi részén kellett hogy legyen, vagyis mai helyzetétől sokkal délebbre. Ez magyarázatot ad a jégárak délre húzódására, de nem magyarázza meg a sarki jégsapka rendkívüli nagy kiterjedését, amely elérte a kanadai nagy tavak vidékét és a Kárpátok északi lábát.

Mai ismereteink szerint az eljegesedések magyarázatát is a pólusvándorlás és a lemeztektonika harmadkor végi eseményeiben kell keresnünk. Az egyik ilyen esemény az, hogy az északi pólus a Csendes-óceán északi medencéjéből északra vándorolva az Arktiszra került. Az eljegesedésnek fontos oceanográfiai feltétele, hogy a pólus szárazföldön – vagy ahhoz igen közel – legyen, hiszen hó csak ezen halmozódhat fel, s ezen alakulhat ki a jégtakaró. Amíg a Föld középkorában mindkét pólus a Csendes-óceánban helyezkedett el, a sza-

badon mozgó tengeráramlatokkal együtt mozgó meleg víztömegek kiegyenlítő hatása miatt a sarki víztömegek sosem hűlhettek le annyira, hogy egy belföldi nagy jégtakaró kialakulhatott volna.

A jégkorszakok beköszöntét két lemeztektonikai esemény is előkészítette. A harmadkor elején kialakult Panama-földhíd révén összekapcsolódott a két amerikai kontinens, s a nyugat felé bezáródott Mexikói-öbölből a Golf-áram észak felé kényszerült, aminek következtében az északi sarkvidék éghajlata nedvesebbé vált, és a harmadkor folyamán Észak-Kanada, Grönland és Észak-Eurázsia területein egyre növekvő mennyiségű hó és jég halmozódott fel, kialakítva az első jégsapkákat. Közben az északi félgömb kontinenseinek fokozatos északra sodródása következtében az arktikus óceán szinte teljesen elszigetelődött a nagy óceánoktól, és – beltengerré válva – a nedves sarki klíma hatására befagyott. Ennek következtében a sarki jégsapka drámai gyorsasággal megnövekedett, hiszen az arktiszi jégtakaró a befagyott Jeges-tengeren keresztül közvetlenül összekapcsolódott a kontinentális jégsapkákkal. Ez a jégtömeg már elég nagy volt ahhoz, hogy pozitív visszacsatolással tovább hűtse maga körül az éghajlatot, és láncreakciószerűen tovább terjeszkedjék dél felé. A jégtakaróval borított óriási felületekről visszaverődött napsugárzás miatt ugyanis állandóan növekedett a Föld hővesztesége, s így egyre nagyobb terület jegesedett el.

A jégárak hatalmas kiterjedése következtében óriási mennyiségű víz vonódott ki a természeti körforgásból. Az óceánok szintje 100-150 m-rel is csökkent, a tengerparti padkák jelentős része szárazra került. Valószínűleg ez a folyamat idézett elő alapvető változást a Föld hőháztartásában és fordította vissza az eljegesedés menetét.

Mivel a tengerszint csökkenésével kevesebb víz került a légkörbe, a klíma szárazabbá vált, és a jégárak utánpótlása megszűnt. Ugyanakkor a megnövekedett kontinensek felülete a száraz klímában egyre nagyobb mértékben felmelegedett, a hó lassan olvadni kezdett és a jégtakaró is egyre zsugorodott. Minél kisebb lett a fényvisszaverő és hűtő hatású jégtakaró a szárazföldön, annál jobban felmelegedett a levegő, ami fokozta a jég olvadását. Közben az olvadékvizek újra emelni kezdték az óceánok szintjét, a meleg tengeráramok egyre közelebb jutottak a sarki tengerekhez, fokozták a vizek felmelegedését, végül a sarki jég is elolvadt. Ekkor azonban az éghajlat újra nedvesebbé válásával ismét felerősödött a sarki tájakon a párolgás, a hóképződés és hófelhalmozódás, s az egész folyamat kezdődött elölről.

Így látják ma a klimatológusok, geográfusok, csillagászok és oceanográfusok azt a különleges hintázó folyamatot, amelynek következtében tizenegy alkalommal árasztották el a jégárak az északi félgömb kontinenseit az elmúlt egy-kétmillió év alatt.

*

A jégkorszakok hatása jóformán mindenütt észlelhető volt a Földön. Még a trópusi magashegységekben is 200-300 m-rel lejjebb szorult az erdőhatár az eljegesedés idején. Mégis voltak az északi félgömbön olyan területek – pl. Kelet-Ázsia –, amelynek növény- és állatvilága alig érzett valamit a lehűlésekből, s így az ottani harmadkori vegetáció szinte teljes érintetlenségében megmaradt. Észak-Amerikában már nagy eljegesedések voltak, s a növény- és állatvilág kénytelen volt délre vándorolni a nagy észak–déli irányú lánchegységek mentén, vagy meghúzódni a mély völgyek védelmében.

A legnagyobb veszteségeket az európai növényzet szenvedte, amelynek délre vándorlását két-háromezer méter magas barikádként akadályozták a kelet–nyugati irányú lánchegységek. Hannibál harci elefántjainak jó része belepusztult az Alpokon való átkelés viszontagságaiba. Közép-Európa harmadkori melegkedvelő és örökzöld növényzete is ott pusztult – a hússzori átkelés valamelyikénél – a magashegységek hágóin és magaslatain. Azok, amelyek szerencsésen átjutottak, még egyszer-kétszer visszatértek, de végül elfáradva és megfogyatkozva meghúzódtak az Ibériai-, Appennini- és Balkánfélsziget menedéket jelentő területein.

Az európai flóra és fauna egyaránt rettenetesen megtizedelődött. A fafajoknak talán ha egynegyede maradt meg; a lágyszárú növények pusztulását fel sem tudjuk mérni. Az állatvilágból főleg a nagyobb termetű emlősök pusztultak ki. A sarki tundranövényzet levándorolt az Alpokba és a Kárpátokba, ahol az eredeti növényzet csak egy-egy, a jégárakból kiálló sziklaszirten – skandináv szóval „nunatak"-on – maradt fenn. A Kárpátok övezte alföldi táj fátlan tundra és hideg pusztaság volt, amilyet ma Belső-Mongóliában vagy a Tibeti-fennsíkon találunk. Csak a folyók partját kísérték az erdeifenyő és vörösfenyő ligetes csoportjai és a törpefenyő bozótja. A középhegységekben alhavasi-havasi növényzet uralkodott, amilyet ma 1700-2000 m magasságban találhatunk a Kárpátokban. Ez volt tehát a növénytakaró képe még alig 12-15 000 évvel ezelőtt, amikor az utolsó felmelegedés megindult, s a jégkorszak tizenegyszer ismétlődő fagyos lidércnyomása végre utoljára engedett fel Európa fölött.

Pontosabban csak szeretnénk remélni, hogy utoljára. Ha azonban az eljegesedési folyamat imént vázolt modelljét gondosabban tanulmányozzuk, rá kell jönnünk, hogy azok a csillagászati, geológiai, geográfiai és oceanográfiai feltételek, amelyek az elmúlt 11 jeges korszakot létrehozták, ma is fennállnak. Ezért igen valószínű, hogy a pleisztocén jégkorszak egyik felmelegedő szakaszában élünk, s nem véletlenül nevezik egyre gyakrabban a szakemberek korunkat – a korábban használatos holocén helyett – *flandriai interglaciális*nak.

Kialakul a növényvilág tegnapi képe

Földtörténeti méretekben nézve szinte csak tegnap történt, hogy az utolsó nagy „hideghullám" is elvonult fölöttünk. Az ember mindenesetre már átélte, elszenvedte a jégkorszakok viszontagságait, s az utolsó felmelegedés már a csiszolt kőkultúrák „művelt" emberét találta itt.

A fölmelegedés megindulásával a jégárak olvadásnak indultak majd lassan visszahúzódtak, s a helyükön szabaddá váló hatalmas felszíneken rohamosan tört előre a hódító növényvilág. A sarki tájakról ideszármazott tundranövényzet is visszaindult északi hazájába, s a nemrég még fátlan síkságokat – az Alföldet is – megszállták a pionírok: a fehértörzsű nyír és a rozsdavörös törzsű erdeifenyő. Ezt a mintegy kétezer esztendeig tartó időszakot – a fenyők és nyírek korát – további felmelegedés követte, amely a fenyőt továbbszorította észak felé és fel a hegyvidékek magasabb régióiba, s a meleggel együtt bekövetkező szárazság hatására pusztai tölgyes erdők, mogyorócserjések szaporodtak el. Az Alföldön nagy kiterjedésű fátlan árvalányhajas sztyepprétek pompáztak. E mogyorókornak nevezett időszakot, amely szintén kb. 2000 évet ölelt fel, egy meleg, csapadékos éghajlatú kor váltotta fel. Az esőterhes déli és nyugati szelek támogatásával rohamra indultak a fák a pusztaságok meghódítására. Előbb a tölgyesek terjeszkedtek ki nagymértékben, s ereszkedtek le a síkságokra, majd a – mintegy 4500 évvel ezelőtt – korábban beállott hűvösödés hatására a bükk és a gyertyán is előrenyomult, s a hegyvidékek középső régióiban a tölgyesek és fenyvesek közé ékelődve megszállták a hegyhátakat, zöld palástot borítva a középhegységek szemnyugtató lankáira.

Ezzel ki is alakult a növényvilágnak az a képe, a növénytakarónak az az övi elrendeződése, amely a mai éghajlati viszonyoknak megfelel. Hogy ez a kép mégis más, mint amit magunk körül látunk, abban már az ember a ludas. Az emberi kultúrák több ezer éves egymásutánja, s főleg az utolsó 400 év rohamos civilizálódása során az ember egyre fokozottabb mértékben nyúlt a természet anyag- és erőtartalékaihoz, igen gyakran csak a pillanatnyi célt, és nem a távolabbi jövőt tartva szem előtt. A változás olyan rohamos, hogy ma már mindenütt szükséges a természet intézményes védelme, hogy majdan az utánunk jövő generáció is láthasson valamit a növényvilág mai képéből. Ne vesztegessük hát mi sem az időt, s az eddig letűnt korokban tett kalandozásunkat tegyük át a jelenbe. Ki tudja, mennyi minden pusztult el a természetben ez alatt a rövid idő alatt is.

Hátráló növényvilág

Aggodalmunk cseppet sem alaptalan. A rohamosan szaporodó emberi népesség növekvő nyereségvágya és területigénye iszonyatos nyomással nehezedik

a természetes növénytakaróra, és nem kis mértékben azokra az egyénekre és társadalmi vagy állami szervezetekre is, amelyek a természet védelmével intézményesen foglalkoznak.

Ha számba kívánjuk venni azokat a leggyakoribb emberi beavatkozásokat, amelyek a természetes élővilág élőhelyeit elpusztítják, illetve átalakítva felhasználják, a következőket találjuk:

Az első helyre kívánkozik a közvetlen területfelhasználás. Civilizálódó, iparosodó, városiasodó világunk egyre nagyobb területeket igényel és foglal el, épít be, utak és repülőterek, ipartelepek és lakónegyedek, erőművek és víztárolók, üdülőterületek, parkok, sétányok stb. létesítésére. Ezekre a célokra – a termelési érdekek szem előtt tartásával – elsősorban nem mezőgazdaságilag művelt területeket, hanem kisebb termőképességű, természetes vagy a természeteshez közelálló gyepek, legelők vagy erdők termőhelyeit igyekeznek igénybe venni. Még ennek ellenére is jelentős a mezőgazdasági területek ilyen irányú felhasználása, ami évi egy százaléka Magyarország termőterületeinek.

A természetes növénytakaró alól részben a művelési ág megváltoztatása húzza ki a talajt. Az erdők a tarvágás után hegységeinkben sokfelé nem újultak fel. A hegyoldalak kopárrá váltak. E területek egy részét táj- és termőhelyidegen fafajokkal telepítették be, amelyek alatt a természetes erdei fajok nagy része már nem találta meg létfeltételeit.

A mezőgazdasági termőterület növelésére vagy a kiesett területek pótlására réteket, legelőket szántottak fel. Magyarországon 1956 és 1971 között az ország rétterületének 20 százaléka, a legelőterületnek pedig 6 százaléka, összesen közel 300 ezer holdnyi természetes vagy féltermészetes növénytakaró tűnt el más irányú felhasználás következtében.

Olykor a földéhség, a meggondolatlan kapzsiság válik a természet ellenségévé.

Az Országos Természetvédelmi Hivatal egyik megbízottja a védetté nyilvánítás szándékával megkérte az ország egyik legszebb orchideás láprétjének telekkönyvi adatait. A földhivatal alkalmazottja azonnal értesítette a tulajdonos termelőszövetkezetet, amely (tudunk mi gyorsan is dolgozni, ha nem kell) még aznap éjjel felszántotta a területet. Vetemény sosem került bele, hiszen a vizenyős rét másra, mint kaszálónak teljességgel alkalmatlan volt. Elpusztult viszont 8 védendő növényfaj több mint ezer példánya, összesen több mint 5 millió Ft eszmei értékben – 1972-es árfolyamon. A felszántott tőzegtalaj 2 év alatt elszikesedett; ma terméketlen, kopár. De hosszú évtizedekig a termelőszövetkezet tulajdona maradt, és a tagság adót fizetett utána. Lehetne kérdezni, hogy mindez kinek volt az érdeke, de felesleges, mert nyilvánvaló, hogy senkinek.

Hosszú és dicstelen harcot vív hátráló növényvilágunk a bányászatunkkal. Azt megérhettük, hogy az egész ország közvéleményének nyomására és évi 5 millió külföldi turista sajnálkozó vagy éppen kritikai megjegyzéseinek hatására

bezártuk a badacsonyi bazaltbányákat. Maradt még elég szomorkodnivalónk. Számomra, mint természettudós számára – s tapasztalatom szerint az átlagpolgár számára is – érthetetlen, hogy egy olyan országban, amelyben a leggyakoribb kőzet a mészkő, miért éppen a tájképileg legszebb pontokon elhelyezkedő, legszebb geomorfológiai alakulatú, a legértékesebb növény- és állatvilággal rendelkező mészkőhegyeket, szirteket, sasbérceket kell elbányászni, amilyen a Bélkő, az Esztramos, a váci Naszály vagy a villányi Szársomlyó.

Folytathatnám azzal, hogy a bauxitbányászat következtében elszállt a karsztvíz a Tapolcai-medencében. És hiába védi törvény havasi reliktumainkat: a havasi hízókát, a lisztes kankalint és más ritka növényeinket, ezeket már semmiféle emberi hatalom meg nem menti a pusztulástól, mert a lápokat tápláló források eltűntek a föld gyomrában.

Úgy tűnik, mindebből csak a szakemberek tanulnak, a politikusokat és döntéshozókat nem képesek megérinteni ezek az információk. Ma például azért kell aggódnunk, hogy a budapesti 4-es metró vonalának építése ne tegye tönkre világhírű budai gyógyforrásainkat. Mégis jó lenne figyelembe venni, hogy metró a világ több ezer nagyobb városában működik, de milliós nagyságrendű fürdőváros talán húsz sincs az egész földkerekségen. És ennek tudatában mérlegelni, hogy mi a fontosabb és értékesebb.

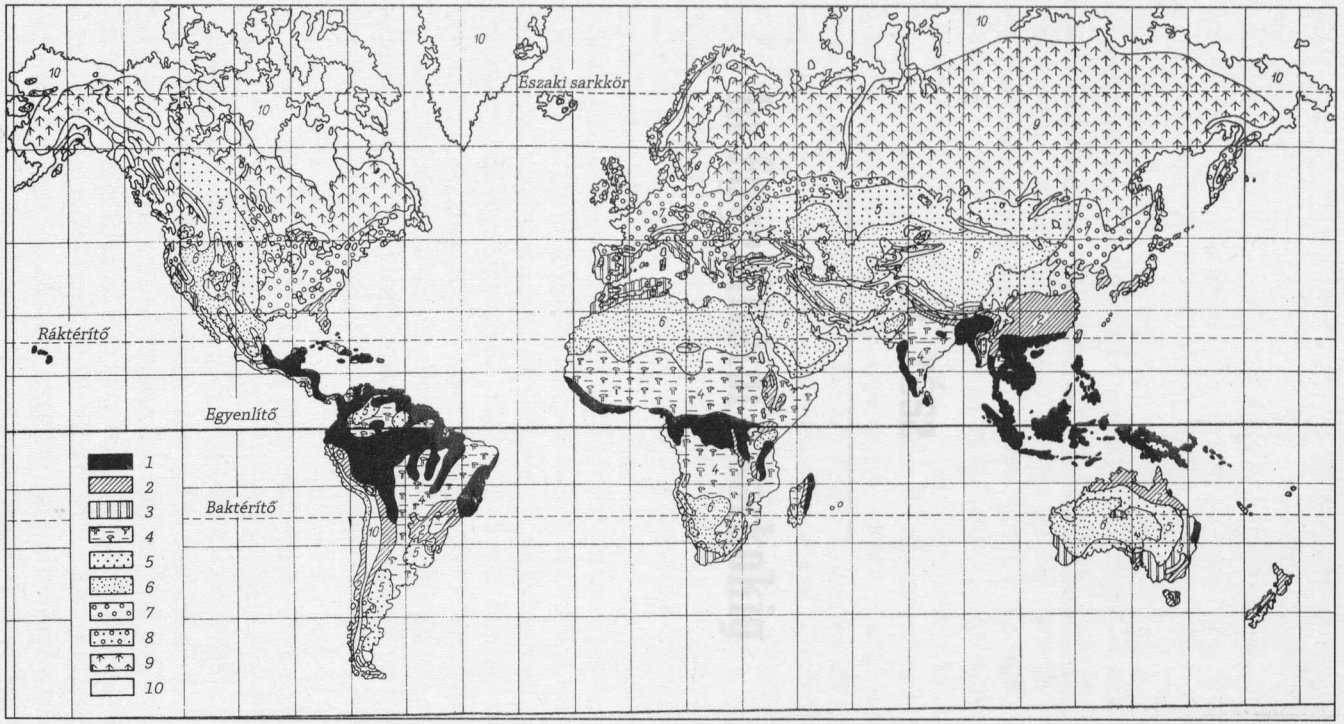
Folytathatnám azzal, hogy a levegőszennyezés, a talajok szennyezése, a műtrágyázás túlméretezése miatt bekövetkező eutrofizáció – azaz tápanyagtúlkínálat –, a növényvédő szerek, a gyomirtók mind-mind ellenségei a természetes növényvilágnak.

Folytathatnám azzal, hogy ez nemcsak nálunk gond, más országokban sem dicsekedhetnek azzal, hogy jobb a helyzet. Elmondhatjuk többek közt, hogy a svájci Aargau kanton 1300 növényfajából 200 halt ki, hogy Angliában 1500 növényfajból ugyancsak 200 faj tűnt el az elmúlt 300 év alatt, és további 7 százalékot fenyeget kihalás, hogy Kubában több mint 1000 faj veszélyeztetett, hogy a trópusi esőerdőket évente nagyobb területen irtják ki, mint egész Magyarország, és hogy ennek következtében a jövő évtized végére körülbelül 1 millió növény- és állatfaj végleges kipusztulását regisztrálhatjuk; hogy egyes trópusi országokban a sivatagosodás évi üteme meghaladja a területük 6 százalékát, hogy Brazíliában 3 km-t autóztam olyan területeken, ahol a 10 évvel ezelőtt kiadott térkép még esőerdőket jelzett, s a valóságban marhalegelők voltak

Nem folytatom. Gyorsan keljünk útra. Járjuk be a világot, csodáljuk meg a Föld élővilágának még meglevő pazar gazdagságát. Fényképezzük le gépünkkel és lelki szemeinkkel mindazt, amit még láthatunk belőle, hogy majd egykor unokáinknak esténként elmesélhessük: „Egyszer volt, hol nem volt, volt egyszer egy Földgolyó, és ilyen meg ilyen csodálatos virágok éltek rajta..."

2. ábra

A Föld növénytakarójának térképe



Jelmagyarázat: 1. trópusi esőerdők, 2. babérlombú erdők, 3. keménylombú erdők, 4. monszunerdők és szavannák, 5. sivatagok, 6. sztyeppek, prérik, füves-puszták, 7. lombhullató mérsékelt övi erdők, 8. erdős-puszták, 9. fenyves erdők, 10. fátlan sarki tundrák és havasi gyepek, valamint örök hó és jég által borított táj.



II. rész

Az Egyenlítőtől a sarkokig

Űrhajó a szobában

Ha leülünk egy földgömb elé, s megfelelő olvasottság és képzelőerő birtokában forgatni kezdjük, nagyszerű utazásokat tehetünk; útlevél, vízum, költőpénz sem kell hozzá. Igaz, az effajta utazás nem pótolja a személyes élmények elevenségét, de nincsenek felesleges gondjaink sem. Nem kötnek le például olyan prózai problémák, hogy drága a szálloda, hogy időközben csődöt jelent az utazási irodánk, és hogy hol parkoljunk, hogy fel ne törjék vagy el ne lopják a kocsinkat. Bátran átadhatjuk magunkat a szemlélődés örömének. Nem köt sem menetrend, sem csatlakozás, ott állítjuk meg a glóbuszt, ahol jólesik, sőt – fittyet hányva a világegyetem törvényeinek – akár visszafelé is forgathatjuk. Ahhoz, hogy a Föld növénytakarójának elhelyezkedéséről gyors áttekintést kapjunk, mindenesetre egy ilyen utazás a legalkalmasabb. Csupán egy olyan földgömböt kell vizsgálódásunk tárgyául választanunk, amelyen a tengereken, kontinenseken, hegyeken, folyókon és városokon kívül a fontosabb növényzeti övek is láthatók, vagyis egy növényföldrajzi glóbuszt, amelyet könyvünkben kiválóan helyettesíthet egy térkép.

Forgassuk meg finoman a földgolyót, s gondoljuk, hogy egy űrhajó ablakából tekintünk alá az alattunk lassan tovaforduló Földre. Ez több szempontból is kényelmes megoldás, hiszen nem szükséges különleges fizikai adottság, sokéves fáradságos előképzés; nem kell attól félnünk, hogy valami üzemzavar keletkezik; nem kell folytonosan a műszertábla ezernyi villogó lámpáját, ugrándozó mutatóját kémlelnünk; – figyelmünket teljes egészében az alattunk méltóságteljesen forgó bolygó tanulmányozásának szentelhetjük. Kívánatra a súlytalanság érzetének egy kellemes változata is előidézhető (egy-két pohárka segítségével).

Nézzünk tehát lefelé, és húzzuk össze magunkon légkondicionált házikóntösünket, mert éppen az Antarktisz nagy, jéggel borított tömbje felett húz el űrhajónk, majd a Csendes-óceán fölé érünk, de a távolban már újabb kontinens keskeny partvonala bontakozik ki a látóhatár halványkékjéből: Dél-Amerika legdélibb csúcsa fölött haladunk. Alattunk a Tűzföld, halványzöld csíkkal a fátlan tundrák, majd sárgászöld színben a hatalmas kiterjedésű füves pusztaságok tűnnek fel, bal felől pedig az Andok zöld, lombos erdőkkel borított lánca, amely észak felé egyre magasodva, a szikrázó, hófödte csúcsok sokaságával, mint valami hatalmas gerincoszlop húzódik végig a kontinens nyugati szegélyén.

A 40. szélességi fok körül az élénkebb világoszöld szavannák jelennek meg alattunk, amelyek egyre szélesednek, s a 20. szélességi fok táján fokozatosan a

száraz évszakban lombtalan trópusi erdőkbe mennek át. Az Andok keleti lejtőin most már a haragoszöld lombú babérerdők övét látjuk, majd az Egyenlítő sűrű felhőkkel borított vidéke halad el alattunk, a trópusi esőerdők öve, melyet szinte teljesen eltakar a felhőzet. Néhány perc, és ismét a tenger mély azúrkékje csillog alattunk, a Mexikói-öböl felett repülünk; a sok elszórt kisebb-nagyobb sziget az Antillák szigetvilága, az a nagy, megnyúlt, krokodilra emlékeztető pedig Kuba szigete.

Most jobbra elhagyjuk Florida sötét színű keménylombú erdeit és a tengerpartot kísérő szubtrópusi fenyveseit, majd harántirányban átszelve a Mexikói-öblöt, a Mississippi torkolatánál elérjük az észak-amerikai szárazföldet. Jobbra mindenfelé lombhullató erdőket látunk, előttünk észak felé elnyúlva a legendás prérik, az észak-amerikai füves puszták világoszöld foltja, balra messze alattunk vakító szürkésfehér foltok villognak felénk a napsütésben: a sivatagok. Belőlük éles kontrasztként emelkedik ki a Sziklás-hegység fenyvesekkel borított kékeszöld színű tömbje, amely messze északon, a préríken túl mindenfelé beleolvad az óriási kiterjedésű kanadai fenyőrengetegbe. Az északi sarkkör, a 66–70. szélességi fok táján szétszakadoznak az erdők, s a tundrák viszonylag széles sávja tűnik elő, majd az Északi-sarkvidék hó- és jégfödte birodalma.

Az Északi-sarktól a Déli-sarkig

Átrepülve a sarkvidék felett, most már északról dél felé haladva az északi Jeges-tengert látjuk magunk alatt, parányinak tűnő apró jéghegyekkel és szigetekkel, majd a 80. szélességi fok táját feltűnik Skandinávia gleccserektől csipkézett partvonala, a fjordok vidéke. Míg nyugatra Izland szigete teljesen fátlan, a meleg Golf-áramtól körülmosott norvég partokon lombos erdők és beljebb fenyőerdők uralkodnak, melyek kelet felé Skandinávia és Oroszország északi részén végeláthatatlan erdőséggé; a tajgává szélesednek. Közép-Európában mindenfelé a lombhullató erdők uralkodnak, kelet felé, az erdős puszták és sztyeppek övében az érett gabonavetések aranysárga színe kiterjedt mezőgazdasági területekről tanúskodik. Magunk alatt hagyjuk a kelet–nyugati irányban húzódó eurázsiai hegységrendszert, s már a keménylombú örökzöld erdők és olajfaligetek ezüstös szürkészöldjét látjuk: a napfényes mediterránt és a Földközi-tenger mélykékjét. A túlsó parton pedig, amerre a szem ellát – s ilyen magasból messzire lát – hatalmas szürkéssárga „óceán", tengernyi homok: a Szahara. Tikkasztó látvány. Az oázisok csak apró pontoknak látszanak ilyen magasból. Aztán minden növényzetre utaló nyom eltűnik. A táj mégsem egyhangú. Hirtelen hatalmas csupasz vörös sziklák bukkannak elő, magasan kiemelkedve a hullámos dűnetájból, felszínüket mély szakadékok szabdalják fel, egykor élő vízfolyások, patakok, folyók medrei. Nemsokára sár-

ga és okkerbarna sziklák csoportjai tűnnek elő, majd fekete sziklacsoportok következnek. Olyanok, mintha óriási fekete koporsókat dobott volna a felszínre valami gigászi erejű földmozgás. A térkép tanúsága szerint 2000 métert meghaladó csúcsok fölött repülünk. Szinte fellélegzünk, amikor a szudáni szavannák előbb csak elszórt fái, majd egyre sűrűsödő facsoportjai és halványzöld foltjai feltűnnek a láthatáron. Ezek a magasfüves trópusi rétek éppoly nagy kiterjedésűek, mint korábban a sivatagi terület volt, csupán keleten emelkedik ki belőle az Etióp-magasföld babérlombú erdőkkel borított fennsíkja. Már az Egyenlítő táján járunk, az erdő egyre sűrűsödik, majd felhők takarják el előlünk a tájat. Nem látjuk, de pontosan tudjuk, hogy a Kongó-medence esőerdői fölött haladunk. Kelet felé tekintve a felhőkből néhány hegy hókoronás csúcsa csillan meg a napfényben: a szigetszerűen kiemelkedő kelet-afrikai vulkánóriások: a Kilimandzsáró, a Kenya és a Ruvenzori. Dél felé továbbhaladva újra hatalmas szavannák fölé érünk, majd feltűnnek a híres dél-afrikai kő- és kavicssivatagok: a Kalahári, a Karroo és a Namib, végül egy keskeny sötétzöld csík, a fokföldi babér- és keménylombú erdők, Afrika legkellemesebb éghajlatú területe. Mögötte az óceán végtelen kékje.

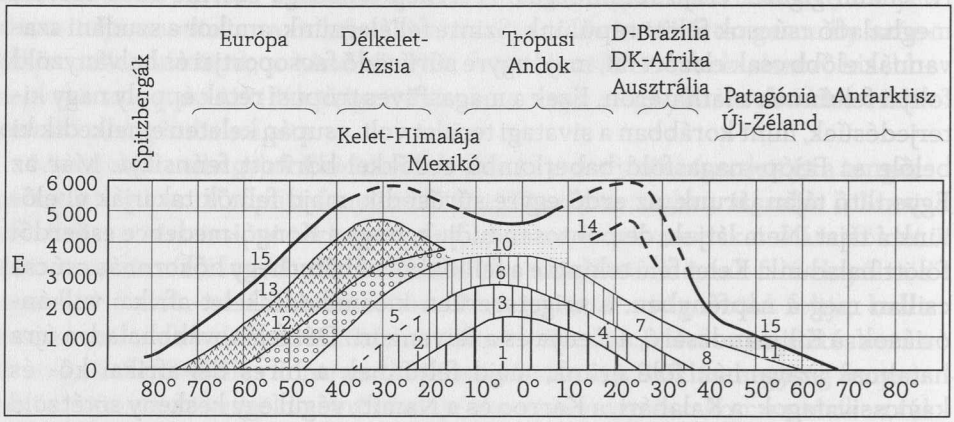
Ismét északra...

Már másodszor húzunk el az Antarktisz jégbefagyott tömbje fölött. Ismét északnak fordulunk, s az űrhajó fedélzetéről üdvözöljük a hideg kontinens kutatóállomásain dolgozó tudósokat; Ausztrália felé vesszük utunkat. Jobbról Új-Zéland mérsékelt övi esőerdőkkel borított két nagy szigetét hagyjuk el, majd Óceánia ezernyi apró pontból álló szigetvilágát, miközben már az ausztráliai kontinens keménylombú örökzöld erdei felett repülünk. A kontinens belseje hatalmas szürkéssárga folt: a sivatagi öv itt a legszélesebb a déli félgömbön; keletről és északról füves sztyeppek övezik, majd az északi parton keskeny sávban feltűnik a babérlombú erdők szegélye.

Az Indiai-óceán itt keskeny szorossá szűkül, s északon feltűnik a hatalmas és apró szigetek halmaza, az indonéziai szigetvilág: Jáva, Szumátra és Borneó. Itt szerencsénkre nem felhős az égbolt, így végre láthatjuk a trópusi esőerdők sötétzöld lombsátrát, amely északnyugat felé folytatódva Hátsó-Indián át egészen Kínáig húzódik. Dél-Kína területén már a babérlombú erdők uralkodnak, melyek magasan felhúzódnak a Himalája keleti lábain. Ez a vegetációs öv itt a legnagyobb kiterjedésű az egész Földön, s átnyúlik még Japán déli szigeteire is. Innen északra már a lombhullató erdők öve következik, míg nyugatra Tibet fennsíkjának fátlan havasi gyepjei, majd Mongólia sivatagjai. Aztán feltűnnek a szibériai tajga végeláthatatlan fenyvesei és a hatalmas, fátlan tundrák. Újra átrepülünk az Északi-sark felett, s mikor Skandinávia fölé érünk, bekapcsoljuk a fékezőrakétákat. Űrhajónk röpte érezhetően lassul, amint elhagyva Finn-

3. ábra

A különböző földrajzi szélességek vegetációzónái



A vegetációzónák a hegyvidékeken egymás fölött helyezkednek el, az Egyenlítő felé haladva egyre magasabbra tolódnak. A szelvény a vegetációzónák ilyen elhelyezkedésének keresztmetszetét adja a földrajzi szélesség és a tengerszint feletti magasság feltüntetésével. A baloldal az északi, a jobb oldal a déli pólusnak felel meg. A nedves klímában kialakult vegetációtípusokat tünteti csak fel.

Jelmagyarázat: 1. trópusi esőerdő, 2. szubtrópusi babérerdő, 3. trópusi hegyi esőerdő, 4. szubtrópusi esőerdő, 5. lomberdő és babérerdő, 6. köderdő (ceja), 7. Podocarpus, Araucaria, 8. mérsékelt övi esőerdő, 9. mérsékelt övi lomberdő és hegyvidéki fenyves, 10. parámo, 11. tundra, 12. mérsékelt övi tűlevelű erdő, 13. tundra, fjeld, havasi vegetáció, 14. puna vegetáció, 15. hóhatár.

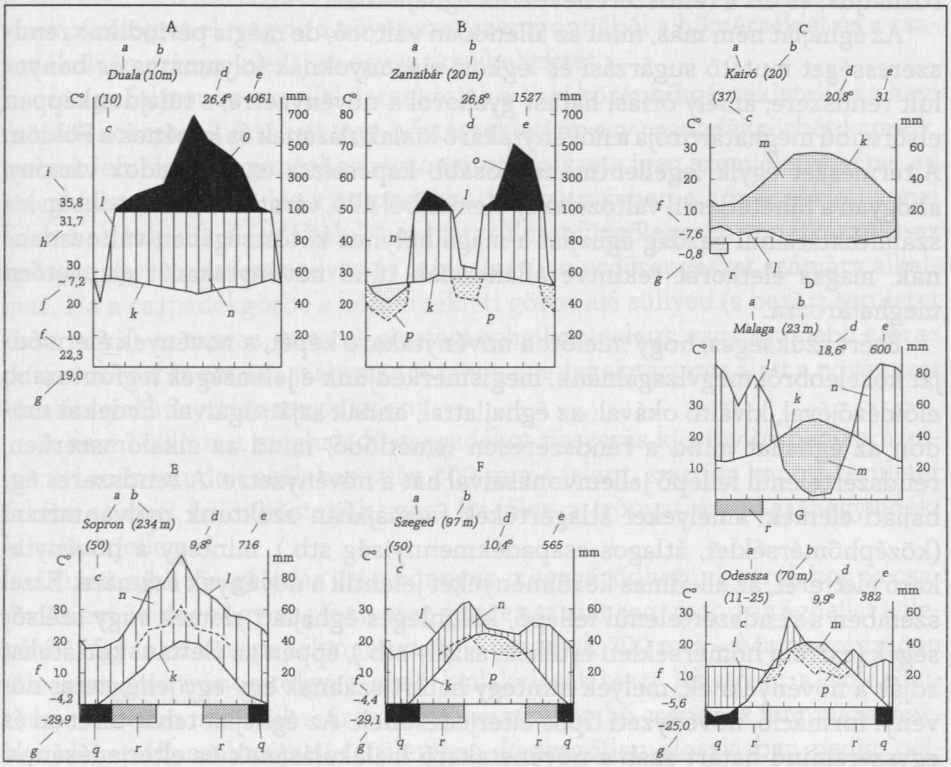
ország ezernyi tóval – mint gyöngyszemekkel – kirakott fenyves táját, Lengyelország lombos-fenyves elegyes erdői fölött haladunk. A röppálya magassága rohamosan csökken, a Kárpátok csodálatos vonala felett szállunk. Most már kioldjuk a fékező ernyőket..., még néhány izgalmas perc... és megérkeztünk.

Amiről a klímadiagram mesél

Az időjárás megfoghatatlan valami. Kaméleonszerűen változik tájról tájra, óráról órára. Komoly felkészültségű, tudós szakemberek ezrei, műholdak, korszerű műszerek tíz- és százezrei figyelik, mérik, regisztrálják változásait, igyekeznek kiszámítani a kiszámíthatatlant, s mégis nap mint nap áldozatául esünk a Természet – e soha nem öregedő kamasz – éretlen tréfáinak. Reggel ragyogó nappal kecsegtet, de már délben bőrig áztat; reggel fagyosan borzongat, felöltőt húzat, délre még ingujjra vetkezetten is vizesre izzaszt, de ha nekibátorodva könnyedén indulunk el, biztosan módot talál, hogy délutánra jó hideg széllel dideregtessen. Mégis, e sok kiszámíthatatlan, bizonytalan jelen-

4. ábra

A Föld néhány jellegzetes éghajlati és növényzeti típusa (klímadiagram)



A: egyenlítői klíma: trópusi esőerdők (Duala), B: trópusi klíma: monszunerdők és szavannák (Zanzibár), C: szubtrópusi száraz klíma: sivatagok (Kairó), D: mediterrán klíma: keménylombú örökzöld erdők (Malaga), E: mérsékelt övi nedves éghajlat: lombhullató erdők (Sopron), F: mérsékelt övi félszáraz klíma: erdős puszták (Szeged), G: mérsékelt övi száraz klíma: sztyeppek, füves puszták (Odessza).

Jelmagyarázat: a = az állomás neve, b = tengerszint feletti magassága, c = az észlelési évek száma (két szám esetén az első a hőmérsékleti, a második a csapadékadatokra vonatkozik), d = évi középhőmérséklet, e = évi átlagos csapadékösszeg, f = a leghidegebb hónap közepes napi ingadozása, g = abszolút hőmérsékleti minimum, h = a legmelegebb hónap közepes napi maximuma, i = abszolút hőmérsékleti maximum, j = közepes napi ingadozás, k = a havi középhőmérsékletek görbéje, l = a havi átlagos csapadékösszegek görbéje, m = aszályos periódus (pontozott terület; a hőmérsékleti görbe a csapadékgörbe felett van), n = humid időszak (függőlegesen vonalkázott; a csapadékgörbe van a hőmérsékleti görbe felett), o = erősen humid időszak (a havi csapadék összeg 100 mm felett van, itt egy skálabeosztás 200 mm csapadéknak felel meg; fekete terület), p = a csapadékgörbe 1:3 arányú vonala, amely felett a szaggatottan vonalkázott terület a száraz, de nem aszályos időszakot jelzi, q = téli fagyos időszak (a napi hőmérsékleti minimumok átlaga 0 °C alatt van), r = olyan hónapok, amelyekben még vannak fagyos napok.

ségben van bizonyos rendszer, amelynek szabályszerűségeit és szabálytalanságait megfelelő időbeli távlatból tekintve elég nagy pontossággal meghatározhatjuk; és ezt a rendszert nevezzük éghajlatnak.

Az éghajlat nem más, mint az állandóan változó, de mégis periodikus rendszerességet mutató sugárzási és légköri viszonyoknak folyamatos és bonyolult rendszere, amely óriási hatást gyakorol a növényzetre, s tulajdonképpen elsőrendű meghatározója a növénytakaró kialakulásának és képének a Földön. A természet egyik legellentmondásosabb kapcsolata ez a paradox viszony, ahogyan a hihetetlenül változékony elemekből álló, váratlan fordulatokban kiszámíthatatlanul gazdag éghajlat a maga helyhez kötöttségében változatlannak, magas életkorát tekintve állandónak tűnő növénytakarót alapvetően meghatározza.

Ezért szükséges, hogy mielőtt a növénytakaró képét, a növények életmódját közelebbről megvizsgálnánk, megismerkedjünk e jelenségek legfontosabb előidézőjével, kiváltó okával: az éghajlattal, annak sajátságaival. Érdekes módon az éghajlat mind a rendszeresen ismétlődő, mind az alkalomszerűen, rendszertelenül fellépő jellemvonásaival hat a növényzetre. A rendszeres éghajlati elemek, amelyeket átlagértékek formájában szoktunk nyilvántartani (középhőmérséklet, átlagos csapadékmennyiség stb.), mintegy a növénytakaró életterét, az alkalmas körülményeket jelentik a növények számára. Ezzel szemben a rendszertelenül fellépő, különleges éghajlati elemek vagy szélsőségek (extrém hőmérsékleti értékek, aszály stb.), éppen az élettani korlátokat adják a növényeknek, melyek mintegy határt szabnak egy-egy jellegzetes növényi formáció, növényzeti típus elterjedésének. Az éghajlat tehát teret ad és egyszersmind határt szab a növénytakaró kialakulásának és elterjedésének.

Hasznos lenne tehát az éghajlatról valamiféle áttekinthető képet adni, de hogyan tegyük? Számokkal, adatokkal? Hálátlan vállalkozás, melynek könyv és olvasó egyaránt kárát látná. Bizarr gondolatnak tűnik talán, de valahogyan láthatóvá kellene tenni, mintegy lefényképezni az éghajlatot, afféle igazolványképet készíteni, amelyről első ránézésre felismerhetőek jellemvonásai; hogy meleg-e vagy hűvös, évszakokra tagolódik-e vagy sem, nedves-e vagy száraz, és milyen a csapadék és a hőmérséklet eloszlása az év folyamán stb.

Az éghajlat „fényképe"

A ma már közismert, igen szellemes Walter-féle klímadiagramok éppen ezt a célt szolgálják, s így mi is ezeket hívjuk segítségül. A diagram két függőleges és egy vízszintes tengelyből áll. A vízszintes tengelyen az év hónapjai szerepelnek januártól decemberig, a bal oldali függőleges tengelyen az átlagos havi középhőmérsékletet, a jobb oldalain pedig a havi csapadékösszegek átlagos értékeit ábrázoljuk úgy, hogy egy-egy skálabeosztás 10 °C-ot, illetve a csapa-

déktengelyen 20 mm-t jelent. A hőmérsékleti és csapadékértékeknek ez az 1:2 arányú eltolása a diagramban azon a felismerésen alapul, hogy 10 °C hőmérséklet mellett a növényzet egy hónap alatt kb. 20 mm csapadéknak megfelelő vizet párologtat el, vagyis a növényzet szempontjából a hőmérséklet és a csapadék ilyen aránya jelenti az egyensúlyi helyzetet.

Ha egy folytonos vonallal összekötjük a havi középhőmérsékletek és a havi csapadékösszegek értékeit, egy hőmérsékleti és egy csapadékgörbét kapunk, melyek lefutása és egymáshoz viszonyított helyzete igen szemléletes képet ad az éghajlat jellegéről. Ha a csapadékgörbe egész évben a hőmérsékleti vonal felett helyezkedik el (az általuk bezárt területet függőlegesen vonalkázzuk), az éghajlat egyértelműen nedves és mint ilyen, az erdőtenyészet számára alkalmas. Ha a csapadékgörbe a hőmérsékleti görbe alá süllyed (a bezárt területet pontozzuk), ez száraz, pusztai, sivatagi éghajlatot jelent, vagy rövidebb száraz periódus esetén azt az aszályos időszakot, amelynek tartama alatt a növényzet vízhiánnyal kénytelen megküzdeni.

A havi 100 mm-t meghaladó csapadékot tízszeres kicsinyítésben ábrázoljuk; itt már minden skálabeosztás 200 mm-t jelent, s az így kapott területet fekete színnel különböztetjük meg. Ez főleg a trópusi és magashegyvidéki klímákra jellemző.

Tüzetesebb vizsgálódás után könnyen meggyőződhetünk arról, hogy a csapadék évi összege egymagában még szinte semmit sem mond az éghajlat jellegéről. Ugyanaz a csapadékmennyiség – mondjuk 700 mm – Magyarországon üde zárt gyertyános-tölgyes erdő kialakulását teszi lehetővé; a Földközi-tenger vidékén már csak száraz talajú, keménylombú cserjések fennmaradásához elegendő; szubtrópusi területeken, kedvezőtlen eloszlásban pedig, például Kaliforniában, csak félsivatagi növényzet kifejlődését teszi lehetővé. Nagyon fontos tehát a növénytakaró szempontjából a csapadék eloszlása. Különösen szembetűnő ez azokon a területeken, ahol a csapadék hiánya korlátozó tényező, és minden cseppje életfontosságú, amint ezt az átmeneti klímájú szemihumid-szemiarid területeken láthatjuk. Ezek kimutatására a csapadékgörbét úgy rajzoljuk meg, hogy a jobb oldali tengelyen a skálabeosztást nem 20 mm-nek, hanem 30 mm-nek tekintjük. Az így kapott értékeket szaggatott vonallal kötjük össze, és ahol ez a szaggatott vonal kerül a hőmérsékleti görbe alá, ott átmeneti szemihumid-szemiarid éghajlattal van dolgunk. Erre az erdőspuszta jellemző, amely Alföldünk nagy részének is eredeti növénytakarója.

A diagramon még feltüntetjük az állomás nevét, tengerszint feletti magasságát, az évi középhőmérsékletet és a csapadék összegét. A vízszintes tengely alatt fekete színnel a fagyos téli évszak jelenlétét és időtartamát jelezzük, ferdén vonalkázva pedig azokat a hónapokat, amelyekben még fagypont alá süllyed a hőmérséklet, aminek különösen az örökzöld növényzetű területeken és a mérsékelt övi gyümölcstermelő országokban (pl. hazánkban) van jelentősége.

A bal oldali függőleges tengely mellett még szokás jelölni a hőmérsékleti szélső értékeket is, amelyeknek elhatároló szerepük lehet a növényzeti típusok elterjedésében. Így felül az abszolút maximum, alul pedig az abszolút minimum értéket jelezzük, vagyis az illető mérőállomáson valaha is mért legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékletet, amelyből az éghajlat kiegyenlített vagy éppenséggel szélsőséges jellegére következtethetünk.

Egy pillantást vetve a mellékelt klímadiagramokra láthatjuk, hogy valamennyien könnyen megkülönböztethető egyedi típusokat képviselnek, melyek valóban sokat elárulnak az illető éghajlat jellegéről. A klímadiagramok ugyan nem aprólékos, kidolgozott „fényképei" a klímának, amelyek minden éghajlati vonást és finomságot magukon viselnek, de tartalmazzák a legfontosabb jellemvonásokat, amelyek jól felismerhetőek. Egyszóval „igazolványképek", melyeket a továbbiakban eredményesen használhatunk.

Trópusok csodavilága

Amikor az európai utas kiszállva a légkondicionált óriásgép védettségéből belép abba az égig érő üvegházba, amelyet trópusi klímának neveznek, s úgy érzi, le kell nyelnie a forró párás levegőt, mert egyszerű légzéssel nem jut el a tüdejéig, és látja a pálmafák égre rajzolódó zöldesfekete sziluettjét, nem lehet kétsége afelől, hogy szokatlan, egzotikus világba érkezett. Sőt hajlamos azt hinni, hogy talán egy másik bolygóra került, amely feleúton kering a Föld és a Vénusz között, mindenesetre sokkal közelebb a Naphoz. Aztán meglepve tapasztalja, hogy a fürdőszobában folyó zuhany szerény csepegés a naponta menetrendszerűen érkező özönszerű felhőszakadáshoz képest, amely ellen sem köpeny, sem ernyő nem nyújt menedéket. Négy órai munka után holtfáradtnak érzi magát; s gyönyörködve állapítja meg, hogy bezzeg a növényzet milyen hihetetlen gyorsan nő, milyen bujasággal pompázik, s mindenütt virág és gyümölcs, gyümölcs és virág.

A legjellegzetesebb trópusi éghajlat és növényzet az Egyenlítő mentén alakult ki, ahol az erős napsütéstől felmelegedett levegő állandó áramlásban van. A felszálló párás légtömegek a magasban kicsapódnak és bőséges esők formájában hullanak le. Az éghajlat tehát meleg és nedves, a levegő páratelt. A hőmérséklet egész éven át egyformán magas; a hónapok középhőmérséklete 20-30 °C között változik (nálunk a legmelegebb július sem éri el a 23 °C-os átlaghőmérsékletet). A nappal és az éjszaka hőmérséklete között alig van különbség. Az év teljes egészében vagy túlnyomó részében csapadékos, az évi csapadékösszeg meghaladja a 2000-3000 mm-t, s egy-egy csapadékosabb hónapban több eső hull le, mint nálunk egész évben. Ezért ezt az éghajlati típust nedves forró vagy egyenlítői éghajlatnak nevezzük.

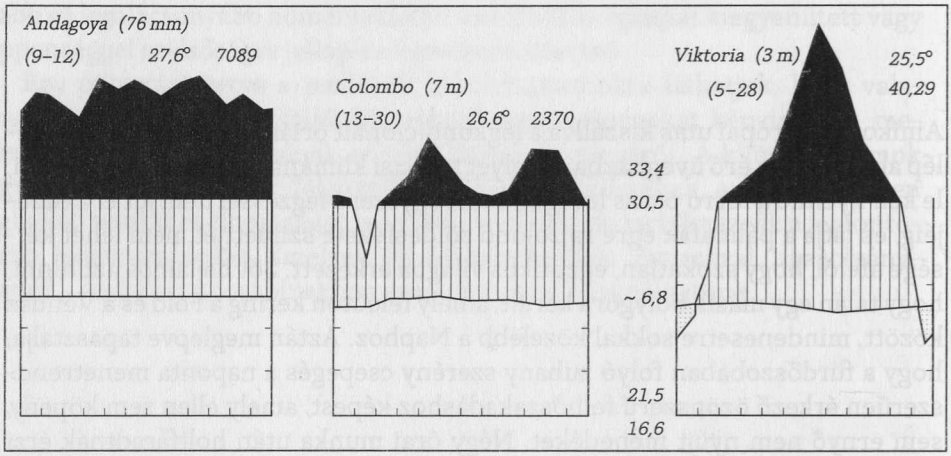
A sok csapadék következtében az oldható sók kimosódnak a talajból, és csak a nehezen oldódó vas- és alumíniumvegyületek maradnak vissza. Ezektől sárgásvörös vagy sötétvörös színű a keletkezett kötött agyagos talaj: a laterit.

A kedvező környezeti körülmények, a sok napfény, meleg és korlátlan vízellátottság következtében az Egyenlítő mentén alakultak ki a Föld legbujább és fajokban leggazdagabb növénytársulásai, a trópusi esőerdők.

A trópusi esőerdők a földkerekség legszervezettebb természetes szervesanyag-termelő üzemei, és egyben a Föld legnagyobb élő szervesanyag-raktárai. Ezek az erdők, a levegő szén-dioxidjának felhasználásával, hektáronként 10-15 tonna szenet építenek fel évente szerves vegyületekké – ingyen nyersanyagból, ingyen energiával –, és testükben hektáronként több mint 200 ton-

5. ábra

A trópusi esőerdők övének éghajlata Dél-Amerikában (Andagoya), Ceylon szigetén (Colombo), Afrikában (Viktória) (klímadiagramok)



na szenet tartanak felhalmozva (azaz több mint 20 ezer tonnát négyzetkilométerenként!) szerves anyagok formájában. Ezért a trópusi esőerdők a Föld legfontosabb megújítható erőforrásai.

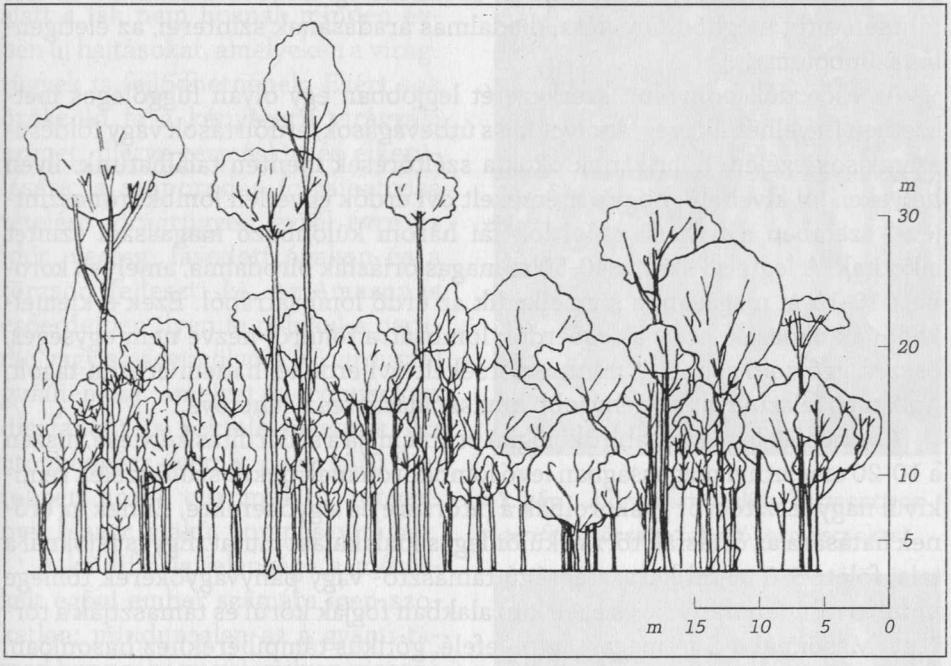
Hány emeletes az esőerdő?

Ha kirándulást teszünk hazánk valamely szép, erdős tájára, könnyen megállapíthatjuk, hogy legszebb növekedésű erdőink magassága is csak ritkán haladja meg a 30 m-t, és hogy az erdő növényei 4 vegetációs szintben helyezkednek el. A fák egy lombkoronaszintet, a bokrok egy cserjeszintet, a lágyszárú növények pedig egy gyepszintet alkotnak, míg a talajon egy rendszerint nem összefüggő mohaszintet találunk. A mi éghajlatunk alatt elsősorban a hőmérsékleti és nedvességviszonyok akadályozzák ennél többszintű, bujább vegetáció kialakulását, s így a növényzet nem használja ki teljes mértékben a fényviszonyokat.

A növényzet fotoszintetikus tevékenységét, vagyis szervesanyag-termelését tehát – adott talajviszonyok között – alapvetően három éghajlati tényező szabályozza: a fény, a víz és a hő. Az egyenlítői klíma az egyetlen olyan éghajlati típus Földünkön, amely mindhárom tényezőt egész éven át, folyamatosan és optimális mértékben biztosítja a növényzet számára. Minden más éghajlat alatt vagy száraz, vagy hideg évszak akadályozza a növényi aktivitás folyamatosságát. Ezért a trópusi esőerdők többnyire az Egyenlítő két oldalán, a 0. és a 10. szélességi fok között alakultak ki övezetet alkotva. Kialakulásuknak három

6. ábra

Egy trópusi Dipterocarpus-esőerdő lombkoronaszintjeinek szerkezete Borneo szigetén



nagy területi központja található: Ázsiában Hátsó-India és az indonéziai szigetvilág; Afrikában Nyugat-Afrika déli partvidéke és a Kongó-medence; Amerikában pedig elsősorban az Amazonas vízgyűjtő területe, a legendás „zöld pokol".

Miután hő- vagy vízhiány nem korlátozza a növények fejlődését, a trópusi esőerdők élőlényeinek térbeli elhelyezkedését és életritmusát elsősorban a fény kihasználásáért folytatott harc határozza meg, és ez szabályozza ezeknek a „szervesanyag-gyáraknak" a belső szerkezetét és működését. Az erdő függőleges térbeli szerkezetét a különböző növényzeti szintek elhelyezkedése és egymáshoz való viszonya adja, a szintek pedig nem egyebek, mint a napfény különböző erősségű és hullámhosszú sugártartományainak energiafelvevő és -feldolgozó emeletei. A fényenergia feldolgozása annál jobb hatásfokú, minél több növényi szinten halad át. A Föld növényzeti típusai közül a trópusi esőerdőkben találjuk a legtöbb szintet, ezek szerkezeti felépítése a legbonyolultabb valamennyi környezeti élőrendszer – ökoszisztéma – között. A növények számára ez a környezet lehet az „ígéret földje" avagy a korlátlan lehetőségek hazája, ahol 8 emelet (40 m) magasságig a tér szinte valamennyi köbcentimétere viszonylag problémamentes megélhetést kínál az arra alkalmasaknak.

Minden helyre ezernyi esélyes pályázó van, amelyek között a gyorsaság és a rátermettség dönt, vagyis minél kedvezőbbek a létfeltételek, annál élesebb a létért folyó verseny. A trópusi esőerdők mégsem keltik az élet valamiféle csataterének lehangoló benyomását, ellenkezőleg: mindenki számára az élet minden terét meghódítani kész, diadalmas áradásának színterei, az életigenlés szimbólumai.

Az esőerdők bonyolult szerkezetét legjobban egy olyan függőleges metszetben figyelhetjük meg, amilyet friss útbevágások, erdőirtások vagy földcsuszamlások szélén, hurrikánok okozta széltörések mentén találhatunk. Ilyen helyeken jól kivehető, hogy a mérsékelt övi erdők egyetlen lombkoronaszintjével szemben a trópusi esőerdők fái három különböző magassági szintet alkotnak. A legfelső szint a 40-50 m magas óriásfák birodalma, amelyek koronája 10-15 m magasan is kiemelkedik az erdő lombsátrából. Ezek a kiemelkedő fák okozzák, hogy az esőerdők lombsátra fölülről nézve nem egységes, összefüggő zöld szőnyeg, mint a mérsékelt övi erdőké, hanem erősen tagolt, hullámos felszínű, ami a fény jobb kihasználását teszi lehetővé.

Az óriásfák legfontosabb ökológiai problémája a szilárdítás kérdése, hiszen a 10-20 emeletnyi magasságban levő lombkoronának nekifeszülő szelek rendkívül nagy feszítőerőt gyakorolnak a fatörzsre és a gyökerekre. Ennek az erőnek hatására az óriásfák törzse különleges kialakulást mutat. Egyes fajoknál a talaj fölött 5-6 m-rel karvastagságú támasztó- vagy pányvagyökerek tömege indul ki minden irányba, és ezek kúp alakban fogják körül és támasztják a törzset. Másoknál 4-5 m magasságtól lefelé, gótikus támpillérekhez hasonlóan, hatalmas palánkszerű szárnyak vastagítják és szilárdítják a törzset. Az Amazonas-medence esőerdőiben ilyen óriásfák a nagylevelű mahagóni (*Swietenia macrophylla*), a pamutfa (*Ceiba pentandra*), a paradió (*Bertholletia excelsa*), az óriás szivarfa (*Tabebuia ipe*), *Terminália*k, *Morá*k, *Parkiá*k és valamennyi közül a leghatalmasabb, az amazoni óriásmimóza (*Dinizia excelsa*). A pillérszerű gyökérágak sokszor 10-25 m-es körzetben kígyószerűen tekergőzve kúsznak a földön, oldalgyökerek sokaságát bocsátva a talajba, mint azt nagyon sok *Ficus* fajnál láthatjuk. Egyes fügefélékhez tartozó fajok, mint a Hátsó-Indiában honos indiai banyán (*Ficus bengalensis*) és mások, például a *Ficus religiosa* hatalmas oldalágaikból léggyökereket bocsátanak alá, amelyek a földre érve meggyökeresednek, és megvastagodva támasztó törzsrendszert alkotnak. Egy-egy idősebb példánynak ily módon több száz törzse is van – valóságos élő oszlopcsarnok.

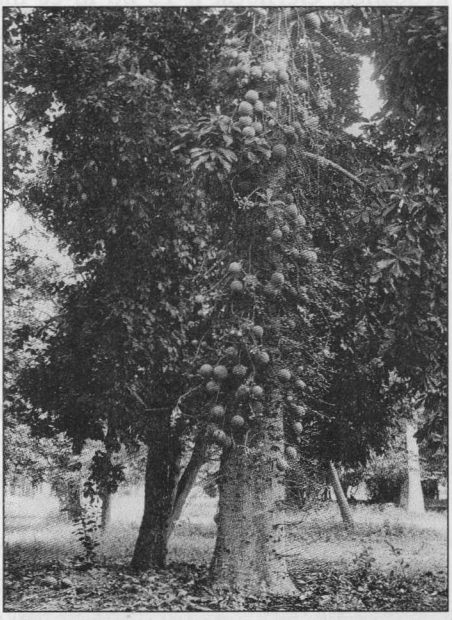
A középső, erősen záródott lombkoronaszintet 20-30 m magas fák alkotják. Ez a szint is igen fajgazdag, nagyszámú növénycsalád (pl. mahagóni-, kávé-, kutyatej-, díszlevélfa-, szivarfa-, balzsamfa-, kakaófélék és hüvelyesek) több tucat faja él benne. Ez alatt egy harmadik, 6-15 m magas lombkoronaszint is van, amely árnyéktűrő, alacsonyabb termetű fákból és a felsőbb szinteket alkotó fajok fiatal példányaiból áll.

Az esőerdők számos fafajának jellegzetes tulajdonsága a törzsvirágzás (kauliflória). Az évszakos változást nem mutató egyenlítői éghajlat alatt a fák nem hoznak minden évben új hajtásokat, amelyeken a virágrügyek is fejlődhetnének. Ezért sok örökzöld fa a kényszerű virágzási szünet, illetve terméskiesés elkerülésére, a szaporodás folyamatossá tételére virágrügyeit évről évre az idős, vastag, fásodott ágakon és a törzsön fejleszti ki. Az Amazonas esőerdeiben ilyen fa például a paradió vagy az ágyúgolyófa (*Couroupita guianensis*), amelyet a trópusokon díszfaként is sokfelé ültetnek. Ez utóbbi egész éven át nagy, sűrű fürtökben hozza citromillatú, tenyérnyi, bizarr alakú pompás virágait.

A kauliflória jelensége a mérsékelt égövi ember számára igen szokatlan; minduntalan az a gyanú támad benne, hogy valamilyen virágzó lágyszárút futtattak fel e különböző *Ficus, Drypetes, Uvaria* és más fajok törzseire, vagy talán az őserdei bennszülöttek díszítették fel azokat egy ősi népünnepély alkalmából. A kutatóban felmerülhet még az a gondolat is, hogy valamilyen fatörzslakó élősködő növény virágait látja, mint amilyen a mi fagyöngyünk. A tüzetesebb vizsgálódás, a szár és a levelek hiánya azonban arról győz meg, hogy a fatörzsek csodálatos virágbevonata nem kölcsönkért, idegen pompa, hanem a fák legtermészetesebb sajátja. A mérsékelt övben ezt a jelenséget csak a júdásfán láthatjuk, ezen a parkjainkban eléggé elterjedt Földközi-tenger vidéki fán,



1. kép A braziliai virslifa *(Parmentiera cerifera)* törzsön fakadó terméscsokrai



2. kép Az amazóniai őserdők óriásfájának, az ágyúgolyófának *(Couroupita guianensis)* kauliflór terméságazatai

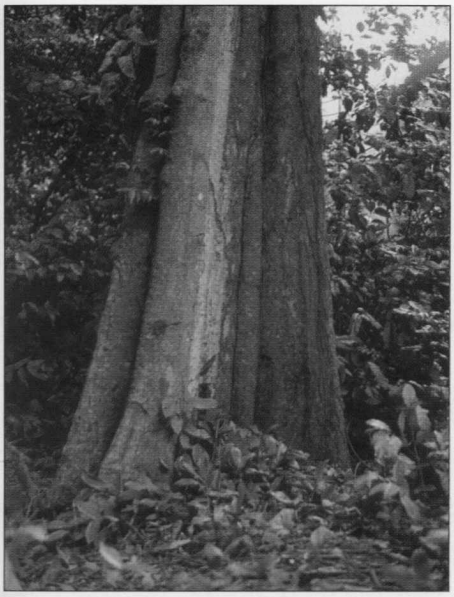
amelynek bíborlila pillangós virágai nagy csomókban csüngnek kora tavasszal, lombfakadás előtt a sötét kérgű ágakon.

Nem kevésbé érdekes a kauliflória termésérés idején sem, amikor a tekintélyes nagyságú termések hatalmas fürtjei úgy függnek a fák törzsén, mint mesebeli szőlőfürtök egy fantasztikus óriástőkén.

E látványosság ellenére elmondható, hogy a trópusi esőerdők virágokban szegények, össze sem hasonlíthatóak hazai erdeink káprázatos tavaszi virágszőnyegével. A trópusi esőerdőben járva kilométereken keresztül alig látni virágot. De ha helikopteren vagy alacsonyan szálló gépen repülünk át az amazonasi esőerdők felett, fentről meglepő virágpompa ejt ámulatba. Az óriásfák hatalmas sárga, rózsaszín és lila csokrokként, fehér virágú fáklyákként villannak elő, liánok fehér és bíborszínű patakjai csorognak végig a sötétzöld lombsátron, a fák ágai közt ananászfélék és orchideák gyepjei tarkállanak..., – de lentről mindebből szinte semmi sem látható.

Lent, az erdő mélyen, a tulajdonképpeni cserjeszintet gyakran nem bokrok, hanem 5-8 m magas, fa alakú, de lágyszárú növények alkotják, amelyek olykor belenőnek az alsó lombkoronaszintbe is. Ilyenek a különböző banán-, gyömbér- és kannafélék, továbbá alacsony termetű bambuszfélék és pálmák. Ha erdőégés vagy széltörés következtében a felső lombsátor megnyílik, a beözönlő fény hatására e magas termetű dudvás növények hihetetlen gyorsasággal indulnak növekedésnek, elérhetik a 15-20 m-es magasságot, és a rájuk tekeredő liánokkal együtt áthatolhatatlan sűrűséget alkotnak. Ez az együttes úgy működik, mint egy gyorsan burjánzó sebszövet, amely azonnal aktivizálódik, hogy eltömje az erdő lombsátrán – az esőerdő kültakaróján – esett sérülést. Természetesen az így keletkezett pótlás nem egyenértékű a veszteséggel. A bozót szervesanyagtermelése sem mennyiségben, sem minőségben nem éri el a kidőlt faóriását. Olyan ez, mintha a csonttörés helyén csak kötőszövet képződnék.

Igazi, összefüggő gyepszintje többnyire nincs is a trópusi esőerdőknek. Csak harasztok, páfrányok és néhány különlegesen kis fényigényű virágos növénynemzetség fajainak elszórt példányait találjuk az esőerdők nappal is szürkületi homályában. A mi erdei árnyéktűrő növényeinknek, a szagos müginek vagy a madársóskának a teljes napfény egy-két százaléka már az árnyéktűrés végső határát jelenti. Ezek ott életképtelenek lennének. De az esőerdei *Aspidistra, Philodendron, Begonia* és *Tradescantia* fajok lassú életritmusához olyan kevés fénnyel is beérik, mint a teljes napfény háromezred része. Ez a tulajdonságuk teszi őket alkalmassá arra, hogy lakásainkat díszítsük velük, vagyis ideális szobanövények. A többszörös lombsátron átszűrődő fény színképi összetétele természetesen más, mint az eredeti napfényé; a narancsvörös sugarak helyett a kékeszöldek uralkodnak benne. Ez az oka annak, hogy az esőerdők aljnövényzetében gyakran találunk tarka levelű növényeket nagy fehér, vörös vagy lila színű foltokkal, sőt nem ritkák a fémes fényű levelek sem, mintha egyes növények már eleve dísznövénynek készültek volna.



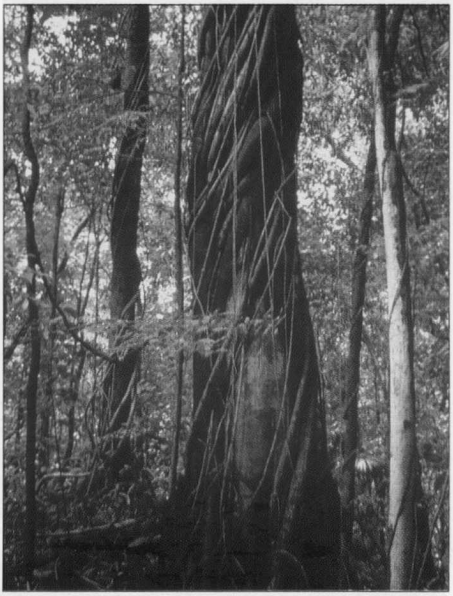
I/1. kép *Aningeria adolphi-frederici* (Sapotaceae), a vajfafélék családjába tartozó óriásfa pillérszerű törzzsel a kelet-afrikai esőerdőkben



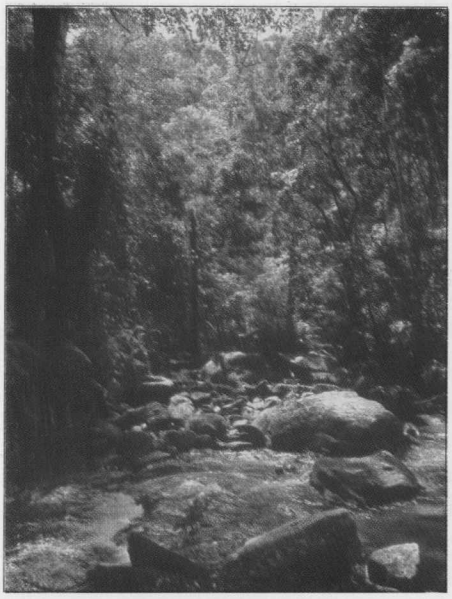
I/2. kép Hatalmas, kb. 700 éves afrikai kámforfa *(Ocotea usambarensis)* liánokkal befont törzs



I/3. kép Esőerdő Kelet-Afrikában, 3 lombkoronaszinttel és kiemelkedő óriásfával



I/4. kép Kelet-afrikai vajfa *(Allanblackia stuhlmannii)* törzse egy fiatal Ficus léggyökereitől befonva



II/1. kép Patakparti esőerdő a kelet-afrikai Usambara hegységben



II/2. kép Törzsön fakadó *(kauliflór)* termések *Ficus natalensis* törzsén



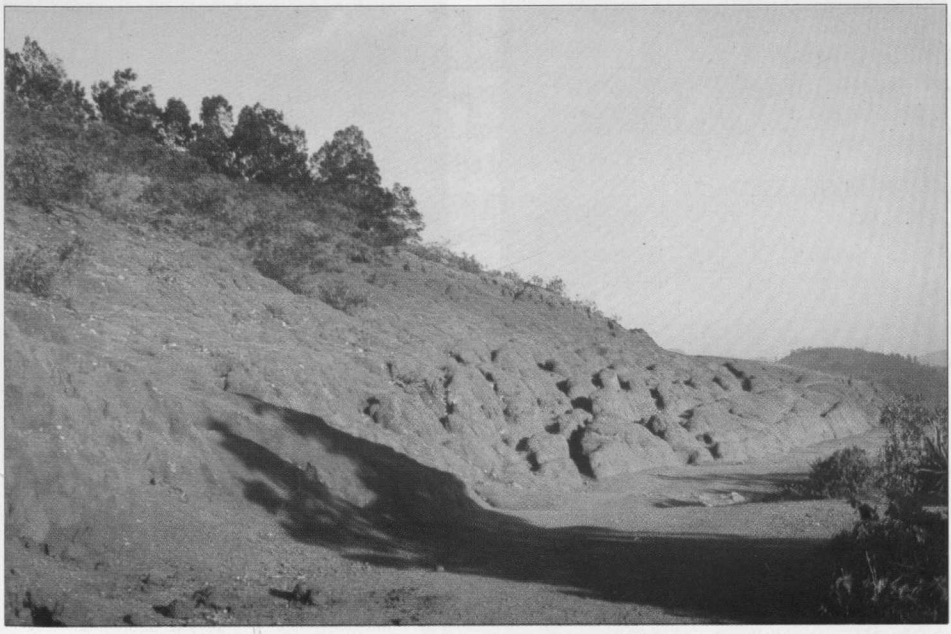
II/3. kép Az óriás afromahagóni *(Entandophragma excelsum)* kb. 250 éves törzse pitsawer-ek (gödörfűrészelők) állványán



II/4. kép Őserdei irtástelek, ún. samba negatív produkciós mérlege. Az elégetett több száz éves óriásfa helyén 20 szál cukornád és 2 szál dohány árválkodik



III/1. kép A trópusi erdők irtásának egyik fő célja a faszénégetés



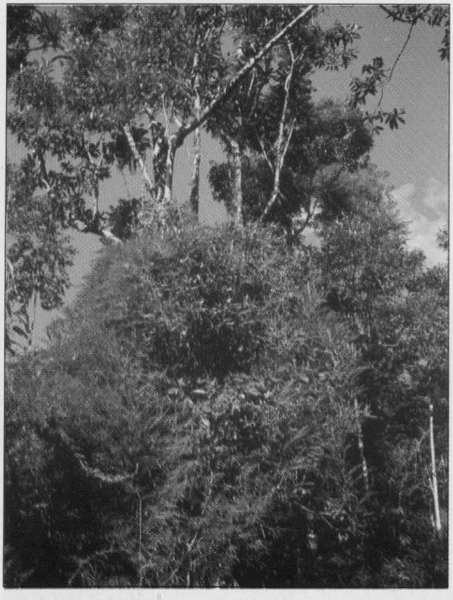
III/2. kép Az erdőirtások szomorú végeredménye a teljes erózió



IV/1. kép *Qualea grandiflora* (Lecythidaceae), az amazóniai őserdők egyik óriásfája



IV/2. kép Virágzó *Rhizophora mucronata* (Rhizophoraceae) a kelet-afrikai mangrovében



IV/3. kép Bambuszlián *(Chusquea sp.)* a brazíliai hegyi esőerdőkben



IV/4. kép Szakállbromélia-függöny *(Tillandsia usneoides)* trópusi félig lombhullató erdőben, Kubában

De élnek itt klorofill nélküli, heterotróf virágos növények is, amelyek nem fotoszintetizálnak, és így nem is fényigényesek. Ezek részben korhadéklakó szaprofitonok, nagyobbrészt pedig klorofill nélküli gyökérélősködők, amelyek a mi vicsorgónkhoz hasonlóan szívókorongjaikkal a fák gyökerére tapadnak és onnan veszik fel a szükséges táplálékot. A Hátsó-Indiában élő óriás bűzvirág (*Rafflesia arnoldii*) gyökérparazita növény, és arról nevezetes, hogy a legnagyobb virágai vannak, amelyek hatalmas korongként fekszenek a talajon. A természet fintora, hogy ezek az egy-másfél méter átmérőjű vörösfoltos virágok cseppet sem szépek vagy vonzóak, inkább visszataszítóak, mert romlott hús szagát árasztják, amivel a döglegyek százait csalogatják oda, s ezek végzik el a beporzást.

Ha most azt hisszük, hogy végigjártuk az esőerdő emeleteit, tévedtünk. A talaj színén algákból, mohákból és a csodálatosan finom levélzetű csipkeharasztokból egy-két cm vastagságú puha szőnyeg terül lábunk alá. Ezek a növények már oly kevés, 0,1 százaléknyi fénnyel is beérik, mint a mi barlangjainkban élő moha- és algafajok. A csipkeharasztok pedig távoli emlékek ébresztői. Ők az egyetlen ma is élő képviselői annak a 350 millió évvel ezelőtti első trópusi esőerdőnek, amely a kőszénkorban élt.

Élet és halál a magasban

A mi mérsékelt égövi erdeinkben járva figyelmünket elsősorban az aljnövényzet, a sok szép erdei virág köti le, s legfeljebb egy-egy sudár fatörzs vagy dallamos madárfütty csalja tekintetünket a magasba. A trópusi erdőkben minduntalan nyakát szegheti az ember a sok felfelé tekintgetéstől, s ez nem is csoda. Az élet igazi színtere a magasban, a fák lombkoronái közt van, ahol a kúszó liánok buja lombozata, az epifitonok virágpompája igazi gazdagságában bontakozik ki.

Az esőerdő hasonló egy csodálatos gobelinteremhez, ahol a legszebb kárpitok a falon láthatók. Az esőerdő legszebb virágszőnyegei sem a talajt borítják, hanem a fák törzsét és ágait ékesítik. Miután a fák a talajszint fényviszonyait minimálisra csökkentették, a fényigényes lágyszárú növények részére nem maradt más életlehetőség, mint a függőleges felszínek – fatörzsek, ágak – „megszállása"; ott alakítottak ki maguknak megfelelő élőhelyet. Másrészt egyes cserjék és alacsony fák, amelyek saját erejükből nem képesek 30-40 m-es törzset fejleszteni, fényigényük kielégítése céljából olyan életmódra tértek át, amely révén az óriásfák testét tudják támasztékul felhasználni arra, hogy megfelelő mennyiségű fényhez jussanak. Így alakult ki a trópusi esőerdők három legkülönlegesebb és legjellemzőbb életformája: a kúszó-, a fojtó- és a fennélő növények csoportja.

A liánok magvai a földön csíráznak ki, száruk rendkívüli gyorsasággal növekszik és benne kezdetben nem alakulnak ki szilárdító elemek. A szilárdítást

más növények végzik, amelyeknek törzsét és ágait a lián támasztékul használja, miközben gyorsan növő hajtásaival felkapaszkodik rá. Ez a kapaszkodás többféle mechanizmus útján történhet. Egyes fajok tüskékkel vagy kampó alakú töviseikkel kapaszkodnak a gazdafa kérgébe. Ilyen számos mimózafaj, az újvilági szmilaxok vagy szarszaparillák, vagy egyes kúszó pálmafélék, mint a spanyolnád (*Calamus rotang*). Ez utóbbinak szárnyalt levelei félkörívesen átfogják a fa törzsét és a levélgerincen levő kampós tüskékkel kapaszkodnak – a villanyoszlopokon dolgozó villanyszerelők vaskapaszkodójához hasonlóan. A lombkoronába jutva a spanyolnád dúsan elágazik, s miközben alsó kapaszkodó levelei elszáradnak, három-négy szomszédos fa lombkoronájába is átkúszik, összekötve és behálózva azokat, míg a kiszáradó hajtásrészek kígyó módra tekeregve aláhullnak a magasból. Egy-egy ilyen elszáradt hajtásrész hossza meghaladhatja a 100 m hosszúságot, sőt mértek már 240 m hosszú spanyolnádhajtást is. E növény két-három ujjnyi vastag szára rendkívül szívós, és nagy szakítószilárdsága miatt a trópusokon vontatókötélnek és kompkötélnek is használják.

A liánok egy másik csoportja hajtásának egyik oldalán vékony gyökereket fejleszt, melyekkel a gazdafa kérgére tapad, mint a nálunk is élő borostyán, vagy vastagabb és hosszabb gyökerekkel átkulcsolja a törzset, mint az orchideafélékhez tartozó vanília.

Ismét más liánfélék hajtása csigavonalban felfelé nőve a szőlőhöz vagy komlóhoz hasonlóan csavarodik a gazdafa törzsére, mint a meténgfélékhez tartozó tejelő liánok, vagy a szivarfafélékhez, szőlőfélékhez, hüvelyesekhez tartozó kúszónövények legnagyobb része. Az utóbbiak közül említést érdemelnek az igen szép és nagy virágú *Bauhiniák*, amelyeknek a középvonalban perforálódó hajtásuk kötélhágcsóra emlékeztet – ezért majomlétrának is hívják őket –, vagy a gyöngyöket megszégyenítő szépségű magvaikról ismert *Canavaliák*, olvasóliánok (*Abrus*) és *Caesalpiniák*. Ezek hajtásaik alsó részén nem is fejlesztenek leveleket, csak a lombkoronába érve lombosodnak ki hirtelen, olykor megdöbbentően nagyméretű lombozatot fejlesztve.

Számos liánfajnak olyan kitűnően fejlett szállítószövet-rendszere van, és levelei oly nagy szívóerőt képesek kifejteni, hogy karvastagságú hajtásain keresztül időegység alatt ugyanannyi tápoldatot áramoltat át, mint amennyi egy óriásfa egész lombkoronájának ellátására elegendő. Jól megfigyelhetjük ezt például a szőlőfélékhez tartozó vízvezetékliánon (*Cissus sicyoides*), amelynek ha a déli órákban átvágjuk fényes, barna kérgű, nagy paraszemölcsökkel borított hajtásait, sípoló hangot hallunk, ahogyan az edényekben keletkező vákuum magába szippantja a levegőt – jól érzékeltetve ezzel a levelek által kifejtett 30-40 atmoszférányi szívóerőt. A vizet is csak úgy nyerhetjük ki e hajtásokból, ha két végükön elmetszve egész hajtásdarabokat vágunk ki, amelyekből már a nehézségi erő hatására kicsurog a víz. Így érthetővé válik, hogy a lombkoronába feljutó és ott hirtelen dús lombozatot fejlesztő liánok némelykor annyira

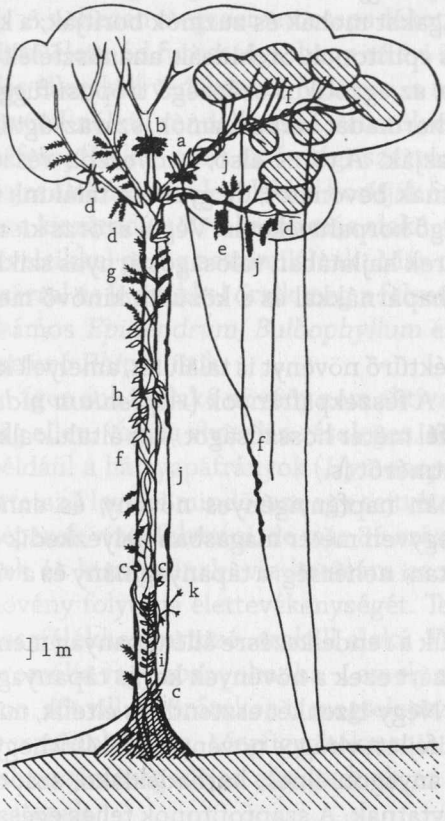
befedik és beárnyékolják a gazdafák ágait és leveleit, hogy azok – bár víz és tápanyagok korlátlanul állnak rendelkezésükre – végül is fényhiány következtében pusztulnak el.

*

A felkúszó növények egy másik csoportja nemfásodó szárú, fűnemű növény, amely azonban csak élete első szakaszát éli lián módra. Ezek a fél-liánok a földön csíráznak, majd felkúsznak a fák lombkoronájába és megfelelő fényellátottságú helyre jutva megtelepszenek az elágazások között, s az összegyűlt korhadékon meggyökeresednek. Ezután száruk elfonnyad, kapcsolatuk a talajjal megszűnik, és fennélő epifiton módjára élnek tovább. Ez az életforma

7. ábra

Vietnami trópusi esőerdő óriásfáján (Dracontomelon duperrianum) élő növények



Epifitonok:
a) Asplenium nidus, b) Drynaria coronans és c) Antrophium callifolium páfrányok, d) orchideák, e) szukkulens Apocynaceae (Dischidium benghalense). A törzs alsó, sávozott részén összefüggő mohabevonat hártyapáfrányokkal (Hymenophyllaceae).

Hemiepifitonok:
f) a koronában megtelepedett fafojtó Ficus talajig nőtt léggyökerekkel, g) Pothos scandens és h) Aglaonema annamensis (Araceae).

Liánok:
i) borsfaj (Piper sp.), j) Entada scandens (Mimosaceae), k) Tetrastigma sp. (Vitaceae).

különösen gyakori az árnyéktűrő kontyvirágféléknél. Az óvilági trópusokon számos *Monstera* és *Philodendron* faj, az újvilági esőerdőkben pedig *Pothos* és *Aglaonema* fajok folytatják ezt a különös életmódot. Rokonszenves növények, melyeket a romantika szelleme leng körül; virág-Rómeók és növényi Julien Sorelek, akik finom kötélhágcsókon fürgén kapaszkodnak a magasba kedvesükhöz, s felérve boldog elhatározással metszik el létrájuk kötelét.

Ez az életformacsoport már átvezet azokhoz a növényekhez, amelyek egész életüket a fákon töltik, a fánlakó (fennlakó) növények vagy epifitonok csoportjához. Ezek a lágyszárú növények elsősorban a fák ágain, az elágazások zugaiban telepszenek meg, de megtalálhatók a teljesen függőleges fatörzsön is. Itt csíráznak ki, fejlesztik leveleiket, virágaikat és itt hoznak termést. Ezeket az esőerdők koronaszintjében óriási tömegben élő, többnyire csodálatosan szép virágú növényeket tulajdonképpen a kedvezőbb fényviszonyokért a magasba költözött gyepszint tagjainak foghatjuk fel, amelyek vállalták a tápanyag- és vízhiány nehézségeit, hogy cserébe megfelelő fényenergiához jussanak.

Az epifitonok nem egyformán fényigényesek. Szakértők szerint egy óriásfán az élőhelyeknek öt olyan különböző zónáját lehet megkülönböztetni, amelyekben mind különböző igényű epifiton-együttesek laknak. A korona felső részén levő, szélnek és napnak kitett ágakat mohák és zuzmók borítják; a korona alsó, dúsan elágazó része a virágos epifitonok, orchideák, ananászfélék és hangyalakta gumós növények lakhelye, az egzotikus szépségű trópusi függőkertek világa. A törzs felső, szárazabb harmadát kéregzuzmók, szárazságtűrő ananászfélék és epifiton kaktuszok lakják. A törzs alsó, nedvesebb részén leveles zuzmók és lombosmohák alkotnak bevonatot, de gyakran találunk itt árnyéktűrő páfrányokat, bojtként csüngő korpafüveket is. Végül a törzs kiszélesedő, palánkos talapzatán, a támpillérek hajlatában valóságos árnyas sziklakerti növényzet rejtőzik, jól fejlett mohapárnákkal és a közülük kinövő megannyi zöld páfránycsokorral.

Az epifitonok között tehát sok árnyéktűrő növényt is találunk, amelyek közül egyesek igen nagyra is megnőnek. A fészekpáfrányok (*Asplenium nidus, A. phyllitidis*) levelei elérik az egy-másfél méter hosszúságot, s az általuk alkotott levélrózsák a két-három méteres átmérőt is.

A fennlakók nagyobb része azonban napfényigényes növény, és ennek megfelelően a fák koronájában húsz-negyven méter magasban helyezkedik el. Ez az életmód a növényeket kettős élettani nehézség: a tápanyaghiány és a vízhiány leküzdésére kényszeríti.

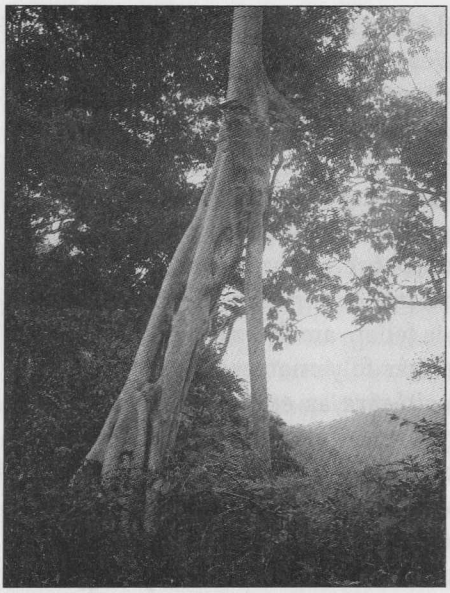
Az epifitonoknak meg kell elégedniük a rendelkezésre álló tápanyag mennyiségével és minőségével egyaránt. Ezért ezek a növények kevés tápanyagot használnak fel és lassan növekszenek. Négy-tizenkét esztendő is eltelik, mire egy orchidea vagy bromélia magjából kifejlett virágos növény lesz. Minthogy a fák ágai között felhalmozódó szerves anyagon élnek, korhadéklakó, szaprofiton vagy félszaprofiton életmódot folytatnak. A szaprofitonok teljes egészé-

ben a bomló szerves anyagok felvételéből fedezik tápanyagszükségletüket, és ennek következtében levélzöldjüket is elveszítik. A fényt csak a virágképzéshez igénylik. A félszaprofitonok a korhadó szerves anyagok felvétele mellett megőrzik klorofilljukat és fotoszintetizáló képességüket is, számukra tehát a fény a táplálkozásnak is alapfeltétele.

Hasonlóan fontos problémája az epifitonoknak a vízgazdálkodás megoldása. Hiszen hiába a mindennapos eső, ha a fatörzsön pillanatok alatt lefolyik, s egy órával az eső elállta után a trópusi naptól égetett, széltől szárított fatörzs egy sivatagi termőhelyhez válik hasonlatossá. Különösen kritikus a helyzet ott, ahol egy-két hónapos száraz időszak is fellép, amely az egyenlítői éghajlat alatt sem ritka jelenség. Azt, hogy a vízellátás folyamatossága mennyire fontos, abból is láthatjuk, hogy ennek biztosítására az epifitonok az alkalmazkodási formák egész arzenálját vonultatják fel. A madárfészekpáfrány elhalt leveleinek nemezszerű korhadékanyagában halmoz fel vizet. Az ananászfélék (*Bromeliaceae*) tölcsérszerűen záródó levélrózsájukban fogják fel és tárolják a szükséges vízmennyiséget. A legtöbb növény hosszan lelógó szivacsos léggyökerei vagy rendkívül finom, az érrendszerre emlékeztető hajszálgyökérrendszer segítségével, közvetlenül a páratelt levegőből veszi fel a vizet.

A nehezen megszerzett csapadékot be is kell osztania a növénynek, s az epifiton életmód furcsasága, hogy az évi 3000 mm csapadék ellenére is a kiszáradás ellen kell védekeznie. Valóban, a napfényigényes, fánlakó növények szinte kivétel nélkül rendelkeznek valamilyen szárazságtűrési berendezéssel. Egyes páfrányfélék – mint az óvilági szarvasagancspáfrányok (*Platycerium*) – nagy, pajzs alakú, barna levelekkel borítják és védik gyökérrendszerüket a napfénytől és a kiszáradástól; teljesen más alakú, többnyire sallangosan osztott, nagy zöld leveleikkel pedig asszimilálnak. Más növények víztartó szöveteikkel, pozsgás szárral és levelekkel őrzik meg a felvett vizet, mint pl. az orchideákhoz tartozó számos *Epidendrum*, *Bulbophyllum* és *Maxillaria* faj, vagy a kaktuszfélékhez tartozó *Rhipsalis*ok.

Igen sok fánlakó növény nem aktívan, hanem passzívan védekezik a szárazság ellen, vagyis elviseli a részleges, sőt esetleg a teljes kiszáradást is. Ilyenek például a hártyapáfrányok (*Hymenophyllum*), amelyeknek pergamenszerűen áttetsző levelei mindössze egy sejtréteg vastagságúak. Ezek teljes felületükön képesek vizet felvenni, de már 85 százalékos páratartalomnál összezsugorodnak és kiszáradnak; víz hatására azonban újra felélednek, kisimulnak, és a növény folytatja élettevékenységét. Teljes kiszáradást képes elviselni az ananászfélékhez tartozó, szakáll alakú *Tillandsia usneoides* – magyarul szakállbromélia vagy spanyolmoha –, amely annyira igénytelen, hogy villanyoszlopokon, sőt villanydrótokon is megtelepszik, és éveken át életképes ilyen mostoha „termőhelyen" is. Megfigyelték azt is, hogy egyes orchideafajok levelei tartósabb szárazság idején elszáradnak, az esős idő beálltakor pedig friss leveleket hajtanak.



3. kép Fafojtó *Ficus* törzse, miután a megfojtott gazdafa törzse kikorhadt, és a félepifiton óriásfává nőtte ki magát



4. kép A törzset és elágazásokat dúsan borító epifitonok a kubai Jaguani esőerdő-rezervátumban

A csodálatos trópusi őserdőknek talán legkülönösebb színfoltja az epifiton növények világa, ez a sok szempontból valóban önálló kis világ, melyben a növények és állatok egészen sajátos kapcsolatai alakultak ki. Ezek közül is legérdekesebb a hangyáknak és az epifitonoknak a kapcsolata. Sok hangyafaj nem a rendszeresen átnedvesedő talajban él, hanem fák üregeiben, repedéseiben üti fel a tanyáját. A hangyák által kiszélesített üregek egyúttal kiváló helyek az epifiton növények megtelepedésére is. Egy-egy hangyaboly körül valóságos kis trópusi függőkertek alakulnak ki a különböző páfrányokból, orchideákból és ananászfélékből. Egyes esetekben a hangyák és növények között teljes egymásrautaltságú együttélési forma: szimbiózis jön létre. Így a *Myrmecodia* és *Hydnophytum* fajok nagy, üreges gumóiban rendszeresen tanyáznak hangyacsaládok, amelyek a kapott szállásért és tápanyagért „cserébe" beporozzák a növény virágait.

*

A fennélő és kúszónövények rendkívül érdekes csoportját alkotják a félepifitonok.

E növények magvai fenn a fák ágain csíráznak ki, és epifitonokként kezdik életüket. Később léggyökereket fejlesztenek, melyek húsz-negyven méter ma-

gasságból aláereszkedve a talajban meggyökeresednek. Ezek a „lekúszó növények" afféle fordított liánok, amelyeknek egyes fajai azonban igen veszedelmes élősködők, mint például a fügefélék és borostyánfélék több faja. Ezek is jámbor szálláskeresőkként jelennek meg a gazdafa lombkoronájában, s csak később derül ki, hogy „alattomos gyilkosok", amelyek idővel valósággal megfojtják szállásadó gazdájukat. Léggyökereikkel ugyanis sűrűn behálózzák a fa ágait és törzsét, s ez a fásodó, megszilárduló és legyökerező „léggyökérhenger" fojtó acélkapocsként szorul a közben növekedő és vastagodó gazdafa törzsére, elszorítja és szétroncsolja annak szállítószöveteit, és a gazdafa kiszárad, elpusztul. Az egykori kis epifiton pedig léggyökereit tovább vastagítva összefüggő hengerré feszül, lombjával beborítja a gazdafa elszáradt ágait, s az óriás törzs „tetemére" támaszkodva immár ő növi ki magát óriásfává.

A legtöbb félepifiton, – pl. egyes *Ficus*ok, a somfélékhez tartozó *Griselinia lucida* vagy a borostyánfélék családjának tagjaként nyilvántartott *Nothopanax simplex* – nem válogatós a gazdafákat illetően. Bármely alkalmasnak ígérkező óriásfát hajlandóak megfojtani. Akadnak azonban speciális kapcsolatok is, amikor a fojtogató epifiton magja csak bizonyos fának a törzsén képes kicsírázni, és bár a két növény táplálkozás szempontjából semmiféle kapcsolatban nincs egymással, mégis feltétlen élősködési viszonyban, obligát parazitizmusban élnek egymással. Ilyen a mirtuszfélékhez tartozó *Metrosideros robusta*, amely Új-Zéland szigetein él, és kizárólag a *Dacrydium* nevű fenyőn képes megtelepedni, s így annak mindig végzetszerűen gyilkosa lesz. Az újvilági trópusokon is számtalan példáját látjuk a fafojtó félepifitonoknak. Főleg fügék (*Ficus*) és ördögfügék (*Clusia*) képviselik ezt a hátborzongatóan emberi életformát.



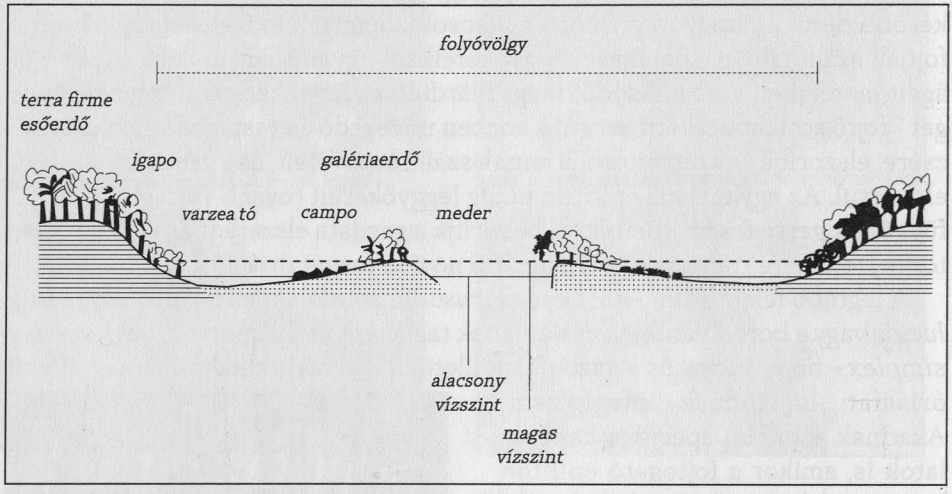
5. kép Egy szívós lián-hajtás által „csavart oszloppá" formált fatörzs a kubai Sierra del Rosario bioszféra-rezervátumban

*

Az élet és halál e jelenségei nálunk is előfordulnak. A liánok életéről hazai erdőink is mesélhetnének az érdeklődőknek, bár a mi liánjaink csak halovány másai trópusi testvéreiknek. De a barátságos örökzöld borostyán, amely oly meghitt hangulatot árasztva vonja be zöldjével a régi falakat, a fának veszélyes

8. ábra

Az Amazonas folyó völgyének alsó szakaszán kialakult növényzet vegetációs szelvénye



ellenségévé válhat, ha felkúszva rá sűrűn elborítja. A Dél-Dunántúlon sok helyütt látni öreg tölgy- és bükktörzseket, melyekre karvastagságú fás borostyánszár kúszik fel és borítja be a fa összes ágait, elsorvasztva azokat a kicsiktől a legnagyobbakig. Különösen téli időben tűnik fel a havas erdőn, amint a fák lombtalan rőt ágai között diadalmasan sötétlik fel – mint valami trópusokról ideszakadt jégkor előtti fa – egy-egy borostyán örökzöldje.

A fojtogató növényekért sem kell a trópusokra mennünk, csak ki a közeli rétre, ahol egy törpe „fűnemű lián": az aranka (*Cuscuta*) garázdálkodik lucerna- és lóherevetéseinkben. A trópusokon azonban mindez sokkal nagyobb tömegben és méretekben, meglepő szépségben és meghökkentő vadságban, valami művészi szertelenségben nyilvánul meg, melynek lenyűgöző hatása alól sohasem tudja kivonni magát az ember.

A zöld pokol

A trópusi őserdőknek három nagyobb elterjedési területe van. Az egyik Délkelet-Ázsiát, Indonéziát, az óceániai szigetvilágot, Ausztrália északkeleti partvidékét és Új-Zéland északi szigetét foglalja magában. Ezek az esőerdők fafajokban rendkívül gazdagok. Míg egész Európa erdeit mintegy 100 fafaj alkotja, csupán Indonézia őserdőiben több mint 2000 fa- és cserjefaj él! A másik nagy esőerdő-terület Afrika egyenlítői tájaira esik, a Kongó-medence, Nigéria és Elefántcsontpart vidékére, ahol az olajpálma, az ébenfafélék, pamutfafélék

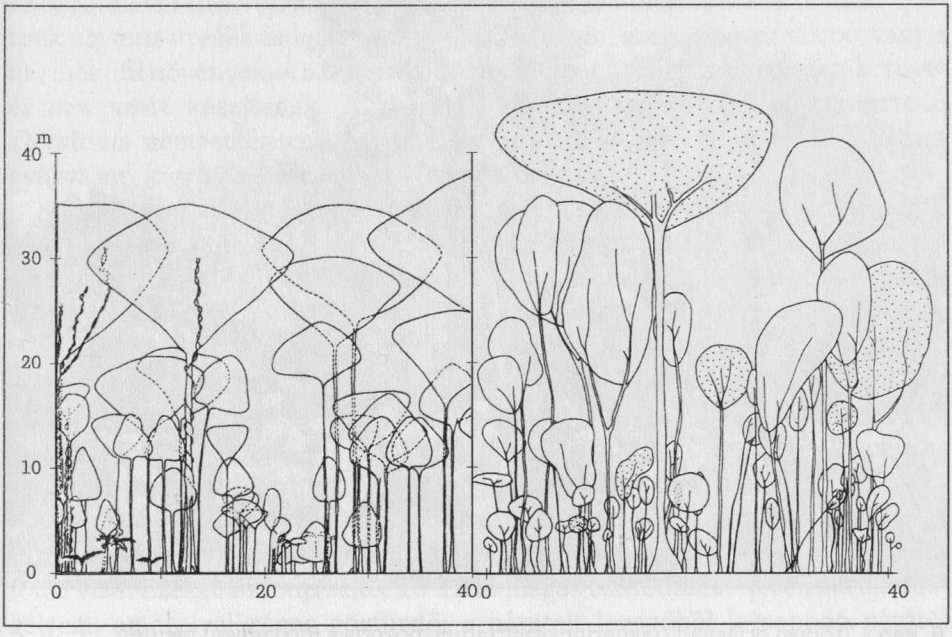
és a kakaó rokonai, továbbá fügefajok sokasága alkotja a sokszintű erdőket. A harmadik és egyben legnagyobb összefüggő esőerdő Dél- és Közép-Amerikában alakult ki, és a közép-amerikai hegyvidéket, az Orinoco felső szakaszát és az Amazonas teljes vízgyűjtőmedencéjét öleli fel. Kiterjedésében, kialakulásában és gazdagságában máig is ez a legszebb, legnagyobb trópusi ősvadon, a forró, párás klímájú, legendás *„infierno verde"*, a zöld pokol.

Ez a hatalmas kiterjedésű ősvadon sokáig ellenállt a kutatók és felfedezők erőfeszítéseinek, s még a századforduló táján is voltak ember nem járta, fehér foltjai a zöld pokol ősrengetegének. Hogy ez a táj titokzatossága és millió veszélye ellenére milyen izgatóan vonzó, s a meglepő jelenségek milyen káprázatos bőségével fogadja a behatoló vendéget, arról a kiváló német geográfus, *Humboldt* lelkes sorai tanúskodnak. Ő másfélszáz évvel ezelőtt a francia botanikus, *Bonpland* társaságában az elsők között merészkedett az Orinoco ősvadonába, s így ír első benyomásairól:

„Amikor az Európából átkelő utazó először hatol Dél-Amerika erdőségeibe, teljesen váratlan természeti kép fogadja. Nem is tudja, mi keltette fel leginkább bámulatát, a magány ünnepi csendje-e, avagy a növényi élet ereje és

9. ábra

Egyenlítői trópusi esőerdő metszete baloldalt (Rio Negro vidéke az Amazonas-medencében) és szezonális esőerdő metszete jobboldalt (Ghana, Nyugat-Afrika) a magasság feltüntetésével



A pontozott koronájú fák lombhullatók.

bősége. Úgy tűnik, mintha a növényzettel túlzsúfolt talajon már nem lenne több térség a további fejlődésre. A fatörzsek mindenütt zöld szőnyegbe rejtőznek, s ha valamennyi orchideát, bors- és Pothos fajt, amelyek egyetlen kurbarilfán vagy amerikai fügefán nőnek, gondosan szétültetnénk, ugyancsak jókora földet fednénk be velük. Ugyanazok a liánok, amelyek a földön kúsznak, felkapaszkodnak a koronáig, és félszáz méter magasságban lendülnek át egyik fáról a másikra. Így hát az élősdi növény kuszasága azzal a veszéllyel fenyegeti a botanikust, hogy a különböző fajokhoz tartozó virágokat, gyümölcsöket és lombozatot összecseréli."

*

Tegyünk mi is egy kirándulást a zöld pokol egzotikus erdeibe. Húzzuk elő indián kenunkat, melyet egy 30 m magasra is megnövő babérféle, az *Ocotea cymbarium* illatos gyantájú törzséből vájtak, fogjuk kézbe az evezőt, helyezzük készenlétbe puskáinkat a krokodilok és kajmánok ellen, a bozótvágó kést a vadonba való behatolásra, s induljunk meg az Amazonason felfelé.

A folyómeder itt, az alsó szakasz kezdetén egy-két kilométer széles, óriási tömegű feketés-sárgás színű vizet hömpölyögtet, amely az árterületekről bemosott agyaghordaléktól ilyen színű. De többféle víz keveredik itt egyetlen



6. kép Trópusi óriásnád *(Gynerium sagittatum)* bozótja a Rio Jaguani mentén

folyammá. A lápos területekről befolyó „fekete vizek" humusz- és tőzeganyagban gazdag barna árja éppúgy elnyelődik a földkerekség legbővebb vizű folyamában, mint a hegyekről alászakadó patakok áttetsző kék vize.

A meder mindkét partján egy cukortartalmú fűféle, a *Gynerium saccharoides* alkot 10 m magas nádasszerű bozótot, amely mögött a folyót kísérő galériaerdő húsz-harminc méteres piritupálmáinak levélcsokrai rajzolódnak az égre. A piritu- vagy pirijaopálma *(Guilelma piritu)* törzsét hatalmas tövisek borítják, levelei tollszerűen szárnyaltak. Gyümölcse lisztes, a tojássárgájához hasonló színű, édeskés és igen tápláló. Úgy fogyasztják, mint a banánt. Vele együtt él a ritkább őszibarackpálma (*Bactris gasipaes*), amely bőven termi a mi őszibarackjainkhoz hasonló ízű, leveses gyümölcsét. Mind a pálmákra, mind pedig a 30 méteres *Perseák* hatalmas törzsére tömegesen kúsznak fel a liánok, farkasalmafélék és *Paullinia* fajok, amelyek egyike (*P. cupana*) koffeintartalmú magvairól nevezetes. Ez a bennszülöttek által guaranának nevezett termés éppoly erős izgatószer, mint a kávé- vagy a kokacserje termése. Kellemesen savanykás, enyhén frissítő hatású üdítőitalt is készítenek belőle.

A sebes folyású partszakaszok mentén megtaláljuk az értékes kurbarilt vagy szöcskefát (*Hymenaea curbaril*), melynek törzse kopálgyantát szolgáltat, s ezért sokféle felhasználásra alkalmas; nedvéből lakkot, firniszt készítenek, törzsét épületfának, ágait fáklyának használják. A hatalmas termetű kurbarilfák és amerikai fügefák (*Ficus gigantea*) alatt vastag törzsű, alacsonyabb fák élnek, amelyek csak a csúcsukon viselnek végálló levélüstököt. Ilyen üstökösfák az ágyúfafélék (*Cecropiaceae*) fajai, amelyeket trombitafáknak is hívnak. Törzsük ugyanis üreges és hangyák tanyáznak benne; ezek is porozzák be, vagyis mirmekofil növények. Az üreges törzsekből a bennszülöttek vízvezetékcsövet és hangszert készítenek. A *Cecropia* fák alatt az eperfafélékhez tartozó *Dorstenia* nemzetség cserjéi alkotnak bozótot, amelyek gyöktörzse becses gyógyszer; kígyómarás ellen és izzasztószernek használják.

Mi azonban izzasztószernek cseppet sem érezzük hiányát. Patakokban ömlik rólunk a verejték, ahogy a galériaerdőn keresztülvágunk. Az ártéri süppedős talaj, a fojtóan párás levegő, a meleg, a szúnyogok és moszkitók hada összhatásában felülmúl mindenféle gőzfürdőt és szaunát. Az ártér alacsonyabb térszínein trópusi mocsárerdőbe érünk, amely csak úgy leheli magából a maláriát. Még szerencse, hogy az erdőt alkotó *Bonplandia trifoliata* kérge kitűnő gyógyszer a trópusi lázak ellen. Ez a természet igazi trópusi előzékenysége: szerezzen be mindent egy helyen! Malária és lázcsillapító, kígyómarás és ellenméreg ugyanott kapható. A trópusi őserdők a nagyközönség szolgálatában!

A galériaerdők túlsó oldalán a folyó mindkét partján széles ártéri mélyedés fekszik, a folyó korábbi medrei, amelyeket évente egyszer elönt a megáradt folyó vize. Ezeket a kiöntéseket 10-12 m magas bambuszcserjések sűrűje szegélyezi, amely valóságos gőzfürdő; a páratelt levegőből lecsapódó párától pillanatok alatt átnedvesedik a ruházat. A sűrűségeket nagy kiterjedésű

mocsárrétek szakítják meg, ezeket hívják camponak. Az ártér legmélyebb részein tavak tükre csillog; ez az ún. varzea, amelyen színpompás vízinövények ezernyi virága ring. Jellegzetes itt a vízijácint (*Eichhornia*) nagy kék virágfürtjével, amely hólyagszerűen felfúvódott levélnyelei segítségével – mint kicsi pontonokon – lebeg a víz színén, az úszó békalencsefélék sok faja között. A vízinövények legszebbike a *Victoria amazonica* (régi ismertebb nevén *V. regia*). Virágai három napig emelkednek ki a tó vizéből; az első nap hófehéren, a másodikon rózsaszínben pompázva, majd harmadnapon bíborvörösen ékeskedik a tó sima tükrén hatalmas, teljesen kerek, különlegesen gyönyörű levelei között. A másfél-két méter átmérőjű levelek fonákja dúsan erezett. A sűrű, kidomborodó erekből tüske- vagy csapszerű hosszú függelékek nyúlnak ki jelentősen megnövelve a levéllemez stabilitását, hasonlóan a vitorlás csónakok svertjéhez. Nem is borulnak fel, akárha kisebb gyerekek kapaszkodnak fel rájuk.

*

Az Amazonas keleti medencéjének szegélyén járunk, két hatalmas folyó, az Araguaia és a Tocantins összefolyásánál, amelyet a két folyó által közbezárt terület alakjáról Papagájcsőrnek neveznek. A két folyó mindegyike akkora, mint a Duna; szélességük eléri a 2–2,5 kilométert. Alig látni át egyik partról a másikra. (Az Amazonast 18 ilyen nagyságú mellékfolyó táplálja). A tíz évvel ezelőtt készült térképen itt még trópusi esőerdők vannak, a valóság azonban más. A brazil olajpálma vagy helyi nevén babaszú (*Orbignya speciosa*) ligetszerű ültetvényei közt a nedvesebb foltokon száraz rizskultúrák, a szárazabb területeken tágas marhalegelők embermagasságú fűcsomói zsombékolnak. A megmaradt néhány kisebb erdőfoltról már az első rátekintésre látszik, hogy ún. másodnövekedésű rontott erdők, alacsony koronaszinttel és bozótos aljnövényzettel, amelyekből az összes hasznos faanyagot már eltávolították és már semmiben sem hasonlítanak egy síkvidéki trópusi esőerdőhöz. Egyvalamire azonban még ezek az „esőerdő-csontvázak" is alkalmasak. Arra, hogy megértsük az esőerdő-éghajlat lényegét. Azt, hogy az esőerdőklíma létrejöttében maga az erdő egy döntő tényező. Azt, hogy erdős és erdőtlen táj között egyetlen más éghajlati övben sincs akkora különbség, mint az egyenlítői éghajlat alatt. Ahol a kimosott farmernadrág az erdőben egy hét alatt sem szárad meg a mindennapos 35 fokos árnyékhőmérséklet ellenére, csak megpenészedik, de az erdő szélén, ahová odasüt a nap, két óra alatt csontszáraz lesz. A trópusi esőerdők kiirtásának az a legsúlyosabb következménye, hogy általa megváltozik az éghajlat.

Tudják ezt jól az őslakosok. Az erdőcskében kis település. Pálmák, gyümölcsfák – mangó, narancs, avokádó – árnyékában kis pálmakunyhók. A kunyhó mellett parabolaantenna. Benn zenegép, televízió, minden kényelem. A gazda kedvesen beinvitál, hideg itallal kínál a hűtőszekrényből. Csodál-

kozva nézek körül. Ilyen jómód mellett kőházra is telne. – Az itt nagyon egészségtelen lenne uram – mondja a gazda. – A kőház itt olyan, mint a kemence, megsülnénk benne.

Az egyenlítői klímában a pálmakunyhó nem primitív, hanem egészséges.

*

Az Amazonas ártéri síkjának szélessége igen változó. A felső folyás mentén alig egy-két méternyi, az alsó szakaszon elérheti a 100 km-t is. A torkolatnál maga a folyó 400 km széles! Az ártéren túl emelkedik az igazi száraz terület, a terra firme, amelynek lábát még ligeterdő, az ún. igapo borítja. Ezek a ligeterdők az év végi áradások idején rendszeresen víz alá kerülnek. A víz magassága a 15 m-t is elérheti. A kedvezőtlen körülmények miatt itt csak kevés növényfaj képes megélni, azok egy része is lehullatja lombját az alsó ágakról az elárasztás idején. Annál gazdagabbak fajokban a terra firme esőerdei. Az óriásfák közül kiemelkedik a teafélék rokonságába, az ágyúgolyófa-félékhez tartozó paradió (*Bertholletia excelsa*), amely 8 év alatt nő meg 40-50 m magasra. Gazdaságilag igen jelentősek a kaucsukfák, mint a *Hevea brasiliensis*, amelynek nedvéért egykor az Amazonas-expedíciók százait szervezték, s amelyet ma már óriási ültetvényeken nagyüzemileg termesztenek Indonéziában is. Rajta kívül értékes nyersgumit szolgáltat az eperfafélékhez tartozó *Siphonia elastica* és *Castilloa elastica* is. A hegyvidéki esőerdőkben már gyakran találkozunk a vörös törzsű, igen becses faanyagot szolgáltató mahagóni- és cedrélafákkal, a *Myroxylon peruvianum*mal, amelynek gyantájából a híres tolubalzsam készül. Gazdaságilag igen fontosak a szágót szolgáltató pálmafajok, melyek törzséből a szágólisztet nyerik, s ebből lepényt, kását és pogácsát készítenek. E pálmák lisztermése messze felülmúlja az ugyanakkora területen termelhető gabonafélék liszthozamát.

És mindenütt rengeteg lián, és majd mindegyik faj méreganyagot vagy gyógyszert, de legtöbbször mindkettőt tartalmaz. Csupa élő, fára mászó gyógyszertár! Itt nőnek a sztrichninfafélék, amelyek közül igen nevezetes a sztrichninfa (*Strychnos nux-vomica*). Kivonata fontos szívgyógyszer. A kuraréfolyondár (*Strychnos toxifera*) főzete a leggyorsabban ható és legerősebb mérgek egyike, a dél-amerikai indiánok rettegett nyílmérge, a kurare. De itt él az ivóvízcserje (*Strychnos potatorum*) is, amelynek magvait víztisztításra használják, mert megőrölt pora kicsapja a vízben levő szennyező anyagokat. Másutt liliomfélék kapaszkodnak a magasba. A *Smilax officinalis* és a *S. syphilitica* az indián népi gyógyászat fontos növényei, amelyeket szasszaparilla néven a vérbaj gyógyítására használnak. És amott... – de lehetetlen elsorolni. Az értékes és érdekes növények sora szinte véget nem érő, a trópusi növényvilág gazdagsága valósággal kimeríthetetlen. Egyről azonban mégis külön kell szólnunk, a magasban élő, csodálatos orchideák világáról.

Ezt a nevet aligha vitathatja el bárki is a trópusi orchideáktól. Az orchideák vagy kosborfélék a növényvilág legnépesebb családját alkotják. Mintegy 22 ezer vadonélő fajuk ismeretes. Ezek kisebb része a mérsékelt égövön él – hazánkban közel 50 vadon termő orchideafajt ismerünk –, túlnyomó többségük azonban az Egyenlítő-vidéki esőerdőkben, az óriásfák ágai között él fánlakó epifitonként, és a magasban nyitja különleges alakú és sokszínű virágait.

Az orchideáknak három nagy trópusi paradicsoma van a Földön. Az egyik a hátsó-indiai szigetvilágban, és különösen Új-Guinea szigetén, a másik Afrikában, a Kongó-medence őserdeiben, a harmadik és leggazdagabb pedig az Amazonas és az Orinoco forrásvidékének hírhedt zöld poklában, Dél-Amerikában. *Humboldt* utazása idején, a 19. század első éveiben, még ősi, érintetlen pompájában virágzott ez a színes, buja vegetáció, melyről elragadtatással írta: *„Egy festő egész élete nem volna elegendő ahhoz, hogy csupán egy szűk térséget nézve át lefesse a perui Andok mély völgyeinek remekszép orchideáit."*

Ez a gazdagság azonban részben már a múlté. Kiterjedt orchideaipar vetette rá magát e területekre, és egy cseppet sem veszélytelen foglalkozást teremtett: az orchideavadászatot. Az orchideagyűjtés állandó életveszéllyel jár, hiszen a magasban függő virágoskertek mindig rejthetnek mérges kígyót, pókot, de legalábbis egy-egy hangyabolyt. Az egyhüvelyknyi (2,54 cm) trópusi hangyák csípése pedig igen veszedelmes; pillanatok alatt centiméteres hólyagot húz a bőr felületén, rendkívül fájdalmas és nehezen múlik el, több csípés esetén pedig súlyos bőrbetegséget, sőt halált is okozhat.

Az orchideacégek nem sajnálták a pénzt; az orchideavadászat veszélyes, de jól fizetett foglalkozás lett. Akik űzték, vállalták a nélkülözést, az, életveszélyt, hajmeresztő kalandokat élve át bejárták Dél- és Közép-Amerika, valamint a Szunda-szigetek olyan rejtett zugait is, amelyek felkeresésére a tudományos kutatás mindaddig szegénynek bizonyult. Munkájuk, erőfeszítéseik azonban elvesztek az emberiség számára, mert felfedezéseiket üzleti titokként kellett őrizniük, nehogy más is megtalálja a ritka orchideákat rejtő, jövedelmező erdőségeket.

Megdöbbentő, hogy az orchideavadászat milyen jóvátehetetlen károkat okozott a trópusi tájakon. A gyűjtők ugyanis nem másztak fel az orchideákért a fákra – ez túlságosan lassú és kockázatos lett volna –, inkább a hatalmas fákat vágták ki. Néhány száz orchideagumóért egész hegyoldalakon irtották ki az erdőt, ahonnan azután a trópusi felhőszakadások lemosták a termőtalajt, és két-három év múltán már csak kopár sziklafalak meredeztek az egykor pazar virágpompájú őserdők helyén.

A gyűjtők tehát nem a virágokat szedték le a fákról – hiszen azok a szállítás során úgyis tönkrementek volna –, hanem az orchideák gumóit vagy a faágakat bevonó mohaszőnyegben gyökerező tőlevélrózsáit, kúszó leveles hajtásait,

amelyekből új virágokat lehet nevelni. Ez a munka különleges klímaházakban folyt, ahol roppant fáradsággal gondozták őket. Mivel hazájukban fákon vagy mohapárnákon megtelepedve élnek, tőzegmohával és fenyőforgáccsal bélelt kosárkákba ültették, vagy szabadon lógó kéregdarabokon termesztették, mint ahogyan azt a botanikus kertek orchideaházaiban is láthatjuk. Sokáig tart, míg a gumók virágzó növénnyé fejlődnek, nemritkán 8-10, sőt 12 évbe is beletelik. Ezért az orchideatermesztés ma már laboratóriumi körülmények közt folyik. A vegetatív hajtás- és levélcsúcsokat tápoldatokban vagy táptalajokon szövettenyésztéssel, az ún. meriklónozás sokkalta gyorsabb módszerével nevelik virágzó növényekké. Közben rájöttek, hogy az orchideák rendkívül könnyen kereszteződnek, és mesterséges keresztezésekkel még tovább fokozható az alakok és színek már eddig is ismert gazdagsága. Mára az ilyen hibridek száma többszörösen felülmúlja a vadon élő fajokét. A növényvilágban egyedül itt találkozunk azzal a különös örökléstani jelenséggel, hogy három különböző nemzetség keresztezéséből is termékeny utód jön létre, ami körülbelül olyan, mintha a juh, a kecske és a szarvasmarha keresztezéséből új, szaporodóképes háziállat születne. A tudomány azonban nem elégedett meg ennyivel. A rekord jelenleg az öt különböző orchideanemzetségből előállított hibrid.

Érthető, hogy a rendkívüli anyagi befektetés, a gyűjtés és termesztés hosszadalmas és kockázatos volta hihetetlenül megdrágította az orchideákat. Az orchideagyűjtés kedvtelését csak gazdag emberek – vagy megszállott rajongók – engedhették meg maguknak. Szokták az orchideákat élő drágaköveknek is nevezni, és ez az elnevezés nemcsak a szirmok ragyogó ametisztlila és rubinvörös színeire utalt, hanem arra is, hogy valamikor az orchideapiacon egy-egy ritka trópusi faj gumója többe került, mint egy azonos súlyú gyémánt.

Önkéntelenül felmerül a kérdés, vajon nem divathóbortról volt itt szó? Bizonyos mértékig igen; de ez mit sem változtat azon a tényen, hogy az orchideák valóban a földkerekség legérdekesebb és legszebb virágai.

*

Az orchideák virága hat, sziromszerű színes lepellevélből áll. Ezek közül a felső három sugáralakban helyezkedik el, vagy sisakszerűen összeborulva védi az esőtől a virág legnemesebb részeit, a porzót és a bibét. A két oldalsó lepel szárnyszerűen vagy karokra emlékeztetően előrehajlik. A legszebb és legérdekesebb az alsó lepellevél. Ez, a másik ötöt színben és nagyságban messze felülmúló, széles és hosszú mézajakká alakul, mely hátrafelé hosszú sarkantyúban folytatódik. Ebben a sarkantyúban foglal helyet a mézfejtő, amely illatos, cukorszerű anyagokat választ ki a rovarok csalogatására. A mézajak vagy labellum a különböző orchideáknál igen változatos alakot ölthet. Lehet papucsszerűen visszahajló, mint a *Cypripedium* és *Paphiopedilum* fajoké, lehet hosszú sallangokra szeldelt, mint a *Stanhopeáké*. A *Cattleya* fajok mézajka

olyan, mint egy csipkezsabó (a férfiak kedvéért: csipkefodor), az *Oncidium*ok virága pedig megtévesztésig hasonlít a nagy trópusi pillangókhoz. A lepellevelek és a mézajak színe egyenesen elragadó. A nálunk élő orchideák általában egyszínűek, és már igen szépnek számít az, amelynek lepellevelein cirmosság vagy más színű rajzolat van. Mindezek azonban szegényesnek tűnnek a trópusi orchideák mellett, melyeknek lepellevelein a legkülönbözőbb színek és árnyalatok sokasága találkozik és olvad harmóniába a halványkéktől a legmélyebb ibolyáig, a sárgától a bársonyos barnáig vagy az izzó bíborvörösig.

Az orchideák azonban nem egyszerűen szép növények, hanem biológiailag is csodák! Fiatal növénycsaládjuk ugyanis a növényfejlődés egyik csúcspontja. Virágaik jó példái a rovarmegporzáshoz való alkalmazkodásnak; egyesítik magukban mindazokat az alkalmazkodási formákat, amelyek a virágos növények sokmillió éves fejlődése folyamán kialakultak. Mint szaporítószervek olyan élettani tökélyre emelkedtek, hogy szinte százszázalékosan biztosítják a megtermékenyítést.

A virágban a lepelleveleken belül egy vagy két porzót találunk, és ezek is ránőttek a bibére. A portokban levő virágpor egy-egy gombóccá tapad össze, amelyekhez rövid nyélen keresztül tapadókorong csatlakozik. A bibe egyik karéja külön arra a feladatra módosult, hogy ezt a tapadókorongot jó minőségű ragasztóanyaggal lássa el.

A virágport és mézet kereső rovar a színes, széles mézajkat messziről észreveszi, és kényelmesen leszállhat rá. A sarkantyúban levő mézfejtőhöz azonban csak úgy férhet hozzá, ha közben a virágporlabda ráragad a fejére nyeles tapadókorongjával, s így a rovar kis sárga szarvacskával távozik. Miközben a másik virágra átrepül, a fején levő portok nyele veszít a nedvességéből és meggörbül, s ez elegendő ahhoz, hogy – a következő virágba behatolva – a virágpor halálos pontossággal kerüljön át a rovar fejéről a bibe érzékeny felületére, ami egyben a megporzást jelenti. Bármikor megfigyelhetjük és megismételhetjük e folyamatot, ha egy ceruza hegyével behatolunk valamelyik közönséges hazai kosborféle, például az agárkosbor (*Orchis morio*) sarkantyújába.

Külön tanulmányt érdemelnének azok a különleges virágbiológiai alkalmazkodások, amelyekben az orchideák kimeríthetetlenek. A *Pterostylis* nevű kosborfélének nagyon érzékeny a mézajka, és mihelyt a rovar rátelepszik, hirtelen felcsapódik és behajítja a rovart a virág belsejébe, ahonnan csak nehezen szabadulhat. A csapdából viszont egyetlen út vezet kifelé: a porzó és a bibe előtt. Így a rovar távozásakor feltétlenül magára szedi a ragacsos virágport. Egy óra múltán a mézajak ismét felveszi eredeti helyzetét és újra ingerelhető. Nem kevésbé érdekes a dél-amerikai *Catasetum*-kosbor virága sem, melyből két hosszú érzőszőr nyúlik ki messze előre. Ha ezeket a rovar megérinti, a virág jó arasznyi távolságra kilövi a virágport, mégpedig úgy, hogy az tapadókorongjával az érintő rovar testére tapad. A dél-amerikai *Coryanthes*-kosbor mézajka olyan, mint egy bíborcsempéjű, vízzel félig telt fürdőmedence. A fel-



V/1. kép Virágzó *Fuchsia*-lián a brazíliai Serra do Mantiquera hegyi esőerdejében



V/2. kép A *Gloriosa superba* nevű lián levélcsúcsaival kapaszkodik



VI/1. kép Az *Angraecum sesquipedale* nevű orchidea arasznyi hosszúságú sarkantyújában rejtett nektárhoz csak különleges lepkefajok képesek hozzájutni



VI/2. kép A banánfélékhez tartozó *Heliconia brasiliensis* a brazíliai esőerdők aljnövényzetének ékessége



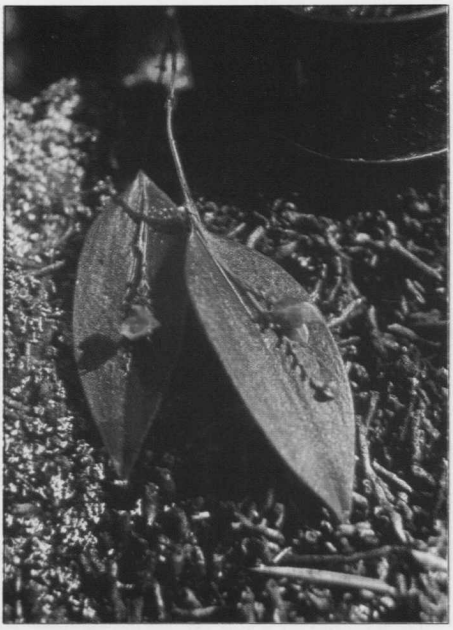
VI/3. kép A brazíliai hegyi esőerdők virága a dísznövényként is ismert inkaliliom, az *Alstroemeria*



VI/4. kép A hegyi esőerdők sziklalakó növényei, a begóniák *(Begonia cubensis)*



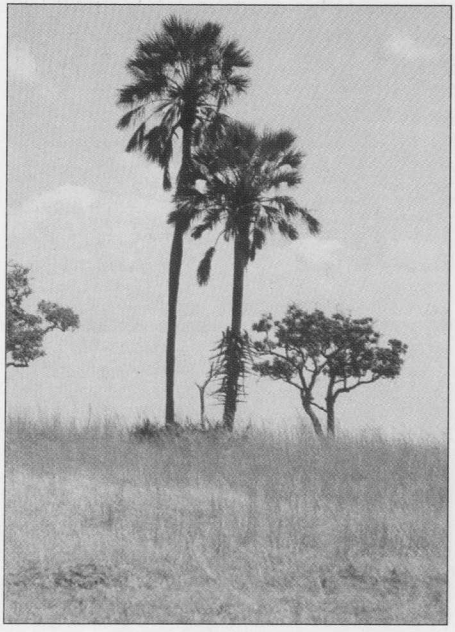
VII/1. kép *Encyclia caracasensis* nevű epifiton orchidea gyöngyfüzérszerű csüngő virágfürtjeivel a venezuelai hegyi esőerdők ékessége



VII/2. kép Miniatűr orchidea *(Lepanthes turquinensis)* 3 mm átmérőjű virágokkal. A méreteket a jobb felső sarokban látható kézi nagyító 2 cm-es pereme mutatja



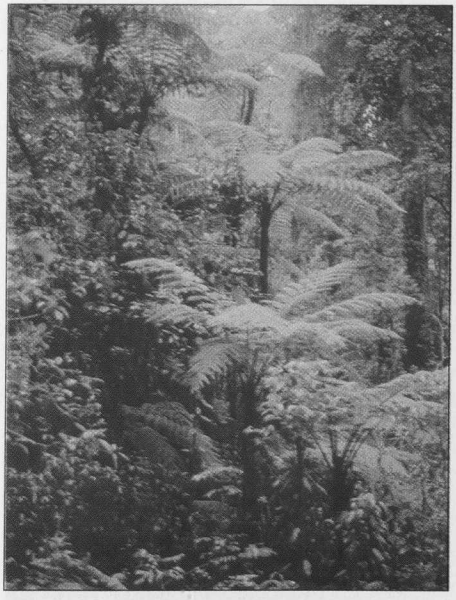
VII/3. kép *Cattleya sp.* eredeti termőhelyén, egy mexikói hegyi esőerdőben a Sierra Madre Sur-ban



VIII/1. kép Borpálmás *(Borassus flabellifer)* afrikai magasfüvű szavanna, a száraz évszak végén



VIII/2. kép A dél-afrikai szavannák tájképi elemei, az *Aloe*-fák



VIII/3. kép Páfrányfás hegyi esőerdő a kelet-afrikai Mafi hegyen 1300 m magasságban *(Cyathea manniana)*



VIII/4. kép Magashegyvidéki mohaerdő 2500 m magasságban a Kilimandzsárón

ső részén mézfejtők vannak, melyeknek valószínűleg kábító hatása is van. A virágra szálló rovarok ugyanis rendszerint bódultan hullanak a vízzel telt medenceszerű mézajakba, amelyből csak a két porzó között, a bibe alatt tudnak kimászni, s így a „fürdővendégek" akarva-akaratlan elvégzik a beporzást.

Nemrég pontos biokémiai vizsgálatokkal derítettek fényt annak okára, hogy egyes *Oncidium* és *Catasetum* fajokat miért csak bizonyos trópusi darázsfajok poroznak be. Kimutatták, hogy a szóban forgó orchideák virágzási ideje és a darazsak nászrepülése egybeesik. A biokémiai vizsgálatok azt bizonyították, hogy az orchideák virágzáskor ugyanazokat a jelző illatanyagokat – ún. feromonokat – termelik, mint a párzó darazsak nőstényei. Ebből érthető az is, hogy ezeket az orchideákat kizárólagosan hím darazsak porozzák be. Egyetlen dolgot nem sikerült még kideríteni e rendkívül érdekes kapcsolatról: hogy melyik fél kérte kölcsön a másik parfümreceptjét?

Egyes orchideák a csalafinta kényszerítés helyett „célprémiumot" tűznek ki a beporzás elvégzésére. A *Maxillaria* nevű orchidea mézajkát fehérje- és zsírtápanyagokban gazdag szőrképletek díszítik, amelyek bizonyos rovaroknak kedvelt csemegéi. A beporzás megtörténte után ezek a szőrképletek egy sejtfallal lefűződve automatikusan leválnak a mézajakról, amely így a rovar számára egyszerre terített asztallá változik, s a virág a jól végzett munka után ebéddel kínálja meg látogatóját.

Az orchideák különös színei, a mézajak bizonyos nemzetségeknél előforduló kehely vagy medence formája miatt még ma is előfordul, hogy laikusok húsevő, ragadozó orchideákról beszélnek, ilyenek után érdeklődnek. Ez a tévhit nyilván a szintén fán élő, rovarfogó trópusi kancsóka és a fán élő orchideák összetévesztéséből adódik, pontosabban az orchideák mézajkának és a kancsóka színes peremű emésztőserlegének összetévesztéséből. A kancsókának (*Nepenthes*) a valóságban semmi köze sincs az orchideákhoz, rokonság szempontjából csak annyira hasonlítanak egymáshoz, mint az ember a kenguruhoz. Az orchideák között egyetlen húsevő vagy rovarfogó növény sincs, és különben is, a rovarfogó növények sem a virágjukkal fogják a rovarokat – a kancsóka sem –, hanem az erre a célra módosult leveleikkel. A ragadozó életmódot folytató növényekről és növényföldrajzi szerepükről később még bővebben ejtünk szót.

Az orchideákat joggal nevezhetjük a növényvilág szépségkirálynőinek, bár a kizárólag Közép- és Dél-Amerika őserdeiben élő ananászfélék se nagyon maradnak le tőlük. Utóbbiaknak ugyan nem annyira a hosszú fürtben álló kicsiny virágaik oly látványosak, mint inkább a virágzatot borító élénkszínű felleveleik. És mégis, mindeme felsorolt alak- és színgazdagság ellenére komoly csalódás éri az utazót, ha azt várja, hogy a trópusi erdő valamiféle óriási, egzotikus üvegház vagy virágkiállítás. Szó sincs róla. A kutató is napokig keresgélhet, míg egy-egy igazán szép, nagy virágú orchideafajt talál. Olyanféle tömeges virágzás pedig, mint amilyen nálunk az akác- vagy orgonavirágzás, az orchi-

deák körében szinte sohasem tapasztalható. Talán az egyetlen kivétel a gyönyörű galamborchidea (*Dendrobium crumenatum*), amely Jáva szigetén kedvező időjárás esetén egyazon napon nyitja virágait, s valóságos fehér virágözönnel borítja el az erdőket.

Ezzel kapcsolatban a botanikusok megfigyelték, hogy míg a mi mérsékelt övi növényeink virágzását az időjárásban bekövetkező felmelegedések idézik elő, addig a trópusokon ennek gyakran az ellenkezője tapasztalható. Éppen Jáva szigetén állapították meg, hogy egy hirtelen lehűlés (a hőmérséklet harmincról 25 °C-ra zuhan alá, ami a trópusokon nagy hőmérsékletváltozás) és egy esti zivatar után 9 nappal menetrendszerű pontossággal köszönt be a galamborchideák virágzása.

A sok ezer orchideafaj között nemcsak szépeket és érdekeseket, hanem hasznosakat is találunk. Legfontosabb számunkra a zöldessárga virágú *Vanilla fragrans*, melynek éretlen termése a vanília nevű fűszert szolgáltatja. Ma már a trópusokon kakaócserjékre futtatva mindenütt termesztik.

Ahol a felhők születnek

Ha az embert az a kivételes szerencse éri, hogy a Föld valamely trópusi táján eljuthat egy természetes, még eredeti állapotában lévő esőerdőbe, két meglepetés éri. Az egyik az, hogy a legizgalmasabb, legszebb, legkimerítőbb előadás, olvasmány, sőt film sem képes visszaadni a személyes találkozás lélegzetelállító fenségességét. A másik az, hogy mindazt a sok különleges életformát, alkalmazkodási típust, alaktani és élettani érdekességet, amelyeket az előző fejezetekben bemutattunk, s amelyek az esőerdők általános sajátságai, szinte sehol sem találjuk meg együtt, egyszerre. Ennek az az oka, hogy sokféle esőerdő létezik (a trópusokon is). Nemcsak úgy, hogy a különböző kontinenseken más-más növények és állatok tízezreiből áll össze az esőerdők lenyűgöző gazdagsága és 80 millió év alatt összecsiszolódott hibátlan működése, hanem azért is, mert ugyanazon földrajzi vagy fejlődéstörténeti tájon belül is jelentős változatosságot találunk, amely a különböző ökológiai feltételek hatására alakult ki. Az első – és talán a legfontosabb – ilyen rendező tényező a tengerszint feletti magasság, és az ezáltal előálló hőmérsékletkülönbség. Ennek megfelelően szokás megkülönböztetni síkvidéki esőerdőket, alacsony hegyvidéki vagy szubmontán esőerdőket, hegyi vagy montán esőerdőket és végül magashegyvidéki esőerdőket vagy köderdőket.

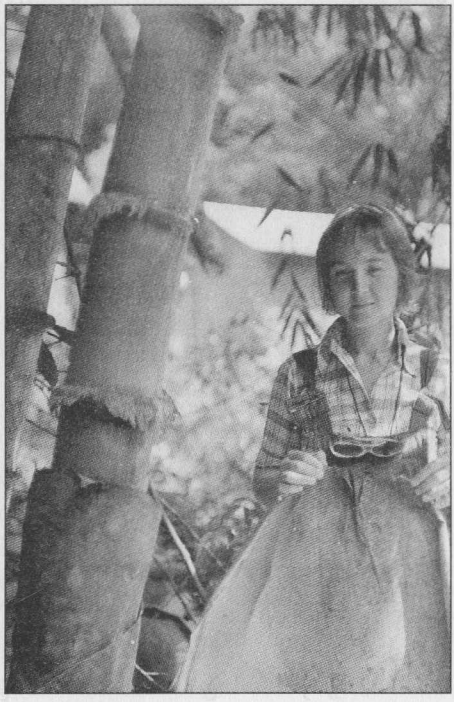
A síksági esőerdő a nagy levelű óriásfák hazája, a palánk- és pillértörzsek és egyéb statikai megoldások gazdag bemutatóterme. Fán élő epifitonokban viszonylag szegényebb ez az erdő, annál gazdagabb viszont felfutó liánokban, különösen a nagy levelű kontyvirágfélékben. Ez a fafojtó félepifitonok, fügék és ördögfügék valóságos bűnbarlangja. A fák között különösen az eperfafélék,

a kakaófélék és a vajfafélék családja uralkodik, de bőven képviseltek a kutyatejfélék és több speciális trópusi család, mint az ágyúgolyófafélék, szárnyasmakkfélék, mahagónifélék. A törzsönvirágzás jelenségével gyakran találkozunk ezekben az erdőkben, viszont szinte teljesen hiányzanak a talajlakó lágyszárú növények, páfrányok. Helyettük a fatermetű, dudvás lágyszárúak uralkodnak, amelyeknek a levélhüvelyei gyakran áltörzzsé alakulnak. Ilyenek a banánfélék, a gyömbérfélék és az alacsony termetű legyezőpálmák.

A szubmontán esőerdők az élet valódi eldorádói, a trópusi növénytermesztés leghatékonyabb övezetei. Az óriásfák, amelyek itt még elérik az 50 m magasságot, de már kis levelűek, főleg a hüvelyesek rendjéből valók. Ez az erdő mindenben gazdag. A fák koronáiban nagy termetű, nagy virágú orchideák élnek, a törzsek szinte nem látszanak a felfutó kontyvirágfélék levélfüggönyétől; a talajt teljesen elfedi a két-három méterre megnövő, dúsan leveles, nagy virágú gyömbérfélék, pletykafélék, s az embermagasságú páfrányok diadalmas zöld falanxa. A korlátlan lehetőségek kihasználására a növényzet új dimenziója is szorítóba lép. Már nemcsak a talajt és törzseket foglalják el újabb és újabb növények, hanem megjelennek a levéllakó szervezetek is, a mikroszkopikus nagyságú epifill zuzmók, s a cserjeszint levelein bevonatot alkotva kialakítják az energiafelvétel új emeletét.

A szubmontán esőerdők általában 800-1000 m magasságig hatolnak fel a hegységekben, magasabb hegyvidékeken azonban akár 1300-1500 m magasságig is. Ez az övezet a kakaótermesztés, a vanília, a kardamom, a mangó, a dinnyefa, a manióka vagy kasszava fő termesztési területe, de termesztenek itt banánt, jackfruitot, golgotagyümölcsöt vagy maracuját, mangosztánát, bilimbit, karambolát, zapotét, avokádót és számtalan más gyümölcsöt és élelmiszernövényt, amelyekről később még szót ejtünk.

Fölötte találjuk a trópusi mérsékelt övet, a hegyi esőerdők övét, amely egész éven át kiegyenlített éghajlatú. A nappalok melegek, az éjszakák pedig kellemesen hűvösek, fagy és hó soha sincs. Itt az erdők lombkoronája már csak két szintre tagolódik, és a felső is csak kivételesen haladja meg a 20 m-es magassá-



7. kép A *Dendrocalamus giganteus* nevű óriásbambusz hajtása és levélhüvelye

got. A fák levelei többnyire kis méretűek, fényesek, szilárdító szövetekben gazdagabbak és sokkal sűrűbben állnak, mint a síksági esőerdők fáinak nagy levelei. Régebbi terminológiával szokták ezeket trópusi babérlombú erdőknek is nevezni, s nem is ok nélkül, hiszen ezekben az erdőkben a fák legnagyobb része a babérfélék családjából kerül ki. Ezek mellé társulnak még – a különböző trópusi hegyvidékeken eltérő mértékben – a mirtuszfélék, borostyánfélék, liliomfafélék, gyöngyfüzérfafélék és teafélék.

Mintha csak virág-, illatszer- és ékszerboltok katalógusát olvasná az ember. Csupa kellem és elegancia! A hegyi esőerdők a földkerekségnek szépségben és látnivalókban talán a leggazdagabb ökoszisztémái. Először is egy csodálatos csipkegyűjtemény, a páfrányok élő múzeuma! Egy erdő, amely belülről kőszénkori páfrányerdőkkel van bélelve. Az erdő lombkoronája alatt a második koronaszintet ugyanis páfrányfák alkotják, melyeknek nagy csúcsálló levélrózsái hasonlíthatatlan finomságú csipkeernyőként borulnak fölénk. Áttört levelű *Cyatheák*, tövises törzsű *Alsophilák* és *Hemiteliák*, ezüstös levelű *Lophosoriák*. A fák törzsére páfrányok csavarodnak, mintha csak liánok lennének, pompás mintájú *Dicranopteris*ek, bodros levelű *Lygodium*ok, tüskés gerincű *Odontosoriák*, tölgylevelekhez hasonló *Drynariák*. Az elágazásokban akár hattagú csókacsaládnak is kényelmes fészket kínáló hatalmas fészekpáfrányok (*Asplenium nidus, A. phyllitidis*), lecsüngő levelű szarvasagancspáfrányok (*Platycerium*) uralkodnak az epifitonszintben, míg lábunk alá csipkeharasztból terül süppedő szőnyeg. A cserjeszintben kávé- és díszlevélfafélék nyitják szépséges virágaikat, de ezek valósággal észrevétlenek maradnak az igazi virágékszerek mellett, amilyenek a nebáncsvirágok (*Impatiens*), az afrikaiibolyák (*Saintpaulia*) és egyéb bársonylevélfélék. A fák törzsein, ágain, a kis termetű és nagy virágú orchideák valóságos függőkertjei pompáznak, amelyekről korábban már bővebben szóltunk.

A páfrányok mellett új, tömeges elemként jelentkeznek a mohák. Nem arról van szó, hogy más esőerdőkben nem fordulnának elő, csak arról, hogy ott még nem játszanak jelentősebb szerepet. Mint előbb a szubmontán esőerdőknél láttuk, a levelek felületén is nőttek zuzmók mint epifill szervezetek. A hegyi esőerdőkben ezt a szerepet is nagyrészt a mohák töltik be. A húsos levelű páfrányfák, a *Marattiák* nagy csipkés leveleit térkép gyanánt borítják be – immár közösen – a zuzmók és a májmohák mikroszkopikus telepei.

Olykor a hegyi esőerdőket mint áthatolhatatlan bozótokat szokták emlegetni. Ennek az oka az, hogy ezek az erdők a különböző földrészeken más-más növényekből állnak. Szűk, nedves völgyekben maguk a páfrányfák is alkothatnak járhatatlan, tüskés dzsungelt. A kelet-afrikai hegyi esőerdőkben vékony törzsű, ujjnyi vastag szárú, kettő-négy méter magas, fatermetű cserjék alkotnak magas gyepszintet, főleg az akantuszfélék családjából, *Mimulops* vagy *Hypoestes* fajok. Ezek a növények az agávékhoz hasonlóan évekig nem virágzanak, majd egyszerre tömegvirágzásnak indul az egész bozót, s azután az

egész állomány elpusztul. A híres afrikai *Mimulops* állományok hétévenként virágzanak. Ilyenkor a fajtól függően csodálatos fehér vagy rózsaszínű díszbe öltözik az erdő alja.

A délkelet-ázsiai és a kelet-afrikai hegyi esőerdőket az változtatja dzsungellé, hogy az alsó koronaszintet helyenként nem páfrányfák, hanem bambusz alkotja. Ha széltörés vagy tűz miatt az erdő lombsátra kinyílik, a bambusz rendkívüli gyorsasággal benövi a támadt rést, és valóban áthatolhatatlan sűrűségeket alkot, amelyeket a bozótvágó késsel felszerelt bennszülöttek is szívesebben kerülnek meg, mintsem hogy ösvényt vágjanak benne.

A hegyi esőerdők öve a teatermesztés hazája. A tea úgyszólván az egyetlen nagyüzemileg termesztett haszonnövény ebben az 1200–2200 m tengerszint feletti magasságban. Újabban azonban egyre nagyobb teret hódít bizonyos haszonfák ültetvényszerű termesztése is. Ezek között az első helyre kívánkoznak a kínafaültetvények, ahol a *Cinchona calisaya* és a *C. officinalis* fajokat termesztik. Nyolc-tíz éves korukra ezeket a sűrű fiatalos állományokat levágják és kérgüket lehántják. A tea világpiaci árának csökkenése óta egyre nagyobb területeken alakítják át a teaültetvényeket, mert a kínafa gondozása kevés munkaerőt igényel, és alacsony az önköltsége. Ezen kívül a kinin iránt az egyre



8. kép Két koronaszintű hegyi esőerdő, az alsó szintben páfrányfákkal a kubai Sierra Maestrában

terjedő malária és a kinintartalmú üdítőitalok (pl. tonik) nagyarányú fogyasztása miatt erősen megnőtt a világpiaci kereslet.

Ugyancsak növekvő területeken létesítenek fahéj- és kámforfa- és trópusi fenyves-ültetvényeket. A hegyi esőerdők övében a *Pinus patula*-ültetvények gyakoriak. Az előbbi két fajt mint fűszer- és illatszernyersanyagot, az utóbbit mint gyorsan növő épületfát termesztik. Az afrikai kámforfa (*Ocotea usambarensis*) illatos olaján kívül a rendkívül szép színű – mahagónibarna – és ellenálló fája miatt is igen keresett, drága fa.

*

A trópusi tengerekről és a széles folyóvölgyek nedves síkságairól a Nap melegének hatására óriási mennyiségű víz párolog el. Ez a páramennyiség a magasba emelkedve kb. 2-3 m magasságban lehűl, és felhő alakjában kicsapódik. Ezt hívják kondenzációs övezetnek. A felhőket a tengeri szelek a szárazföld fölé sodorják, ahol azok a hegyeknek ütköznek, majd a hegycsúcsokon, hegyoldalakon megülnek, körbeveszik azokat. Abban a magasságban tehát, ahol a felhők megszületnek, a hegyeket állandóan nedves, hűvös, páratelt légtömegek fogják körül, amit ködövezetnek nevezünk. Itt alakulnak ki a törpe esőerdők (angolul: elfin forest), amelyeket köderdőknek vagy mohaerdőknek is neveznek.

A köderdők alacsonyak, a fák nem nőnek négy-tíz méternél magasabbra. Alakjuk gyakran cserjeszerű, a földtől elágazó, girbe-gurba törzsű, görcsös ágakkal, mereven álló kis, örökzöld levelekkel. Egy-egy kiemelkedő, kiszáradt fácska – csontvázszerű vézna ágain egy-egy elárvult bromélia tőlevélrózsájával – kísérteties látvány, ahogyan a gomolygó ködből előtűnik. Az erdő legszembetűnőbb jellemvonása azonban nem ez, hanem a minden felületet vastagon beborító mohatömeg. A lábunk bokán felül süpped a mohaszőnyegbe, a fatörzset hatalmas mohapárnák fedik, az ágakról függönyszerűen csüngnek alá a mohafonatok, s még a fák és cserjék levelei is vastagon gyapjasak a rájuk telepedő máj- és lombosmohák csoportjaitól. Ez az erdő örökké nedves, mert ha nem is esik mindig az eső, de az ágak hegyén, a levelek csúcsán, a mohanövénykék milliárdjainak mikroszkopikus hajtáscsúcsain állandóan kicsapódik a túltelített levegő páratartalma. Itt az eső akkor is permetez, ha nem esik.

Mikor a felhőket szétfújja a szél és rövid időre kisüt a Nap, olyan érzésünk támad, mintha mesebeli tündér érintette volna meg varázspálcájával az elátkozott csipkebozótot. A teafélék, viaszfák, csermelyciprusok, hangafélék és mirtuszok levelein és fehér virágain millió gyémántként szikráznak fel az esőcseppek az erős, alhavasi fényben. Pompás harangvirágok, nagy fürtű lobéliák, öklömnyi virágzatú fészkesek és proteák ejtenek ámulatba. A mohaszőnyeg fölött valószínűtlen kecsességgel lebegnek a kis, karácsonyfa alakú korpafüvek (*Lycopodium cernuum*). A látszólag homogén mohapárnák valóságos kis virágoskertek a fák törzsén és ágain, a rajtuk kúszó kígyónyelvpáfrányokkal

(*Elaphoglossum*), s a moha közt megbúvó miniatűr orchideák – *Lepanthes*ek, *Pleurothallis*ok, *Microlepanthes*ek – csak nagyító alatt előtűnő, 1-2 mm nagyságú virágainak gazdag sokaságával.

A mohaerdőknek nincs közvetlen gazdasági jelentőségük. Faanyaguk nem értékes, növényeik nem tartalmaznak iparilag vagy gyógyászatilag nélkülözhetetlen nyersanyagokat. Környezetvédelmi értékük viszont felbecsülhetetlen. A trópusi hegyvidékek és a környező síkságok vízháztartásában játszanak alapvető szabályozó szerepet. A mohaerdők ugyanis részben vastag mohatakarójuk, részben humuszban gazdag talajuk sűrű gyökérszövedékében rendkívül nagy mennyiségű vizet képesek visszatartani és hosszabb ideig raktározni. A mohaerdőknek köszönhető, hogy az évszakosan száraz trópusi síkságokon keresztülfolyó vizek a száraz évszakban sem apadnak el, és egész éven át folyamatos vízellátást nyújtanak a hegylábi és síkségi ültetvényeknek.

Ezek után azt gondolhatnánk, hogy a mohaerdőket semmiféle veszély nem fenyegeti, s mint a hegyvidéki víznyerő területek fontos övezetét, szigorúan védik őket. Sajnos, nem így van; a mohaerdőket is sokfelé pusztítják a trópusi hegyvidékeken. A száraz éghajlatú síkságokról a szegény lakosság valósággal özönlik a hegyekbe – különösen aszályos években –, és tömeges méretekben folyik az illegális földfoglalás. A kiirtott mohaerdők helyén legelők és gyümölcsösök létesülnek, az adott viszonyok között természetesen kis termelőértékkel. Közben a hegyvidék alacsonyabban fekvő, termékenyebb övezeteiben az ültetvények kiszáradnak, a hegységek felső régióiban viszont megszűnik a víz évszakos szabályozottsága. Az özönvízszerű esőzések idején a hegyi folyók megáradnak, lemossák a termőtalajt, eróziót és földcsuszamlásokat okoznak. Minden hektár kiirtott mohaerdőért tíz hektár elsivatagosodott területtel fizetünk – a környező termékeny síkságokon –, ami nagyon rossz üzlet.

Mi lesz veled, esőerdő?

„A világ el van jegyezve a trópusi erdőkkel és sorsukkal" – olvashatjuk abban a könyvben, amely a Nemzetközi Természetvédelmi Unió (IUCN) által kidolgozott, az élővilág megmentését célzó világstratégiáról szól. Hogyan függhet a mi sorsunk itt, Európa közepén attól, hogy tőlünk 8-10 ezer km távolságra, más éghajlati övben, más országokban megmaradnak-e avagy elpusztulnak az erdők? – kérdezheti az olvasó, aki egy sokkal közvetlenebbül érzékelhető háború, vagy a napi gazdasági és politikai gondok nyomása alatt azt gondolhatja, hogy a trópusi erdők környezetvédelmi kérdései alighanem huszadrangúak a világ problémái közt.

Valóban, nincs itt valami túlzás vagy tévedés? – Sajnos, egyre inkább úgy tűnik, hogy nincsen. Lássuk, miről is van szó!

A trópusi esőerdők a földkerekség legtökéletesebben szerveződött életközösségei, amelyek a Nap fényenergiáját egy hétemeletes termelőrendszerben úgyszólván az utolsó fotonig felhasználják. Mint láttuk, e rendszer legfelső emeletét fantasztikus méretű, 50-70 m magas, 300-700 éves óriásfák alkotják, amelyek alatt két további sűrű lombkoronaszint feszül; a felsőt 20-40 m-es fényigényes, az alsót 6-15 m magas árnyéktűrő fák alkotják. Ezek alatt találjuk a cserjék, majd a lágyszárú növények szintjét. A fény felhasználásának hatékonyságát tovább növelik a fák koronájában és törzsein két további szintben megtelepedő fényigényes szervezetek: a felkúszó liánok és a fánlakó epifitonok. Mindezek a szervezetek együtt egy bámulatosan összehangolt kémiai gyárat alkotnak, amelyek faanyagukban, levélzetükben, avarjukban és humuszukban mérhetetlenül nagy mennyiségű, 340 milliárd tonnára(!) becsült széntartalékot halmoztak fel. Ezek a „gyárak" bolygónk leggazdaságosabban működő termelőrendszerei, amelyek ezt az egyedülálló szervesanyag-termelést és -akkumulációt igen kis tápanyagmennyiségek rendkívül gyors forgatásával érik el. A lebomló szerves anyagok tápanyagként azonnal felvevődnek és visszaáramlanak a termelőrendszerbe. Ennek következtében viszont a talajok szervetlen tápsókban igen szegények. Ezért már eleve kudarcra ítélt minden olyan gazdasági elképzelés, amely a trópusi erdők kiirtása után felszabadult területeket kívánja hosszú távú, intenzív mezőgazdasági termelésre felhasználni. Húsz évvel ezelőtt a trópusi talajokat és életközösségeket a Föld kimeríthetetlen erőforrásainak hitték. Ma már tudjuk, hogy a trópusi esőerdők igen gazdag, de rendkívül sérülékeny és gyakorlatilag regenerálhatatlan ökoszisztémák, a trópusi talajok termőereje pedig csak igen gondos, szakszerű kezeléssel tartható fenn.

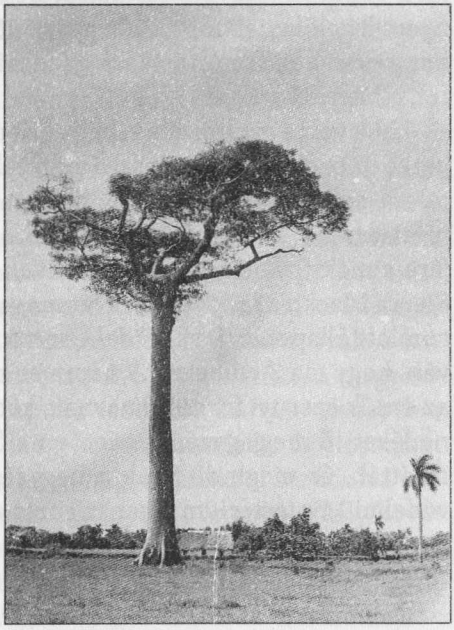
A trópusi esőerdők, amelyeket nagyarányú oxigéntermelő tevékenységük miatt a Föld tüdejének is szokás nevezni, három trópusi kontinensen foglalnak el nagyobb területeket. Dél- és Közép-Amerikában találjuk ma az esőerdők 42 százalékát, Afrikában 37 százalékát, Ázsiában, Ausztráliában és Óceániában pedig 21 százalékát. De mindez csak töredéke az egykori gazdagságnak. A mai napig Latin-Amerika eredeti esőerdőinek 37 százalékát, Ázsia 42 százalékát, Afrika pedig 52 százalékát veszítette el. S az esőerdők pusztulása napjainkban egyre rohamosabb méreteket ölt. Legújabb becslések szerint a trópusi esőerdőket évente 110 ezer km^2-nyi területen vágják ki vagy égetik fel, vagyis akkora területről, mint Hollandia, Belgium és Dánia együttvéve. Ha a pusztítás ilyen ütemben folytatódik, az egyenlítői övezet síkságai és hegyvidékei 70 év múlva teljesen erdőtlenekké válnak.

*

A természeti erőforrásoknak ez a megdöbbentő rombolása számos különböző okból történik. A fejlődő országokban a legsúlyosabb gond a tüzelőellátás és a

váltógazdálkodás néven ismert primitív földművelési mód területigénye. A trópusi országokban több mint másfél milliárd ember főzési és fűtési igényét egyedül fával elégítheti ki, s erre a célra évente mintegy 1 milliárd m^3 fát tüzelnek el. Váltógazdálkodást pedig ma is több mint 200 millió ember folytat, 30 millió km^2-nyi trópusi erdőséget foglalva el, akkora területet, mint egész Afrika. Ez a gazdálkodási mód azt jelenti, hogy kisebb-nagyobb parcellákon kivágják a fákat és felégetik a növényzetet, majd a hamuból és erdei humuszból álló talajba haszonnövényeket vetnek. A termés azonban a harmadik évtől rohamosan csökken, így öt-hat évi termelés után újabb erdőrészt irtanak ki, az előzőleg műveltet pedig parlagon hagyják, hogy azt ismét benője a bozót és az erdő. A parlagon hagyás időtartama a trópusi esőerdőkben 8-15 év. Ennyi idő alatt a megújuló erdőtakaró által termelt szervesanyag-mennyiség ismét művelésre alkalmassá teszi a talajt. Ez a művelési mód kisebb népcsoportok fenntartására évezredeken át eredményes volt, mivel a népesség száma nem emelkedett. Ma azonban a népesség rohamosan nő, a területre ható nyomás fokozódik, a parlagoltatási időszakok egyre rövidülnek, a talajnak nincs ideje regenerálódni, és mind nagyobb területeken megy tönkre.

De a fejlett országok is egyre nagyobb igényekkel lépnek fel a trópusi területekkel szemben. Az értékes trópusi épület- és díszfák iránt megnyilvánuló érdeklődés következtében egyedül Indonéziában négy év alatt 25-szörösére emelkedett a fakivitel. A kelet-afrikai szigethegységeket – amelyek a száraz síkságokból kiemelkedve erdeikkel valósággal kifogják az esőket az óceán felöl áramló monszunszelekből – a gödörfűrészesek (pitsawyer) hada lepi el, különösen aszályos években, amikor a síkságról özönlik fel az olcsó munkaerő a hegyekbe. A pitsawyerek embertelenül nehéz munkát végeznek. Mivel a meredek hegyoldalakon a kidöntött óriásfák több méter átmérőjű, 20-30 m hosszú rönkjeit géppel sem megközelíteni, sem szállítani nem lehet, a helyszínen fűrészelik fel deszkává. Ez oly módon történik, hogy a kidöntött rönkök alá gödröt ásnak, egy ember a rönkre, egy pedig a gödörbe állva függőleges irányban, hosszában



9. kép A mai kultúrszavannán az egykori esőerdőkről árulkodik a hagyásfaként megmaradt óriás pamutfa *(Ceiba pentandra)*

deszkává fűrészeli a rönköt. Mindezt 30 °C-os hőségben, 90-100%-os páratartalom mellett!

De nemcsak a fáért pusztítják az erdőket, hanem nagy hozamú, olcsó legelők nyerése céljából is. Tájékozatlanabb olvasó szellemes reklámnak is gondolhatná az UNESCO Környezetvédelmi Szervezetének lapjában (AMBIO) megjelent mondatot: *„Ha Ön legközelebb egy omlós hamburgerbe harap, ezzel akaratlanul is hozzájárul ahhoz, hogy néhány hektárral több trópusi esőerdőt pusztítsanak el valahol a világon."* Ez a képtelennek tűnő mondat ránk, magyarokra korábban csak akkor vonatkozott, ha nyugati kiküldetésünk vagy turistautunk során – szalámink fogytán – egy-egy olcsó hamburgerrel akartuk éhünket csillapítani. Mára azonban már mi is beléptünk az esőerdő-pusztító, hamburgerfaló, civilizált közösségek táborába, hacsak a magyar hamburger nem magyar marhából készül. A jelenség maga azonban – amit a világgazdaságban hamburgerkapcsolatnak neveznek – cseppet sem lekicsinylendő. Újabban, főleg Latin-Amerikában, szarvasmarha-tenyésztő vállalatok irtják a trópusi erdőket, hogy olcsó hússal lássák el az észak-amerikai és európai gyorsétel-ipart. E vállalkozás méreteiről fogalmat alkothat az olvasó, ha tekintetbe veszi, hogy a „hamburgerizáció" végett évente kb. 20 ezer km^2 – azaz egy fél Dunántúlt kitevő – területről irtják ki a latin-amerikai esőerdőket. Az így nyert legelőket azonban oly gyors ütemben hódítja vissza a bozót, hogy néhány éven belül fenntartásuk gazdaságtalanná válik, s mint értéktelen területet, elhagyják azokat.

Hiba volna azt hinnünk, hogy az erdőpusztítások csak a profithajszolás következtében ölthetnek ijesztő méreteket. Kubában a forradalom után a néphatalom sokfelé engedélyezte, hogy a lakosság épületfaigényét – korlátozott mértékben – kielégítsék. 1979-ben, a forradalom győzelmének 20. évfordulójára emléktúrát szerveztek, amelyen az egykori harcostársak újra bejárták a Sierra Maestra erdővel borított magaslatait. A hegyi esőerdők túlhasznált, leromlott állapotát látva, *Fidel Castro* megdöbbenésének adott hangot, mondván, hogy ma 3 emberrel 3 napra sem tudna elrejtőzni ott, ahol húsz éve még az erdők ezernyi forradalmárnak, két hosszú évig nyújtottak biztonságos menedéket. E megjegyzést követően a Sierra Maestrát nemzeti parkká nyilvánították, és megindították a hegység újraerdősítését. A programot a Honvédelmi Minisztérium finanszírozta.

*

Ahhoz, hogy a trópusi esőerdők fontosságát megértsük, tisztán kell látnunk, hogy milyen következményekkel szembesülünk elpusztításuk nyomán. E következmények között a helyi katasztrófákon és regionális gondokon túlmenően olyan események bekövetkeztére is számítanunk kell, amelyek Földünk egész lakosságát károsan fogják érinteni.

A trópusi esőerdőknek négy alapvető környezetvédelmi funkciójuk van: 1. talajvédelem, 2. vízvédelem, 3. génvédelem, 4. éghajlatvédelem.

1. Talajvédelem. A trópusi esőerdők gyökérszintjének vizsgálatakor megállapították, hogy a talaj felső szintjét 30 cm vastagságban a gyökerek és gombafonalak oly sűrű szövedéke fonja át, amely a talajnak még az esős évszak özönvízszerű felhőszakadásai ellen is tökéletes védelmet nyújt. Egy 30 perces trópusi vihar egy átlagos lejtésű erdőtlen hegyoldal egyetlen hektárjáról 185 tonna(!) termőtalajt képes lemosni. Példaként említhetjük Madagaszkár szigetét, ahol a trópusi erdők 60 százalékát kiirtották, s az évi talajveszteség eléri a hektáronkénti 250 tonnát. De még ennél is nagyobb katasztrófához vezethet a talajok nagyarányú eróziója; a hegyvidékeken földcsuszamlásokat, a víztározók eliszapolódását okozhatja, a síkságokon pedig a folyómedrek, kikötők feltöltődését, növelve ezzel az árvizek gyakoriságának valószínűségét. Kolumbiában és Ecuadorban az esős évszakban bekövetkező földcsuszamlások minden évben több száz ember halálát okozzák. *Alwyn Gentry,* az amerikai botanika zseniális taxonómusa és fitogeográfusa is egy ilyen alkalommal lelte korai halálát. Indiában és Bangladesben az utóbbi időkben katasztrofálissá vált sorozatos árvizek fő okát is a Himalája lejtőin végrehajtott erdőirtásokban keresik.

2. Vízvédelem. A trópusi hegyvidékek esőerdői, különösen pedig az erdőhatárt alkotó köderdők vagy mohaerdők úgy működnek, mint egy háromrétegű gigantikus szivacs. Ennek felső rétegét a sűrű lombsátor alkotja; a középsőt pedig az ágakat, leveleket és minden felületet vastagon borító mohapárna, amely már megjelenését tekintve is szivacsra emlékeztet; végül pedig az erdő sűrű gyökérszövevényétől védett humuszos talaj. Ez a hármas réteg nemcsak arra alkalmas, hogy a hegyekben lehulló nagymennyiségű csapadékot felfogja és raktározza, hanem arra is, hogy nagy felületű mohapárnáival, hosszan lecsüngő szakállzuzmóival a vonuló felhőkből s a megülő ködökből jelentős mennyiségű vizet vegyen fel. Ezek az erdők a trópusok nélkülözhetetlenül fontos vízgyűjtői és elosztói. Nekik köszönhető, hogy az évszakos trópusi klímák száraz évszakaiban folyamatos a folyók vízellátása, s elegendő vizet ad a síksági ültetvények öntözéséhez. Az esőerdők kiirtása elsősorban nem a csapadék mennyiségét változtatja meg, hanem eloszlását és elosztását. Az esős évszakban leeső csapadék a védtelen hegyoldalakról lezúdulva két-három hónapos áradásokat okoz, amelyeket hat-nyolc hónapos aszály követ. Ennek következtében a nehéz öntéstalajok betonkeménységűvé száradnak, felrepedeznek, majd néhány év alatt elszikesednek, termelésre alkalmatlanokká válnak. Az erdős hegyoldalak és virágzó völgyi kultúrák harmóniáját a lepusztult sziklás hegyoldalak és a völgyi száraz bozótok, termeszvárakkal tarkított akáciás félsivatagok lehangoló tájképe váltja fel.

3. Génvédelem. A visszahúzódó erdőkkel együtt eltűnnek a tőle függő növényi és állati közösségek. A trópusi esőerdők azonban nem közönséges élőhelyek, hanem a biológia aranybányái, a természet legtalálékonyabb, leg-

gazdagabb genetikai műhelyei. Míg egy mérsékelt övi erdő egy hektárján sosem él több 10-12 fafajnál, addig egy trópusi esőerdőben akár 200 fafajt is találhatunk hektáronként. A Magyarországénál 20 százalékkal kisebb területű Panama esőerdőiben ötször annyi növényfaj él, mint Magyarországon; annyi, mint egész Európában.

A Föld élővilágának gazdagságát legalább 5 millió fajra becsülik a tudósok, de nincs kizárva, hogy ez a szám akár 30 millióra is rúghat. A tragédia nemcsak abban áll, hogy az évezred végére ebből az 5 millió fajból – az esőerdők elpusztításának következtében – várhatóan 1 millió ki fog pusztulni, hanem elsősorban abban, hogy ez a mérhetetlen genetikai forrás, a természet 150 millió év alatt lefolytatott nemesítő és kiválogató tevékenységének eredménye, nagyrészt úgy fog kicsúszni a kezünkből, hogy azt sem tudjuk, mit vesztettünk.

Mert tény, hogy a Föld élővilágát még korántsem fedeztük fel! Az említett 5-30 millió fajból kb. 300 ezer növény- és több mint 3 millió állatfaj még ismeretlen a tudomány számára, és ezeknek 80-90 százaléka a trópusokon él! Csupán a trópusi esőerdők fajgazdagságát több mint 2 millióra becsülik, ami azt jelenti, hogy a világ genetikai sokféleségének mintegy fele a Föld felületének mindössze 6 százalékára koncentrálódik. És mi éppen ezt a hat százalékot pusztítjuk vészes sebességgel!

A Földön tehát óriási feltáratlan génmennyiség lappang, amely egyrészt még nem került hasznosításra, másrészt bármely pillanatban ki van téve a pusztulás veszélyének. Mert az ismeretlenség egyúttal a védtelenséget is jelenti az élőlények számára napjainkban, amikor az őserdőt előbb a buldózer „tárja fel", és csak azután a biológus. Esztelen módon teljes fajokat és ökoszisztémákat pusztítunk el, még mielőtt a tudománynak akárcsak esélye is lett volna, hogy megismerje, tanulmányozza s az emberiség javára felhasználja azokat. Ez az ismeretlen élővilág a jövő sok-sok sikeres élelmiszernövényét vagy nagyhatású gyógynövényét rejtheti magában!

Egy nemrég megjelent trópusi mezőgazdasági könyv közel ezer olyan vadon élő növényfajt tárgyal, amelyek ígéretes genetikai források a jelenleg használt trópusi élelmiszer- és ipari növények hozamának, minőségének, ellenálló képességének növelésére. Egy másik könyvecske 1145 olyan növényfajt sorol fel, amelynek terméseit gyümölcsként fogyasztják a trópusi országokban. E növényfajok 75 százaléka még teljesen kihasználatlan mezőgazdasági erőforrást képvisel.

Számtalan kémiai termék, amely a gyógyszergyártás alapanyaga, trópusi növényekből származik: a sztrichnin, ipekakuána, rezerpin, kuráre, kinin, diozgenin; a tubagyökér vagy a derris, a rovarölő szerek alapanyagai. De rengeteg ipari nyersanyag is a trópusi esőerdőkből származik: illó- és kenőolajok, gumik, mézgák, gyanták, rost- és cserzőanyagok, terpentinek stb. Nem mindennapi értékekről van szó. A növényi és állati eredetű gyógyszer-alapanyagok évi kereskedelmi világforgalma meghaladhatja a 80 milliárd dollárt, a bio-

technológiával kifejlesztett termékek forgalma pedig már meghaladta a 10 milliárd dollárt. Mindezt abból az élővilágból nyerjük, amelynek tulajdonságairól, felhasználható anyagairól rendkívül keveset tudunk. Hiszen vegyi összetételét tekintve a növényvilágnak csak 10 százalékát, az állatvilágnak pedig mindössze 1 százalékát ismerjük!

Mit rejthet számunkra az az ismert élővilág, amit még nem vizsgáltunk meg? És milyen elképzelhetetlen értékek és lehetőségek rejlenek az élővilágnak abban a nagyobbik felében, amelyet még fel sem fedeztünk? Vajon lesz-e lehetőségünk egyáltalán, hogy megismerjük mindezeket?

4. Éghajlatvédelem. A trópusi esőerdők kiirtása többféle módon is maga után vonja az éghajlat helyi és regionális méretű megváltozását, és ezek mindegyike súlyos gazdasági veszélyeket von maga után. A trópusi hegyvidékekről például köztudott, hogy azok a teatermelés legfontosabb területei. A tea optimális növekedéséhez egyenletesen magas – legalább 85-90%-os – légnedvesség szükséges, amelyről az ültetvényeket körülvevő esőerdők gondoskodnak. A pitsawyerek tevékenysége nyomán ezek a véderdőövezetek egyre keskenyebbekké és foghíjasabbakká válnak, a légnedvességet szabályzó hatásuk csökken. Ennek következtében a leszüretelhető friss hajtások kifejlődésének időtartama 7-10 napról 2-3 hétre tolódik ki; a hajtások rövidebbek, a levelek kisebbek lesznek, bőrszövetük megvastagszik. Mindezek már első lépésként a teatermés 25-50 százalékos mennyiségi és minőségi romlását jelentik. Következő lépésként a szárazabb foltokon a teacserjék száradásnak indulnak, az ültetvény kiritkul. Ettől a mikroklíma egyre szárazabb, az állomány tovább pusztul, és így megy ez láncreakciószerűen. Ahogyan az erdőirtás halad felfelé a hegységekben, úgy nyomul a mindinkább hátráló erdőhatár után az emberi kultúra, a felhagyott kultúrák nyomában pedig behatol a hegységek belsejébe a sivatag.

Az esőerdők elpusztítása azonban sokkal mélyebb és messzebbre ható változásokat is előidéz éghajlatunkban. Óriási területen megváltozik például a felszín fény- és hővisszaverő képessége. Ez az ún. albedó-effektus. Az albedó az a szám, amely megmutatja, hogy a különböző színű és szerkezetű felületek a beeső napsugárzás hány százalékát verik vissza a légkörbe. A trópusi esőerdők a napsugárzásnak csupán 8-14 százalékát verik vissza, ezzel szemben a helyükön létesített rétek, szavannák a nedves évszakban ennek kétszeresét, a száraz évszakban pedig három-négyszeresét juttatják vissza a légkörbe, jelentősen növelve ezzel a trópusi légkör hőterhelését. Egyidejűleg megnövekszik a terület hőmérsékleti ingadozása is, tekintve, hogy az erdőtlen felszín nappali felmelegedése és éjjeli lehűlése is nagyobb, mint az erdős tájaké. Ennek következtében a trópusi szárazulatok és tengerek fölött elhelyezkedő légterek közti hőmérsékleti és légsúlykülönbségek is meg fognak növekedni, ami maga után vonhatja a légkörzési rendszerek módosulását, a ciklonok sűrűsödésének és erejének megnövekedését.

Ma még nehéz pontosan meghatározni, hogy milyen mértékben befolyásolja a trópusi esőerők „operatív eltávolítása" a hosszú távú klímaváltozásokat. Annyi azonban bizonyos, hogy ezek az erdők a földi légkör legfontosabb CO_2 csapdái. Működésük nélkül tovább növekszik a szén-dioxid légköri felhalmozódása, amelyet energiaigényes életvitelünkkel – fosszilis energiaforrásaink (szén, olaj, földgáz) elégetésével – amúgy is elősegítünk. A CO_2 atmoszferikus felhalmozódásának jogosan várható következménye a földi légkör hővisszatartó képességének – az ún. üvegházhatás – megnövekedése, ami az éghajlat globális felmelegedését vonja maga után. Klimatológusok és biológusok számos modellt készítettek arról, hogy a küszöbön álló évszázadban milyen következményei várhatók ennek a tendenciának. Az éghajlat általános felmelegedésének egyenes következménye a gabona- és a gyümölcstermés átlagainak rohamos csökkenése, amely különösen a nagy gabonatermő övezeteket fogja katasztrófával sújtani. De nem hagyható figyelmen kívül olyan várható következmény sem, hogy a sarki jégsapkák olvadásnak indulásával a világtengerek szintje oly mértékben emelkedik majd meg, hogy nagyon sok parti övezet víz alá fog kerülni. Ez egyaránt megnövelheti az igen termelékeny kontinentális talapzatok kiterjedését, de a szennyeződés fokozódását is.

*

Természetesen az ilyen prognózisokat megalapozatlan hisztériakeltésnek bélyegzik azok, akik az esőerdők kiirtásából búsás hasznot húznak, s ezek között, sajnos, nem egy ország vezető politikai és gazdasági körei is megtalálhatóak. Sajátos módon, az űrháborús és egyéb horror jellegű sci-fi könyvek és filmek nem minősülnek a hisztériakeltés eszközeinek, de a tudósok komoly kutatásokra alapozott és többnyire igen mértéktartó környezetprognózisai – igen. Az pedig aligha a tudósok bűne, hogy ezekből az óvatos előrejelzésekből is a jövő apokaliptikus képei rajzolódnak ki, hanem sokkal inkább azoké, akik nem hajlandók ésszerűen gazdálkodni a Föld ránk maradt gazdagságával.

Ez a folyamat ma még nem megállíthatatlan. A tudósok nemcsak rémisztgetik a jövő képeivel a hivatalos szerveket meg az átlagpolgárt, hanem programcsomagot is ajánlanak az esőerdők megmentésére, méghozzá messzemenően szem előtt tartva a gazdálkodás szempontjait is.

Mit tartalmaznak ezek az ajánlások?

a) A még meglevő esőerdőket – mint a víznyerés, a talajvédelem és a genetikai alaptartalékok legfontosabb bázisait – fenn kell tartani!

b) Meg kell gyorsítani az esőerdők élővilágának biológiai és biokémiai feltárását.

c) Tűzifa-ültetvényeket kell létesíteni az esőerdők tehermentesítése érdekében.

d) Az esőerdő iparilag hasznosítható haszonfáit, élelmiszer- és gyógynövényeit ültetvényeken kell megtermelni. Ennek érdekében jól megtervezett, stratégiailag elhelyezett és irányított termelőerdőket kell létrehozni, nemcsak a pillanatnyi, hanem a távlati igények kielégítésére is.

e) A váltógazdálkodás helyett az agrár-erdészeti farmok termelőrendszereit kell bevezetni és meghonosítani, hogy a földművelő családok maguk termeljék meg épület- és tűzifaszükségletüket is. Számos ilyen agrár-erdészeti rendszert dolgoztak ki a különböző trópusi övezetek számára, és több nemzetközi program foglalkozik ezek bevezetésével és betanításával.

f) Minden országban – nemcsak a trópusiakban – meg kell erősíteni a természetes erdei erőforrások védelméért és irányításáért felelős kormányzati szerveket.

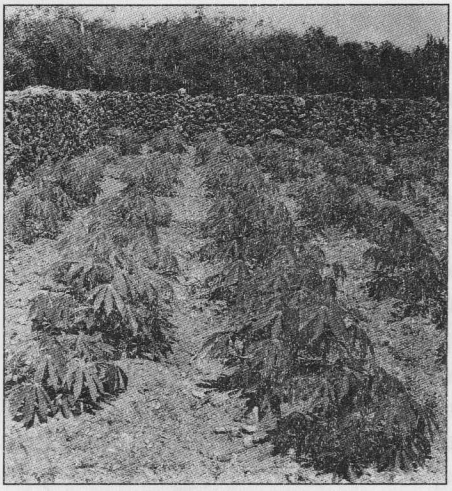
A fenti ajánlások végrehajtására történtek elszigetelt kezdeményezések. Az UNESCO környezetvédelmi programja (UNEP), különböző tudományos szervezetek, sőt egyes kormányprogramok is működnek az iménti célok érdekében. A Magyar Tudományos Akadémia az 1980-as években két ilyen trópusi környezetvédelmi programnak is résztvevője volt. Hiányzik azonban az a legfelső szintű, általános nemzetközi összefogás, amely az esőerdők megmentésének ügyéhez feltétlenül szükséges lenne.

„A trópusi esőerdők pusztulásával előálló helyzet lebecsülését jól mutatja az a tény, hogy az Európai Űrkutatási Ügynökség 34 millió dollárt szavazott meg egy olyan műhold felbocsátására, amely 1986-ban 2 órán át közelképeket készített a Halley-üstökösről; – de senki sem ajánlott fel egyetlen centet sem, hogy a trópusi esőerők állapotáról készüljenek műholdfelvételek, amelyek pedig elősegíthetnék, hogy pontosabb képet nyerhessünk egy olyan problémáról, amely az egész emberiség jövőjét érinti" – nyilatkozta a Vadvédelmi Világ Alap (WWF) egyik tisztségviselője, több mint 10 évvel ezelőtt.

Az Amerikai Egyesült Államok ma is százmilliárdokat költ űrkutatási és rakétafejlesztési programokra, de nem vállalja az emissziós gázok kibocsátásának radikális csökkentését. Az pedig a környezetpolitika legcinikusabb megnyilvánulása, hogy a nagy légszennyező országok „megvásárolják" a kisebb emissziót produkáló országoktól a „szabad emissziós kapacitásukat", ahelyett, hogy saját szennyezésüket korlátoznák, illetve csökkentenék.

Kakaó, kaucsuk, kókusz és a többiek

Ahol a trópusi esőerdőket kiirtotta az ember, ott ma trópusi ültetvények terülnek el mindenütt az Egyenlítőtől északra és délre egyaránt a 10. szélességi fokig. Ezek a trópusi ültetvények az éghajlat jellegéből adódóan merőben mások, mint a mi mérsékelt övi szántóföldi kultúráink. A mi termesztett növényeink az egész mérsékelt égövön ugyanazok a növények. A fő termények Észak-



10. kép Fiatal maniókaültetvény *(Manihot utilissima)* Tanzániában

Amerikában éppúgy a búza, a kukorica és burgonya, mint Eurázsia mérsékelt övi tájain. És ezek a növények túlnyomó részben egyéves lágyszárúak, amelyeknek vetéseit minden évben meg kell újítani, míg az évelők – mint pl. a szőlő és a gyümölcsfák – termőterületei a szántókének csak a töredékét teszik ki.

A trópusokon ezzel szemben sokkal nagyobb a termesztett növények változatossága. Mások a fő élelmezési növények Dél-Amerikában, Afrikában és Indiában. A másik jellegzetes sajátság pedig az, hogy ahogyan a trópusi táj természetes növénytakarójában is a fák uralkodnak, ugyanúgy az ültetvényeken termesztett növények túlnyomó része is fa vagy cserje, sőt a lágyszárú termények is – mint a banán vagy a cukornád – évelők, amelyek termőterületeit nem kell évről évre megújítani.

Négy olyan trópusi kultúrnövény van, amely az egész Föld lakosságának élelmezése szempontjából jelentős: a kakaó, a banán, a cukornád és a kávé. Ez utóbbi három azonban alkalmazkodott az évszakos trópusi területek éghajlatához, termesztésük ott sokkal kiterjedtebb, s mi is ott fogunk bővebben szót ejteni róluk.

A kakaó azonban nem termeszthető másutt, csak a síksági esőerdők örökké párás, nedves, forró egyenlítői éghajlata alatt.

*

Az olümposzi istenekről azt tartották: abban különböznek az emberektől, hogy halhatatlanok és italuk a nektár. Hogy mi volt az istenek eledele, arról megoszlott az ókori görögök és rómaiak véleménye. Az aztékok viszont határozottan állították, hogy az istenek eledele a kakaó, amelyet maga Quetzalcoatl főisten – a félelmetes, emberáldozatot kívánó Tollaskígyó – adott (később) az embereknek. Az ősi mexikói legenda él ma is a kakaó (*Theobroma cacao*) tudományos nevében: theobroma görögül – az istenek eledele.

A kakaófa mintegy 8 m magasra nő meg, de termesztik kisebb termetű alakjait is, amelyek nem haladják meg az embermagasságot. Az éghajlati ingadozások és különösen a viharok erősen megkárosítják, ezért gyakran magasabb fa alá ültetve árnyékolják. Az ilyen „védőfákat" már az aztékok is

használták. A kakaófák általában ötéves korukban hozzák az első termést, és 40-50 évig tartják meg termőképességüket. Ezután az ültetvényt újra kell telepíteni.

A fa kicsiny virágai a törzsön fakadnak – kauliflórok –, s ugyanígy a törzsön és a vastagabb ágakon fejlődnek ki a kb. 20 cm hosszú toktermések, amelyek a kakaóbabot tartalmazzák. A terméseket leszedve elássák vagy nedves helyen összezsúfolva néhány napig fermentálják, hogy a bab elveszítse nyálkás burkát és kellemetlen mellékízét. Az érlelés után pörkölik, és így nyeri el földolgozásra alkalmas formáját. Felhasználása igen sokrétű, az élelmiszer- és édesiparon kívül a kozmetikai iparnak is jelentős nyersanyaga. Brazília keleti partvidékén kívül nagy mennyiségben termesztik még Közép-Amerikában, valamint Afrika egyenlítői területein, elsősorban Elefántcsontparton, Ghánában, az Aranyparton, Nigériában és a Guineai-öbölben.

*

Amikor még kaucsukgyűjtő expedíciók járták az Amazonas-vidék őserdeit, hogy a nyersgumit gyűjtve hónapokig éljenek a dzsungelben embertelen körülmények között, drágán fizette meg az ember a kaucsukot. Az éghajlat, a trópusi betegségek, az alligátorok és kígyók bőven szedtek áldozatot; minden tonna nyersgumi az expedíciós költségeken és munkabéren kívül még átlag 7 ember életébe is került.

Ma a kaucsukfát hatalmas ültetvényeken termesztik a trópusokon. Ez a fa a talajjal szemben nem különösebben igényes, annál kényesebb az éghajlatra, mert az év minden szakában nagy meleget és bőséges csapadékot kíván. A fiatal fák alá hüvelyeseket vetnek, hogy megóvják a talajt a kilúgozódástól és növeljék ásványianyag-tartalmát. A fákat hétéves korukban – amikor törzsük már mintegy fél méter vastag – csapolják először, V-alakú karcolásokat ejtve a kérgükön. A kaucsukhozam kb. 15 éves korukban éri el a maximumát; 40 éves korára az ültetvény elöregszik, és újra kell telepíteni.

*

A trópusi tengerpartok legelterjedtebb haszonnövénye a kókuszpálma. Felhasználhatósága bámulatosan sokrétű: ételt és italt szolgáltat, fája remek építőanyag, terméshéja edényül szolgál, s még gyógyszert is készítenek belőle. Gyökeréből kefe készül, de keserű gyökérkivonata egyszersmind kiváló toroköblítő szer is. A kókuszpálma a szó szoros értelmében első sejtjétől az utolsóig felhasználást nyer. Nem csoda, ha a trópusokon igen sokra értékelik

Egy indiai legenda szerint a kókuszpálmát maga Indra főisten teremtette, amikor a Paradicsom kapuja előtt bebocsátásra váró Trinszaku nevű kegyeltje részére az ég és föld között egy lebegő tartózkodási helyet – mai szóhasználat-

tal élve űrállomást – készített. A kókuszpálma ételt, italt, árnyékot és menedéket nyújtott Trinszakunak. Amikor aztán bebocsátást nyert a Paradicsomba, a főisten fölszámolta a fölöslegessé vált űrállomást, de közben egy-két kókuszdió a tengerbe pottyant és megtelepedett a Földön.

A kókuszdió valóban igen ellenálló; gyakran hónapokig hányódik a tenger hullámain, de megtartja csírázóképességét, s a tengerből kibukkanó terméketlen korallzátonyokon az élővilág első hódító telepese. Nagyon sok déltengeri szigetnek egyetlen haszonnövénye ez a „mennyei fa". Termése a kókuszdió, melyet kívülről háromrétegű csontkemény héj borít, s ezen belül találjuk a tulajdonképpeni magot. Ezt vékony barna héj fedi, belül pedig fehér, kocsonyás, igen magas olajtartalmú anyag van: a kopra, amelyből a főzésre alkalmas pálmazsírt, megőrölve pedig cukrászati alapanyagot készítenek. A koprától körülvéve kicsit zavaros vízszerű folyadék található, a kókusztej – helyesebben kókuszvíz –, amely jelentős ásványisó- és cukortartalma miatt igen tápláló, sőt gyomor- és bélbántalmak ellen orvosság is. Az éretlen kókuszdió sok „tejet" és kevés koprát tartalmaz, míg éretten a kopraréteg egyre vastagabb, a folyadék pedig fokozatosan elapad. Ezért a tejéért árusított diót éretlenül szüretelik. Számos trópusi országban az utak mentén hűtőszekrényben tárolva árulják a leves kókuszdiókat, amelyeket ügyesen lékelnek, sőt kívánatra egy kis rummal „fel is javítanak".

A kókuszdió csontkemény héját elszenesítik, s mint igen finom eloszlású aktív faszenet a cukoriparban alkalmazzák a cukoroldat tisztításához. A külső termésfal rendkívül ellenálló háncsrostot szolgáltat, amelyet a híres kókuszszőnyeg és egyéb háncsfonatok készítésére használnak.

A legnagyobb kókuszültetvények Elő- és Hátsó-Indiában, Srí Lanka szigetén, Indonéziában és a Fülöp-szigeteken vannak. A legnagyobb termésű fajta a Seychelles-szigeteken terem. Itt egy-egy kókuszdió több kg súlyú is lehet. Ezt a fajtát azonban nem érdemes ültetvényeken termeszteni, mert csak 50 éves korában fordul termőre. A termesztett fajták ezzel szemben már ötéves korukban meghozzák első termésüket.

*

Amióta rájöttek, hogy a burgonyának nem a mérgező alkaloidokat tartalmazó bogyótermését, hanem keményítőben gazdag gumóját kell fogyasztani, a mérsékelt égövi népek táplálkozásában a burgonya mint keményítőforrás szinte egyenrangú lett a gabonafélékkel. A trópusokon a burgonyát más gumós keményítő-növények pótolják, mint pl. az édesburgonya, a jamszgyökér, a táró és a manióka.

Az édesburgonya vagy batáta (*Ipomoea batatas*) hazája Dél-Amerika. Ez a szulákfélék családjába tartozó egyéves kúszónövény tekintélyes nagyságú föld alatti gumót fejleszt, amely igen sok keményítőt és némi cukrot is tartalmaz.

Íze édeskés, egyébként hasonló módon készítik el, mint nálunk a burgonyát. Előnyös tulajdonsága, hogy négy-öt hónap alatt „termést" hoz, azaz gumót nevel, nem érzékeny és nem munkaigényes növény. Nagyban, a kereskedelem számára mégsem termesztik, inkább csak konyhakerti növény. Fejlődésének korai szakaszában éppúgy vízborítást igényel, mint a rizs, de sokkal rövidebb ideig, és kb. ugyanannyi termést ad.

Sokkal elterjedtebb – különösen Dél-Ázsiában – a jamszgyökér (*Dioscorea batatas*), amely éppúgy kúszik, mint nálunk élő rokona, a pirítógyökér (*Tamus communis*). Bambuszkarókra futtatva termesztik. Egyes fajtái a talajban, mások a föld felett hozzák gumóikat. Bizonyos fajtái mérgező alkaloidokat tartalmaznak, ezért főzetüket el kell önteni. Nemesítése és nagybani termesztése érdemesnek látszó feladat, mert a nagy hozamú jamszgyökér jelentősen helyettesítheti a rizst a trópusi ember táplálkozásában.

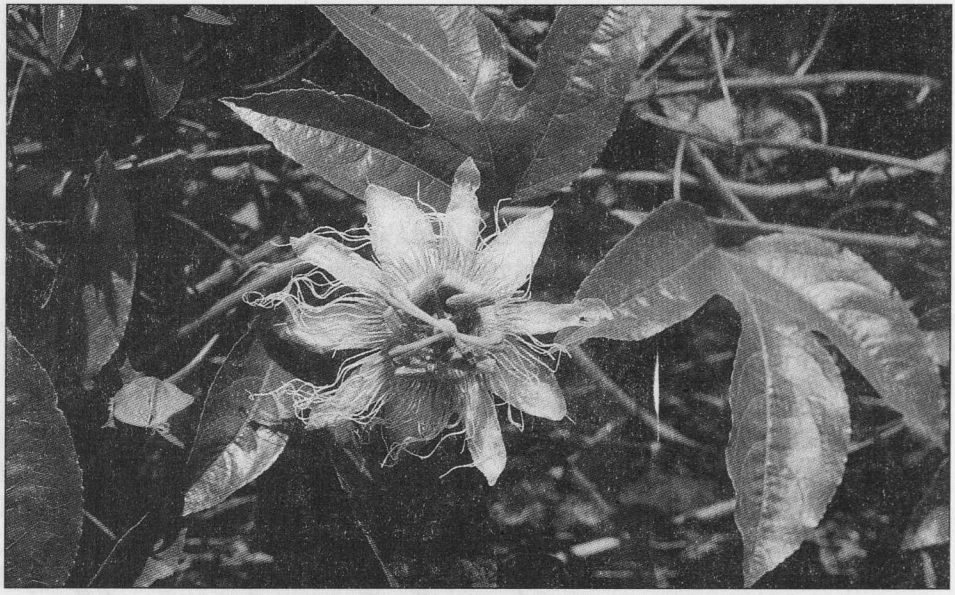
A táró vagy malanga (*Colocasia esculenta*) a mi kontyvirágunk rokona. Indiából származik és elárasztott vetései a rizskultúrákhoz hasonlóan főleg Dél-Ázsiában terjedtek el. Különösen a rizsvetések öntözőcsatornáiban termesztik, miután az elárasztást befejezték. Igen gyorsan fejlődő növény, gumós gyöktörzsét fogyasztják.

A legjelentősebb gumós növény a trópusokon a dél-amerikai származású manióka (*Manihot utilissima*), amelyet főleg a latin-amerikai és afrikai államokban termesztenek. A manióka a ricinushoz hasonlóan a kutyatejfélék családjához tartozik (levelük is hasonló). Többéves cserje, 2-3 m magasra is megnő. Kemény gyökerei megvastagodnak s a dáliagumóhoz hasonló alakúak lesznek, csak sokkal nagyobbak. Hosszúságuk meghaladhatja a fél métert, egy-egy gumó tömege pedig elérheti az 5 kg-ot. Sok fajtája mérgező, mert ciánsavat tartalmaz. Ezeket a „keserű" maniókákat csak hosszas főzéssel vagy erős kisütéssel lehet fogyasztásra alkalmassá tenni.



11. kép Törzsön fejleszti tokterméseit a kakaó

A maniókagumók keményítőtartalma két-háromszorosa a burgonya- és egyéb gumókénak, s a trópusokon ipari keményítő nyerése céljából is termesztik. Ezt a szárított keményítőt tápióka néven hozzák forgalomba, és nagyon sok európai



12. kép A maracuja vagy passiógyümölcs virága a golgotavirág *(Passiflora edulis)*



13. kép Virágzó ananász a tanzániai Kihuhwi falu mellett

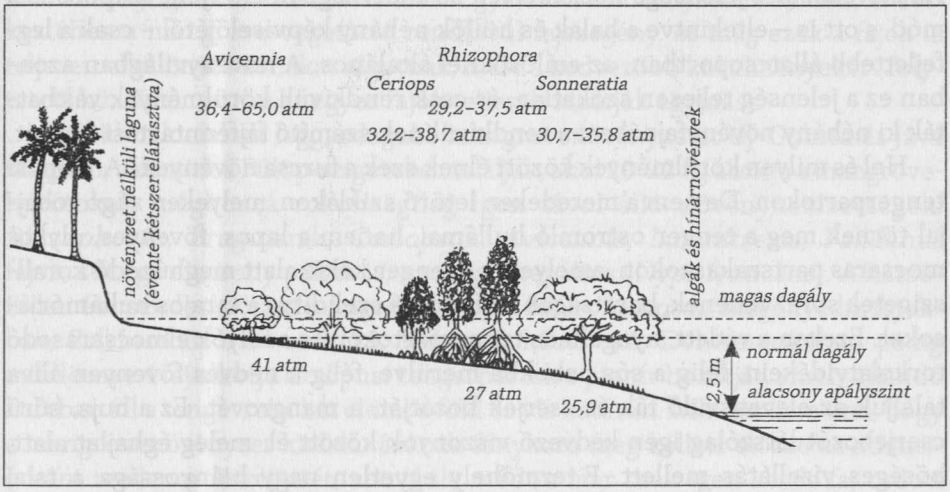
országba is exportálják. Használják a sütő- és cukrásziparban, sőt a sörgyártáshoz is.

*

Nem lenne csoda, ha a sokféle trópusi gumó közt megszédülne a mérsékelt égöv lakója, akinek az ehető gumó egyértelműen burgonyát jelent. A trópusi növényvilág gazdagsága azonban még sokkal szédítőbb a gyümölcsök terén. Az ismerős ananász és banán mellett sem mehet el megállás nélkül az európai utazó. Tudomásul kell vennie, hogy a trópusokon minden másképpen néz ki, még az európai szupermarketekből jól ismert déligyümölcsök is. A narancs és banán egészen különleges színű és alakú fajtái; illatuk és zamatuk pedig egyszerűen össze sem hasonlítható a nálunk kaphatókéval. Mellettük sorakoznak a számunkra ismeretlen trópusi gyümölcsök: az indiai mangó-

10. ábra

A mangrovenövényzet zonációja Kelet-Afrika partjain



Az ábra az egyes növények által alkotott zónákban kifejtett talajszívóerőt is feltünteti atmoszférákban.

szilva, melyet hámozva kell fogyasztani, mert a csábosan mosolygó, ragyogó sárga, piros vagy kék termésbe harapva a héj kellemetlen terpentin íze megrontja az őszibarack-állagú, de még édesebb és zamatosabb gyümölcs élvezetét. Azután itt vannak a trópusi „almák", amelyeket termésalakjuk után neveznek almáknak, de nincs közük a rózsafélék családjához, még kevésbé a mi finom jonatánjainkhoz. Ilyenek a különböző *Annona*-fajok, a cukoralma vagy csirimoja (*A. cherimolia*), az ökörszilva (*A. reticulata*), a savanyúalma (*A. muricata*). Ezek gyümölcshéját egyszerűen feltörik, és a puha, körtéhez hasonló, marcipán ízű belső húsukat kikanalazzák.

A *Manilkara* vagy cséku körteszerű termése mellett valóságos királynő az indiai mangosztán (*Garcinia mangostana*). Nagyon lassan növő, kényes, vízigényes növény; főleg Indonéziában termesztik. Évente kétszer hoz termést, amelynek vastag héja oly sok cserzőanyagot tartalmaz, hogy a bőriparban használják. A magokat borító húsos, fehér magköpeny azonban krémszerűen puha és enyhén savanykás, egyedülállóan üdítő csemege. Nem bocsátkozhatunk azonban e gyümölcs különleges ízkombinációinak elemzésébe, és az erőltetett hasonlítgatásoknál talán többet mond az a tény, hogy ez a világ talán legdrágább gyümölcse. Az Egyesült Államokban külön gyorsjáratú hűtőhajókat építettek, hogy a mangosztán minél gyorsabban kerülhessen a mérsékelt övi nagyvárosok gazdag ínyenceinek asztalára.

Az elevenszülés jelensége közismerten az állatvilágban elterjedt szaporodási mód, s ott is – eltekintve a halak és hüllők néhány képviselőjétől – csak a legfejlettebb állatcsoportban, az emlősöknél általános. A növényvilágban azonban ez a jelenség teljesen szokatlan, és csak rendkívüli körülmények válthatták ki néhány növényfajnál ezt a rendkívülinek számító fajfenntartási formát.

Hol és milyen körülmények között élnek ezek a furcsa növények? A trópusi tengerpartokon. De nem a meredeken letörő sziklákon, melyeken zúgó robajjal törnek meg a tenger ostromló hullámai, hanem a lapos, fövenyes, olykor mocsaras partszakaszokon, amelyeket a tenger kékje alatt meghúzódó korallszigetek sorai védenek, barátságos vízfodorrá szelídítve a tarajos hullámóriásokat. Ezeken a védett, nyugalmas tengerpartokon és a folyók elmocsarasodó torkolatvidékein, félig a sós habokba merülve, félig a nedves fövenyen állva találjuk az elevenszülő fák és cserjék bozótját, a mangrovét. Ez a buja, sűrű cserjebozót látszólag igen kedvező viszonyok között él, meleg éghajlat alatt, bőséges vízellátás mellett. E termőhely egyetlen nagy hiányossága a talaj oxigénhiánya, amely a sós vízzel teljesen átitatott talajon lehetetlenné teszi a gyökérlégzést.

A talaj oxigénhiányának hatására alakult ki a mangrovenövények két jellegzetes tulajdonsága: a légzőgyökerek fejlesztése és az elevenszülés vagy „viviparia". A légzőgyökerek a növények vízzel borított rögzítőgyökereiből a felszín irányába növő, a vízből magasan kiálló, térdszerű törzsek a *Rhizophorá*knál; a *Sonneratia albá*nál vagy az *Avicennia nitidá*nál spárganövényre emlékeztető, sűrű sárga vagy szürke hajtások vagy lapos, kígyószerűen kúszó gyökérágak, amelyeknek szivacsos állományú szövetei teszik lehetővé a gyökerek oxigénellátását, légzését.

A viviparia, az elevenszülés jelensége tulajdonképpen az utódvédelem speciális esete, amely nélkül a növények ezen a termőhelyen képtelenek lennének a szaporodásra, tehát nem tudtak volna fennmaradni. A növényeknél általában a mag a talajra hull és ott csírázik ki. A csírázáskor a magban a raktározott tápanyagok mobilizálása és intenzív felhasználása zajlik, ami nagyon oxigénigényes életfolyamat, mert erős légzéssel jár. Minthogy a vízzel elárasztott talaj oxigénben szegény, a magvak ott csírázásra képtelenek. Ezért a mangrovenövények magvai fönn, az anyanövény lombsátrában levő virágokban hajtanak ki, és a 40–60 cm hosszú, bombához hasonlító – alul kiszélesedő, majd kihegyesedő, felül levélüstökben végződő –, kifejlett növénykék hullanak le és gyökeresednek meg a nedves iszapban. Helytelenül szokták elevenszülésnek nevezni egyes növények (*Bryophyllum, Allium, Saxifraga bulbifera, Dentaria bulbifera*) lehulló levélsarjakkal vagy sarjhagymákkal, illetve sarjgumókkal történő szaporodását, mert ezek a szaporítószervek nem ivaros folyamat során keletkeznek. Ez – a vivipariával szemben – ivartalan szaporodási mód: ál-elevenszülés.

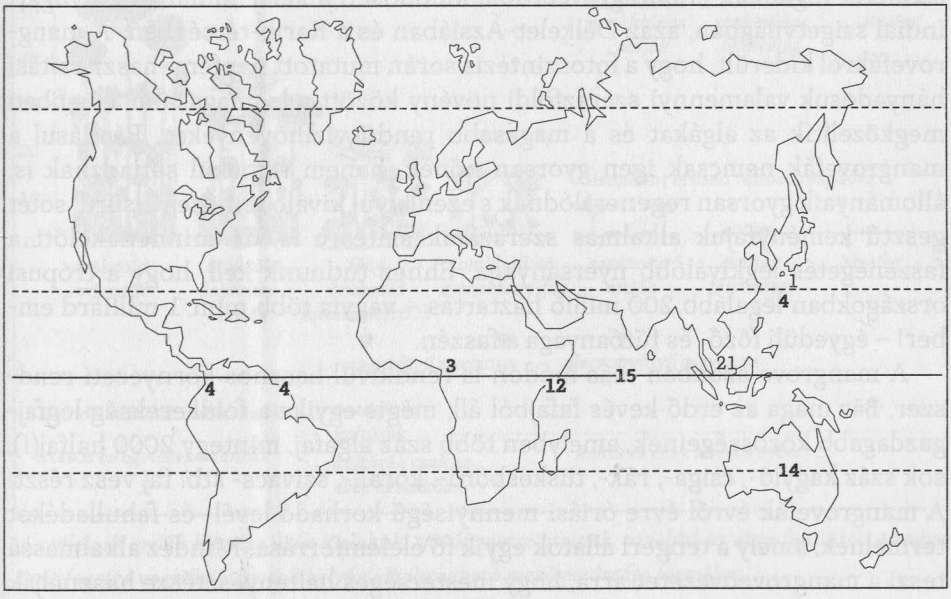
A termőhelyi viszonyok mostohaságát az oxigénhiány mellett a tenger árapályjárása és a talajban felhalmozódó konyhasó még fokozza. Ilyen formában a termőhely igen erős szelektív hatást gyakorol a növényzetre, aminek következtében a mangrove-vegetáció rendkívül fajszegény, és még ezek a fajok is teljesen elkülönülő zónákat alkotnak, mert a kedvezőbb körülményekért folytatott küzdelem során az egyes fajok teljesen kizárják egymást.

A Földön kialakult leggazdagabb mangrovenövényzetet Új-Guinea és Jáva szigetén, valamint a Fülöp-szigeteken találjuk, ahol 20-22 faj alkotja a mangrovebozótokat; méghozzá rokonságilag igen távol álló növénynemzetségek: *Rhizophorák*, *Bruguierák*, *Ceriopsok*, *Avicennia, Lumnitzeria, Pandanus* fajok, sőt egy alacsony pálma is, a mangrovepálma (*Nypa fruticans*). A hátsóindiai és csendes-óceáni mangrove nyugat felé rohamosan szegényedik fajokban, Srí Lankán már csak 15, Kelet-Afrikában 12, Dél-Amerikában pedig mindössze 4 faj alkotja a trópusi tengerpartok e pionír bozótját, amely állandó harcban áll a tengerrel a két elem: a föld és víz határán. Mindez arra utal, hogy a mangrovenövényzet kialakulásának fénykora meg kellett előzze az atlanti-óceáni medence létrejöttét, ahová ily módon már csak igen kevés faj tudott átjutni.

Az árapály ingadozása az év folyamán meghaladhatja a 3,5 métert. Dagálykor csak a lombok teteje látszik ki a vízből, apálykor még a gyökerek is szárazra kerülnek. Az erős vízmozgás miatt a növényeknek nemcsak légzőgyökerek-

11. ábra

A mangrovecserjéseket alkotó fajok száma a különböző trópusi tájakon



kel, hanem igen erős szilárdító gyökérzettel is kell rendelkezniük. A legelterjedtebb mangrovecserjének, a *Rhizophora mangle*nak például nagyszámú ún. horgonygyökere van, amelyek a törzsből derékszögben állnak ki, majd ívesen meghajolva a talajba fúródnak. Ez a gyökerekből képződött állvány szilárdítja meg a törzset a könnyen elmozduló iszapban. Tovább növelik a szilárdságot az ágakról leereszkedő másodlagos léggyökerek is, amelyek nem tévesztendők össze az alulról felfelé növő légzőgyökerekkel.

Ahol a tengerparton mangrovefák nőnek, számtalan puhatestű és rovar húzódik meg. Ezek az állatok szeretik az árnyékot és a félhomályt, és a sűrűn összefonódott gyökérzetben, amely rácsszerűen fekszik a víz fölött, védelmet találnak a hullámverés ellen. A héjas állatok a rácsra tapadnak, a rákok a fatörzsek üregeibe húzódnak, az ágakon pedig a partra sodort moszatok valóságos függönye csüng alá. A mangrove gyökérágán rengeteg törmelék, iszap és hordalék akad meg és halmozódik fel, amivel a parti erdők lassanként növelik a szárazföldet. De míg a tengertől földet hódítanak el, a mangroveövezet szélessége alig növekszik, mert a közben kiszáradó korábbi termőhelyeiről kipusztul. A kiszáradó talajban ugyanis elviselhetetlen mértékben megnő a sókoncentráció, s a mangrovenövények azonnal tönkremennek, mihelyst nem állnak (a sós) vízben. Régi, kagylókkal fedett, félig homokba temetett törzsek még évszázadok múltán is mutatják az egykori generációk küzdelmeinek helyét, és annak a földsávnak a határát, melyet szívós harccal a tengertől hódítottak el.

A mangrove a világ legproduktívabb és egyik legnagyobb kiterjedésű ökoszisztémája. A különböző trópusi kontinenseken több mint 240 ezer km^2-nyi területet foglalnak el mangroveerdők, különösen a kelet-indiai és a nyugat-indiai szigetvilágban, azaz Délkelet-Ázsiában és a Karib-térségben. A mangrovefákról kiderült, hogy a fotoszintézis során mutatott napfény-hasznosítási hányadosuk valamennyi szárazföldi növény között a legmagasabb, és ebben megközelítik az algákat és a magasabb rendű vízinövényeket. Ráadásul a mangrovefák nemcsak igen gyorsan nőnek, hanem remekül sarjadznak is, állományaik gyorsan regenerálódnak s ezen kívül kiváló minőségű, sűrű, sötét gesztű keményfájuk alkalmas szerszámkészítésre is, de mindenekelőtt a faszénégetés legkiválóbb nyersanyaga. Ehhez tudnunk kell, hogy a trópusi országokban legalább 200 millió háztartás – vagyis több mint 1 milliárd ember! – egyedüli főző- és fűtőanyaga a faszén.

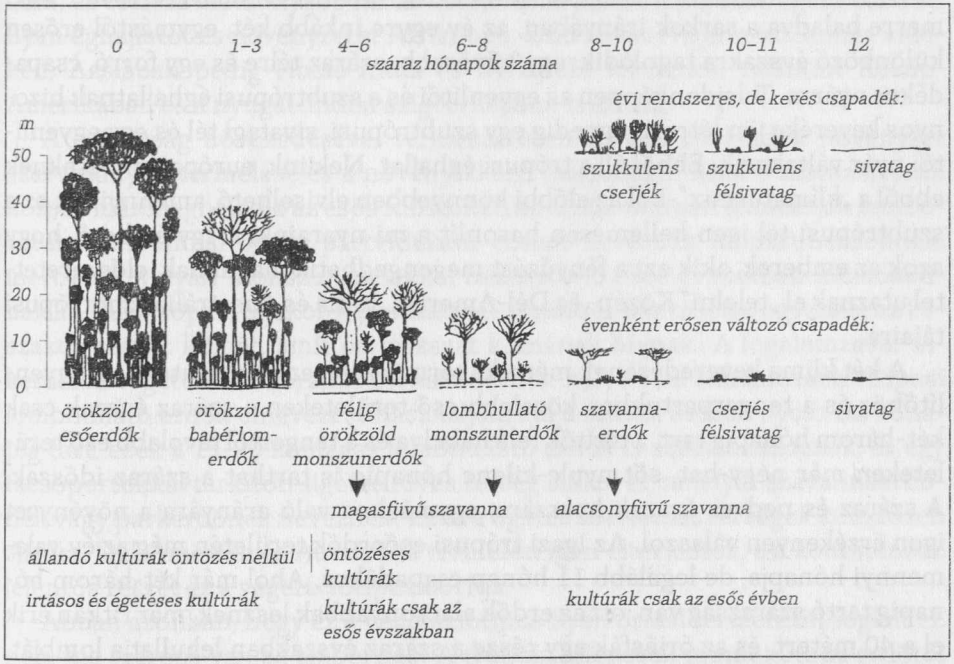
A mangrove azonban más módon is rendkívül hasznos környezeti rendszer. Bár maga az erdő kevés fafajból áll, mégis egyike a földkerekség legfajgazdagabb közösségeinek, amelyben több száz algafaj, mintegy 2000 halfaj(!), sok száz kagyló-, csiga-, rák-, tüskésbőrű-, korall-, szivacs- stb. faj vesz részt. A mangrovefák évről évre óriási mennyiségű korhadó levél- és fahulladékot termelnek, amely a tengeri állatok egyik fő élelemforrása. Mindez alkalmassá teszi a mangroveövezetet arra, hogy mesterséges haltenyésztésre használják

fel: ún. vízi kultúrákat vagy „halaskerteket" létesítsenek benne. Tekintve, hogy a mangroveövezetben élő halak 70-80 százaléka ehető, a rákoknak pedig mintegy 90 százaléka alkalmas emberi fogyasztásra, a halaskertek nagy üzleti lehetőséget jelentenek. Az akvakultúrák – ahogyan a halaskerteket tudományosabban nevezik – fellendülése 1952-től indult meg. Rövidesen kiderült, hogy megfelelő kezelés mellett a haltermelés a kétszeresére is növelhető. 1966 és 1982 között egyes trópusi országokban a mangroveövezet 16 százalékán létesítettek halaskerteket. A profithajsza azonban hamarosan kijózanító „eredményeket" hozott. A túlhalászás következtében már 10 évvel a halaskertek létesítése után a halprodukció a felére esett vissza, majd nagyarányú pusztulásnak indult a mangrove, különösen Indonéziában, Malaysiában, a Fülöp-szigeteken, Thaiföldön és az Antillákon. Egyes körzetekben a pusztulás mértéke az állományok 70-80 százalékára kiterjedt.

A mangrovének a túlhalászáson kívül még számos egyéb dolog is árt. Természetesen károsítja az egyre rövidebb vágásfordulójú fakitermelés és a nagyvárosok, ipartelepek és turistaparadicsomok vízszennyezése. Maga a turiz-

12. ábra

A trópusi és szubtrópusi tájak klimatikus növényzeti típusai az éghajlat, illetve a száraz időszak hosszának függvényében



A nyilak az erdők kiirtása után kialakuló növényzetre utalnak, továbbá az ábra feltünteti az egyes természetes vegetációtípusok helyén alkalmazható mezőgazdasági formákat.

mus terjeszkedése, új partszakaszok fürdőzésre való megnyitása – mind-mind a mangrove visszaszorulásához vezet.

Az 1980-as évek elejétől megindult a mangrovék minden látható ok nélküli, rejtélyes pusztulása. Emberi településektől távol eső, nagy kiterjedésű állományok száradtak ki hirtelen. Egy hártyásszárnyú rovar lárvái támadták meg a mangrovefák szivacsos szövetű légzőgyökereit, ez okozta a pusztulást. A rendkívüli méretű rovargradációra és az állományok ellenálló képességének csökkenésére sokáig nem találtak kielégítő magyarázatot. Kiderült, hogy a pusztulással sújtott szigetek és partszakaszok körzetében megnőtt a tengervíz sótartalma. Mindössze 0,1–0,2 százalékkal ugyan, de ez mégis elegendő volt ahhoz, hogy meghaladja a mangrove belső, tengeri zónáját alkotó vörös mangrovék, a *Rhizophorák* sótűrési határát. A tengervíz sótartalmának növekedését pedig az okozta, hogy számos folyó vízhozama az öntözések, duzzasztások, víztározók létesítése miatt csökkent.

A példa intő: a tengertől távol, több száz kilométeres távolságból is tönkre lehet tenni a tengeri élőlények létfeltételeit...

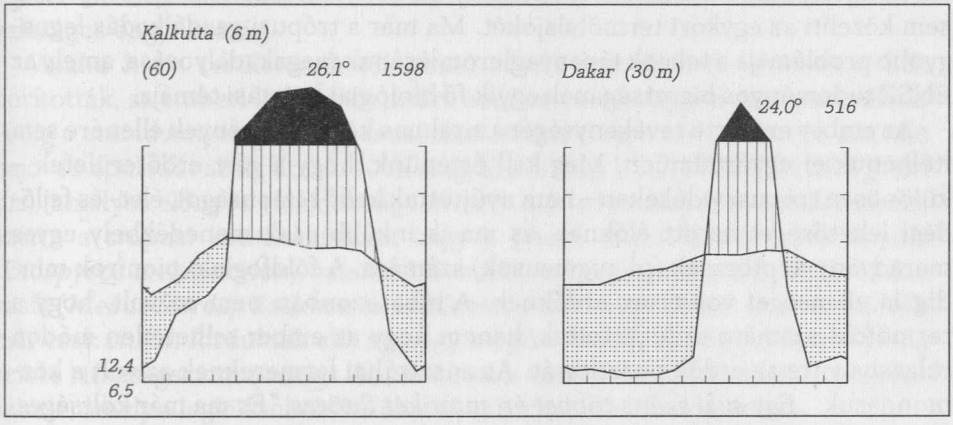
Ahol a tél kellemesebb, mint a nyár

Az Egyenlítő vidékétől – ahol az egész év egyetlen esős, meleg évszak – bármerre haladva a sarkok irányában, az év egyre inkább két, egymástól erősen különböző évszakra tagolódik: egy hűvösebb, száraz télre és egy forró, csapadékos nyárra. Tulajdonképpen az egyenlítői és a szubtrópusi éghajlatnak bizonyos keveréke jön létre, mégpedig egy szubtrópusi, sivatagi tél és egy egyenlítői nyár váltakozik. Ebből áll a trópusi éghajlat. Nekünk, európai embereknek ebből a „klímaturmix"-ból az előbbi könnyebben elviselhető, amennyiben ez a szubtrópusi tél igen kellemesen hasonlít a mi nyarainkra. Így érthető, hogy azok az emberek, akik ezt a fényűzést megengedhetik maguknak, előszeretettel utaznak el „telelni" Közép- és Dél-Amerika, India és Ausztrália szubtrópusi tájaira.

A két klíma keveredésének mértéke természetesen folyamatos. Az Egyenlítőhöz és a tengerpartokhoz közelebb eső területeken a száraz évszak csak két-három hónapig tart, a térítők felé haladva és a tengertől távolabb eső területeken már négy-hat, sőt nyolc-kilenc hónapig is tarthat a száraz időszak. A száraz és nedves évszak hosszára, egymáshoz való arányára a növényzet igen érzékenyen válaszol. Az igazi trópusi esőerdők területén még az év valamennyi hónapja, de legalább 11 hónap csapadékos. Ahol már két-három hónapig tartó szárazság van, ott az erdők alacsonyabbak lesznek, már ritkán érik el a 40 métert, és az óriásfák egy része a száraz évszakban lehullatja lombját. Ezeket hívjuk évszakos örökzöld erdőknek. Távolabb az Egyenlítőtől, ahol a száraz évszak tartama négy-hat hónapra hosszabbodik, már csak 25-30 mé-

13. ábra

A monszunerdők éghajlata Indiában (Kalkutta) és a szavannák éghajlata Afrikában (Dakar) (klímadiagramok)



terre megnövő, félig örökzöld erdők élnek, amelyeknek a felső lombkoronaszintjét alkotó fái valamennyien ledobják lombjukat a szárazság beköszöntése után, és csak az alacsonyabb fák és cserjék maradnak lombosak egész éven át. Ilyen éghajlatot és növényzetet Afrikában, különösen Nigéria és Guinea vidékén, Ázsiában pedig Hátsó-India és Malájföld területén, valamint Közép-Amerikában és a nyugat-indiai szigetvilágban találunk.

A szárazság növekedésével természetesen tovább csökken a növényzet szervesanyag-termelése és a növénytakaró magassága. Ahol a száraz évszak hossza már meghaladja az esős időszakét, az erdők teljesen lehullatják lombozatukat. Az Indiai-óceán partvidékein ezeket nevezzük monszunerdőknek, mert csak a nyári monszunszelekkel beköszöntő esős évszakban lombosodnak ki. Más trópusi tájakon a passzátszél-rendszer hozza létre ugyanezt az évszakos száraz klímát, amit ott passzát klímának hívnak. A fogalomzavar elkerülése végett ma a korábbi monszunerdők helyett az általánosabb trópusi lombhullató erdők elnevezést használják. Ha a száraz évszak nyolc-tíz hónapig tart, ezek a 15-20 m magas lombhullató erdők is szétszakadoznak, és egy facsoportokkal tarkított ligetes füves térség alakul ki, amelyet szavannaerdőnek vagy parkerdőnek neveznek. Ezek a ligetes szavannás térségek különösen Afrika, Dél-Amerika és Ausztrália területén igen elterjedtek, s a kontinensek jelentős részét ez a vegetációtípus borítja.

Abban azonban, hogy ez a vegetációtípus ilyen óriási területeket foglalt el, nem kis szerepe van az embernek. A trópusi telepesek mindenütt az erdőtől hódították el a termőföldet. De amíg az esőerdők vidékén az ültetvények az erdőirtás és -égetés után minden további nélkül művelhetők voltak, a szubtró-

pusi erdők területén létesített telepek földjeit öntözni kellett. Ahol pedig öntözővíz nem állt rendelkezésre, ott a kultúrát előbb-utóbb felhagyták. A kiszáradt, élővilágukban teljesen átalakult talajokra már nem tudtak visszatelepülni az eredeti trópusi lombhullató és félig örökzöld erdők, hanem csupán füves-ligetes szavannaerdők fejlődtek rajtuk, melyeknek termőképessége meg sem közelíti az egykori termőtalajokét. Ma már a trópusi gazdálkodás legnagyobb problémája a talajok tápanyagleromlásának megakadályozása, amely az ENSZ tudományos bizottságának egyik fő biológiai kutatási témája.

Az ember erdőirtó tevékenységét a siralmas következmények ellenére sem ítélhetjük el egyértelműen. Meg kell értenünk, hogy a zárt erdőterületek – különösen trópusi vidékeken – nem nyújtottak kellő biztonságot, élet- és fejlődési lehetőséget az ott élőknek, és ma is inkább csak menedékhely egyes maradvány néptörzsek (pl. pigmeusok) számára. A földfoglaló pionírok mindig is ellenségei voltak az erdőknek. A hiba azonban nem az volt, hogy a termőföld számára erdőt irtottak, hanem hogy az ember telhetetlen módon túlzásba vitte az erdők pusztítását. Az ausztráliai farmereknek az volt a közmondásuk: *„Egy szál széna többet ér, mint két fatörzs."* És ma már költséges, nagy erőfeszítéseket tesz az ember mindenütt, hogy a mezőgazdaságilag kihasználatlan, de egykor kapzsi módon erdőtlenné pusztított tájakat újrafásítsa, erdősítse. Persze kapzsiság helyett oktalanságot, tudatlanságot is mondhatunk a jövőt felmérni nem tudó, tervszerűtlen rablógazdálkodásra.

India és a dzsungel könyve

Kipling kitűnő regénye egyike volt gyermekkorom legkedvesebb könyveinek. Nyilván az irodalmi élmény hatására, képzeletemben a trópusi esőerdők fogalma a dzsungellel azonosult, az ősi hitektől és titkoktól rejtelmes India pedig a liánoktól át- meg átfont trópusi őserdők hazája lett. Tapasztaltam, hogy ez az elképzelés nem csupán bennem alakult ki, s az általános szóhasználatban a dzsungel szón ténylegesen mindenféle forró égövi, nehezen járható, bozótos erdőt értünk, amelyekben csak bozótvágó késsel tud utat törni az expedíció, ahol az ingoványos talaj időnként elnyel egy-egy teherhordó öszvért, ahol araszny vérszívó piócák esője hull az ágakról az utazó nyakába, ahol halálos marású kígyó leselkedik minden bokor alatt, ahol a megmart ember halálordítására nagycsőrű tukánok kísérteties kacagása hangzik válaszul a fák lombkoronájából, ahol ... szóval azt a dzsungelt, amelyről a trópusi kalandregények oly hátborzongató egyszerűséggel szólnak.

A dzsungel könyve azonban nem a trópusi esőerdőkről szól – ilyenek Indiában csak kis területen találhatók –, hanem a tigris, elefánt és farkas hazájáról, a sokkal szárazabb, cserjékben, fűvekben gazdag, laza lombú monszunerdőkről, amelyek októbertől márciusig lombtalanok, s csak a májusban beálló tró-

pusi esőzések idején öltik fel zöld lombruhájukat. A tigrisvadászok is a „téli" lombtalan időszakban keresik fel az indiai erdőségeket, mert egyrészt az éghajlat sokkal kellemesebb, másrészt a lombtalan erdőben a látási viszonyok alkalmasabbak a vadászatra. A tigrisvadászat a kedvező téli évszakban se kifejezetten életbiztosítás; a forró, nyárban kilombosodott erdőkben viszont valóságos öngyilkosság.

Valaha India területének túlnyomó részét lombhullató monszunerdők borították, az emberi kultúra hatására azonban ezek nagyon visszaszorultak. Pedig e maradványerdőket ma is számos értékes fafaj alkotja, mint pl. a kiváló hajó- és épületfát szolgáltató, 40 m magasra is megnövő teakfa (*Tectona grandis*), amelyet előnyös tulajdonságaiért ma már ültetvényeken termesztenek szerte a trópusi kontinenseken, vagy a fekete színű fájáról híres ébenfa (*Diospyros melanoxylon*), valamint a rendkívül tömör és kemény kelet-indiai vasfa (*Mesua ferrea*). Ezekben az erdőkben a liánok gyakoriak és az orchideák már csak ritkán fordulnak elő; egy-egy trópusi óriásfa pillérgyökérzete pedig szinte ritkaságszámba megy. Annál dúsabb viszont az erdők cserje- és gyepszintje, amely a legkülönbözőbb állatoknak nyújt kiváló búvóhelyet.

Ha eltekintünk a monszunerdők növényzetének faji összetételétől, a rengeteg ismeretlen egzotikus növénytől, és csupán életritmusukat vizsgáljuk, úgy tűnik, hogy ezeknek az erdőknek az élete sok tekintetben hasonlít a mi lombos erdeinkéhez, amelyek októbertől áprilisig éppoly csupaszon meresztik ágaikat az ég felé, mint messzi trópusi sorstársaik. A különbség mégis óriási. A mi fáink a hideg, a téli fagyok okozta vízfelvételi nehézségeket kerülik ki lombjuk lehullatásával, s ez minden fánál körülbelül azonos időben történik. A lomb sárgulása és lehullása azonban nem közvetlenül a fagy hatására történik, hanem a fényhiány miatt, éspedig a nappalok rövidülésének következtében. Ez az oka annak, hogy a mi lombhullató fáink akkor is ledobják leveleiket ősszel, ha üvegházban teleltetjük őket.

A trópusi lombhullató fák azonban másként viselkednek. Náluk – bár a hőmérséklet valamennyire csökken a téli hónapokban – a szárazság váltja ki a lombhullatást. Pedig a csapadék évi összege éppúgy 600-900 mm, mint nálunk, de az eloszlása egészen más. Májustól szeptemberig hull le a 80 százaléka, és a többi hónapra szinte semmi sem jut. Ha azonban az esős évszak elhúzódik, késik a lombhullás is, és a különböző fafajok nem egyszerre, hanem különböző időben válnak meg lombjuktól. Sőt, ha ezeket a fákat nedves körülmények között, üvegházban neveljük, két-három évig is megtartják leveleiket, és csak fokozatosan hullatják le, miközben újakat is hajtanak. A trópusi lombhullató erdők fáit tehát könnyebb becsapni; a mérsékelt égöviek bizalmatlanabbak: egy kis meleggel nem lehet kizökkenteni őket megszokott életritmusukból, melyhez erősen ragaszkodnak. Ez érthető is. A szárazság beköszöntét lombos állapotban is bevárhatja a növény a károsodás veszélye nélkül, a fagyokat azonban nem, mert az pusztulását jelentheti.

A trópusi és a mérsékelt övi lombhullató erdők életritmusának azért mégis van egy hasonló mozzanata, és ez a lombfakadás oka. Tulajdonképpen nagyon érdekes jelenség, hogy mind a hideg, mind pedig a szárazság miatt bekövetkező lombhullás után a lombsátor regenerációját ugyanaz a környezeti tényező: a meleg idézi elő. Ez a mi erdeink esetében kézenfekvő, a trópusi-szubtrópusi erdőknél azonban szinte hihetetlennek tűnik, hogy a kilombosodást a hőmérsékletnek 15-20 °C-ról 25-30 °C-ra való felemelkedése okozza, amikor nálunk már 9-10 °C-os átlaghőmérséklet mellett is minden fa kilombosodik. A megfigyelések mégis ezt bizonyítják. A monszunerdők kizöldülése ugyanis rendszerint 1 hónappal megelőzi az esős évszak beálltát, és akkor következik be, amikor a hőmérséklet a legmagasabb, a csapadék mennyisége pedig emelkedni kezd.

A borús, esős, párás időjárás általában nem kedvez a virágképződés folyamatának, ezért a monszunerdőkben a virágzás igen sok növénynél a lombfakadás előtt vagy azzal egy időben zajlik le, mint ahogyan a mi erdőink aljnövényzete is április–májusban bontja ki tékozló hirtelenséggel virágpompáját.

*

Annak ellenére, hogy Indiában a monszunerdők az uralkodók, a nyugati partvidéken, Srí Lanka szigetén és különösen kelet felé haladva, Burma, Laosz, Vietnam vidékén, ahol az évi csapadék már meghaladja a 2500 mm-t, ismét a trópusi esőerdők hazájába érünk. Az esőzések és a medrükből gyakran kilépő folyók által időszakosan elárasztott völgyekben virágzó rizskultúrák és cukornádültetvények díszlenek, melyek a tájnak nemcsak a képét, de gyakran a nevét is meghatározzák, mint Laoszban a nevezetes Rizsesköcsög-síkságét.

Hasonlót látunk Vietnam völgyeiben is, ahol a magasabb hegyek páfrányfaerdői és a hegyoldalakat borító esőerdők aljában szorgos kezek dolgoznak a rizsvetéseken. Az ültetvények közül általánosan elterjedt az aréka pálmáé (*Areca catechu*), amelynek termését, a bételdiót gyógyszerként is, élvezeti cikként is fogyasztják. Leginkább étkezések után rágják a bételdiót, mert a nyál és emésztőnedv kiválasztását serkentő hatása jótékonyan hat az emésztésre. Ezen kívül a kávéhoz hasonlóan frissíti az idegrendszert is.

Megállapították, hogy a rendszeres bételfogyasztás jelentékenyen növeli az ember munkavégző képességét, ami a trópusi klíma bágyasztó hőségében nem elhanyagolható gazdasági szempont. A bételrágás hatásának tulajdonítják, hogy gyenge testi felépítésű és rosszul táplált emberek rendkívül nehéz testi munka elvégzésére is képesek a trópusokon.

Térjünk még vissza kis időre a pálmáktól övezett ültetvényekről a pillérgyökerű óriásfák közé, ahol az indiai szent fügefa: a banyán (*Ficus bengalensis*) soktörzsű példányai ejtik ámulatba az utazót. Ez a növénycsoda – amely ágainak léggyökereivel újra meg újra megkapaszkodva a talajban – egymaga

egész ligetet alkot, s 60 m magasra megnövő lombsátrával ezrek számára nyújthat árnyékot és enyhülést – érthetően vált egy vallás szimbólumává. Kalkutta botanikus kertjében 1882-ben megmérték az egyik banyánfa koronáját: kerülete 280 m volt. India más részén pedig olyan példányt mértek, amelynek koronakerülete elérte az 500 m-t! A legnagyobb szent fügefa a Nerbuddha folyó egyik szigetén élt s már *Nagy Sándor* seregének árnyékot adott. A szájhagyomány szerint 1300 nagyobb és 3000 kisebb törzse volt, lombtengere alatt pedig 7000 ember pihenhetett. Egy másik banyánfa, amelyet 1862-ben Hátsó-Indiában találtak, léggyökereivel teljesen átfonta Angkor ősi romvárosának hatalmas templomát.

Valamikor az ember és az őserdő küzdelméből még az utóbbi került ki győztesen. Délkelet-Ázsia, Dél- és Közép-Amerika dzsungelei máig is sok régi települést, az emberi kultúra sok tiszteletreméltó alkotását őrzik mély, titokzatos hallgatással. Az egykori birtokosok távozása vagy pusztulása után a dzsungel elborította az elhagyott falakat és visszafoglalta birodalmát.

Az ernyő alakú fák ligetében

A trópusi lombhullató erdőkből a trópusi száraz erdőkbe szinte észrevétlenül vezet át az út. Nem is az esős éghajlat lesz szárazabb, csak az esős évszak tart rövidebb ideig, s hiába hull le három hónap alatt akár 1000 mm csapadék, a hátralevő kilenc hónapban aszállyal küzd a növényzet. A trópusi száraz erdők eredetileg igen apró levelű fákból álló zárt erdőség, amelynek belsejében a vékony lombozaton át besütő nap cserjékből és magas füvekből álló, sűrű, dús aljnövényzet kifejlődését tette lehetővé. Az erdők évezredek óta tartó égetése folytán azonban az eredeti vegetáció fellazult, és ún. szavannaerdővé alakult át.

A szavannaerdők magassága már nem éri el a 20 métert, koronájuk nem záródik egységes lombsátorrá, a tisztásokra szárazságtűrő szúrós cserjék, sőt pozsgás félsivatagi növények telepszenek be, a fák alatt pedig magas növésű pusztai füvek szaporodnak el. A magasból alátekintve a szavannaerdők színe évszakonként sokat változik. Az esős időszakban minden gyönyörű olajzöld, a fák levelei olyanok, mintha friss lakkbevonat fedné őket, a füvek pedig világoszöldek. Az esős évszak elmúltával a fák lehullatják lombjukat, de a rőt gallyak szövedékén még átüt a pázsitfüvek zöldje. A száraz időszak derekára a gyepszintet alkotó növények elszáradnak, s érett gabonatábláinkhoz hasonlóan aranysárgába öltözik a táj, melyet a lombtalan gallyak erdeje alig színez sötétebbre.

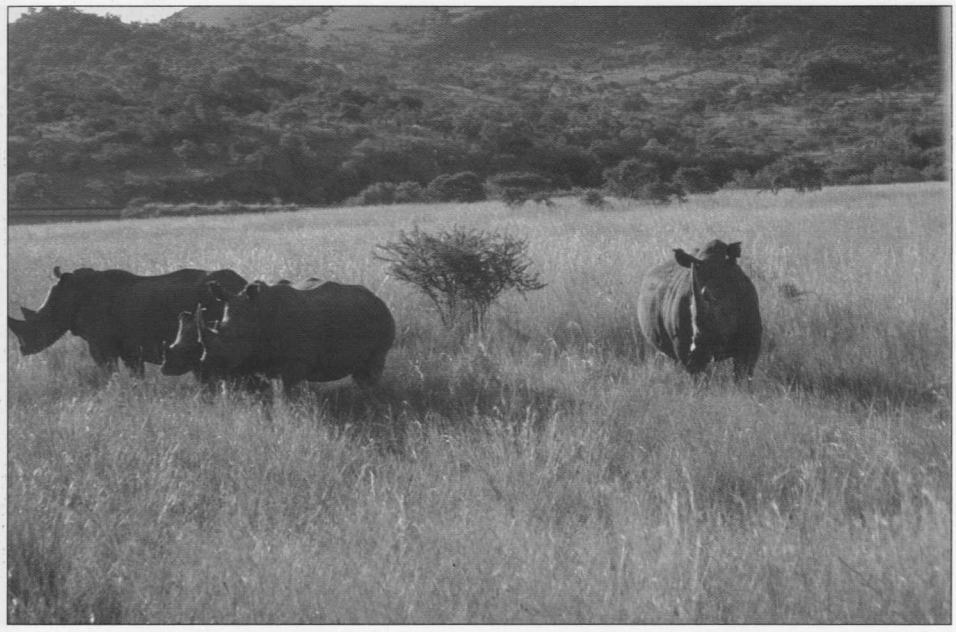
A vidékre egyre inkább a hosszan tartó szárazság nyomja rá a bélyegét. A táj képe – a füves térségekkel, bozótokkal váltakozó erdőcsoportok mozaikja – mégis valami kellemes, szemet nyugtató ritmust, harmóniát sugároz, amelynek varázsát csak fokozza a fantasztikus alakú fák, a karcsú pálmák s a

szárazságtól görcsössé torzult cserjék különös együttese. A trópusi esőerdők fánlakó orchideáit és ananászféléit itt már hasztalan keressük, a liánok is csaknem teljesen hiányzanak. Egy-egy elvétve előforduló példányuk azonban a víz raktározására hordószerűen megvastagodott üreges törzset fejleszt, mely óriáskígyóként a földre terülve kúszik, s csak nehézkesen lendül az alacsony fák ágai közé. Új színfolt viszont a szárazságtűrő félsivatagi pozsgás növények, a kandelábersze rűen elágazó kutyatejfélék vagy az oszlop alakú kaktuszok megjelenése. A legérdekesebbek azonban a bizarr alakú palack- és hordótörzsű fák, melyek vastag törzsükben vizet és tápanyagot raktároznak. A brazíliai *Cavanillesia* törzse hosszú nyakú borospalackot, az ausztráliai *Brachychiton* törzse hirtelenül elkeskenyedő nyakú üveget mintáz: a mindössze 15-18 m magas fa 2-3 m vastag törzse 6-8 m magasságban egyszerre szűkül félméteres átmérőjűvé; hordó alakú törzse van a *Gaussia* nevű kubai pálmának, a tövises törzsű *Chorisia speciosa*nak és a nyitvatermőkhöz tartozó *Zamiá*nak. A brazíliai szobafenyőnek (*Araucaria brasiliensis*) gyakran szintén palack alakú a törzse.

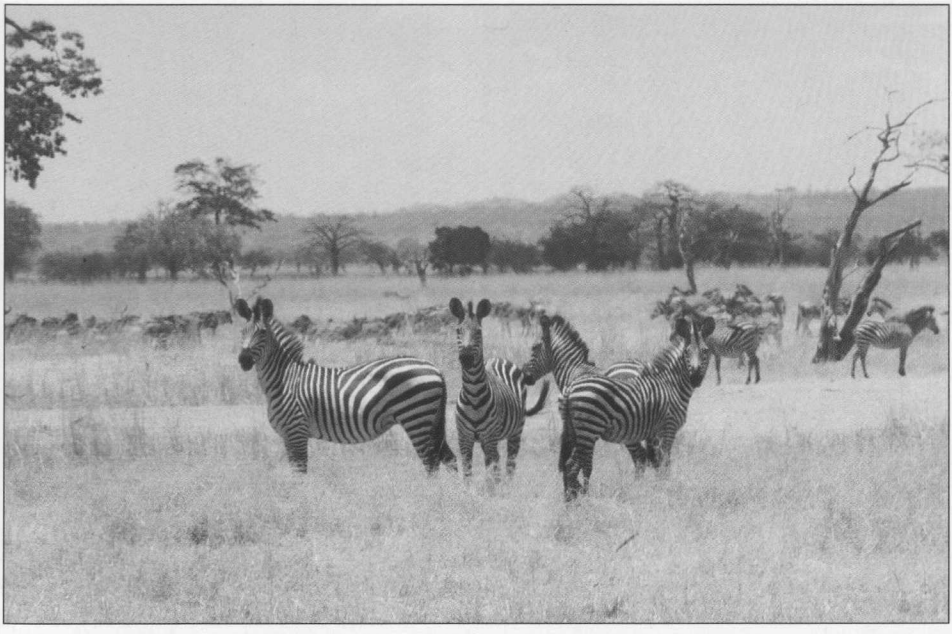
*

A száraz erdők és utódaik, a szavannaerdők igen elterjedtek a trópusi–szubtrópusi vidékeken, s a különböző földrészek és tájak szavannáit különböző névvel illetik. A kelet-afrikai „miombo" és a dél-afrikai „nopane" eredetileg zárt koronaszintű száraz erdő, amelyet csipkeszerűen áttetsző lombozatú *Acaciák* és *Brachystegiák* alkotnak. Ernyő alakú koronájukon szabadon ömlik be a napfény, ezért világos erdőknek – francia terminológiával foret claire-nek – hívják őket. Számos értékes fa nő itt, mint az ébenfához hasonlító *Pterocarpus angolense* vagy az afrikai ébenfának is nevezett *Dalbergia melanoxylon*. Ezzel szemben a brazíliai „caatingas", a venezuelai „chaparrales", a mexikói „manos" vagy az ausztráliai „bragalow scrub" már nem szálerdő, hanem bozótos cserjeerdő, amely túlnyomórészt örökzöld, gyakran szívós cserjék bozótjából, s az ebből kiemelkedő vesszős termetű, alacsony fákból áll.

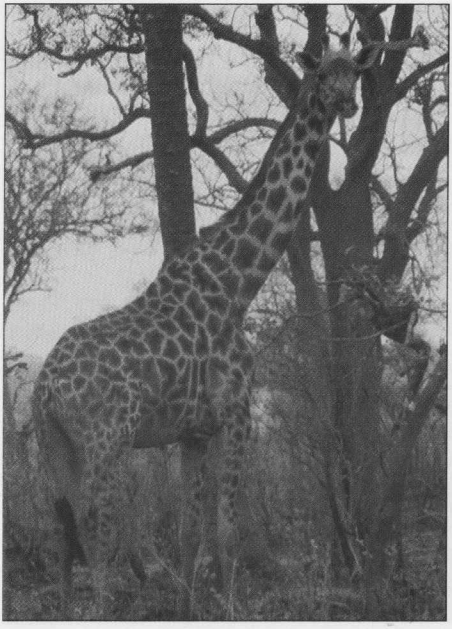
A sokféle szavannás táj között a leghangulatosabbak talán a szudáni és kelet-afrikai szavannák, amelyeket az *Acacia* fajok jellegzetes, ernyő alakú fáiból álló ligetek tesznek emlékezetessé. – Egyébként az *Acacia dealbata* sárga gömböcskékből álló bugáit árulják nálunk télen „mimóza" néven, bár ez nem azonos a valódi *Mimosa pudicá*val; az akáchoz (*Robinia pseudacacia*) pedig csak annyi köze van, hogy mindketten a hüvelyesek rendjébe tartoznak. – Itt az éghajlat évi két rövid csapadékos és két hosszabb száraz évszakra oszlik. Az akáciák számos faja él e szavannaerdőkben, alacsony lombjukat a hosszú nyakú zsiráfok előszeretettel legelészik. Különösen kedvelt csemegéjük az Afrika-szerte előforduló nílusi akácia (*Acacia nilotica*) édes, ragacsos nedvű húsos hüvelytermése. Igen nevezetes fája az afrikai szavannáknak a baobab,



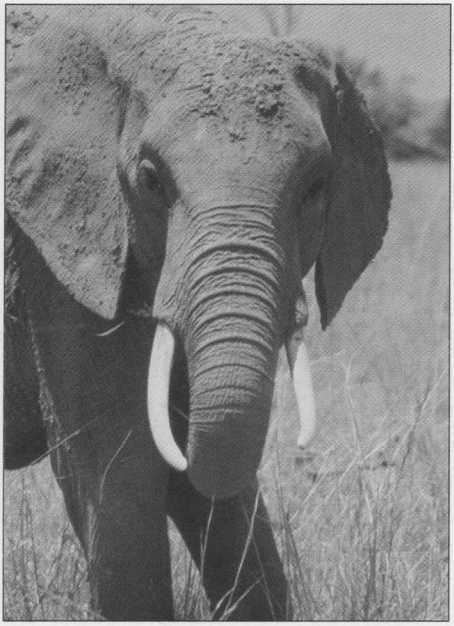
IX/1. kép Orrszarvú család a dél-afrikai Krueger Parkban



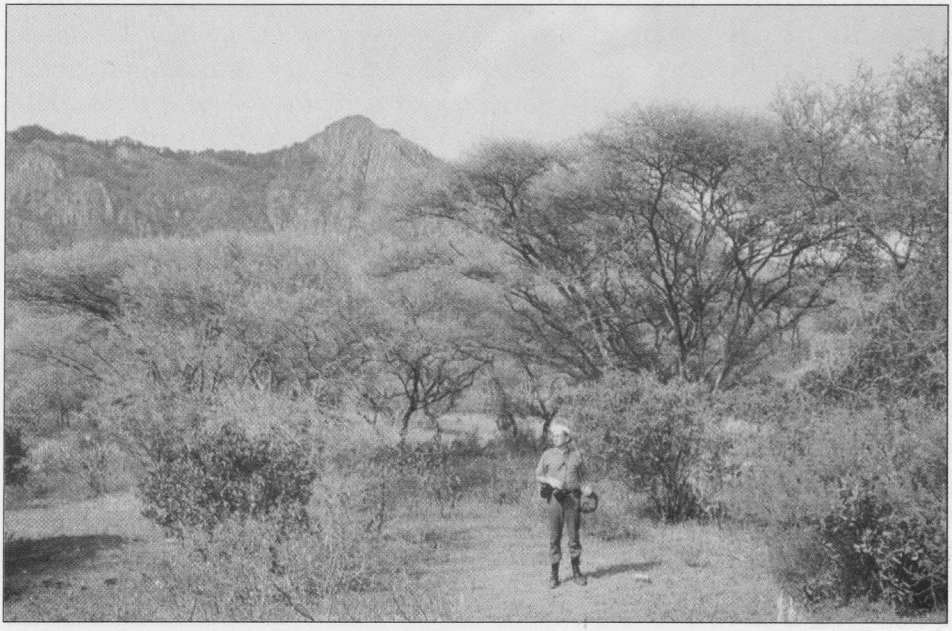
IX/2. kép Az afrikai magasfüvű szavannák op-art lovacskái, a zebrák



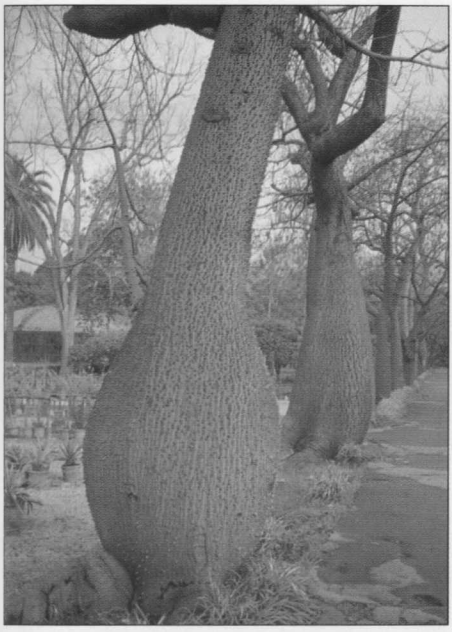
X/1. kép Az afrikai szavannák kedves kíváncsija, a zsiráf



X/2. kép Egy magányos elefánt közelít a szafari-buszhoz



X/3. kép Tövises akáciás szavannák a kelet-afrikai Pare hegység lábánál



XI/1. kép Az indiai szavannák palacktörzsű fája, a *Chorisia speciosa*



XI/2. kép A majomkenyérfa-félékhez tartozó *Chorisia* törzsét sűrű tövisek borítják



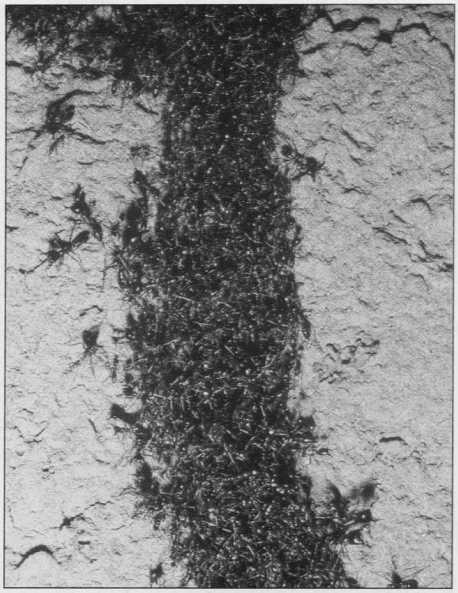
XI/3. kép A közép-amerikai szavannák víztartó fája, a retekfa *(Cavanillesia platanifolia)*



XI/4. kép A kubai száraz sziklás tengerpartok ritka védett pálmája, a *Coccothrinax borhidiana*



XII/1. kép A dél-afrikai tűz-szavannákon gumószerű, föld alatti törzset fejlesztő gumólábfa *(Pachypodium sp.)* a Palermói Botanikus Kertben



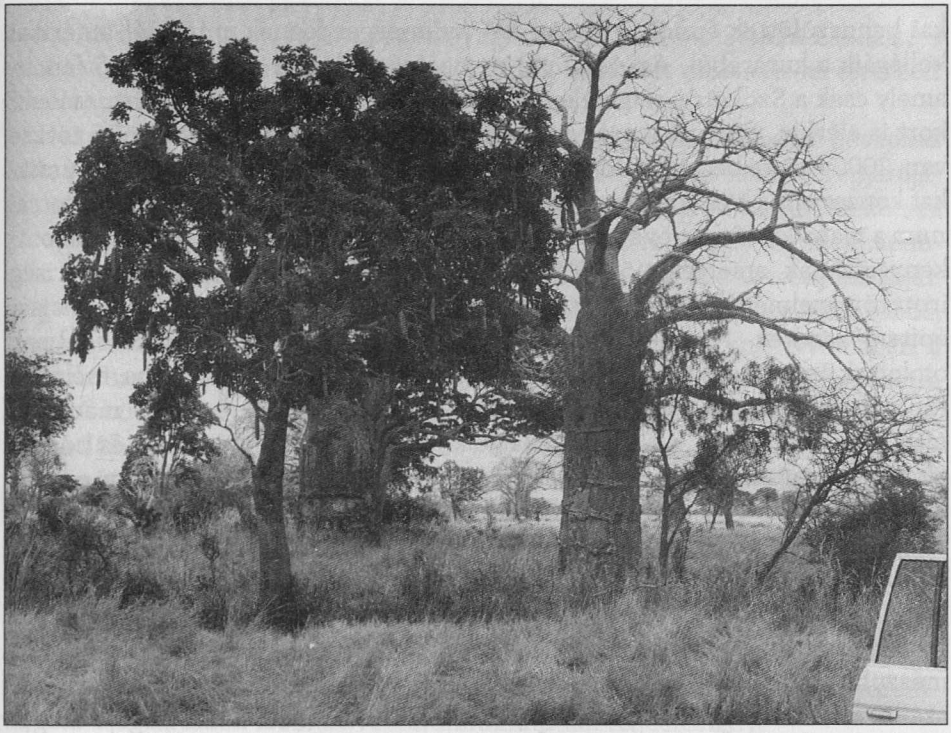
XII/2. kép A száraz övezetek gyakori veszélyes állatai a vonuló szafari-hangyák



XII/3. kép Mexikói száraz trópusi cserjeerdők, kandeláber alakú Neobuxbaumia kaktusszal



XII/4. kép A trópusi lombhullató erdők fáira a színpompás virágú *Epiphyllum crenatum* kaktusz kúszik fel, lián gyanánt



14. kép Majomkenyérfa és szalámifa a kelet-afrikai szavannákon

vagy majomkenyérfa (*Adansonia digitata*) rendkívül vastag törzsével és formátlan ágaival, amelyekről lombtalan állapotban csak a hatalmas toktermések csüngnek alá. Érdekes a szivarfafélékhez tartozó szalámifa (*Kigelia africana*) nagy, hengeres, szalámira emlékeztető terméseivel. Ezek a fák termésük alakjáról kapták nevüket, gyümölcsük azonban nem élvezhető, ízük nem hasonlít a kenyérhez, és még kevésbé a szalámihoz.

Az állatnevekkel összetett termésnevek, mint majomkenyér, békaszőlő, farkasalma mindig azt jelzik, hogy csak alakilag hasonló, de emberi fogyasztásra alkalmatlan növényről, illetve termésről van szó. A majomkenyérfa sem tévesztendő össze az indiai kenyérfával (*Artocarpus incisa*), melynek nagy, tojásdad gyümölcse 5-20 kg-ot is elérhet, s amely – különösen a szegényebb néprétegek körében – éppoly elterjedt táplálék, mint nálunk a kenyér. A kenyérgyümölcs igen tápláló, keményítőtartalma felülmúlja a banánét, és fölszeletelve szárítva vagy sütve hosszan eláll.

A majomkenyérfák alatt tüskés cserjékből álló bozót húzódik meg, amely ha száz halállal nem is, de kettővel csakugyan fenyegeti az arra járót. Az egyik okozója a bozótban rejtőző és napozó mérgeskígyók potenciális jelenléte, a másik a meténgfélékhez tartozó *Adenium* cserjék tejmérge, amelyből az afri-

kai bennszülöttek éppoly gyorsan ölő nyílmérget főznek, mint dél-amerikai kollégáik a kuráréból. Az *Adenium* nemzetségnek van egy fává növő faja is, amely csak a Szokotra-szigeteken él (*Adenium socotranum*), és matuzsálemi kort is elérhet. Egy példányát, melynek 4-5 m magas és 2 m átmérőjű törzse van, 2000 évesre becsülik. Mintha a meleg, száraz időjárás nemcsak a múmiákat konzerválná kitűnően, hanem az élőlényeket is! Mert az *Adenium socotranum* a maga kettőezer évével még csak kisöccse sem lehet azoknak a majomkenyérfáknak, amelyeket 5000 évesre becsülnek, és idősebbek az emberiség írott történelménél. Már több száz éve éltek, amikor Kufu és Kefren piramisát építeni kezdték. Hitek, eszmék, eszmények tűntek feledésbe, birodalmak omlottak össze, korszakok múltak el. Romba dőlt a százkapus Théba, melynek főpapjai „a világ örök ura" címet viselték, a fáraók „örök uralma" már több mint 2000 éve eltűnt, s a növényvilág e korelnökei még ma is élnek és hosszú álomba merülten várják, hogy az évről évre beköszöntő esős nyár annyi ezer év után újra zöld lombot csókoljon hatalmas ágaikra.

A cserjések szélén gyakran feltűnik egy-egy *Borassus*-pálma levélüstöke. Az alacsony mirrhafák (*Commiphora abyssinica*) között kétméteres magasságot is elérő vörös és sárga termeszvárak tornyosulnak. A sárga virágú *Delonix engleri* illatos virágfürtjei és a különböző *Combretum*ok vöröslő virág- és természuhatagai között hatalmas fekete farkú, bíbor mellényű püspökmadarak szállnak óvatos, egyensúlyozó repüléssel. A tisztásokon tollas bugájú magas füvek alkotnak mellig érő gyepet, a szárazabb termőhelyeken pozsgás kutyatejfélék merednek rokkant óriásokként az ég felé, alattuk pedig a szobáinkból jól ismert kardlevelű *Sansevieriák* csoportjait látjuk, valamint különös fekete virágú, mérges nedvű selyemkóróféléket, amelyeknek rendkívül rossz szagú virágait döglegyek porozzák be.

Ez a ligetes szavannás táj kiváló legelő, vadászterület és egyszersmind búvóhely is a legkülönbözőbb trópusi vadállatok számára, amelyek igen nagy alak- és fajgazdagságban élnek Afrika e ligetekkel tarkított füves térségein. Az ember óriási pusztításokat vitt véghez ebben a páratlanul értékes – ma már azt is mondhatjuk: muzeális értékű – vadállományban, olyannyira, hogy e területek nagy része ma szigorú természetvédelem alatt áll.

Ami az elveszett paradicsomból megmaradt

Hajnalodik a Ngorongoro krátere fölött. A kihűlt vulkánóriás egykor izzó torkát most szelíden vattázza be a hajnali köd, s a mozdulatlan páratengert finom halvány rózsaszínre festik a kelő Nap első sugárhírnökei. A felhők közül kiemelkedő távoli csúcsok jóleső biztonsággal őrködnek a táj nyugalmán. A csendet csak néha szakítja meg egy-egy a kráterből felhangzó morgásfoszlány: az oroszlán elégedetten fogyasztja éjszakai zsákmányát. A tájon elömlő

csend és harmónia az őstermészet nyugalmának valami egészen csodálatos élményével ajándékozza meg rohanó korunk zaklatott emberét: az elveszett Éden egy pici emlékével.

Hasonló érzés fogja el az utazót akkor is, amikor a Kilimandzsáró hósapkás óriása alatt elterülő nagy, védett szavannaterületen hajt keresztül terepjárójával, s elgyönyörködik a karcsú antilopok, a csavart szarvú kuduk és kecses gazellák legelésző csoportjaiban, a cserkésző oroszlánok elől vágtatva menekülő zebrák csíkos csapatában. Mert itt, a hatalmas Afrika e szerény darabján még az állatok királya a korlátlan úr – ezen kívül azonban nem uralkodó többé, csupán rettegett emigráns rablóvezér, akit dicsőség elejteni. Nyomában a sakálok haszonleső bandája sunnyog a dús lakoma szegényes maradékaira lesve. A büszke leopárd nemcsak alkonyatkor vadászik, hanem napközben is, az akáciák ágai között lapulva lesi, hogy egy-egy gyanútlanul legelésző antilop vagy gnú a fa közelébe érjen. Annak nyakába veti magát, s pillanatok alatt végez békés áldozatával.

A legizgalmasabb azonban, ahogyan a gepárd vadászik. Ez a csodálatos, nyúlánk testű macskaféle valóságos kisportolt könnyűatléta. Nincs szüksége arra, hogy zsákmányát becserkéssze vagy csellel csalja tőrbe. Egyszerűen kiszemeli, és egyetlen szédületes vágtával lefutja és elejti áldozatát. Kilométereket képes futni teljes lendülettel, közben 120 km-es sebességre is felgyorsulva, – ez szárazföldön izomerővel felülmúlhatatlan teljesítmény!

Az afrikai vadon legnagyobb, s az ember számára legveszedelmesebb vadja az elefánt. Nem szereti a nyilvánosságot; nappal a vízparti bozótokba és galériaerdőkbe húzódva hűsöl, nem mutatkozik, s ha autós kirándulóknak mégis sikerül találkozniuk vele, kétséges, hogy barátságos lesz-e a találkozás kimenetele. Pedig az ember ezúttal – szokatlan jelenség, de hála a törvény szigorának – ártalmatlan, sőt szívesen látott vendég. A kíváncsi természetű zsiráf az autó láttán abbahagyja a 3-4 m magasban való legelészést, s olyan barátságosan jön a kocsihoz, mint állatkerti rokona a kerítés mellett ágaskodó gyerekekhez: benéz, ismerkedik, majd tovabaktat.

A hatalmas szarvú fekete kafferbivaly és az orrszarvú azonban gyanakvó természetű. Nem barátkoznak, a közeledést ellenségesen viszonozzák, s ezért a látogatók számára is veszélyt jelentenek. Jelenlétükben nem tanácsos az autót elhagyni, mert különösen az orrszarvú – ez a kis gombszemeivel gonoszul pislogó, tankszerű állat – kiszámíthatatlanul ingerlékeny, és a legváratlanabb pillanatban támadhat.

*

Az emlősöknek és nagyvadaknak ez a gazdag világa nem a trópusi őserdőkben, hanem a fákkal benőtt nyílt füves pusztaságokon, a szavannákon él. A szavannák azokon a trópusi–szubtrópusi területeken alakulnak ki, ahol az évi csapa-

dék nem haladja meg a 600 mm-t, és az esős évszak nyárra esik. Ez az évi 300-600 mm csapadék már rendszerint nem elegendő ahhoz, hogy összefüggő erdőségek alakuljanak ki. A fák nemcsak hogy lehullatják lombjukat, de azzal is csökkentik párologtató felületüket, hogy leveleik kisebbek, gyakran tűlevél- vagy pikkelyszerűek, mint azt számos *Acacia* fán és tamariszkusz cserjén látjuk. A szükséges vízmennyiségért a fáknak egyre nagyobb területen kell gyökereikkel behálózniuk a talajt, s így a gyökérfelület lassanként a lombkorona többszörösére növekszik. Ennek folytán a fák gyökérzete között egyre erősebb harc alakul ki, szinte eltolják egymást gyökereikkel a föld alatt: az erdők fellazulnak, és átadják helyüket a szárazságtűrő szavannafüveknek, amelyek összefüggő, nagy, füves térségeket alakítanak ki. A fák pedig egymástól szabályos távolságra helyezkednek el, azt a benyomást keltve, mintha ültették volna őket.

Sokan azt gondolják, hogy ez a föld alatti harc – a gyökérkonkurencia – valamiféle az ember által kitalált, belemagyarázott kapcsolat, amely a valóságban nem is létezik. A tény ezzel szemben az, hogy a növények között a létért való küzdelem elsősorban a gyökérszintben zajlik, és nem csupán abból áll, hogy az egyik faj erélyesebb és gyorsabb növekedésével kiszorítja a másikat, hanem abból is, hogy gyökerein keresztül olyan vegyi anyagokat választ ki, amelyek akadályozzák a másik terjeszkedését. A növényélettan és környezettan kutatói a fáknak és cserjéknek a sivatagokban és szavannákon mutatkozó szabályszerű térbeli elrendeződését ilyen gátló – ún. allelopatikus inhibitor – anyagok kiválasztásával magyarázzák.

A szavannák élővilágának háborítatlan békéje, a legelésző antilop- és zebracsapatok idillje csak az embernélküliség, a civilizációhiány harmóniáját sugározzák, de az élővilág törvényszerű küzdelme a létért, bár rejtett formában, itt is érvényesül. Különösen áll ez a növényekre, amelyeket a hosszú időszakos vízhiány egyszerre életre-halálra küzdő ellenfelekké tesz, s míg a trópusi erdőkben a fák és lágyszárúak egymást feltételező, igénylő, segítőtársak voltak, a szavannán egymás ellen szállnak táborba, és harcolnak minden csepp vízért és minden meghódítható rögért. Ahol kevés eső hull, ott a sekélyen gyökerező füvek előnyben vannak a fákkal szemben, mert az összes vizet felhasználják, és a fák mélyebben fekvő gyökereinek nem jut nedvesség. Ahogyan a csapadék mennyisége nő, a talaj mélyebben átnedvesedik, a füvek nem használják fel az összes talajnedvességet, s ilyenkor már a fák is életképesek, de a füvekkel szemben még hátrányos helyzetben vannak. Ez történik a szavannákon is, ahol a fák és lágyszárúak küzdelme eldöntetlenül áll, az erőviszonyok kiegyenlítettek.

A lágyszárúak ott kerülnek döntő fölénybe a fás növényekkel szemben, ahol a talajban, a felszínhez közel, vízzáró réteg alakul ki, amit magyarul vaskőfoknak, más nyelveken páncélnak – cuirasse vagy hardpan – neveznek. Ilyen rétegek a trópusi talajfejlődés során viszonylag gyakran keletkeznek az

agyagásványok vas- és alumíniumvegyületeinek oxidációja és cementálódása következtében. Az ilyen rétegek megakadályozzák, hogy a fák gyökereikkel a mélyebben elhelyezkedő talajvízhez jussanak. A vízzáró réteg következtében a trópusi síkságok talajai rendkívül szélsőséges vízgazdálkodásúakká válnak, az esős évszak néhány hónapjára elmocsarasodnak, majd kiszáradnak. Mindez a fák számára rendkívül kedvezőtlen életkörülményt teremt. Ez az oka annak, hogy a nagy trópusi folyók síkságain, a folyóvölgyek magasabb térszínein fátlan füves térségeket, ún. völgyi szavannákat találunk, mint az Orinoco völgyében vagy a kelet-afrikai folyók síkságain, Zambiában, Zimbabwében, Mozambikban stb.

A fák azonban nincsenek teljesen magukra hagyatva a füvek elleni „szavannaháborúban". Pompás szövetségesekre találnak a termeszhangyákban, amelyek váraik építése közben áttörik a szavannatalajok vízzáró rétegét, és ezeken a perforációkon keresztül a lombos fák gyökérzete is el tudja érni a talajvizet. Ezt az elszórt facsoportokkal tarkított szavannatípust termesz-szavannának is nevezik. Jellemző tulajdonsága, hogy míg a száraz évszak közepére a füvek elsárgulnak és kiszáradnak, a kis facsoportok vidáman zöldellnek a mélyebben rejlő vízforrások jóvoltából.

Ilyen mélyen gyökerező fák a szavannákon a már említett majomkenyérfák és szalámifák. Egyébként a szavannákon való túlélésre csak olyan fatermetű növények alkalmasak, amelyek sekélyen gyökereznek, mint például a pálmák, vagy amelyek a párolgást igen kis lombfelületükkel és/vagy lombhullatással szabályozni tudják.

A pálmák közül az afrikai *Borassus*ok jellemzően szavannalakók – termésükből bort is erjesztenek –, vagy a szavannaerdők különleges alakú, elágazó törzsű pálmája, a dumpálma (*Hyphaene thebaica*) és más rokon fajok. Az amerikai szavannák jellemző pálmái a viaszpálmák, a *Copernicia* nemzetség számos faja, a *Sabal* pálmák, valamint a velük rokon *Acoelorrhaphe wrightii*, amely a szavanna-termőhelyek ökológiai kétarcúságát, az elárasztást és a kiszáradást egyaránt jól tűri.

Bár a szavannák – mint láttuk – igen szigorú követelményeket támasztanak az ott élő fák tűrőképességével szemben, a trópusi füves térségeken mégis igen sokféle fával találkozhatunk: 30 m magas királypálmákkal és bételpálmával, cedróval és mahagónival, sőt ritkábban még fenyőkkel is. Ennek az az oka, hogy szavannák másodlagosan – az emberi tevékenység hatására – sokféle erdőtípusból, száraz erdőkből, lombhullató és félig lombhullató erdőkből is kialakulhatnak. Ezeken a másodlagos szavannákon az eredeti erdők fái közül számos faj egyedei megmaradhattak a legelő állatokat árnyékoló hagyásfaként, vagy értékes erdei takarmány-, illetve gyümölcsfaként, éppúgy, mint hazai fás legelőinken a tölgy meg a vackor.

A völgyi szavannák mélyebb fekvésű térszínein a talajok csak hosszabb idejű elárasztás után, lassan száradnak ki a száraz évszakban. Itt a talaj foko-

zatosan elszikesedik, felső rétegében só halmozódik fel. Ezt a rendkívül kellemetlen termőhelyet csak kivételes szárazságtűrésű cserjék képesek benépesíteni. Ezek között találjuk a nevezetes „fütyülős akácokat", amelyek igen kicsiny összetett levelekkel és bakarasz nagyságú, hosszú fehér tövisekkel hívják fel magukra a figyelmet. Az ágas-bogas és elviselhetetlenül szúrós cserjék példányai több akácfajhoz tartoznak, mint a sárga kérgű *Acacia flavescens* vagy a vörhenyes törzsű *A. ferruginea*. Ezek a cserjék attól fütyülősek, hogy a tövisek alján dió nagyságú üreges duzzanat található, amelyen apró lyuk van. Ez a lyukas hólyag a szavannákon végignyargaló szélben úgy működik, mint egy síp, és éles fütyülő hangot ad. A különös növényi hangszer szintén a hangyákkal való együttélés eredménye. Mikor a fiatal hajtásokon megkezdődik a tövisek kifejlődése, a hangya megszúrja a tövis kiszélesedő alapját és hangyasavat fecskendez bele. Ez a hangyalakás alapkőletétele. A hangyasav hatására a tövis alapszöveteiben üreg keletkezik, amelybe a hangya beleköltözik és belülről hangyasavval tovább tapétázza a lakást, míg az megfelelő nagyságúvá nem tágul. A szelek által előidézett sípszó nem zavarja a lakókat, de ha megkocogtatjuk a lakás falát, a hangyák azonnal megjelennek a kis nyílásban és izgatottan futnak szét a tövis felületén és az ágakon, hasonlóan ahhoz, ahogyan az emberek menekülnek földrengéskor házaikból. Aggodalmuk azonban fölösleges. Hangyadimenziót véve alapul, a „felfújt" tövis szilárdsága sokszorosan meghaladja egy vasbeton bunkerét.

A hosszantartó szárazság idején nemcsak a fák hullatják le lombjukat, hanem a füvek is elszáradnak. Ilyenkor elegendő egyetlen szikra, s a kiszáradt szavanna perzselő lángtengerré válik, mely elől a megrémült állatok – támadó szándékukat és ősi védekezési ösztönüket feledve – hordákba verődve menekülnek.

Az életmentő tűz

A villámcsapások okozta tüzek sokszor visznek végbe óriási pusztításokat a növénytakaróban. Különösen nagy kárt jelentenek az erdőtüzek, amelyek nemcsak a faállomány, hanem az egész termőhely élővilágát, a tápanyagforgalom egész rendszerét: az ökoszisztémát is elpusztítják. A szibériai tajgán bekövetkező erdőtüzek után a nagy szervesanyag-produkciójú magas erdők helyén összegyűlik a felhasználatlan csapadékvíz, és hasznavehetetlen tőzegmohalápok keletkeznek.

A száraz szavannaterületeken fellépő spontán tüzek azonban rendszerint kedvezően befolyásolják az életkörülményeket. Bár a szavannatüzeknél keletkező 280–560 °C-os hőség teljesen elpusztítja a föld feletti növényzetet, a talajban már 2 cm mélyen sincs hatása, s így a legtöbb fa és cserje a mélyebben fekvő alvórügyekből új hajtásokat hoz, az évelő füveket pedig a tűz friss levelek

fejlesztésére serkenti. Így a tűz a szavannákon meggyorsítja a szerves anyagoknak – a szárazság miatt csak lassan végbemenő – lebomlását, s az újonnan kihajtott füvek az állatoknak friss legelőt biztosítanak.

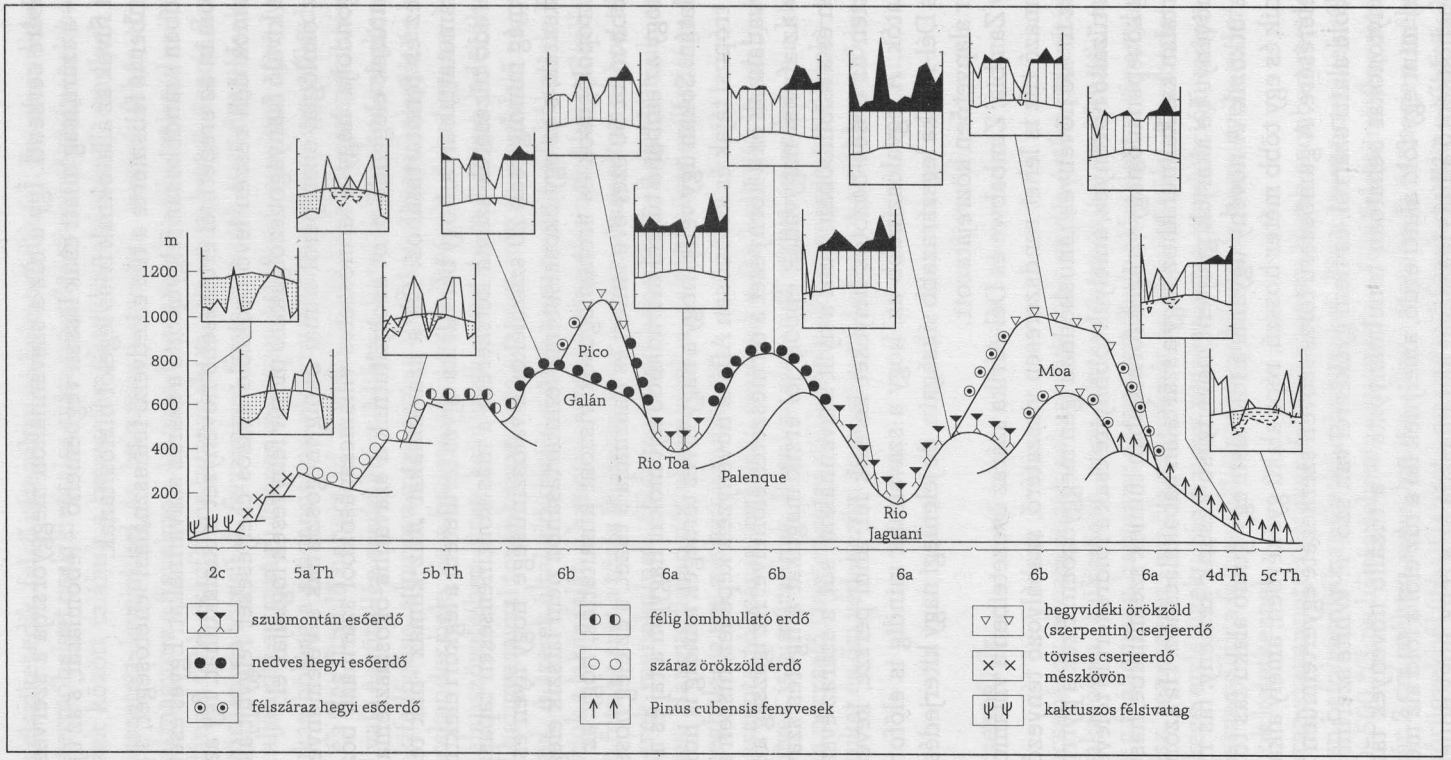
Az ember is felismerte a tűz e kedvező felhasználási lehetőségét, s a megfelelő időben szándékosan felgyújtotta a száraz szavannákat. Egyes esetekben a tűz nyomán az eredetinél értékesebb növényzet is kialakulhat. Így az Egyesült Államok déli részén levő örökzöld szúrós cserjéseket felgyújtják, mert helyüket kiváló faanyagot szolgáltató pionír fenyvesek foglalják el.

A tűz ökológiai szerepéről a mai napig megoszlanak a vélemények. Sok kutató gondolja, hogy a természetes villámcsapásokból származó bozót- és szavannatüzek elegendő okot szolgáltatnak a szavanna-ökoszisztéma keletkezéséhez és fenntartásához. Ők a szavannákat „tűz-klímax"-nak tekintik. Mások rámutattak arra, hogy bár Afrika egyes területein a légköri elektromosságból eredő tűzesetek száma kétszerese a más kontinenseken tapasztalhatóknak, még mindig csak 20 százalékos a valószínűsége, hogy ilyen esemény bekövetkezzék, s ez egy ökoszisztéma fenntartásához nem látszik elegendőnek. Antropológusok és archeológusok viszont kimutatták, hogy az afrikai ember több mint 50 ezer éve ismeri és használja a tüzet, s ez elég hosszú idő ahhoz, hogy az ember a tűzzel maradandó nyomokat hagyjon a táj és növényzet arculatán. Sokan úgy vélik, hogy a nagy füves térségek mindig is hozzátartoztak a trópusi tájak és különösen Afrika növényzeti képéhez, hiszen az afrikai nagyvadaknak ez a környezet a természetes élőhelye. Az igazság azonban az, hogy az afrikai nagyvadak éppoly jól érzik magukat a ligetes szavanna-erdőkben és a miombóban, mint a nyílt szavannákon, sőt, a száraz évszakban kifejezetten az erdős-bozótos helyeket keresik fel, ahol persze, kevésbé jól vadászhatók. A legvalószínűbb az, hogy a szavannák mindig is előfordultak Kelet- és Dél-Afrika legszárazabb síkságain, de jelenlegi nagy kiterjedésükben az ember alapvetően közrejátszott.

Hogy Zambia, Zimbabwe és Dél-Afrika száraz övezeteiben a villámcsapásból származó tűz is lehet rendszeresen visszatérő, szabályozó tényező, arról maguk az itt élő növények tanúskodnak igen meggyőzően. Ezek a pyrrhophyta vagyis tűzálló növények, amelyek többnyire csak a földre terülő tőlevélrózsa és annak közepén ülő nagy virágok formájában tűnnek szemünkbe, hasonlóak a mi szártalan kankalinunkhoz vagy a szártalan bábakalácshoz. Ha azonban az afrikai növényt be akarjuk gyűjteni, növényásó késünk kemény, fás növényi szövetbe ütközik. A növény ugyanis a föld alatt egy gumó alakú fás törzsben folytatódik és egy több méter hosszú, répa alakú gyökérben, amely alkalmas a talajvíz elérésére. A gumószerű törzs szöveti szerkezete egyértelműen mutatja, hogy föld alatti szárról, és nem gyökérről van szó. *F. White* szerint – aki a pyrrhophytonokat behatóan tanulmányozta – a tűzálló növények társulása nem más, mint egy föld alatti erdő, amelynek fái a tűz elől a föld alá menekültek. E meghökkentő állítás igazságát alátámasztja az a tény, hogy ennek a kü-

14. ábra

A klíma- és vegetációtípusok, valamint a domborzat összefüggését ábrázoló komplex szelvény Kelet-Kubából



Jelmagyarázat: 2c = félsivatagi klíma, 5a Th = bixérikus klíma, igen száraz típus, 5b Th = bixérikus klíma, közepesen száraz típus, 5cTh = bixérikus klíma mérsékelten száraz típus, 4dTh = télen száraz trópusi klíma enyhén száraz típus, 6a = ekvatoriális klíma síksági típus, 6b = ekvatoriális klíma, hegyvidéki típus.

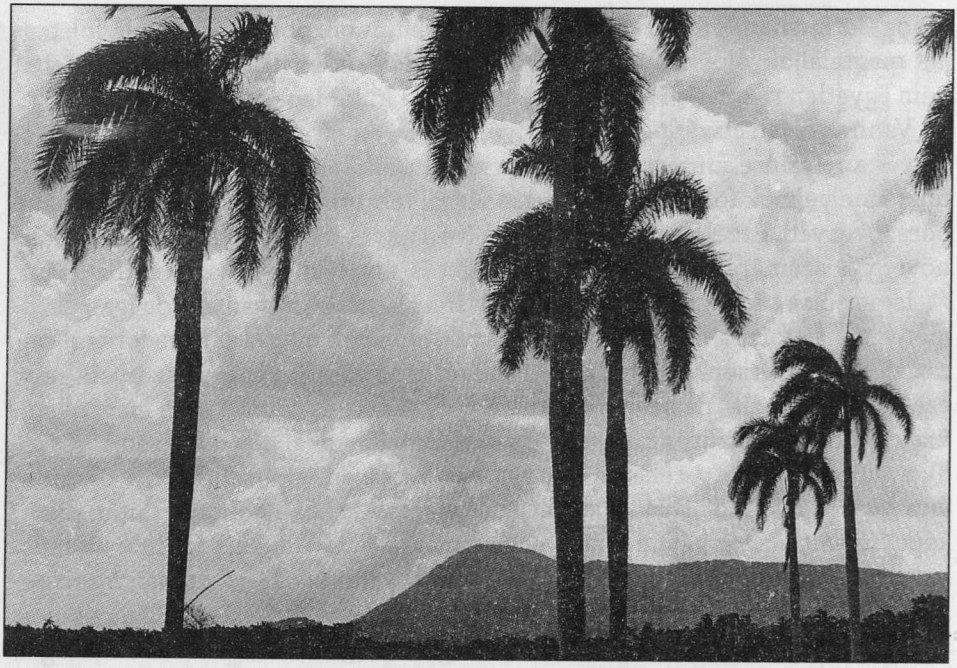
lönös életformának a képviselői között a legkülönbözőbb növénycsaládok tagjait megtaláljuk: aloékat, nagyvirágú meténgféléket és illatos gardéniát; tehát nem egyetlen rokonsági kör alkalmazkodott a különleges életmódhoz.

Vannak olyan elszánt „tűzoltó növények" is, amelyek még ebben a társulásban is a felszínre merészkednek. Ilyenek a szőlőfélékhez tartozó *Cissus* liánok, amelyeknek földön fekvő törzse vízzel telt tömlő, amelyet igen ellenálló bőrszövet véd. Ezzel a tömlővel felszerelve a növény képes átvészelni azt a más növények számára elviselhetetlen hőséget is, amelyet egy szavannatűz jelent.

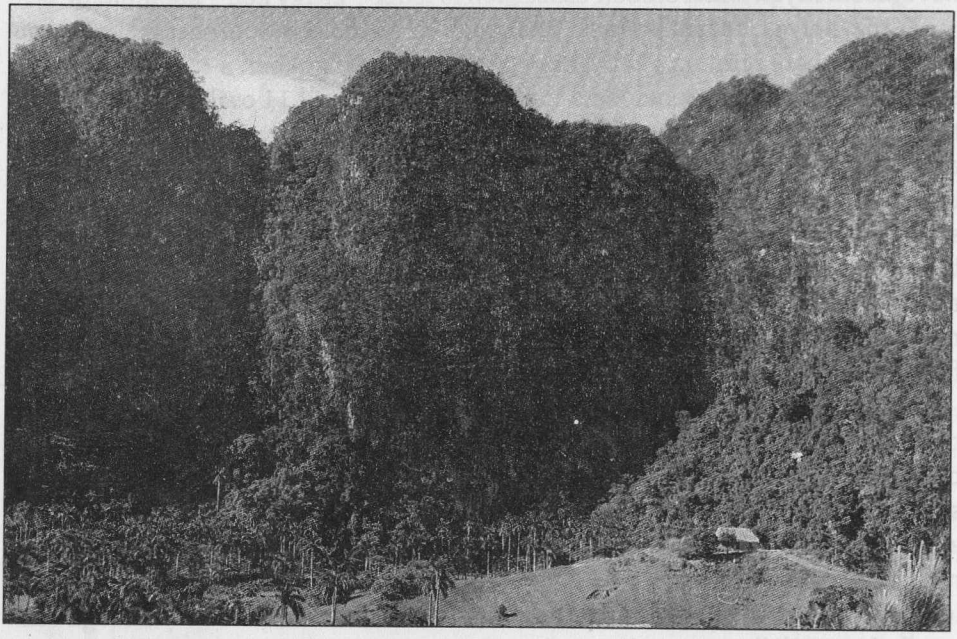
Ismerjük a tűzhöz való alkalmazkodásnak kevésbé látványos, de igen eredményes más formáit is. Vannak növények, amelyek magva pirítva jobban csírázik, mint nyersen. A pattogatott kukorica, a tökmag meg a szotyola nem ezek közé tartozik, de számos trópusi bab, akácia és mimózaféle magja igen. Ezek a többnyire szúrós cserjék vagy liánok rizómákkal kényelmesen átvészelik a pusztító bozóttüzeket, s bár ágaik és hajtásaik elpusztulnak, a tűz után újra sarjadzanak, sőt a föld alatt terjedő rizómáikkal és a hőkezelés után csíraképessé vált magok révén a nedves évszakban új területeket hódítanak meg. Ilyen tűzzel terjedő szúrós cserje például az átokmimóza (*Dichrostachys cinerea*), a lusta mimóza (*Mimosa pigra*) vagy az *Acacia farnesiana*. Ezek és más hasonló cserjék a tüzet használó ember gazdasági törekvéseinek ellenségei, hiszen azt a legelőterületet foglalják el, amelyet az ember éppen a tűz révén kíván hasznosítani. A tüzet tehát óvatosan, körültekintően és az ökológiai következmények ismeretében ésszerűen is lehet – és így kell – alkalmazni.

A tűz helyes használatának ökológiai és gazdasági fontosságát mi sem mutatja jobban, mint az a tény, hogy a trópusi országokban a tűzökológiai kísérleti állomások egész hálózata működik – ezek közül 11 csak az afrikai kontinensen. A magukat önirónikusan piromániásoknak nevező tűz-ökológusok azt tanulmányozzák, hogy a tüzet mely időpontokban, milyen gyakorisággal és intenzitással kell alkalmazni a szervesanyag-produkció folyamatos fenntartásához, és hogy a tűz milyen mértékben befolyásolja a legelők faji összetételét, hozamát és a hozam minőségét. Megállapították például, hogy a száraz évszak első felében alkalmazott égetés, az ún. „hideg tűz" sokkal serkentőbb hatású a növényzet fejlődésére, mint a száraz évszak végén bekövetkező, pusztító erejű forró tüzek.

Igen kiterjedt kísérleteket végeznek annak megismerésére is, hogy az égetés mellett milyen mértékű és gyakoriságú legeltetés engedhető meg a különböző típusú szavannavegetációkban. Ha a szavannaégetés intenzív legeltetéssel párosul, a jó minőségű füvek a kettős igénybevétel hatására gyorsan kipusztulnak és helyükön az égetést elviselő, jól sarjadó tövises cserjék szaporodnak el, amelyeket a legelő állatok elkerülnek. Ez a folyamat néhány év leforgása alatt a szavannák elbozótosodásához, használhatatlanságához vezet. Ausztráliában ma már törvény tiltja a szavannák égetését.



15. kép Királypálmás kultúrszavanna, frissen irtott trópusi örökzöld erdő helyén



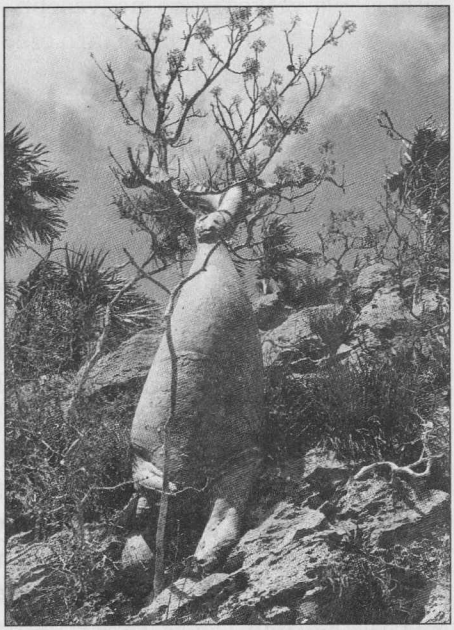
16. kép Elefánt alakú trópusi kúpkarszt hegyek (mogoték) Nyugat-Kubában

A pálmaligetek szigetén

Ha az utazó Mexikó felől keletnek hajózva a délutáni Nap vörös fényénél megpillantja a Sierra de los Organos fantasztikus alakú hegyeit, mindjárt tudhatja, hogy ez a hosszan elnyúló, krokodil alakú sziget különösen szép tájakat rejt. Az „orgonák hegysége" – mert ezt jelenti a Sierra de los Organos – orgonasípszerűen különálló, oszlop alakú, 5-600 m magas hegyekből áll, amelyeknek oldalait a trópusi felhőszakadások évmilliók alatt függőleges sziklafalakká gyalulták. Ezek az erdővel borított cukorsüvegek mégis a különleges növényfajok százait őrzik, melyek egyedül itt élnek a Földön. Itt, a megmászhatatlan sziklatornyok hasadékaiban rejtőzködik a jurakori nyitvatermő erdők utolsó hírmondója, a parafapálmának nevezett *Microcycas calocoma*, egy 10-12 m magasra megnövő cikászféle, amely a földkerekség legritkább, legveszélyeztetettebb növényfajainak egyike, – valóságos élő kövület.

Az orgonasípok közti mély völgyek homokos talaján termesztik a világ legfinomabb szivardohányát, amelynek leveleit pálmalevelekkel fedett kis kunyhókban fermentálják nagy szakértelemmel, hogy aztán szivarokká sodorva, Upman- vagy Partagas-emblémás gyűrűvel derekukon méltán arassanak sikert a világpiacon.

A délnyugati síkság savanyú kvarchomok talajain valamikor az igénytelen trópusi fenyő (*Pinus tropicalis*) ritkás erdei uralkodtak, de ezekből alig néhány kisebb erdőcske maradt mutatóba. A fenyvesek helyén keletkezett homoki legelőkön azonban megmaradt és diadalmasan uralkodik a bennszülött pocakospálma, a *Colpothrinax wrightii*, amelynek középtájt kihasasodó, belül üreges törzse víztárolásra szolgál. Ma már ez a pálma is védelemre szorul, mert törzséből oszlopot, bútort, hordót, csónakot, teknőt és számtalan egyéb hasznos tárgyat készítettek, aminek következtében állományainak és egyedeinek száma aggasztóan megcsappant. Az innen északra emelkedő palás magaslatokon és Cajalbana szerpentindombjain egy másik fenyőfaj alkot erdőket, a nevezetes karib fenyő – *Pinus caribaea* –,



17. kép Víztárolásra módosult törzsű majomkenyérfa-féle – *Bombacopsis cubensis* – trópusi karszterdő sziklafalán

amely igénytelensége, gyors növekedése és rugalmas gyantás szövete miatt egyike a legkedveltebb ültetvényfáknak szerte a trópusokon. Ugyanerről a fenyőről kapta nevét a Kubától délre fekvő Fenyők Szigete, amelyet ma az Ifjúság Szigetének hívnak azoknak a fiataloknak a tiszteletére, akik a forradalom után a fenyvesek és a szinte terméketlen fehér kvarchomok szavannák helyén évek szorgos munkájával virágzó narancsültetvényeket hoztak létre. E soknevű szigettől – amelyet a 17. században Kalózok szigetének, *R. L. Stevenson* híres regényében pedig Kincses-szigetnek hívnak – keletre fekszik Kuba híres nagy lápvidéke: a Zapata-mocsár.

A több mint 5 km^2 kiterjedésű lápvilág több szempontból is nevezetes terület. Hatalmas mangroveerdői, mocsárerdői, sással benőtt ingólápjai egy óriási nemzeti park részei, amelyben csodálatos gazdagságú madárrezervátumok, s a bennszülött kubai krokodil (*Crocodilus rhombifer*) védett állományai találhatók. A Laguna del Tesoro fekete vizű láptavának szigetein emelkedő Guamá: az Indián Velence, valamint Playa Larga és Playa Girón tengeri fürdőhelyei méltán avatják a turisták kedvelt látogatóhelyévé ezt a vad természeti szépségekben bővelkedő tájat.

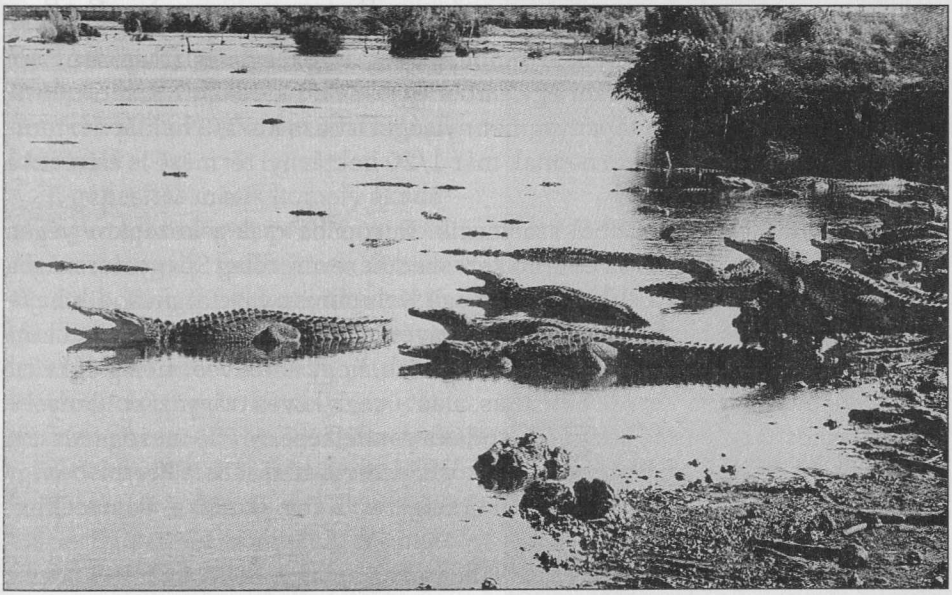
Kuba éghajlata legnagyobbrészt télen száraz, trópusi klíma, amely azonban a tenger közelsége miatt, s a téli verőfényt meg-megszakító hidegfrontok átfutó esői következtében nedvesebb, mint a monszun-, illetve passzátklímák. Ezért az uralkodó növénytakaró eredetileg félig lombhullató erdő, a jobb talajokon pedig időszakos örökzöld erdő volt. Mivel azonban Kuba felfedezése után röviddel kiderült, hogy a szigetországnak sem aranya, sem ezüstje nincs, mint a gazdag Perunak vagy Mexikónak, elhatároztatott, hogy Kubából állattenyésztő ország lesz. Ennek értelmében már az első kormányzó, *Diego Velazquez* elrendelte, hogy az adományozott birtokok mekkora területhányadán kell az erdőt kiirtani és felégetéssel legelővé alakítani. Ennek az évszázadokon át tartó gazdálkodási gyakorlatnak az eredményeképpen alakult ki a kubai táj mai képe, amelyben a cukornádültetvények sűrű zöld „hadoszlopai" váltakoznak a szemet nyugtató nagy füves térségekkel, melyeket a magas törzsű, elegáns királypálmák égre rajzolódó harmonikus alakja tesz hasonlíthatatlanul bensőséges tájképpé. Mindenkiben, aki csak egyszer is látta, ez a kép kitörölhetetlen emléket hagy.

Az már talán csak a gyakorlott szemű szakembernek tűnik fel, hogy a jobb vörösföldeken a királypálma mellé egy gyönyörű óriásfa, a majomkenyérfa testvére, a pamutfa (*Ceiba pentandra*) társul, sekélyebb, szárazabb talajokon pedig az ernyő alakú sámánfák (*Samanea saman*) kísérik a királypálmák szépséges csoportjait.

A pálmák nagyszerű talajjelzők. A derespálma (*Sabal palmetto*) hosszabb évszakos elárasztást, az *Acoelorraphe* tartósan vizenyős termőhelyet, a viaszpálmák felszín közeli vízzáró réteget, a *Coccothrinax* pálmák szerpentinkőzetet jeleznek. Mindegyikük a pálmás szavannák egy-egy jellegzetes képét

teremti meg. Nem véletlen tehát, hogy Kubára szinte mindenki úgy emlékszik vissza, mint a pálmaligetek szigetére.

A növényföldrajzos számára persze a kubai sziget legsajátosabb szavannái mégiscsak a fenyves szavannák, hiszen a trópusi klímában a fenyők általában teljesen hiányzanak. Legfeljebb Mexikó magashegységiben, a Sierra Madre hegyláncain, a Popocatepetl és a Cotopaxi tűzhányóinak lejtőin, a tápanyagban szegény lávatalajokon, 1500-3000 m magasságban találunk tűlevelű erdőket. Trópusi–szubtrópusi síkságokon azonban a tűlevelű fák megjelenése teljesen szokatlan. A *Pinus tropicalis* és *P. caribaea* szavannái szinte egyedülállóak a Föld forró égövi vegetációjában. Ehhez hasonlót a Bahamákon és Floridán kívül csak Dél-Amerika középső, száraz övezetében találunk, ahol a brazíliai szobafenyő (*Araucaria brasiliensis*) alkot ligetes szavannaerdőket.



18. kép A bennszülött kubai krokodil *(Crocodilus rhombifer)* a Zapata Nemzeti Parkban

„Si no has visto Granada, no has visto nada" (Ha nem láttad Granadát, semmit sem láttál) – mondja egy régi spanyol mondás, és ez kis módosítással Kelet-Kubára is igaz: ha nem láttad Orientét, semmit sem láttál Kubából. Annak, aki a természetet szereti, ez a mondás különösen is igaz. A Karib-tenger indigókékjéből meredeken égbeszökő Sierra Maestra közel 2000 m magas vonulata, lábainál *Dendrocereus*os kaktuszerdőkkel, tetején lobéliás alhavasi törpecserjésekkel, a Toa folyó völgyének esőerdői, a Nipe és a Moa hegységek fenyves-rengetegei és virágokban tobzódó örökzöld cserjebozótjai világviszonylatban is a leggazdagabbak közé tartoznak. A természet eme

nagyszerű öröksége azonban szakszerű védelmet is igényel. Az erdők sok helyütt túlhasználtak, az északi partvidéken a nikkelművek rendkívül erős légszennyezése károsítja a flórát, a vas- és nikkelbányászat rombolja a talajt. Ezek megszüntetése vagy korlátozása a világörökség megóvásának részeként egyszerre nemzeti és nemzetközi természetvédelmi feladat.

Cukorszigetek és banánországok

Az Antillák szigetvilágának és a környező közép-amerikai területeknek a mezőgazdaságát főleg két növény nagyarányú termesztése jellemzi: cukornád és a banán.

A cukornád (*Saccharum officinarum*) kétségtelenül a földkerekség legnagyobb hozamú kultúrnövénye. Egységnyi területen több tápanyagot termel, mint bármely más növény. Ha az ember energiaszükségletét átlagosan napi 2800 kalóriának vesszük, akkor egy ember egy év alatt kereken 1 millió kalória tápanyagot igényel. Ezt a tápanyagmennyiséget a búza kb. 1/3 hektárnyi területen termi meg, míg a cukornádnak már 1/20 hektárnyi termése is eléri ezt a mennyiséget.

A cukornád Kelet-Ázsiából származik. Európába csak a középkor végén jutott el a nádcukor a perzsa és arab kereskedők révén, főleg Spanyolországba és Itáliába. Amerikába a cukornádat maga Kolumbusz vitte át második hajóútja alkalmával, és Hispaniola és Kuba szigetén már 1500 körül nagy cukornádültetvények létesültek. Rövidesen rájöttek, hogy a nedves, meleg éghajlat alatt a cukornád igen kevés ráfordítással is – csak kevés trágyázást igényel – óriási termést hoz, és a tőkés gazdálkodás a rendelkezésre álló mezőgazdasági területeket szinte kizárólagosan a cukornád termesztésére állította be. Így születtek meg a trópusi öv híres cukorszigetei: Kuba, Jamaika, Puerto Rico, Haiti, Mauritius, Réunion stb.

A cukornád a pázsitfűfélék családjába tartozó magas növésű fű. Indiában a kultúrfajták két-három méter magasra nőnek, Közép-Amerikában viszont a négy-öt méter magas cukornád sem ritka. Évelő növény, amely kitűnően sarjadzik, és így nyolc-tíz évig is aratható egymás után anélkül, hogy vetni kellene. Ez természetesen nagy munkaerő- és munkaidő-megtakarítást jelent.

A cukornádültetvényt nem magról vetve létesítik, hanem a learatott szárak csekély cukortartalmú felső, leveles részét dugványozzák. A szárcsomókon fejlődő vegetatív rügyekből előbb gyökérzet, majd új növény fejlődik. A dugványozás után 10-12 hónap múlva már sor kerülhet az első aratásra.

Az aratás időpontját a jobban felszerelt gazdaságokban ma már tudományos módszerrel határozzák meg. A cukornád szárából meghatározott időközökben mintát vesznek, és cukortartalmát polariméterrel meghatározzák.

Amikor a szárból csapolt cukoroldat töménysége már nem növekszik, el lehet kezdeni az aratást.

*

Néha a politika döntő módon befolyásolja egy mezőgazdasági növény termesztésének technológiáját. Ez a ritka eset történt a cukornáddal. Az 1950-es években a cukornádat még kézzel aratták szerte a trópusokon. A Karib-térség országaiban hivatásos nemzetközi aratóbrigádok dolgoztak, amelyek az érési időpontok sorrendjében kezdték el az aratást ősz végén a közép-amerikai országokban, majd hajóra szálltak és végigaratták az Antillák szigeteit Kubától Puerto Ricoig, ahol körülbelül július közepén fejezték be. Gépesítésről senki sem álmodott, a munkanélküliséggel küszködő országok vezetői örültek, hogy legalább 6-8 hónapra munkát tudtak adni az aratómunkásoknak.



19. kép Cukornád-ültetvény Nyugat-Kubában

A gépesítés másik komoly akadálya egy technológiai probléma volt. Az aratás egyik fontos munkamozzanata a kivágott cukornád letisztítása a szorosan rásimuló levélhüvelyektől. Ez azért fontos, mert a levélhüvelyt igen kicsiny, szúrós, merev serteszőrök borítják, amelyek – ha belekerülnek – feldolgozhatatlanná teszik a kipréselt cukoroldatot. A letisztítás bonyolult munkafolyamatát egy profi arató egyetlen zsonglőr-ügyességű mozdulattal végzi el: az aratókést végigtolja a cukornád szárán, miközben a másik kezével forgatja azt. Mindebben csak az a nehéz, hogy a cukornád hajtása csuklóvastagságú és legalább 2 m hosszú. Gépesítésre tehát senki sem gondolt – egészen 1961-ig.

Amikor azonban 1960-ban az USA legnagyobb cukorszállítója, Kuba bejelentette a kb. felerészben amerikai magántulajdonban levő 250 cukorgyárának és a hozzátartozó másfél millió hektár cukornádültetvénynek az államosítását, az Amerikai Egyesült Államokban elhatározták, hogy többet egy gramm cukrot sem vásárolnak Kubától. A bejelentést azonban 1962-ig el kellett halaszta-

ni, mert az Egyesült Államok gazdasága nem volt felkészülve az évi 5 millió tonna import cukor kiváltására, illetve helyettesítésére. Az 1961-es év volt az Egyesült Államokban a cukortermesztési terv kidolgozásának és végrehajtásának éve. Az USA majdnem 10 millió km^2-nyi területén egyetlen olyan vidék volt, amelynek ilyen mennyiségű cukornád megtermelésére alkalmas éghajlata és talajviszonyai voltak: a Hawaii-szigetek. Igen ám, de ott nem állt rendelkezésre az aratáshoz szükséges szakképzett munkaerő! Meg kellett tehát oldani a cukornád betakarításának gépesítését.

Egy cukornádvágó kombájn megszerkesztése, amely a cukornádat alulfölül egyszerre vágja ki, illetve kivágja és lefejezi, nem látszott megoldhatatlan feladatnak, – ezzel a mérnökök hamar el is készültek. De mi legyen a levélhüvely eltávolításával? Ekkor jött a nagy ötlet: le kell égetni őket! Kidolgozták hát a cukornád égetéses betakarításának technológiáját. Napkelte előtt, amikor a cukornádültetvény az éjszakai harmattól nedves, felgyújtják az állományt. Ilyenkor csak a levélhüvelyek és a levélzet egy része ég le, a szár cukros leve kissé karamellizálódik ugyan, de a szár nem fog tüzet. Ha a gépi betakarítást az égetés után azonnal elvégzik, az így előálló cukorveszteség általában nem több 5-6 százaléknál, ami bőven megtérül a munkabér-megtakarításból. Így vitte előbbre egy politikai döntés egyetlen év alatt évtizedekkel egy mezőgazdasági növény termesztésének, illetve betakarításának technológiáját.

Talán nem is kell mondanom, hogy ma már Kubában is ezzel a technológiával dolgoznak, csak éppen szovjet, illetve orosz kombájnokkal.

*

A növény gazdasági szempontból legértékesebb része a szár belsejében levő nedvdús fehér szövet, amelynek cukortartalma eléri a 13 százalékot. A learatott nádat gyorsan és lehetőleg a helyszínen fel kell dolgozni, mert a hosszadalmas szállítás és állás közben a cukros lé részben elfolyik, részben megerjed. A cukros sejtnedv kipréselése után a visszamaradó rostos szárakat a papíriparban nyersanyagként hasznosítják. A cukornád nagy előnye – a cukorrépával szemben – még az is, hogy feldolgozása során viszonylag kevés melasz keletkezik. Ezt a szeszgyártásban használják fel, és kiváló rumot készítenek belőle, amely Ron és Ronda, Añejo, Havanna Club, Matusalem stb. néven kerül forgalomba.

*

A banán (*Musa sepientum* ssp. *esculenta*) a legtöbb trópusi országban egész éven át vásárolható élelmiszer. Gyümölcse könnyen emészthető, igen tápláló és ízletes. Ez az érdekes növény tulajdonképpen egy fatermetű lágyszárú. Igen gyorsan növekszik, egy év alatt elérheti a 6-8 m-es magasságot. Látszólagos törzse a szorosan záródó levélnyelekből alakul ki. A „törzs" csúcsán fejlődik a



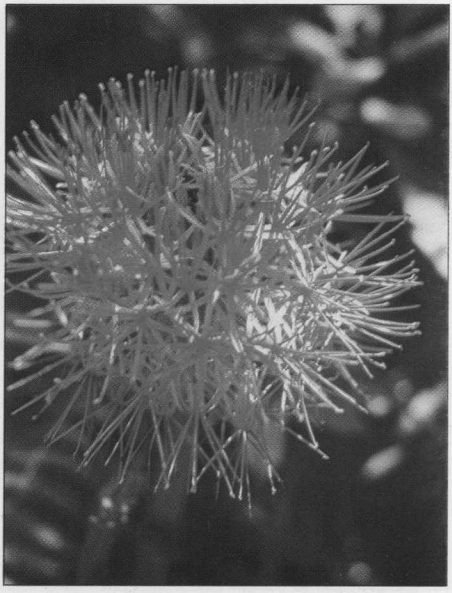
XIII/1. kép Afrika trópusi száraz erdeje, az akáciák alkotta miombó Tanzániában, a nedves évszak elején



XIII/2. kép A afrikai folyók kiöntéseiben gyakori a papiruszsás *(Cyperus papyrus)* 3-4 m magas mocsári bozótja



XIV/1. kép Az afrikai szavannák veszélyes szökevénye, az Amerikában áthatolhatatlan bozótokat alkotó átokmimóza *(Dichrostachys cinerea)*



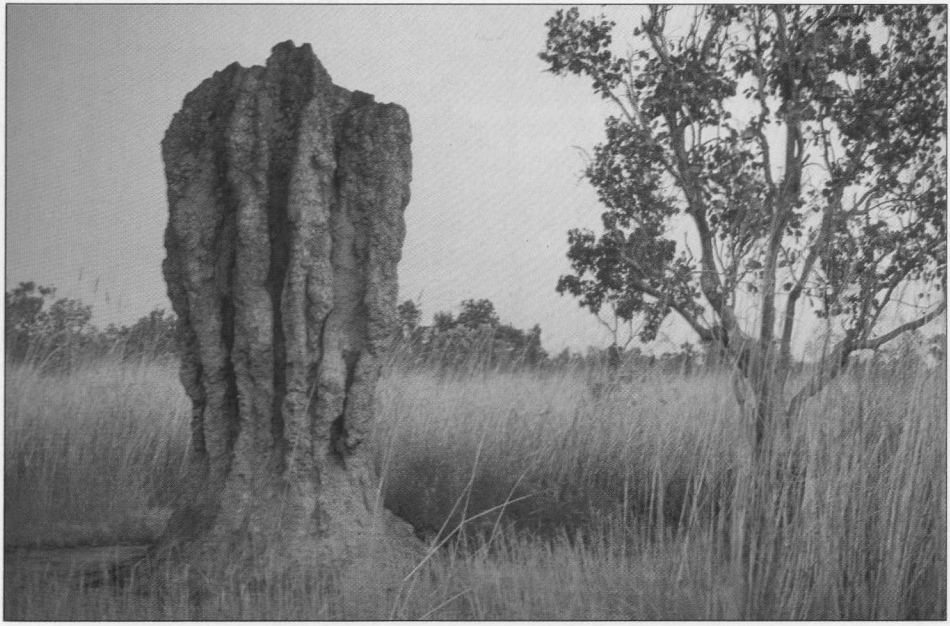
XIV/2. kép A miombó tavasszal tömegesen virágzó ékessége, a vérvirág *(Scadoxus multiflorus)*



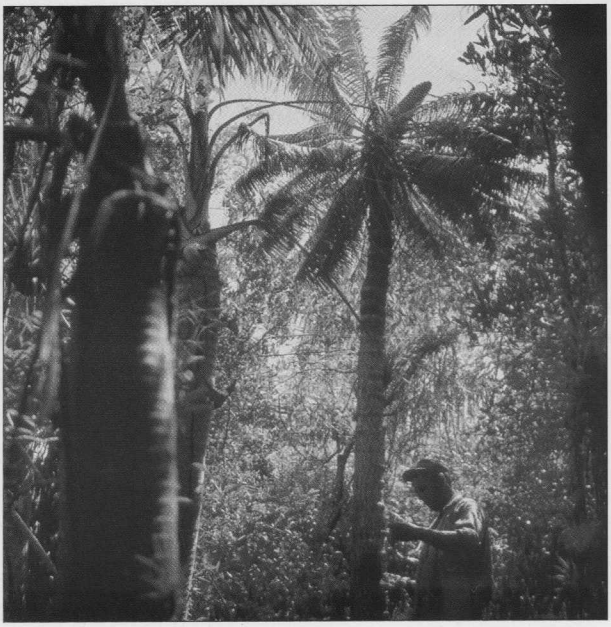
XIV/3. kép Virágzó akácia-cserje *(Acacia ferruginea)* a kelet-afrikai Pare hegység lábainál



XV/1. kép Fütyülős akác *(Acacia lutescens)* hajtásai hangyalakta levélnyélduzzanatokkal



XV/2. kép Hatalmas termeszvárak emelkednek ki a törpe szavannafák közül Ausztráliában is



XVI/1. kép Élő kövület Nyugat-Kubában. A parapálmának nevezett cikászféle *(Microcycas calocoma)* krétakori reliktum. Egyike a Föld legritkább fajainak



XVI/2. kép Az Orgonák hegységének trópusi kúpkarsztja falként emelkedik ki a puha homokkő halmok alig hullámos síkjából

hatalmas virágzati tengely, amelyen több körben helyezkednek el a korábban nyíló termős és a később nyíló porzós virágok. A „banánfa" éppúgy csak egyszer hoz termést, mint nálunk a kukorica, és ezért termésérés után kivágják. A ültetvényt mégsem kell évenként újra telepíteni, mert a kúszó gyöktörzsből hajtás fejlődik, amely a következő évben hoz majd termést.

*

Hogy a trópusi országok milyen gazdagok lehetnek ipari nyersanyagokban, azt lemérhetjük a politikai cselszövéseknek és áldatlan háborúknak azon több évtizedes sorozatán, amely megakadályozta, hogy Namíbia békében élő, igazán független ország legyen. Az előző fejezetekből láthattuk, hogy a trópusi ősvegetáció már természetes körülmények között is ezreit és tízezreit adja azoknak a növényfajoknak, amelyek kiválóan alkalmasak táplálkozási, ipari vagy gyógyászati célokra, sőt esetleg nélkülözhetetlenek is.

Ezek ismeretében joggal hihetnénk, hogy a termékeny trópusi és szubtrópusi országok mindeme értékes növényeiket termesztik vagy gyűjtik, a mezőgazdasági termékek gazdag választékával lépnek a világpiacra, s a lakosság munkájának eredményeként jómódban élnek. A valóság azonban egészen más. A nagytőkés ipari és kereskedelmi vállalatok fokozatosan rákényszerítették az egyes trópusi országokat arra, hogy mezőgazdaságukat egy-két terményre profilírozzák. Így lett Brazília a kakaó és a kávé, Venezuela az ananász, a vanília és a mahagóni hazája, Kuba a cukorsziget, Kolumbia, Panama, Honduras és a többi közép-amerikai kis államok pedig banánországok.

A mezőgazdaságnak ez az egyoldalú fejlesztése tulajdonképpen a kereskedelmi nagytőke kiszolgáltatottjaivá tette ezeket az országokat. A termékek átvételi és világpiaci árát ugyanis a kereskedelmi társaságok szabták meg, s az illető országok kénytelenek elfogadni a kínált feltételeket, mert különben piac nélkül maradtak volna, ami az ország teljes csődjét idézte volna elő. Közben az iparcikkek ára egyre emelkedik, a mezőgazdasági terményeké pedig csökken, ami ezeknek ez országoknak az évről évre növekvő eladósodását, elnyomorodását vonja maga után. Egy-egy rosszabb év, egy természeti csapás következtében az ország teljes évre fizetésképtelenné válik, s a visszafizetetlen kölcsönök összege mindegyre nő. A jobb termés viszont alig jelent előnyt, mert a fölöslegesen termelt árut mesterségesen pusztítják el, hogy a termék világpiaci értéke ne essék.

Az emberiség alkotókedvével, erejével és munkájával való visszaélésekről regények sorát lehetne írni, s a legelrettentőbb példákat éppen a trópusokról, ahol a természet önkéntes gazdagsága kiáltó ellentétben van a nyomorgók milliós tömegeivel.

Brazíliában nemrég egy új növényfajt fedeztek fel, melynek fája az eddig ismert fajokénál több és jobb minőségű lakkot szolgáltat. A lakkfa-ültetvé-

nyek tulajdonosai összefogtak, és óriási területen kipusztíttatták az újonnan felfedezett növényt. Santo Domingóban pedig a később megdöntött Trujillo-rendszer politikai nyomásra egész mahagóni erdőket égetett porrá, hogy ne veszélyeztesse a venezuelai mahagóni világpiaci árát.

Amilyen nagyszerű tud lenni az ember a civilizáció és jólét megteremtésében, olyan elrettentően képes tönkretenni a természet ajándékait, áldásait, vagy olyan gonoszul kihasználni, hogy abból embertársai millióinak csak kára származik.

Korunk karriernövénye: a kávé

Mikor századunk első felében minden harmadik utcasarkon egy kávéház állt, tizedannyi kávé sem fogyott Magyarországon, mint ma, amikor a kávéházak szinte eltűntek a fővárosból. A kávéfogyasztás ezzel szemben nemzeti kultusszá nőtt. Az utcán egymást érik az eszpresszók, de kávét főznek a munkahelyeken, munkaidő után pedig otthon. Nemcsak városon, falun is hódít e modern szokás, és ma már a kora reggeli papramorgó helyett egy duplát hajt fel a traktoros, a fejőgulyás meg a vállalkozó. Aligha tévedünk nagyot, ha azt állítjuk, hogy a trópusi haszonnövények közül hazánkban a kávét fogyasztjuk a legnagyobb mennyiségben.

A kávécserje (*Coffea arabica*) a trópusi–szubtrópusi szavannaterületekből kiemelkedő domb- és hegyvidékek középső övezetében, 600–1500 m magasságban termeszthető a legjobban, ahol a szavannákról felszálló meleg levegő és a hegyvidékek egyenletes csapadékeloszlása kedvező. Az ilyen éghajlatú tájon eredetileg félig lombhullató esőerdők uralkodtak, és ezek helyén létesültek a legjobb kávéültetvények.

A kávécserjék virágzása csodálatos látvány, amikor egyik napról a másikra egyszerre nyílik ki a sok ezer jázminillatú fehér virág! Néhány hónap múlva már érni kezd a bogyószerű termés, előbb zöld, majd sárga és piros színben pompázva. A termésben található a két, lapos hasi oldalával egymás felé fordult mag, az ún. kávébab, amelyet szárítás után fejtenek ki a termésből és tisztítanak meg a ráboruló pergamenszerű maghéjtól. Ezt a „zöld" kávét szállítják szerte a nagyvilágba, és közvetlenül árusítás előtt, frissen pörkölik.

Az ültetvényeket rendszerint nem magvetéssel létesítik, hanem a visszavágott tövekről fejlődő fiatal hajtásokat a tőről leválasztva, kis bambuszkosárkákban nevelik. Miután megerősödtek, kosarastól ültetik ki az ültetvényre, ahol a bambuszkosár később elkorhad a talajban, és egyúttal az ültetvény talaját is javítja. A cserjék a kiültetéstől számított harmadik évben hoznak először termést, de ennek a mennyisége még csekély. Az első bőséges termésre csak az ötödik-hatodik évben lehet számítani.

Ha a kávé pályafutását akarjuk végigkísérni, akkor Etiópiába kell látogatnunk, ahol a kávécserje vadon terem. Itt már régen felismerték a kávé frissítő hatását, és az abesszin királyok kengyelfutói és hírvivői már több mint ezer évvel ezelőtt rendszeresen kávébabot rágtak, hogy a hosszú úton fáradtságukat csökkentsék. Abesszíniából a kávé a mai Jemen területére került, ahol kitűnő minőségben termett. Innen egyrészt a Mekkába zarándokló dervisek terjesztették el a mohamedán világban, másrészt az arab kereskedelem révén Európába is eljutott. Az Európába induló szállítmányokat Mokka kikötőjében hajózták be, és bár ez a kikötő már nem játszik szerepet a kávékereskedelemben, neve ma is a kitűnő minőségű kávé fogalma.

A mohamedán világban gyorsan terjedt a kávé fogyasztása, különösen miután rájöttek, hogy hatása az alkohol tiltott mámorát gyorsan megszünteti. Európában azonban eleinte csak a patikák árultak kávét gyógyszer gyanánt.

Később az első kávézók megjelenését erős ellenzés kísérte; a presszók őseiben a kocsmatulajdonosok azonnal veszélyes vetélytársat láttak. A kávéellenes harcnak – hasonlóan a mai koleszterin-háborúhoz – igyekeztek tudományos színezetet adni, és orvosi szakvéleményekkel akarták elvenni az emberek kedvét a kávéfogyasztástól. Egy bizonyos *Colomb* nevű orvos például 7 pontban foglalta össze a kávé ártalmait, és a vesekiszáradástól a gyomorbajon át egészen a nemi tehetetlenségig – magyarul impotenciáig – mindenféle szörnyűséget kilátásba helyezett a jámbor kávékedvelők elrettentésére. A kávé mindezek ellenére egyre hódított.

1503-ban holland telepesek honosították meg a kávét Dél-Ázsiában, és különösen Ceylon azaz Srí Lanka szigetén létesítettek nagy ültetvényeket. Kétszáz évvel később már a holland gyarmatok több kávét szállítottak Európába, mint az arab államok. Amerikába 1723-ban került át. Francia gyarmatosok telepítették meg a Martinique-szigeteken, és innen jutott át a többi nyugat-indiai szigetre is. Brazíliában csak száz évvel később kezdték el termeszteni. Itt nagy területek és olcsó munkaerő állt rendelkezésre. A századfordulóra Brazília már a világ kávétermelésének 80 százalékát adta, de nem tudta mind értékesíteni.

Valamit javított az értékesítési nehézségeken, hogy az Egyesült Államokban 1920-ban bevezették az alkoholtilalmat, és ez átmenetileg fellendítette a kávéfogyasztást. Az 1929-es gazdasági világválság a kávépiacot is tönkretette. Százezer tonnaszám öntötték a tengerbe a nyers kávét, mígnem egy ügyes szakember kidolgozta a brikett készítésének technológiáját – babkávéból. A rákövetkező években több mint 3 és fél millió tonna kávét tüzeltek el Brazília gőzmozdonyaiban.

A II. világháború után újra fellendült a kávéfogyasztás. A kávé ez újabb karrierjében – a közvélemény-kutatás szerint – nem kis szerepe van a világszerte növekvő bürokratizmusnak, az ülésezéseknek és a kultúrember növekvő szellemi fáradtságának.

A kávé eddigi sikereit ugyanis nem csupán kiváló illatának és zamatának köszönheti, mint inkább a benne levő alkaloidnak, a koffeinnek, amely gyorsítja a szívműködést és csökkenti a fáradtság érzetét. Ezt az anyagot 1820-ban egy *Friedrich Runge* nevű vegyész izolálta először tiszta állapotban abból a kávémintából, amelyet e célra a weimari hercegség egy magas rangú hivatalnoka – bizonyos *Johann Wolfgang Goethe* – adott át neki.

A koffeint azóta már szintetikusan is előállítják, és akinek nem elég erős egy méregerős dupla, tehet bele még egy koffeintablettát is.

Újra meg újra kísérleteznek olyan kávéfajta forgalomba hozatalával, amely tartalmazza az összes íz- és illatanyagokat, de koffein nélkül. Ez a koffeinmentes kávé még mindig drágább a koffeinesnél, és nem kimondottan sikeráru.

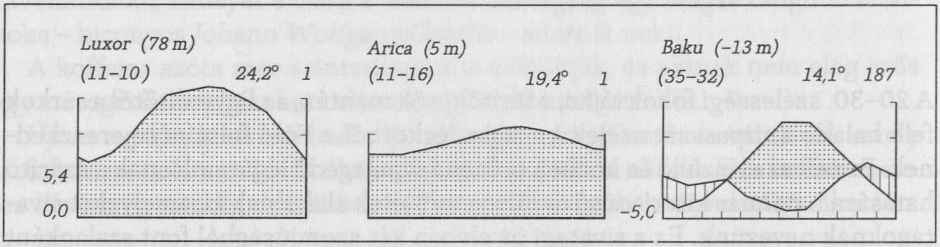
A szomjúság hazájában

A 20–30. szélességi fokok táján, a térítőkörök mentén, az Egyenlítőtől a sarkok felé haladó antipasszát szelek a magas légkörből a Föld felszínére ereszkednek. Ennek az alászálló és közben erősen felmelegedő légáramlásnak a szárító hatására hatalmas kiterjedésű aszályos területek alakulnak ki, amelyeket sivatagoknak nevezünk. Ez a sivatagi öv elvben két szomjúságból font szalagként övezi Földünket. A valóságban e szárazsági zóna elhelyezkedése nagymértékben függ a kontinensek és tengerek egymáshoz való viszonyától, sőt nemegyszer a hegységek is szerepet játszanak kialakulásában. Ahol a térítőkör nagy kiterjedésű szárazulaton halad át, mint pl. Afrikában vagy Ausztráliában, ott hatalmas sivatagok alakulnak ki; ahol azonban a térítő főleg óceánokat érint, ott a sivatagi zóna a sarkok irányába tolódik, mint Észak- és Közép-Amerikában. A sivatagi öv ilyen jellegű eltolódásában nagy része lehet a nagy kiterjedésű lánchegységeknek. Így pl. Ázsiában az eurázsiai hegységrendszer miatt a sivatagok a mérsékelt övbe tolódtak át, és részben hidegsivatagok. Észak-Amerikában a Kordillerák és a Sziklás-hegység láncai fogják fel oly mértékben a Csendes-óceán felől érkező, csapadékot hozó szeleket, hogy az általuk létrehozott esőárnyékban a száraz vidékek messze északra nyúlnak, s a sivatagok az általánosan szokásos kelet–nyugati irány helyett észak–déli irányban terjednek ki. Hasonló a helyzet Dél-Amerikában, ahol az Andok hegylánca mentén teljes hosszában megtaláljuk a sivatagok keskeny csíkját, a tizediktől egészen az ötvenedik szélességi fokig, ami azt jelenti, mintha a Szaharától Európa közepéig, hazánk egész területén át, egészen Krakkó és Prága vonaláig sivatagok húzódnának.

A Föld legkülönbözőbb pontjain kialakult nagy száraz térségek közös sajátsága, hogy éghajlatuk a mienknél általában jóval melegebb, a nyári hónapok hőmérséklete a miénket általában 8-10 fokkal meghaladja. Ugyanakkor a csapadék évi mennyisége nem több mint 250 mm, vagyis a mi száraz alföldi vidékeinken több mint kétszer annyi eső esik, mint a sivatagos vidékeken, már ahol egyáltalán esik. Mert vannak sivatagok, ahol esőisten tudja, mi a tisztesség, és ha kevés esőt is, de rendszeresen juttat a tikkadt növényzetnek. Így Mexikóban és a Nyugat-Szaharában nyáron mindig van egy rövid gyér esőzés; Arizonában és a Sínai-félszigeten pedig rendszeres téli esőzés figyelhető meg. Vannak azonban területek, ahol gyakorlatilag egyáltalán nem, vagy csak 3-4 évenként egyszer esik eső. Nem véletlen, hogy az egyiptomi kultúra teljesen a Nílus áradásaitól függött, hiszen Kairóban évi 31 mm, Asszuánban pedig

15. ábra

A sivatagok éghajlata Afrikában (Luxor), Dél-Amerikában, az Atacama-sivatagban (Arica) és félsivatagi klíma Azerbajdzsánban (Baku)



mindössze évi 3 mm csapadék hull. És mindezek ellenére mindenütt találkozunk az élet nyomaival!

A növényvilág előharcosai ott vannak minden sivatagban, küzdenek a szárazság, a szűnni nem tudó és mindig újra kezdődő szomjúság ellen. Ez az életmód testük felépítésében, táplálkozásuk módjában, életük ritmusában a különleges sajátságok, alkalmazkodási formák gazdag sokaságát hívta életre. A legmeglepőbb az, hogy a szárazság mint alakító tényező a Föld legkülönbözőbb sivatagjaiban is teljesen a maga képére formálta a növényeket. És menynyire hasonlóra! A származástanilag, rokonság szempontjából egészen távolálló növények – mint pl. az amerikai oszlopkaktuszok és az afrikai oszlop alakú kutyatejfélék – olyan egyformák lettek, mintha édestestvérek volnának. Pedig csak egyvalamiben azok: a szomjúságban.

Az oázison innen és túl

Bőséges víz a sivatagi övben csak kétféle módon állhat a növényzet rendelkezésére. Vagy úgy, hogy folyó szeli át a sivatagot, de bővizű folyónak kell lennie, mert különben a Nap heve, a föld szomja egykettőre elapasztja, vagy pedig úgy, hogy egy feltörő forrás vize teremt kicsi édenkertet a pusztaságban. Ameddig vize elegendő a talaj átnedvesítésére, szép magas pálmaligetek nőnek, s messziről integetnek az eltikkadt vándornak: életjel a biztos halálban. A sivatagi területeken csak az ilyen oázisokban lehetséges emberi élet és gazdálkodás. A fő termény a datolyapálma és a különböző citrusfélék, főleg narancs és citrom, de sok helyen kókuszt és olajpálmát is termesztenek. A legdrágább kincs itt a víz. Minden cseppje szó szerint aranyat ér. A forrás vizét öntözőcsatornák hálózatába vezetik. A birtok értékét nem a nagysága, hanem a forráshoz való közelsége és a rajta áthaladó öntözőcsatornák hossza határozza meg. Ennek alapján kell az adót is fizetni. A víz itt az életet jelenti; a vízhasználattal és

vízmegosztással kapcsolatos vétségeket igen súlyosan – akár halállal is – büntetik. (Talán Bősnél is ezt kéne alkalmazni?)

Az oázison túl kezdődik a sivatag, amely minden egyhangúsága mellett is sokkal változatosabb, mint azt itt Európában hinnénk. Az emberek képzeletében a sivatag legtöbbször úgy jelenik meg, mint egy óriási homokozó, amelyben karavánok bandukolnak, időnként pedig jön a számum, felkapja a homokhegyeket és áthalmozza őket néhány kilométerrel távolabbra. Mindez részben igaz is, ám a sivatagok „élete" sokkal változatosabb ennél. Csak a Szahara területén ötféle sivatagot különböztetnek meg. Valamennyi között nappal legforróbb és éjszaka leghidegebb a kősivatag – arab nevén *hamada* –, ahol nagyon kevés növény él. A kőzetnek a hőmérsékletváltozások hatására bekövetkező aprózódásából kedvezőbb termőhely jön létre: a kavicssivatag vagy *serir*, amelyen viszonylag sok növény képes megélni. A kavicsok további aprózódása és a szél által történő görgetése során egészen finom, porszerű törmelék keletkezik: a kvarchomok, amely már teljesen a szél játékszere. A homoksivatagokon – amelyeket *erg*nek neveznek – elsősorban azok a növények életképesek, amelyek nagy kiterjedésű gyökérzetükkel a kifújás ellen, gyorsan növő szárukkal pedig a betemetés ellen védekezni tudnak. Az elsivatagosodott egykori folyómedrek, tó- és tengerfenekek helyén kötött talajú agyagsivatag, *tekir* alakul ki, míg a legsivárabb sivatagi termőhely a kiszáradó tavak helyén keletkező sós sivatag: a *sott*.

A talaj minőségének a sivatagi körülmények között talán még nagyobb a jelentősége a növények számára, mint bárhol másutt. Azt ugyanis, hogy a minimális csapadékból végül is mennyit tud a növény felvenni és hasznosítani, a talaj minősége, illetve vízvisszatartó ereje szabja meg. A legtöbb vizet a növény a laza törmelékes és homoktalajból tudja felvenni, míg a kötött agyagos és sós talajokból az esővíznek csak egy töredéke hozzáférhető a számára. Így – ha a különböző talajokban ugyanannyi víz volna is – élettanilag a laza talajok nedvesebbek, mint a kötöttek. Ez a növényzet képében úgy nyilvánul meg, hogy azonos mennyiségű – pl. 200 mm – csapadék mellett a törmeléklejtőkön cserjés félsivatagi, a homokon egészen laza cserjés sivatagi vegetáció van, míg a kötött agyagon a cserjék eltűnnek, a sós talajon pedig a növényzet teljes hiánya tapasztalható.

A sivatagi növények életének alapkérdése a vízgazdálkodás problémája. Hogyan tudnak megfelelő mennyiségű vizet felvenni? Hogyan képesek azt raktározni, s mi módon viselik el a hónapokig, sőt évekig tartó aszályt? Mik itt a növényi teljesítőképesség határai? Megannyi olyan kérdés, amelyre a sivatagi növények életének vizsgálata sokféle érdekes válasszal szolgál.

A víz a növényi élet területén is nélkülözhetetlen fontosságú. Alapanyaga a növényi szőlőcukorgyártásnak, a fotoszintézisnek – ennek az egész szerves világot fenntartó kozmikus életfolyamatnak –, melynek során a levegő szén-dioxidjából és a vízből a napenergia felhasználásával szőlőcukor készül. A víz ezen kívül az ásványi sók oldószere, melyeket a növény táplálkozás céljából vesz fel, továbbá a sejtekben lezajló valamennyi biokémiai anyagcsere-folyamat közege, végül pedig a növényi test hőmérsékletét és élettani egyensúlyát biztosító párologtatás anyaga. Ezeknek a folyamatoknak a biztonságos lefolyásához a növénynek egy megfelelő víztelítettségi állapot kialakítását kell elérnie, ami azt jelenti, hogy a növény által felvett és leadott víz mennyiségének – vagyis a növény vízháztartásának – egyensúlyban kell lennie.

A vízháztartás feladata az, hogy biztosítsa a sejtek anyagcsere-képességét, vagyis az életfolyamatok zavartalan menetét. A növények vízháztartásának két fő típusa van. A magasabb rendű virágos növények nagy része olyan szervezeti és sejtszerkezeti adottságokkal rendelkezik, hogy a felvett vizet raktározni, a vízleadás ütemét szabályozni tudja, vagyis hosszabb időn át képes függetleníteni magát a környezet vízállapotától. Az ilyen növényeknek saját, önálló vízháztartásuk van, tehát ún. *hidrostabil* növények, s a száraz időszakokban is normális anyagcserét folytatnak, vagy pedig lombjuk lehullatásával kikerülik a száraz időszakot.

A növények másik része – különösen az alacsonyabb rendű algák, mohák, zuzmók, de igen sok páfrány és néhány virágos növény – nem rendelkezik a környezettől független vízháztartás kialakításának képességével. Testük vízállapota teljes mértékben környezetük viszonyaitól függ, vagyis *hidrolabilis* növények. Száraz időszakban teljesen kiszáradnak, s a tökéletes tetszhalál állapotába merevednek. Ha száraz évszakban járunk Kalifornia vagy Mexikó sivatagaiban, gyakorta találkozunk egy olyan növénnyel, amelynek kiszáradt levelei barna gombolyaggá göngyölődtek össze. Ez a „feltámadó" növény a *Selaginella lepidophylla* nevű csipkeharaszt, amelynek tőhajtásai levélrózsára emlékeztetően helyezkednek el. Ha leveleit megsodorjuk, sercegve törnek darabokra, porlanak szét ujjaink között. Semmi kétség, a növény elpusztult! Vegyük elő víztömlőnket és öntözzük meg tartalékvizünkkel. Igaz, ez drága kísérlet, hiszen ki tudja, hány órai szomjúságot kell e könnyelmű kíváncsiságért elviselnünk. De hát a tudásszomj sokszor elnyomja a test szomját, s ez a néhány csepp víz sokat megér. A víz hatására ugyanis a feltámadó növény szemünk láttára tér vissza az életbe, akár többesztendős tetszhalálból is. Az összesodródott levelek megduzzadnak, lassú, egyenletes mozgással kihajlanak, kiterülnek, zöld színük fokozatosan visszatér, s nem telik bele 10 perc, üde levélrózsájával ott pompázik a szemünk előtt: kétségtelenül él! Ez a növény sok más – hasonló életmódot folytató – sivatagi társával együtt jól meg-

tanulta a fakírok mesterségét, illetve ki tudja, talán éppen e növények különös feltámadása mozgatta meg az ember fantáziáját, hogy maga is megkísértse, milyen az út az önkéntes tetszhalálba, s milyen a visszatérés öröme. E növények valóban hasonlatosak a keleti legendák híres főnix madarához, amely poraiból újjáéledt. E különleges fakírnövények valóságos „felekezetet" alkotnak, amelyet a Föld különböző sivatagaiban más-más faj képvisel. Hasonlóan viselkedik a Kubában és a Karib-térségben élő *Selaginella cuspidata*, a dél-amerikai *S. convoluta*, a délkelet-ázsiai *S. involvens* és a kelet-afrikai *S. abyssinica*. Elvétve még virágos növényekkel is találkozunk a feltámadó növények között, amilyen a porcsinfélékhez tartozó kaliforniai *Lewisia rediviva* vagy a Balkánfélsziget hegyi szikláin élő – magyar botanikus nevét viselő – bársonylevélféle, a *Haberlea rhodopensis*.

Ahhoz, hogy e jelenséget megfigyelhessük, nem kell feltétlenül sivatagba mennünk, csupán a közeli erdőbe, ahonnan hazaviszünk egy szép zöld mohapárnát. Száraz helyre tesszük, és egy-két hétre nyugodtan megfeledkezünk róla. Mikor ismét a kezünkbe akad, már barnás színű, szemmel láthatólag száraz, kis levelei és hajtásai csapzottak, kuszán, az élettelenség benyomását keltve hevernek. Vegyünk most elő egy nagyítót, és szemcseppentővel tegyünk egy csepp vizet a kiszáradt mohapárnára. Figyeljük nagyító alatt, ahogyan a levelek és hajtások magukhoz térnek, életre kelnek; egy mikroszkopikus nagyságú erdő újraéledését látjuk szemünk előtt lejátszódni. Az „ébredő" élőlény kedvessége, a „nyújtózkodó" tagok suta bája a csöppnyi zöld növényi hajtásokon! (Ne tegyünk egyszerre túl sok vizet a mohapárnára, mert akkor a folyamat túl gyorsan megy végbe, és nem tudjuk jól megfigyelni.)

Ez a hidrolabilis életmód tehát nemcsak a sivatagokban alakult ki, hanem másutt is; láthatjuk a trópusi esőerdők epifita hártyapáfrányainál és az ananászfélékhez tartozó szakállszerű *Tillandsiák* esetében is. Ez a vízháztartási típus tulajdonképpen korlátlan szárazságtűrést biztosít a növénynek. Fejlődéstanilag mégis primitív berendezkedés, mert maga az élettevékenység túlságosan is vízhez kötött, és nagyobb szervesanyag-termelésű, magasabb termetű növények, fák kifejlődésére szárazföldi viszonyok között alkalmatlan. Ezt bizonyítja az a tény is, hogy a fakír módra élő növények főleg az alacsonyabb szerveződésű algák, zuzmók, mohák köréből kerülnek ki. A magasabb rendű páfrányok, virágos növények közül csak azok tartották meg ezt az ősi berendezkedést, amelyek olyan különleges környezeti viszonyok között élnek, ahol ez az életmód beválik.

Csak néhány nap az élet

A hidrolabilis növények – mint láttuk – a tetszhalál állapotában álmodják át a sivatagi szárazság végtelennek tűnő idejét. Nagyon sok növénynél azonban ez

az állapot nem látszólagos, hanem valódi. Ezek egyéves növények, amelyek minden száraz időszakot az életükkel fizetnek meg. Egyéves vagy egynyári növények hazánkban is szép számmal fordulnak elő, éppen Alföldünk gyakran száraz nyarához való alkalmazkodásuk eredményeként. A kalászos vetések gyomjai: a búzavirág, a konkoly, a szarkaláb is mind egyévesek, mert az évelő gyomokat az évenként ismétlődő szántás többnyire kipusztította a vetésterületekről. De amíg a mi egynyári növényeink számára egy teljes élet leélésére – csírázására, kihajtására, virágzására, termésérlelésére 6-7 hónap is rendelkezésre áll, a sivatagi egyéveseknek minderre 3-4 hét jut; az a rövid időszak, amíg a szórványos esőzések után még nedves marad a talaj. Mire a talaj kiszárad, a növénynek már termést kell hoznia. A lehulló magok azután éveken át megtartják csírázóképességüket, és várják, amíg egy kedvező esős időszak életlehetőséget teremt számukra.

„Gyerünk, gyerünk, gyerünk, mert gyors az élet!" – ez a sivatagi efemer növények életének a mottója. Az efemerek – így hívják az egészen rövid életciklusú egyéveseket – nem ébrednek fel a sivatagi zápor langyos cseppjeitől. Vékony testük addigra már molekulákká esik szét, de rövid életük alatt gondoskodnak arról, hogy továbbadják az élet stafétabotját, s helyüket egy új generáció vegye át. Így biztosítják – az életre alkalmatlan hosszú hónapok ellenére – az élet folytonosságát.

A természet olykor különös tréfát űz az élőlényekkel. Arizona sivatagaiban figyelték meg, hogy ott az efemer növények két teljesen különböző csoportja él együtt, egymás társaságában anélkül, hogy akárcsak egyetlen napra is találkoznának egymással. A magjaik együtt álmodják át a száraz hónapokat, de élettevékenységük más-más időre esik. Ezekben a sivatagokban ugyanis két esős periódus van: egy a hűvösebb téli, egy pedig a forró nyári időszakban. A téli esőzések után egyszerre kizöldül a sivatag. Mérsékelt égövi egyéves növények zöld szőnyege borítja be, melynek magvai 15 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten csíráznak. Három-négy hétig tartó virágzás után véget ér az első felvonás. A mérsékelt övi színtársulat tagjai lelépnek, a sivatagi színpad kiürül, és néhány hónapig tartó felvonásközi szünet következik. A díszlet nem változik, az óriási oszlopkaktuszok és a szúrós sivatagi cserjék továbbra is ott maradnak, csupán az éghajlat lesz egyre melegebb. A nyári esőzések idején újra benépesül a sivatag, de ezúttal új színtársulat lép fel új jelmezekben. Ezek efemer növények, amelyek 25-30 °C-os hőmérsékleten csíráznak ki. Az ő fellépésük is kb. 3-4 hétig tart, aztán befejeződik az előadás. Szétszóródó magvaik ott keverednek a téli efemerekével, de virágjaik nem találkoznak soha.

Azt gondolhatnánk, hogy a sivatagi élet eme átfutó lakóit a szárazságon kívül semmi nem korlátozza, s hogy a rendszeresen bekövetkező esőzések zöld jelzést adnak gyors fejlődésükhöz. Az ökológiai vizsgálatok azonban azt bizonyították, hogy az efemereknek még a néhány hetes élet jogáért is meg kell küzdeniük a sivatagi cserjékkel. Kimutatták, hogy a sivatagi cserjék lehulló

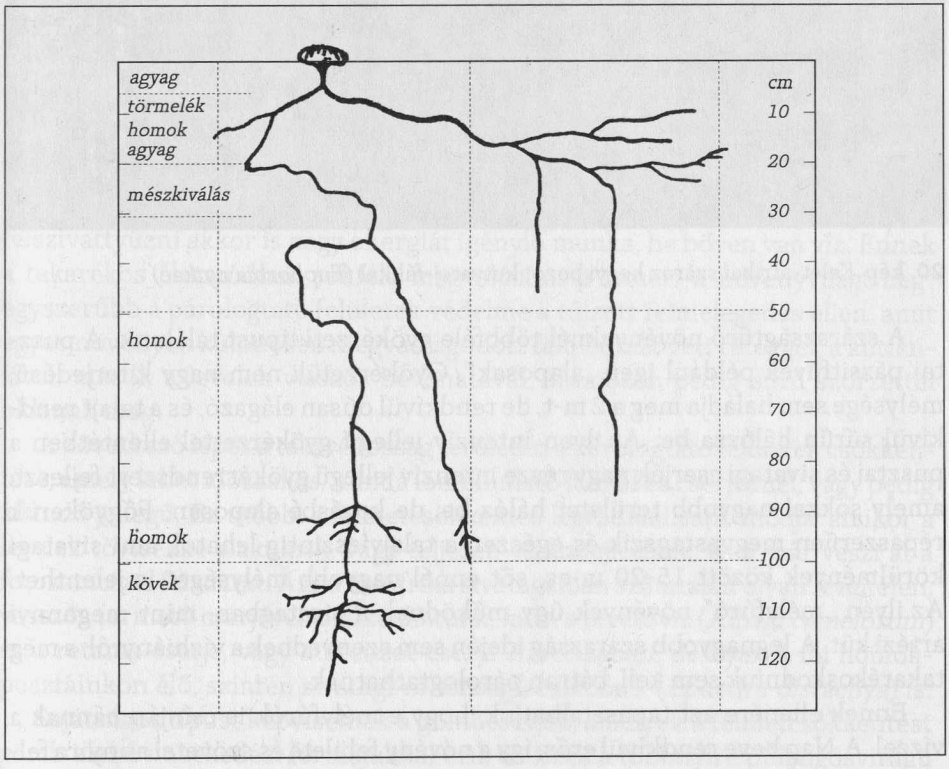
leveleinek bomlásakor olyan kémiai anyagok szabadulnak fel, amelyek gátolják az egyévesek magjainak csírázását. Ezért az efemerek nem tudnak mindjárt az esős évszak kezdetén kihajtani, hanem csak néhány napos késéssel, amikor a nagyobb mennyiségű csapadék már kimosta a csírázásgátló anyagokat a talaj felső rétegeiből.

A mélyfúrók és a takarékosak

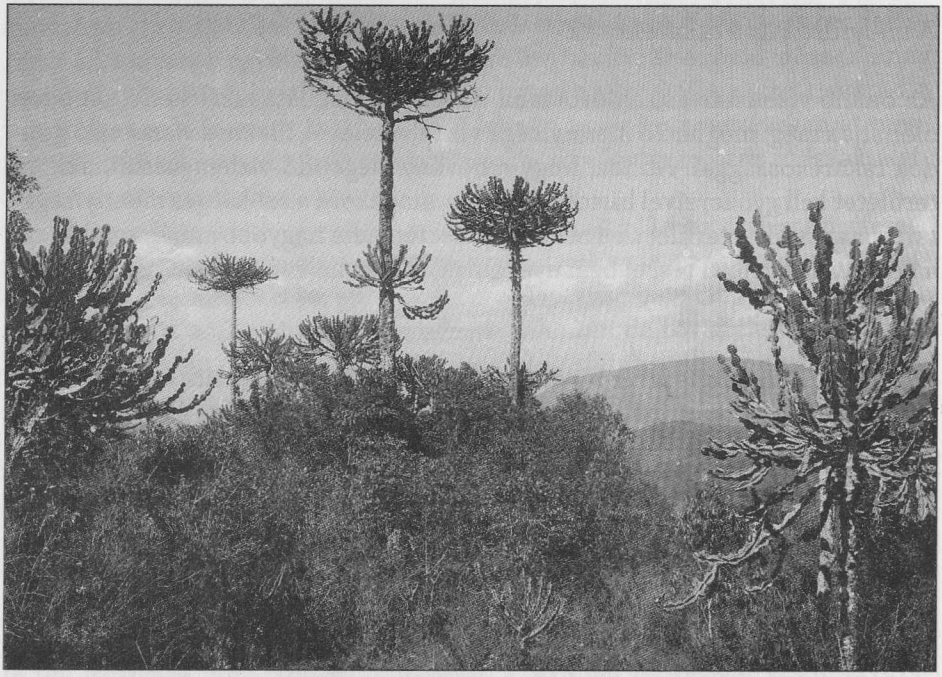
Az önálló vízháztartású, hidrostabil növények vízellátásukat kétféle módon oldhatják meg: megfelelő mennyiségű víz felvételével, illetve a vízzel való gondos takarékossággal. Ahhoz, hogy a növény elegendő vízhez jusson, akkora területet kell gyökereivel birtokba vennie, amekkora a szükséges mennyiséget tartalmazza. Ez a terület nedves talajok esetén nem nagyobb annál, amekkorát a növény föld feletti részei beárnyékolnak, s ilyen helyen a növények szorosan

16. ábra

A hamis jerikói rózsa (Anastatica hierochuntica) föld feletti részeinek és gyökérzetének elhelyezkedése és aránya



egymás mellé zárkózva helyezkednek el. Ha a talajban levő víz kevés, a növény kénytelen egyre nagyobb talajfelületre kiterjeszkedni a szükséges víz megszerzéséért, s ilyenkor a gyökérzet kiterjedése sokszorosan meghaladhatja a föld feletti részekét. Ennek az a következménye, hogy a növényegyedek föld feletti részei távol kerülnek egymástól, közöttük nagy, csupasz talajfoltok maradnak, vagyis a zárt növénytakaró felszakadozik, nyílttá válik.



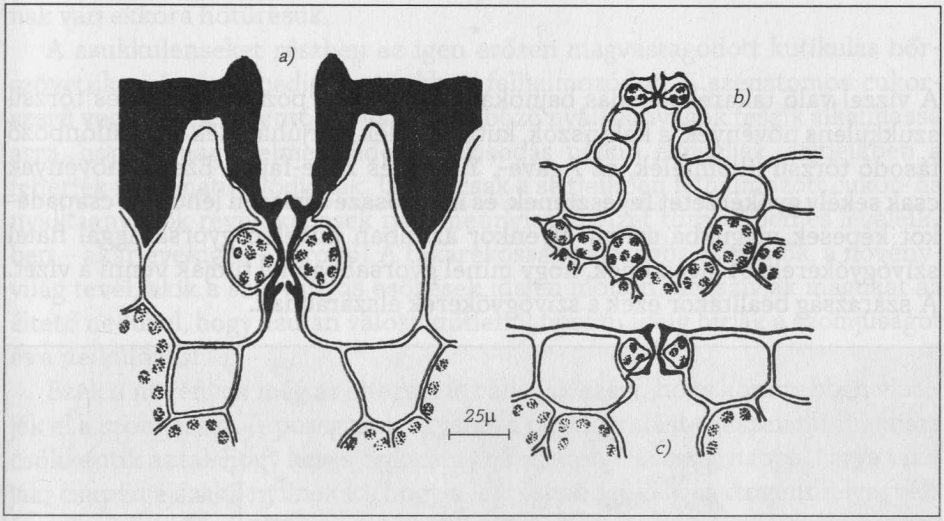
20. kép Kelet-afrikai száraz hegyi bozót kutyatej-fákkal *(Euphorbia nyikae)*

A szárazságtűrő növényeknél többféle gyökérzeti típust találunk. A pusztai pázsitfüvek például igen „alaposak". Gyökérzetük nem nagy kiterjedésű, mélysége sem haladja meg a 2 m-t, de rendkívül dúsan elágazó, és a talajt rendkívül sűrűn hálózza be. Az ilyen intenzív jellegű gyökérzettel ellentétben a pusztai és sivatagi cserjék nagy része intenzív jellegű gyökérrendszert fejleszt, amely sokkal nagyobb területet hálóz be, de kevésbé alaposan. Főgyökerük répaszerűen megvastagszik és egészen a talajvízszintig lehatol, ami sivatagi körülmények között 15-20 m-es, sőt ennél nagyobb mélységet is jelenthet. Az ilyen „mélyfúró" növények úgy működnek a sivatagban, mint megannyi artézi kút. A legnagyobb szárazság idején sem szenvednek a vízhiánytól, s még takarékoskodniuk sem kell, bátran párologtathatnak.

Ennek ellenére azt tapasztalhatjuk, hogy e mélyfúrók is csínján bánnak a vízzel. A Nap heve rendkívül erős, így a növény felülete és szövetei annyira fel-

17. ábra

A bőrszövet és a légcsere-nyílások alakulása a különböző vízellátottságú termőhelyeken élő növényeknél



a: szárazságtűrő növény (xerofita) levelének keresztmetszete vastag kutikulával és mélyen besüllyedt gázcserenyílással, b: vízi növény (hygrofita) levele kutikula nélkül, kiemelkedő gázcserenyílással, c: közepes vízellátottságú növény (mezofita) levele gyengén fejlett kutikulával és normális helyzetű gázcserenyílással.

forrósodnak, hogy védelemre szorulnak. A párologtatás egymagában nem elegendő a hűtésre, s a vízzel is takarékoskodni kell, mert a vizet 20 m mélyből felszivattyúzni akkor is nagy energiát igénylő munka, ha bőven van víz. Ennek a takarékos életmódnak sokféle megvalósítását ismeri a növényvilág. Legegyszerűbb a párologtató felületek védelme a túlzott felmelegedés ellen, amit egyes növények különösen megvastagodott falú bőrszöveti réteggel, a kutikulával, mások a levelek viaszos bevonatával, számosan pedig sűrű szőrzettel oldanak mag.

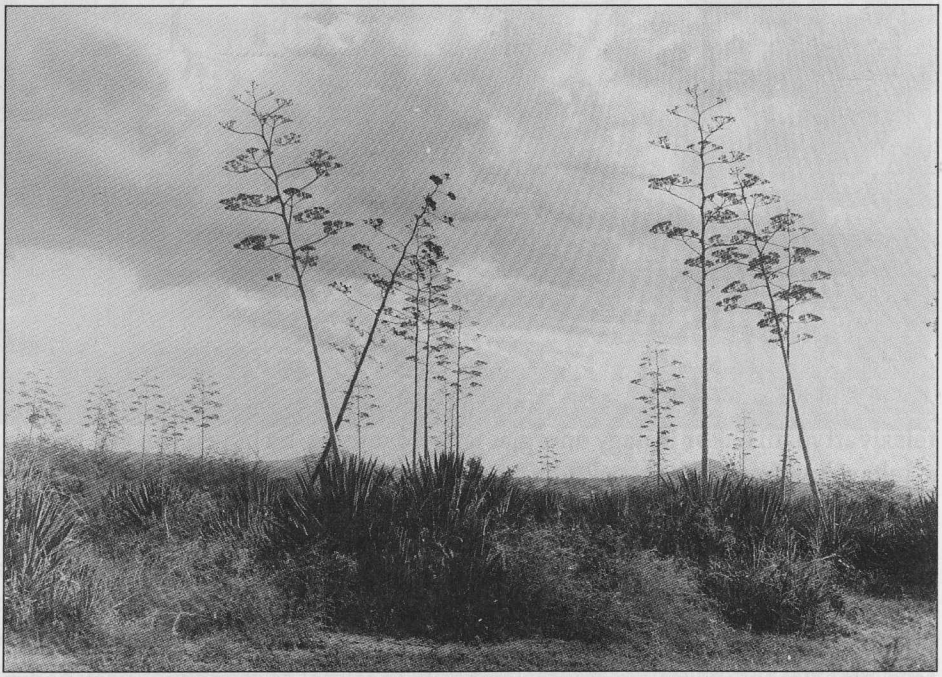
A következő lépés a takarékosság területén a párologtató felületek csökkentése, amely lehet időszakos, mint a lombhullató fáknál és cserjéknél, vagy pedig állandó jellegű. Ez utóbbi a felületcsökkentés legradikálisabb módja, amikor a levelek tövisekké alakulnak, vagy teljesen visszafejlődnek, és a szár veszi át a fotoszintézis feladatát. Ázsia és Afrika sivatagaiban számtalan olyan levéltelen, vesszős termetű cserjével találkozhatunk, mint a tevetövis (*Alhagi camelorum*) és a retama-cserje, vagy a kreozot-cserje Amerikában, de ilyen a mi homokpusztáinkon élő, szintén sivatagi rokonságú csikófark (*Ephedra distachya*) is.

Sajátságos típust képviselnek a gömbcserjék, amelyek a felületcsökkentést gömb alakú növekedési formájukkal érik el. Ezek a többnyire pillangósvirágú

iglice-, csűdfű- és nyúlherefajok rendkívül szúrós bozótokat alkotnak Nyugat-Ázsiában, az Aral-tó és a Kaszpi-tenger környékén, Afrikában pedig az Atlasz-hegységnek a Szaharára néző lejtőin.

*

A vízzel való takarékoskodás bajnokai feltétlenül a pozsgás levelű és törzsű szukkulens növények, a kaktuszok, kutyatejfélék, varjúhájfélék és a különböző fásodó törzsű liliomfélék, az Agave-, Yucca- és Aloe-fajok. Ezek a növények csak sekély gyökérzetet fejlesztenek, és mindössze a frissen lehullott csapadékot képesek magukba szívni. Ilyenkor azonban hirtelen gyorsasággal fiatal szívógyökereket fejlesztenek, hogy minél gyorsabban fel tudják venni a vizet. A szárazság beálltakor ezek a szívógyökerek elszáradnak.



21. kép A trópusi száraz övezetek haszonnövénye, a szizál ültetvénye Tanga mellett

Amiben a pozsgás növények felülmúlhatatlanok, az mindenekelőtt a hőtűrő és vízraktározó képességük. A legtöbb virágos növény 40-45 °C-on elpusztul, mert a sejtfehérjék a hőség hatására kicsapódnak, s a sejtek elhalnak. A szukkulensek azonban ezt a hőmérsékletet még könnyedén elviselik, sőt a mi kövirózsánk (*Sempervivum*) és az arizonai sivatagok óriáskaktuszai (*Carnegiea gigantea* és *Pachycereus pringlei*) 50-60 °C-ot is kibírnak. S erre

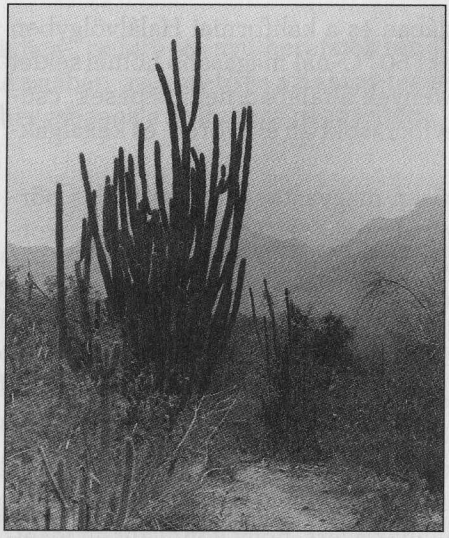
olykor szükség is van. A tripoliszi Azziziában és a kaliforniai Halálvölgyben (Death Valley) árnyékban 55 °C-ot mértek! 60 °C-nál magasabb hőmérséklet elviselésére magasabb rendű virágos növények általában nem képesek, csupán egyes baktériumoknak, valamint a hévforrásokban élő vörös- és kékalgáknak van ekkora hőtűrésük.

A szukkulenseket részben az igen erősen magvastagodott kutikulás bőrszövetük, másrészt pedig a sejtekben felhalmozódott 5 szénatomos cukorszerű vegyületek, a pentózok és a különböző nyálkaanyagok teszik alkalmassá arra, hogy a nagy felmelegedést károsodás nélkül elviseljék, sejtjeikben a fehérjék ne denaturálódjanak. Ugyancsak a sejtjeikben felhalmozott cukor- és nyálkaanyagok révén képesek nagymennyiségű vizet törzsükben és leveleikben – akár évekig is – tárolni! A takarékosság valóságos csodái ők, a növényvilág tevéi, akik a szórványos esőzések idején mohón megszívják magukat az éltető nedűvel, hogy azután valószínűtlenül hosszú ideig bírják a szomjúságot és a nélkülözést.

Ezek a növények még az éhezést is vállalják azért, hogy könnyebben viseljék el a szomjazást. A pozsgások ugyanis a párologtatást egészen minimálisra csökkentik azzal, hogy kevés és kicsiny gázcserenyílásaikat nappal zárva tartják; csupán éjszaka nyílnak ki, hogy a légzéshez szükséges oxigént felvegyék. Igen ám, de a növénynek nappal kell fotoszintetizálnia, hogy éhen ne haljon! Mikor jut tehát szén-dioxidhoz, ha a sztómák nappal zárva vannak? Nincs más megoldás, a takarékosság érdekében a szukkulens növény csak éjszaka lép kapcsolatba a külvilággal, mindenféle anyagforgalom ilyenkor zajlik. Éjjel távozik a légcserenyílások alatti kamrákban egész nap felhalmozódott vízgőz, s ekkor telnek meg ugyanezek a sejt közötti járatok a másnap feldolgozásra kerülő szén-dioxiddal is. Ezek után nem nehéz megérteni, hogy sok pozsgás növény anyagcseréje és fejlődése rendkívül lassú. Ezt a vontatott ütemű gyarapodást szobai kaktuszainkon is megfigyelhetjük. Sokan azt gondolják, hogy ennek talán a rossz körülmények az okai, és feleslegesen öntözik a növényt, holott annak semmi szüksége annyi vízre, mert ezek a tulajdonságok a növény életmódjából, természetéből adódnak.

Ahol a kövek is kivirágzanak

A sivatagok növényvilága közel sem olyan egyhangú és unalmas, mint azt gondolnánk. Ellenkezőleg! A szárazságtűréshez alakjukban is alkalmazkodott növények a bizarr formák olyan kínálatával nyűgözik le az utazót, amely élményként méltán vetekszik egy őserdei vagy magashegységi kirándulással. Ami az alakgazdagságot illeti, egyetlen sivatagnak sem kell szégyenkeznie. A legromantikusabbak azonban talán az észak-amerikai, mexikói, arizonai, kaliforniai sivatagok, ahol a különlegesnél különlegesebb kaktuszfélékben gyönyörködhet az



22. kép Oszlopkaktuszos félsivatag Délkelet-Kubában *(Ritterocereus hystrix)*



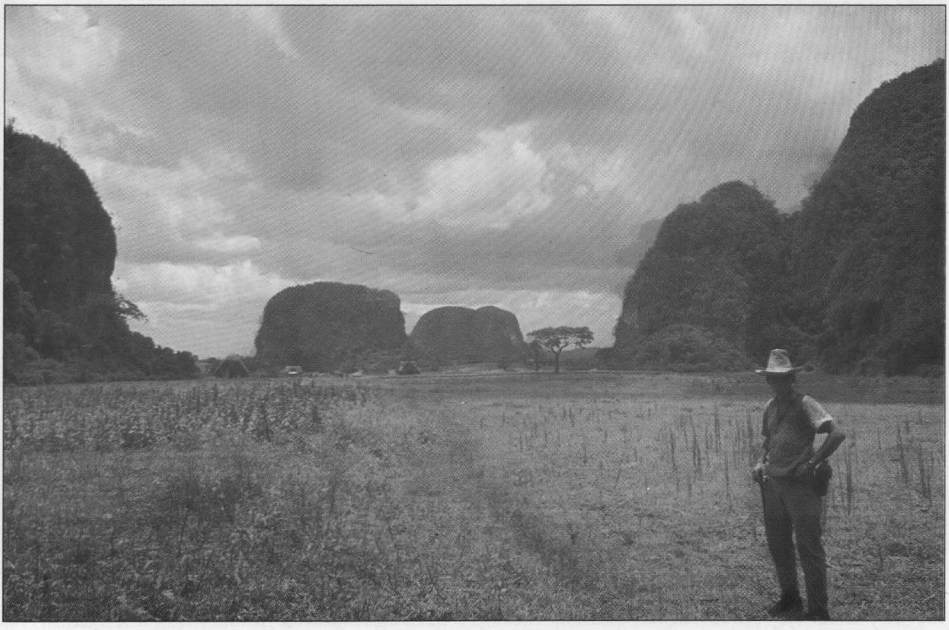
23. kép Óriás kaktuszfa *(Dendrocereus nudiflorus)* Kuba tengerparti száraz övezetében

utazó. A táj varázsát, alaphangulatát a karos gyertyatartókként magasba emelkedő 10-12 m magas, sokágú óriáskaktuszok, a *Carnegiea* és a *Pachycereus* adják meg, amint festői rendetlenségben borítják a hegyoldalakat és dombhátakat. De találunk párna alakú *Mamillariá*kat és gömb alakú, rendkívül tövises sünkaktuszt (*Echinocactus*), amelyet többfelé népiesen „anyósszék"-nek neveznek. Igen elterjedtek a sűrű bozótokat alkotó fügekaktuszok (*Opuntia*), korongszerű lapos ágaikkal. Némelyik fajuk ehető termést hoz. E sivatagok különleges színfoltjai a liliomfélékhez tartozó sivatagi üstökösfák, a 10-12 méterre megnövő kaliforniai Józsué-fa (*Yucca brevifolia*) és számtalan *Agave* faj, amelyek különösen a kaliforniai és mexikói sivatagokban elterjedtek.

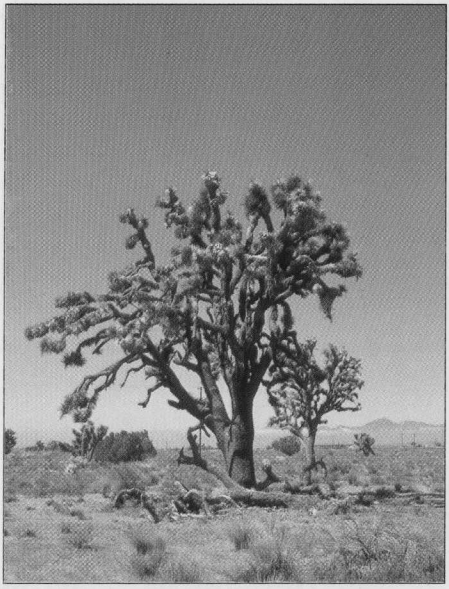
Bár az Óvilág nagy aszályos területein sem kaktuszok, sem üstökös pálmaliliomok nem élnek, a természet itt sem marad adós a fantasztikus alakú pozsgásokkal. Az oszlop és gyertyatartó alakú óriás kaktuszokat itt hasonló alakú kutyatejfélék helyettesítik, melyeknek vastag törzséből – ha megkarcoljuk – ragadós, olykor mérgező fehér tejnedv csordul ki. Mellettük a szép virágú varjúháj (*Sedum*) pozsgás levelei díszlenek. Az Óvilág legérdekesebb sivatagai, ahol még a kövek is kivirágzanak: a dél-afrikai Namib és Karroo. A délnyugat-afrikai partok mentén fekvő Namib tulajdonképpen ködsivatag, ahol eső úgyszólván évekig nem esik, s a növények a szükséges minimális vizet a tenger felől a sivatagra ereszkedő ködből



XVII/1. kép A nyugat-kubai szavannák pocakos pálmája, a bennszülött *Colpothrinax wrightii*



XVII/2. kép A tanúhegyek közti völgyek a híres kubai dohány legjobb termőhelyei



XVIII/1. kép A kaliforniai sivatagok növénykülönlegessége, a liliomfélék rokonságába tartozó Józsué-fa *(Yucca brevifolia)*



XVIII/2. kép Az afrikai sivatagok legveszélyesebb mérgező növénye, a meténgfélékhez tartozó *Adenium toxicum*



XVIII/3. kép A kaliforniai sivatagok látványos cserjéje, a szivarfafélékhez tartozó *Chilopsis linearis*



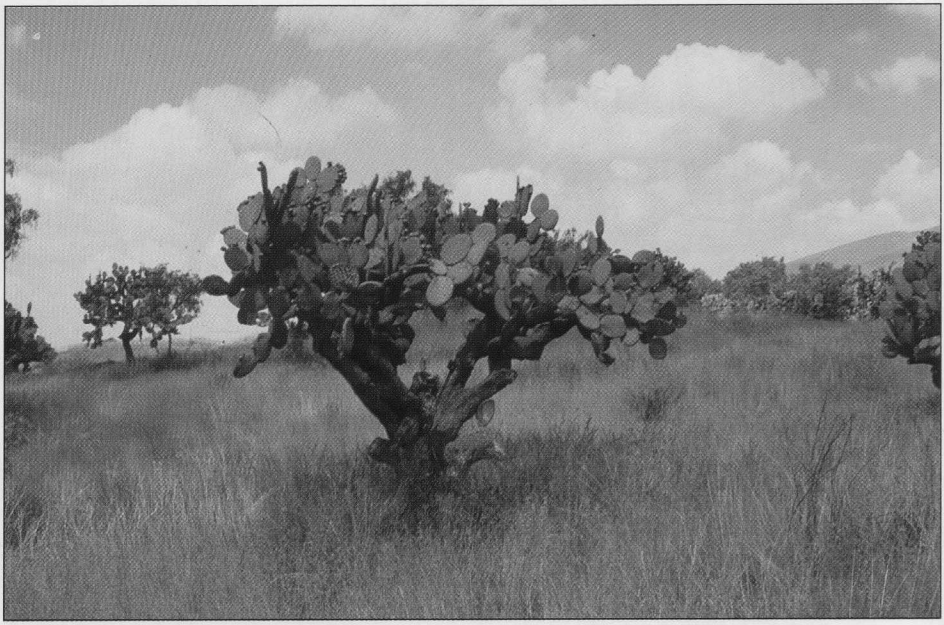
XVIII/4. kép A rövid nyári esők hatására kivirágzó kaliforniai sivatag szép liliomféléje, a *Calohortus superbus*



XIX/1. kép A kaliforniai sivatagok jellegzetes növénye, a királydinnyefélékhez tartozó kreozot-cserje *(Larrea divaricata)*



XIX/2. kép A hegyi sivatagok törpekaktusz-vegetációjának pompás képviselője, az *Echinocereus mojavensis*



XX/1. kép A mexikói sivatagokban az oszlopkaktuszok mellett jellegzetes tájképi elemek a fügekaktuszok *(Opuntia spp.)*



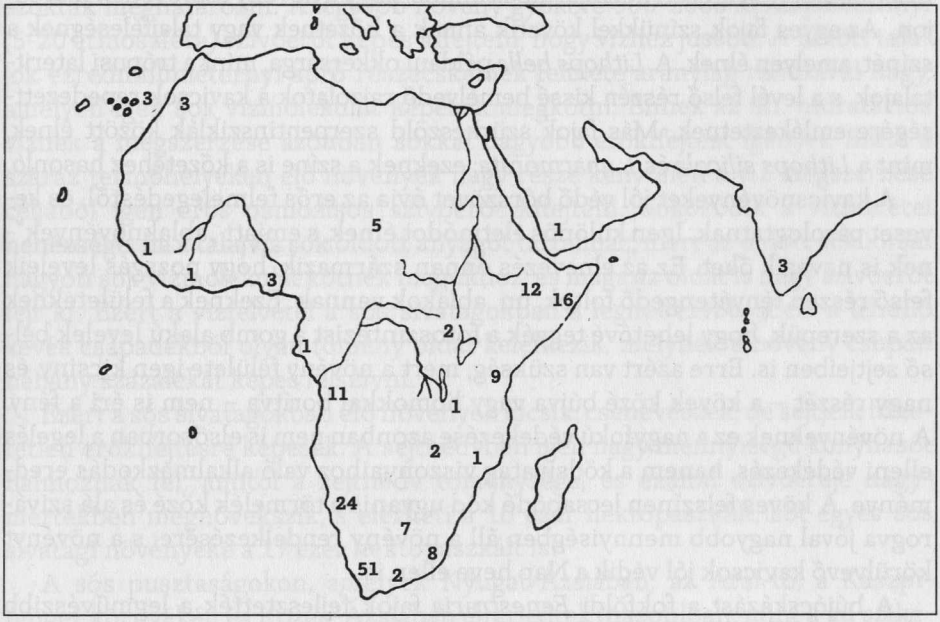
XX/2. kép Ausztrália száraz övezeteinek virágszépsége, a sivatagi borsó *(Swainsona formosa)*



XX/3. kép A Fekete-tenger déli és keleti partvidékét végigkísérik a keleti bükk erdői az örökzöld pontusi havasszépével *(Rhododendron ponticum)*

18. ábra

A kaktusz alakú kutyatejfélék száma Afrika különböző vidékein



nyerik. A feljegyzések szerint az utolsó nagy esőzés itt 1934-ben volt, amikor is március hónapban 113 mm csapadék hullott. Hatására valósággal virágba borult a sivatag, és ez az egyszeri nagy esőzés 4 éven át éreztette áldásos hatását a növényzet fejlődésére. De szükséges is az eső, mert csak így láthatjuk igazi pompájában a Namib különleges növényeit, a csak itt élő kő- és kavicsutánzó kristályvirágféléket, amelyek amikor nem virágoznak, úgy beleolvadnak a sivatag vörösesszürke kőrengetegébe, hogy teljesen észrevétlenek maradnak. Sok száz karaván és utazó haladt át a Namibon anélkül, hogy e kövek közé lapuló pozsgás kis növényeket észrevették volna, mígnem egy szerencsés expedíció egy ritka esőzés után kelt át a sivatagon, s az utazók ámulva látták, hogy a kövek virágzanak! Ekkor fedezték fel e különös, kavics alakú, változatos színű és mintájú, kis pozsgás kristályvirágféléket, amelyek azóta is a szukkulensgyűjtők féltett kincsei, és egy-egy szép „kőutánzó" *Lithops* becsesebb példány a pozsgás növények gyűjteményében, mint egy ritka, jól fejlett kaktusz.

E növények mimikrije annyira tökéletes, hogy még a legelésző állatok sem veszik észre a kőtörmelék közt megbúvó *Lithops*, *Pleiospilos* fajokat és a többi hasonló kavicsutánzó növényt. Valószínű, hogy ez az alkalmazkodási formájuk éppen a legelő állatok elleni védelmül szolgál, hiszen a testükben sok vizet felhalmozó pozsgás növények nyilván kitűnő, szomjúságot oltó táplálékot jelentenének.

A kavicsutánzó *Lithops*ok alakja legömbölyödött vagy lapos kavicshoz hasonlít. Színük többnyire barnás vagy szürkés, felső részüket rendszerint rajzolatok díszítik, amelyek erősen hozzájárulnak ahhoz, hogy a növény észrevétlen maradjon. Az egyes fajok színükkel követik annak a kőzetnek vagy talajféleségnek a színét, amelyen élnek. A *Lithops bella* például okkersárga, mint a trópusi lateritt talajok, s a levél felső részén kissé bemélyedő rajzolatok a kavicsok repedezettségére emlékeztetnek. Más fajok szürkészöld szerpentinsziklák között élnek, mint a *Lithops silicola* és *L. marmorata*; ezeknek a színe is a kőzetéhez hasonló.

A kavicsnövényeket jól védő bőrszövet óvja az erős felmelegedéstől, és keveset párologtatnak. Igen különös életmódot élnek, s emiatt „ablaknövények"-nek is nevezik őket. Ez az elnevezés onnan származik, hogy pozsgás leveleik felső részen fényátengedő foltok, ún. ablakok vannak. Ezeknek a felületeknek az a szerepük, hogy lehetővé tegyék a fotoszintézist a gomb alakú levelek belső sejtjeiben is. Erre azért van szükség, mert a növény felülete igen kicsiny, és nagy részét – a kövek közé búvva vagy homokkal borítva – nem is éri a fény. A növényeknek ez a nagyfokú védekezése azonban nem is elsősorban a legelés elleni védekezés, hanem a ködsivatag viszonyaihoz való alkalmazkodás eredménye. A köves felszínen lecsapódó köd ugyanis a törmelék közé és alá szivárogva jóval nagyobb mennyiségben áll a növény rendelkezésére; s a növényt körülvevő kavicsok jól védik a Nap heve ellen is.

A bújócskázást a fokföldi *Fenestraria* fajok fejlesztették a legművészibb színvonalra. Felül ellaposodó pozsgás hajtásaikat a homok teljesen elborítja, csupán egy ablakszerű, színtelen felső sejtréteg látszik ki, s a növény az ezen át bejutó fény segítségével fotoszintetizál.

A kavicsutánzó növényeknek kis termetükhöz viszonyítva nagy és igen szép, élénkszínű virágaik vannak, melyek rendszerint szeptember–októberben – az ottani tavaszban – nyílnak. A virágok azonban csak a forró déli órákban nyílnak ki, reggel és este szorosan összecsukódva tűnnek el a köves-kavicsos talaj tarka mozaikjában.

A kőutánzó virágféléken kívül még számos érdekes növény él a dél-afrikai sivatagokban. Így nevezetesek a fává növő liliomfélék, az aloék szép piros és narancsvörös virágaikkal, a szőlőfélékhez tartozó pozsgás törzsű *Cissus*ok és nem utolsósorban a Karroo-sivatag nagy botanikai szenzációja: a *Welwitschia mirabilis*. Ez a rokontalan, nagyon ősi nyitvatermő ma már csak itt él a Földön, s csodálatos leveleivel – melyek csúcsukon elszáradnak, tövükön pedig folyton nőnek – mintha a végtelen Idő szimbólumai volnának.

A „szívós" növények hazája

Közismert tény, hogy a növények úgy veszik fel a talajból a nedvességet, hogy a gyökérsejtek magukba szívják a környezetükben levő vizet. Ha a talajban bő-

ségesen van víz, a növény csekély szívóerő kifejtésével is elegendő mennyiséghez juthat. A növény szívóerejét a sejtfalakra nehezedő nyomás értékével szokták meghatározni. A legtöbb növény gyökere 500-2000 hektopaszkálnyi (5-20 atmoszféra) szívóerőt képes kifejteni, hogy vízhez jusson. A kötött talajok ezredmilliméternyi apró részecskéinek felülete aránylag rendkívül nagy, amelyen igen sok vízmolekulát képesek megkötni. Ennek az ún. hidratációs víznek a megszerzése azonban sokkal nagyobb erőkifejtést igényel. Ezért a száraz termőhelyeken élő növények nagy része kénytelen a víz megszerzése céljából igen erős ozmózisos szívóerőt kifejteni. Fokozódik a vízfelvétel nehézsége, ha a talajvíz sok oldott anyagot tartalmaz, mert az oldott sók ionjai nagyon sok vízmolekulát kötnek magukhoz, és maga az oldat is nagy szívóerőt fejt ki. Ezért a vízfelvétel a sós sivatagokban a legnehezebb, mert a lehulló kevés csapadékból olyan tömény oldat keletkezik, melynek a növény csupán néhány százalékát képes felszívni.

Ezért a sós sivatagokban élő növények kicsik, csenevészek, de sejtjeik hihetetlen erőkifejtésre képesek. A sejtnedvben igen nagy mennyiségű konyhasót halmoznak fel, amitől a sejtnedv töménysége, és ezáltal szívóereje nagymértékben megnövekszik, s elérheti a 10 ezer hektopaszkált, sőt egyes sós sivatagi növényeké a 17 ezer hektopaszkált is!

A sós pusztaságokon, amelyek Nyugat-Ázsiában, az Aral-tó, a Kaszpi-tenger környékén és Közép-Ázsiában elterjedtek (hasonlóan, mint a mi szikeseinken is), a szívós növényeknek két élettanilag különböző csoportja él: a sótűrők és a sókedvelők. A sótűrő növények – tudományos nevükön fakultatív halofitonok – nem ragaszkodnak a sós termőhelyhez, de képesek azt elviselni. A felvett konyhasónak csak kis részét raktározzák el, nagyobb részét a vízzel együtt kiizzadják a levelek felületén, s a víz elpárolgása után az apró sókristályok visszamaradnak rajtuk. Fejlődésükhöz a konyhasó nem feltétlenül szükséges, anélkül is jól – sőt jobban – növekszenek. Szívóerejük legfeljebb 40-50 atmoszféráig emelkedhet. Miért élnek mégis a sós pusztákon? Kényszerből. A jobb termőhelyeken ugyanis nem bírják a versenyt a gyorsabb növekedésű, erősebb növényekkel, s így kénytelenek a mostohább, de kevésbé keresett, sós termőhelyekre költözni. A sótűrő növények ilyen formán a létért való küzdelem elesettjei, akik kényszerű nyomorúságban, száműzöttként tengetik életüket.

A sókedvelőknek, az obligát halofitonoknak ezzel szemben a kietlen sós sivatag a valódi életelemük. A felvett nagy mennyiségű konyhasót gondosan raktározzák sejtjeikben, s ez náluk nem kényszerűség, hanem életszükséglet. Kísérletekkel kimutatták, hogy ezek a növények konyhasó nélkül rosszabb növekedést mutatnak, fejlődésüket a sóhiány kifejezetten gátolja. A sókedvelők nagy része nemcsak sót, hanem vizet is raktároz szöveteiben, s így leveleik, sőt olykor törzsük is hasonlóan pozsgás, mint a kaktuszoké, kutyatej- vagy varjúhájféléké. Az ázsiai pozsgás halofitonok túlnyomórészt a libatopfélék

családjába tartoznak, és élettanilag elsősorban abban különböznek a többi sivatagi szukkulens növénytől, hogy ez utóbbiak csak igen kis szívóerővel rendelkeznek, és sejtjeikben nem sók, hanem cukorszerű anyagok halmozódnak fel.

Nem hiába a sós sivatagok a legmostohábbak valamennyi száraz termőhely között, növényviláguk is szegényesebb, egyhangúbb, s szép színes virágú növényt alig találunk. Az apró zöld virágú, szélbeporzású libatopfélék, ürömfajok elszórt csoportjai lehangoló látványt nyújtanak a fehéren „virágzó" nagy sós talajfelületeken. Egyedül a bizarr alakú szakszaulfák élénkítik valamelyest e táj képét. Ebben az irányban a növényvilág tűrő- és teljesítőképessége már nem fokozható, szívósságának határaihoz érkezett. Itt minden vízért kiált, és a vízzel valóban csodákat lehet művelni. Az öntözés hatására a terméketlen sós talajok jó termőtalajokká alakulhatnak át; az alkotó emberi kéz a pusztaságokon is virágzó kultúrát teremthet. Mindehhez sok munka, hihetetlen költségek, befektetés szükséges, de előbb-utóbb mégis meg kell valósítani e sivatagok termővé tételét, hogy az immár rohamosan szaporodó emberiségnek, a jövő nemzedéknek a kezébe is jusson mindennapi kenyér.

Kék egű mediterrán

A közép-európai ember számára a Földközi-tenger vidéke valami különös vonzerővel bír. Megmagyarázhatatlan, könnyű öröm lesz úrrá rajtunk, ha átkelve az Alpokon s a Trento vagy az Adige-völgyében alászálló langyos szelekkel együtt megérkezünk a narancsligetekkel övezett Garda-tó partjára. Mintha egy új, szebb bolygóra szálltunk volna le, amelyen szintén emberek élnek. Hogy a szikrázó mediterrán napsütés hat-e serkentőleg a ködös északi lelkekre, hogy a halhatatlanságot jelképező örökzöld lombok árnya, vagy a szelíd időtlenséget lehelő évszázados műemlékek hatnak-e termékenyítőleg a megfáradt képzeletre, esetleg a déli népek sodró temperamentuma pezsdíti fel a higgadt északi vért; ki tudná megmondani? Annyi biztos, hogy a verőfényes mediterrán táj és kultúra emberek millióiban hagy életre szóló emléket, s az emberi kultúra olyan elméi, mint *Goethe* és *Byron, Händel* és *Mozart, Liszt* és *Csajkovszkij* – és hányan még! – nyertek ihletet ettől a csodálatos örökzöld világtól.

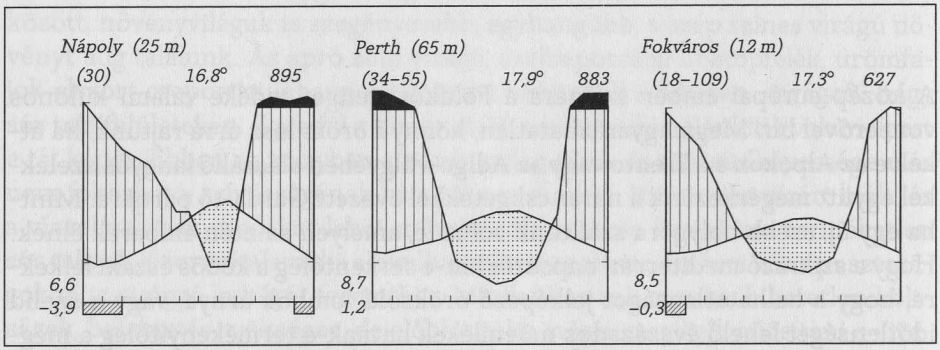
Igen, az Alpoktól délre valami új, valami nagyszerű kezdődik: a kék egű mediterrán. Azaz, hogy ez még nem az igazi. A havas csúcsok lábánál meghúzódó valószínűtlenül kék vizű tavak: a Como, a Maggiore és a Garda narancs- és citromligetekkel, még csak afféle ízelítő a mediterránból, amelyet a meleg főnszelek csaltak az Alpok lábaihoz. A Lombard-síkság olyan, akár a déli Alföldön járnánk, a Pó nyárfaligetei a Duna partján is lehetnének. Ahogy vonatunk az Appenninek északi lejtőjén kapaszkodik felfelé, még ismerős lombhullató tölgyesek és bükkerdők integetnek utánunk. De amikor egy hosszú alagút végén az Appenninek déli lejtőjén az Arno völgyére kifut a vonat, s a vörös talajú lejtőkön mindenfelé az olajfaligetek ezüstös zöld lombja fogja keretbe a tájat, érezzük, hogy megérkeztünk az örökzöld mediterránba.

A Földközi-tenger – a Mare Mediterraneum, ahogy a rómaiak nevezték – partvidékén egy sajátságos meleg mérsékelt övi éghajlat uralkodik, melynek legfontosabb jellemvonása az enyhén hűvös, csapadékos tél és a napsütéses, derült, száraz nyár. Ez a két évszak azonban nem válik el egymástól olyan élesen, mint a trópusok száraz és esős évszakai, hanem hosszú, kellemes átmeneti évszakok: egy virágpompás tavasz és egy derűsen aranyló ősz teszik teljessé a 4 évszak harmóniáját, melyet *Vivaldi* méltónak talált a megzenésítésre.

A tél enyhe, hosszan tartó fagyok nincsenek, néhány fagyos nap jelent átmeneti hideget, amely ellen az örökzöld fáknak és cserjéknek a rügyek pikkelyborításával kell védekezniük. A havazás ünnepi esemény a mediterránban.

19. ábra

A mediterrán keménylombú erdők övének klímája Európában (Nápoly), Ausztráliában (Perth) és Dél-Afrikában (Fokváros) (klímadiagramok)



Rómában tíz évente ha egyszer előfordul, és ilyenkor a felnőttek és idősek is gyermekes örömmel élvezik a csúszkálást, hógolyózást.

A mediterrán tavasz kellemesen meleg, mérsékelten csapadékos, viszonylag hosszú időszak, melyet nagy májusi meleg és szárazság követ. Ebben az időszakban az örökzöld növények vízháztartási gondokkal küszködnek. A fák és cserjék szárazságtűrő berendezéseikkel vészelik át a nyári aszályt. Leveleiket szilárdító elemek tartják kifeszítve, hogy a száraz időszakban össze ne fonnyadjanak, a párolgástól pedig vastag bőrszövet és gyakran sűrű szőrzet is védi őket. Ezek a szilárdító elemekkel átszőtt vastag, bőrnemű levelek jellemzők a mediterrán növényzetre, s ezért nevezik a mediterrán tájat a keménylombú erdők övének. Ez a keménylombú erdőkkel övezett táj adott otthont az európai kultúra bölcsőjének, amely e kedvező éghajlati és természeti adottságok mellett nagyszerű fejlődést mutatott az ókor folyamán, széthintve az emberi művelődés magvait szerte a Földközi-tenger partjain.

Libanontól Gibraltárig

Az örökzöld növényzet öve úgy fogja körül a Földközi tengert, mint valami nagy pecsétgyűrű. Az északi partokon erősen kiszélesedik; a Pireneusoktól délre egész Spanyolországig, a fényárban fürdő francia Riviéra, az olasz csizma szára, a Balkán-félsziget széles csúcsa, az Égei-tenger ezernyi zöld szigete és Kis-Ázsia hegyes partvidékei mind idetartoznak. Délen és keleten nagyon elvékonyodik ez a gyűrű; az Arábiai-félszigeten alig egy-két km-es part menti sávvá keskenyedik, sőt Egyiptom és Líbia területén meg is szakad az örökzöld öv folytonossága, a sivatagok kifutnak egészen a tengerpartig. Csak délnyuga-

ton, Algír és Marokkó vidékén hódít meg újra nagyobb területeket az örökzöld növényzet az óceáni légtömegek támogatásával.

Ne vegye zaklatásnak a kedves Olvasó, ha ezúttal újabb utazásra invitálom. Ígérem, nem lesz zsúfolt program és rohanás. Ki-ki annyit és ott időzhet képzeletben, ahol és amennyit csak kíván, s ha nem találja elég ízletesnek a piláfot vagy az articsókát, jó magyaros koszttal kényeztetheti magát, s még a bőröndbe sem kell nyúlnia egy kis maradék téliszalámiért.

A Földközi-tenger keleti medencéjében még erősen érződik a sivatagi éghajlat hatása. A nyári szárazság öt-hat hónapig is eltart, s a téli esőzések sem túlságosan bőségesek. Ezért itt a síkságokon virágzó füves, félcserjés pusztákat találunk, s csak a tengerpartokat kísérik keskeny sávban a pisztáciák, olajfagyalok és a rendkívül szúrós krisztustövis (*Paliurus spina-christi*) örökzöld cserjés ligetei. Erdőket elsősorban a hegyvidéken találunk, ahol melegkedvelő fenyőfélék borítják a tengerre néző lejtőket, s az aleppói fenyő (*Pinus halepensis*) csoportjai egészen a parti sziklákig leereszkednek.

A legnevezetesebb mediterrán fenyők a tengerparttól távolabb fekvő Libanon- és Antilibanon-hegységekben élő, ágaikat vízszintesen szétterjesztő, hatalmas cédrusok. A régen szent faként tisztelt, két-három ezer éves kort is megérő fák egykor csodálatos erdőségeket alkothattak. A föníciaiak és perzsák kereskedelmi és hadi flottát építettek a gyantás cédrustörzsekből, Salamon király pedig olyan templomot emelt az Úrnak, amelynek tartóoszlopait 200 óriási cédrustörzs alkotta. Ma a cédrusfák szigorú természetvédelem alatt állnak, és idegenforgalmi nevezetességekként mutogatják azt a néhány ligetet, ami az egykori gazdagságból megmaradt. De még ez a látvány is magával ragadó! A szent berekből, amelyből a hagyomány szerint Salamon templomának oszlopai származtak, mintegy 300 pompás cédrus áll, szétterjesztett ágaikkal egymásba karoló óriások gyanánt, s egyesek törzse eléri a 10 m kerületet. Bárcsak több maradt volna meg az ókori cédrusrengetegből!

A híres libanoni cédrus (*Cedrus libani*) rövid levelű változata még Ciprus szigetén él, de azután messzire kell utaznunk, ha újra cédruserdőt akarunk látni. A rokonok a lepergett tíz-, százezer vagy millió év alatt bizony messze szakadtak egymástól. Az egyik testvér a mediterrán túlsó végén él, a marokkói Atlasz-hegységben, a másik messze keleten, a Himalája lejtőin.

A kis-ázsiai félsziget hegyei és belső száraz medencéi fölött átrepülve érdemes egy pillanatra meglátogatnunk a mediterrán éghajlat és növényzet legészakabbra kitolt bástyáját. A Krím-félszigeten a Jajla-hegység 1500 m magas vonulata természet alkotta barrikádként fogja fel a sztyeppeken végigsüvítő fagyos szeleket, s ennek köszönhető, hogy a tengerre néző lejtőkön valódi örökzöld erdők díszlenek, amelyeknek különös ékessége a fává növő magas boróka (*Juniperus excelsa*). A jajláknak nevezett hegyi rétek virágpompájából is kitűnik szépségével a szekfűfélékhez tartozó krími gyopár (*Cerastium biebersteinii*). A híres nyikitai botanikus kert hűségesen őrzi a sziget eredeti

erdeiből megmaradt ősfákat, a *Pistacia mutica* 800 éves példányait, a gyönyörűen sorakozó oszlop alakú ciprusokat s a kéregtelen, fehér törzsű *Arbutus andrachne* 600 esztendős példányait. Az évszázados Pallas-fenyők árnyából remek kilátás nyílik a Fekete-tenger különösen mély-indigókék vizére, s a Jaltai-öböl felett meredeken emelkedő Ai-Petri 1300 m-es sziklaszirtjeire.

*

A következő állomás már Görögország, amelynek ősi növényzete – éppúgy, mint ősi kultúremlékei – már csak romokban látható. Ha mégis összehasonlítást teszünk, azt kell mondanunk, hogy a hellén kultúra maradványai még mindig jobb állapotban vannak, mert az ősi növénytakarót az évezredes pásztorkodás teljesen tönkretette, s az egykor örökzöld tölgyerdőkkel és babérligetekkel borított hegyes táj ma elszomorítóan kopár. Csak a magashegységek alpesi zónájában maradt meg az eredeti növényvilág, amelynek csodálatos gazdagságát a kőtörőfű-, kőhúr-, kakastaréj- és szegfű fajokban még a mai napig sem sikerült teljesen feltárni. Úgy látszik, a görög isteneknek mégiscsak sikerült valamennyit megmenteniük ősi hajlékuk szépségeiből a pásztornép mindent lerágó kecskéi elöl.

Az Adria tükrére lemosolygó, karsztos csúcsú, örökzöld Dalmácia többet őrzött meg eredetiségéből. A hegyeket borító egykori örökzöld magyaltölgyerdők helyén csak alacsony cserjés erdőket találunk a magyal tölgy (*Quercus ilex*) és a bíborgubacs tölgy (*Q. coccifera*) alacsony fáiból és bokraiból, amelyekhez a pisztáciák, a nemes babér (*Laurus nobilis*), a sárga virágú valódi jázmin, a tisztaság jelképe: a mirtusz és még nagyon sok szép virágú cserje társul. A partokon és szigeteken pedig a tengeri fenyő (*Pinus maritima*) ligetes erdői díszlenek.

A sziklás törmelékes lejtőkre a szaharai nyár valóságos sivatagi növényzetet varázsolt, melyben a mediterrán legszúrósabb cserjéi „gyűltek össze", mint a *Genista scorpius, Poterium spinosum* és egyéb, skorpió módjára szúró növények. Ezt a barátságtalan növényzeti típust – amely a skorpiók és viperák kedvenc napozóhelye – friganának hívják, és különösen a mediterrán keleti részén elterjedt.

A Földközi-tenger vidékének szíve, központja a keskeny Appennini-félsziget, a „dolce Italia". Itt természet és kultúra, növény és műemlék olyan harmóniában ötvöződik, mint talán sehol másutt a mediterránban. Ne a közterekben és parkokban mindenfelé látható ültetett szubtrópusi pálmákra gondoljunk, hanem a temetőkben és kertekben felkomorló ciprusok feketezöld obeliszkjeire, az ernyő alakú mandulafenyőkre, amelyek végigkísérik a Via Appiát, s éppúgy ott állnak Néró villája előtt, mint Pompei kísértetvárosának kertjeiben. A mediterrán alkony liláskék egére felrajzolódó píneák vagy mandulafenyők (*Pinus pinea*) sziluettjei úgy sorakoznak az Esquilinus dombján, az

alvó Forum Romanum fölött, a hallgatag Vezúv lábánál s a daltól hangos Sorrento és Capri hegyein, mint az antik Róma álmait őrző kései csapat.

Ma már az Appenninek sem olyan gazdag erdőségekben, mint valaha, az etruszk őslakosság idejében. De még így is megtaláljuk a savanyú hegyvidéki talajokon a szelídgesztenye erdőit, az örökzöld magyaltölgyesek néhány maradványát, a folyópartokat végigkísérő platánligeteket, melyeknek cserjeszintjében ott látható a nemes babércserje és a rózsaszín virágú, pompás oleander. Tavaszonként a hegyek aranyos övet kötnek az aranyeső kibontott fürtjeiből s a sziklagyepekben virágzó liliomfélék és ajakosok színpompás virágszőnyegéből. Különösen szépek Szicíliában az Etna lejtőinek gladiólusszal, aszfodélusszal és orchideákkal borított virágos rétjei.

Dél-Franciaországban a fényűző és teljesen civilizált Cote d'Azur-ön túl, nyugat felé találunk újra nagyobb kiterjedésű örökzöld növényzetet. A szálerdők már itt is ritkák, és főleg fenyők alkotják, ellenben hatalmas cserjeerdőket – ún. garrigueokat – találunk, amelyekben új színfoltként tömegesen jelenik meg a sűrű lombú puszpáng vagy ismertebb nevén *Buxus*, míg gyepjét tavasszal a kankalinfélékhez tartozó bájos félcserje, a *Coris monspeliensis* virágai szórják be rózsaszínnel. A sekély talajú, sziklás lejtőkön illatos ajakos virágú félcserjékből, lila és nagy bíbor virágú levendulákból (*Lavandula spica* és *L. stoechas*), rozmaringból, zsályából (*Rosmarinus officinalis* és *Salvia officinalis*) és kakukkfüvekből (*Thymus*) álló gyep alakul ki, amely a nyugat-mediterránban és különösen Spanyolországban elterjedt. Onnan is származik ezeknek az ezerszínű illatos kakukkfűmezőknek dallamos neve: tomillares.

*

Az Ibériai-félsziget nemcsak kiterjedésében nagy, hanem az örökzöld növényzetnek is leggazdagabb európai termőhelye. A Pireneusok és a Sierra Nevada déli lejtőin még szép örökzöld tölgyesek díszlenek, melyeket meszes talajokon a magyal- és a nyugati tölgy (*Quercus ilex* és *Q. occidentalis*), a savanyú talajokon pedig a paratölgy (*Quercus suber*) alkot; ennek vastag, puha kérge szolgáltatja a parafát. A félsziget belseje felé haladva egyre szárazabb lesz az éghajlat, s itt már az erdők helyét a tomillareszek illatos kakukkfűmezői foglalják el, majd délebbre egy alacsony pálmacserjéssel találkozunk, a palmitoval, amelyet Európa egyetlen őshonos pálmája, a törpepálma (*Chamaerops humilis*) alkot. Gibraltár felé haladva még érintjük a dél-spanyolországi sivatagokat is, amelyek szintén egyedülálló különlegességek az európai kontinensen. Aztán feltűnik a hatalmas kopár sziklaszirt, az egykori brit világbirodalom még álló bástyája, mely zordon őrszemként magasodik a 25 km széles tengerszoros fölé, amelyen át az Atlanti-óceán hígabb vize áramlik át a Földközi-tenger sósabb vizű, sötétkék medencéjébe.

A szoroson túl felszikráznak a kéklő Atlasz-hegység távoli vonulatainak ezüstös hósapkái. Lejtőin a mediterrán paratölgy erdői már a szubtrópusi akáciákkal elegyednek. 1000 m felett pedig az örökzöld tölgyektől a cédrusok (*Cedrus atlantica*) veszik át az uralmat. A déli lejtőkön félsivatagi gömbcserjések néznek le a Szahara homoktengerére, a síkságokon pedig egy rendkívül ellenálló árvalányhajféle, a halfafű (*Stipa tenacissima*) alkot – a szubtrópusi szavannákhoz hasonló – magas gyepet, amit az arab lakosság alang-alangnak nevez. Tovább dél és kelet felé egyaránt nő a szárazság és gyérül a növényzet, a sivatagok birodalmába jutunk. Térjünk vissza tehát a kellemesebb éghajlatú mediterránba!

Ahol könnyű babérkoszorút fonni

A babér valaha nagyobb szerepet játszott az emberiség életében, mint manapság. Az ókori görögök Apollónak szentelték. Az érdem és dicsőség nagy jelentőségű jelképe volt, amelyet örökzöld, hervadhatatlan lombjának köszönhetett. Apolló papjai babérkoszorút viseltek. A babérágat vagy babérkoszorút azok érdemelték ki hajdan, akik olyan tettet hajtottak végre, amelyet a kortársak méltónak tartottak a halhatatlanságra. Babérkoszorúval övezték az ókori olimpiák győzteseit, a győztes hadvezérek és a nagy költők homlokát. A rómaiak idején a babérkoszorús költő – a „poeta laureatus" – már művészi cím és rang volt. Ilyennek tekintették a középkorban *Dantét* és *Petrarcát*. Később a tudomány kitüntetettjeit – a közép- és újkori egyetemek doktorait – is természes babérággal koszorúzták, innen eredt a „baccalaureatus" kifejezés, amellyel különösen a jog tudósait tisztelték meg. Ez a hagyomány élt tovább nálunk a tudomány és művészet kiemelkedő alakjainak Kossuth-díjjal való kitüntetésében, amelynek jelképe egy gomblyukba tűzhető babérkoszorú. A valódi babérlevelekből font koszorú azonban korunkban valahogy kiment a divatból. Csak az autó- és motorversenyeken látunk ilyeneket, ahol a boldog győztes nyakába akasztják azt a koszorút, amelyet kevésbé szerencsés versenyzés után a sírjára helyeztek volna. Egyébként azonban a babérlevél nálunk sokkal inkább a krumpli- és babfőzelék ízesítőjeként kapott szerepet.

Érdekes megjegyezni, hogy mivel a babér nem élt Magyarországon, a dicsőség és halhatatlanság jelképe nálunk egy másik örökzöld növény lett, mégpedig a borostyán (*Hedera helix*). *Petőfi* írja *Arany Jánoshoz* küldött versében: *„Más csak levelenként szedi a borostyánt, Neked mindjárt egész koszorút kell adni."*

A nemes babér (*Laurus nobilis*) a mediterránban általánosan előforduló cserje. Ritkán nő fává, a szárazságot rosszul tűri, ezért a mediterránban az erdők védelmét igényli, és elsősorban a nyár- és platánligetek árnyas lombsátra alatt húzódik meg. A babér levelei ugyanis nem tartalmaznak szilárdító szöveteket, bőrszövetük vékony és rendszerint csupasz, nincsenek szárazságtűrő

berendezéseik. Nagyon sok fa és cserje van, melynek levelei hasonló felépítésűek, s ezért az egész év folyamán egyenletesen csapadékos, enyhe éghajlatot igényelnek. Az ilyen kiegyenlítetten meleg, csapadékos klíma alatt élő növényeket babérlombú növényeknek, a kialakult erdőket pedig babérlombú erdőknek mondjuk, még ha maga a nemes babér nem is fordul elő bennük.

*

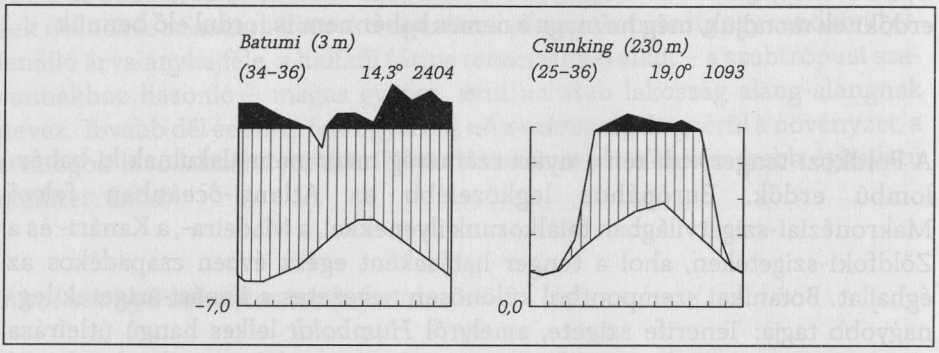
A Földközi-tenger vidékén a nyári szárazság miatt nem alakulnak ki babérlombú erdők. Európához legközelebb az Atlanti-óceánban fekvő Makronéziai-szigetvilágban találkozunk ilyenekkel, a Madeira-, a Kanári- és a Zöldfoki-szigeteken, ahol a tenger hatásaként egész évben csapadékos az éghajlat. Botanikai szempontból különösen nevezetes a Kanári-szigetek legnagyobb tagja: Tenerife szigete, amelyről *Humboldt* lelkes hangú útleírása olyan mély benyomást tett az ifjú *Darwin*ra, hogy ennek hatása alatt kezdett el foglalkozni a későbbi nagy utazás gondolatával.

Tenerife babérlombú erdeit valódi babérfák alkotják, a bennszülött *Laurus canariensis*, melyek fölött nagyon szép fenyveserdők díszlenek, az ősi, reliktumként fennmaradt *Pinus canariensis* erdei. A sziget igazi nagy nevezetességei azonban a sárkányfák! A sárkányfa (*Dracaena draco*) a liliomfélék családjába tartozó üstökösfa, amely nevét a törzsén kifolyó és megszilárduló – a mitológiai sárkányvérre emlékeztető – vörös gyantájáról kapta. Növekedése rendkívül lassú, de kivételesen magas életkort érhet meg. A növényvilág nesztorának tartották azt a sárkányfát, amelyet 1868-ban egy hatalmas vihar pusztított el, s amely mintegy 5000 éves korával az egész élővilág legöregebb élőlénye volt. A francia *Sabein-Berthelot*, aki még életben látta ezt a növényi aggastyánt, így ír róla:

„A sziget legnagyobb csodája egy óriási növésű sárkányfa. Tíz ember alig tudta körülérni roppant törzsét. Belsejében egy évszázadok előtt vájt barlang tátong; a barlangot ajtó zárja el; tetejét egész sereg ág ékesíti. Az ágak végei hosszú, dárdára emlékeztető hegyes levelekben végződnek, s a lombot fehér, csak ősszel elhaló virágok díszítik. Egy napon hatalmas vihar rázta meg ezt a levegőben ringó erdőt. Irtózatos recsegés hallatszott, a fa egy része letört, estében gyönyörű babérfát rántva magával, és a liget minden virágát eltemették a romok. Ennek az eseménynek a dátumát rávésték a törzs befalazott tetejére, amelyhez azért nyúltak hozzá, hogy a törés felületét beborítsák, és megakadályozzák a víz beszivárgását. A csonka kolosszus azért nem veszített impozáns mivoltából; alapjában meg nem ingatva él tovább. Hány nemzedék pihenhetett meg árnyékában! A sziget bennszülött őslakói, a guanchok, védőszellemüket tisztelték benne; a vitéz nép betöltötte hivatását és letűnt, négy évszázad előtt kiveszett, a sárkányfa azonban ma is dacol a viharokkal.

20. ábra

A babérlombú erdők éghajlatának diagramjai Grúziában (Batumi) és Kínában (Csunking)



Feltűnő, hogy a növényvilágnak ez a matuzsáleme mindössze 24 m magas és 13,5 m kerületű volt; ezek a méretek kora mellett, amelyet 5-6000 évre becsültek, valóban meglepően kicsinyek. Ez a fa túlélte jóformán az emberiség egész ismert történetét."

A babérlombú erdők nemcsak szigeteken fordulnak elő, hanem óriási területeket borítanak a kontinensek belsejében is. A trópusi és szubtrópusi magashegységekben 1000-2000 m magasságban mindenütt babérlombú vegetáció alkot övet, az Andokban éppúgy, mint Afrikában az Etióp-magasföldön, az Ausztrál Alpokban és a Himalája lejtőin, ahol a hegyvidéki környezet teszi megfelelően kiegyenlítetté és csapadékossá a trópusi és szubtrópusi klíma szélsőségeit.

Floridában és Virginiában a virginiai tölgy (*Quercus virginiana*) babérlombú erdeiben az örökzöld *Rhododendron* fajok alkotják a cserjeszintet, s tavasszal csodálatos látványt nyújtanak a fehér, sárga, rózsaszín és vörös valamenynyi árnyalatában pompázó virágaik. Dél-Afrikában a babérlevelű olajfa (*Olea laurifolia*) alkot babérlombú erdőket. Ilyen jellegű növényzetet legnagyobb kiterjedésben Dél-Kínában találunk, ahol az örökzöld tulipánfák és babérfélék erdeiben az illatos fűszerfák (*Cinnamomum*) több tucat faja alkot cserjeszintet és elegyedik a koronaszintbe is, mint a fahéj- és a kámforfa, melyeknek kérge fűszer- és gyógyszerként használatos. Ugyanitt hatalmas, páfrányokban gazdag fenyőerdők ereszkednek alá a hegyek lejtőin, amelyeknek cserjeszintjét már a trópusi erdőkből felhúzódó bambuszfélék alkotják. A babérlombú fák és cserjék itt rendkívüli gazdagságban, több ezer fajjal képviseltetik magukat, s bár a mediterrán babér itt nem fordul elő, mégis százféle fa és cserje ágaiból lehet babérkoszorút fonni.

Rizs és tea

Dél- és Kelet-Ázsia ma a Föld leglakottabb vidéke. Mintegy 1 milliárd kínai, 600 millió hindu, 150 millió pakisztáni, 100 millió japán, 200 millió indonéziai és sok kisebb nép lakik itt, a Föld össznépességének közel a fele. Ennek a hihetetlen néptömegnek fő tápláléka, mindennapi kenyere a rizs, amely ugyanazt a szerepet tölti be étkezésükben, amit nálunk a kenyér és a burgonya együttesen.

A rizskultúrákat leggyakrabban a nagy folyók völgyeiben, az alacsony fekvésű síkságokon létesítik, ahol bőségesen áll rendelkezésre árasztóvíz, vagy a monszunesőzések minden évben elvégzik a szükséges elárasztást, – de találunk rizsvetéseket teraszozott hegyoldalakon is.

A rizs (*Oryza sativa*) – szerencsés módon – rendkívül nagy alkalmazkodó képességű növény, amely a legkülönbözőbb éghajlati és talajviszonyok között is sikerrel termeszthető, csupán nagy vízigényét kell kielégíteni. Ázsiában a rizst palántázással termesztik (nálunk helybe vetik). A vízszintet úgy szabályozzák, hogy kalászolástól kb. 15 cm víz álljon a földeken, és csak aratás előtt egy héttel csapolják le.

Aratás idején – mivel nagyon sok madár szereti a rizsszemet – őröket állítanak, akik egy-egy bambuszkunyhó védelmébe húzódva kereplőkkel és egyéb zajkeltő szerkezetekkel tartják távol a madarakat.

Cséplés és tisztítás után a rizst hántolják, azaz leválasztják a szemről a ránőtt toklászt. Ez sajnos megfosztja a rizst thiaminban gazdag maghéjától is. A thiamin vagy más néven B_1-vitamin egyike volt az elsőknek, amelyről a századfordulón kiderítették, hogy hiánya betegséget okoz: a veszélyes beri-berit.

A nálunk forgalomba kerülő rizst nemcsak hántolják, de fényesítik is – talkum púderrel – hogy tetszetősebb legyen.

*

Ugyanazokon a tájakon, ahol a folyóvölgyek és síkságok elárasztott rizsparcelláin bivalyfogattal szánt a kínai és hindu paraszt, fenn a magas hegyek lejtőin hatalmas teaültetvények virágzanak.

A teacserje (*Thea sinensis*) babérlombú cserje, nagyon szép, tojásdad alakú, sötétzöld levelekkel. Eredetileg tulajdonképpen 6-8 m magasra megnövő fa, amelyet azonban az ültetvényeken kezdettől fogva cserje formájúra metszenek vissza, később pedig a rendszeres szüretelés következtében már cserje termetű marad. Fehér vagy halványsárga, nagy virágai a híres kaméliára emlékeztetnek, és az illatuk is éppoly kellemes. Nincs ezen semmi csodálni való, mert a csészékben finoman illatozó tea, és ifjabb *Dumas* tragikus sorsú hősnőjének virága rokon növények. A teafogyasztás hagyományai több mint 2000 évre nyúlnak vissza Kínában, de az a szokás, hogy a kis kínai lányok virágzó teaágat tűznek fekete hajukba, régibb, mint maga a kínai birodalom.

A múlt század közepéig Kína egyeduralkodó volt tea tekintetében a világpiacon. Az úgynevezett „orosz tea" valójában kínai tea volt, melyet karavánok szállítottak Közép-Ázsián és Oroszországon keresztül Európába. A grúz teaültetvények abban az időben még nem termeltek piacra. A karavánok nem dobozokba csomagolva szállították a teát, mert a finom szárított tealevél a rázkódás következtében porrá tört volna. Csökkenteni kellett a holtsúlyt is, lévén egy-egy teve teherbírása korlátozott. Ezért a tealeveleket tégla alakú formákba préselték és úgy szállították.

1825-ben Indiában találtak egy másik teafajt, az Assam-teát (*Thea assamica*), és hamarosan megindult a teaültetvények telepítése India és Srí Lanka hegyvidékein. Ma a világ teatermelésének az élén India áll, a világ összes termésének egyharmadát adja. Mögötte Srí Lanka, Kína, Japán, Grúzia, Indonézia és Pakisztán következik sorrendben.

A teaültetvényeket főleg a trópusi és szubtrópusi magashegységekben, 1500-2500 m magasban, a babérlombú és a hegyi esőerdők övében létesítik, ahol egész éven át bőséges a csapadék. A legnagyobb ültetvények a Himalája keleti és déli lejtőin vannak. Az egyes cserjék között a talaj szabadon van, és ezért a teaültetvényeken igen nagy a talajlemosás, az erózió. Az évi 2500-3000 mm csapadék 1–1 hektár teaültetvényről mintegy 20 tonna termőföldet mos le évente, amit a hegy lábától rendszeresen visszaszállítanak. Az erózió meggátlására vagy legalábbis csökkentésére egyrészt teraszozzák az ültetvényeket és vízszintes irányú gátakat, másrészt a lejtő irányába lefolyókat és csatornákat építenek.

Ahol megfelelően kiegyenlített az éghajlat, ott egész éven át tart a teaszüret. A tea örökzöld cserje lévén, a leszedett levelek és hajtások helyett azonnal újakat növeszt, és ezeket fiatalon kell leszedni, mert az idősebb levelek már értéktelenek. A teaszedés nagy szakértelmet kívánó művelet, mert csak az azonos helyzetű és korú levelek adnak egységes minőségű teát. A legfinomabb tea a hajtáscsúcsokon levő, még fejletlen levélcsomóból lesz; közepes minőséget szolgáltatnak az első águlevelek a hozzájuk tartozó hajtásdarabbal, míg a második szárlevél már csak gyenge minőségű teát ad.

A tea feldolgozását már néhány órával a szedés után meg kell kezdeni, ezért a szállítás okozta minőségromlás elkerülése végett nagyobb ültetvények mellé közvetlenül odatelepítik a teaüzemeket. A leszüretelt leveleket először drótháló kon kiteregetve gyors szárításnak vetik alá. Ezután a tealeveleket sodorják, régen kézzel, ma már a legtöbb helyen géppel. A sodrás következtében a sejtek szétroncsolódnak, a sejtnedv kifolyik, és ez lehetővé teszi a fermentek behatolását és az egységes aroma kialakulását. A fermentált, most már sötét színű, igen illatos teát 50 °C-os meleg légáramlatban szárítják, majd csomagolják.

A kereskedelemben zöld és fekete tea kerül forgalomba. A zöld teát nem fermentálják, hanem forró vízgőzzel kezelik, ami a fermenteket inaktiválja. Ez a feldolgozási mód gyorsabb, mindössze két órát igényel, míg a fekete tea

munkafolyamatai 24 órát vesznek igénybe. A zöld tea készítése főleg Kínában és Japánban elterjedt, és amíg a teát csak Kína szállította, az egész világon zöld teát ittak.

A tea éppúgy koffeint tartalmaz, mint a kávé, és ha annyi teából főznénk egy duplányi mennyiséget, mint kávéból, egész éjjel le sem hunynánk a szemünket. Az ilyen tea viszont nagyon rossz ízű, sötétzöld, de nem a koffeintől – mert az színtelen –, hanem a csersavtól. Ha állni hagyjuk a teát, színe akkor is sötétebb, íze kesernyésebb lesz, mert egyre több csersav oldódik. De ettől a tea sem erősebb, sem frissítőbb nem lesz, – csak állottabb.

Árnyéktalan erdők

A természetet kedvelő és szívesen kiránduló ember tudatában az erdő és az árnyék fogalma természetes módon összefonódik. Forró nyári napokon főleg az árnyas hely hűvös nyugalmáért keressük fel erdős tájainkat. Fogalmaink szerint az árnyéktalan erdő valamiféle furcsa ellentmondást takar, mint a száraz tó vagy a tüzes víz. És mégis vannak ilyen erdők! Igaz, hogy messze kell utaznunk ahhoz, hogy megláthassuk őket, pontosan a Föld túlsó felére, a napfényes Ausztráliába. Itt mindjárt újabb meglepetés vár bennünket. Megszoktuk, hogy a mediterrán a Földközi-tenger vidékét, a mediterrán klíma pedig számunkra dél-európai éghajlatot jelent. Teljesen hasonló éghajlat azonban a Föld más pontjain is előfordul, különösen Dél- és Nyugat-Ausztráliában, amely – éppen ezért – európaiak számára a kontinens legkedvezőbb éghajlatú és leglakottabb része. Az ausztráliai mediterrán éghajlat annyiban különbözik az európaitól, hogy ott a július és az augusztus a leghidegebb – esős téli hónap –, januárban és februárban van viszont a forró, száraz nyár tetőpontja, amikor a napsugarak éppoly erősen tűznek, mint július végén Szicíliában.

Tudjuk, hogy az erős napsugárzás ellen a növények levelei sokféle módon védekeznek. Az ausztráliai *Eucalyptus* fák azonban nem fejlesztenek vastag kutikulát és szőrbevonatot – mint pl. a mediterrán tölgyek –, hanem leveleikkel kitérnek a napsugarak elöl. A leveleknek ez az autonóm mozgása a fény hatására nem ismeretlen jelenség. Szobanövényeinken bármikor megfigyelhetjük, hogy kevés fény esetén leveleikkel, sőt hajtásaikkal is a fény irányába fordulnak. Az ellenkező jelenség azonban ritka. Nálunk az ezüsthársnál láthatjuk, hogy a déli órákban a levelek ezüstös fonákjukat fordítják a Nap felé; ilyenkor a fák koronái nagy ezüstös labdacsokként villognak elő a környező bükkök és tölgyek zöld lombsátrából.

Az ausztráliai eukaliptuszok másként védekeznek: levélnyelük elcsavarásával levéllemezeiket élükkel fordítják a Nap felé; délben például függőlegesen lógatják leveleiket, s ezért az eukaliptuszerdők kevés árnyékot adnak. Csak akkor támad sajátságos vibráló árnyék, ha gyenge szél borzolja végéig a lomb-

koronát. Ez a jelenség az erdőben járó emberre különös, nyugtalanító hatást gyakorol. A bőven besütő napfény következtében ezekben az erdőkben igen dús aljnövényzet alakul ki, amelyet főleg cserjék és páfrányok alkotnak.

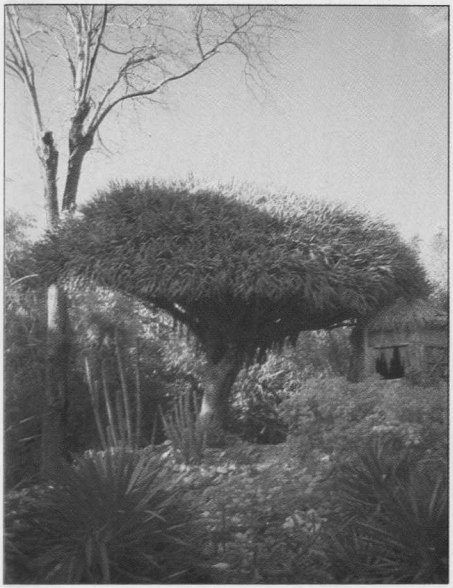
A mirtuszfélék családjába tartozó, és ma már csak Ausztráliában élő eukaliptuszok két okból is nevezetesek. Ezek a Föld legmagasabb növényei, valóságos óriások. A legnagyobb megmért példány 156 m magasnak bizonyult, ami egy kb. 50 emeletes felhőkarcoló magasságának felel meg, és magasabb a kölni dómnál vagy a Kheopsz-piramisnál. (További összehasonlításul: a mi legmagasabb épületeink közül az Országház 99, a Szent István-bazilika 96 m magas.) A törzsek sudár egyenesek, és rendkívül erőteljesen növekszenek. Már 18 év alatt elérik a 30 m magasságot, ami azt jelenti, hogy évenként közel 2 m-t nő a törzs hossza. Az oldalágak általában igen magasan erednek: a 150 m-es példányok legalsó ágai kb. 80-100 m magasságban vannak, addig a törzs teljesen ágtiszta. Az óriási fák szilárdítására itt is széles támasztógyökerek fejlődnek, s egy-egy hatalmasabb törzs kerülete derékmagasságban elérheti a 30 m-t. E gyors növekedésű fákat ma már az európai mediterránban is mindenütt mint kedvelt parkfát ültetik. Mocsaras meleg vidékeken az eukaliptuszokat mocsárfásításra használják, mert a gyorsan növő, erősen párologtató fák csökkentik a talaj víztartalmát, és hozzájárulnak a vizenyős területek kiszárításához.

Nagy előnye még az eukaliptuszoknak, hogy erdeikben a szúnyogok nem maradnak meg, mert a leveleikben levő erős illóolajok elűzik őket, s így a vidéket szúnyog- és lázmentessé teszik. Leveleit különben gyógyszerként is kiválóan hasznosítják erős lázcsillapító hatásuk miatt.

A felsorolt kiváló tulajdonságok joggal keltették fel rohanó korunk erdész szakembereinek figyelmét az eukaliptusz iránt szerte a világon. Mai tudásunk szerint ezt a nemzetséget több mint 400 faj képviseli az ausztráliai növénytakaróban, és úgyszólván mindenféle termőhelyen megtalálhatók. Külön fajai vannak az esőerdőkben, mások a babérlombú örökzöld erdőkben, de vannak lombhullató fajok, sőt cserjetermetűek is, amelyek a száraz övezetekben alacsony bozótos erdőt alkotnak. Mindaz a sok szép tulajdonság, amelyet felsoroltunk, természetesen nem vonatkozik valamennyi fajra, hanem elsősorban az *Eucalyptus globulus*ra és néhány közeli rokon fajra.

Az elmúlt két évtized alatt az eukaliptusz lett a trópusi remények csodafája. Valamennyi meleg égövi ország valamennyi termőhelyére ezt ültették kisebb-nagyobb állományokban. Az erdészek mindenütt boldogan szemlélték a fák valóban elképesztően gyors növekedését. Számos eukaliptuszfajt kipróbáltak a különböző agrár-erdészeti termelési rendszerekben is, hiszen ezeknek a rendszereknek az a feladata, hogy a paraszt megtermelje – és minél hamarabb termelje meg – saját háztartása tűzifa- és építőfa-szükségletét is.

A kezdeti eufóriát azonban rövidesen keserű kijózanodás követte. Kiderült, hogy más trópusi kontinenseken az eukaliptusz nem nő meg 60-100 vagy 150 m magasra, amint azt várták, hanem a kezdeti gyors növekedés után



XXI/1. kép A Kanári-szigetek legnagyobb növényi nevezetessége, a sárkányfa *(Dracaena draco)* egy több száz éves példánya a Palermói Botanikus Kertben



XXI/2. kép Az ausztráliai *Eucalyptus*-fák alatt természetes körülmények között gazdag páfrányvegetáció fejlődik



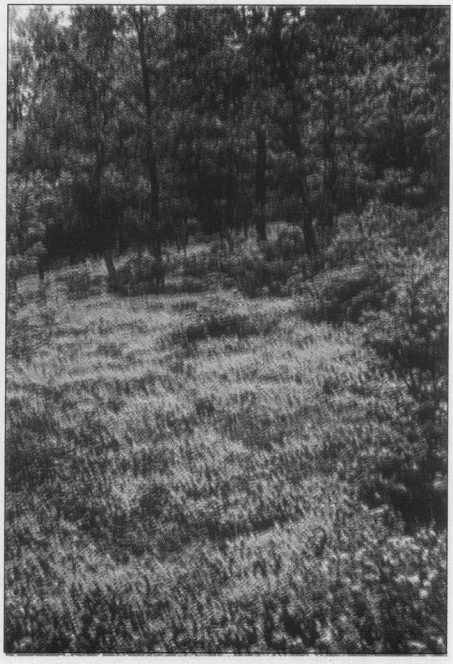
XXI/3. kép Az európai mediterrán jellegzetes fenyvesei a tengerpartok dűnéit benépesítő tengeri fenyő *(Pinus maritima)* erdői



XXII/1. kép Az ausztráliai tengerpartok különleges növényei a zsurlókra emlékeztető vasfák *(Casuarina equisetifolia)*



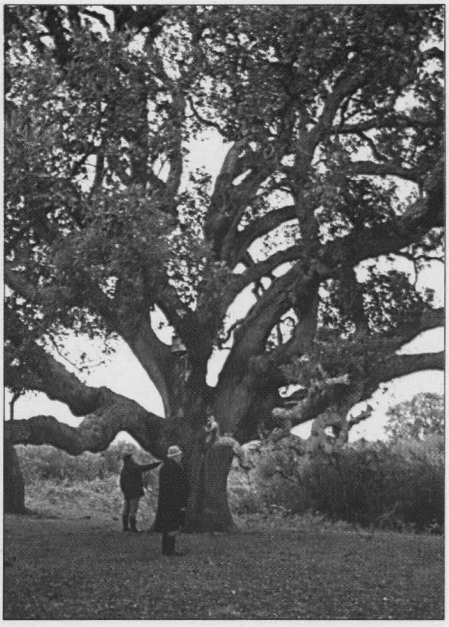
XXII/2. kép A mediterrán makkia-bozótok illatos gyantát szolgáltató faja, a *Cistus ladanifer*



XXII/3. kép Aranyló virágszőnyeg a bulgáriai Sztrandzsa-hegység rekettyés tölgyesében *(Genista lydia)*



XXIII/1. kép A mediterrán jellegzetes tájképi elemei a karcsú, oszlop alakú ciprusok *(Cupressus sempervirens)*



XXIII/2. kép Kétszáz éves paratölgy *(Quercus suber)* a spanyolországi Doñana Nemzeti Parkban



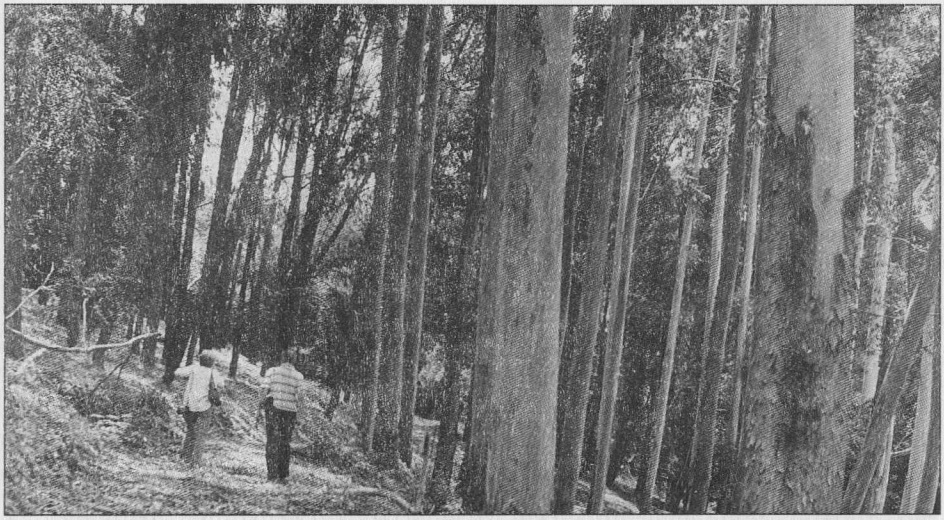
XXIII/3. kép A mediterrán hegyi sztyeppék különleges növényei a tövises gömbcserjék, amilyen az Etnán az *Astragalus aetnensis*



XXIV/1. kép A krími Jajla-hegység hegyi sztyepjeinek ékessége, a szegfűfélékhez tartozó krími gyopár *(Cerastium biebersteinii)*



XXIV/2. kép Észak-Amerika tőzegmohalápjainak különleges rovarfogó növénye, a Vénusz légycsapója *(Dionaea muscipula)*



24. kép Az ausztráliai *Eucalyptus amygdaloides* teljesen csupasz talajú ültetvénye Afrikában

az ütem hamar lelassul, és kb. 30 m magasságnál gyakorlatilag megáll. A keletkezett fatest minőségi mutatói sem voltak olyan jók, mint az Ausztráliában nőtt populációkéi.

Ettől persze az eukaliptusz-telepítés még maradhatott volna sikeres vállalkozás, ha nem is annyira, mint várták. De jöttek az ökológiai problémák. Az eukaliptusz nemcsak a mocsarakat szárította ki, hanem minden termőhelyet, amelyre ültették. Gyors növekedése közben felélte a talaj tápanyagtartalékait, s a növekedése is ezért állt le idő előtt. Közben kiderült, hogy az eukaliptusz lombja nem tudja visszajuttatni a talajba a felvett tápanyagot, mert nemcsak a szúnyogok nem szeretik az eukaliptuszolajat, hanem a talajállatok, a talajgombák és a mikroorganizmusok sem, amelyeknek ezt a visszatérülő nyersanyagforrást le kellene bontaniuk. Az eukaliptusz-avar ott gyűlt, halmozódott az egyre szárazabb talajú ültetvények alján, amelyekből néhány év alatt minden bennszülött növényfaj eltűnt, mert az eukaliptuszolaj rendkívül erős csírázásgátlónak is bizonyult. Az elmondottakból nyilvánvalóan következik, hogy az ültetvények a felhalmozódott száraz avar és az aljnövényzet teljes hiánya miatt rendkívül tűzveszélyesekké váltak; nagyon sok ültetvényen keletkezett tűz. Ma igen sok trópusi erdészetnek az a legfőbb gondja, hogy ha sikerült megvédenie az ültetvényt a tűztől, kitermelés után miképpen tegye valamiféle termelésre ismét alkalmassá az eukaliptusz által kiszipolyozott termőhelyet.

Ha az olvasó netán arra gondolna, hogy aki ezt a könyvet idáig elolvasta, az erre már magától is rájöhetett volna – igaza lenne. Az ökológusok erre a lehetőségre már több mint húsz éve felhívták az „illetékesek" figyelmét, de ez

akkortájt még ünneprontásnak számított. Az ünnepek azóta elmúltak, és maradtak a gondokkal teli hétköznapok.

Mindez persze nem jelenti azt, hogy az eukaliptuszok megfelelő termőhelyre való ültetése ne lenne célszerű. De tudomásul kell vennünk, hogy a természetben minden csoda a neki rendelt helyen működik igazán; az idegen eredetű, nagy vitalitású fajokat csak különösen nagy körültekintéssel és megfelelő ökológiai modell-tanulmányok után szabad nagyobb területen bevezetni és meghonosítani.

Ausztrália szárazabb tájain, ahol az erdők és szavannák érintkeznek, él egy másik rendkívül érdekes fa, a *Casuarina equisetifolia*. Hazája eredetileg Ausztrália volt, ma azonban a trópusokon mindenütt termesztik, és fenyő híján karácsonyfának használják. Ez az ausztráliai vasfa termetét tekintve, örvös elágazásaival és a tamariszkusz cserjékre emlékeztető vékony leveleivel teljesen olyan, mint egy, a kőszénkorszakból itt felejtett zsurlófa. Csakhogy a *Casuarina* zárvatermő virágos növény, a virágos növények pedig nincsenek származástani kapcsolatban a zsurlókkal. A botanika egyik legrejtélyesebb növénye ez a 20-25 m magasra magnövő, igénytelen, szárazságtűrő faj, amelynek sem rokonát, sem boldog ősét nem ismeri senki. Elképzelések és elméletek természetesen akadnak szép számmal, nemritkán homlokegyenest ellentétesek. Még azt sem sikerült eldönteni, hogy egy nagyon ősi típust képvisel-e, afféle élő kövület, mint amilyet Ausztrália állatvilágában többet is találunk (kacsacsőrű emlős, kenguru), vagy egy – a szárazsághoz különlegesen alkalmazkodott – fejlett, esetleg visszafejlődött fiatal fajról van-e szó. A rejtély továbbra is megoldásra vár. A kazuarinák hallgatagon tűrik a kutatók meg-megújuló ostromait, vallatásait – s még őrzik titkukat.

A búza hazájában

A mediterrán növényzet nagyszerűségének felismeréséhez nem kell botanikusnak lenni. A konyhán és a piacon, egyszóval a gyomrán keresztül mindenki megérzi, hogy egy más vegetációs zónába került, hiszen mások az ételek, a fűszerek, a gyümölcsök. Az örökzöld erdők a legtöbb utazónak fel sem tűnnek, de a narancstól roskadozó fák Sorrento főterén, a végeláthatatlan ezüstlombú olajfaültetvények, a piacokon a hámozott szelídgesztenye és a nyers füge halmai, a paradicsom nagyságú, bíborszínű, mézédes kákiszilva, melyet a mérsékelt övi ember sohasem fogyaszthat import gyümölcsként,* s a különös fűszerek és saláták sora, az olajbogyó, az articsóka, az édeskömény, a kapribogyó – ki győzné valamennyit felsorolni! – egyszerre gyökeret ver az idegen utazó tudatában. Persze, a déligyümölcsök legnagyobb része eredetileg nem a Föld-

* Rendkívül leveles, nagy termései nem bírják a szállítást.

közi-tenger mellékén termett, csupán később került a kereskedelem révén a mediterránba, s aztán kezdték el ott is termeszteni.

A mediterrán területek azonban mégis nagyon sok mai haszonnövénynek voltak őshazái, ahonnan a Föld más részeire is elterjedtek. Itt nemcsak ősi kultúrák születtek és virágzottak, hanem az itt élő népek sok vadon termő növényt is kultúrába, termesztés alá fogtak. A Földközi-tenger vidéke volt őshazája számos hüvelyes főzelékfélénknek, így a borsónak, lencsének lóbabnak.

A kultúrnövények legjelentősebb őshazája azonban mégsem itt, hanem kissé keletebbre, Elő-Ázsiában volt, és a Kaukázus déli síkjától dél felé Közép-Anatóliáig, Szíriáig és Izraelig terjedt. Ez a terület volt bölcsője csaknem az összes gabonafélének; innen származik a rozs, a zab, a kétsoros árpa és mindenekelőtt a búza. Európa népei sokáig nem ismerték az igazi jó búzát, és a bronzkor végéig a sokkal silányabb tönköly volt a legjobb kenyérgabona.

Az Olvasóban joggal merülhet fel némi kétely a kultúrnövények őshazájával kapcsolatban. Honnan és hogyan lehet ezt ma már megállapítani, amikor Kanadától Japánig és Argentínától Új-Zélandig mindenütt termesztik a búzát, hogy hol kezdték el először termeszteni? Melyik kultúra és nemzet ismerte fel erről a pázsitfűféléről, hogy értékes táplálék? Ennek a kérdésnek eldöntésére a florisztikai növényföldrajznak van egy – ha nem is csalhatatlan, de – jól bevált módszere. Alapelve az a feltételezés, hogy minden fajnak ott a keletkezési területe, őshazája vagy géncentruma, ahol a faj legtöbb vadon élő rokona található, ahol az illető faj a legnagyobb alaki változatosságot mutatja. Ezzel a módszerrel eddig már csaknem valamennyi ma termesztett kultúrnövény származását sikerült tisztázni. *Vavilov* és munkatársai megállapították, hogy haszonnövényeink túlnyomó része 8 géncentrumból származik, s ezek közül a leggazdagabb éppen a búza őshazája: Kis-Ázsia területe. A gabonaféléken kívül itt kezdték termeszteni legfontosabb szálas takarmánynövényünket, a lucernát is. Innen származik a repce is, melyet olajtartalmú magjáért ma is sokfelé termesztenek. A gyümölcsök egész seregének itt az őshazája. Innen terjedt el a cseresznye, a meggy és a birs. A kényesebb sárgadinnye is innen indult északnak, de csak a Kárpátokig termeszthető, attól északra a nyár már nem elég meleg a számára. A gyümölcsök egy harmadik csoportja már csak a mediterránba terjedt át, mint a füge és a mandula, de innen származik fontos gyógy- és élelmiszernövényünk, a mák, és az egykor igen elterjedt, ételszínezőnek használt sáfrány.

Az említett növények természetesen nem egyszerre terjedtek el, hanem különböző korokban kerültek át más vidékekre. Legtöbbjük az ókori, főleg perzsa és görög kereskedelem révén már az ókorban elterjedt a mediterránba, Közép-Európába azonban részben a rómaiak idejében, részben később, a reneszánszban kerültek. A sárgadinnye például a török hódítások idején terjedt el Európában. A mediterrán tehát nem csupán az európai kultúra bölcsője, hanem egyúttal őshazája is a mérsékelt övi tájak legfontosabb mezőgazdasági növényeinek.

„Habent sua fata libelli" – mondotta bölcsen *Horatius* idestova 2000 éve –, a könyveknek is megvan a maguk sorsa. A természetkutatóban napjainkban már bizonyossággá ért az a meggyőződés, hogy minden létezőnek megvan a maga sorsa, története. A növénytakarónak, a növénytársulásoknak is. Van születésük, kialakulásuk, fejlődésük, sőt eljön az az időpont is, amikor alkotó részeseivé válnak sorsoknak, történelemnek. Álljon itt példaként a makkia.

A Földközi-tenger környékének hegyvidékeit néhány ezer évvel ezelőtt örökzöld tölgy- és fenyőerdők koszorúzták. Aztán megtelepedett az ember, s az ősi mediterrán kultúrák ezer éveken át irtották az erdőt. Attól kezdve, hogy a Földközi-tenger első kereskedőnépe, a föníciai tengerre szállt, rohamosan vált egyre erdőtlenebbé, kopárabbá a mediterrán táj. A föníciaiak Libanonban, a perzsák Kis-Ázsiában, a görögök a Balkán-félszigeten, a karthágóiak az Atlasz-hegységben vágták a hajónak való fát, a rómaiak pedig mindenütt, ahová csak eljutottak. Az újkorban tovább folyt a pusztítás: Pisa és Genova hajóhadához az Appenninekben vágták a fát, a Velencei Államszövetség flottájáért a dalmát hegyeket tarolták le, a győzhetetlen Spanyol Armadát pedig a Pireneusok erdői bánták. És az erdők nem újultak fel. A csupaszon maradt hegyoldalakról a bőséges téli esők lemosták a humuszos termőréteget, s a sekély, tápanyagszegény, sziklás talajon már csak egy sűrű, örökzöld cserjés-bozót tudott megkapaszkodni, amely ma a mediterrán táj leggyakoribb növénytársulása: a makkia.

A makkia 6-8 m magas, igen sűrű cserjés, amelyet elsősorban örökzöld fák és cserjék alkotnak, nagyon sok fajjal. Megtaláljuk itt a magyal- és bíborgubacs-tölgyet (*Quercus ilex* és *Q. coccifera*), a szamócafát (*Arbutus unedo*), a fatermetű hangát (*Erica arborea*), a szentjánoskenyérfát (*Ceratonia siliqua*) édeskés fásodó hüvelytermésével, a lila virágú júdásfát, háromféle pisztáciát, melyek terméséből finom, zöld színű fagylaltot készítenek, s a különböző ecetfákat nagy, szárnyas leveleikkel. A makkia már sűrűsége miatt is nehezen járható, s a benne meghúzódó sok tövises cserjétől, mint amilyen a krisztustövis (*Paliurus spina-christi*), az örökzöld varjútövis (*Rhamnus alaternus*) vagy a szúrós csodabogyó (*Ruscus aculeatus*), jóformán teljesen áthatolhatatlan. Pedig a makkia nagyon szép is. Tavasszal és nyár elején a virágzó cserjék és félcserjék sokasága elragadóan tarka virágruhába öltözteti; a sárga virágú valódi jázmin mellett a fehér mirtusz és a cisztuszok fehér, sárga, rózsaszín, bíbor és lilásvörös nagy virágai felejthetetlen látványt nyújtanak.

*

A makkiák mégsem szépségükkel, hanem sűrűségük, járhatatlanságuk miatt kapcsolódtak be emberi sorsokba, s ezzel történelmi események sodrába.

A makkia ugyanis kitűnő rejtekhely. Aki oda egyszer beveszi magát, azt a legsűrűbb járőrhálózat sem találja meg, míg az éhség és magány ki nem űzi onnan. A makkia ilyenformán nem kis szerepet játszott a déli népeknél évszázadok óta szokásos vérbosszú – a vendetta – elterjedésében. A makkiába menekült gyilkost csak ritkán tudta elérni a törvény keze. Később az érzelmi jellegű gyilkosságokat felváltotta a „megélhetési" útonállás és bűnözés, de a rablóbandák fő rejtekhelye továbbra is a makkia maradt. Az utolsó másfélszáz év alatt a bűnszövetkezetek épp olyan kapitalista integráción mentek át, mint az iparvállalatok, s valóságos bűnöző konszernek jöttek létre, amelyek között világviszonylatban is legelső a maffia. Bár a makkiák legszebben Korzika szigetén alakultak ki, a leghatalmasabb maffia azonban Szicília szigetén – s napjainkban az Egyesült Államoktól Ukrajnáig és Oroszországig átszőtte szinte valamennyi kapitalista és volt szocialista országot –, ami azt mutatja, hogy az ilyenfajta társulások kialakulásában nemcsak a megfelelő növénytársulás, hanem a társadalmi adottságok is jelentős szerepet játszanak. A szicíliai makkiákra és földbirtokosokra támaszkodó egykori szerény véd- és dacszövetség ma nemcsak az olasz államapparátusban rendelkezik jelentős befolyással, hanem hatalma messze túlterjed a mediterránon.

A makkia – pontosabban dél-franciaországi megfelelője, a maquis (ejtsd: maki) – a történelem dicsőséges lapjain is helyet kapott. Ez volt ugyanis a II. világháborúban a francia nemzeti ellenállás központja. Nem is sikerült a németeknek meghódítaniuk Dél-Franciaországot, mert a makkiákban rejtőző francia hazafiak – a maquisard-ok (ejtsd: makizárok) meg tudták akadályozni az idegen hódítók behatolását.

Erdők, rétek, puszták

A mérsékelt égöv alá érve tulajdonképpen ismerős, hazai tájra érkezünk.

Ez a tény nem kis nehézség elé állítja e könyv íróját: mit is mondhat újat, érdekeset egy olyan világról, amelyben valamennyien benne élünk, járunk, hétvégeken és nyaranta kirándulásokat teszünk, amelynek csokorba szedjük virágait? Mi újat mondhatunk egy olyan lakásról, amelynek minden zugát ismerjük és amelyben sötétben is megtaláljuk azt a tárgyat, amelyet keresünk? Ha nagy vonalakban akarjuk jellemezni a tájat és növényzetét, csak általánosságban mozgunk; ha elmélyedünk a körülöttünk levő növénytakaró szépségeiben, törvényszerűségeiben, menthetetlenül elveszünk a részletekben, ami nem lehet célunk, bármilyen érdekes is a témánk. Mit ragadjunk hát ki ebből az ismerős és mégis ismeretlen növényvilágból? Talán az életritmusát, ismétlődő küzdelmeit, ébrenlétét és álmait, s valamit a múltjából, a történetéből is.

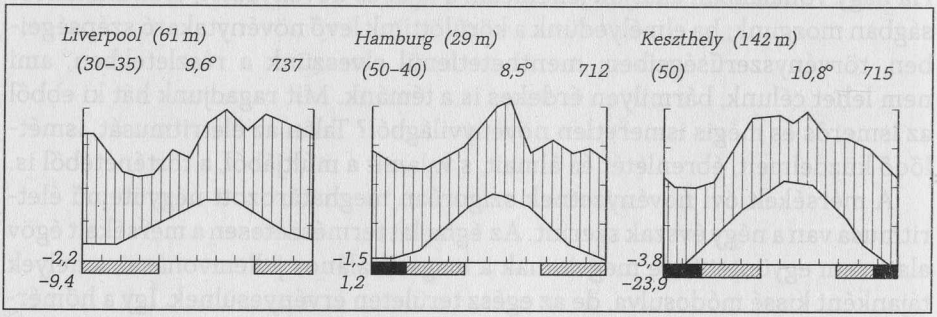
A mérsékelt övi növényzetnek szigorúan meghatározott négyütemű életritmusa van a négy évszak szerint. Az éghajlat természetesen a mérsékelt égöv alatt sem egyöntetű, de megvannak a maga általános jellemvonásai, amelyek tájanként kissé módosulva, de az egész területen érvényesülnek. Így a hőmérséklet menetében mindenütt megtaláljuk a 3-5 hónapig tartó fagyos telet, amelyet a növényzet lecsökkent élettevékenység mellett, nyugalmi állapotban álmodik át, erre pedig egy 7-9 hónapos vegetációs időszak következik fokozódó, majd csökkenő hőmérséklettel: a tavaszi ébredés, a nyári virágzás, az őszi gyümölcsérlelés és lombhullatás időszakai. A hőmérséklet ingadozásai persze nem egyformák. A tengerhez közeleső tájak éghajlata kiegyenlítettebb és csapadékosabb, ott enyhe tél és hűvös nyár uralkodik, amely a lombos erdők, főleg bükkösök, gyertyános-tölgyesek kialakulásának kedvez. A kontinensek belseje felé haladva a hőmérséklet alakulása mind szélsőségesebb, a csapadék mennyisége kevesebb lesz, a tél keményebb és hosszabb, a nyár pedig rövidebb és forróbb, ami viszont a szárazságtűrő tölgyes-erdők és a fátlan puszták előretörését teszi lehetővé. Az éghajlatnak és a növénytakarónak ez a fokozatos változása Európában nyugatról kelet felé történik, Amerikában viszont éppen ellenkező irányban: keletről nyugat felé.

Az európai mérsékelt égöv alatt három nagy vegetációs övet találunk: a nedves, kiegyenlített, atlanti klímában a bükkösök és gyertyános-tölgyesek, a melegebb, közepesen száraz szubmediterrán éghajlat alatt a melegkedvelő tölgyesek övét, és végül a szélsőségesen száraz, kontinentális klímában a füves puszták, sztyeppek övét. Hazánkban, a Kárpátok medencéjében a három

klímatípus találkozik. A nyugati országrészben jelentős közép-európai, az Alpokon keresztül gyenge atlanti hatás érvényesül. A Balatontól délre és a Dunántúli-középhegységben a Földközi-tenger vidékének éghajlata érezteti hatását, egy bizonyos szubmediterrán klímajelleggel. Az ország keleti részében már a kontinentális klímaelemek egyre fokozódó jelenléte tapasztalható. Időjárásunk éppen e három különböző éghajlati típus találkozása miatt erősen változó. Sokszor nehéz előre kiszámítani az egymásnak feszülő ellentétes légtömegek harcának eredményét, s a klímaelemek keveredése bizony nemegyszer becsapja az időjárás előrejelzésére hivatott meteorológusokat.

21. ábra

Mérsékelt övi lombhullató erdők klímadiagrammjai Európa különböző pontjain



Anglia: Liverpool, Németország: Hamburg, Magyarország: Keszthely.

A háromféle éghajlati hatás következtében a növénytakaróban is megtaláljuk a nekik megfelelő vegetációs öveket. A Dunántúlon és középhegységeink magasabb részein bükkösök és gyertyános-tölgyesek váltakoznak. Dombvidékeink a tölgyesek birodalmába tartoznak, Alföldünkön pedig – természetes körülmények között – a tölgyerdők már a kontinentális füves pusztákkal keverednek. Hazánk tehát viszonylag kicsiny területén is gazdag, sokszínű növényvilágot mondhat magáénak, mintegy esszenciáját az európai mérsékelt övi flórának. Ezért ahhoz, hogy a lombhullató erdők és a füves puszták növényvilágával megismerkedjünk, nem kell külföldre utaznunk. Különben sem árt néha otthon is alaposabban körülnézni. Sőt, érdemes.

Mint jó kirándulóhoz illik, először az erdők koszorúzta hegyvidéket vegyük célba, s ne csak egyetlen kirándulást tegyünk, hanem az év különböző szakaiban többet is, hogy ne csupán a növénytakaró szépségét lássuk, hanem életét, változását, mozgását is.

Puha, süppedő hótakaró borítja az erdő alját s az égnek meredő tar gallyakat. Aztán az első verőfényes napok melege végigsimít a havas erdőn, s a fehér téli bunda lassan megszürkül, elrongyolódik. A megolvadt hó beszivárog a talajba, s a Nap melegétől lassan felenged a talaj fagyba dermedt felszíne. Fent még nyugalmas a táj, de a földben már megindul az élet lüktetése.

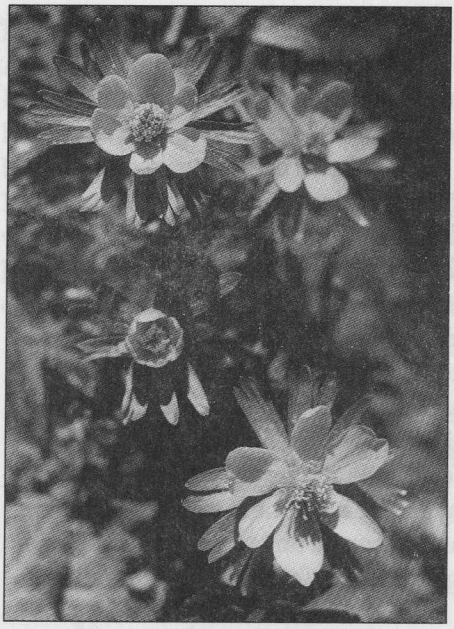
Bár a hótakaró a déli lejtőkön hamarabb indul olvadásnak, mégis az északi oldalakon és a völgyaljak üde talajú erdeiben indul be leghamarabb az élet. A tavasz első hírnökei ugyanis nem különösebben hőigényes növények, a déli lejtőkön viszont csupa nagy hőigényű növény él, amelyek éppen ezért csak később nyílnak. A hóvirág, a sárga téltemető, az örökzöld illatos hunyor, az alföldi erdők lila és cirmos virágú sáfrányai gyakran már a hótakaró alatt kivirítanak, s az olvadó hóból emelik virágzó fejecskéiket a lombtalan erdőn végigsimító napsugarak felé. Ezeknek a növényeknek az áttelelő szervei hagymák, gumók és gyöktörzsek, amelyek bőven tartalmaznak tartalék tápanyagot, s ez elég energiát ad ahhoz, hogy a téli nyugalom után fejlődésük azonnal megindulhasson.

*

A tavasz első hírnöke nem a hóvirág, mint azt sokan hiszik. A magyar flóra első virága minden évben a magyar kikerics (*Colchicum hungaricum*), egy olykor már január végén nyíló balkáni növényfaj, amely nálunk csak a dél-baranyai Villányi-hegységben, a Szársomlyó meredek déli sziklalejtőin él. Őt követi a Mecsekben az illatos hunyor és a dunántúli erdőkben a nagyvirágú szártalan kankalin. Ez az utóbbi két növény enyhébb teleken nálunk is úgy vielkedik, mint a mediterránban: már november elején elkezdenek virágzani, és az egész tél folyamán végig virágban állnak. Sorrendben csak utánuk következik a hóvirág, amelyet az Alpoktól és Kárpátoktól északra már hiába keresünk az erdőkben, ott már nem él, nem jelzi a tavasz közeledtét. A hóvirág



25. kép Gyöngyvirágos-tölgyes a pusztavacsi erdőben



26. kép Árnyas erdeink tavaszi hírnökei közül a téltemető *(Eranthis hiemalis)*



27. kép Kakasmandikó *(Erythronium dens-canis)*

megjelenése után – mint valami észrevétlen jelre – a gyertyános-tölgyesekben és bükkösökben egymás után jelennek meg a szebbnél szebb virágok: a fehér berki és a sárga bogláros szellőrózsa, a piros és a fehér virágú keltikék, az aranysárga salátaboglárka, aztán a kék virágú örökzöld meténg és a kitelelő levelű májvirág; mindkettő gyógynövény. A Dunántúlon egy különösen szép lilásrózsaszín liliomféle, a ritka kakasmandikó (*Erythronium dens-canis*) fokozza a színek tarka változatosságát. Itt virít a pettyegetett levelű tüdőfű (*Pulmonaria officinalis*), míg bársonyos levelű testvére a tölgyerdőkben nyitja előbb rózsaszín, később bíbor-, majd kékszínű virágait. A bükkösökben a tavaszi lednek pillangós virága változtatja hasonlóképpen a színét. A ligeterdőkben a sárgászöld veselke, a gyönyörű kockásliliom (*Fritillaria meleagris*), a patakok partján pedig a vörhenyes acsalapu jelzi a tavasz közeledtét. Mindenütt kialakul az erdő virágokkal ékes tavaszi képe.

Először a gyepszint növényei ébrednek, mert a napsugarak energiája eleinte csak a talaj felső vékony rétegeinek és a vele érintkező légrétegeknek a felmelegítésére elegendő. Így a gyepszint növényei kapják meg elsőnek azt a hőmennyiséget, amely életfolyamataikhoz szükséges. A cserjék és fák mélyebben gyökereznek, rügyeik magasabban helyezkednek el. Hosszabb idő, több napenergia kell ahhoz, hogy ezek a talaj- és levegőrétegek is annyira felmelegedjenek, hogy a víz- és tápanyagfelvétel megindulhon, s a rügyek kipattanhassanak.

A virágokban gazdag tavaszi kép, az ún. *tavaszi aszpektus* létrejöttének másik feltétele: a fényviszonyokhoz való alkalmazkodás. Ez is a fényért folyó küzdelem egyik formája, csak itt a küzdelem nem térben folyik, mint a trópusi őserdők liánjai és epifitonjai esetében, hanem időben zajlik. Az aszpektus kialakulása itt ugyanazt a szerepet tölti be, mint az epifitonok szintje: a fény tökéletesebb kihasználását, de itt a szintek nem egymás fölött a térben, hanem egymás után az időben alakulnak ki. Izgalmas versenyfutás ez, melyben a kora tavaszi növények – mint a keltikék és a bájos madársóska – virágzásának meg kell előznie a lombfakadást, mely után a bükkös gyepszintjében huszadára, majd negyvenedére csökken a fény, s ez már a virágképzéshez nem elegendő.

A fény hatására nemcsak az erdőkben, hanem a lágyszárú növényzetben is kialakulhatnak aszpektusok. Ilyen szempontból kalászos vetéseink is úgy viselkednek, mint egy sűrű erdő, melyben a gyomnövények nem jutnak elég fényhez. Aratás után, amikor a „búzaerdőt" levágták, egyszerre virágzásnak indulnak a vetési gyomok, és szarkalábbal, tisztesfűvel és más, jól mézelő növényekkel ékes tarlóaszpektus alakul ki.

Április vége felé kipattannak a fák végsőkig feszült rügyei, s az erdő világoszöld lombruhába öltözik; előbb a bükk és a gyertyán, majd egy-két héttel később a tölgyek is. Mire minden levél elfoglalja a helyét, hogy elég fényhez jusson, s a lombkorona záródik a gyertyános-tölgyesekben, kinyílnak a kertekben a cseresznyefák fehér csokrai is, elhervad az erdők kora tavaszi virágszőnyege, s a régi díszt új váltja fel. Árnyéktűrő virágok illatoznak az erdők alján, melyeknek levelei egész nyáron át megmaradnak, nem úgy, mint a kora tavasziaké, melyekből június végére hírmondó sem marad. Az Alföld és a hegyvidék árnyas erdeiben a májusi gyöngyvirág, a salamonpecsét, a rozsdavörös turbánliliom az erdő új ékességei. A Dunántúl nedves, árnyas erdeiben végeláthatatlan szőnyeget alkot a medvehagyma bájos fehér virágaival. Az ezernyi fehér virágfejecske mint valami finom fátyol borul az erdő aljára. Valóságos tündérkert ez a látvány, amelyet azonban nem szabad háborgatni! Ha belegázolunk vagy pár szál virágot letépünk, szertefoszlik a szépség varázsa, s a tündérkert illúzióját elnyomja a szúrós, átható



28. kép Salátaboglárka *(Ficaria verna)*

hagymaszag, mely lépteink nyomán betölti a levegőt. Június végére azonban már híre sincs, nyoma sincs a medvehagymának; a földben megbúvó hagymái már a jövő tavaszt várják.

A déli lejtőkön, a meleg tölgyesekben és a sziklás, karsztos bokorerdőkben éppen májusra éri el tetőfokát a virágzás. Messzire illatoznak a virágos kőris nagy, fehér, legyezőszerű virágzatai, a virágzó kökény és a sajmeggy bokrai hatalmas fehér menyasszonyi csokrok. A gyepben pedig hihetetlen virággazdagság: a citromillatú nagy ezerjófű lilásrózsaszín virágaival, a pázsitos nőszirom kék-piros, a tarka nőszirom sárga-lila mintájú, sziromszerű lepelleveleivel a hazai flóra legszebb növényei közé tartoznak. A Mecsek tölgyeseiben ekkor virágzik a vadon élő pünkösdirózsa és egy mediterrán orchideafaj, a majomkosbor. A dunántúli dombokon egy rendkívül szép liliomféle nyitja virágait, melyeket éjszakai lepkék és szentjánosbogarak poroznak be, s ezektől „világít" éjjel hosszú, fehér virágzata. Innen ered a neve is: királyné gyertyája.

A tölgyesekben egész évben egyenletesebbek a fényviszonyok, ezért bennük – a bükkösöktől eltérően – nyáron is sok szép virág díszlik, mint a sátoros margitvirág, ez az egyszárú kedves margarétacsokor, a bársonyos püspöklila kakukkszekfű nyuszifülszerű, lágy szőrös leveleivel, a sárga gyűszűvirág és a különféle világos- és sötétkék harangvirágok. A fészkesvirágúak beláthatatlan sokasága pedig a színek minden árnyalatával ékesíti a bokros tölgyerdők hangulatos tisztásait.

*

A virágokon ezernyi lepke, méh, darázs és egyéb rovar kutat méz és virágpor után, miközben akaratlanul elvégzi a beporzás munkáját. Mozgalmas gyűjtőmunka helyei most az erdők és a virágos tisztások. A sziklai hársas erdőkben és az alföldi akácosokban olyan a zúgás, mintha óriási, zöld lombokból font méhkasban lennénk. A fák legnagyobb részének beporzását azonban nem az állatok végzik, hanem a szél. Jól ismerjük a lombfakadás előtt virágzó mogyoró hosszú porzós barkáit, amelyekből aranysárga virágporfelhőket ráz ki az áprilisi szél. Ugyanilyen szélbeporzók a tölgyek, a bükk, a gyertyán, a füzek, a nyírek, a pázsitfüvek és a sások. Ezek virágai nem feltűnőek, nem csalogatják a rovarokat sem különös színükkel, sem nektárjuk illatával. Virágporuk sem ragadós, mint a rovarbeporzó növényeké, hanem könnyű, sima, jól száll a tavaszi szélben. Nagyon sok virágport termelnek, mert különben kicsiny a megporzás valószínűsége. A szélbeporzó növények bibéje is más, mint a rovarbeporzóké: nagy felületű, gyakran hosszú szőrös, hogy minél többet fel tudjon fogni a levegőben szálló pollenszemekből. Termékenyítők, virágportól terhesek a májusi szelek.

A megporzás módjának egyébként nagy jelentősége van a növénytakaró kialakulásában. A szélmegporzású növények ugyanis szaporábbak, társulási képességük nagyobb, és ennek folytán nagy tömegben terjednek el, s vezető

szerepet játszanak a növénytakaróban. A trópusi tájakon, ahol a növények legnagyobb része állatbeporzású, a növénytakaróban nagyon sok fajt találunk, de viszonylag kis egyedszámmal. Egy hektárnyi területen akár 200 fafaj is előfordul, és fél kilométert kell gyalogolnunk, míg ugyanannak a fafajnak újabb példányával találkozunk. A mérsékelt és hideg égövben viszont, ahol a növények nagy része szélbeporzó, a növényzetben kevés faj uralkodik nagy egyedszámmal. Erdeink többségét két-három fafaj alkotja, és egész Európa összes erdeiben sem találunk 200 fafajt.

*

Az árnyas bükkösökben ekkorra már minden virág elnyílik, még a kiváló humuszos termőtalajt jelző szagos müge is, csillag alakban álló örvös leveleivel. Nem hiába nevezik a német nyelvterületen „Waldmeister"-nek – főerdésznek –, mert mindig a legszebb, legjobb növekedésű erdőkben nő. A virágok helyett megjelennek a gombák. A finom kucsmagombák ugyan már március végére kifejlődnek a nedvesebb talajú ligeterdőkben, de a kalaposgombák nagy tömege csak a tavasz végi–nyár eleji esőzések és a meleg időjárás beköszöntekor bújik elő a földből. A kalaposgombák föld feletti része csak a növény termőteste, amely a szaporító spórákat termeli, a gombatest jelentős része a talajban rejtőzik, finom, egy sejt vastagságú gombafonalak – ún. micéliumok – alakjában, amelyek a talaj részecskéit dúsan átszövik. Legtöbbjük a különböző fák gyökereit körülfonva, azok víz- és tápanyagfelvételét segíti, melyért cserébe a gomba kész szerves tápanyagot kap a növénytől. Ezt az igen fontos együttélési formát mikorrhiza néven ismerjük. Már nem olyan alkalomszerű és hatástalan együttélés – kommenzalizmus –, mint a trópusi orchideák helyparazitizmusa, ahol a kapcsolat csak az egyik fél részére hasznos, a másiknak pedig közömbös, hanem egy fejlettebb szimbiózis, melyet protokooperációnak nevezünk. Ez a kapcsolat azonban mégiscsak egy kezdetleges együttműködés, mert bár mindkét félnek hasznos, mégsem feltétlenül szükséges ahhoz, hogy megélhessenek. Üde talajú bükkös és gyertyános-tölgyes erdeinkben meleg, esős idő után sok jó ehető gombát találhatunk, mint pl. az erdei csiperke, a narancsvörös, illatos rókagomba, a nagy, pikkelyes kalapú őzlábgomba és a nagyon ízletes vargányák vagy tinóruk.

A nyár második felében már alig találunk az erdőkben virágzó növényt. A néhány kivétel közül feltétlenül említést érdemel az augusztus folyamán a Nyugat-Dunántúl erdeiben élő erdei ciklámen tömeges virágzása. A tengernyi illatos kicsi virág mintha megannyi apró, lobbanó lila lángocska lenne a barna avaron!

A nyár az erdőkben is serény munkával telik el. A levelekben lázas sietséggel folyik a fotoszintézis, a szerves tápanyagok termelése. Az utódok nevelése a növényvilágban is sok energiát igényel. A megtermékenyített petesejtből

embrió, majd csíranövény fejlődik, melyet a legtöbb növény bőven ellát útravalóval: nagymennyiségű tápanyagot halmoz fel a csíranövény körül, amely majd tavasszal a kis növény kifejlődéséhez szükséges energiát biztosítja. Végül ellenálló burokkal: maghéjjal veszi körül, amely védelmet nyújt a természet viszontagságai ellen. Ezt a folyamatot nevezzük termésérlelésnek.

Mire vége a nyárnak, ez a fejlődési szakasz is lezárul. A gyümölcsösökben elérkezik a szüret ideje, az erdőkben a mag lehull a földre, a szárnyas terméseket pedig – mint a hárs, a juhar és a kőris termése – messzire sodorja a szél. Szülő és utód elválnak egymástól.

*

Érezhetően hűvösödnek a hajnalok, s az erdő lombja – a rövidülő nappalok intő jelére – búcsúzóul tarka színpompát ölt. A levelek beszüntetik az „élelmiszer-termelést", a klorofill elbomlik, s láthatóvá válnak a karotinfestékek aranysárga, vörös és rozsdabarna árnyalatai. Ilyenkor ősszel a hegycsúcsok kilátóiból már színükről is felismerhetők a különféle fák és erdők. A sziklás hegytetőkön messzire világít a hársak citromsárga lombja és a magaskőris világoszöldje. Az északi hegyoldalakon a bükk rozsdabarna koronái már az elmúlás szomorkás hangulatát vetítik előre, míg a szurdokerdőkből a hegyi juhar aranysárga koronái pompáznak. A déli lejtőkön a tölgyek még őrzik mélyzöld színüket, köztük tűzként lobban fel egy-egy berkenye kárminvörös lombja. A karsztos lejtőket pedig a cserszömörce és som borítja be a bíbor és lila valamennyi árnyalatával.

A fák szöveteiben ezalatt nagy munka folyik. A termelt szerves anyagokat a háncsszövet a törzsbe és a gyökérzetbe szállítja, a fatest pedig a fölös vízmennyiséget vezeti le a szövetekből. Sietni kell, mert mire az első fagyok beköszöntenek, a törzsnek már alig szabad vizet tartalmaznia. A magas víztartalmú fa a fagy hatására hosszában megreped, s tavasszal a szivárgó sebhelyen a kórokozók ezrei telepszenek meg, hogy elpusztítsák a fát. S ha a seb be is gyógyul, nagy hosszanti heg – a fagyléc – csúfítja el a szép sudár törzset.

Lassan beköszönt a tél. Először csak a hajnali harmat csapódik le fehér zúzmara alakjában, később leesik az első hó. Ez kitűnő hőszigetelő, mely megvédi a növények föld alatti és föld feletti szerveit, rügyeit a túlzott lehűléstől. Puha hótakaró borítja az erdő alját s az égnek meredő tar ágakat. Alszik az erdő, s talán álmodik is.

Mit tudunk az erdőpusztulásról?

Az előző fejezet idilli erdőszimfóniájának megnyugtató záróakkordjai után most a gond és az aggodalom disszonáns hangjai szólalnak meg. Az utóbbi évtizedek-

ben egyre növekvő környezetrombolásról és az erdők kontinentális méretű pusztulásáról érkeztek a hírek Észak-Amerikából és Európából. Hozzánk előbb a hírek érkeztek meg, aztán kis késéssel kelet felöl az erdőpusztulás is. A helyzetet bonyolította, hogy a hírek a jegenyefenyvesek és lucosok pusztulásáról szóltak, nálunk viszont a tölgyesek pusztultak. Annak ellenére, hogy néhány ország gazdasági vagy hadititokként kezelte a kérdést, valóságos könyvtárra rúgó irodalom gyűlt össze erről az aggasztó problémáról az elmúlt 20-25 év során. Ebből a rendkívül kusza információhalmazból szeretnék az olvasó tájékoztatására egy, a lehetőségek szerint rendezett – savval permetezett, műtrágyával megszórt, rovarrágott, gomba- és vírusfertőzött hervadó gallyakból álló – csokrot átnyújtani. Mielőtt azonban erre sort kerítenénk, szükséges hogy – bár a teljesség igénye nélkül – előrebocsássak néhány háttérinformációt.

– *1950-es évek:* botanikusok kezdeményezésére növényökológusok és erdészek részben közösen, részben egymástól függetlenül kidolgozzák Magyarország erdőtipológiáját, amely az erdőművelés korszerű tudományos alapokra helyezésének feltétele.

– *1960-as évek közepe:* bevezetik az erdőtipológiai alapon való erdőművelést és gazdálkodást az erdészeti gyakorlatba.

– *1960-as évek vége:* az új gazdasági mechanizmus az erdészet fő feladatául a fatermelést írja elő. Az alig néhány éve bevezetett ökológiai szemléletű erdőgazdálkodás háttérbe szorul. Az erdőgazdálkodás elveitől idegen, rövid távú teljesítményre épülő, agrárszemléletű ösztönzési rendszert vezetnek be. Megindul a természetes erdőállományok gyorsított ütemű kitermelése.

– *1970-es évek második fele:* Magyarország a mesterséges erdőtelepítés terén a világranglista első helyére kerül. A telepítések túlnyomó része azonban tájidegen haszonfaültetvény, és nem erdő. Közben még egyre folytatódik a természetes erdők kitermelése. A Bükki Nemzeti Parkot az erdészet úgy adja át az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatalnak, hogy előbb kivágják a Bükk-fennsík bükköseit, és helyükre tájidegen lucot ültetnek.

– Megérkeznek az *első hírek az európai erdőpusztulásokról.* A hivatalos szervek úgy vélik, hogy – a nyugaton már korábban jelentkezett gazdasági válsághoz hasonlóan – a nyugat-európai erdőpusztulás is valamiféle „kapitalista magánbetegség", amely hozzánk nem fog „begyűrűzni." Különben is: Nyugat- és Közép-Európában a jegenyefenyvesek és a lucosok pusztulnak, ilyenek pedig nálunk nincsenek. Fájjon az ő fejük.

– *1980-as évek eleje:* az Északi-Középhegységben megindul a kocsánytalan tölgyek hervadása és tömeges kiszáradása. Az erdészeti növényvédelem gombafertőzési járványnak diagnosztizálja a jelenséget, amely rohamosan terjed nyugati irányban. Az ökológusok nyugati mintákra hivatkozva, felvetik a környezetszennyezésnek, mint kiváltó tényezőnek a jelentőségét a tölgypusztulásban.

– *1980-as évek második fele:* sokirányú, részben integrált kutatások indulnak a tölgypusztulás okainak felderítésére és a védekezés kidolgozására.

Ennyit elöljáróban. És most lássuk, mit tudunk tulajdonképpen az erdőpusztulásról?

*

„Kísértet járja be Európát és Észak-Amerikát: az erdőpusztulás kísértete."

Ezekkel a szavakkal kezdődik a világ erőforrásait felmérő *World Resources* 1986-os kötetének az erdőkkel foglalkozó fejezete – és nem véletlenül.

Az 1980-as évek elejétől Közép- és Kelet-Európában az erdők nagy területekre kiterjedő, egyre gyorsuló tömeges pusztulását tapasztalták. Csupán öt európai országban: Nyugat-Németországban, Ausztriában, a volt Csehszlovákiában, Lengyelországban és Jugoszláviában közel 6 millió hektárnyi erdőterületet károsított az erdőpusztulás; de súlyos károkat jeleztek a volt NDK, Magyarország, Románia, Hollandia, Belgium, Franciaország, Svájc, Svédország és az Amerikai Egyesült Államok területéről, sőt később már a volt Szovjetunió, Nagy-Britannia, Kanada, Olasz- és Spanyolország erdeiből is.

E különös, járványszerű betegség első jeleit az 1970-es évek elején kezdték észlelni a nyugat-németországi jegenyefenyvesekben, s erdész kutatók azt gondolták, hogy hasonló járványos jegenyefenyő-pusztulásról van szó, mint amilyen időszakonként többször is fellépett az elmúlt 250 év során. A hetvenes évek végére azonban a pusztulás átterjedt a lucosokra is, és 1980-ra már világossá vált a szakemberek előtt, hogy egy teljesen új erdőpusztulási jelenséggel állunk szemben. Az 1980-as évektől megindult az erdeifenyő-állományok pusztulása is, majd az európai bükké, s a nyolcvanas évek végére összesen 11 fontos európai erdei fafaj – mint a vörösfenyő, a nyír, a magas kőris, az éger, a hegyi juhar, a kocsányos és a kocsánytalan tölgy – jelentősebb mértékű pusztulásáról voltak adataink. A jelenség nem bizonyult európai kiváltságnak: tömeges pusztulásokat jeleztek Észak-Amerika hegyvidéki tűlevelű erdeiből is, ahol a titokzatos kór egy luc-, két *Abies* és öt *Pinus* faj populációit károsította, helyenként – mint pl. az Appalache-hegység természetvédelmi területén, a Mt. Mitchell-en – az erdőégéshez hasonló teljes pusztítást okozva.

Az erdőpusztulások által okozott anyagi károk igen jelentőseknek bizonyultak. 1985-ben az NSZK-ban az erdők 55 százalékát nyilvánították károsodottnak. A faipar és a csatlakozó iparágak évi veszteségét pedig több mint félmilliárd dollárra tették, hozzátéve, hogy – amennyiben a jelenlegi pusztulási trend folytatódik – az évi kár 1 milliárd dollár körüli összegre emelkedhet.

Svájcban az erdők 33 százalékát nyilvánították súlyosan károsodottnak, és 12 millió beteg fát kellett eltávolítani az erdőkből. Ausztriában az erdőpusztulás 600 ezer ha-t, az összes erdőterület 16 százalékát érintette. A fahozam évi kiesését 4,2 millió m^3-re tették, ami akkor 160 millió dollár értéknek felelt meg.

A károk a kelet-európai országokban sem voltak kisebbek. A szomorú rangsor élén Csehszlovákia állt, közel 1 millió ha károsodott erdővel, amelynek egyharmada, mintegy 300 000 ha erdő teljesen elpusztult. Lengyelországban 500 000 ha, Jugoszláviában 450 000 ha volt a károsodott erdők területe, míg az NDK erdeiről hivatalos kimutatás nem lévén, a készített becslések 2,5 millió ha-ra tették az erdőpusztulás által érintett erdőterület nagyságát. Romániai felmérések 170 000 ha erdőt találtak károsodottnak, főleg az Erdély területén levő tölgyesekből. Magyarországon mintegy 120 000 ha, az erdőterület 11 százaléka bizonyult károsodottnak, amelyben 5 év alatt 1,2 millió m^3 fa pusztult el, mintegy 20 millió dollár értékben. Az összegekből jól látható, hogy a sok milliárd dollárnyi értéket termelő, és több mint 3 millió munkást foglalkoztató európai faipar komoly válságba került.

Az események legfőbb áldozatai azonban leginkább maguk az erdei ökoszisztémák lettek, amelyek fokozatosan leromlottak és talán genetikailag is elszegényedtek az emberiség szennyező tevékenységének hatására.

Úgy tűnt, hogy Európa erdeit a légszennyező ágensek és a természeti stressz-tényezők – éghajlati hatások és patogén kártevők – titokzatos és halálos összjátéka veszélyezteti. Titokzatos azért, mert az elmúlt néhány év intenzív kutatási programjai ellenére az erdőpusztulás elsődleges okozó tényezőiről a mai napig nem született egyöntetű tudományos vélemény. Voltak, akik a problémát egyetlen, eddig ismeretlen vírus által okozott járvány kérdésére egyszerűsítették, a kutatók többsége azonban egy bonyolult, sokténye zős folyamatban kereste a jelenség okát. A tekintetben eléggé megegyeztek a vélemények, hogy az okok egyike a légszennyezés, annál is inkább, mert levegőszennyezés okozta erdőpusztulás már korábban is előfordult. Az elmúlt 50 évben az északi félgömbön nem kevesebb, mint 19 nagyobb erdőpusztulást jegyeztek fel, s ezek közül hetet a környezetszennyezésnek tulajdonítottak. A probléma azonban ott van, hogy a légszennyezés sem egyetlen tényező, hanem nagyon is sok.

Mielőtt kialakítanánk lesújtó véleményünket a tudósok tehetetlenségéről, tekintsük át röviden az elért eredményeket és azokat a gondokat, amelyek az erdőpusztulás problémáját bonyolulttá tették.

Először is miben áll az erdőpusztulás, mik az ismérvei?

A jelenség tüneteit *Schütt* és *Cowling* (a müncheni, illetve az észak-karolinai egyetem professzorai) a következő 12 pontban foglalták össze:

1. Az erdőpusztulás látható tünetei 1979–1980-ban jelentkeztek Európa több pontján, és a következő 4 év alatt a kór szétterjedt a kontinens nagy területein.

2. Az erdőpusztulás még 1985-ben is terjedőben volt, mind intenzitását, mind földrajzi elterjedését tekintve, s egyre riasztóbb gyakorisággal párosult másodlagos stressz-tényezőkkel, mint rovarkárosítók, gombakártevők és klimatikus szélsőségek (fagy, hó, széltörés).

3. Öt év alatt Közép-Európa csaknem valamennyi fafajára kiterjedt az erdőpusztulás, beleértve a 4 kereskedelmileg legfontosabb tűlevelű fát és 6 zárvatermő lombosfa-fajt.

4. Egyes erdőkben a cserjék és a lágyszárú növényzet is károsodott.

5. A tünetek heterogéneknek bizonyultak a különböző területeken, a különböző állományokban, de még ugyanazon állomány ugyanazon fajának egyes egyedein is.

6. Az erdőpusztulás hasonló intenzitással jelentkezett tápanyagban gazdag és szegény, savanyú és bázikus kémhatású, nedves és száraz talajokon, függetlenül az alapkőzettől és kialakulásuk genetikai folyamatától.

7. A tünetek gyakorta súlyosabb formában jelentkeztek a magasabb hegyvidékeken, de előfordulnak középhegységekben és alacsony dombságokon is.

8. Az állományok összetétele és az alkalmazott erdőművelési gyakorlat (pl. természetes vagy mesterséges erdősítés, elegyes, illetve elegyetlen) nem befolyásolta jelentősen a kár mértékét.

9. A fiatal fák rendszerint nem károsodtak oly súlyosan, mint az öreg egyedek, de e tekintetben is jelentős különbségek mutatkoztak különböző területeken.

10. A tipikus tünetek közül többet korábban soha nem észleltek (pl. a bükkön, a lucon és a vörösfenyőn).

11. A legsúlyosabb károk a magas hegyvidékeknek az uralkodó széliránnyal szembenéző lejtőin mutatkoztak.

12. A legtöbb elpusztult egyed csökkent növekedést és rendellenes növekedési tüneteket mutatott.

Az észlelt tüneteket 3 tünetcsoportba lehetett sorolni: növekedéscsökkenés, rendellenes növekedés és vízháztartási zavarok.

A tünetek értékelése során kiderült, hogy a tünetkép nem egyértelmű. Ez azt jelentette, hogy bár az erdőpusztulás általános tünetei közé tartozik a fokozott fogékonyság az abiotikus stressz-tényezők, illetve a különböző kórokozók iránt, az elhalási kórkép mégis lényegesen különbözött azoktól a tünetektől, amelyek az erdei patogén szervezetek (gombák, baktériumok, nematodák, rovarok, vírusok) által terjesztett betegségeket kísérik. Ugyanakkor különbözött azoktól a tipikus erdőkárosító jelenségektől is, amelyek az aszály, a fagy vagy a gáznemű légszennyező anyagok – pl. az ózon vagy a kéndioxid – hatására keletkeznek.

Sokak szemléletét fogalmazta meg *Paul Manion,* a New York Állami Egyetem munkatársa, aki az erdőpusztulást úgy értelmezte, mint a különböző tényezők komplex interakcióinak összegződését. A tényezőket 3 kategóriába sorolta: előkészítő, kiváltó és közreműködő faktorok csoportjára.

Előkészítő faktoroknak tekintette az éghajlati és talajfeltételeket, a szennyező anyagok hosszú távú ülepedését, a fák genetikai adottságait és korát. Ezeknek a faktoroknak a hatása rendszerint tünetmentes. A kiváltó tényezők

idézik elő a tüneteket. Idesorolta az aszály és fagy okozta károkat, a rovarok okozta lomblerágást és a mérgező gázok rövid távú hatásait. Ezek a tényezők viszonylag rövid idő alatt jelentősen lerontják a fák állapotát. Ennek ellenére az ún. közreműködő tényezők a folyamat voltaképpeni végrehajtói, mivel az előző két csoport tényezőinek kölcsönhatásai által legyengített állományok fokozott mértékben válnak hajlamossá arra, hogy áldozatul essenek a különböző biotikus és abiotikus károsítók támadásainak.

Ezzel a tetszetős sémával az a gond, hogy túlságosan leegyszerűsített. A valóságban az egyes tényezők tetszőleges sorrendben, kombinációban és szekvenciákban jelentkeztek, sőt ugyanaz a faktor egyes esetekben lehetett előkészítő, kiváltó és közreműködő is, mint pl. az aszály, a savas eső vagy a légszennyező mérgező gázok.

Mégis, milyen elfogadható meghatározást lehetett adni az erdőpusztulás természetére vonatkozóan?

1. Az erdőpusztulás – a rákhoz, vagy talán még inkább az AIDS-hez hasonlóan – úgy értelmezhető, mint egy betegség tünetcsoportja, amelyben egy vagy több előkészítő és stressz-tényező oly mértékben gyengíti le az állományok ellenálló képességét, hogy azok könnyen válnak áldozataivá különböző kártevőknek és kórokozóknak.

2. Az elsődleges okok nem rovarkártevők vagy egyéb ismert erdei kórokozók fellépésének tulajdoníthatók, bár ezek az ágensek jelentős másodlagos szerepet játszanak.

3. Az éghajlati tényezőket, mint az aszály és a fagy, szintén a ható tényezők közé kell sorolni, de szerepük valószínűleg előkészítő vagy másodlagos.

4. Az elsődleges okok között nagy valószínűséggel légszennyező anyagok, szennyezés eredetű mérgek, tápanyagok és növekedésszabályozó anyagok légköri ülepedése szerepel.

Mik ezek az anyagok, és hogyan hatnak?

A ható tényezők minősége tekintetében hat különböző vélemény alakult ki, amelyeket egy-egy irányadó, hivatott iskola képviselt.

1. Az *általános stressz* elmélete, amit botanikus, növénykórtanos és fiziológus kutatók egy csoportja dolgozott ki a Müncheni Egyetemen. Elgondolásuk szerint a légszennyező anyagok, mérgező gázok, növekedésszabályozók együttes hatására a fák nettó fotoszintézise csökkent, és az anyagcsere a mobilis szénhidrátok termelése helyett a kevésbé mobilis és potenciálisan mérgező másodlagos anyagcseretermékek irányába tolódott el. Ez azt jelenti, hogy a gyökerek alacsonyabb energiaszintje a hajtásokban toxikus anyagok felhalmozásával párosul, s ez a kölcsönhatás esetenként a hajszálgyökér-rendszer és a mikorrhizakapcsolatok elsorvadásához, és a levélfelület csökkentéséhez vezethet. Az ily módon redukálódott energiaháztartású fa ellenálló képessége nyilvánvalóan csökken a különböző károsító hatásokkal és kórokozókkal szemben.

2. *Talajsavanyodás – alumíniumtoxicitás* elmélete. Ezt a hipotézist *Bernhard Ulrich* és munkatársai dolgozták ki a Göttingeni Egyetemen, a Sollingen-platón végzett sokéves tápanyagkörforgalom-vizsgálataik alapján. Lényege, hogy a savas esők felgyorsult ütemben mossák ki a szerves és a szervetlen tápanyagokat a talajból, miközben a visszamaradó alumínium-ion szabaddá válik és mérgező mennyiségben halmozódik fel. Megtámadja a fák gyökereit és nekrózist (sejt-, szövet- vagy szervelhalást) okoz, s az így kialakuló víz- és tápanyagstressz hatására a fák kiszáradnak, különösen az aszályos években vagy időszakokban.

3. Szennyező gázok – *ózon és kén-dioxid* hatása. Ennek az elméletnek legnagyobb szószólója *Prinz,* az Esseni Immisszióvédelmi Intézet igazgatója. Hipotézisét nagyszámú terepmegfigyelésre és mérési adatra, valamint ózon- és kén-dioxid-kezeléssel végzett laboratóriumi növénykísérletekre alapozta. Európában egyelőre a kén-dioxid gáz károsító hatása sokkal elterjedtebb, nálunk is ez a legfontosabb légszennyező. Ezzel szemben Észak-Amerikában az ózont tekintik elsődleges tényezőnek az ottani fenyvesek tömeges pusztulásában.

4. *Magnéziumhiány.* Ezt az elméletet *Karl Rehfuss,* a Müncheni Egyetem Talajtani Intézetének professzora vetette fel. Növény- és talajanalízisekből kiindulva arra a következtetésre jutott, hogy a magashegyvidéki lucosok sárgulásában a szélsőséges magnéziumhiány játszik döntő szerepet, amely elem a savas esők hatására mind a talajból, mind pedig a növények leveleiből kimosódik.

5. *Tápanyag-, illetve N-felesleg.* Ez a hipotézis az elmúlt 25 év kutatásainak eredményein alapul. Lényege, hogy a II. világháború óta a nitrogén légköri ülepedése rendkívüli mértékben megnövekedett, különös tekintettel a hatalmas területeken folyó műtrágyázásra. Amerikai kísérletek bebizonyították, hogy az alkalmazott nitrogén-műtrágyák 10 százaléka kerül párolgás útján a levegőbe. Svédországban kiszámították, hogy évi 25 000 tonna nitrogén kerül ily módon a levegőbe, míg a csapadékkal több, mint 80 ezer tonna kerül vissza a talajra, ami jelentős tápanyag-felesleget képez. Kiszámítottuk, hogy Magyarország területén az 1980-as években évi 93 ezer tonna nitrogén került a légköri csapadékkal a talajra, azaz hektáronként 10 kg. Ez a mennyiség több volt, mint a majdnem ötször akkora területű Svédországra jutó N-terhelés, és elérte a legfejlettebb országokban (USA, Ny-Németország) mért legmagasabb N-szennyezési értékek kategóriáját. A N-túlkínálat kétféle úton is jelentősen hozzájárulhat az erdőpusztuláshoz. A fokozott N-felvétel következtében a növekedési időszak kitolódik és csökkenti a fák fagyállóságát. Ily módon a fagykárosodás jelentősen megnövekszik. Még ennél is veszélyesebb következménye a felvehető N-feleslegnek az, hogy a túlzott N-felvétel következtében megnő a tápanyagigény az egyéb esszenciális anyagok, pl. nyomelemek iránt, s ez a talajoknak bizonyos tápelemekben való gyors kimerüléséhez, a

lomb–gyökérzet arány egészségtelen eltolódásához, a mikorrhizakapcsolatok gátlásához vagy a mikorrhiza elhalásához vezet. Más szóval, ahogy mezőgazdasági növényeink súlyosan károsodhatnak a túltrágyázás következtében, ugyanúgy erdeink is áldozatul eshetnek a légkori ülepedés útján létrejött túltrágyázásnak.

6. *Növekedésszabályozó szerves anyagok.* Ez az erősen spekulatív, erőltetett hipotézis *Fritz Führ*től, a Bonn melletti Sugármezőgazdasági Intézet igazgatójától származik. Szerinte a fejlett ipari országokban előállított több ezer szerves kémiai anyag közül néhány – pl. az etilén és az anilin – a természetbe jutva az erdei fafajokon növekedési zavarokat és az ezzel járó anyagcsere-problémákat okozhat.

Tíz különböző modellt dolgoztak ki arra vonatkozóan, hogy a felsorolt légszennyező tényezők mi módon károsítanak. Ezek közül négy vagy öt biztosan alkalmazható a hazai tölgypusztulásra is. Egyes körzetekben – pl. a keleti Mátrában, az északi Bükkben – bizonyítottnak tekinthetjük a kén-dioxid károsító szerepét. Más esetekben egyértelmű a N-felesleggel kapcsolatos anyagcserezavarok fellépése. Egyes hazai vizsgálatok a talaj- és a levélkilúgozás okozta tápanyag- és Mg-hiány folyamataira utalnak, mások az alumíniumtoxicitás modelljét látszanak igazolni. A képet bonyolítja, hogy ezek a modellek sem érvényesülnek tisztán, egymástól függetlenül, hanem igen gyakran egymással kombinálódva, egymást erősítve hatnak. Ilyen eseteket jeleznek azok a károsodások, amelyek egyes dunántúli erdőállományokban az ózonkárosítás és a nehézfém-toxicitás kombinálódására utaltak.

E látszólag ellentmondó adatokból egyet kell világosan látni. Azt, hogy az erdőpusztulást kiváltó tényezők területenként, fafajonként és állományonként is különbözők lehetnek, következésképpen az okozó tényezőket esetenként külön-külön kell felderíteni és tisztázni.

A legfontosabb kérdés természetesen az, hogy mi a teendő, hogy az erdők további pusztulását megállítsuk? A teendők kétfélék: technológiaiak és biológiaiak. Ezeket együttesen, egymással párhuzamosan kell végrehajtani, mert az egyik nem helyettesítheti a másikat. A technológiai teendő abban áll, hogy a légszennyezést a lehető legnagyobb mértékben csökkenteni kell. Evégett meg kell oldani az energiahordozók (szén, kőolaj, föld- és fűtőgáz) kéntelenítését; háromfázisú katalitikus konverterrel kell felszerelni a személygépkocsikat; fokozatosan át kell térni az ólommentes benzin használatára; új emissziós normákat kell megállapítani és előírni a kőolaj-finomítókra, a petrolkémiai üzemekre, a műtrágyagyárakra; szigorúbb ellenőrzést kell alkalmazni a szén- és olajfűtésű erőművekre és a fémolvasztókra, mert ezek különösen sok kén-dioxidot és nehézfémet bocsátanak ki környezetükbe. Meg kell határozni a mezőgazdasági és az erdőterületeken alkalmazható műtrágyamennyiség normáját.

Könnyen belátható, hogy mindezen intézkedések bevezetése nem egyszerűen elhatározás kérdése, hanem egy meglehetősen hosszú és költséges ipar- és

energiapolitika végrehajtását igényli, amely költségigényes új technológiák bevezetését, a régiek korszerűsítését, sőt egyes esetekben egész iparágak átszervezését jelenti. Hogy mekkora összegekről van szó, arról fogalmat alkothatunk az alábbi adatokból: ahhoz, hogy az Egyesült Államokban a kén-dioxid-kibocsátást a jelenlegi felére, azaz 10 millió tonnára csökkentsék, évi 3-4 milliárd dollárt kellene a különböző technológiákra költeni; a nitrogén-oxidok emissziójának hasonló arányú csökkenése pedig évi 6 milliárd dollárba kerülne.

A biológiai teendők látszólag egyszerűbbek és olcsóbbak, viszont valószínűleg időigényesebbek. Arról van szó, hogy szelekcióval és nemesítéssel ki kell alakítani iparilag értékes és erdészetileg fontos fafajaink légszennyezést tűrő változatait, és azokat kell elterjeszteni. Ehhez a tölgypusztulás leküzdésénél valószínűleg jobb esélyünk van, mint a jegenyefenyő és a luc esetében, tekintve, hogy a nálunk élő kocsánytalan tölgy fajok nem egyformán érzékenyek a légszennyezésre. Eredményesek lehetnek továbbá azok a célszerű erdőművelési beavatkozások is, amelyek a fogékonysági tényezők számát és hatékonyságát csökkentik; pl. az elöregedett sarjállományok fokozatos felújítása mag eredetű csemetével; a nem megfelelő termőhelyen létesített elegyetlen tölgyes és egyéb állományok megszüntetése; a száradékfa időben való eltávolítása; és általában az erdőművelési és erdővédelmi munkák színvonalának megjavítása.

Mindebből látható, hogy az erdőpusztulás megakadályozása nem kizárólag a szakemberek feladata, hanem az egész társadalmat érintő, kormányszintű döntéseket igénylő, átgondolt, hosszú távú gazdasági és környezetvédelmi stratégia része.

Átérezték ezt a Föld országainak felelős vezetői is, akiknek részvételével 1986 februárjában háromnapos nemzetközi tanácskozás zajlott le Párizsban, az erdőpusztulás kérdéséről, *Mitterrand* személyes elnöklete alatt. A résztvevő 61 országot 5 államfő, 7 kormányfő, 46 miniszter és 18 miniszteri rangú küldött képviselte. A volt szocialista országok közül Lengyelország, Magyarország és az NDK vett részt a konferencián.

Ezután meglódultak az események.

Egymást követték olyan nemzetközi egyezmények, amelyek a környezetszennyezés különböző formáinak, többek között a légköri emissziók csökkentésére irányultak.

A világ országai és népei nagy várakozással tekintettek az 1992-es Rió de Janeiró-i konferencia elé, amelytől nagy elhatározásokat és döntő áttörést vártak a nemzetközi környezetpolitikában. A konferencia hozott ugyan fontos döntéseket, többek között a biodiverzitás védelméről, ugyanakkor csalódást keltett, mert a légszennyezéssel kapcsolatos radikális korlátozások kimondása éppen az Egyesült Államok elnökének vétója miatt meghiúsult.

Közben az erdőpusztulási járvány is levonult, mint egy árvíz, anélkül, hogy pontosan tudnánk, mi okozta valójában, és miért lett vége.

Utoljára 1998-ban Kyotóban ültek össze a világ országainak környezetvédelmi miniszterei, hogy a légszennyezés csökkentésének új határértékeiben megállapodjanak. Mindenki boldogan vette tudomásul, hogy a globális emisszió csökkent. Persze, ehhez azt is tudni kellett, hogy ez nem a nagy szennyező országok önmérsékletének, hanem a kelet-európai ipar összeomlásának köszönhető eredményeként jött létre.

És keletkezett egy új fogalom: a megvásárolható levegőtisztaság, vagyis az iparilag fejletlen országok eladhatják nem teljesített emissziójukat a gazdag ipari országoknak. Pl. az Egyesült Államok megveheti Oroszországtól Szibéria teljesítetlen emissziós teljesítményét. Ha ez a képmutató környezetpolitika fog folytatódni a világ vezető hatalmai részéről, újabb és egyre tágabb hatósugarú környezeti katasztrófáknak nézünk elébe.

Az egész történetről, s mindarról, ami az ember és a természet között zajlik, ismét a Biblia ősi igéje jut eszembe:

„Ne a bölcsességével dicsekedjék a bölcs,
s ne az erejével az erős,
és a gazdag se a gazdagságával dicsekedjék,
hanem aki dicsekedni akar, azzal dicsekedjék,
hogy van benne értő lélek és ismer engem,
– mondja az Úr."

Jer 9, 22–23

A kasza is alakítja a tájat!

A kiránduló, aki fáradtan is a szépség élvezetével telepszik le egy erdők övezte harangvirágos hegyi rétre, hogy elemózsiáját elköltse, vagy aki egy patakparti réten nagy örömmel pompás margarétacsokrot szed, aligha gondolja, hogy ezek a természet adta virágoskertek, melyek láttán a trópusi ember is ámulatba esik, tulajdonképpen az ember tevékenységének eredményei. Helytelen lenne persze azt gondolni, hogy a réteket az ember ültette. Nem, erről szó sincs, de az tény, hogy ahol ma virágos rétek tarkállnak, ott vagy erdő, vagy mocsár volt valamikor. Az erdőt azonban az ember kiirtotta, hogy állatainak takarmányt vagy legelőt biztosítson, s éberen őrködött azon, hogy az erdő vissza ne foglalhassa elvesztett egykori területét. Az alföldi rétek viszont főleg ősi mocsarakból, lápokból alakultak, részben a természetes feltöltődés, részben mesterséges lecsapolások eredményeként. Rövid idő alatt azonban beerdősültek volna, ha az ember útját nem állja ennek a természetes folyamatnak. De a kaszás ember hosszú ideig képes megállítani az idő és fejlődés kerekét, s állandósítani a rétek évről évre megújuló takarmánybőségét, virággazdagságát. A fejsze, a kasza és a vándorló pásztornépek nyájai a történelmi korban már erősen átalakították az erdős Európa képét. A rétek, legelők tulaj-

donképpen változatosabbá, hangulatossá tették a sötét erdőrengetegekkel borított tájat, s egyben alkalmassá arra, hogy emberi kultúra, civilizáció alakuljon ki egy virágzó állattenyésztés alapjain.

A tájképi szépséget, virággazdagságot és nem utolsósorban a termőképességet csak azok a rétek őrizték meg, ahol a réteket kaszálták, vagy a legeltetés nem volt túlságosan intenzív. Nálunk a legszebbek az Alföldön a folyó menti mocsárrétek és az ősi lápokat körülfogó láprétek. Mindkettő tavasszal egy-két hónapig víz alatt van, amitől nyár végéig megőrzik üde frissességüket. A mocsárréteket friss folyóvíz öntözi, a láprétet pedig a feltörő, humuszban gazdag talajvíz árasztja el, s ezért növényviláguk sok tekintetben különbözik egymástól.

*

A mocsárrétek tápanyagdús talajában nincs tőzegfelhalmozódás. Gyepjét olyan magasra felnövő pázsitfélék alkotják, mint az ecsetpázsit és a közönséges réti perje, nedvesebb helyeken az alacsonyabb fehér tippan vagy a rendkívül kemény, érdes levelű sédbúza. Közülük legértékesebb az ecsetpázsit és a réti perje gyepje, melynek hozama igen tekintélyes, és már nyár közepére elérheti az embermagasságot. A fehér tippan is jó minőségű, de lényegesen kevesebb takarmányt ad, míg a sédbúza gyepje kemény, érdes leveleivel és csekély hozamával takarmányozási célra alig alkalmas. Tavasszal a mocsárrétek ébredését a gólyahír virágzása vezeti be, majd tavasz végén a réti boglárka sárga és a kakukkszegfű lila-rózsaszín virágai uralkodnak. A gyermekláncfű már a legeltetett mocsárréteken szaporodik el, mert a növényt keserű tejnedve miatt az állatok nem fogyasztják. Nyáron a vörös és fehér here mellett a magasra növő ernyősvirágzatú növények, a sárga paszternák és a fehér murok virágzás után ökölszerűen összecsukódó virágzatai tűnnek fel. A nedvesebb helyeken pedig a szürke, szúrós aszat virágzó fészkei festik bíborvörösre a rét zöldjét. Nyár közepéig általában sor kerül az első kaszálásra, s ezután már csak a jól sarjadzó vagy alacsony termetű növények virágzanak.

A láprétek talajában ezzel szemben fekete tőzegréteg halmozódik fel, amelyet a tőzegpáfrány tömeges megjelenése is jelez, és a rét talaját nedvességigényes mohák borítják. A mohaszint és a szivacsos szerkezetű tőzeg tovább megőrzi a talaj nedvességét, mint a mocsárrétek talaja. Itt a sok sás mellett legértékesebb gyepalkotó a kékperje, melynek lilás bugái ősszel másfél-két méter magasságban virágzanak. A láprétek a tavaszi vízborítás miatt későn melegszenek fel, és csak tavasz végén borulnak virágba, de akkor a pompás és különleges virágok tömegével messze felülmúlják a mocsárréteket. Május közepén a különböző színű orchideák egész serege virágzik itt: a nagy virágú mocsári kosbor, a húspiros kosbor, a bibircsvirág és a mézajkukkal rovarokat utánzó bangók, a kék virágú szibériai nőszirom, a fehér zászpa, ez a liliomfélékhez tartozó gyógynövény,

nagy, kandeláberszerű virágzatával. Nyáron a kakascímer sárga virágait és a buglyos szekfű nagy sallangos rózsaszínű szirmait lengetik a párás, lomha szellők. Ősszel már komorabb színek válnak uralkodóvá: a kék ördögharaptafű, a kékperje és a szinte feketés-mélybíbor virágzatú vérfű mellett már csak az őszi oroszlánfog sárga fészkei jelentenek némi derűs színfoltot.

A legmagasabb és legnagyobb szénahozamú kaszálóréteket hegy- és dombvidékeinken találjuk, ahol a franciaperje, a vörös csenkesz vagy az aranyzab rétjei már nyár közepére elérhetik az embermagasságot. Ezeket a réteket évente háromszor kaszálják, míg a mocsár- és lápréteket csak kétszer. Kora tavasszal aranysárgák a virágzó kankalintól, nyáron pedig a margitvirág, a különböző harangvirágok, a vörös, fehér és bérci here, a legyezőfű s egyéb színes virágok tarkállanak rajtuk. A Bükk-fennsíkon nyár közepén a mezei kardvirág lilás füzérei jelentik a legszebb színfoltot, ősszel meg a szemvidítók bájos fehér virágai gyönyörködtetik a turistákat, és a tárnics- vagy enciánfélék különlegesen szép kék és lila virágai néznek fel a nagyon tiszta szeptemberi égre.

*

Valamennyi kaszálórét életének ritmusát a kaszálás határozza meg. A kaszálás igen erős szelektív tényező. Csak azok a növényfajok maradhatnak fenn, amelyek még az első kaszálás előtt virágot és termést hoznak, vagy amelyek jó sarjadzásuk következtében a kaszálás utáni sarjúban képesek virágozni; vagy pedig azok a kései, alacsony termetű növények, amelyek ősszel, a második kaszálás után virágzanak.

A kaszálás a növény – életmódjával együtt – alakját is megváltoztatja. Így ugyanazon növényfajnak kialakultak egyenes szárú, magas termetű kora nyári, és alacsony, elágazó, nyárvégi alakjai, melyek egymástól ivarilag teljesen elszigetelődtek, mert virágzásuk időpontja sohasem találkozik. Ezt a jelenséget évszakos sokalakúságnak, *szezonpolimorfizmus*nak nevezzük. Különösen a tátogatók és a harangvirágfélék családjában találkozunk sok képviselőjével. A növények tehát meglehetősen nagy rugalmassággal alkalmazkodtak a rendszeresen ismétlődő kaszáláshoz. Ez a behatás azonban egyszersmind védelmet is jelent a réti növények számára, mert megakadályozza az erdő kiterjedését. A híres „kolozsvári szénafüveken" és a bátorligeti természetvédelmi területen törvénnyel tiltottak meg mindenféle emberi beavatkozást, többek között a rétek kaszálását is. Négy-öt év után azonban a kaszálást ismét intézményesen be kellett vezetni, mert az erdők oly nagy mértékben kezdtek terjeszkedni, hogy veszélyeztették a réteken élő ritka maradványnövények fennmaradását.

*

A réteket persze nemcsak kaszálással lehet hasznosítani, hanem közvetlenül legeltetés útján is. Ilyenkor azonban a növényzetre gyakorolt hatást nehéz ellenőrizni. A legeltetés nem minden esetben kedvezőtlen. Ha az állatok által elfogyasztott szerves anyag mennyisége éppen annyi, hogy a rét anyagkörforgalmát egyensúlyban tartja, a legeltetés hasznos és tulajdonképpen egyenértékű a kaszálással. Ha a legeltetés kisebb mértékű – ún. alullegeltetés történik –, akkor a növényzet fölös mennyiségű szerves anyagot termel, amely felhalmozódik, és elősegíti a beerdősülést. Ismerve az ember gazdálkodási gyakorlatát, ez az eset felettébb ritka. Annál gyakoribb a túllegeltetés, amely több szempontból is károsan befolyásolja a rétek növénytakaróját. A legeltetés során egyrészt elszaporodnak olyan értéktelen fajok, amelyeket az állatok szúrósságuk, keserűségük vagy mérgezőanyag-tartalmuk miatt nem fogyasztanak (pl. iglice, aszat, kutyatej, kikerics), másrészt a nagymérvű legeltetés erős taposással jár, aminek következtében a talaj szerkezete romlik és az eróziós veszély megnövekszik. Emlékezzünk csak vissza az ősi mediterrán kultúrákra! Az állatok rágása és taposása következtében olyan pázsitfüvek jutottak uralomra, amelyeknek hozama ugyan kisebb, de erős tövük révén jól bírják ezt a behatást. Így az Alföldön a veresnadrágcsenkesz (*Festuca pseudovina*), hegyvidékeinken pedig a szőrfű (*Nardus stricta*) gyenge minőségű rétjei alakultak ki. Végül a legeltetés egyenetlen trágyázással jár együtt, és ez intenzív használat esetén a nitrogénigényes gyomok: csalán, labodafélék, sóskafajok elszaporodását vonja maga után.

Ezzel a legelőknek nemcsak a gazdasági értéke csökken, hanem virágokban is szegényebbek lesznek. A túllegeltetett rétek hovatovább félsivatagi termőhelyhez vagy gyomos szemétdombokhoz válnak hasonlatossá, ami minden szempontból káros. A takarmány- és legelőgazdálkodás fejlesztése ma mezőgazdaságunk elsőrendű feladata, ha az állattenyésztést a követelményeknek megfelelő szintre kívánjuk emelni. A táj arculatát a kasza és a legelő nyájak évszázadokon át meglehetősen szabadon alakították. Korunkban a természetet már jobban, sőt jól értő emberre vár e feladat tudatos és felelősségteljes elvégzése.

Regényes lápvilág

Valaha vadvízország volt Nagy-Magyarországnak csaknem egyharmad része. A környező magashegységekből alázúduló bővizű, sebes folyású folyók az Alföld peremén hirtelen lelassultak, s hordalékterhüket lerakva, ágakra szakadozva, kanyarogva bandukolták végig a síkságot. Tavasszal az olvadékvizektől megáradt folyók óriási területeket borítottak el, amelyeken nagy kiterjedésű mocsár- és lápvilág alakult ki. Az Alföldön egymást érték a lápterületek: a Kraszna és Szamos között a híres Ecsedi-láp, a Kraszna és Berettyó között az Érmellék, délebbre a Körösök ágai között a Kis-Sárrét, a Sebes-Körös és Be-

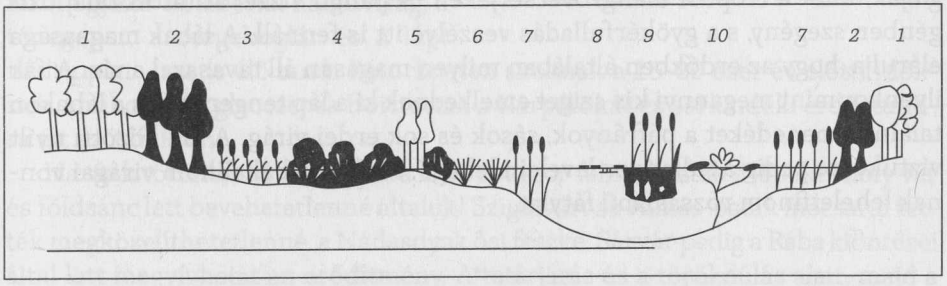
rettyó között a Nagy-Sárrét, északabbra pedig a Hortobágy mocsárvilága élte ősi, háborítatlan életét. A Duna–Tisza közén a Turjánvidék, s az „őrjegek" kisebb foltjai Pest határától egészen Kiskunhalasig terjedtek a Duna mentén. A Dunántúlon, a Kis-Alföld nyugati szélén találjuk ma is létező legnagyobb lápterületünket, a legendás Hani Istók hazáját, a pusztuló Hanságot. Rajta kívül még számtalan kisebb láp van a Balaton körül, mint Tapolca és Sümeg lápjai, a Kis-Balaton, a Boglári-berek és a fonyódi Nagy-berek, Türje lápja a Zala folyó mellett, vagy a Dráva mentén az ormánsági mocsarak.

A Nyírség és Belső-Somogy erdő borította homokvidékein nincsenek nagy kiterjedésű lápok, de a homokbuckák közti mélyedésekben megbúvó ezernyi kis lápszem – melyeknek lilásfekete tükrén sötéten csillan a nyári napsugár – a természet megannyi ékköve. Közülük nem egy kivételesen értékes természeti emlékünk, mint a somogyi Baláta-tó, a kállósemlyéni Mohos vagy a gyönyörű Bátorliget és a nemrég felfedezett Júlia-liget a Nyírségben. Mert valóban gyönyörűek ezek a természet érintetlen szépségeit, ősiségét őrző láptavak, amelyek vizén tömegesen virágzik a hófehér tündérrózsa és a rovarfogó rence sárga virága. A nádasok sűrűjében a vízi madarak százai fészkelnek. A nád, gyékény és harmatkása gyöktörzseinek sűrű szövedéke olykor hálót fon a víz színén, amelyen a vízi növények tömege verődik össze, majd lassan talaj képződik. A talajon megtelepszik a tőzegpáfrány, sőt a rekettyefűz cserjéje is. Valósággal élő tutaj ez, amely lágyan ring a vízen; ha rálépünk, finoman merül néhány centimétert és ringásával érzékenyen követi járásunkat, ahogy óvatosan lépkedünk rajta. Vadregényesek, izgalmasak ezek az ingólápok, melyekről viharos időben egy-egy darabot leszakít a hullámzás, s mint úszó szigetet sodorja tova a tó vizén.

A nádasok sűrűjén kívül, a sekély part menti zónában a zsombéksás *(Carex elata)* zöld csomói emelkednek ki a vízből. Mindegyik egy-egy előretolt állás,

22. ábra

A Baláta-tó őslápjának vegetációs szelvénye



Jelmagyarázat: 1. gyertyános-tölgyes erdő, 2. égeres láperdő, 3. magas sásos mocsárrét, 4. fűzláp, 5. nyírláp, 6. zsombékos, 7. nádas és gyékényes, 8. lebegő békalencse-Aldrovanda hínár, 9. úszó ingóláp-sziget, 10. gyökerező tündérrózsa hínár.



29. kép Gyapjúsásos láprét Belső-Somogyban

amelyen a mocsár szárazföldi növényei hódításra készen megtelepedhetnek. A zsombékok közt miniatűr vízi sikátorokként húzódnak meg a semlyékek vízzel telt mélyedései, melyekben tavasszal a vidrafű szakállas fehér, s a mocsári nőszirom nagy sárga virágai nyílnak. Ha szárazabb években a semlyékek nyár végére kiszáradnak, a zsombékok – mint valami félbemaradt híd pillérei – magasan kiemelkednek a láp szintjéből, s a semlyékben álló embert mellig, vagy vállig is elfedik, sőt teljesen eltakarják.

A zsombékokon kívül, a partszegélyen, a rekettyefűz bozótja összefüggő szürkészöld sövényként zárul a tó körül. Tavasszal még derékig vízben állnak félgömb alakú cserjéi, nyáron azonban már láthatóvá válik alattuk a fekete, tőzeges talaj. A lápteknő legkülső, vízzel legrövidebb ideig borított zónájában a lápcserjést már égeres láperdők váltják fel, melyeknek megjelenése, hangulata egészen különleges, hasonlíthatatlan hazai erdeink között. A nedvesen süppedő fekete tőzegtalaj, a nyári hőségben fojtóan párás levegő, az égerfák 70-80 cm magasan szétágazó, „láb"-nak nevezett pillérszerű gyökérzete, melyeken élénkzöld páfrányok csokrai pompáznak, a törzsekre liánszerűen felkúszó komló, a szeder vendégmarasztaló tüskés indái, a csalán égető csípése, s nem utolsósorban a szúnyogok és bögölyök ellenállhatatlan hada méltán keltik egy kicsinyített trópusi esőerdő illúzióját.

A föld felett magasan elágazó égerfagyökerek éppúgy a gyökérlégzést szolgálják, mint a trópusi mangrovecserjéken. A pangó vízzel átitatott talaj oxigénben szegény, s a gyökérfulladás veszélye itt is fennáll. A lábak magassága elárulja, hogy az erdőkben általában milyen magasan áll tavasszal a víz. A fák ilyenkor mint megannyi kis sziget emelkednek ki a láp tengeréből, s a lábakon találnak menedéket a páfrányok, sások és sok erdei virág. A fák közötti nyílt víztükörre pedig a sallangos levelein lebegő, törékeny békaliliom virágai vonnak leheletfinom rózsaszínű fátylat.

*

A hazai lápok túlnyomó része tápanyagban gazdag (*eutróf* vagy *disztróf* vizű), meszes vagy semleges talajú, ún. síkláp. Velük szemben megkülönböztetjük a

tápanyagban szegény (*oligotróf* vizű) és savanyú talajú dagadólápokat, amelyek tőzegmohákban gazdagok. Ez utóbbiak hűvösebb éghajlatú tájakon alakulnak ki; róluk később lesz szó. (A régebbi földrajzi és mezőgazdasági szakirodalom ezt a két fogalmat a német *Niedermoor* és *Hochmoor* nyomán nem túl szellemes magyarítással állápnak és fellápnak nevezte.)

Ha végigtekintünk a hazai lápokon, hamarosan felismerjük, hogy csak a Dunántúl és az Alföld közepének fiatalabb lápjait övezik a mézgás éger és a magyar kőris láperdei. A Nyírség ősibb lápjain helyettük a fehér törzsű molyhos nyír és a sötét lombú babérfűz alkotják a láperdőket. Mindkét faj a jégkorszakok hírmondója az Alföldön.



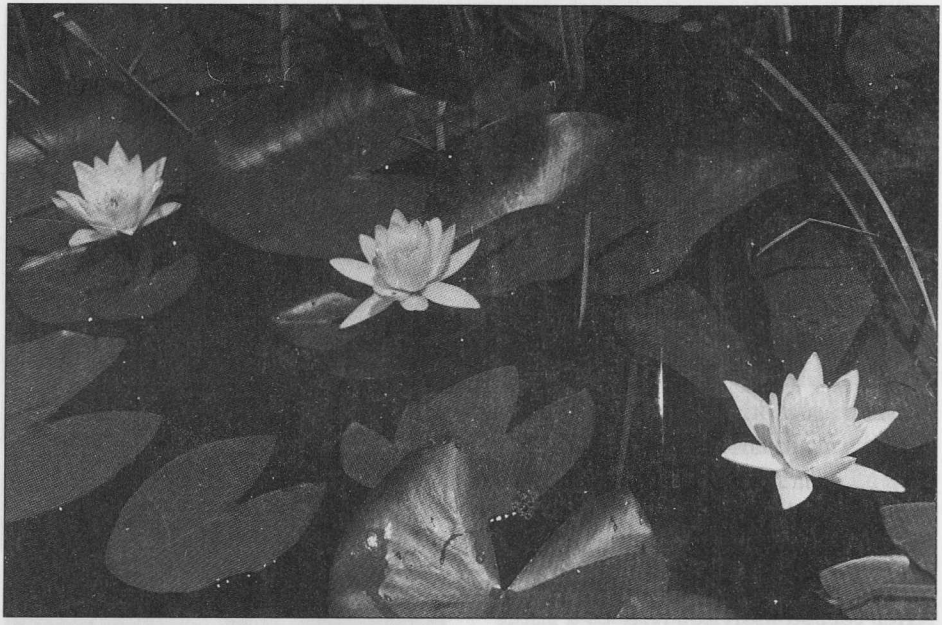
30. kép Fűzláp a Baláta-tó Természetvédelmi Területén



31. kép Égerláp a Darányi Nagyberekben

Ezek a virágokban gazdag, ősi lápok nemcsak szépségükkel és csendjükkel vonzóak, hanem történetükkel, sorsukkal is, hiszen valamennyi a természet egy-egy történelemkönyve. A tőzegrétegekbe zárt virágporszemek tízezer évek történetét rejtik magukban, a lápokon rejtőző ritka növényfajok pedig – mint egykor a szibériai hamuvirág, a tőzegeper, a zergeboglár és a lápi nádtippan – ma is élő tanúi Bátorligeten azoknak a 15-20 ezer év előtti időknek, amikor még gleccserek borították a Kárpátokat és sarkvidéki erdőstundra élt az Alföldön.

Hazánk történelmének lapjaira is be sokszor feliratkoztak e lápok! Hány vár és földsánc lett bevehetetlenné általuk! Szigetvárt az Almás-patak mocsarai tették megközelíthetetlenné, a Nádasdyak ősi fészke, Sárvár pedig a Rába kiöntései által lett megvívhatatlan erődítmény. A tatárjárás és a törökdúlás alatt, majd a Rákóczi-felkelés és az 1848-as szabadságharc után is hány száz és ezer ember számára nyújtottak menedéket e hatalmas lápterületek! *Jókai* például a Hortobágy mocsárvilágában rejtőzködött, míg felesége, *Laborfalvy Róza* megszerezte



32. kép Tündérrózsa, vagy fehér tavi rózsa *(Nymphaea alba)* állóvizeink és holtágaink legszebb hínárnövénye



33. kép: Leggyakoribb lebegő nagyhínárunk a békatutaj *(Hydrocharis morsus-ranae)*

számára Komárom várában az amnesztialevelet. A Hortobágy akkor még nem az az ázsiai sivatagokra emlékeztető végtelen szikes puszta volt, mint ma, hanem óriási lápvilág, a pákászok* hazája, akik úgy ismerték a süppedő ingoványokat és a nádrengetegbe vágott sikátorok útvesztőjét, mint a saját tenyerüket. Otthon voltak a lápokon, teljes biztonságban, éppúgy, mint a kivájt fatörzsön csónakázó bodonhajósok a Kis-Balaton és a Nagy-berek egykori mocsárvilágában.

Az embernél magasabb nádvadon úgy borult össze a nesztelenül sikló csónak fölött, mint egy csúcsíves boltozat. A mélyebb vizű tisztásokon a vízimadarak serege nyüzsgött; kacsák, vadludak gágogtak, a bölömbika hangja búgott, vöcskök és szárcsák nesztelenül buktak a sima víztükör alá zsákmányukért, hogy újra meg újra felbukkanva hátukra szedjék kétségbeesetten sipogó kicsinyeiket. Alkonyatkor, mikor a lemenő Nap bíbortükörré varázsolta a láp vizét, megszólalt a békák kórusa, a szürke gém és a hófehér nemes kócsag pedig hangtalan repüléssel tért meg fészkére... Szépséges mocsári virágok rétet varázsoltak a víz fölé... Sárga tavirózsák és a tündérfátyol aranyló virágai lebegtek a víz színén, amott a nyílfű hegyes levelei meredtek égnek, s köztük kedves virágok: a virágkáka rózsás ernyői, a hídőr laza bugái. A métely kóró valóságos csalitokba tömörült. A víz alatt a csillárkák gyepje narancsvörös antheridiumokkal, s az alámerült hínárok szövedéke ringott, mint elvarázsolt virágoskert egy üveggömb belsejében... A nádas között szigetek, s a hozzáférhetetlen kikötőjű szigeteken régi halászkunyhók bújtak meg a füzesek és égerfaerdők mélyén. A nagyobb szigeteken a buja zöld takaró alatt egy-egy falu romjai pihentek, amelyek évtizedeken át adtak hajlékot az idemenekült szegénynépnek.

Az egykori regényes lápvilág felett azóta eljárt az idő. A folyószabályozások és csatornázások következtében a valaha virágzó lápvidékek egymás után száradtak ki és pusztultak el. Az egykor hatalmas kiterjedésű vadvízország szerény emléke már csupán néhány nehezen védett folton él, amelyeket ma is nap nap után meg kell védenünk az emberi kapzsiság és értetlenség ellen.

Az eltűnt délibáb nyomában

„Mit nekem te zordon Kárpátoknak
Fenyvesekkel vadregényes tája!
Tán csodállak, ámde nem szeretlek,
S képzetem hegyvölgyedet nem járja.

Lenn az Alföld tengersík vidékin,
Ott vagyok honn, ott az én világom;
Börtönéből szabadult sas lelkem,
Ha a rónák végtelenjét látom ..."

* A mocsárvidéken halászattal, vadászattal, madarászattal foglalkozó emberek neve.

A természetjáró, természetszerető ember megütközve és értetlenül állhat meg *Petőfi* e híres sorai előtt. Hogyan, hát a sodró érzelmű, tüzes szavú költőt ennyire hidegen hagyta volna a lenyűgöző, romantikus hegyi táj látványa? Aligha képzelhető el, hogy a természeti képeket verseiben annyiszor és oly nagy érzékkel alkalmazó költő éppen a természet esztétikájával állt volna hadilábon. Sokan úgy vélik, hogy e versnek kizárólag allegorikus értelme van, és Petőfinél az alföldi táj ez esetben szimbólum: a szabadság szimbóluma. Ez a magyarázat azonban erőltetett. Petőfi valóban az alföldi tájat szerette; erről tanúskodnak nagyszerű tájleíró versei: „A Tiszánál", „A kutyakaparó", „A puszta télen". Azt is gondolhatnánk, hogy Petőfi nem szeretett kirándulni és hegyet mászni. Ez ugyan meglehet, de kényelemszeretetből még senki sem lett alföldimádó.

Az igazságot valahol másutt kell keresnünk. Talán abban, hogy a száz év előtti Alföld nagy csillogó víztükreivel, susogó nádasaival, hangulatos ligeteivel, sötét erdőivel, virágos rétjeivel és pusztáival olyan eredeti szépségű táj kellett hogy legyen, amilyet mi már a mai Alföld ismeretében el sem tudunk képzelni. Erről győzött meg *Kerner Antal*nak, az egykori pesti középiskolai tanárnak, a botanika későbbi világhírű bécsi professzorának a könyve. A *Das Pflanzenleben der Donauländer* előszavában azzal a forró lelkesedéssel és egy tudóstól szokatlan költői szárnyalással ír az Alföld táji szépségeiről, egyedülálló hangulatáról, amely a Petőfiével teljesen rokon. A táj varázsa éppúgy megihlette a külföldi tudóst, mint a leghonibb költőt.

Pedig akkor már századok óta pusztult, szegényedett ez az alföldi táj.

Már a történelem előtti idők őslakói, a kelták és szarmaták is irtották erdőit. A római birodalom hanyatlása után a népvándorlás hullámaival átzúduló nomád pásztornépek: a hunok, avarok, gepidák már az 5. században kiterjesztették a pusztákat, amint arról *Priszkosz* rétor is megemlékezik. A földművelő szlávok, majd a magyarság letelepedése után a rendezett mezőgazdaság továbbra is az erdők rovására terjeszkedett. Ebben méltó „segítőtárs" volt a honvédelem, s így a várhegyek és szőlőhegyek egyformán erdőtlenek lettek. A szénégetés, a bányák faigénye, a palánkerősségek építése rengeteg fát emésztett fel. A puszta igazi nagy térfoglalása a 16. és 17. század törökvilága alatt következett be. A török kiűzése után azonban az ismét fellendülő mezőgazdasági kultúra megakadályozta az erdők természetes regenerációját, sőt újabb erdőségeket termelt ki. És mégis, alig több mint száz évvel ezelőtt költő és tudós egyazon elragadtatással járta e tájat. Mert a nagy változások kora még csak ezután következett.

A múlt században az évszázados elmaradottság, az európai viszonyokhoz méltatlan hazai körülmények átérzése lett úrrá a társadalmon, s mindez egy hihetetlen mértékű földéhséggel párosult. A felszabadult jobbágyok földet, a földesurak újabb termőterületeket akartak. Óriási erőfeszítésekkel rendezték a folyók medrét, lecsapolták a mocsarakat, töltéseket emeltek és csatornákat építettek, s a földbirtokosok jó előre azt számítgatták, hogy a kiszáradó láp-

területeken hány mázsával több búzát termelnek majd az elkövetkezendőkben.

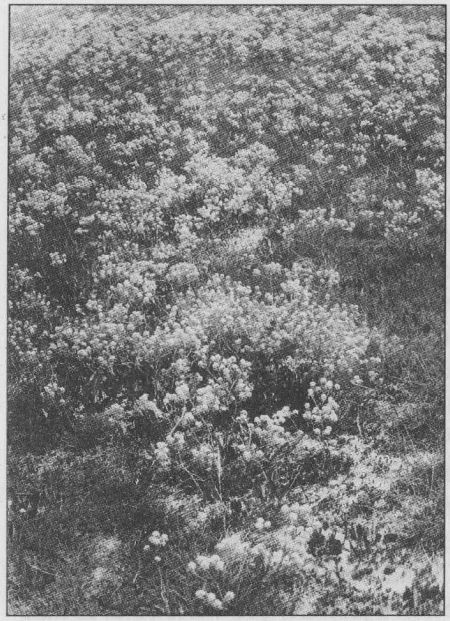
A meggondolatlan civilizálási törekvések nemcsak az ország számtalan természeti kincsét tették tönkre, hanem végeredményben a mezőgazdaságnak is kárára váltak. Rendkívüli szerencsének mondhatjuk, hogy azt a lecsapolási tervet, amely a Balaton vizét vezette volna a Drávába, az akkori szakminisztérium túlságosan költségesnek(!) találta, pedig a terv készítője azt is pontosan kiszámította, hogy e munkálatok révén mennyivel több búzatermő területhez és mekkora terméstöbblethez jutna az ország. A természet törvényeit semmibe vevő, rövidlátó intézkedések nyomán a lecsapolások valósággal elvízteleníttették az Alföldet, és egy kultúrpusztaságot teremtettek helyette. Az Alföld egykori erdőkkel, lápokkal, pusztákkal tarkított vidékének természeti szépségei éppúgy eltűntek a civilizáció előrenyomulása folytán, mint a délibáb által égre varázsolt gémeskutas tanya képe, amikor a felforrósodott mozdulatlan légtömegeket szertefútta a feltámadó pusztai szél.

Ne értse félre az olvasó, nem a magyar puszta halász- és betyárromantikáját sírja vissza egy, a 20. századba tévedt romantikus lélek. Nem is egy maradi természetbúvár panaszolja, hogy elrontották a játékát. Szó sincs róla. A kalászokat ringató földekért, a gyümölcsökkel mosolygó kertekért és a fürtöktől roskadozó szőlőkért semmilyen erőfeszítés nem sok, nem hiábavaló. De tudomásul kell vennünk, hogy a helytelen intézkedések következtében leromlott és terméketlenné vált területek meliorációja, a még meglevő természetes tájak védelme és helyes felhasználása világméretű biológiai probléma, amelyben nagyon sok tennivaló hárul ránk. A kiszárított lápoknak sajnos csak kis hányada lett valóban jó termőföld. Mellette százezer holdak váltak terméketlen szikesekké, amelyeken félsivatagi növényzet tengődik, s a kivirágzó sótól kopár talajok világítanak a messzeségbe.

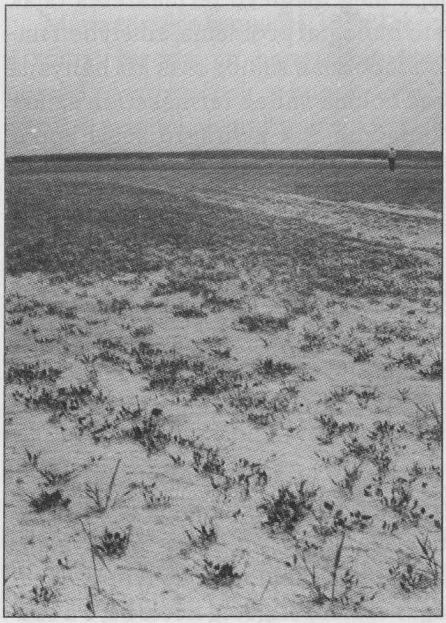
*

Ma már nem vitás, hogy a lecsapolásokat túlméretezték. Hogy milyen irdatlan víztömegeket vezettek el, arra számos példát említhetünk. Az ócsai Nagyerdő szélén, ahol 40 éve még két-három méteres víz állt, és csónakon közlekedett a turjánvidék lakossága és 4 m vastag tőzegréteget bányásztak, ma száraz lábbal járhatunk egész éven át.

Az ötvenes évek végén a Hanságban jártam, az óriási kapuvári égeresben Királytó-major mellett, a fekete ribiszke egyetlen hazai termőhelyén. Az égerfák embermagasságú lábakon álltak, annak bizonyságául, hogy a víz valaha ilyen magas volt. Most viszont, nyár derekán másfél-két méter mélyre süllyedt a talajvíz szintje, az erdőt három méter magas csalánrengeteg nőtte be, s a szúnyogok elviselhetetlen tömegben támadtak a dzsungelszerű sűrűségben törtető emberre. Ezért a változásért azonban kárpótol a lápterület szélein nyert



34. kép Sziki zsázsás szikes puszták Kunszentmiklós mellett, nyár elején



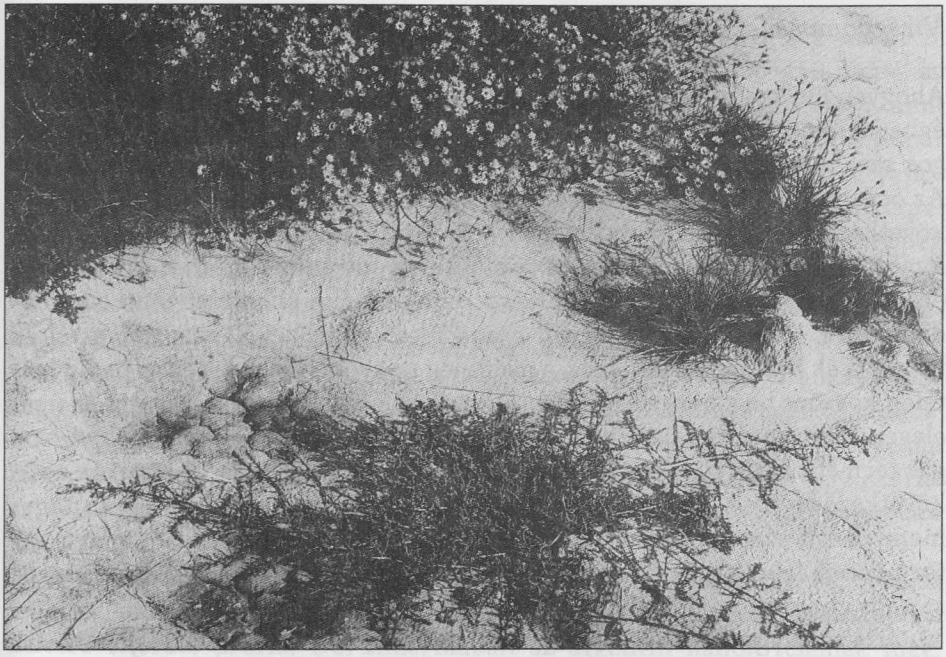
35. kép Ugyanott, nyár végén

sok tízezer hold termőföld, mert itt a lecsapolást már helyesen méretezték, és nem történt túlzott kiszárítás.

Ezzel szemben szomorú élmény végigjárni a Tiszántúl, a Hortobágy és a Duna-vidék szikes pusztáit, ahol a sókedvelő bárányparéj, a sóballa, a sziksófű, a sziksaláta, a sziki üröm és a sziki őszirózsa éppoly otthonosan érzik magukat, mint a tengerpart sós fövényén vagy a kazah és kirgiz félsivatagokban.

Hogyan is történt mindez? A folyamatot ma már nem nehéz rekonstruálni, akkor azonban nem gondoltak erre a lehetőségre. A lecsapolások után kétféle folyamat zajlott le. A kiszáradt lápok tőzegébe levegő hatolt be, s az oxidáció során laza, porszerű tőzegföld keletkezett, amelyet elfújt a szél. Más helyeken a heves oxidáció következtében meggyulladt a felhalmozódott hatalmas szervesanyag-mennyiség, ami után csak tápanyagban szegény, termelésre alkalmatlan, nehéz agyag maradt vissza a láp helyén.

Az ártéri területek talajaiban viszont szikesedési folyamat játszódott le. A száraz, meleg alföldi nyár ugyanis a növényeket és talajokat egyaránt nagyfokú párologtatásra készteti. Ez a párologtatás a talajban egy felfelé irányuló vízmozgást eredményez, aminek következtében a talajvízben oldott sók is felfelé vándorolnak, s a víz elpárolgása után kicsapódnak a felszínen és a talaj felső rétegeiben. Miután az ártéri talajok nátriumsókban gazdagok, itt elsősorban szódás és sós puszták keletkeztek. A sófelhalmozással párhuza-



36. kép Sziki őszirózsa, mézpázsit és bárányparéj a vakszik foltokon

mosan pedig nőtt a talaj kötöttsége, vízszívó, illetve vízvisszatartó ereje, és az eredeti növényzetet fokozatosan a nagyobb szívóerejű, sótűrő és sókedvelő növények váltották fel.

Az Alföld mai mezőgazdájának legfőbb gondja, hogy e területeket valamilyen módon újra termékennyé tegye. Az eltűnt délibáb után hiába futunk már, de legalább fussunk a pénzünk után! Helyrehozni a helyrehozhatót, csak az első lépést jelenti. Ahonnan száz éve, ötven éve milliókért vezettük el a vizet, most a századrészét visszük vissza milliárdokért; halastavakat és rizsföldeket létesítünk, hogy életet, gazdagságot teremthessünk a pusztaságban. A szikesek termővé tétele: ez a mi Asszuáni-gátunk! Ma már nem búzaföldről álmodozunk; – tudjuk, hogy a szikesek hasznosításának más a módja. A szarvasi kísérleti telep rizs–hal–kacsa váltógazdasága – úgy tűnik – rátalált egy helyes útra. Bizonyára van több is. Keresni kell!

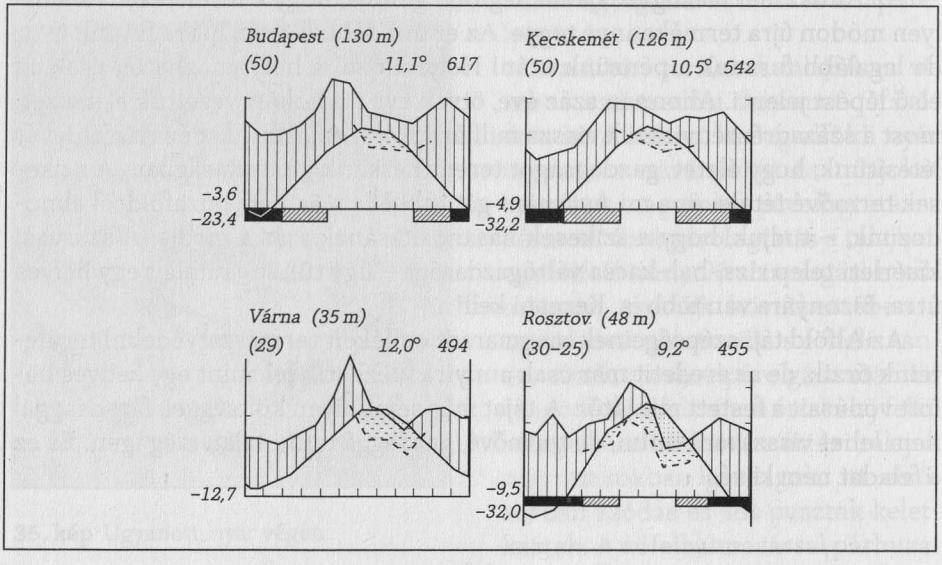
Az Alföld táji szépségeinek megmaradt emlékeit természetvédelmi területeink őrzik, de az eredetit már csak annyira idézhetik fel, mint egy kedves halott vonásait a festett miniatűr. A tájat már semmilyen költséggel, fáradsággal nem lehet visszavarázsolni, de termővé, gazdaggá tenni talán még igen. És ez a feladat nem kevés!

Ahogyan Európa belsejében kelet felé haladunk, egyre szélsőségesebb lesz az éghajlat. Hosszú, hideg telekre rövidebb, forró nyarak következnek, s a virágos tavasz és a hangulatos ősz mindössze egy-egy hónapnyira zsugorodik. Az óceán felöl érkező atlantikus ciklonok hatása érezhetően gyengül, és ennek következtében a klíma fokozatosan szárazabb lesz. Ezzel párhuzamosan a lombhullató mérsékelt övi erdők öve elkeskenyedik, végül eltűnik, és a fenyves erdők összetalálkoznak a fátlan füvespusztákkal. Egy pillantást vetve a klímadiagramra, láthatjuk, hogy az évi csapadék kevesebb 500 mm-nél, a tél és tavasz csak kevéssé csapadékos, a nyár eleji nagyobb esőzések után pedig hirtelen köszönt be a nagy szárazság. A kevés eső erdők kialakulására már nem elegendő, viszont annál szebb virágos rétségeket találunk ezen a tájon. A magas termetű évelő füvek föld feletti része elpusztul a száraz nyárban és a rákövetkező fagyos télen, csak a tőlevelek telelnek át. Az évről évre elhaló nagymennyiségű szerves anyag lebomlása során humuszban gazdag, igen nagy termőerejű feketeföldek, ún. *csernozjom* talajok keletkeznek, amelyek ideálisak egy virágzó földművelés kialakítására.

Oroszország déli és Ukrajna északi részén, ahol ez a csernozjomövezet Európában a legnagyobb területen alakult ki, északnyugatról délkeletnek ha-

23. ábra

Az erdőssztyepp-öv éghajlata Magyarországon (Budapest és Kecskemét), továbbá a sztyeppvidékek éghajlata Bulgáriában (Várna) és Oroszországban (Rosztov)



ladva 4 növényzeti övet különböztethetünk meg. Kijev és Poltava vonalától északra, ahol a csapadék mennyisége meghaladja az évi 400-450 mm-t, az erdőknek és füvespusztáknak hangulatos mozaikja uralkodik a tájon, amit erdőspusztának vagy erdőssztyeppnek nevezünk. Innen délre az erdők már csak a talajvíz segítségével életképesek, és így a virágos, magasfüvű sztyepprétek válnak uralkodóvá. Délebbre, a Fekete-tenger vidékén, ahol az évi csapadék mindössze 300-400 mm, alacsony füvekből álló, ún. törpefüvű sztyeppek alkotják a vegetációt. Itt a növénytakaró már kevesebb szerves anyagot termel, és ennek megfelelően humuszban szegényebb gesztenyebarna talajokat találunk. Szálerdő csak a folyók partját kíséri, s a cserjések is az északi lejtőkre szorulnak. A gyér gyepborítás miatt nagy szerephez jut az erózió, amelyet elősegít az intenzív legeltetés, és gyakran suvadásokat, földcsuszamlásokat okoz. Kevesebb csapadék mellett, az Azovi-tenger és a Kaszpi-tenger környékén már csak ürömsztyeppek alakulnak ki, világos gesztenyebarna vagy szürke színű talajokon, s ezek a gyepek már tulajdonképpen a félsivatagi vegetációt képviselik.

A füvespuszták övét természetesen más kontinensek mérsékelt övén is megtaláljuk. A magasfüvű sztyeppeknek Észak-Amerikában a Mississippitől keletre elterülő prérik, Dél-Amerikában az argentin llanók felelnek meg. A törpefüvű sztyeppeket az Újvilágban a Mississippitől nyugatra fekvő *Great Plains* legelői és az argentínai pampák képviselik.

*

A gyepeket évelő pázsitfüvek alkotják, amelyek a nyári szárazság elviselésére rendezkedtek be. Leveleik, száruk szilárdító szövetekben gazdag, amelyek vízhiány esetén is kifeszítve tartják a növényi testet. Ez a jelenség a *szklerofillia,* amely mellé a legtöbb esetben párolgáscsökkentés is járul, mégpedig oly módon, hogy a lapos levéllemez henger alakúvá göngyölődik össze, s a légcserenyílások eredeti helyükről, a levél fonákjáról annak összehajló színére vándorolnak át – pontosabban ott fejlődnek ki –, ahol a száraz levegő szívó hatása ellen jobban védettek. Ilyen berendezkedést találunk a csenkeszfajok (*Festuca*) nagy részén és az árvalányhaj-fajokon, amelyek közül egyesek a magasfüvű sztyepprétek uralkodnak, mint a nálunk is közönséges pusztai és keskenylevelű árvalányhaj, a *Stipa pennata* és a *S. tirsa*, mások viszont a törpefüvű pusztákon elterjedtek, mint a *Stipa lessingiana, S. ucrainica* és *S. rubens.*

A sztyepprétek arról nevezetesek, hogy a talaj rendkívül nagy tápanyagtartalma következtében a növényfajok itt élnek a legnagyobb sűrűségben. Kimutatták, hogy 1 m^2-nyi területen 80-100 különböző virágos növényfaj zsúfolódik össze, és mégis valamennyi megtalálja életfeltételeit. Igaz viszont, hogy az évelő növények egy része csak rövid ideig vesz részt a növénytakaró életében. Itt is találunk olyan növényeket, amelyek a sivatagi efemerekhez hasonlóan



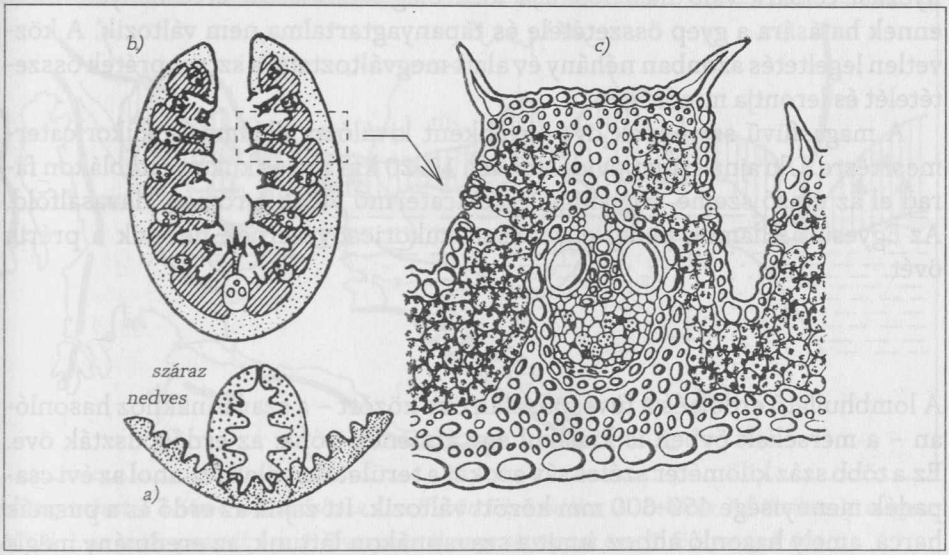
37. kép Árvalányhajas homoki rét és pusztai tölgyes Pusztavacson

csak igen rövid ideig láthatók. Ezek azonban nem mind egyévesek, mint sivatagi sorstársaik, hanem évelők, és a nyári szárazság után még a téli hideget is átalusszák, hagyma, gumó vagy gyöktörzs alakjában, mélyen a földbe rejtőzve. A talajban telelő geofitonok nagy sokasága tavasszal különleges szépségűvé varázsolja a sztyeppéket. Az egyhajúvirág lilásrózsaszínű kelyhei, a jácintok fehér és kék csengettyűi, a rengeteg hagymafaj fehér, sárga, rózsaszínű és bíbor fejecskéi, a nőszirmok liláskékje és a különböző tulipánok pompázatos látványt nyújtanak. A tulipán ugyanis nem véletlenül lett a magyar népművészet egyik vezérmotívuma, és nem a holland tulipántermesztők sikere nyomán vonult díszítőelemként a magyar parasztbútorokra, hímzésekre és székelykapukra. Igaz, hogy mai kicsiny országterületünkön nem nő vadon egyetlen tulipánfaj sem, és a legközelebbi, a magyar tulipán (*Tulipa hungarica*) is a Kazánszoros sziklafalain, a haragosan dübörgő Duna felett a magasban nyitja nagy sárga virágait. De a magyarság őshazájában, az Ural keleti lejtőin 5 különböző tulipánfaj él, s tovább keletre, Belső-Ázsia hegységeiben, a Pamír, Altáj és Tien-San rétjein több mint félszáz tulipánfaj virágzik tavaszonként, piros, fehér, és sárga színnel borítva az ébredő zöld mezőket. Az itt lakó népek művészetében éppoly kedvelt elem a tulipán, mint nálunk, ahol nem a tágas réteken virít, mint az őshazában, hanem csak a kertekben, ültetve.

A sztyeppréteken persze nemcsak a hagymás tavaszi növények virágai szépek. Tavasz derekára összefüggő liláskék virágszőnyeg lesz a gyep a pusztai

24. ábra

Egy sztyepplakó árvalányhajfaj levelének szerkezete mint a szárazságtűrő füvek példája



a = összegöngyölődő és kiterülő levéllemez száraz, illetve nedves idő esetén, b = a levél szöveti felépítése keresztmetszetben (a kutikula fekete, a szilárdítószövet pontozott, az asszimiláló szövet ferdén vonalkázott), c = a b ábra egy részlete kinagyítva, közepén a szállítószöveti edénynyalábbal, tőle jobbra és balra a levél védett, belső felületén elhelyezkedő gázcserenyílások.

kökörcsintől, majd hófehérbe borul az erdei szellőrózsa virágaitól, mintha kései hó borítaná. Nyár elején a magyar nőszirom kék virágai uralkodnak, majd a lila zsályák és a hangyabogáncs bíborszínű fészkei emelkednek ki az árvalányhaj ezüstösen ringó tengeréből. Nyár közepére a perzselő szárazság rövid idő alatt sárgásbarnára szikkasztja a gyepet, s a virágok eltűnnek. Csak az őszi esők hatására zöldül ki ismét kis időre, majd zúzmarával és hóval lepi be a tél.

*

A tápanyagban gazdag csernozjom talajok sztyepprétjei nemcsak szép virágokban, hanem értékes mezőgazdasági növényekben is bővelkednek. A magas gyepalkotó pázsitfüvek közül mennyiségben és minőségben is elsőrendű takarmányt ad a parti és az árva rozsnok (*Bromus riparius* és *B. inermis*), a pusztai tippan (*Agrostis syreitschikovi*) és a keleti csenkesz (*Festuca orientalis*). A gyep takarmányértékét külön is emelik a fehérjében gazdag pillangósok, amelyek igen sok fajjal szerepelnek itt, mint például a sárga mezei here (*Trifolium campestre*), a vörös és a fehér here (*T. pratense* és *T. repens*), a

fehér virágú hegyi és a piros virágú bérci here (*T. montanum* és *T. alpestre*), továbbá számos csűdfű (*Astragalus*), baltacim (*Onobrychis*) és vadon termő lucernafajok (*Medicago prostrata* és *M. romanica*). A sztyepprétek takarmányozási célokra való hasznosítása kizárólag kaszálással eredményes, mert ennek hatására a gyep összetétele és tápanyagtartalma nem változik. A közvetlen legeltetés azonban néhány év alatt megváltoztatja a sztyepprétek összetételét és lerontja minőségét.

A magasfüvű sztyeppek öve egyébként kiválóan alkalmas a kukoricatermesztésre. Ukrajna sztyeppvidékein ma 10-20 km széles kukoricatáblákon fárad el az utazó szeme. Ugyanígy kukoricatermő vidék a román Havasalföld. Az Egyesült Államok pedig egyenesen kukoricaövezetnek nevezik a prérik övét.

*

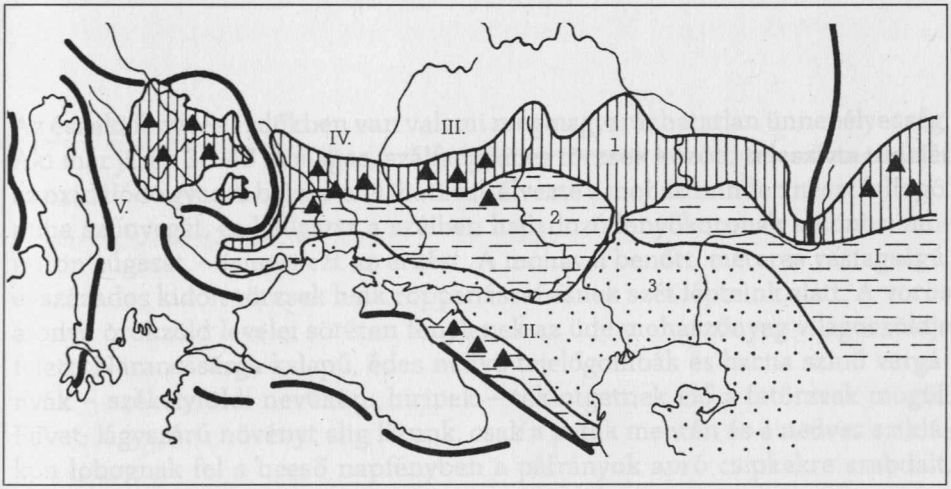
A lombhullató erdők és a füvespuszták öve között – a szavannákhoz hasonlóan – a mérsékelt övben is kialakul egy átmeneti zóna: az erdőspuszták öve. Ez a több száz kilométer széles sáv azokat a területeket öleli fel, ahol az évi csapadék mennyisége 450-600 mm között változik. Itt zajlik az erdő és a puszták harca, amely hasonló ahhoz, amit a szavannákon láttunk, az eredmény mégis más. A parkerdőket, a fáknak szinte mértani pontosságú hálózatát az erdőssztyepp övben hiába keressük. A pontszerű mozaik helyett itt a nagy kiterjedésű erdők és a hatalmas füvespuszták nagyléptékű mozaikját találjuk. A szárazabb dombhátakon, kötöttebb márgás, agyagos lösztalajokon, nedvesebb hajlatokban, mélyedésekben az erdők kerülnek előtérbe. Ebben az átmeneti jellegű szemiarid klímában a talaj minősége és a domborzat dönt az erdő és puszta párharcában. Így volt ez a magyar Alföldön is mindaddig, amíg ezt a párharcot végül az ember döntötte el, a puszta javára. Ez a növényzet, illetve éghajlat alakította ki az Alföld barna csernozjom talajait, amelyek ha humuszban nem is olyan gazdagok mint Ukrajna fekete földjei, de kialakulásuk, keresztmetszeti képük és termékenységük is hasonló.

Eredetileg ugyanis az Alföld is egy átmeneti jellegű erdőssztyepp táj, és ez az egyszerű növényföldrajzi tény döntő szerepet játszott abban, hogy őseink itt telepedtek le a Duna és Tisza partján, s hogy mi magyarok több mint ezer év nehéz történelmi küzdelmei után ma is itt élünk a Kárpátok medencéjében.

Lehet, hogy most úgy tűnik, a szerző túlértékeli szerény tudománya történelmi jelentőségét. Az igazság mégis az, hogy Európa népeinek elhelyezkedését döntő mértékben befolyásolta a növénytakaró. A történelem kutatói ma már egyre inkább azon a nézeten vannak, hogy a népvándorlásnak két nagy árama szelte át kontinensünket: az északi erdei nomádoké, ahová a kelta, gót és germán törzsek tartoztak, és az erdőssztyeppen élő nomádoké, ahová a hunok, avarok, gepidák, mi magyarok, s az utánunk jövő besenyők, kazárok,

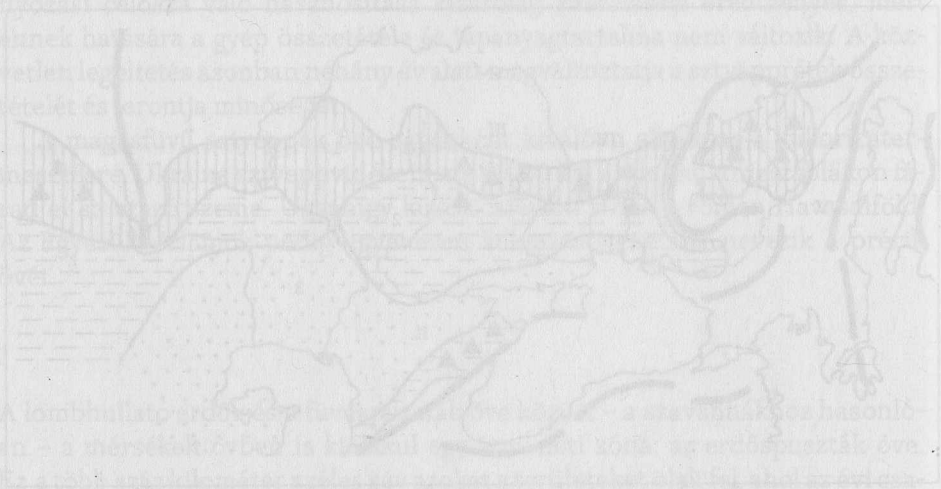
25. ábra

A magyarok vándorlásának útja az Ural keleti lejtőitől a Kárpát-medencéig



Jelmagyarázat: I. a Káma-vidéki őshaza, II. a Kubán folyó vidéke, III. Lebédia, IV. Etelköz, V. magyar Alföld. 1. az erdős-puszták öve, 2. füvespuszták vagy sztyeppek öve, 3. félsivatagok öve.

kunok tartoztak. Ha végigkísérjük a magyarok vándorlásának útvonalát az uráli őshazától a magyar Alföldig, azt láthatjuk, hogy ez az út szinte végig az erdőspuszták övében halad. Egy kivétellel valamennyi közbeeső településünk is ebbe az övbe esett, a Volga és Káma vidéke, Etelköz, Lebedia és a Kárpát-medence. Ez a vegetációs öv ugyanis a maga sajátos összetételével nyilvánvalóan kedvező körülményeket nyújtott a pásztorkodó nomádoknak, amennyiben a sztyepp jó legelőt, az erdő pedig védelmet biztosított. Hogy a magyarság végül is mai helyén telepedett le, és nem folytatta útját nyugat felé, annak oka valószínűleg nemcsak az erős nyugati államok ellenállása volt, hanem az is, hogy az Alföld az erdőspuszták övének legvégső határa, és tovább nyugat felé ilyen jellegű tájat már nem találtak őseink.



Fenyvesek birodalmában

Az északi fenyves erdőkben van valami megmagyarázhatatlan ünnepélyesség. Aki már járt a 30-40 m magas, szálfaegyenes törzsek között, teleszívta tüdejét az oxidálódó gyanta balzsamos illatával, élvezte a mohák minden neszt felfogó, puha szőnyegét, és hallgatta a szélben hajladozó fenyőkoronák különös, monoton zúgását, – ismeri ezt az érzést. A mohával benőtt, méteres vastagságú, évszázados kidőlt törzsek halk roppanással esnek szét lépteink alatt. A vörös áfonya örökzöld levelei sötéten fénylenek az üde mohaszőnyeg világoszöldje felett. Narancssárga kalapú, édes nedvű tejelőgombák és barna színű vargányák – székelyföldi nevükön: hiripek – tekintgetnek elő a fatörzsek mögül. Füvet, lágyszárú növényt alig látunk, csak a patak mentén és a nedves sziklákon lobognak fel a beeső napfényben a páfrányok apró csipkékre szabdalt, nagy levelei.

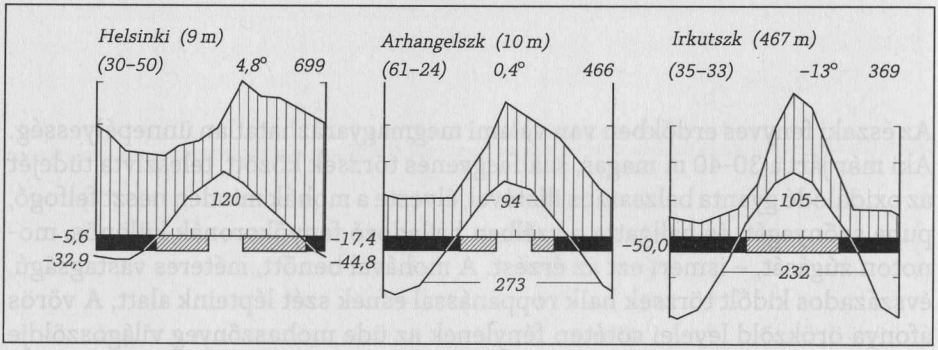
Ezek a gyönyörű fenyvesek az ún. hideg mérsékelt övi éghajlat alatt alakulnak ki, és az 50–60. szélességi fok között lesznek uralkodóvá, de a kontinensek belsejében magasan északra hatolva a sarkkört is átléphetik. A Földnek ez a legnagyobb kiterjedésű, leghatalmasabb vegetációs öve csak az északi félgömbön található meg, a déli hemiszférán nyoma sincs ennek a növényzeti zónának, mert ott ezeken a szélességeken mindenütt a végtelen tenger uralkodik.

A hideg mérsékelt éghajlat jellegzetessége, hogy a tél hosszantartó és hideg, a januári középhőmérséklet –10°C körül van, és nem ritkaság a –30, –40 fokos hideg sem. A nyár szinte átmenet nélkül köszönt be, a tavasz és az ősz néhány hétre rövidül, és a három-négy hónapig tartó nyár is hűvös, vagy legjobb esetben enyhének nevezhető. Esténként még nyáron is erősen lehűl a levegő, és még a legmelegebb nyári hónapokban is előfordulnak hajnali fagyok. A csapadék mennyisége általában kevesebb, mint hazánkban, évente mintegy 300-600 mm, mégis minden párás, nedves, mert az alacsony hőmérsékleten a növénytakaró keveset párologtat. Az erdők mohaszőnyege még a déli órákban is nedvesen csillog, az erdei tisztásokon mindenütt lápokat találunk, lépéseink nyomán víz buggyan fel, és a réteken a gyapjúsás ezüstös pamatait lengeti a nyári szél.

A meleg, száraz éghajlatú vidékekkel szemben, ahol a párolgás következtében a víz felfelé mozog a talajban és sófelhalmozódás történik, a fenyves erdők övében éppen ellentétes folyamat zajlik. Mivel a lehulló csapadék mennyisége jóval több annál, mint ami elpárolog, a víz lefelé mozog a talajban, miközben annak felső rétegeiből kimossa az oldható sókat, meszet, szerves anyagokat, s így a talaj tápanyagokban fokozatosan elszegényedik. A mész (kalciumionok)

26. ábra

A hideg mérsékelt övi fenyves erdők éghajlata Skandináviában (Helsinki), Északkelet-Európában (Archangelszk) és Szibériában (Irkutszk)



helyét mindenütt a hidrogénionok foglalják el a talajrészecskék felületén, amitől a talaj kémhatása savanyú lesz. Ezt a talajképződési folyamatot kilúgozódásnak, az így keletkezett szürke színű, savanyú és tápanyagszegény talajokat pedig podzolnak nevezik.

A kedvezőtlen körülmények szemmel láthatóan szelektív hatást gyakorolnak a növényvilágra. Kevés virágos növényfaj él ezekben az erdőkben, és az igénytelenebb fenyők mellett a mohák, gombák és zuzmók kerülnek előtérbe. A mostoha viszonyok között azonban még az igénytelenebb szervezetek sem mind életképesek önmagukban, hanem együttműködésre van szükségük. A nehéz sorsot elviselhetőbbé teszi az összefogás. Erre az igazságra a tudattalan növényeket éppúgy rákényszerítette az élet, mint az értelemmel rendelkező embert. A fenyves öv növényeinek legnagyobb része, hogy megélhetését biztosítsa, véd- és dacszövetségben, elemi kooperációban él. Ez az együttműködés különösen a fenyőfák gyökerei és bizonyos gombafajok sejtfonalai között jön létre, amelyet éppen ezért gyökérgomba-együttélésnek vagy mikorrhizának neveznek. A gomba megkönnyíti a fenyő számára a víz és a szervetlen sók felvételét, aminek ellenében szerves tápanyagokat kap vissza. A szimbiózisnak ezt a formáját már láttuk a trópusi, fánlakó orchideáknál, amelyek nem kevésbé sanyarú termőhelyi viszonyok között élnek.

A fenyves erdőkben azonban nemcsak ilyen együttműködések vannak, hanem komoly küzdelem is folyik a termőhely birtoklásáért. A cserje- és gyepszint fajszegénységét, gyér kialakulását a talaj tápanyagszegénységén és savanyúságán kívül ez a körülmény is erősen befolyásolja. A versengés itt a szokásos formákon túlmenően valóságos kémiai háború formájában zajlik, amennyiben a fenyők elöregedő és lehulló tűlevelei, a talajon igen lassú bomlási folyamaton átmenve, rendkívül savanyú nyershumuszt képeznek, másrészt olyan anyagokat szabadítanak fel, amelyek gátolják a legtöbb virágos

növény magjának csírázását. Csak néhány növénycsalád van, mint a körtikeés a hangafélék (*Pyrolaceae, Ericaceae*), amelyek számára ezek a viszonyok elviselhetők. Így elsősorban az áfonyák (*Vaccinium*), a lila virágú csarab (*Calluna vulgaris*), a virágtalan növények közül az apró pikkelylevelekkel borított korpafüvek (*Lycopodium*) jutnak uralomra a fenyvesek aljnövényzetében.

Egy erdő körülöleli a Földet

Tűlevelű fákat és erdőket a Föld legkülönbözőbb éghajlati övében találunk. Vannak szubtrópusi fenyőfélék, mint a szobafenyők (*Araucaria*) és a széles levelű *Podocarpus*ok, láttunk fenyves szavannákat Kubában, cédrusokat és ciprusokat a mediterránban. Ezek a fenyőfélék azonban nem alkotnak nagyobb kiterjedésű vegetációtípust vagy növényzeti övet, csupán egy-egy színfoltot valamely nagy vegetációs övön belül. A meleg égövi fenyvesek ugyanis mind ősi, maradványjellegű erdők, a jégkorszak előtti vagy még régebbi korokból, amikor a harmadkori babérlombú erdőkben még Európában is együtt éltek a tűlevelű fák az örökzöldekkel.



38. kép Az európai tajga; erdeifenyves lucos az Oulankai Nemzeti Parkban, Finnországban

A nagy északi fenyves öv földtörténeti szempontból fiatal erdő, amely a jégárak visszahúzódása után nyolc-tízezer évvel ezelőtt robbanásszerű gyorsasággal foglalta el a felszabaduló csupasz felületeket. Az egész boreális tájon uralkodó egységes klíma- és talajviszonyok, az egy időben való elterjedés és az északi kontinensek között egészen a jégkorszakok végéig fennálló összeköttetés folytán a hidegtűrő fenyveseknek ez a hatalmas öve, a tajga, az egész északi félgömbön nagyon hasonlóan alakult ki. Még a növényfajok nagy része is azonos Európa, Ázsia és Észak-Amerika szubarktikus fenyveseiben. Így kis túlzással azt mondhatjuk, hogy az északi sarkkör alatt egyetlen hatalmas erdő öleli körül a Földet. Hazánkban őshonos fenyves erdőket csak a Dunántúl nyugati részén találunk, ahová a keleti Alpokból ereszkednek alá. Kőszeg és Szentgotthárd környékén nagyon szép növekedésű jegenye-

fenyvesek borítják az északi lejtőket. Keletre már csak az erdeifenyő alkot részben elegyetlen, részben pedig tölggyel elegyes erdőket, amelyek moháikkal s a gyepszintben embermagasságúra növő saspáfránnyal (*Pteridium aquilinum*) igen hasonlóak a Szarmata-sík és a középnémet hegyvidék erdeihez.

Az európai fenyves erdőket főleg két fafaj alkotja: az európai luc és az erdeifenyő. A fenyvesek déli határán az erdeifenyő még a tölggyel elegyedik, mint Lengyelországban a Szarmata-síkon és nálunk a Nyugat-Dunántúlon. Skandináviában és tovább keletre azonban egész Észak-Európa egyetlen erdeifenyővel elegyes lucos, amelyet csak itt-ott szakítanak meg a laza állományú, fehér törzsű nyíresek hangulatos, napfényes ligetei. A növénytakaró óriási területeken szinte semmi változatosságot nem mutat, és mint ilyen, éles ellentétben áll a trópusi növényzettel, ahol a fajsűrűség oly nagy, hogy egy-két km-t kell haladni, míg ugyanazon faj újabb példányával találkozik az ember. Itt 10 kilométereket kell utazni ahhoz, hogy egy újabb fajjal találkozzunk.

Helyes tehát, ha a nagy távolságok miatt repülőre ülünk. Beszállunk egy Irkutszkba induló óriásgépbe, és irány Szibéria. Beszíjazzuk magunkat, majd a dübörgő motorzaj fülsiketítővé fokozódik, a hatalmas alumíniumtest nekilendül, és már emelkedünk is meredeken felfelé. Sűrű felhőrengetegen fúrjuk át magunkat, s máris nagyszerű látványban gyönyörködhetünk: az ónos szürke földi táj után kék égben, szikrázó napsütésben. Közben elérjük a 10 000 m-es utazómagasságot, és élvezzük az alattunk elterülő végtelen habos felhőtengert. A néhol szakadozott felhőtakarón át időnként felsötétlik a tajga kékeszöldje, feltűnnek az Ural széles, lapos gerincei. Ezen a vidéken figyelhető meg a fenyők őrségváltása. Az európai lucot (*Picea abies*), jegenyefenyőt (*Abies alba*) és a vörösfenyőt (*Larix decidua*) felváltja a szibériai luc (*Picea obovata*), a szibériai jegenyefenyő (*Abies sibirica*) és a szibériai vörösfenyő (*Larix sibirica*). Csak az erdeifenyő és a nyírek kísérik továbbra is hűségesen a végtelennek tűnő tajgát a messze Szibérián keresztül.

Közben az esti égen csodálatos színek váltják egymást. A látóhatáron az ég zöldes, majd kékbe megy át, felfelé egyre sötétül, fejünk felett lilás. Bár 9000 m-en vagyunk, még felettünk is van egy fátyolszerű felhőréteg, melyre barnás színű foltokat festenek a leszálló alkony árnyai. A felhők előbb rózsaszínűre, majd szürkésre változnak, és csak a távolban izzó bíborszínű felhősáv és a gép szárnyán csillanó fény jelzi a naplementét. Közben a Nap sötétvörös gömbje lassan belemerül a szürkületbe, és láthatóvá válnak a felszikrázó csillagok.

*

Hajnalban Irkutszkban landol a gép, és megismerkedhetünk a közép-szibériai tajgával. Itt a szibériai vörösfenyő és az erdeifenyő alkotja az erdőket, de arányuk változó. Dél felé haladva az erdei fenyő jut uralomra, és tisztásain megjelenik a belső-ázsiai puszták árvalányhaja (*Stipa pennata*), a macskahere

(*Phlomis tuberosa*), a csattogó szamóca (*Fragaria viridis*), melyek az eurázsiai sztyeppöv sok ezer kilométerén át a magyar Alföldig is eljutnak.

A nedves réteken az embermagasságot jóval meghaladó dudvásszárú ernyősvirágzatúak: *Heracleum*ok, *Angelica*k különös társaságát találjuk, amelyek a szibériai táj másutt nem található magaskórós növényzeti típusát alkotják. Észak felé, ahol az éghajlat egyre zordabb és az altalaj egész éven át fagyott, a sekélyen gyökerező és télen lombhullató vörösfenyő szinte versenytárs nélkül dacol a mostoha körülményekkel. Aljnövényzetében az ismerős fajok egész serege fogad: a közönséges boróka, a fekete és vörös áfonya és az ibolyás kökörcsin (*Pulsatilla patens*). A nedvesebb hajlatokban a korpafüvek lépnek fel tömegesen, s közöttük szerényen húzódik meg a Linné-virág (*Linnaea borealis*) párosan bókoló, rózsaszínnel erezett, bájos fehér virágaival. Ez a virág előfordul a Tátrában csakúgy, mint a *Chrysanthemum zawadskii*, ez a szép margaréta, míg a tisztásokon a molyűző (*Ledum palustre*) erős illatú, nagy fehér virágai integetnek.

A síksági vörösfenyves tajgákkal szemben a hegyoldalakon a szibériai luc- és jegenyefenyők alkotta hegyi tajgák sötétlenek, amelyekben a szibériai cirbolyafenyő (*Pinus sibirica*) is megjelenik. Cserjeszintjükben gyönyörűen virágzik tavasszal az aranysárga szirmú *Rhododendron aureum*. Itt a mohaszint egyre sűrűbb és vastagabb, bokán felül süppedünk bele, az erdő pedig helyenként feltűnően ritkul. Furcsa küzdelem szemtanúi vagyunk: Dávid és Góliát, a néhány cm nagyságú mohák, és a 20-30 m-es fenyőfák gyürkőznek egymással.

Normális körülmények között, nem túl nedves éghajlat alatt, általában a mohák életét az erdőalkotó fák teszik lehetővé azáltal, hogy árnyékolásukkal nedves, párás termőhelyet biztosítanak számukra. Ilyenkor a talajt borító mohatakaró a fák számára is kedvező, mert a csapadék egy részét tárolja, és megakadályozza a talaj kiszáradását. A hideg, boreális klímában azonban a mohák már nincsenek ráutalva az erdei fák védelmére, és a puha zöld szőnyeget alkotó, mikroszkopikus nagyságú „erdő" egyszerre egyenrangú ellenfele lesz a sudár fenyőóriásoknak. A nedves, savanyú talajon ugyanis a mohák akár fél méter vastagságban is beborítják a talajt, és magukat vízzel teleszívva, elláposítják azt. Ez a fák számára rendkívül megnehezíti a gyökérlégzést. Nehezebbé válik egyúttal a fák felújulása is, mert a vastag mohatakarón keresztül a csírázó lucfenyő- és jegenyefenyő-magok nem képesek a talajt elérni. Egyedül a cirbolyafenyő versenyképes, mert ennek magvait a madarak eleségként összegyűjtik és a moha alatt raktározzák el, ahol sikeresen kicsírázhatnak. A küzdelem így döntetlenre áll, de egy-egy természeti esemény döntően befolyásolhatja a kimenetelét. Ilyen esemény, ha vihar alkalmával széltörés vagy tűz következtében a fák elpusztulnak. A megmaradó növényzet a fölös vízmennyiséget nem képes elpárologtatni, s a terület elláposodik; teljessé válik a mohák uralma.

Érthető tehát, hogy a szibériai táj képében jelentős szerepet játszanak a lápok, amelyek különösen a völgyekben, patakok mentén találhatók nagy ki-

terjedésben. Kis lápszem szélén zsombékos vegetáció díszlik, legyezőfűvel (*Filipendula ulmaria*) és mocsári gólyaorral (*Geranium palustre*). Nyár közepén az aranysárga szibériai hamuvirág (*Ligularia sibirica*) virágzik, a láp szélén a fűzlevelű gyöngyvessző (*Spiraea salicifolia*) rózsaszínű virágfátyla hívogat; a babérfűz (*Salix pentandra*) fényes levelei és a molyhos nyír hangulatos, fehér kérgű csoportjai, valamennyien a gyönyörű hazai Bátorligetre emlékeztetnek, amely – a Nyírség homokbuckái között csendesen megbújva – tízezer éve őrzi e szibériai lápok mását itt, a messze Európában.

*

Az észak-amerikai kontinensen szintén hatalmas kiterjedésű fenyvesek uralkodnak Alaszkától a Hudson-öbölig és a Labrador-félszigetig. Ezek a végtelen kanadai fenyves rengetegek fajokban valamivel gazdagabbak az eurázsiai tajgáknál. Az erdők legnagyobb részét a fehér luc (*Picea glauca*) és a balzsamfenyő (*Abies balsamea*) alkotja, melynek gyantájából a híres kanadabalzsam – a mikroszkópi preparátumok tartósító- és ragasztóanyaga – készül. Ezek az erdők gyönyörű magasak, a fehér luc törzsei elérik a 40 m magasságot is, aljnövényzetükben pedig az európai lucosokból jól ismert áfonyák, körtikék, mohák és zuzmók egész seregét üdvözölhetjük. A nedvesebb, lápos völgyekben a fehér lucot a fekete luc (*Picea mariana*) erdei váltják fel, melyek cserjeszintjében örömmel ismerjük fel a kertjeinkben annyira kedvelt tujafenyőt (*Thuja occidentalis*) a hajtásra simuló pikkelyszerű leveleivel; észak felé haladva pedig az amerikai vörösfenyő (*Larix laricina*) laza lombú, napfényes erdeibe jutunk. Az atlantikus partok felé közeledve az amerikai tajga délkeleti részén, a Nagy Tavak vidékén, a nálunk parkfaként kedvelt selymesen lágy, tűlevelű simafenyő (*Pinus strobus*) erdeit látjuk. A tavak körüli homokvidékeken a Banks-fenyő erdei elterjedtek, amely Európában mégsem vált be homokfásításra; a tavak partján pedig a mocsári fenyő (*Pinus palustris*) alkot láp- és ligeterdőket. Lombos fákat is találunk a fenyves erdőkben, de ezek csak átmenetileg jutnak nagyobb szerephez. Széltörés és erdőégés után ugyanis a gyorsan terjedő balzsamnyár (*Populus balsamea*) és a papírnyír (*Betula papyrifera*) pionír állományai rövid idő alatt elfoglalják a szabaddá vált területeket. Uralmuk azonban csak rövid ideig tart. A védelmük alatt megtelepedő és fejlődésnek induló fenyők 50-60 év alatt túlnövik őket, és 80-100 év múltán visszahódítják eredeti helyüket és rangjukat, az elöregedő és pusztuló nyíres romjain.

A havas lucos rengeteget járva, ahogy a napsütésben szikrázó, térdig érő hóban ropognak lépteink, s a fenyők sudár törzsében és méregzöld koronájában gyönyörködünk – miközben a 30 °C-os hidegben ugyancsak sűrűn lehelgetjük a vastag kesztyűben is gémberedő körmünket – két jóleső korty lélekmelegítő között –, elgondolkodhatunk azon, hogy az élőlények – és különösen a növények – mennyivel sokrétűbben és messzebb menően alkalmazkodtak a hidegtűréshez, mint a nagy melegek elviseléséhez. Amíg a melegtűrés szempontjából alig van különbség a meleg és a mérsékelt övi növények között – ui. 45–50 °C körül mindegyik elpusztul –, addig a növények hidegtűrése igen nagy különbségeket mutat. Számos meleg égövi növény már jóval 0 °C felett elpusztul, mert az anyagcsere-folyamataihoz szükséges hőenergia a minimális érték alatt van. Ezzel szemben a Föld hideg pólusán, a kelet-szibériai Verhojanszk és Ojmjakon vidékén –70 °C-ot is átvészel a növényzet, méghozzá nemcsak a lágyszárúak, hanem a fák is.

A kutatókat már régóta foglalkoztatja, hogy mi teszi képessé a növényeket ilyen nagy és hosszantartó hidegek elviselésére. Megállapították, hogy a hidegtűrés elsősorban fagy- és szárazságtűrési probléma. A fagy hatására először nem a sejttartalom, hanem a sejtközötti járatokban levő víz fagy meg, és ez a kristályosodó víz mintegy kiszívja a sejtnedvet, elvízteleníti a plazmát. A hideg hatására tehát a sejt először kiszárad, és csak ezután következik be a jégkristályok olyan mértékű felhalmozódása, amely nyomásával a sejtfalakat és a plazmát elroncsolja. Mindebből érthető, hogy az északi tájak növényei sok szempontból hasonlóan védekeznek a hideg ellen, mint a sivatagi növények a szárazság ellen. A hidegtűrést is nagymértékben növelik azok az anyagcsere-folyamatok, amelyek a sejtközötti járatokat víztelenítik, és ugyanakkor növelik a sejtnedv koncentrációját. Így a hidegtűrő fajok sejtjeiben nagy mennyiségű cukrot, zsírszerű anyagot, antociánokat, nyálka- és pektinanyagot találunk, amelyek révén a sejtnedv fagyáspontja alacsonyabb lesz, vagyis a sejt fagyállóképessége növekszik. Megfigyelték, hogy a körtike (*Pyrola*) fajok örökzöld levelei a –31 °C-os hideget is képesek elviselni.

A lágyszárú növények kedvezőbb helyzetben vannak. A vastag hótakaró befedi őket, tartja a –3, –5 °C-os hőmérsékletet, és védelmet nyújt a túlzott lehűlés ellen. A fák ezt a védőhatást nem élvezik, s így a sejtek fagyállósága egymagában még nem oldja meg számukra a hidegtűrés problémáját: továbbra is fennáll a kiszáradás veszélye. Ennek az az oka, hogy a fák még fagypont alatt is, kismértékben bár, de párologtatnak, különösen derült, napfényes téli napokon. Hajszálgyökereik azonban ilyenkor már elvesztik növekedési képességüket, s a fagyos talajból – bármilyen sok vizet tartalmazzon is az fagyott állapotban – különben sem tudnak vizet felvenni. Élettani értelemben tehát a talaj nem tartalmaz számukra felvehető vizet, azaz fiziológiailag száraz. Így azok a

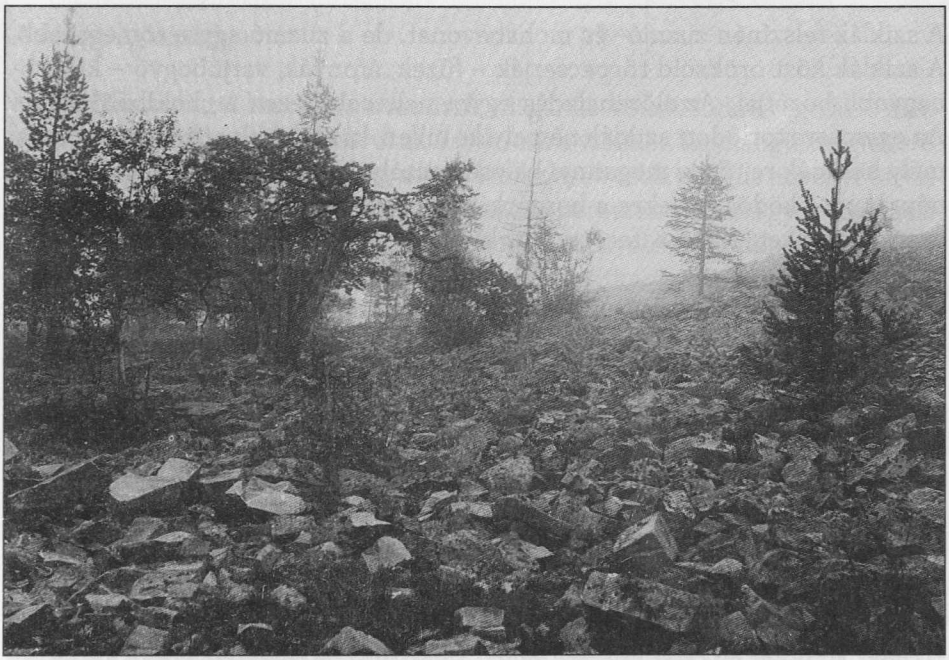
fafajok, amelyek kevesebbet párologtatnak, jobban elviselik a fagy okozta szárazságot. Ez az oka annak, amiért lombos fáink téli lombhullatásra kényszerülnek, és az igen keveset párologtató fenyők közül is a tűlevelüket télire lehullató vörösfenyők a leginkább fagytűrők.

Bár a fák hidegtűrése szinte korlátlannak látszik, mégis határt szab számukra a természet, pontosabban a fagyott talaj. Már a tajgaerdők északi részei valamennyien olyan talajon élnek, amelynek alsóbb rétegei egész éven át fagyottak, csupán a felső réteg enged fel a nyári időszak néhány hónapjában. Az erdő létét tehát az határozza meg, hogy a feltalaj nyáron milyen hosszú időre és milyen mélységig tud felengedni. Észak felé haladva ez a réteg egyre sekélyebb lesz. A mélyebben gyökerező lombos fák, nyírek, nyárak elmaradnak, csak cserjetermetű fajaik s a sekélyen gyökerező fenyők hatolnak fel, tovább északra. De ezek gyökérzete is fokozatosan kiszorul a talajból. Hatalmas vastag gyökérágak húzódnak mohapárnába burkolva, több méter hosszan és sugárirányban a talaj felszínén, a talajba csak a vékonyabb szívógyökérzet hatol. Ennek következtében a fák egyre nagyobb területet hálóznak be gyökérzetükkel, s az erdő állománya kiritkul, felszakadozik. A fák terjeszkedő gyökérzetük révén éppúgy eltolják egymást, mint a szavannákon, csak itt a harc nem olyan rejtett, jelei szemmel jól láthatóak. A kiritkuló erdők közé a tundra cserjés-füves vegetációja hatol be, s kialakul a sarki fahatár facsoportokkal tarkított cserjés mozaikja: az erdős tundravegetáció.

*

Itt a sarki erdőhatár közelében már egészen kis térszíni különbségek elegendőek ahhoz, hogy fátlan tundra alakuljon ki. A Kárpátokban ez 1600-1800 m-en, a svájci Alpokban 2200-2400 m-en, a Himaláján 4000 m magasságban következik be. A Lappföldön már egy 20 m-es dombocska is magashegységnek számít, s ezek a fenyőrengetegből tonzúrás fejekként kiemelkedő fátlan dombok a tájnak egészen sajátságos jelleget adnak.

Ha Finnországban, a 62 ezer tó csodálatos, gleccser gyalulta síkságán északi irányban átvágunk, közvetlenül a sarkkörön túl, Kemijärvi fölött pillantjuk meg az első ilyen tonzúrás hegyet, az 530 m magas Pyhätunturit. Miután Kemijärvi fenyőfával burkolt, gyönyörűen berendezett fogadójában 10 finn márkáért kiváltjuk igazolványunkat, amely tanúsítja, hogy átléptük az északi sarkkört, célba vehetjük a derekáig fenyvesekkel borított szent hegyet – mert a Pyhätunturi finnül Szent Tundrát jelent. 250 m magasságig laza ligetes erdei fenyvesekben bandukolunk felfelé, csak a völgyekben elszórtan látunk néhány lucfenyőt. Pompás kilátás nyílik az alattunk elterülő síkságra, amelyen 18 kisebb-nagyobb tavat fog be pillantásunk a látóhatár pereméig. Fölöttünk azonban már sötét felhők gomolyognak, melyek fölénk ereszkedve hirtelen sűrű ködbe burkolnak bennünket.



39. kép Sarki erdőhatár az észak-finnországi Pyhätunturin

Fölfelé kapaszkodva a mohával borított erdős hegylejtőn, láthatjuk, hogy a talajt egyre nagyobb felületeken szakítják meg az erdők közé felülről behatoló sziklás törmeléklejtők, amelyeken már csak tengődnek a fák; egyre távolabb helyezkedve egymástól, egyre alacsonyabbak és törzsük végig ágas. A ködből látomásszerűen tűnnek elő kisebb rénszarvascsapatok, hogy azután ugyanolyan nesztelenül el is tűnjenek a gomolygó ködben.

350 m magasságban a sziklatörmelék összefüggő sziklamezővé záródik. A törmelék közti mélyedésből egymástól nagy távolságra, elszórtan egy-egy letörpült öreg fenyő emelkedik ki. Törzse, ágai groteszkül csavarodottak, mint valami görcsbe merevedett aggastyán teste, vagy egy modern torzó. A fiatalabb fácskák ágait egy irányban letarolva, zászló formájúra nyírták a könyörtelen sarki szelek. Megérkeztünk tehát a sarki fahatárra!

A ködből kísértetekként felbukkanó, majd eltűnő, letörpült, nyomorék fák bizonytalan sziluettjeinek láttán egyszerre eszembe jut, hogy hasonló hegyi tundrák az innen nyugatra fekvő norvég fjellek is, amelyeket a néphit különös szörnyalakokkal népesített be. Nem is kell nagy fantázia hozzá, hogy a szél görgette ködből föl-fölsejlő torz fákban magam is látni véljem Dovre apó hegyi manóit vagy Böjgent, a hegyi óriást.

Innen a fahatártól fölfelé haladva végeláthatatlan sziklamezőn bukdácsolunk, melynek még a kisebb darabjait is mintha óriások hajigálták volna össze.

A sziklák felszínén zuzmó- és mohabevonat, de a zuzmó egyre tömegesebb. A sziklák közt örökzöld törpecserjék – fűzek, áfonyák, varjúbogyó – kisebb-nagyobb bozótjai. Az előrehaladás egyre nehezebb ezen a „holdbéli" tájon. Az egymásra torlódott sziklák némelyike billen, köztük helyenként alattomos, mély hasadék rejtőzik; megannyi balesetveszély. Nem hiába hitte az egyszerű nép, hogy a ködös fjellekre a boszorkányok csalják fel a legényeket, hogy elveszejtsék őket. Mire a tetőre érünk, oly sűrű felhőben vagyunk, hogy az orrunkig is alig látunk.

Elered az eső; ideje hogy visszaforduljunk. Kétórai türelem- és bokapróbáló botorkálás után nagy megkönnyebbülés, mikor ismét feltűnnek a fahatár kísértetfenyői, s nem sokkal lejjebb útra lelünk az előtünedező fenyőligetek között.

A sarki fahatárt előidéző hőmérsékleti viszonyokat sokat kutatták, és megállapították, hogy ezt a jelenséget nem ugyanolyan hőmérséklet váltja ki a különböző sarki tájakon. Elég egy pillantást vetni a vegetációtérképre, s láthatjuk, hogy milyen szeszélyesen fut végig a sarki fahatár vonala az északi félgömbön. A kontinensek belsejében messze északra hatolva átlépi a sarkkört, a tengerpartok közelében viszont mélyen délre húzódik vissza. Európában ott húzódik a fahatár, ahol a július hónap középhőmérséklete eléri a 10 °C-t, Nyugat-Európában és atlantikus Észak-Amerikában azonban csak a 13 °C-os július elég meleg a fás vegetációnak, viszont Szibériában csak a 4 °C középhőmérsékletű július szab határt az erdők kiterjedésének.

Ennek az érdekes jelenségnek két oka is van. Az egyik az, hogy az erdőhatárt a különböző tájakon más-más fafajok alkotják – Északnyugat-Európában a molyhos nyír, Észak-Európában az európai luc, Szibériában és Észak-Amerika belsejében a különböző vörösfenyők –, és ezek hidegtűrése különböző. A másik ok az, hogy a száraz hideg környezet elviselhetőbb a növények számára a nedves hidegnél; a kontinensek belsejében pedig az éghajlat mindig szárazabb, mint a tengerpartokon. A sok vizet tartalmazó fagyott talajok ugyanis csak nagyobb hőmennyiség hatására engednek fel, s így azonos hőmérsékleti viszonyok mellett a nedvesebb klímában a talajok sekélyebbek és a tenyészidő lényegesen rövidebb.

A fátlanságnak sok esetben nem hőmérsékleti, hanem vegetációtörténeti okai vannak. Izland szigete – azaz Iceland, vagyis jégország – hatalmas gleccsereiről kapta nevét; majdnem olyan éghajlatú, mint Skandinávia északi, erdő borította tájai, mégis teljesen fátlan. Ennek az az oka, hogy ez a sziget a jégkorszakok elmúltával már nem került kapcsolatba a kontinenssel, ahonnan az erdővegetáció ismét betelepülhetett volna.

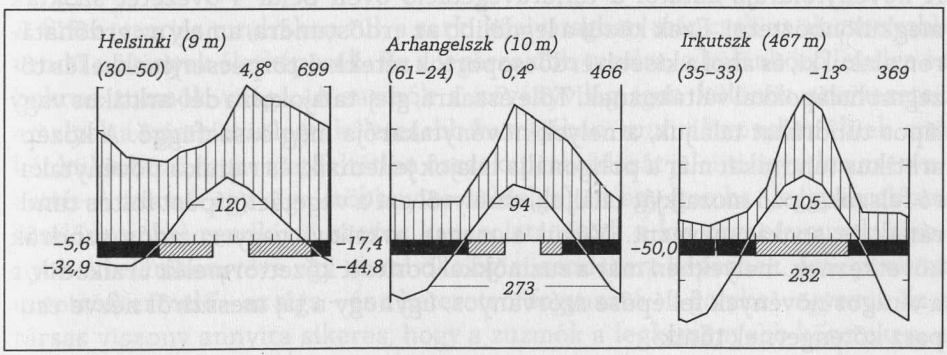
Az erdőhatáron túl kezdődik a tundrák világa. Ez a sarki fátlan vegetáció szintén széles gyűrűként fogja körül az Északi-sark vidékét. Egyhangú, meglehetősen fajszegény növénytakaró ez, mégis lényegesen több virágos növényt tartalmaz, mint az Antarktisz, a délsarki kontinens peremén elterülő gyér vegetáció.

Az éghajlat már nagyon zord ezen a tájon. A tél nyolc-tíz hónapon át tart, a januári átlaghőmérséklet –30 °C körül van, s nem ritkaság a mínusz 45-50 °C-os hideg sem. A nyári hónapok közül a legmelegebb, a július is olyan, mint nálunk a március vagy az április. Nemcsak az évszakok válnak el élesen egymástól, hanem a napszakok is. Télen éjjel van, nyáron nappal, és két-három hónapon keresztül éjjel-nappal süt a Nap, mintha kitartó sápadt fényével pótolni akarná azt az energiát, amelyet délebbi tájak szerencsésebb növényei sokkal rövidebb idő alatt megkapnak. A hőmérséklet még a „meleg" nyáron is naponta fagypontig süllyed, s az állandó alacsony hőmérséklet következtében az életfolyamatok is mind lelassulnak. Az állandó megvilágítás egyedül a virágzásra hat serkentőleg.

A talajképződés folyamata lassú. A fizikai és kémiai mállás mellett a biológiai mállás igen kis mértékű, az elhalt növényi részek inkább eltőzegesednek, semmint humusz képződnék belőlük. Tápanyagban nagyon szegény, sekély, erősen kötött, szürke agyagtalajok keletkeznek, ún. glej-talajok, amelyek nyár elején az olvadékvizektől elfolyósodva a magasabb helyekről a mélyedésekbe folynak, betöltik a kőzetek repedéseit. Másutt a rendszeresen ismétlődő fagyás és olvadás következtében a talaj ritmikus kiterjedése és összehúzódása a mállatlan kőzetdarabokat többé-kevésbé szabályos sokszögletű alakokba rendezi, amelyek a méhek sejtjeire emlékeztetnek. Ezek az ún. *poligonális* talajok, amelyek két-három méter átmérőjű sejtekből épülnek fel. A sokszög közepén törpecserjék nőnek, a szélén évelő, majd egyéves füvek, sások, szeg-

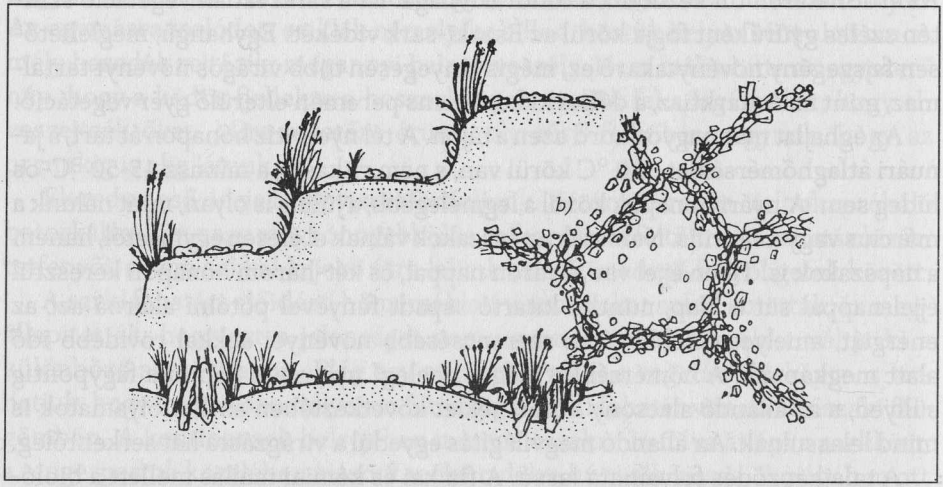
27. ábra

Az északi tundraövezet éghajlata Novaja Zemlján, a Vajgacs-félszigeten és Vrangelj szigetén



28. ábra

A tundratalajok kialakulása és szerkezete



a = szoliflukció hegylejtőn, b = kőmozaikos foltos tundra felülnézetben, c = ugyanaz oldalnézetben.

fűfélék, a törmeléken pedig mohák és zuzmók. Mindegyik „sejt" egy külön kis világ, ahol mint összetört cserepekben, mindössze egy-egy maréknyi talaj az élet alapja.

Itt-ott hazánkban is láthatunk löszfalak peremén a talajban sötét bugyorszerű foltokat, ún. jégzsákos talajokat, amelyek az ilyen poligonális tundratalajok maradványai. Ezek azt bizonyítják, hogy a jégkorszakok alatt helyenként nálunk is voltak sarki tundrák és hasonló talajképződési folyamatok zajlottak le, mint ma a sarkkörön túl.

Észak virágai

A növényföldrajz kutatói a tundravegetáció övén belül 4 övezetet szoktak megkülönböztetni. Ezek közül a legdélibb az erdőstundra, amely az erdőhatáron alakul ki, és ahol a kisebb erdőcsoportok rétekkel, törpecserjésekkel és tőzegmohalápokkal váltakoznak. Tőle északra, glej-talajokon a dél-arktikus vagy lápos tundrákat találjuk, amelyek növénytakarója még összefüggő. A középarktikus tundrákat már a poligonális talajok jellemzik, és rajtuk a növénytakaró felszakadozó mozaikját találjuk, amelyről ezt a vegetációtípust foltos tundrának is szokás nevezni. Végül a magas arktikus vagy zuzmós tundrák következnek, melyekben már a zuzmókkal borított kőzettörmelék uralkodik, s a virágos növények fellépése szórványos, úgyhogy a táj messziről nézve csupasz kőtengernek tűnik.

A tundrák növényvilágának jellegzetessége, hogy legnagyobbrészt törpecserjék vagy párnatermetű lágyszárúak alkotják Ez a jelenség a zord sarki éghajlat szelekciós hatásának eredménye. A lét- és fajfenntartás követelményeinek ugyanis adott körülmények között csak az ilyen típusú növények képesek „üzembiztosan" eleget tenni. Az alacsony termetű növényeket a vastag hó megvédi a fagyoktól, s ugyanakkor az évelő életforma biztosítja a faj fennmaradását akkor is, ha a kedvezőtlen nyarak vagy korai fagyok megakadályozzák a virágzást, vagy a termésérlelést.

Bár a vég nélküli nyári nappalok erősen siettetik a virágzást, mégis előfordul, hogy a hirtelen beköszöntő tél korai véget vet a virágzásnak. Az itt élő növényeknek azonban a virágai is – amelyek különben a legérzékenyebb részeik – igen ellenállóak a hideggel szemben. Klasszikus példa erre a Szibéria tundráin élő kanáltorma (*Cochlearia fenestrata*), melynek a fagytól meglepett virágai képesek a kilenc hónapos telet „mélyhűtött" állapotban átvészelni, majd mihelyt a nyár rövid hetei leolvasztják róluk a havat, folytatják megszakított virágzásukat. A második nyár végére, sok viszontagság után végre termést érlelhet ez a szegény, fehérvirágú kis keresztes növény.

A törpecserjéseket főleg a hangafélék családjának (*Ericaceae*) félcserjéi, a különböző áfonyák, a varjúbogyó (*Empetrum nigrum*), a törpehanga (*Loiseleuria*), a mohahanga (*Cassiope tetragona*), különböző *Erica*-fajok, a medveszőlő (*Arctostaphylos uva-ursi*), továbbá a földre terülő néhány cm-es törpe fűzek (*Salix reticulata*), nyírek és egresfélék alkotják. Ugyancsak itt találjuk a rózsafélékhez tartozó magcsákót (*Dryas octopetala*), ragyogó örökzöld leveleivel. A réteken főleg sásokat, szegfűféléket, kereszteseket, kőtörőfűféléket találunk. Nevezetes tundranövény a *Koenigia islandica*, egy kis keserűfűféle, amelynek pollenje hazánk jégkorszaki rétegeiből is előkerült, bizonyítva, hogy a mai, árvalányhajat lengető Alföldünkön 20-25 ezer évvel ezelőtt sarkvidéki éghajlat is volt.

A rénszarvasok hazájában

A füves, cserjés tundrákon túl, a sarki kősivatagban már csak az alacsonyabb rendű növények életképesek. Ez a legészakibb tundra, a különböző leveles és bokros zuzmók világa. A zuzmók a növényvilág igen különös szervezetei, amelyek a szimbiózis legtökéletesebb formájában: *mutualizmus*ban élnek, ami két különböző szervezet feltétlen összekapcsolódását jelenti egyetlen szervezetté. A zuzmó egy alga (többnyire zöldalga) és egy gomba (leggyakrabban tömlősgomba) rendkívül szoros kapcsolata. Ezek a kis organizmusok bizonyos értelemben véve egy elemi ökológiai rendszert képeznek, amelyben az autotróf termelő – az alga – és a heterotróf fogyasztó – a gomba – egyesül. Ez a társas viszony annyira sikeres, hogy a zuzmók a legkeményebb kőzeteken, a

leghidegebb havasokon és sarki tundrákon is életképesek, mint a növényvilág legtávolabbra kitolt előőrsei.

A tundrák különben nem túl érdekesek. Hideg, sivár világ ez, ahol kis létszámú nomád törzsek vadászattal, halászattal és nomád pásztorkodással (rénszarvasok legeltetésével) tengetik életüket. Újabban mégis megnőtt a tundrák biológiai jelentősége, bár ez a tény nem mondható éppen örvendetesnek.

Megállapították ugyanis, hogy az atomrobbantások és egyéb radioaktív szennyeződések nyomán a levegőbe kerülő stroncium-90 erősen felszaporodhat a hideg, csapadékos klímájú területek rétjein és mocsaraiban, különösen a tundravidéken. A stroncium-90 pedig két szempontból is igen veszélyes. Radioaktivitását viszonylag lassan veszti el – felezési ideje 28 év –, és kémiailag a kalciumhoz hasonló, így azt helyettesítve bejuthat a szervezetek anyagcsereforgalmába. A növények felveszik, az állatok és emberek csontjaiban pedig felhalmozódik. Ez a veszély különösen megnő a mészben szegény, savanyú talajokon: a növények kalcium hiányában a stronciumot veszik fel és azt építik be testükbe. A tundrákon tengődő, lassan növő zuzmók és sások csapadékfelfogó és -tároló készülékeiben sok stroncium-90 halmozódik fel, ahonnan a legelő állatokba kerül át és csontszöveteikben raktározódik. Az Észak-Angliában folytatott vizsgálatok kimutatták, hogy a tehenek csontja szokatlanul sok radioaktív stronciumot tartalmaz, a sarki tundrákon élő rénszarvasok csontjaiban pedig igen magas koncentrációkat észleltek.

A kultúra és civilizáció áldásai még alig-alig értek el a tundrák vidékére, de a technikai fejlődés pusztító „vívmányai" már éreztetik hatásukat egy olyan tájon is, amelyet a természet zordsága miatt csak vendégként látogat meg az ember!

Akik a jég hátán is megélnek

Ezt a mondást jelképes értelemben a nagyon, vagy túlzottan is élelmes emberekre szokták alkalmazni, akik minden körülmények között feltalálják magukat. A növény- és állatvilágnak azonban vannak olyan tiszteletreméltó tagjai, amelyek a szó valódi értelmében az örök havon vagy a gleccserek jegén élnek.

Többnyire egysejtű, ritkábban fonalas testű, nagyon egyszerű, csak mikroszkóppal látható algaszervezetek ezek, melyek nyaranta az olvadó jégmezőkön vagy gleccsereken, a havasok világában vagy a sarkvidékeken élénk színekben pompázva hívják fel magukra a figyelmet. E különböző színű hó- és jégvirágzásokra sokáig nem találtak magyarázatot. Csak a múlt században jöttek rá, hogy a hó és jég megszínesedését élő mikroorganizmusok okozzák. A leggyakoribb a vörös hó, amely nemcsak a hó felületén jelentkezhet, hanem több cm mélységig is behatolhat a hótakaró belsejébe. Mikroszkóp alá helyezve egy cseppet ebből a „véres" hóból, elragadó látványban lesz részünk. A vérmoszat (*Chlamydomonas nivalis*) csillogó piros, két ostorral élénken mozgó

sejtjei mint ezernyi ragyogó, parányi rubinszem cikáznak a látótérben! Ez a faj igen elterjedt, megtalálták az összes magashegységben, Grönlandon, a Spitzbergákon, az Arktiszon és Antarktiszon egyaránt. Más rokonfajok is előidéznek hasonló vörös színeződést, de ezek fellépése ritkább.

Előfordulnak más színű hó- és jégvirágzások is. Zöld havat többször is észleltek a Kárpátokban, amelyért egy *Rhaphidionema* nevű fonalas zöldalga volt a felelős; az Antarktiszon azonban egy mozdulatlan sejtekből álló zöldalga idéz elő hasonló jelenséget. Ugyancsak az Antarktiszon és a Magas-Tátrában figyeltek meg sárga színű havat, amit a *Scitrella antarctica* – sárga olajat tartalmazó – sejtjei okoznak. Ezeken kívül ismerünk még rózsaszín, bíbor, barna, kék (ez a legritkább) és fekete hóvirágzást is. Ez utóbbi nem azonos a nagyvárosok koromlepte havával, hanem egy tusszerűen folyékony, fekete telepeket alkotó baktérium vagy alacsonyabb rendű gomba idézi elő.

De térjünk még vissza egy pillanatra a vidáman fickándozó rubinvörös vérmoszatokhoz! Életük javarészét jeges dermedtségben töltik el. Csak a déli órákban ébrednek fel rövid időre, s ilyenkor ostoraikkal fürgén csapkodva úszkálnak az olvadó vízben. Mihelyt azonban megnyúlnak a délutáni árnyak és alkonyodni kezd, valamennyien mély álomba merülnek. Ez a sors jóval sanyarúbb a „jég hátán is megélő" emberénél, de osztozik benne a növényekkel az állatvilág is. A jégféreg, a hó- és gleccserbolhák minden este testvériesen együtt fagynak meg a színes moszatokkal, melyekből még a déli órákban jóízűen táplálkoztak, s melyeket másnap – ismét feléledve – megemésztenek.

Itt az örök hó és jég világában az élet is megtorpan; mi is megállhatunk. Az Északi- és Déli-sarkot már felfedezték előttünk, nem érdemes továbbhaladnunk. Az élőlény itt csak átutazó vendég, s helyes, ha feleslegesen nem kockáztatja az életét. Elég egy-két napot eltölteni a kietlen, sivár hómezőn vagy egy úszó jégtáblán ahhoz, hogy elégedetten állapíthassuk meg: az élővilág jól teljesíti feladatát. Ami számára elérhető, azt birtokba vette, meghódította a Földön.

Növények a frontvonalban

A növénytakaró, és általában az egész élővilág nemcsak horizontálisan tagolódik az Egyenlítőtől a sarkokig, hanem vertikálisan is elfoglalja mindazokat a helyeket a Földön, amelyek valamilyen formában alkalmasak az élet számára. Kiterjed tehát a mélység és magasság világára is: a tengerekre és a felhőkbe burkolózó fenséges havasokra. Mindezeknek az élőhelyeknek az elfoglalása azonban küzdelmes feladat. A természet élettelen elemeinek élővé alakításával kell megteremteni az élőhelyet, a *biotóp*ot. Ezt a feladatot akármilyen növények nem hajthatják végre, csak a pionírok, amelyek képesek elviselni a környezet legszélsőségesebb viszontagságait, fagyot és forróságot, szelet, árvizet, éhezést. Az élet mindenütt velük kezdődik, ők rakják le a leendő növényi társadalmak, a fejlődés, a *szukcesszió* alapjait. Minden élőhelyen más-más növények csoportosulnak erre a nagyszerű feladatra. Velük ismerkedünk.

Növények a tenger alatt

Ismerkedjünk először a tengerek növényvilágával, hiszen a földi élet is innen indult.

A tengerekben való élet körülbelül 3–4-szer olyan régi, mint a szárazföldi lét. Növényvilágát mégis alacsony fejlettségű szervezetek, algák alkotják; a magasabb rendű növényvilág nem küldött vissza csapatokat a tenger meghódítására, mint ahogy azt az állatvilágban látjuk, ahol a legfejlettebb állatcsoportnak, az emlősöknek vannak a tengeri életmódra visszatért, másodlagosan alkalmazkodott típusai, például a cetek, rozmárok, fókák, delfinek.

Ezzel szemben hiába keresünk a tengerekben – a part menti sekély zónától eltekintve – virágos növényeket vagy nyitvatermőket. A különböző kék-, zöld-, sárga-, barna- és vörösalgák a tengerek egyeduralkodói. Szerepük rendkívül fontos, mert az egész végtelenül gazdag és változatos állatvilágnak végső táplálék- és energiaforrását képezik. Első meggondolásra megfoghatatlannak tűnik, hogy a víz színén lebegő, többnyire csak mikroszkopikus nagyságú algaszervezetek láthatatlan tömege miképpen látja el táplálékkal a tengeri fogyasztók rendkívül nagy táborát, amelyek között olyan óriási szervezetek is vannak, mint a cetek, cápák, kardhalak és óriás polipok (pontosabban lábasfejűek). Igaz, ezek nagyobbrészt ragadozók, de a ragadozók növényevőkkel táplálkoznak; az anyag- és energiaforgalom láncának utolsó láncszeme a pará-

nyi algatest. Szinte talány, hogy miként lehet egyensúlyban az a biológiai mérleg, amelynek egyik serpenyőjében egysejtű moszatok, a másikban pedig egy több ezer tonnás bálna ül. Ha egy adott pillanatban megmérjük a termelő és fogyasztó szervezetek össztömegét, a biomasszát, bizony nem is tapasztalhatunk egyensúlyt. A fogyasztók össztömege messze felülmúlja a termelő szervezetekét. Ez ellentmond az anyag- és energiamegmaradás törvényének. Mi tehát a magyarázat? Egy biológiai törvény, amelyet *„fordított méret–anyagcsere törvény"*-nek neveznek. Ez azt mondja ki, hogy a kisebb szervezetek anyagcsere-sebessége sokszorosan felülmúlja a nagyobb szervezetekét. Egy grammnyi alga annyi szerves anyagot termel időegység alatt, mint 8-10 gramm falevél. Az ökológiai rendszerekben biológiailag éppen az a normális, hogy ahol a termelők kisméretű szervezetek, ott a fogyasztók egészen nagy méretűek lehetnek. Az utóbbiak nagyobb biomasszáját kiegyensúlyozza a termelők nagyobb anyagcsere-sebessége és szaporodási üteme.

A tengeri algák életlehetőségeit természetesen a tengerben uralkodó fényviszonyok szabályozzák. Az állatvilág egyes tagjai több száz, sőt több ezer méter mélységben is életképesek lehetnek, ha alkalmazkodtak a tengervíz iszonyatos nyomásához. Ezek az állatok csak mélytengeri búvártömbökben, a helyszínen figyelhetők meg, mert a felszínre hozva az állat valósággal szétrobban a tengernyomást ellensúlyozó belső feszültségtől. A növényvilág legfeljebb 400 m-ig, általában azonban csak mintegy 150 m mélységig hatol le a tengerek mélyébe. Ennél mélyebben már nem elegendő a rendelkezésre álló fény mennyisége a fotoszintézishez. A különböző mélységekben tehát erősen változik a fény erőssége és a színe is, aminek megfelelően más-más algacsoportok váltják egymást. Így 20 m mélységig a zöldmoszatok uralkodnak, 20-70 m között, ahol a fény már kék színű, a barna moszatok veszik át az uralmat; míg 70-150 m mélységben, ahová csak a sötétzöld fénysugarak jutnak le, a vörös színtestekkel rendelkező vörös- és kékalgák élnek.

Lebegő törpék és úszó óriások

A tengeren utazó ember számára a tenger nyilván mindenütt egyforma. Sós, végtelen, hullámzó vagy csendes, de általában hosszabb idő után egyhangú és unalmas; legfeljebb a színe változik a különböző tájakon és az időjárástól függően. Arról, hogy a tenger óriási területeken sivatag, másutt pedig dús rét vagy esetleg őserdő, az utazónak fogalma sincsen. Az óceánok biológiai kutatása során a nagy óceánok középső, partoktól távol eső részei élő szervezetekben szegényeknek bizonyultak, s megállapították, hogy ezeknek a nagy vízfelületeknek a szervesanyag-termelése azonos nagyságrendű a sivatagok produkciójával. Fényhiányról szó sem lehet; valamilyen más tényező korlátozza a nagyobb termelést. Érdekes kísérletekkel rájöttek, hogy az algák nagyobb tömegű

elszaporodását a víz szervetlen tápsókban és mikroelemekben – főleg pedig a szilíciumionokban – való szegénysége korlátozza. A szárazföldekhez közel eső sekély, part menti tengerövezetek ezzel szemben tápanyagban gazdagok, és itt a vízi algavegetáció fejlődésének feltételei igen kedvezőek. Az ilyen területek – bár növényzetük megjelenésében nem hasonlít a szárazföldi rétekhez vagy erdőkhöz – szervesanyag-termelése azokéval egyenértékű.

A tengerekben találjuk a világ legkisebb és legnagyobb szervezeteit: a néhány mikronos ostoros algákat, és az óriási úszó barnamoszatokat, amelyekről a középkori hajósok rémült képzelete a hajót a mélybe lehúzó tengeri szörnyek torzképét festette meg. A *Macrocystis* és a *Sargassum* nevű barnaalgák testhossza elérheti a két-háromszáz métert is, és évi szervesanyag-termelésük 80 millió tonna is lehet, ami a Kufu piramis tömegével egyenlő! A Sargassum teste oly nagy, hogy az egyedet nem lehet elhatárolni a tömegétől. Az utóbbi a hajósok rémeként a földrajzi atlaszba is bekerült: az Atlanti-óceán egy részét, a Mexikói-öbölhöz közel, Sargassum-tengernek nevezik, mert a tengeráramlások Amerika partjairól ide sodorják a hullámzás által tapadókorongjaikról leszakított hatalmas algatesteket. A gályahajózás idejében nagy veszély volt ilyen tengerre keveredni, mert a barnaalgák tömege teljesen megbénította az evezést.

A tengerfenékre rögzülő, különböző színű algák gyönyörű vegetációt alkotnak. Már az Északi-tengeren is 6–20 m magas, fa alakú algákból álló hínárerdőket találunk. Még szebben pompáznak azonban a déli tengereken, melyek növényvilágának szépsége leírhatatlan. Óriási levelek, csodálatos pálmaalakzatok, különös fűnemű sűrűsök, pávatollakra emlékeztető alakok tarka forgataga örvénylik a hullámok játéka nyomán. És bár virág egyetlen egy sincs – hiszen ezek virágtalan növények –, mégis a színek csodálatos játéka káprázt at el! A zöld valamennyi árnyalata mellett korallpiros cserjék, gyöngyházszerűen csillogó növények, izzó bíbor bozótok, barna erdőségek, üde zöld rétek lengedeznek a víztükör alatt. Kékeszöld, barna, fekete és ibolyaszín szalagok tekergőznek, fonódnak lugassá, s nincs az a kert, amely szépségben felülmúlná Poszeidon világának növényzetét. A virágok szépségét itt tengeri állatok utánozzák, s a tengeri kökörcsinek és liliomok csodálatosan színes „szirmai" alkalmas pillanatban zsákmányoló karokká változnak.

A mesék elvarázsolt kertjei ezek, és mégis létező valóságok; nem a fantázia szüleményei, hanem egy másik elem különös világa, ahonnan egykor az egész szárazföldi élővilág elindult küzdelmes, hódító útjára.

Hódító növényvilág

Ez a hódítás mindig és mindenütt a növényvilág úttörő munkájával kezdődik. Ők az első telepesek, a pionírok, akik az élet feltételeit, anyagi bázisát és ener-

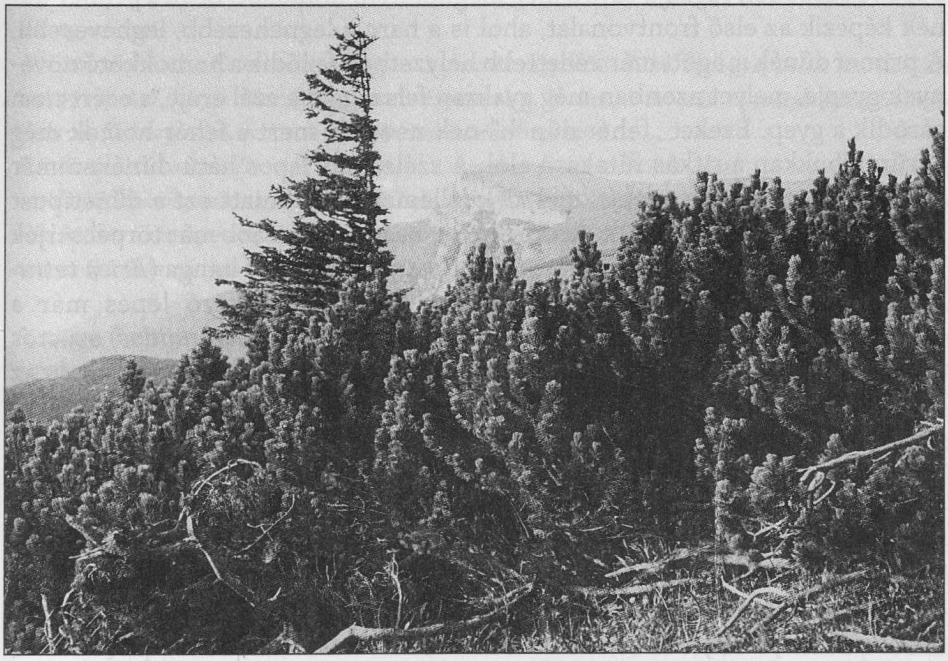
giaforrását megteremtik a többi élő szervezet számára. Így van ez már több mint 400 millió éve, amióta a növényvilág első szárazföldi rohamcsapatai partra szálltak az őskontinens mocsaras trópusi partvidékein. Azóta is minden terület élőlényekkel való benépesedését a növényvilág tagjai kezdik meg, irányítják és fejezik be. Azt a folyamatot, amely egy csupasz felszín vagy alapkőzet növények általi meghódítása, befüvesedése, beerdősülése során lezajlik, szukcessziónak nevezzük. A hódítás folyamata a legkülönbözőbb környezetben – homokbuckán, hegyvidéki sziklalejtőn vagy folyóparti zátonyon – egyaránt lejátszódik. Közös sajátsága, hogy az egyszerű szerkezetű növénytársulásokat mindenütt egyre bonyolultabb közösségek váltják fel. Egy teljes szukcessziós sor kialakulása rendszerint hosszú időbe telik, gyakran 800-1000 év is szükséges hozzá, és rövidnek számít, ha 200 év alatt befejeződik. A folyamat alapját az képezi, hogy az éghajlati viszonyok bizonyos életlehetőségeket nyújtanak a növények számára, amelyet azok felhasználnak és szerves anyagot termelnek. A szukcesszió kezdeti időszakaiban a növények sokkal több szerves anyagot termelnek, mint amennyit a termőhelyen élő állatok elfogyasztanak. Ennek következtében a fölös mennyiségű szerves anyag felhalmozódik, majd talajjá alakul.

Az első telepesek olyan növények, amelyek igénytelenek, nagy tűrőképességgel, de kis versenyképességgel rendelkeznek. Ahogy a talajviszonyok javulnak, igényesebb és versenyképesebb fajok jelennek meg, amelyek jobban ki tudják használni a megváltozott termőhelyet, több szerves anyagot termelnek. Az a növénytársulás, amely az adott termőhelyen nagyobb biomassza-produkciót nyújt, kiszorítja a másikat. E jelenséghez hasonló törvényszerűség az emberi fejlődés során is jelentkezik. Az a társadalmi rendszer fejlettebb, amely a történelem azonos időszakában többet termel. Ez az általános gazdasági törvény egyaránt érvényes minden élőközösségre, függetlenül attól, hogy a termelt produkció átgondolt termelő tevékenység vagy spontán életfolyamat eredménye.

A termőhelyen mindig újabb, a megváltozott viszonyokhoz alkalmazkodottabb és így versenyképesebb és nagyobb produkciójú növények jelennek meg, készítik elő a termőhelyet a náluk erősebbek részére, és így viszik tovább a fejlődést. A folyamat mindaddig tart, amíg a termőhelyen az állattársulások olyan fejlett láncolata alakul ki, amely a növények által termelt szerves anyagot elfogyasztja, s ezzel az anyagfelhalmozódást megszünteti. A szukcessziónak ez a záróakkordja rendszerint akkor következik be, amikor a növényzet az éghajlat adta lehetőségeket teljes mértékben kihasználta, vagyis amikor az éghajlat, a növénytakaró és az állatvilág között kialakul az anyag- és energiaforgalmi egyensúly. Ilyenkor a klímával egyensúlyban levő *klimax növénytársulás*ról beszélünk. Ez az út azonban igen hosszú és nehéz.

Harc a szél ellen

Hogy minden szukcesszió kezdete nehéz, azt a tengerparton élő növények saját bőrükön – pardon! – epidermiszükön tapasztalhatják. A biológusnak pedig nem nehéz észrevennie, hogy a szukcesszió gyakran nem éri el a klimaxot (csúcspontot), mert olyan természeti vagy társadalmi erők lépnek közbe, amelyek megakasztják ezt a folyamatot. Ilyen természeti erő a tengerpartokon a szél. Hatása abban áll, hogy a keletkezett szerves anyagot és termőtalajt elfújja, a növényeket homokkal temeti be, és ennek következtében a szukcesszió mindig visszakényszerül a pionír stádiumba. De még a tengerparttól távolabb is érvényesül az erős szél hatása. A fák ágait a széliránya eső oldalakon lenyírja, ún. „zászló" alakú fákat formál, sőt eleve megakadályozhatja, hogy fás növényzet egyáltalán kialakuljon. Számos óceáni sziget a szelek hatása miatt fátlan. De megfigyelhetjük ezt a jelenséget a magashegységekben is, szélnek kitett gerincéleken, ahol szintén bőven láthatunk zászló alakú fákat. Egyes hegyvidékeken a szél alakítja ki a havasi fahatárt is, például a közép-németországi Harz-hegységben. Amíg az Alpokban 2400 m körül alakul ki az erdőhatár, a nem sokkal északabbra fekvő Harz-hegységben az állandó hideg szelek eredményeként már az 1100 m magas tetők fátlanok. Nem véletlen, hogy *Goethe* a Brocken tetejére helyezte a Faust híres Valpurgisz-éji jelenetét.



40. kép Fahatár a moldvai Csalhón. Szélnyírta zászlós luc és törpefenyves bozót

A széles fennsíkon szürke ködöt és felhőket hömpölygető süvítő szelek, a homályból felködlő, embermagasságúra nyomorodott, féloldalasra nyírt lucok kísérteties látványa valóban hiteles ihletője egy boszorkányszombat hátborzongató hangulatának.

Térjünk azonban a legendák költői világából a tengerpart fövenyes valóságába, ahol a szél mellett még egy társadalmi erő is gátolja a szukcesszió menetét, nevezetesen a fürdőzők hada A strandolók napozófészkei minduntalan megbontják a záródó gyepszőnyeget, és ezzel új és új támadási felületet nyitnak a partokat pusztító tengeri szeleknek. Ezért a kritikus partszakaszokon sok helyen ma már szigorú törvénnyel védik a növények háborítatlanságát. Emberi törvény védi a növényi szukcessziót.

Meghódolnak a dűnék

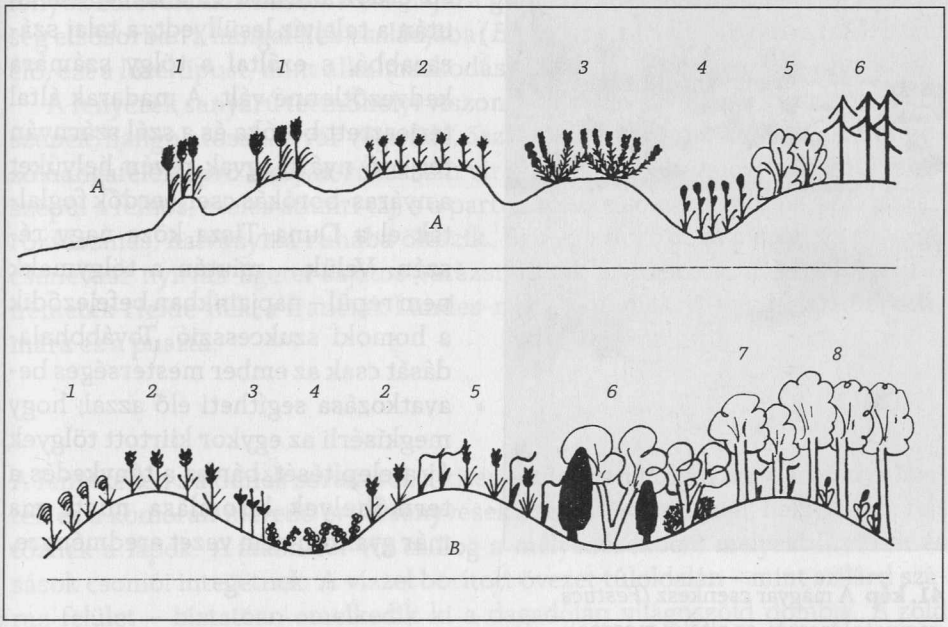
A hullámzás által partra sodort homokot a szél több párhuzamosan elhelyezkedő sorba halmozza fel, amelyeken a szukcessziós folyamat különböző állomásai jól megfigyelhetők. A tengerparthoz legközelebb eső dűnesorok meredek, magas, kúpos alakúak, melyek tetején rövid üstökként telepszenek meg a homoki pionír növények. A meredek homoktornyokba minduntalan belekap a szél, s szabadon ragadja tova a még megkötetlen homokot. Ezek a primer dűnék képezik az első frontvonalat, ahol is a harc a legnehezebb, leghevesebb. A primer dűnék mögött már védettebb helyzetben fejlődik a homokkötő növények gyepje, melyet azonban még gyakran felszaggat a szél ereje, s ezért nem záródik a gyep. Ezeket „fehér dűnék"-nek nevezik, mert a fehér homok még sűrűn kibukkan a ritkás fűtakaró alól. A szélesebb, lapos hátú dűnéken már záródik az ezüstperje gyepje, melynek jellemző színe miatt ezt a dűnetípust „szürke dűné"-nek nevezzük. Aztán egy buckasorral hátrább már törpecserjék is megtelepszenek a zárt gyepben, a varjúbogyó, csarab és hanga (*Erica tetralix*), s ilyenkor „barna dűné"-ről beszélünk. A következő lépés már a beerdősülés kezdete, melyet a homoktövis (*Hippophaë rhamnoides*) ezüstös levelű cserjéinek áthatolhatatlan bozótja készít elő. Ezután a borókák és az erdeifenyő megjelenésével befejeződik a dűnekötés menete; kialakul a fenyves erdőkkel borított hangulatos, lankás dűnetáj.

A szukcessziós folyamat megfigyeléséért azonban nem szükséges a Keleti-tengerre utaznunk. Hasonlót – más szereposztásban, hazai növényfajokkal – az Alföld homokbuckáin is megfigyelhetünk, melyről *Kerner Antal* a világ talán legelső szukcessziótanulmányát írta meg.

Nálunk az első frontvonalat a rozsnokok egyéves gyepje alkotja a szúrós termésű királydinnyével és az erdei vadrozzsal. Minden évben elpusztulnak, de magjukból minden tavasszal új nemzedék kel életre, folytatva a harcot a mozgó homokon. Amikor ez a társulás már megvetette a lábát, jön az erősítés.

29. ábra

A tengerparti dűnék és az alföldi homokbuckák erdősülése

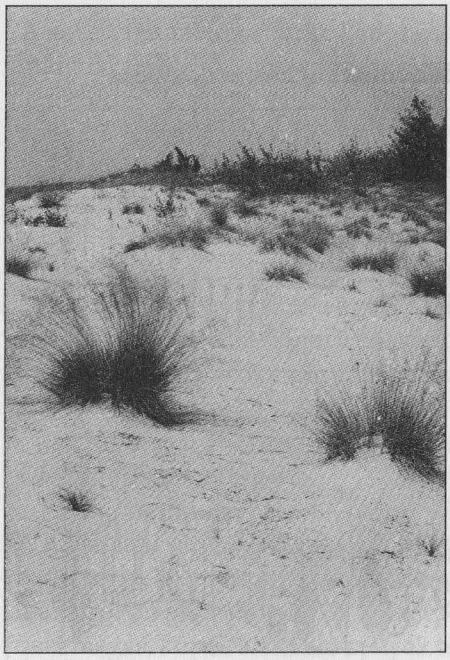


Jelmagyarázat:

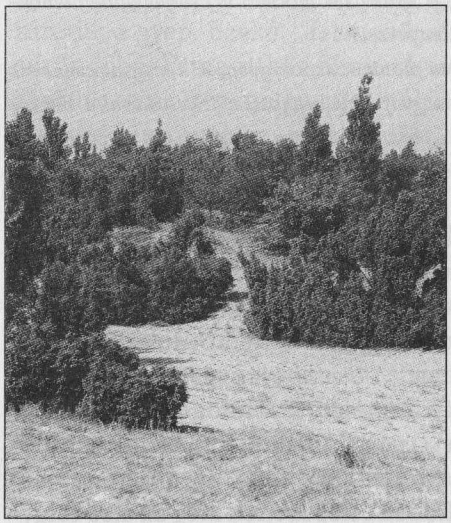
A = homokdűnék a Keleti-tenger partján. 1. primér vagy fehér dűne, nyílt gyeppel, 2. szürke dűne zárt gyeppel, 3. barna dűne félcserjés növényzettel, 4. brakvizes mocsár, 5. cserjés dűne homoktövis- és fűzbozóttal, 6. erdősült dűne homoki erdei fenyvessel.

B = homokbuckasor a Duna–Tisza közén. 1. egyéves pionír rozsnok-gyep, 2. a magyar csenkesz évelő nyílt homokpusztai gyepje, 3. nyílt homokpusztai gyep a buckaaljban szürke kákával, 4. buckaközi nedves homokpuszta rozmaringlevelű fűzzel, 5. a pusztai csenkesz árvalányhajas zárt gyepje, 6. nyáras-borókás cserjeerdő, 7. pusztai tölgyes, 8. gyöngyvirágos tölgyes.

A nagy, bojtos gyökérzetű magyar csenkesz (*Festuca vaginata*) telepszik az egyévesek közé, s fokozatosan terjeszkedve – az árvalányhajjal, a fehér szegfűvel és az égszínkék virágú báránypirosítóval (*Alkanna tinctoria*) – erősebb köteléket rak a homokra. Ahol a magyar csenkesz gyepje alatt mozdulatlanná vált a homok és megnőtt a talaj humusztartalma, a pusztai csenkesz és az élesmosófű teljesen záródó magas gyepje veszi át a homokkötés feladatát. Ekkor a homoktalaj termőereje már elegendő az első cserjék megtelepüléséhez is. Először nyílt cserjés erdők alakulnak ki, a szürke nyár és a boróka rendkívül hangulatos, tisztásokkal tarkított ligete. Ebben telepszenek meg az első tölgyfák, melyek azután fokozatosan átveszik az uralmat, és előbb nyíltabb pusztai tölgyes erdők, a buckák aljában pedig magas növésű, zárt gyöngyvirágos tölgyesek zárják le a szukcesszió menetét.



41. kép A magyar csenkesz *(Festuca vaginata)* csomói, az alföldi meszes homok első telepesei Fülöpházánál



42. kép Nyáras-borókás homoki cserjeerdő Csévharaszton

Sajnos ez a folyamat ma már sok helyütt nem megy teljesen végbe. Az erdők kiirtása és a lecsapolások után a talajvíz lesüllyedt; a talaj szárazabbá, s ezáltal a tölgy számára kedvezőtlenné vált. A madarak által terjesztett boróka és a szél szárnyán terjedő nyármagvak révén helyüket a nyáras-borókás cserjeerdők foglalták el a Duna–Tisza köze nagy részén. Velük – miután a tölgymakk nem repül – napjainkban befejeződik a homoki szukcesszió. Továbbhaladását csak az ember mesterséges beavatkozása segítheti elő azzal, hogy megkísérli az egykor kiirtott tölgyek újratelepítését, bár ez a ténykedés a termőhelyek leromlása miatt ma már gyakran nem vezet eredményre.

Fenyérek, lápok, lidércek

Az Alföld buckák közti mélyedéseiben is gyakorta feltör a talajvíz, s a lankás táj mélyedései kis mocsarakat, lápokat rejtenek. Az atlantikus és boreális tájakon, ahol a csapadék sokkal több és a párolgás lényegesen kevesebb, mint a mi síkságainkon, hatalmas kiterjedésű fenyéreket és lápokat találunk.

A fenyérek olyan törpecserjések, amilyeneket a barna dűnéken is láttunk. Nedves, kilúgozott, savanyú talajon élő, igénytelen növények, melyek rengeteg vizet képesek felvenni és elpárologtatni ahhoz, hogy megfelelő mennyiségű tápanyaghoz jussanak. Az állandóan fújó óceáni szelek azonban még ennél is nagyobb arányú párologtatásra kény-

szerítik őket, és ez meghaladja teljesítőképességüket. A túlzott párologtatás ellen a fenyérek növényei úgy védekeztek, hogy leveleik felülete kisebb lett: a fenyők tűleveleihez hasonló formájúra göngyölődtek össze. Mivel ez a jelenség elsősorban a hangafélék családjába (*Ericaceae*) tartozó növényeknél fordul elő, ezt a levéltípust, mint alkalmazkodási formát, erikoid levélnek hívják.

A fenyérek sanyarú termőhelyi viszonyok között alakulnak ki, de tájképileg szépek, hangulatosak. Nyár vége felé, ősz elején, amikor a csarab és a különböző hangafélék apró ibolyás-rózsaszín virágaikat nyitják, valószínűtlenül megszépül a felhős, szeles atlanti táj, s a partok vidéke sok-sok kilométer hosszan rózsaszínes, halványlila ruhába öltözik. Egy-egy boróka és a szélben didergő csenevész nyírfák ligetei sajátos varázst adnak a vidéknek, melyet az északnémetek Heide-nek, a franciák Landes-nak mondanak. A nyugati ember számára ez a puszta.

*

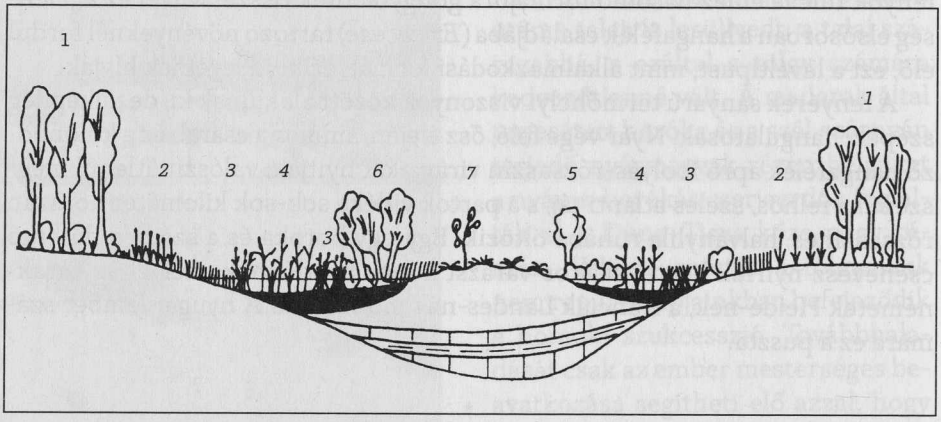
A fenyéreken s a dűnék sorain túl, a kiterjedt lapos síkságokon susogó nyírligetek és a komoran meredő erdei fenyvesek szélén titokzatosan, hallgatagon rejtőznek a lápok. A fákon túl víz csillog a mélyedésekben, melyekből füvek és sások csomói integetnek. A vízzel borított övezet túloldalán – mint szilárd száraz felület – bíztatóan emelkedik ki a dagadóláp világoszöld dombja. A zöld gyepben a gyapjúsás bóbitái villognak ezüstösen a friss szélben, készen arra, hogy nyár végére repülő terméseikkel elborítsák a messzi lápvidéket. A kiemelkedő láp szegélyén ibolyaszín virágaival a hanga (*Erica tetralix*), s a gyantás molyűző (*Ledum palustre*) erős illatú fehér virágaival, a mohával dúsan borított láptalajon pedig a különböző áfonyák törpecserjése alkot összefüggő szőnyeget.

A dagadóláp zöldellő halma azonban csak látszólag bíztató. Az út, amely idáig vezetett, itt véget ér. Megszakadt kereknyom jelzi, hogy a tájat lakó ember tovább nem merészkedik. És valóban, a talaj ingadozni kezd. Biztos támaszt csak a hüvelyes gyapjúsás merev levelű, berzedt zsombékjai nyújtanak, de ezt már csak a láp avatott ismerői tudják. A félelmetes lápvidéken órák hosszat vezetnek titkos ösvények a gyapjúsás keménytövű csomói mentén, melyek évszázadok alatt nem egy menekülőnek, üldözött szerencsétlennek, szegénylegénynek vertek hidat a szabadulás útjára; lovas üldözői – nem ismerve a láp titkait – nem mertek utána nyomulni, mert lovuk az első félrelépéskor nyeregig merült a híg tőzeges iszapba. Még a terepet és a növényeket jól ismerő botanikusnak is nagy körültekintéssel kell járnia e veszélyes terepen. Elég egy pillanatra belefeledkezni egy lápi orchidea, egy virágzó tőzegrozmaring vagy tőzegáfonya szépségébe, s az első óvatlan lépésnél csípőig merülhet a láp csalóka mohaszőnyegébe.

A dagadólápokat ugyanis tőzegmohák alkotják. E lápok úgy keletkeznek az északi és óceánikus tájakon, hogy a bőséges csapadék által a feltalajból ki-

30. ábra

Az észak-alföldi Nyírestó tőzegmohájának vegetációs szelvénye



Jelmagyarázat: 1. szil-kőris-tölgy ligeterdő, 2. mocsárrétek, 3. zsombékosok, 4. nádas, 5. fűzláp, 6. égerláp, 7. tőzegmohaláp.

mosott vas- és alumíniumsók az altalajban kicsapódnak, és egy cementálódott réteget hoznak létre: a vaskőfokszintet, mely a további csapadékmennyiséget nem ereszti át. Az így keletkezett vízzáró réteg felett a talaj elmocsarasodik, majd a csapadék felhalmozódva, tápanyagban szegény, savanyú vizű tavakká gyűlik össze, melyen csak a nagyon igénytelen tőzegmohák (*Sphagnum*ok) tudnak megtelepedni. Kedvező vízellátás mellett rohamosan elfoglalják a tó egész felszínét. Száruk alul a vízbe merülve elkorhad és finom szerkezetű mohatőzeggé bomlik, miközben a szár felső része szakadatlanul növekszik fölfelé, s a több száz méter átmérőjű mohavánkos úgy domborodik ki a láptó mélyedéséből, mint a kelt tészta a szakajtóból. Erről a tulajdonságukról kapták a tőzegmohalápok a dagadóláp elnevezést.

A tőzegmohák azonban nemcsak maguk növekszenek, hanem fittyet hányva a gravitáció és a hidrodinamika törvényeinek, magukkal viszik éltető elemüket, a vizet is, és működésük nyomán nemcsak a láp felszíne, hanem a víz szintje is domború lesz, mint egy hatalmas óraüveg, melyet a láp medencéjébe helyeztek. A tőzegmoháknak ugyanis a víz tárolására különleges szöveti szerkezetük van. A mohanövény leveleiben hosszú, szalagszerűen megnyúlt, klorofill-tartalmú sejteket találunk, melyek igen laza hálózatot alkotva alig negyedrészét teszik ki a teljes levél tömegének. Köztük sokkal nagyobb, hordóra vagy tömlőre emlékeztető, üres víztartó – *hydropoda* – sejteket találunk, melyeknek falai lyukacsosak és abroncsszerűen megvastagodottak, egyrészt, hogy a vizet felvegyék, másrészt, hogy a súlyát elviseljék. Bennük sem klorofill, sem másféle élő sejttartalom nincs, teljesen áttetszőek; ezért *leucocyták*nak mondják őket (de természetesen nem tévesztendők össze a hasonló nevű

fehérvértestekkel), s ezért a mohalevelek színe többnyire igencsak sápadtzöld. Néhány tőzegmohafaj ezenkívül még a hajtás külső oldalán is visel palack vagy lombik alakú, felül nyitott, ún. *ampullasejteket,* amelyek szintén a vízraktározást szolgálják, s amelyek a mohanövény növekedésével egyre magasabbra emelik a bennük levő vizet.

A tőzegmohalápoknak ez a rendkívül érdekes növekedési folyamata megérdemli, hogy közelebbről is szemügyre vegyük. Tartson velem kedves olvasóm, de előbb húzzon gumicsizmát, mert minden lépésünk nyomán bokáig süllyedünk a tőzegmohák vörös, barna, élénkzöld és sárgás, nedvesen csillogó szőnyegébe. Lábnyomaink nyomban megtelnek vízzel, rendkívüli óvatosságra van szükség. Félelemre azonban semmi ok, már több alkalommal sikeresen megjártam ilyen lápokat, s csak kétszer szakadtam bele derékig. Ilyenkor tanácsos lassú mozdulatokkal kikapaszkodni, mert az ijedten kapálódzó ember vagy állat egyre mélyebbre süllyed, s a csalóka talaj bugyborékolva nyeli el a vergődő áldozatot. A mohatakaró több méter mély, és a lápvíz kitűnően konzervál. A kiszárított lápokon dolgozó tőzegkitermelő munkások nem egyszer bukkannak szökevények, páncélos-fegyveres katonák, ártatlanok vagy bűnözők tetemére, akik évszázadokkal ezelőtt süllyedtek el és mumifikálódtak a láp vizében. S az éjszakában fellobbanó hideg lángok, a lidércfények, melyekről az egyszerű nép kísértettörténetei szóltak, az oxidálódó foszforvegyületektől meggyulladó metán nyomán keletkeznek.

*

Ébredező aggodalmunkat győzze most le tudományos érdeklődésünk, s figyeljük meg a tőzegmohaláp fejlődésének menetét. Itt, a láp belsejében, a kiemelkedő zsombékok és süllyedő semlyékek mozaikját találjuk. A zsombékot vörös és barna színű tőzegmohák és sötétzöld szőrmohák (*Polytrichum*) alkotják. Rajtuk gyapjúsás, áfonya, tőzegrozmaring virágzik. A semlyékeket sárga és világoszöld tőzegmohák szőnyege borítja, és benne különböző sások és a sárkánygyökér (*Calla*) torzsás virágzatát láthatjuk. A zsombékok kiemelkedő tetejét a szél kiszárítja, és így növekedésük lelassul. A vízzel borított semlyékekben viszont a mohák erőteljesen növekszenek, s egy idő multán túlnövik a zsombékokat. A régi semlyékből zsombék lesz, a zsombékból pedig semlyék, s a folyamat kezdődik elölről, és mindaddig tart, amíg a láp vízellátása elegendő. Ezt a folyamatot a láp regenerációjának nevezik. Ezzel ellentétes irányú folyamat az erózió, amely akkor lép fel, ha nagyon sok az eső, amely a domború lápfelszínről lecsurogva kimossa a zsombékokat, és a láp mélyedéseiben összegyűlve kis tavakat hoz létre.

Tőzegmohalápok nemcsak a hűvös, nedves éghajlatú tájakon alakulhatnak ki, hanem más éghajlat alatt is, de ebben az esetben létrejöttükhöz kisegítő körülmények szükségesek. Keletkezésük alapján a növényföldrajz-kutatók a



43. kép Erdős tőzegmohaláp, a Goethe-Moor, a Harz hegységben

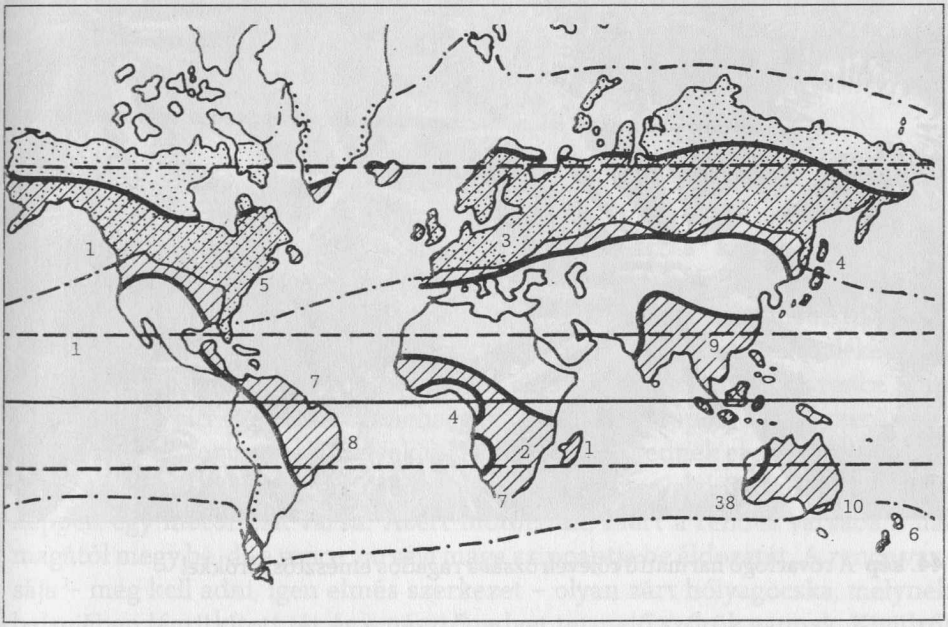
tőzegmohalápok három típusát különböztetik meg. *Ombrogén* lápok azok, amelyeknek létrejöttét kizárólag a fölös mennyiségű csapadék idézi elő. Ilyenek az atlantikus és a boreális lápok, melyek sík területen is kialakulhatnak. *Szoligén*nek mondják ezzel szemben a magashegységi lápokat, melyeknél megfelelő felszíni alakulat, völgy, mélyedés szükséges, amelyben a csapadék megmaradhat. Végül *topogén*ek azok a lápok, amelyeknél a csapadékvíz egymagában nem elegendő a láp fenntartására, hanem kialakításukban más eredetű víz (forrás, folyó holtága stb.) is részt vesz. Ilyenek általában a hazánk területén szórványosan előforduló, kis kiterjedésű tőzegmohalápok is. Ezek növényvilága természetesen szegényebb, mint az észak-európai vagy havasi lápoké, de ezek semlyékeiben is megtaláljuk azokat a különös, ragadozó életmódot folytató növényeket, amelyek szakítva a növényvilág jámbor hagyományaival, állatokkal táplálkoznak.

Zsákmányra leső növények

Ha figyelmesen szemlélődünk a lápon, a tőzegmohapárnák kiritkulásain, ahol a barnásfekete tőzeg elsötétlik, forintos nagyságú színes tőlevélrózsákat pillanthatunk meg, a rovarfogó harmatfű (*Drosera*) tőleveleit. Az apró, kanál

31. ábra

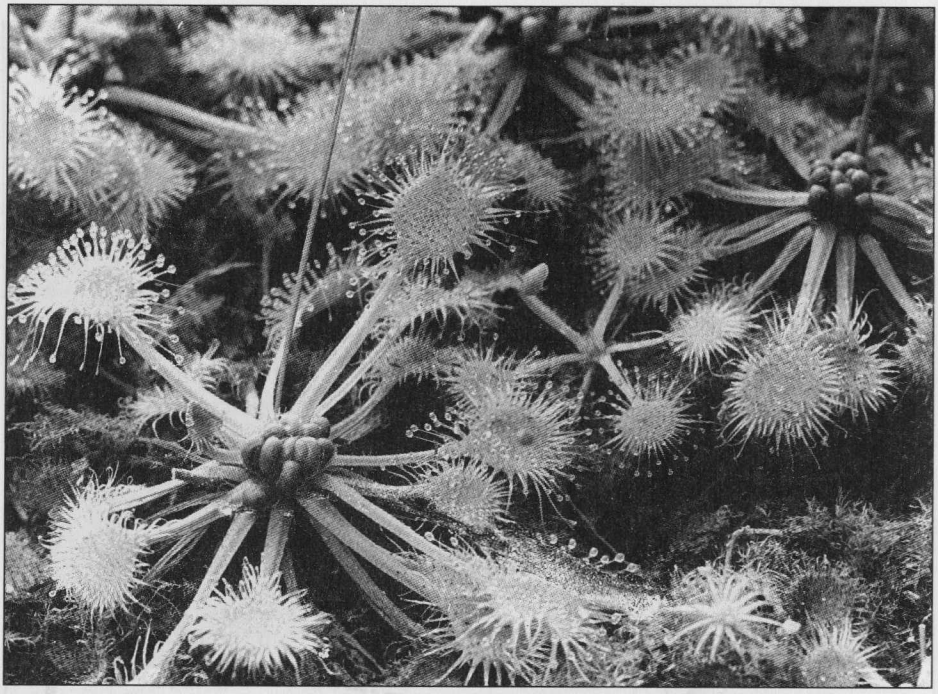
A harmatfű nemzetség (Drosera) elterjedése és fajszáma a Föld különböző területein (ferdén vonalkázott) és összefüggése a tőzegmohalápok elterjedésével (pontozott)



Az északi félgömbön ez az összefüggés szorosnak mutatkozik.

alakú leveleket piros szőrök borítják, amelyek végén – mint megannyi csillogó harmatcsepp – fejecske alakú, emésztőnedvvel telt mirigy ül. A vöröses mirigyszőrök csábító csillogása sok, nektárra vadászó rovart vonz a kívánatosnak álcázott csapdába. Amint az apró rovar leszáll a levélre, váratlanul megmozdul a mirigyszőrök vörös erdeje. A csillogó mirigyek rátapadnak a menekülni vágyó állatra, s a „harmatcseppek" ragadós, nyúlós folyadéka nem engedi el áldozatát. Ahogy a vergődő állat fokozza az ingerhatást, az egész levéllemez meggörbül, és egyre több mirigyszőr hajlik oda halálos ölelésre. A mirigyekből kiömlő fehérjeoldó váladék feloldja a rovar lágy részeit, a növény pedig felszívja a mirigyszőrökön keresztül. Ez a folyamat hosszabb ideig tart, mint a zsákmány megragadása, megbénítása. Hetekbe telhet, míg az újra kisimuló levéllemez mirigyszőrei közül a rovar oldhatatlan kitinvázát elfújja a szél.

Ha a harmatfüvet tőzegmohapárnával együtt üvegedénybe téve üveglappal lefedjük, néhány érdekes kísérletet is végezhetünk. Naponta öntözzük meg kis élőközösségünket eső- vagy desztillált vízzel (már a csapvízben levő kevés kalcium is elpusztítja növényeinket – a klórról nem is beszélve). Megfigyelhetjük,



44. kép A rovarfogó harmatfű tőlevélrózsái a ragadós emésztőszőrökkel

hogy a zsákmányfogás és az emésztés reakciója akkor is bekövetkezik, ha apró nyers vagy főtt húsdarabkát vagy akár sajtmorzsát helyezünk a levelekre. Ha ellenben vas- vagy üvegszilánkot, a mirigyszőrök odahajolnak ugyan, de aztán „csalódottan" kiegyenesednek. A növény tehát nem vakon zsákmányol, hanem „megízleli" a levélre került anyagot, és csak a fogyasztható, az állati fehérjék váltják ki belőle az emésztés ingerét.

Ez a különleges táplálkozási forma nem a fotoszintézist helyettesíti a ragadozó növényeknél. Levélzöldjükkel ők is szabályos CO_2-asszimilációt folytatnak. A ragadozó életmóddal csak nitrogénszükségletüket fedezik, melyben a láptalajok igen szegények a rendkívül lassú korhadási folyamatok miatt. Nem véletlen tehát, hogy a rovarfogás mechanizmusát tekintve igen különböző növények nagyon hasonló termőhelyi viszonyok között élnek, amelyeknek legfontosabb közös vonása a nitrogénhiány vagy a nitrogénben való szegénység.

A harmatfű közeli rokona az *Aldrovanda*, amely a melegvizű, tőzegben gazdag láptavak, holtágak lebegő hínárnövénye. Ez a kistermetű – alig pár cm hosszú –, gyökérke nélküli növény hazánkban egyedül a somogyi Baláta-tó ősi láptavában él. Apró, úszkáló rákokat zsákmányol nyitott könyvként szétálló levéllemezeivel, amelyeken érzőszőrök vannak. Érintésre a levéllemezek rendkívüli gyorsasággal, 1-2 tizedmásodperc(!) alatt összecsapódnak, és el-

fogják a fickándozó rákocskát, amelyet a mirigyszőrök által kiválasztott emésztőnedv tesz elfogyaszthatóvá.

Hasonló berendezéssel ejti el zsákmányát az észak-amerikai Carolina állam nedves-homokos termőhelyein élő Vénusz légycsapója (*Dionaea muscipula*), amely szintén a harmatfűfélékhez (*Droseraceae*) tartozik. Itt a könyvszerűen összecsapódó levéllemezrészek szélén még fésűszerű fogazat is van, amely rácsszerűen záródik, és nagyobb méretű (1 cm-es) zsákmány megragadására is alkalmas.

*

A legelterjedtebb rovarfogó növény hazánkban a közönséges rence (*Utricularia vulgaris*), amely nem rokona a harmatfűnek, hanem a tátogatóvirágúakhoz áll közel. Folyóink holtágaiban és tavainkban, különösen a Velencei-tó nádasaiban igen gyakori; nyár derekán az oroszlánszájra emlékeztető, aranysárga virágai valóságos szőnyeget alkotnak a víz színén. A rence apró rákokkal enyhíti égető nitrogénéhségét. Zsákmányát apró, hólyagszerű képződményeivel fogja meg, amelyek fürtökben helyezkednek el sallangos levelein és az egyes levélszeletek módosulásain. A hólyag alakú csapda tulajdonképpen egy motorizált varsa. Azért motorizált, mert a rendes varsába a hal magától megy be, de a rence varsája maga szippantja be áldozatát. A rence varsája – meg kell adni, igen elmés szerkezet – olyan zárt hólyagocska, melynek belsejében légritkított tér és emésztőnedvet termelő szőrök vannak. Kívülről a csapdát egy fedő zárja le, melyen érzőszőröket találunk. A recept ismerős: a rákocska megérinti az érzőszőrök valamelyikét, erre a fedő kinyílik és a hólyagocskában levő vákuum vizestül beszippantja a gyanútlan áldozatot. A rence tehát nagy ínyenc, nem szárazon, hanem leves formájában fogyasztja húst. Ez a szerkezet sokkal jobb hatásfokkal dolgozik, mint a harmatfű mirigyszőrös levele, mert a varsa már negyedóra múlva újra üzemképes. A zavarosban való halászatnak csupán az vet véget, hogy a varsa megtelik emészthetetlen maradékkal. Ilyenkor „leselejtezik", és kiiktatódik a feldolgozóiparból. Hiányát a növény nem érzi meg, mert egy-egy példányán több száz hólyagocska is lehet.

A rence közeli rokona a hízóka (*Pinguicula*), amely lápos, tőzeges termőhelyeken hazánkban is előfordul a Dunántúlon, de igazi hazája a magashegységek forráslápjain van, ahol gyakori növény. Tőlevélrózsái 2-3 cm hosszú, tojásdad levelekből állnak, melyeknek színét sűrűn borítják a ragadós váladékot termelő ülő mirigyek. Ezek sárgászöld csillogása csábítja a rovarokat életveszélyes kíváncsiskodásra. Itt az érintési inger hatására a levelek széle göngyölödik be és segít a zsákmány megragadásában. A feloldott fehérjék felszívása után a levél lemeze ismét kiterül.

*

A rovarfogó növényeknek egy harmadik rokonsági körét is ismerjük, melyek az említettektől eltérő módon, többnyire kancsószerű berendezéssel fogják meg zsákmányukat. Ilyen az észak-amerikai tőzegmohalápokon élő *Sarracenia* és *Darlingtonia*, különösen pedig a kancsókafélék (*Nepenthaceae*) legnagyobb része, melyek – a fánlakó orchideákhoz hasonlóan – a trópusi Ázsia, Ausztrália és Madagaszkár őserdeinek lombkoronaszintjében él. Legismertebb közülük a kancsóka (*Nepenthes*), melyet a legtöbb botanikus kertben megtalálhatunk. Ennek a növénynek a levélnyele részben lemezszerű asszimiláló képletté, részben pedig kancsó alakú rovarfogó berendezéssé módosult, melynek csupán le nem csukódó fedele képezi az eredeti levéllemezt. A növény virága jelentéktelen, zöldessárga színű, és semmi szerepe sincs a rovarfogásban. Annál feltűnőbbek a 20 cm-es nagyságot is elérő, lecsüngő kancsók, melyeket izgató vörösbarna tigrismintázat díszít. A kancsó szegélyén és a fedő alján levő mirigyek édes nedvet választanak ki, melynek illata messziről vonzza a párás őserdők gazdag rovarvilágát. Nem kevésbé csábító a kancsó bíborbarna, viasszal borított, csillogó pereme, amely a világ legsíkosabb táncparkettjének is beillik, s melyről a rászálló rovarok ugyanazzal a lendülettel csúsznak tovább a kancsó belsejébe. Itt vízből és emésztőnedvből álló fürdő várja a vendégeket, melyből nincs menekvés; a fehérjerészek lebontása néhány óra alatt megtörténik.

A rovarevő növényeknél ismét azt a fejlődéstörténeti jelenséget figyelhetjük meg, amelyet a mangrovenövényeknél vagy a szukkulenseknél láttunk: a környezeti viszonyok bizonyos meghatározott alakulása a Föld legkülönbözőbb pontjain a legkülönbözőbb szerveződésű és rokonságú növényekből váltja ki ugyanazokat az alkalmazkodási formákat, amelyek szervezeti megoldásaikban lehetnek különbözők, de élettanilag teljesen egyenértékűek.

Szigetek a szárazföldön

A hivatásos alpinistát és a műkedvelő kirándulót nemcsak a vállalkozás izgalma, a leküzdhető magasságok öröme vonzza a hegyekbe, hanem a szédítő csúcsokról, meredek gerincekről nyíló nagyszerű kilátás is. Nehéz lenne megmondani, hogy a panorámák közül melyik szebb: amikor ragyogó tiszta időben a távoli hegységek és messzi síkságok festői képe terül el a magasságot meghódító ember előtt, vagy amikor a habos felhők óceánja borítja be a völgyeket, s csak a magas hegyormok emelkednek ki, mint merész szirtek vagy kékeszöld szigetek.

Sok magashegység valamikor a földtörténet során ténylegesen a tengerből kiálló sziget volt, mások a jégkorszakok idején mint a jégárak tengeréből kiálló

szirtek váltak a növények és állatok menedékévé. Ha a síkságokból kiemelkedő magashegységek élővilágát vizsgáljuk, hamarosan rá kell jönnünk, hogy ezek a hegyvidékek nemcsak földtörténeti múltjukat tekintve vagy jelképesen szigetek, hanem biológiai értelemben is valóban azok. Minden magashegységben a bennszülött állat- és növényfajok sokaságát találjuk, melyek ott születtek és ott is maradtak, mert számukra a síkságok meleg, száraz, szélsőséges éghajlata épp olyan szigorú határt szab, mint a szigeteken élőknek a tenger. A hegységek persze nemcsak szigetek lehetnek a szárazföldön, hanem óriási hidak is, és a lánchegységek nagy rendszerei éppenséggel elősegítették a növények elterjedését. Így vannak olyan növényfajok, amelyek az Eurázsiai-hegységrendszeren végigvonulva a Pireneusoktól az Altájig megtalálhatók. Ugyanígy hidegtűrő északi fajok és nemzetségek a Kordillerák láncolatán át levándoroltak a sarkvidékekről egészen az Egyenlítő szélességéig.

A hegyvidék növényföldrajzi érdekessége – a sok saját nevelésű faj mellett –, hogy rajtuk egymás felett elhelyezkedő szintekben 2-3000 m távolságon belül megtaláljuk ugyanazokat a növényzeti öveket, amelyeknek megtekintéséhez ezer kilométereket kellene utaznunk a pólusok irányába. A magashegységekben felfelé haladva ugyanis 100 m-enként 0,5-1,0 °C-szal csökken a középhőmérséklet, s ennek köszönhető, hogy itt a közeli Kárpátokban 1000-1200 m magasságban az észak-európai tajgát láthatjuk viszont, 2000 m magasságban pedig a sarki tundrák növényzetéhez igen hasonló havasi gyepek növényvilágában gyönyörködhetünk.

A hegyvidékek növényvilága is hasonló harc árán telepszik meg, és hasonló szukcesszióban alakítja ki környezetét, mint a tengerpartok, homokdűnék vagy lápok növényei, csakhogy itt az alapkőzet kemény, ellenálló szikla, amelyen ez a folyamat sokszorta lassabban megy végbe.

A hegyvidékek pionírjai

A sziklák első növényei, telepesei a zuzmók. Ezeknek a kis „termelőszövetkezeteknek" az igénytelensége, ugyanakkor pedig tevékenységük haszna egészen bámulatos. Annak a folyamatnak, amit biológiai mállásnak nevezünk – azaz a talajképződésnek –, az élő szervezetek által végzett részében övék az oroszlánrész. Nem hangoskodó mechanikai berendezésekkel, légsűrítős burkolattörő kalapáccsal vagy dinamittal dolgoznak, hanem teljes csendben, fejlett kémiai módszerekkel. Különböző savakat termelnek, amelyek oldják a szikla felszínét, s egyenetlenné teszik a mélyedéseket, így azok alkalmassá válnak újabb növények megtelepedésére. A növényvilág e bányászai nem csak a külszíni fejtést ismerik. Behatolnak a sziklák repedéseibe, sőt, savaik segítségével maguk fúrnak „kutatóárkot" a mélybe; egyesek pedig csak a szikla felszíne alá hatolva érzik jól magukat. Legismertebb e zuzmók közül a különösen

grániton élő, sárgászöld bevonatot alkotó térképzuzmó (*Rhizocarpon geographicum*). A kéregzuzmók után májmohák, majd lombosmohák telepszenek meg a málló sziklafelületeken. Az élő szervezetek kőzetbontó tevékenységét az egyidejűleg folyó fizikai és kémiai mállás is elősegíti. A nappalok felmelegedése és az éjszakák lehűlése megrepeszti, az esővízben oldott szénsav pedig – bár lassan és nehezen, de – oldja a sziklákat, s ezáltal újabb „támadási" felületek nyílnak a növények számára. A sziklarepedésekben összegyűlő minimális humusz már alkalmas sziklalakó páfrányok, pozsgás levelű kövirózsák vagy az igen igénytelen kőtörőfüvek és a kőhúr megtelepedésére. Ezek egyre vastagodó gyökereikkel több száz hektopaszkál nyomást fejtenek ki a sziklafelületekre, mélyítik, szélesítik a repedéseket. Ezután jelennek meg az első társulásalkotó füvek, az erős tövű, bojtos gyökerű deres csenkesz, vagy a havasokon a nyúlfarkfű.

A szikla nem egykönnyen adja meg magát. A hódítók csak lassan, és sok áldozat árán jutnak előre. Nemzedékek hosszú sora pusztul el, de testük humusszá bomlik, amelyen új élet fakad, s újabb nemzedékek folytatják a harcot. Sok időbe telik, míg az elhalt növények teste a málló kőzet részecskéivel együtt néhány centiméter vastagságú talajjá alakul, s az elszigetelten küzdő pionírok végre kapcsolatba jutnak egymással. Kialakul az első növénytársulás: a nyílt sziklagyep, amely azért nyílt, mert a növényekkel borított területek között még nagy csupasz sziklafelületek vannak, tehát a növénytakaró nem záródhatott.

Előfordul, hogy a növényzet fejlődési folyamata, a szukcesszió ezen a pontos megreked. Ezt láthatjuk például a magas mészkőhegységekben, ahol az állandó sziklaomlások minduntalan friss törmelékkel borítják el a kialakult növényzetet. Ez a törmelék a meredek lejtőkön saját súlyánál fogva vándorol, és megakadályozza a növényzet további fejlődését. Ezért a törmelékkötő pionírok vagy kivételesen erős tövű és nagy gyökérzetű füvek – mint a *Festuca picta* –, vagy a törmeléket gyorsan behálózó, kúszó lágyszárúak, cserjék és félcserjék – pl. kakukkfüvek –, vagy pedig olyan növények, mint a pozsgáslevelű rózsás varjúháj, amely nagy sarjadzóképessége révén a törmelékkel együtt tud vándorolni, és többször is újra legyökerezni.

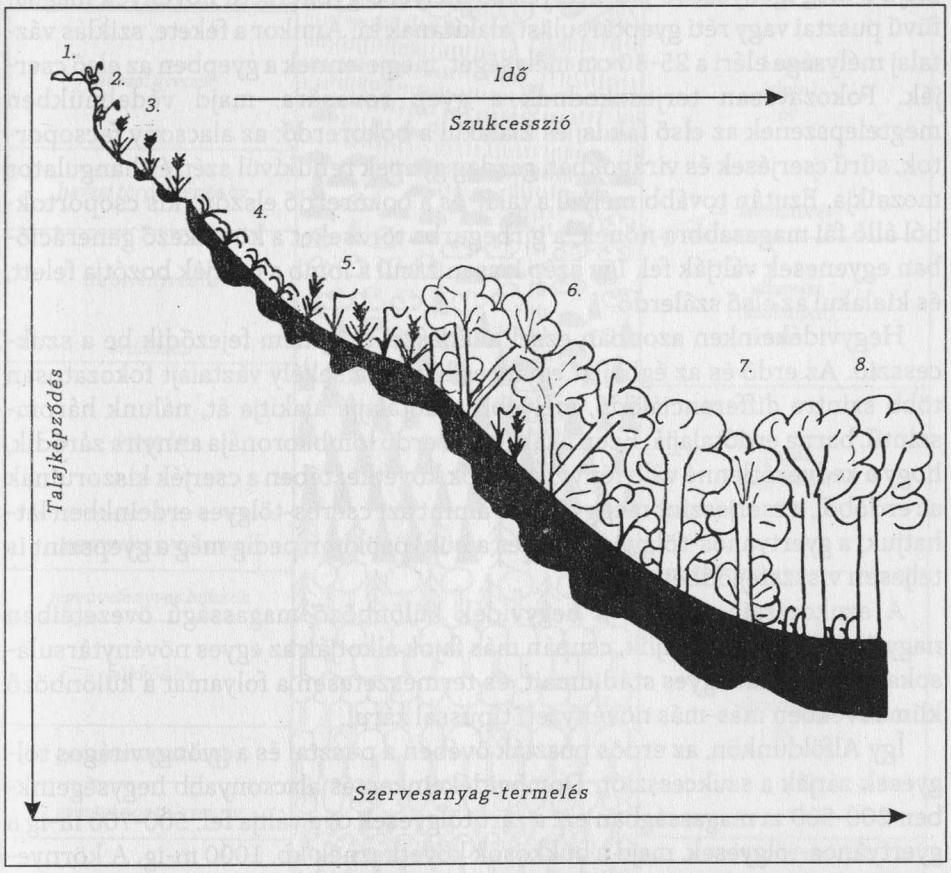
*

Ismerünk olyan eseteket is, amikor magának a kőzetnek a minősége lassítja le a szukcesszió menetét. Amíg a mészkősziklák beerdősülése kedvező körülmények között 200 év alatt végbemehet, a dolomitsziklák akár tíz-, sőt százezer éven át is erdőtlenek maradnak. A dolomitnak ugyanis az a sajátsága, hogy főleg fizikailag aprózódik, de kémiailag igen ellenálló, s ezért a talajképződés igen lassan zajlik le rajta. Ezért a dolomitkőzet nagyon sokáig képes megőrizni eredeti növényzetét, sőt más éghajlatú földtörténeti korok növényeit is. Így

hazai dolomithegységeink is sok maradványfajt őriznek. A déli lejtők a jégkorszakok előtti és közötti meleg korokból származó növényeket, mint a dolomitlen (*Linum dolomiticum*), a magyar gurgolya vagy Sadler-husáng (*Ferula sadleriana*), a hűvös sziklás északi lejtők pedig havasi északi növényeket mentettek át a jégkorszakból napjainkba, mint a medvefül kankalin vagy a szürke bogáncs. Ők a mi növényvilágunk „nagy öregjei", a magyar flóra büszkeségei, amelyeket a dolomitjelenség mentett meg a más területeken már évezredek óta előbbre tartó szukcesszió könyörtelen versengésétől. Ezek a növények ma is pionírok, úgy, mint tízezer évekkel ezelőtt. Az élettelen

32. ábra

Egy dolomitszikla beerdősülésének menete



Jelmagyarázat: 1. pionír zuzmó-moha stádium, 2. sziklahasadék-lakó pionír virágos növények, 3. a deres csenkesz nyílt sziklagyepje, 4. a törpe sás zárt sziklagyepje, 5. a pusztai csenkesz magasfüvű pusztai gyepje, 6. karsztbokor-erdő, 7. melegkedvelő molyhostölgyes erdő, 8. cseres-tölgyes szálerdő.

környezettel szemben frissen harcolnak most is, de az élő környezet versengését nem képesek elviselni.

Amíg a szikla beerdősül

A szukcesszió folyamata a legtöbb esetben tovább halad. A nyílt sziklagyep növényei szorgalmasan fotoszintetizálnak, termelik a szerves anyagot, terjeszkednek és mélyítik a talajt. A mélyebb talajon új, erősebb növényfajok jelennek meg, előbb csak szálanként, majd ahogy a talaj mélyül, meghódítják a még szabadon maradt sziklafelületeket is; kiszorítják az előző társulás vezérnövényeit, és maguk veszik át az uralmat. A sziklagyep most már záródik, majd a még igényesebb pázsitfüvek és mélyebb gyökérzetű növények magasfüvű pusztai vagy réti gyeptársulást alakítanak ki. Amikor a fekete, sziklás váztalaj mélysége eléri a 25-30 cm mélységet, megjelennek a gyepben az első cserjék. Fokozatosan terjeszkednek a gyep rovására, majd védelmükben megtelepszenek az első fák is, és kialakul a bokorerdő: az alacsony facsoportok, sűrű cserjések és virágokban gazdag gyepek rendkívül szép és hangulatos mozaikja. Ezután tovább mélyül a talaj, és a bokorerdő elszórt, kis csoportokból álló fái magasabbra nőnek; a girbegurba törzseket a következő generációban egyenesek váltják fel. Így szép lassan zárul a lomb a cserjék bozótja felett, és kialakul az első szálerdő.

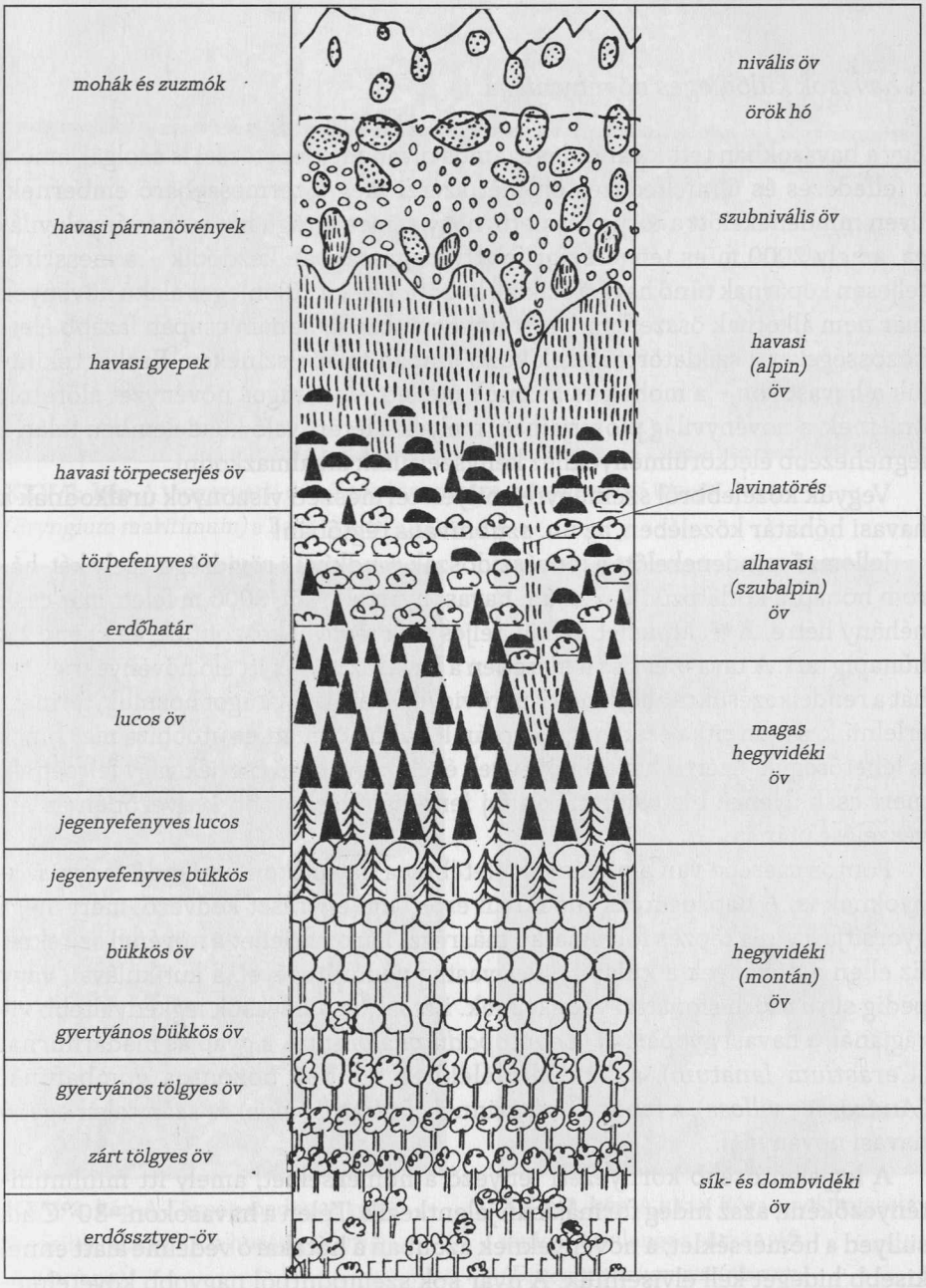
Hegyvidékeinken azonban ezzel a lépéssel még nem fejeződik be a szukcesszió. Az erdő és az éghajlat együttes hatása a sekély váztalajt fokozatosan több szintre differenciálódó, mélyebb erdőtalajjá alakítja át, nálunk háromszintű, barna erdőtalajjá. Ezen a talajon az erdő lombkoronája annyira záródik, hogy a kedvezőtlenné váló fényviszonyok következtében a cserjék kiszorulnak az erdőből, a cserjeszint meggyérül, – amint azt cseres-tölgyes erdeinkben láthatjuk; a gyertyános-tölgyesekben és a bükkösökben pedig még a gyepszint is teljesen visszafejlődhet.

A szukcesszió menete a hegyvidék különböző magasságú övezeteiben nagyjából hasonlóan zajlik, csupán más fajok alkotják az egyes növénytársulásokat, a folyamat egyes stádiumait, és természetesen a folyamat a különböző klímaövekben más-más növényzeti típussal zárul.

Így Alföldünkön, az erdős puszták övében a pusztai és a gyöngyvirágos tölgyesek zárják a szukcessziót. Dombvidékeinken és alacsonyabb hegységeinkben 200-500 m magasságban ezt a zárt tölgyesek öve váltja fel; 500-700 m-ig a gyertyános-tölgyesek, majd a bükkösök következnek kb. 1000 m-ig. A környező Kárpátokban ebben a magasságban kezdődik a tűlevelűek öve. Előbb jegenyefenyves-bükkösöket, majd jegenyefenyves-lucosokat találunk, 1200-1300 m-től felfelé pedig a lucfenyvesek széles övét, amely egészen a havasi erdőhatárig terjed. Az erdőhatárt a havasokon is hasonló okok váltják ki, mint a sarkvi-

33. ábra

A növényzeti övek magassági eloszlása Közép-Európában a magyar Alföldtől az Alpok csúcsaiig



dékeken: a rövid tenyészidő és a sekély, fagyos talaj. A különbség az, hogy a hegyvidéken a fahatár nem több száz kilométer széles zóna, hanem csupán egy 100-200 m-es keskeny sáv, amely fölött egyszerre kitárul a havasok csodálatos növényvilága.

A havasok különleges növényvilága

Egy a havasokban tett kirándulás számos olyan meglepetéssel is szolgál, amely a felfedezés és újrafelfedezés örömét szerzi meg a természetjáró embernek. Ilyen mindenekelőtt a törpe termetű, nagy színes virágú havasi növények világa, amely 2000 m-es tengerszint feletti magasságban kezdődik – a messziről teljesen kopárnak tűnő havasi sziklák között. Ezek a különleges alakú növények már nem alkotnak összefüggő, zárt növénytakarót, hanem csupán lazább életközösségeket a sziklatörmelékek közti szabad talajfelszíneken. Ezeket tekintjük a havasokon – a mohák és zuzmók mellett – a virágos növényzet előretolt őrseinek, a növényvilág pionírjainak, melyek a létért való küzdelemben talán a legnehezebb életkörülményekhez kényszerültek alkalmazkodni.

Vegyük közelebbről szemügyre, milyen természeti viszonyok uralkodnak a havasi hóhatár közelében, az ún. *szubnivális* régióban!

Jellemző mindenekelőtt a tenyészidőszak rendkívüli rövidsége, mely két-három hónapra korlátozódik – az ún. havasi nyárra –, sőt, 3000 m felett már csak néhány hétre. A tél átmenet nélkül, teljes zordságával köszönt be, és kilenc-tíz hónapig tart. A tavasz és ősz ismeretlen a havasokon. Az itt élő növényeknek tehát a rendelkezésükre álló rendkívül rövid idő alatt kell virágot hozniuk, termést érlelniük, s nem ritka eset, hogy a korán lehulló hó miatt ez utóbbira már nincs is lehetőségük. Ezért a havasi növények évelők, gyakran cserjék vagy félcserjék, mert csak ilyenek biztosíthatták a faj fennmaradását több kedvezőtlen év átvészelése után is.

Fontos szerepe van a növények életében a havasokon uralkodó fényviszonyoknak is. A napsugárzás rendkívül erős, ami egyrészt kedvező, mert meggyorsítja a virágképzés folyamatát, másrészt káros is lehet a növényi sejtekre. Ez ellen a növények a külső felület vastag védőrétegével, a kutikulával, vagy pedig sűrű szőrbevonattal védekeznek. Ezt látjuk a havasok legkedveltebb virágjánál, a havasi gyopárnál (*Leontopodium alpinum*), a gyapjas madárhúrnál (*Cerastium lanatum*), a kankalinfélékhez tartozó bozontos gombafűnél (*Androsace villosa*), a fehér kökörcsinnél (*Pulsatilla alba*) és számtalan egyéb havasi növénynél.

A legjelentősebb környezeti tényező a hőmérséklet, amely itt minimumtényezőként, azaz hideg formájában jelentkezik. Télen a havasokon –30 °C alá süllyed a hőmérséklet; a növényeknek azonban a hótakaró védelme alatt ennél kisebb hideget kell elviselniük. A nyár sok szempontból nagyobb követelmé-



XXV/1. kép A tengerparti dűnék ördögszekere, a tengerparti iringó *(Eryngium maritimum)* a Balti-tenger partján



XXV/2. kép A Kárpát-medence egyik legősibb reliktuma, a husáng *(Ferula sadleriana)*



XXV/3. kép A hazai flóra egyik legszebb virága, a sallangos sárkányfű *(Dracocephalum austriacum)*



XXVI/1. kép A magyar növényvilág legkorábban virító virága, a magyar kikerics *(Colchicum hungaricum)* a villányi Szársomlyón



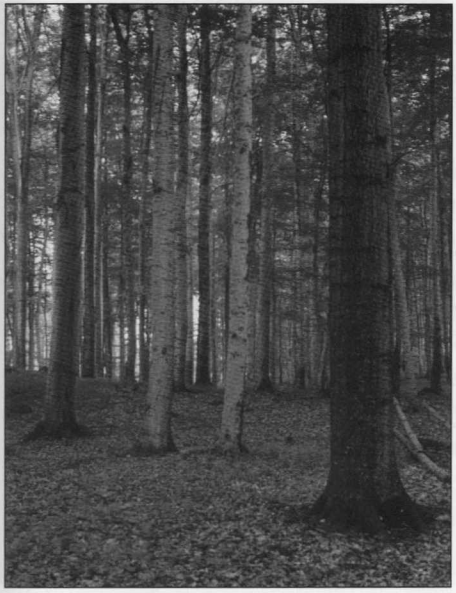
XXVI/2. kép A hazai flóra egyik legszebb védett ritkasága, a bánáti bazsarózsa *(Paeonia banatica)*



XXVI/3. kép A hazai bükkösök szép májusi virága, az árnyékvirág *(Majanthemum bifolium)*



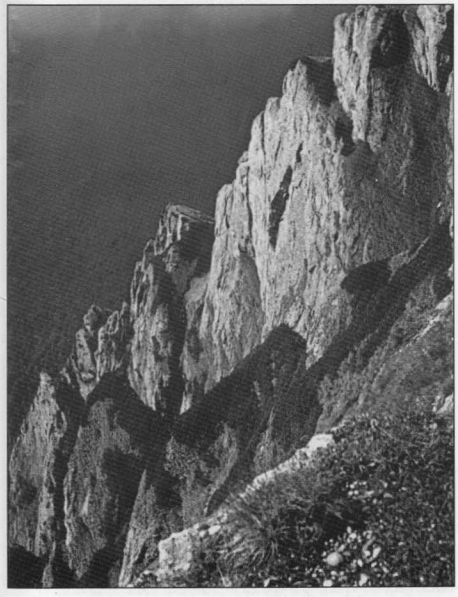
XXVI/4. kép A dunántúli tölgyesek mediterrán virágékessége, a királyné gyertyája vagy genyőte *(Asphodelus albus)*



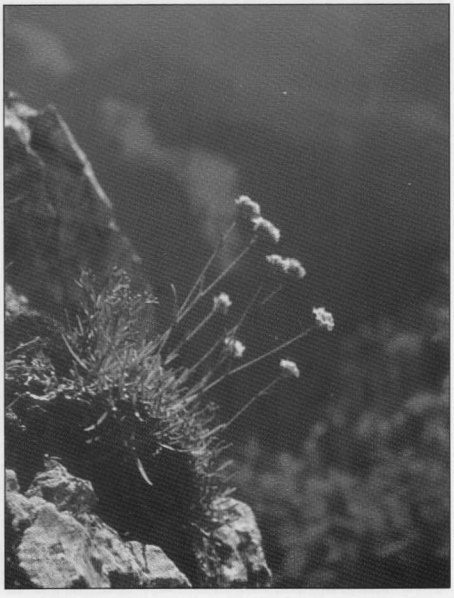
XXVII/1. kép Idős bükkös a Zselic dombvidékén



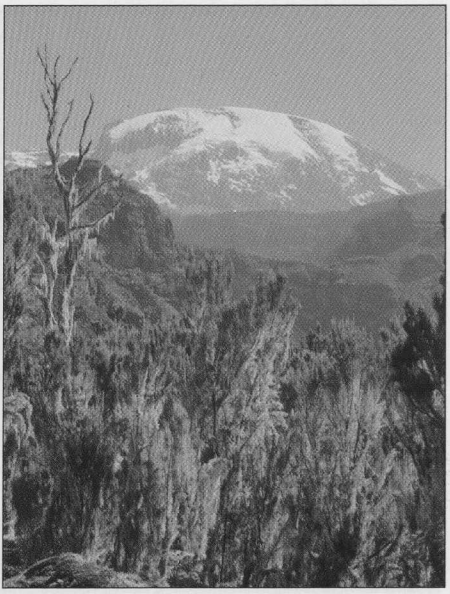
XXVII/2. kép A karsztbokorerdők és melegkedvelő tölgyesek illatos virága, a nagy ezerjófű *(Dictamnus albus)*



XXVII/3. kép A Caraiman sziklaletörése a Bucsecsen (Déli-Kárpátok)



XXVII/4. kép A sziklai derécefű *(Gypsophila petraea)*, az Erdélyi-Kárpátok bennszülött párnanövénye



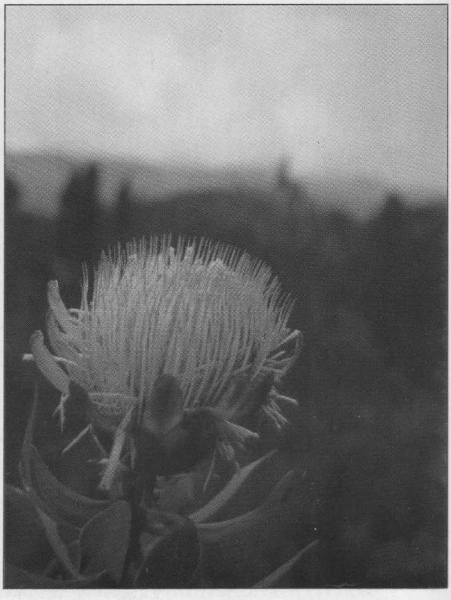
XXVIII/1. kép Zúzmókkal borított *Erica*-cserjék a havasi fahatáron 3100 m magasságban, a Kilimandzsárón. Háttérben a hegy főcsúcsa, a Kibo



XXVIII/2. kép A pompás kesztyűvirág *(Hebenstreitia dentata)* a Kilimandzsárón



XXVIII/3. kép A Kilimandzsáró bennszülött kardvirágja *(Gladiolus watsonioides)*

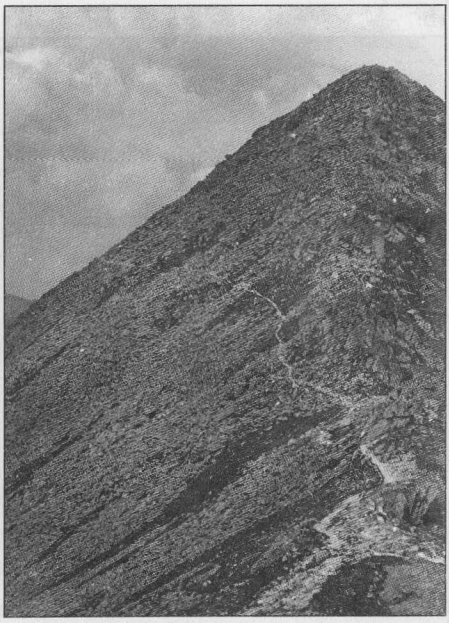


XXVIII/4. kép A kilimandzsárói prótea-virág *(Protea kilimanjarica)* az alhavasi cserjések ékessége

nyeket támaszt a növények tűrőképességével szemben, mint a tél. Ekkor ugyanis a hőmérsékleti szélsőségek igen nagyok, hiszen a déli órákban az erős besugárzástól *(inszoláció)* 30-40 °C-ra is felmelegszik a talaj menti légréteg, sőt a talaj felszínén 60 °C-ot is mértek már, míg éjszaka rendszeresen csaknem fagypontig hűl le a levegő. Ezek valósággal sivatagi éghajlati szélsőségek. Így éjszakánként a növények életfolyamatai rendkívül lelassulnak, szinte a halál állapotába dermednek, melyből a reggeli napfény melege kelti őket ismét életre. De nemcsak a nappal és az éjszaka hőmérséklete ennyire szélsőséges, hanem az északi és déli lejtőé, sőt a napfényes és az árnyékos időé is. Ha felhő takarja el a Napot, néhány perc alatt 20-30 °C-ot zuhan a hőmérő higanyszála, és ismét rohamosan emelkedik, ha kisüt a Nap. Az alpinisták már régóta tudják, hogy a havasokra mindig teljes nyári és téli ruhatárat kell vinni, a fürdőruhától a síöltönyig. A növényeknek azonban átöltözés nélkül kell elviselniük az időjárás szélsőségeit.

*

A havasi növények világa nemcsak hőmérséklet, hanem vízgazdálkodás szempontjából is végletes. Bár a gyakori nyári esőzések bőven átnedvesítik a sekély talajréteget, de a csaknem állandó hűvös szelek néhány óra alatt teljesen ki is szárítják. A növény számára azonban még ennél is nehezebb télen a fagyott talajból való vízfelvétel. Sokáig azt tartották, hogy a növények ilyen talajból egyáltalán nem is tudnak vizet felvenni. A modern ökológiai kutatások nyomán azonban felismerték, hogy a gyökerek által kifejtett nyomás(!) hatására a talajban levő víz egy része megolvad és felszívható. Ez azt jelenti, hogy a havasi és tundranövények a fagyott talajokból is képesek kis mértékben vizet felvenni, mindaddig, míg a gyökérszőrök megőrzik növekedési képességüket.



45. kép Törmeléklejtők a Lengyel-Tátra gránitvonulatában, a Szvinicán

Míg a legtöbb virágos növény csak jóval fagypont feletti hőmérsékleten virágzik, számos havasi növény már az olvadó hó alatt virágot fejleszt, és úgy tör át a talajt borító hórétegen. Ilyenek pl. a sáfrányok, melyeknek az Alpokban egy fehér virágú (*Crocus*



46. kép Törmelékkötő havasi növény a magcsákó *(Dryas octopetala)*, amely a tundrák törmeléktalajainak is tömeges növénye

albiflorus), a Balkánon pedig lila virágú faja (*Crocus veluchensis*) gyakori. Ilyenek a hóvölgyek növényei is, a törpe harangrojt (*Soldanella pusilla*) vagy a havasi boglárka (*Ranunculus alpestris*).

Ahogyan felfelé haladunk, a hideg és a szélsőséges körülmények fokozódnak. Mégis szembetűnő, hogy e növények minden alkalmas termőhelyet megszállnak, és egészen nagy tengerszint feletti magasságokba is felhatolnak. Így Európában, a svájci Alpokban még 4275 m magasságban is előfordul a gleccserboglárka (*Ranunculus glacialis*), a „világrekordot" pedig a Himaláján élő apró szegfűféle, a mohaképű homokhúr (*Arenaria musciformis*) tartja, 6220 m-es magassággal.



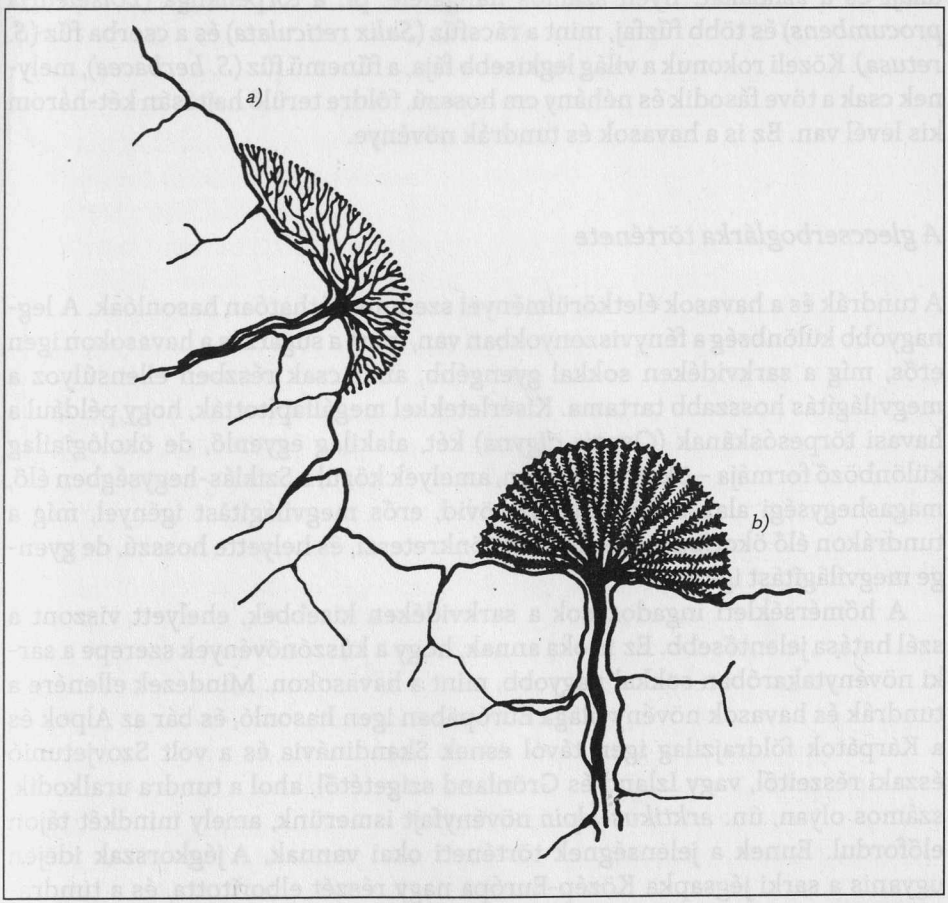
47. kép A hegyesszirmú szarkaláb *(Delphinium oxysepalum)* a Tátra mészkő-görgeteinek egyik jellemző törmelékkötő növénye

*

Ha megvizsgáljuk a növényvilág e pionírjait, tapasztalhatjuk, hogy mind külsőleg, mind belsőleg milyen sokoldalúan alkalmazkodtak a már vázolt környezeti viszonyokhoz. Természetesen, főleg a növények alacsony termete szembetűnő. Ennek okát elsősorban a havasi napfény ibolyántúli sugárzásának tulajdonították. A modern fitotronokban folytatott kísérletek azonban bebizonyították, hogy másról van szó. A növények szárnövekedése elsősorban éjszaka lezajló hőigényes életfolyamat, mely a sarki és alpesi tájak fagypontig hűlő éjszakáiban rendkívül lelassul, s így a növények törpe termetűek maradnak.

34. ábra

A sziklahasadék-lakó havasi párnanövények két típusa



a = a szártalan habszekfű (Silene acaulis) sűrűn álló hajtásokkal, b = a gombavirág (Androsace sp.) cserépzsindelyszerűen álló sűrű levelekkel.

Külső megjelenési formájukat tekintve 3 csoportjukat különböztetjük meg:

1. *Tőlevélrózsás lágyszárúak,* melyek levelei a földfelszínen rozettát alkotnak, s közvetlenül fölötte nyitják kisszámú, de nagy virágjukat. Ilyenek a törpe kankalin (*Primula minima*), a híres kék enciánok vagy magyarul tárnicsok (*Gentiana*), a kicsi pozsgás levelű kőtörőfüvek (*Saxifraga*) és számos szegfűféle.

2. *Párnanövények.* Száruk közvetlenül a föld felett dúsan elágazik, s a sok apró hajtás egy félgömb alakú, sűrű mohapárnára emlékeztető felületet alkot – így nyújt védelmet a hideg szelek ellen –, és sokáig képes megőrizni a harmatot és az esővizet. Ilyen a kis rózsaszín virágú, szártalan habszegfű (*Silene acaulis*), a fehér virágú törpe lúdhúr (*Minuartia sedoides*) és az átellenes levelű kőtörőfű (*Saxifraga oppositifolia*).

3. A *kúszónövények* szintén a hideg szelek ellen keresnek védelmet. Rendszerint cserjék, amelyek a felszínre simulva, rácsszerűen borítják be ágaikkal a talajt és a sziklákat. Ilyen számos hangaféle, pl. a törpehanga (*Loiseleuria procumbens*) és több fűzfaj, mint a rácsfűz (*Salix reticulata*) és a csorba fűz (*S. retusa*). Közeli rokonuk a világ legkisebb fája, a fűnemű fűz (*S. herbacea*), melynek csak a töve fásodik és néhány cm hosszú, földre terülő hajtásán két-három kis levél van. Ez is a havasok és tundrák növénye.

A gleccserboglárka története

A tundrák és a havasok életkörülményei szemmel láthatóan hasonlóak. A legnagyobb különbség a fényviszonyokban van, mert a sugárzás a havasokon igen erős, míg a sarkvidéken sokkal gyengébb, amit csak részben ellensúlyoz a megvilágítás hosszabb tartama. Kísérletekkel megállapították, hogy például a havasi törpesóskának (*Oxyria digyna*) két, alakilag egyenlő, de ökológiailag különböző formája – ökotípusa – van, amelyek közül a Sziklás-hegységben élő, magashegységi alak a virágzáshoz rövid, erős megvilágítást igényel, míg a tundrákon élő ökotípust az erős fény tönkreteszi, és helyette hosszú, de gyenge megvilágítást igényel.

A hőmérsékleti ingadozások a sarkvidéken kisebbek, ehelyett viszont a szél hatása jelentősebb. Ez is oka annak, hogy a kúszónövények szerepe a sarki növénytakaróban sokkal nagyobb, mint a havasokon. Mindezek ellenére a tundrák és havasok növényvilága Európában igen hasonló, és bár az Alpok és a Kárpátok földrajzilag igen távol esnek Skandinávia és a volt Szovjetunió északi részeitől, vagy Izland és Grönland szigetétől, ahol a tundra uralkodik, számos olyan, ún. *arktikus-alpin* növényfajt ismerünk, amely mindkét tájon előfordul. Ennek a jelenségnek történeti okai vannak. A jégkorszak idején ugyanis a sarki jégsapka Közép-Európa nagy részét elborította, és a tundranövényzet elérte az Alpok és a Kárpátok vonulatait. Itt számos tundranövény kedvező életfeltételeket talált, megtelepedett, és beleilleszkedett a havasi nö-

vénytársulásokba. Így került az Alpokba és Kárpátokba, és terjedt át onnan tovább a Pireneusokba, az Appenninekbe, valamint a Balkán-félsziget hegyvidékeire a gleccserboglárka, a törpe füzek, a törpehanga vagy a tundrákon is elterjedt kis rózsaféle, a magcsákó (*Dryas octopetala*) és még sok más tundranövény. A jégárak visszahúzódásával azután a tundrák növényzete is visszavándorolt északi hazájába; a havasok és sarki tájak növényvilága között megszakadt a kapcsolat, de közös fajaik sok tízezer év múltán ma is őrzik az egykori találkozás emlékét.

Kirándulások magashegységekbe

A Matterhorntól a Dinaridákig

Csodálatosan impozáns látvány, ahogy az Alpok óriási tömbje – hatalmas pillér gyanánt – kiemelkedik az európai kontinens közepéből. Növényföldrajzilag ugyancsak központ helyzetet foglal el Európában, ahonnan az alpesi flóra nagyon sok virága vándorolt szét a kontinens különböző havasaira. Nyugati része magasabb, fensségesebb. Itt emelkednek a francia, olasz és svájci Alpok 4000 m-t meghaladó csúcsai, s itt sötétlik félelmetes nagyszerűségében a Matterhorn fantasztikusan meredek falú szirtje, amely ugyan magasságban nem éri el a négyezres óriásokat, de vadságban túltesz rajtuk. Ez a hallgatag óriás több áldozatot szedett – jobb sorsra érdemes, bátor emberekből –, mint egy közepes erősségű földrengés vagy szökőár, s meredek déli lejtőjéről még nem tért vissza alpinista.

Mondjunk le hát mi is e kockázatos vállalkozásról; viszont csodáljuk meg a *Douglasia vitaliana* aranysárga virágait, mert ez a borókalevelű kis kankalinféle bennszülött növénye ennek a tájnak, és induljunk el járható utakon, hogy áttekintő képet nyerjünk e hatalmas hegység növényvilágáról.

Az Alpok déli előhegyeinek lejtőin még ligetes szelídgesztenyés-tölgyesek virágzanak, és 700-800 m magasságig is felhatolnak. Az északi oldalon csak néhány keskeny tölgysáv húzódik, amely széles bükkös zónába megy át. A Tengeri-Alpokban, ahol az óceáni hatás erős, a tűlevelűek egészen háttérbe szorulnak, és a bükkös alkotja a fahatárt. A hegység belsejében azonban a bükkösöket mindenütt tűlevelű erdők, jegenyefenyvesek és lucosok váltják fel, majd 2000 m körül a vörösfenyő és a cirbolyafenyő elegyes zónája alakul ki, amely 2400 m-ig emelkedve alkotja a havasi fahatárt. Ez az öv jellemző az Alpok növényzetére. A vörösfenyőt és a cirbolyát még a Kárpátokban is megtaláljuk, de vegetációs övet csak az Alpokban alkotnak, sőt, a Nyugati-Alpok területén, ahová a luc a jégkorszak óta még nem tudott visszavándorolni, a vörösfenyvesek alkotják az egész tűlevelű vegetációt, s egészen a Pó-síkság széléig leereszkednek.

A laza koronájú, napfényes vörösfenyvesek világoszöld lombja a kis vörös tobozokkal, igen hangulatos, vidám látványt nyújt. Az erdők irtásain kialakuló kaszálórétek virágpompájával, szépségével semmi sem vetekedhet. A fehér sáfrány (*Crocus albiflorus*) ezreinek kora tavaszi virágzása, egy nárciszos rét a Piave völgyében, egy zergeboglártól aranyló kaszáló Zermattban, vagy egy árnikás rét a Glockner aljában kék harang- és sisakvirágokkal, felejthetetlen

látvány. A fehér sáfrány, az illatos nárcisz és az árnika a Keleti-Alpok lejtőin a Nyugat-Dunántúl lankáira leereszkedve hozzánk is ellátogat.

Az erdőhatár felett a törpefenyvesek alhavasi öve terül el, mintegy 200-300 m szélességben. A Nyugati-Alpokban a törpefenyőnek egy alacsony fatermetű alakja él, ezt a Keleti-Alpokban az ágaival földre terülő alakja váltja fel, amely a Kárpátokban is elterjedt. A törpefenyő azonban az Alpokban válogatós cserje, és inkább a meszes alapkőzeten jelenik meg. Szilikátos kőzeten egy lombos cserje: a havasi éger helyettesíti, amely előszeretettel ereszkedik alá patakok és folyók mentén a két és félezres magasságból, s a Rába mentén egészen a Kisalföld széléig elvándorol.

A havasi törpecserjések virágzása felejthetetlen élmény. A *Rhododendron*ok vagy hangarózsák (havasszépének is mondják) július elején csodálatos lilásrózsaszínű virágövvel kerítik körül a havas üstökű vén hegyek derekát, s a sok millió éves táj valósággal újjászületik. Az erdőhatáron túl a talaj már annyira sekély, hogy a kőzet minősége közvetlenül érezteti hatását a növényvilágra. Más növényeket találunk a mészkő- és dolomithegységekben, és ismét másokat a grániton, a homokkövön és a fiatal vulkánikus kőzeteken (pl. andezit, riolit, bazalt). A havasi flórának ez a kettéválása mészkedvelő és mészkerülő növényekre igen jellegzetes, és már a *Rhododendron*okon megfigyelhető. A kopasz levelű havasszépe (*Rh. ferrugineum*) a savanyú, szilikátos kőzeteken él, míg rokona, a borzas havasszépe (*Rh. hirsutum*) mészkedvelő. Ezt a jelenséget, hogy két rokon faj egymást különböző termőhelyen helyettesíti, ökológiai *vikarizmus*nak, vagyis ökológiai helyettesítésnek nevezzük.

*

A havasi növényvilágban számtalan példáját láthatjuk az ökológiai vikarizmusnak. A törpefenyvesek felett uralkodó havasi gyepeket mészkövön a merev sás (*Carex firma*), őskőzeten a görbe sás (*C. curvula*) alkotja; a mészkősziklák hasadékaiból a sziklai pimpó (*Potentilla caulescens*), a gránitsziklák repedései közül a különböző gombafüvek (*Androsace vandellii* és *A. carnosa*) bájos virágai tekintgetnek elő. A mészkőtörmeléket a havasi ikravirág (*Arabis alpina*) fehér tömege, és az alpesi mák (*Papaver alpinum*) nagy sárga virágai borítják, míg szilikáttörmeléken a havasi gombafű (*Androsace alpina*) és a havasi törpesóska (*Oxyria digyna*) alkotnak társulásokat. Más fajok viszont, mint a törpehanga, a magcsakó vagy a gyönyörű lila virágú havasi gyújtovány-fű (*Linaria alpina*) nem válogatnak az alapkőzetben. Ugyanez érvényes a hóvölgyek növényeire, a törpe füzekre és harangrojtokra, mert ezek talaja az olvadó hólétől mindenféle alapkőzeten kisavanyodik.

Az örök hó határa 3200 és 3600 m között alakul ki az Alpokban, s e fölött a magasság fölött már csak az olyan meredek sziklákon találunk növényeket, amelyekről a szél lefújja a havat. 3500 m felett még 64 virágos növény fordul

elő, 4000 m felett már csak 12. A legutolsó, a gleccserboglárka 4275 m-en, a Finsteraarhorn szikláin, mindössze 3 m-rel előzi meg a feketés cickafarkot (*Achillea atrata*).

A havasi növények ökológiai tulajdonságaiból egyet s mást a műkedvelő kirándulóknak sem árt tudni. Ilyen például az, hogy a mészkőhegységek növényvilága sokkal fajgazdagabb és szebb, színesebb, mint pl. a gránithegységeké. Az pedig egy kocaturista számára is hasznos tudnivaló, hogy havasi gyopár csak a mészkőhegységekben él, és teljesen felesleges egy gránithegység valamely sziklafalán testi épségét kockáztatnia abban a reményben, hogy a csúcson gyopárt fog találni.

A rokon növényfajok nemcsak termőhelyileg, hanem területileg, azaz földrajzilag is helyettesítik egymást. Erre különösen sok példát láthatunk az Alpokban, ahol a jégkorszakokban a gleccserek évezredekre elszigetelték egymástól az egyes populációkat,* amelyek a genetikai sodródás** következtében átalakultak és különváltak. Így az Alpok különböző hegyvidékein más és más kankalin- és kőtörőfűfajokat találunk, amelyeknek előfordulási területe – *areája* – egymással nem érintkezik, nem találkozik, s így ezek a fajok a különböző tájakon helyettesítik egymást.

Az Alpok hegyvidéke kimeríthetetlen szépségű! Kár, hogy nem időzhetünk el itt egy kissé. Ahogy nyugatról kelet felé haladunk, a növényvilág egyre gazdagabb lesz, különösen a Délkeleti-Alpok növényzete elragadóan szép. Ez a vidék tájképileg egyedülálló. A Dolomitok fantasztikus alakú sziklatornyai, vakító fehér törmeléklejtői, csodálatos virággazdagsága, a Juli-Alpok és a Karawankák hatalmas függőleges sziklafalai megannyi felejthetetlen kirándulási élmény!

Itt a sziklákon már megjelennek a feketefenyő (*Pinus nigra*) erdei, a hússzínű hanga (*Erica carnea*) és a havasi aranyeső (*Laburnum alpinum*) cserjéi, a sziklákon pedig a fényes pimpó (*Potentilla nitida*) rózsaszínje a *Campanula zoysii* halvány-, s a tárnicsok mély enciánkékjével olvad össze nagyszerű harmóniába.

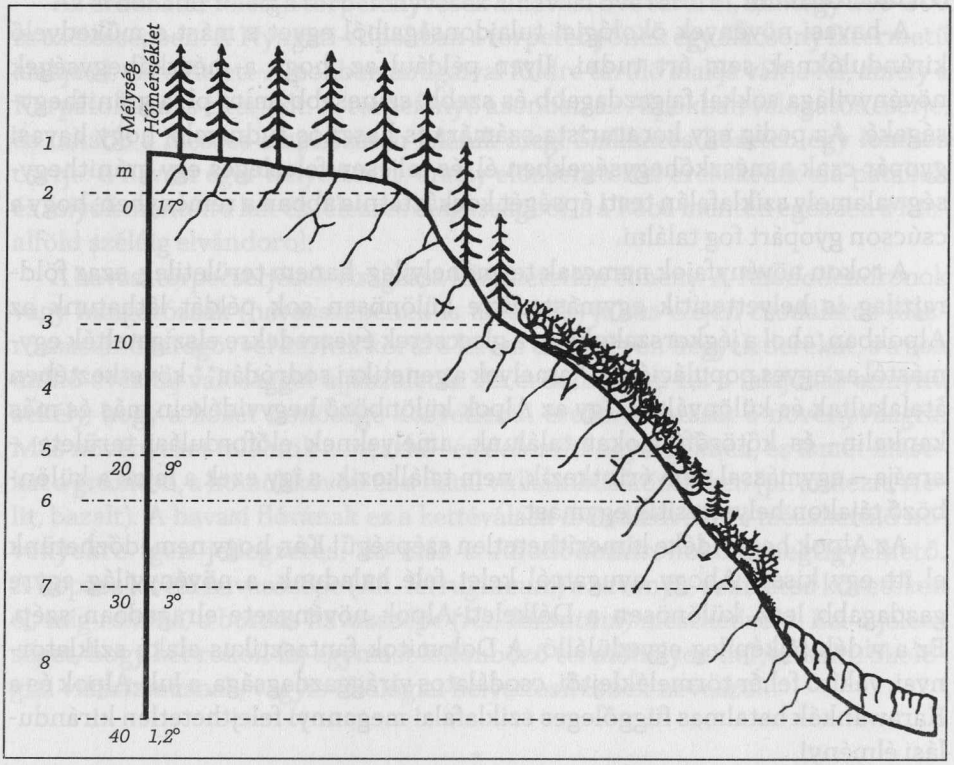
---

* Populáció (növényföldrajzi értelemben) = ugyanazon növényfajhoz tartozó egyedek állománya.

** Genetikai sodródás (drift) = főleg a kevés egyedből álló populációkban fellépő jelenség, mert itt a genetikai változékonyság során keletkező új vagy éppen kieső régi tulajdonságok az utódok kis száma miatt nem tudnak beolvadni a populáció génkészletébe. Az így kieső régi vagy keletkező új tulajdonság állandósulhat, különösen, ha közben valamely környezeti tényező a populáció egyedszámát erősen lecsökkenti. A populációk ilyen leszűkülése mehetett végbe a jégkorszakok alatt az egyes fajok menedékhelyein (refúgium-területein), és a jégtakaró visszahúzódása után már az ilyen megváltozott, „sodródott" populációk szaporodtak el. Az egykor egységes növényfajok ily módon történt feldarabolódása eredményezi a földrajzi vikarizmus, a földrajzi helyettesítés jelenségét.

35. ábra

Hőmérsékleti és növényzeti inverzió a Délkeleti-Alpok egy dolinájában



1. lucos erdő, 2. a dolina pereme, 3. erdőhatár, 4. törpefenyves bozót, 5. Rhododendron törpecsejés, 6. a havasi törpecsejés határa, 7. párnanövények és rácscserjék, 8. örök hó-folt (a hőmérsékleti értékeket 1904. május 31-én mérték).

Ezeken a mészkőhavasokon gyakori jelenség, hogy a csapadék által kimosott barlangrendszerek beszakadnak, és meredek falú, mély dolinák keletkeznek, amelyekben megül a hideg levegő és a hőmérséklet gradiense megfordul, ún. hőmérsékleti inverzió keletkezik. Ezt a hőmérsékleti hatást hűségesen követi a növényzet, és a vegetációs övek sorrendje is megfordul. A Délkeleti-Alpokban nem ritka jelenség, hogy a dolina peremén fenyves erdőt, alatta töpefenyvest és törpecserjést, a dolina alján pedig havasi gyepet találunk.

A hegyláncok délkeletnek fordulnak és a Szávától már a Dinári-Alpokban járunk, melynek vonulatai Szlovénián, Horvátországon és Montenegró fekete hegyein át Albániáig és Észak-Görögországig húzódnak. Ez a terület a jégkorszakok alatt az európai növényzet egyik legfontosabb menedékhelye volt. Ősi maradvány növényfajok húzódnak meg itt a vad hegyek között, melyeknek rokonai távoli kontinenseken, Ázsiában és Észak-Amerikában élnek. Ilyenek

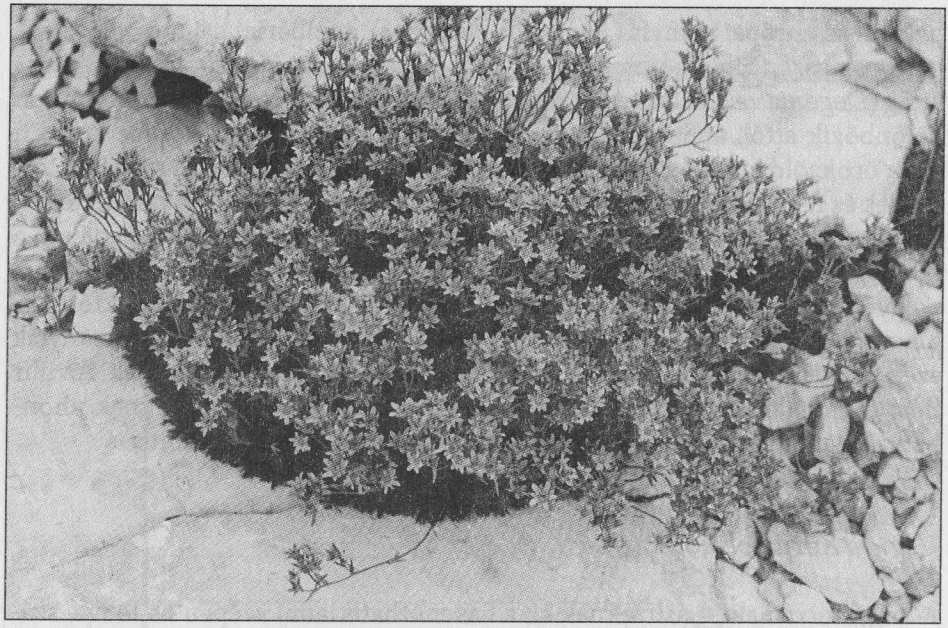
például az európai aranyfa (*Forsythia europaea*), a szibériai bajnóca vagy kékgyöngyvessző (*Sibiraea croatica*), vagy a magyar kutató nevét viselő Degenvirág (*Degenia velebitica*). A növényzeti övek eloszlása itt már sok tekintetben különbözik attól, amit az Alpokban láttunk. A hegyek lábánál a mediterrán flóra örökzöld erdei és cserjéi díszlenek, felettük melegkedvelő molyhos tölgyesek és félig lombhullató, félig örökzöld növényekből álló bozótos cserjések, melyeket szerb népi nevén „šibljak"-nak nevez a szakirodalom. A sziklákon a komlógyertyán (*Ostrya*) és a törökmogyoró (*Corylus colurna*) alkot erdőket, a völgyekben platánligetek kísérik a folyókat. A lucot délen sokfelé az omorikafenyő helyettesíti, a vörösfenyő és a cirbolyafenyő pedig már hiányzik ezen a tájon. Helyettük az erdőhatárt a bükk, a luc és juharfák alkotják. Az illír flóra tehát már egy más, gazdagabb világ; egyike azoknak a vidékeknek, ahonnan a jégárak visszahúzódása után benépesült az európai kontinens.

Végig a Kárpátok koszorúján

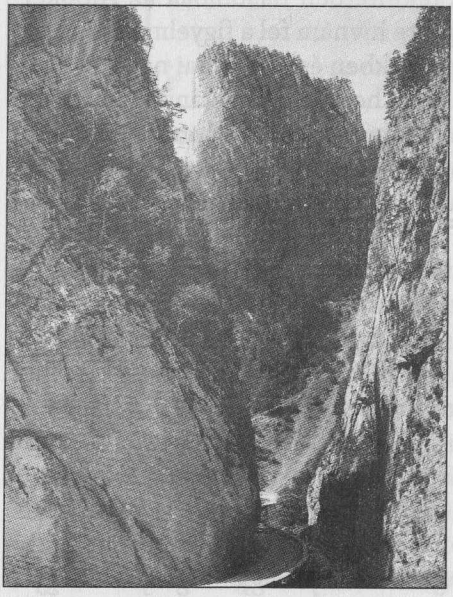
A hegyláncoknak és szirteknek az a hasonlíthatatlanul szépen hajló íve, számunkra oly kedves koszorúja, amelyet Kárpátoknak nevezünk, az a hozzánk legközelebb fekvő magashegység, melynek néhány növénye a mi alacsony hegyvidékeinkre is leereszkedik. Növényzeti öveit már egy korábbi fejezetben ismertettük, növénytársulásai pedig sok tekintetben hasonlóak az Alpokéihoz. Ezért itt főleg a fontosabb különbségekre hívnám fel a figyelmet. A hegység hatalmas kiterjedésű, természeti szépségekben és botanikai nevezetességekben szinte kimeríthetetlenül gazdag, így e helyt csak néhány kiemelkedő szépségű, különösen érdekes vidék megemlítésére szorítkozhatunk.

A Kárpátok hegysége két, növényvilágában meglehetősen elütő területre válik szét: a Nyugati- vagy Északi-Kárpátokra, és az Erdélyi-, azaz Keleti- és Déli-Kárpátokra.

Az Északi-Kárpátok flórája sok közös vonást mutat az Alpok növényvilágával, bár annál szegényebb. Sok jellegzetes alpesi faj jön el kelet felé a Magas-Tátráig, amely ennek a hegyvidéknek messze a legszebb, legimpozánsabb hegysége. A növényzeti övek tekintetében több lényeges különbség is van. A Kárpátokban a lucos alkotja a fahatárt, a vörösfenyves-cirbolyás öv hiányzik, mindkét fa már csak kis állományokban és ritkán fordul elő. Az 1600-1800 m-en kialakuló erdőhatár felett, alapkőzetre való tekintet nélkül, a törpefenyvesek uralkodnak, a havasi éger alig játszik szerepet a növénytakaróban. A legfontosabb különbség talán az, hogy a havasi törpecserjésekben hiányoznak a *Rhododendron*ok. Helyüket áfonyák és a varjúbogyó foglalják el, így a Tátrák különben gyönyörű növényvilága sajnálatosan szegényebb a havasok egyik ékességével. A havasi gyepeket is más növények alkotják. A merev és a görbe sás gyepjei itt már ritkábbak, szerepüket egy szittyó (*Juncus trifidus*) és a



48. kép A pézsmaillatú kőtörőfű *(Saxifraga moschata)* és más rokon kőtörőfűfajok a magashegységi sziklahasadékok jellegzetes növényei



49. kép Sziklahasadék-növényzet a Békás-szorosban. Háttérben az Oltárkő

havasi nyúlfarkfű (*Oreochloa disticha*), illetve a Keleti- és Déli-Kárpátokban a törpecsenkesz (*Festuca arifolia*) veszi át.

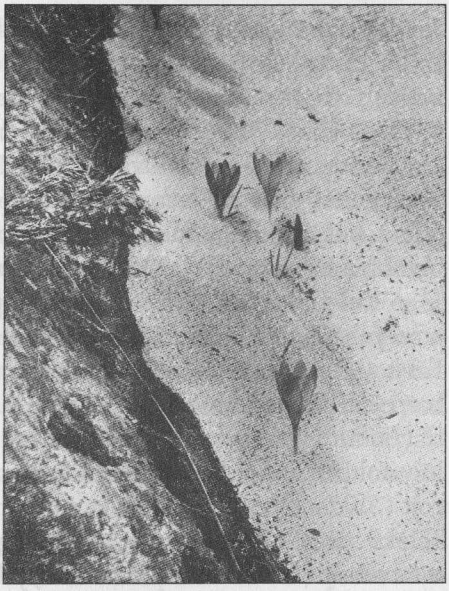
Mivel a Kárpátok jóval alacsonyabb az Alpoknál, az örök hó határát a hegység sehol nem éri el, így a szubniválisöv növényvilága is fajszegényebb. Az Északi-Kárpátok ékességének, a Magas-Tátrának gránitvonulata az egész Kárpátok legmagasabb, legvadabb és tájképileg is legmegragadóbb része. A jégkorszaki gleccserek által kivájt hatalmas, félkör alakú cirkuszvölgyek, hatalmas törmeléklejtők, az olvadékvizek által kiképzett függővölgyek – melyeknek felső részét vízesésekkel ékes meredek sziklafalak kötik össze, s a kék vizű, csillogó tengersze-

mek – az északi oldalon alakultak ki. Különösen szép a Koscieliska szurdokvölgye, szikláin havasi gyopárral, fehér virágú magyar szegfűvel, a kárpáti harangrojttal (*Soldanella carpatica*), a tartós kőtörőfűvel (*Saxifraga perdurans*), melyek az Északi-Kárpátok bennszülött növényei; továbbá a lengyel Öt-tó vidéke és a Morskie Oko óriás tengerszemje a felette emelkedő Mnich-hel, a Menguszfalvi csúcsokkal és a Czarny-Staw a Rysyvel. Az északra nyíló völgyekben szép inverziós jelenségeket figyelhetünk meg, melyek eredményeként a havasi gyopár 1000 m magasságra ereszkedik alá. Botanikailag rendkívül érdekes az alacsonyabb Bélai-Tátra, amely mészkőből áll.

Növénytani szempontból nagyszerű vidék a Tátrák védelmében meghúzódó Pieninek alacsony mészkőhegysége, melyen a jégkori maradványnövények egész sora él. A hegységet áttörő Dunajec folyó vadregényes völgye egyike a Kárpátok legszebb részeinek, s egy tutajtúrát tenni a zúgó folyón: életre szóló élmény.

Tovább délkelet felé nagyon szép a Gömöri-Karsztba ékelt Szádelői-völgy mély szurdokvölgye, sziklafalain a kárpáti harangvirág (*Campanula carpatia*) világoskék csomóival. Itt különösen nevezetes – nemcsak irodalmilag, hanem botanikailag is – a murányi Várhegy, mert az egész világon egyedül itt él a murányi boroszlán (*Daphne arbuscula*).

*



50. kép Az olvadó hófolton virágzik a chionofil balkáni sáfrány *(Crocus veluchensis)* a bulgáriai Vitosán



51. kép A törpe harangrojt *(Soldanella pusilla)* a Déli-Kárpátok hóvölgyeinek ékessége

A Keleti-Beszkidek és a Máramarosi-havasok hatalmas fenyveseiből alig emelkedik ki egy-egy havas csúcs. Ilyen az Északkeleti-Kárpátokban a Pop Iván, melyen a havasi fahatár felett megjelenik a Keleti-Kárpátok és a kelet-balkáni-havasok közös *Rhododendron*ja: az erdélyi havasszépe (*Rh. myrtifolium*)

Igazi havasi vegetációval a Bélai-Tátra után a Radnai-havasokban találkozunk ismét, a Nagy Pietrosz andezitjén és az Ünőkő mészkőszikláin. Innen dél felé a belső vulkánikus vonulaton, a Kelemen- és Görgényi-havasokban, s tovább a Hargitán végeláthatatlan lucos erdők uralkodnak.

A Keleti- és Déli-Kárpátok növényvilágában nagyon sok fajjal találkozunk, amelyek a Kelet-Balkánról vagy távolabbról, a Kaukázusról vándoroltak idáig. Ezek sajátos, az Északi-Kárpátok és az Alpok növényzetétől számos vonásában eltérő képet adnak e táj növénytakarójának. A bükkösökben a vörös tüdőfű (*Pulmonaria rubra*) és a lilavirágú kárpáti fogasír (*Dentaria glandulosa*), a lucosokban a moldvai sisakvirág (*Aconitum moldavicum*) és a magyar harangrojt (*Soldanella hungarica*), a patakmenti magaskórós társulásokban pedig a Teleki-virág (*Telekia speciosa*) nagy, narancssárga fészkei és a tenyeres medvetalp (*Heracleum palmatum*) jelentenek sajátságos színfoltot.

A Keleti-Kárpátok tájképileg legszebb vidéke a Gyergyói- és Csíki-mészhavasok. Ezek festőiségükben szinte utolérhetetlenül szép sziklaszirtek, a Nagy-



52. kép A gleccserboglárka kárpáti rokona a csipkéslevelű boglárka *(Ranunculus crenatus)* a Fogarasi-havasokban

hagymás, az Egyeskő, az Öcsém, a Gyilkos-tó feletti Cohárd, majd a Békás-szoros lélegzetelállítóan meredek sziklafalú, mély kanyonja, az Oltárkő remekbeszabott sziklatömbje, majd a szoroson túl a Csalhó csodálatos, többemeletes „sziklavára".

E terület legnagyobb nevezetessége a gazdag sziklai növényzet, sok bennszülött fajjal, mint a kövi dercefű (*Gypsophila petraea*), a hegyeslevelű szegfű (*Dianthus spiculifolius*), az egyfészkű cickafark (*Achillea schurii*), a szirti üröm (*Artemisia eriantha*), a sárgászöld kőtörőfű (*Saxifraga luteo-viridis*). A Békás-szoros sziklafalain a Rehmann-perje (*Poa rehmanni*) csüngő csomói mellett a sziklai erdei fenyvesek érdemelnek figyelmet, aljnövényzetükben a nehézszagú borókával (*Juniperus sabina*). Az elterjedt legeltetés miatt a fahatár itt mindenütt mélyebben húzódik; a törpefenyveseket a legtöbb helyen kiirtották, s helyette a törpe boróka szaporodott el. A havasi pásztortanyák környékét messziről megismerni a havasi sóska (*Rumex alpinus*) embermagasságú kóróiról.

Említést érdemelnek a terület lápjai is. Közülük is elsősorban a Szent Annató feletti Kukojszás tőzegmohalápja, a Csomád kráterében. A Kukojszás név különben arra utal, hogy a láp zsombékjain tömeges a vörös áfonya, ugyanis ezt a növényt a havasokon lakó székely kukojszának vagy kokojzának mondja.



53. kép Havasi növényzet zonációja a lengyel Mészkő-Tátrában. Törpefenyves foltok, havasi gyepek és törmeléklejtők

Az Olt völgyének másik oldalán, a Hargitában gyönyörű erdős tőzegmohaláp a Lucs-melléke; de lent az Olt völgyében is találunk két nevezetes lápot: a Háromszéki medencében a Rétyi-nyírt, amely sok tekintetben hasonlít a mi somogyi lápjainkhoz, és Brassó mellett a Szászhermányi-lápot, amely a lisztes kankalin (*Primula farinosa*) rózsaszínű virágszőnyegével az egykor volt tapolcai forráslápjainkra emlékeztet.

*

A Déli-Kárpátok vonulata a 2400-2500 m-es csúcsok egész seregével valódibb magashegység a Keleti-Kárpátoknál. A Prahova szűk völgyéből meredeken kiemelkedő Bucsecs-fennsík a Caraiman (2350 m) tarajos sziklafalaival igazi alpesi látvány. A Fogarasi-havasok a sziklaformák szépségében és vadságában méltó versenytársa a Magas-Tátrának, a Retyezát pedig 120 csillogó tengerszemével valóságos drágakő a Kárpátok koszorújában.

A hegyvonulat déli fekvése és a melegebb éghajlat hatására a tűlevelű erdők öve elkeskenyedik. A jegenyefenyő szinte eltűnik, a bükkösök és lucosok közvetlenül érintkeznek egymással. A lucosoknak a Bucsecsen még széles öve nyugat felé egyre keskenyedik, s a Parengen már meg is szűnik összefüggő zóna lenni. A déli lejtőkön a bükkösök alkotják a fahatárt úgy, ahogyan ez délebbre a Balkán-hegységben már általános jelenség, a lucosok pedig teljesen hiányzanak.

Az erdőhatár felett a *Rhododendron* mellé egy másik hangaféle társul, a Bruckenthal-hanga (*Bruckenthalia spiculifolia*), s a magasabb általános térszín következtében összefüggő szubnivális öv is kialakul, párnanövényekkel és kúszó havasi rácscserjékkel.

A növénytakaróban egyre erősebb balkáni hatások érvényesülnek. A déli lejtőn megjelennek a molyhos tölgyes bokorerdők és az orgonacserjések, az ezüsthársas tölgyesek és a folyók völgyeiben a dióligetek. A sziklákon gyönyörű harangvirágfélék, a csengőke (*Symphyandra wanneri*) és a nyalábcsengő (*Hedraianthus kitaibelii*), az ezüstösen selymes Haynald-pimpó (*Potentilla haynaldiana*), a dinári habszegfű (*Silene dinarica*) és rengeteg egyéb virágos növény pompázik.

Az Al-Dunánál és a Herkulesfürdő feletti hegyek szikláin a feketefenyő erdei már valódi balkáni táj képét mutatják, s megtaláljuk a Nyugat-Balkánról megismert šibljak-cserjéseket is, melyekben a törökmogyoró mellé itt az orgona társul. A sziklák legszebb ékessége a magyar tulipán (*Tulipa hungarica*) és mellette számos ritka szegfű, kövirózsa, kankalin, harang- és búzavirág, valamint a mediterrán *Acanthus lingüifolius*, melynek levelei szobrászati díszítőelemként a korintusi oszlopfőkön már több mint kétezer évvel ezelőtt bevonultak a művészettörténetbe.

A két földrész határán hosszú, széles, de nem túl magas hegylánc húzódik: az ásványi kincsekben igen gazdag Urál hegység. Tájképileg és botanikailag azonban ennél sokkal érdekesebb egy jóval délebbre fekvő, az ötezres magasságokat is meghaladó, gyönyörű lánchegység: a Kaukázus. Vidékét a jégkorszakok közvetlenül már nem érintették, s így növénytakarója rendkívül gazdag. Amíg a Kárpátok flórája mintegy 3800 virágos növényfajt számlál, addig a Kaukázusét több mint hatezer virágos faj alkotja. Nyugati részén mediterrán és szubtrópusi éghajlat uralkodik, így déli lábainál a kertekben szabadban nőnek a melegégövi pálmák, s a lejtőkön óriási teaültetvények díszlenek. Ez a híres zamatos grúz tea hazája.

Az erdők növényvilága szintén igen gazdag. A tölgyes erdőkben 15-20 fafajt is találunk a lombkoronaszintben, ami a harmadkori erdők jellegzetessége volt. Az európai növényvilág legjobb ismerője is tanácstalanul álldogálna a Kaukázus erdeiben és rétjein. Mások a fák, a tölgyek, a gyertyán, a bükk, más a gyöngyvirág, a liliom, a hóvirág is mint nálunk, legfeljebb ha minden huszadik növényfaj volna ismerős. A vegetációs övek alakulása különben hasonló, mint az európai magashegységekben, csakhogy a tölgyeseket a kaukázusi tölgyek (*Quercus hartwissiana* és *Q. imeretina*), a bükkösöket pedig a keleti bükk (*Fagus orientalis*) alkotja; felette a kaukázusi jegenyefenyő (*Abies nordmanniana*) és a keleti luc (*Picea orientalis*) alkot erdőövet.

A legérdekesebbek ezek között az erdők között a bükkösök, melyeknek aljnövényzete embermagasságú örökzöld cserjékből áll. Tavasszal a *Rhododendron flavum* aranysárga s a pontusi havasszépe (*Rh. ponticum*) hatalmas bíborlila virágai, a babérmeggy (*Laurocerasus officinalis*) finom fehér füzérei és a pontusi boroszlán oly csodálatos virágpompája káprázatja el a kirándulót, melyhez hasonlót európai bükkösben sohasem látni, s Magyarországon is csak Kámon és Jeli parkjaiban láthatunk május közepén, a számon tartott rododendron-virágzáskor. A lucosok alkotta fahatár 2300–2500 m magasságban alakul ki, felette itt is törpefenyvesek vannak. A törpecserjéseket egy harmadik havasszépe faj (*Rh. caucasicum*) alkotja, amelyhez földre terülő havasi borókafajok (*Juniperus depressa* és *J. pygmaea*) társulnak.

Különlegesek itt a magaskórós hegyi rétek. A sisakvirágok és a kígyógyökerű keserűfű (*Polygonum bistorta*) magasfüves rétjei igen hangulatosak az Alpokban és a Kárpátokban is, de eltörpülnek a két-három méter magas ernyős növények, medvetalp- és angyalgyökérfajok dudvaerdeje mellett. A havasi flóra szépségéről és gazdagságáról külön kötetet kellene írni.

A Kaukázus keleti része közel sem olyan szép, erdőkkel borított táj, mint a nyugati. Itt már erősen száraz, meleg, kontinentális éghajlat uralkodik, a hegyek lábánál félsivatagok, feljebb nagykiterjedésű sztyeppek vannak sok szép virággal, mint pl. a kaukázusi bazsarózsa (*Paeonia caucasica*), a hatalmas

fejű aranysárga virágú „búzavirág", a *Grossheimia macrocephala*, a nagyvirágú bakfű (*Betonica grandiflora*) és a nagyvirágú macskamenta (*Nepeta grandiflora*). Az erdők 1000 m magasan kezdődnek, s a lombos erdők öve keskeny sávvá zsugorodik össze.

Az éghajlat szélsőségessé válásával kelet felé egyre fokozódik a sztyeppek és sivatagok térhódítása az erdők rovására. Az Altájban már kiesik a lombos erdők öve, és a sztyeppek 1500 m magasra hatolva a lucosokkal érintkeznek, a Tien-Sanban már csak az északi lejtőkön találunk erdőket, mert a déli oldalon a sivatag 500 m-ig, a füves puszták pedig 2500 m-ig hatolnak fel, és folyamatosan mennek át a havasi gyepekbe anélkül, hogy akár egyetlen fa is nőne az óriási hegyoldalakon.

A növényvilág korelnökei

A Kordillerák óriási hegyvonulata két kontinensnek is gerincét képezi. Az észak-amerikai Kordillerák számos párhuzamos lánchegységből áll, melyek Alaszkától Mexikóig és Guatemaláig húzódnak, s ezeket a nemritkán 4-6000 m magasságig emelkedő hegyláncokat igen ősi és rendkívül gazdag növénytakaró borítja.

A hegységek éghajlatát a Csendes-óceán felől áramló párás légtömegek alakítják ki. A parti hegységekben a klíma erősen csapadékos, eléri az évi 2200 mm-t is. A tél esős, alig fagyos, a nyár enyhe, csak rövid ideig száraz. Ez az éghajlat annyira kedvező az erdőtenyészet számára, hogy itt élnek a Föld mérsékelt övének leggyönyörűbb és legnagyobb szervesanyag-produkciójú erdei. A partvidéktől távolabb eső hegyvonulatok egyre szárazabbak, egyes részeik esőárnyékban fekszenek, s a száraz völgyekben megjelenik a sivatagi vegetáció.

A hűvös, csapadékos éghajlat következtében a lombos erdők öve teljesen hiányzik ezeken a vidékeken, és csak a források és folyók mentén találunk lombos fák alkotta kisebb ligeteket. Az egész óriási kiterjedésű hegység a zúgó fenyves erdők birodalma. A Kordillerák fenyvesei azonban mások, mint az északi tajgák. Itt a különböző ősi fenyők olyan sokasága, gazdagsága uralkodik, mint sehol másutt, és méghozzá ezek a legszebb fenyők a Földön! Az északi vonulatokon a vörös jegenyefenyő (*Abies magnifica*) és az ezüst luc (*Picea pungens*) hamvaskék erdei nyújtanak elragadó látványt, melyekhez délebbre haladva az óriás tuja (*Thuja plicata*) és a hemlokfenyő (*Tsuga heterophylla*) élénkzöldje keveredik. A vérengző szürke medvéről ismert Sziklás-hegységben a duglászfenyő (*Pseudotsuga*) sudár törzsei alkotnak igen szép erdőket. A szárazabb klímájú hegyvonulatokon a háromtűs sárgafenyő (*Pinus ponderosa*) uralkodik, míg délebbre a csodálatosan ezüstszürke Colorado-fenyő (*Abies concolor*) jelenik meg, amely hosszú, karomszerűen visszahajló, ezüstös tűleveleivel talán a leggyönyörűbb fenyőféle. S végül a hatalmas termetű

cukorfenyő (*Pinus lambertiana*), melynek erdeiben óvatosan kell közlekedni, mert lehulló fásodó tobozai elérik a 30 cm nagyságot és a 2 kg-ot.

*

San Franciscótól északra a parti hegyvonulatokon 700–1000 m magasságban találjuk a hegység egyik legnevezetesebb fáját, az örökzöld mamutfenyőt (*Sequoia sempervirens*), amely az óceán felöl érkező felhők ködövében, teljesen páratelt levegőjű körülmények között alkot gyönyörű magas erdőket. Hihetetlenül gyorsan nő, 30 év alatt eléri a 24 m magasságot, és a 40 cm-es törzsátmérőt – amihez nálunk egy bükknek kb. 70 évre van szüksége –, s miután több ezer évig életképes, elérheti, sőt meghaladhatja a 100 m-es magasságot is.

A hegyvidék leghíresebb fája a kaliforniai Sierra Nevada hegységben élő óriási mamutfenyő, a *Sequoiadendrum giganteum*. Ennek a harmadkori maradványfajnak ma már szinte minden példányát természetvédelmi törvény védi. Jelenleg 32 kisebb-nagyobb állományát tartják nyilván, melyek 1400 és 2250 m között helyezkednek el, magasságuk 75–85 m, és korukat 3–5000 évre becsülik, azaz a Föld legöregebb élőlényei. Hogy milyen lenyűgöző élményt jelent egy ilyen erdőben járni, annak bizonyítékául idézek egy részletet *E. Voigt* úti beszámolójából (1909). Így ír a mariposai rezervátumról:

„A puha vörösfák zónájában a jegenyéhez hasonló, de sokkal nemesebb tűlevelűek állnak. Az indiánusok Sequoia-nak hívják...

Minél mélyebben hatolunk be figyelve és csodálkozva ebbe az óriásvilágba, annál jobban érezzük, hogy liliputiakká törpülünk; óriások játékszereiként mászkálunk ide-oda, mert ha gyors iramban haladunk is, a fák nem tűnnek gyorsan tova kocsink mellett, csak megfontolt lépésekben maradnak el. Valamennyi karcsú és egyenes, csak a halott, kidőlt vagy letört fák bizarr alakja kötötte le különösebben figyelmünket.

Ez a berek úgy tele van a faóriások legfönségesebb példányaival, hogy lehetetlen valamennyit megjegyezni és megnevezni. Csak a legvastagabbakat nevezték el egyes amerikai államokról és városokról, és ezek viszont újra csak egy terebélyes király és kiválasztottainak udvarához tartoznak. A nemeseknek ezt a társaságát kerestük, és ez a társaság újra meg újra ámulatba ejtett.

Az első, amelyikkel találkoztunk, a „ledőlt uralkodó". Így hívják, mert óriás teste a földön hever. Létra van hozzá támasztva. Fölmásztunk hengeres törzsének felületére, amely oly széles, hogy egy kocsi elé befogott három pár ló kényelmesen állhat rajta.

Tovább hajtattunk, és sajnálkozva láttuk, hogy a legszebb fák belseje üres és teljesen elszenesedett, úgyhogy nagyon megcsökkent életerővel alig zöldellnek már. Mindezeket a fákat az indiánusok égették ki, hogy wigwamokul használják; kár, hogy a rézbőrűek e naiv vandalizmusának nem sikerült régebben gátat vetni.

Azután valami egészen rendkívüli következett. Keresztülhajtattunk egy fán, amely az út fölött emelkedett. Roppant gyökerei mindkét oldalon mélyen lenyúltak, és magas koronája tele volt virággal, mintha a fát semmi baj nem érte volna. E fák magassága minden képzeletet felülmúl, noha természetes arányaikban, kerületükhöz viszonyítva nem látszanak olyan óriásoknak, amilyenek a valóságban. Ilyen vastag fákat alacsonyabbaknak alig tudunk elképzelni.

Hogyan fejezzem azonban ki, mit éreztünk az óriások királyának láttán? El sem hittük, hogy valami nagyobb is lehessen az eddig látottaknál, s ezért megkövülten állottunk meg a „Grizzly giant" szabad rondellája előtt. Aki először hall ilyen kolosszusokról, önkéntelenül is münchhauseniádára gondol.

Megszentelten és sértetlenül emelkedik ez az óriás fenyő a magasba, mintha emlékmű volna, és koronája zúgásában sok ezer esztendő múltja suttog.

A „Grizzly giant" korát 4000 évre becsülik. Magassága 224 láb (kb. 70 m), és 104 lábnyi (31 m-es) kerülete harmonikusan egyenlíti ki a magasságát. Legvastagabb ága a talaj fölött 100 láb magasan hajtott ki, és 6 láb kerületű. Hatalmas koronájának kerületét még soha nem mérték meg, és a földről nézve nem is látszik akkorának, amilyen a valóságban. Fölbecsülni azonban nem lehet, mert a szem ilyen magasságokban téved, és még csak megközelítő becslést sem képes végezni."

*

Az igazsághoz hozzátartozik, hogy későbbi pontos mérések szerint a „Grizzly giant" csak 62 m-es, és más rezervátumokban jóval magasabb példányok is vannak; a „South Carolina" és a „General Grant" 80 m, a „General Sherman" 84 m, a „Columbia" 90 m, a „Star King" pedig 109 m magas, míg a harmincas években a tűz martalékává lett „Wood Mother" 105 m magas volt. A „General Sherman" további adatai: a törzs mellmagassági kerülete 25 m, fatömege kb. 1400 m^3, súlya pedig mintegy 2500 tonna.

A mamutfenyő fája igen tömör, évgyűrűi sűrűn – átlagosan 1 mm-enként – állnak. Az eddig kivágott legöregebb példányon 3148 évgyűrűt számoltak meg. Ez a törzskorong a British Museum Természettudományi Osztályának csarnokában áll (amelynek földszintjén a *Brontosaurus* nevű óriásgyík 30 m hosszú és 6 m magas csontváza sokkolja a látogatókat). A korong átmérője több mint két ember magasságú; rajta kis címkék jelzik, hogy melyik évgyűrű keletkezéséhez milyen világtörténeti esemény kapcsolódik, mint pl. Róma alapítása (Kr. e. 776), Krisztus születése, a Római Birodalom bukása (Kr. u. 476), Hódító Vilmos partraszállása (1066), a Magna Charta (1215), Amerika felfedezése (1492). Mindez kényelmesen elfér a 3148 évgyűrűn, legfeljebb a kéreg felé haladva kissé sűrűsödnek az események. A jelenleg élő mamutfenyők némelyikét ennél jóval idősebbre becsülik, pedig ez a famatuzsálem már akkor is öreg fa volt, amikor az európai civilizáció kialakult; vad indián

törzsek több száz generációját látta elvonulni ágai alatt, és amikor az európaiak felfedezték az amerikai kontinenst, koronája felett már két és félezer év vihara száguldott el.

Szerencsére, ma már egy ilyen látványért nem kell a londoni British Museumba mennünk, mert a pusztaszeri Nemzeti Kegyhely erdészeti pavilonjában nekünk is van egy mamutfenyő korongunk. Ez ugyan csak egy 1850 éves – mondhatnánk: középkorú – törzsből lett lekanyarítva, de 1100 éves kárpát-medencei történelmünk minden fontosabb eseménye jól elfér rajta.

A mamutfenyők évgyűrűinek vizsgálata újabban nagyon érdekes őséghajlattani és geofizikai eredményekkel szolgált. Ismeretes, hogy az évgyűrűk csapadékos esztendőkben szélesebbek, mint a száraz években. Ennek alapján megállapították, hogy kb. 800 évvel ezelőtt a napfolttevékenység – ami mindig hűvös, csapadékos időjárást idéz elő – jóval intenzívebb volt, mint napjainkban, s a jelenlegi 11 éves ciklus helyett 7 évenként jelentkezett.

Amikor már mindenki belenyugodott abba, hogy a daliás mamutfenyők tekintendők a növényvilág matuzsálemeinek, váratlan fordulat következett be. Kiderült, hogy a növényvilág nagy öregjei göcsörtös, csavarodott törzsű, bizarr alakú, csúcsszáradt fenyőfák. Szálkás fenyőnek (*Pinus aristata*) hívják őket, és a Sziklás-hegységben élnek. Ezek életkora is elérheti a 2000 évet, de nem ők az igazi szenzáció, hanem egy másik, a kaliforniai White Mountains 3000 m magas havasainak sziklás gerincein tengődő faj, a matuzsálem fenyő (*Pinus longaeva*). Magasságuk alig éri el a 10 m-t, vén törzsüket és koronájukat csillogó gleccserek felől fújó fagyos szelek tépázzák, sziklás, mostoha talajon, zord klímában tengődnek. Korukat a legkorszerűbb módszerekkel, izotópos mérésekkel és évgyűrűszámlálással állapították meg. Kiderítették, hogy számos egyed kora meghaladja a 4000 évet, az eddig megvizsgált legöregebb fenyőmatuzsálem pedig egy 1964-ben kidőlt példány volt, amely 4900 évet élt. A kidőlt és mumifikálódott törzsek közt olyat is találtak, amely 4000 évvel ezelőtt dőlt ki, és akkor már 4200 éves volt. Ez a törzs kiválóan alkalmassá vált arra, hogy a radiokarbon vizsgálatok hibahatárainak korrekcióját hozzá igazítsák.

Kétségtelen, hogy korban semmiféle élőlény nem versenyezhet ezekkel a matuzsálem fenyőkkel az amerikai kontinensen. Nagyság tekintetében azonban még a mamutfenyőknek is akad vetélytársuk. Ilyen például a mexikói Kordillerák lábánál élő mexikói mocsárciprus (*Taxodium mexicanum*) egy példánya, amelynek hatalmas törzse ugyan csak 50 m magas, de kerülete 44 m, s így tömege feltétlenül tiszteletet parancsoló. 6 m magasságban több ágra oszlik, amelyek mindegyike egy-egy hatalmas törzsnek felel meg, s amelyek együttesen 132 m kerületű koronát tartanak. Nyilvánvalóan ez a fa sem lehet nagyon fiatal. Korát mintegy 2000 évre becsülik, és azt tartják, hogy tömegét és vastagságát tekintve ez a Föld leghatalmasabb növényóriása. E fának még a világtörténelemben is jutott némi szerep. *Hernan Cortez* 1519-ben ennek a fának árnyékában táborozott egész seregével, és úgy ír naplójában e fáról, mint valami csodáról.

A fa valóban csodálatos, de csoda tekintetében nem marad el mögötte az a tény sem, hogy Cortez az alatta elfért sereggel meg tudta hódítani az azték birodalmat.

Őskultúrák, ősvadon

A dél-amerikai Kordillerák vagy Andok hegysége sokkal egységesebb, magasabb, nagyobb kiterjedésű Észak-Amerika pacifikus hegyrendszerénél. Ez a csodálatos lánchegység mégis a kiáltó ellentétek megtestesítője. A nyugati oldalán szinte alig van csapadék, sivatagok szegélyezik lábait, és irdatlan kopár hegyoldalak merednek a tenger felé. Keleti lejtőin viszont 2-4000 mm csapadék hull és gyönyörű hegyi esőerdők hatolnak fel valószínűtlen magasságokig. 4000 m magasságban kialakult magasfennsíkján – az *altiplánón* – a magas fokú inka kultúra több ezer éves romvárosai ejtenek ámulatba, míg lenn az őserdőben vad indián törzsek élnek, amelyek még ma is fejvadászok.

A fantasztikusan szép és vad óriáshegység növényzetének gazdag változatosságáról egy nyugat–keleti irányú szelvény bemutatásával adhatunk hozzávetőleges képet, mégpedig az Egyenlítőtől délre a 16–18. szélességi fok táján, Arica magasságában, ahol a hegység erősen kiszélesedik, s a Titikaka-tó festői környezetében egykor az inkák palotái álltak.

A lapos nyugati partvidéken, a hegység esőárnyékában terül el a salétromos sókban gazdag Atacama-sivatag, amelyen csaknem kizárólag egyéves efemerek élnek. Ez a sivatagi öv egészen 2000 m magasságig felnyúlik a hegyek közé, és így megy át az oszlopkaktuszok, szárazságtűrő ananászfélék (*Tillandsiák*) és szúrós cserjék sajátos vegetációtípusába, amely tulajdonképpen egy magashegységi félsivatag. A hűvös, párás éghajlatú ködövezet 3800-4000 m magasságban alakul ki, ahol a felhők találkoznak a hegyvidékkel. Más trópusi ködövezetekhez viszonyítva ez az öv is száraz, és így a szokásos páfrányerdők öve helyett itt csak magasfüvű réteket, elszórt facsoportokat, egy különös magashegyvidéki szavannát találunk. A völgyekben a köd hosszabb ideig megül, ún. ködzsákok alakulnak ki, amelyek kedveznek az örökzöld cserjeerdők kialakulásának.

*

Ha keletről az Amazonas-medencéje felől közelítjük meg az Andokat, egészen más vegetációeloszlást tapasztalunk. A liánokban és orchideákban gazdag trópusi esőerdők 1500 m magasságig hatolnak fel. A lombkoronaszintben megtaláljuk a vöröskérgű és az aranykérgű kínafát (*Cinchona pubescens* és *C. officinalis*) amelyekről már korábban szóltunk. Ezek kérge szolgáltatja a kinint, de hasonló hatású a cserjeszintben élő *Cuspa*-cserjék kérge is. A *Cissus-*

liánok az őserdő vízvezetékei: elvágott szárukból iható víz folyik. A nedves szurdokokban nagytermetű, lágyszárú *Heliconiák* és *Dracontiumok* 3 m-es levelei külön kis dzsungelt alkotnak az őserdőben, és egy-egy levelük akár sátornak is használható.

Itt, az Amazonas-vidék és a Yungas őserdeiben, Bolívia és Brazília határán is vannak civilizált emberi települések. A rádió és távíró láthatatlan fonalán kívül az Andokon átkígyózó keskeny, meredek szerpentin út az egyetlen köldökzsinór, amely ezeket a községeket összeköti a külvilággal. Sokszor ez az egyetlen kapcsolat is megszakad. A nagy esőzések idején a lezúduló csapadék gyakran elmossa az utat, máskor földcsuszamlások akadályozzák a közlekedést. Ilyenkor nem lehet külső segítségre várni, mármint hogy a bolíviai útépítő és karbantartó vállalat – ha egyáltalán van ilyen – expedíciót küldjön a helyszínre. A megrekedt kocsisor utasai és vezetői alkalmi útjavító brigádokká alakulnak. Fát vágnak, ácsolnak, dúcolnak bámulatos szakértelemmel, és gyakran tekintélyes földmunkát is végeznek, mígnem az út ismét közlekedésre alkalmassá válik.

A civilizáció csak a fehér ember településeinek széléig terjed, az őserdő legszélső fáinál már a vadon kezdődik, amelynek nemcsak egzotikus állatvilága, de bennszülött lakói is óvatosságra intenek. A Yungas őserdőiben lakó számtalan vad indián törzzsel csak a misszionáriusoknak van közvetlen kapcsolatuk, s ők is minden „kiszállásukon" az életükkel játszanak. Mikor térítőútjaikról visszatérnek a városkába, tanulni vágyó gyerekek és kíváncsi bennszülött legények jönnek velük a vadonból, akik még néhány héttel korábban a törzsnél emberhúst ettek. Mentségükre szolgálhat, hogy nem egyszerűen éhségük csillapítására tették, hanem vallásos népszokásból, – de ez a tényen nem sokat változtat.

Néhány éve, mikor Brazíliában aziránt érdeklődtem, hogy ezek a mondatok mennyire tekinthetők aktuálisnak napjainkban, azt a választ kaptam, hogy valószínűleg már nem időszerűek, de azért sosem lehet tudni. Amazóniában még minden lehetséges.

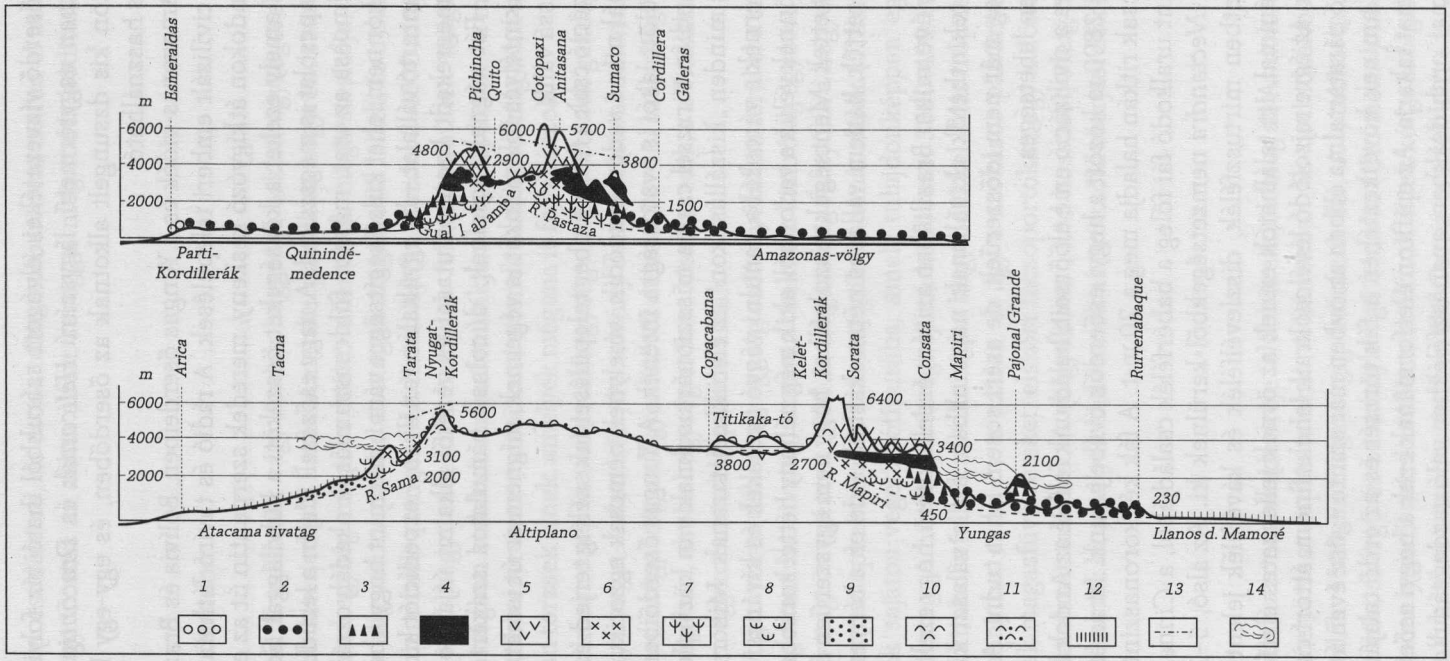
Elhagyva a civilizáció eme előőrseit, haladjunk felfelé az Andok keleti lejtőin.

2000 és 2800 m között a hegyi esőerdők övébe jutunk. Itt az erdők magassága már csak ritkán haladja meg a 20 m-t. A fák két koronaszintet alkotnak. A felső szint uralkodó fái főleg a babérfélék családjából, a *Cinnamodendron*, *Ocotea* és *Nectandra* nemzetségekből kerülnek ki. Az alsó, 5–10 m magas koronaszintben mirtuszfélék, díszlevélfélék és kávéfélék jelentkeznek igen nagy fajszámmal. Itt találhatók ennek az övnek jellegzetes életformáiként a páfrányfák, az égre rajzolódó levélcsokraik leheletfinom, áttört csipkéivel.

A levegő páratartalma ebben az övben már szinte egész éven át 90 százalék fölött van, aminek következtében a fák törzsét és az erdő talaját összefüggő mohabevonat takarja. Az epifiton életformának ezek a hegyi esőerdők az igazi paradicsomai, orchideákban, ananászfélékben való gazdagságuk minden kép-

36. ábra

Az Andok növényzeti öveinek vegetációs szelvénye
(fent: az Egyenlítő mentén, lent: a déli szélesség 16–18. fokán, kb. Arica magasságában)



Jelmagyarázat: 1. félig örökzöld hegyvidéki esőerdők, 2. trópusi esőerdők, 3. babérlombú hegyvidéki erdők, 4. magashegységi ködövezet páfrányerdőkkel, 5. paramók, havasi örökzöld cserjések, 6. alhavasi mezofil (rétek és cserjések), 7. alacsony hegyvidéki szukkulens és tövises bozótok, 8. magashegységi szukkulens és tövises bozótok, 9. sivatagok, 10. nedves havasi gyepek (nedves punák), 11. száraz havasi gyepek (száraz punák), 12. síkvidéki forró övi szavannák, 13. örök hó határa, 14. köd- és felhőövezet.

zeletet felülmúl. Ezekről az erdőkről írta európai felfedezőjük, Alexander Humboldt: *„Egy festő egész élete nem volna elegendő ahhoz, hogy csupán egy szűk térséget nézve át, lefesse a perui Andok remekszép orchideáit."* Az epifitonszintekben az orchideák mellett egyre nagyobb szerephez jutnak a páfrányok is. Jellegzetes életformaként megjelennek a fák törzsein a hártyapáfrányok, sőt a cserjeszint levelein a mikroszkopikus kicsinységű levéllakó – epifill – májmohák is.

2800 és 3400 m között a legfelső erdőövezetet a köderdők alkotják. Állandóan hűvös, párás klímában kialakuló 10-12 m magas erdők ezek, amelyeket sűrűn álló, görbe törzsű, kis levelű fák egyetlen koronaszintje jellemez. Az erdő minden felületét vastag mohatakaró borítja, az ágakról, a fatörzsekről függönyszerűen csüngnek alá a mohák és a hártyapáfrányok. A virágos epifitonok többsége is a mohapárnában kúszó, sokszor szabad szemmel alig látható orchidea. A mohák mellett minden növényzeti szintben nagy szerep jut a páfrányoknak is. A páfrányfák mellett nagy számban találunk epifiton és lián módjára élő páfrányokat, és gyakoriak a gyepszintben is. A lombkoronaszintet alkotó fák közül nevezetesebbek a fenyőfélékhez tartozó *Podocarpus*ok, az andi éger (*Alnus jorullensis*), a mirtusz- és hangafélék. Ezt a rendkívül hangulatos, de igen nehezen járható, bozótos erdőséget a bennszülöttek ceja-nak (ejtsd: széha) nevezik, ami spanyolul szemöldököt jelent, talán azért, mert ez a bozontos erdőövezet alkotja a havasi fahatárt, amely fölött már a hegyek – messziről simának látszó – magas homloka domborodik.

Az erdő 3500 m körül fokozatosan letörpül, s fölötte kitárul az Andok havasi törpecserjéseinek és örökzöld havasi gyepjeinek, a paramóknak csodálatos világa. Az Andok havasi növényzetében három övezetet szokás megkülönböztetni. Ezek népi neve, illetve tudományos elnevezése az Andok különböző részein más és más.

A havasi öv legalsó övezetét egy csodálatosan virággazdag cserjevegetáció alkotja, amelyből különleges tájképi elemekként emelkednek ki a 6-8 m magasra megnövő, pálmára emlékeztető üstökösfák. A cserjeszintet főleg erikafélék, *Cavendishiák*, *Gaylussaciák*, és a gyönyörű, bíborvirágú *Befariák* alkotják, amelyek szépségükben is méltón helyettesítik az északi félgömb magashegységeinek hangarózsáit. Mellettük főleg fészkesvirágzatú *Baccharis*ok és *Senecio*k, díszlevélfélék és csermelyciprusok jutnak nagyobb szerephez a vegetációban. Minden szépségük ellenére sem ők a paramók igazi sztárjai, hanem két különleges életformájú növény: a fészkesvirágzatú üstökösfák és az egyedülállóan egzotikus „gyapjasgyertya"-növények, amelyeket az Andokon kívül csak Kelet-Afrika magas vulkánjainak havasi övében lelhetünk fel újra. Habár *Senecio*k igen nagy számban élnek az Andok paramóin is, az üstökösfák mégsem közülük kerülnek ki, mint Afrikában, hanem itt a napraforgóval rokon *Espeletia* és *Espeletiopsis* nemzetség tucatnyi faja és a *Libanothamnus tamanus* képviseli ezt az életformát. Jellemző rájuk, hogy csak levéltelen tör-

zsük csúcsán viselnek koronaszerű, többnyire nagy, húsos levelekből álló levélcsokrot, amely később leszáradva rajta marad a törzsön és védi a növényt a paramó fagyos éjszakáinak hidege ellen.

Ugyancsak a hideg és az erős napsugárzás elleni védelemre rendezkedtek be a különös alakú gyapjasgyertya-növények. Ezek a két-három méter magasra növő, fásodó szárú, oszlop alakú növények messziről úgy néznek ki, mintha egy rúdra szűrt vagy subát akasztottak volna: az egész növényt hosszan lelógó, sűrű, bozontos szőrzet borítja. Ebből a fehér, gyapjúszerű szőrbevonatból szinte ki sem látszanak a növények levelei és virágai. Míg az afrikai magashegységekben ezt az életformát főleg a harangvirágfélékhez tartozó *Lobéliák* képviselik – mint pl. a magyar Afrika-kutató és felfedező *gróf Teleki Sámuel* nevét viselő *Lobelia telekii* – az Andokban a hüvelyesek közül kerülnek ki ennek az életformának a tagjai, mint a gyapjas csillagfürt (*Lupinus alopecuroides*).

A paramo igazi sztárja azonban egy fejedelmi megjelenésű, csodálatos ananászféle, a *Puya raimondii*. Ez egy üstökösfa, amelynek fásodó törzse elérheti a 4 m-es magasságot, és csúcsán egy tüskés élű, ezüstös színű levelekből álló üstököt visel, mely fölött a növény hatalmas virágzatot fejleszt. A virágzat dúsan elágazó, gyertyatartó alakú, tengelye 5–6 m hosszúra is megnőhet. Így a legszebb virágzó példányok akár 10 m magasak is lehetnek.

A cserjés paramó vagy más néven szubparamó 3400 és 3800 m között elterülő övezetében is találunk magas termetű füveket és bambuszféléket. Uralkodóvá azonban ezek csak a füves vagyis igazi paramók övében váltak, 3800 és 4500 m között. Itt zsombékszerűen növő, merev levelű, magas füvek és sások alkotják a gyepet, többnyire a berzedt nádtippan (*Calamagrostis effusa*) csenkesz- és árvalányhajfajoktól kísérve, és a sások közül a magas termetű *Rhynchosporák* társulnak hozzájuk. A nedvesebb völgyekben és mélyedésekben bambuszfélék veszik át tőlük a vezető szerepet, elsősorban *Swallenochloa*-fajok, vagy a vegetációt áthatolhatatlan bozóttá fonó *Chusquea scandens*.

A paramók felett, 4000–4500 m között egy szárazabb és hidegebb éghajlatú öv következik, amely a mi havasi gyepjeinknek felelne meg, de azoknál sokkal nyíltabb vegetációtípus, nem összefüggő gyep. Ezt az övet punának nevezik, és ez uralkodik az Andok egész széles magasfennsíkján, az altiplánón. Teljesen szokatlan jelenség, hogy ilyen magasságban ne a hideg legyen a korlátozó tényező, hanem a szárazság következtében kényszerüljön visszavonulni nyugalmi periódusba a növényzet. Márpedig itt ez történik. A nedvesebb punákon nagy, merev levelű füvek alkotnak zsombékszerű vegetációt, amelyet icsunak neveznek. Nádtippan-, csenkesz- és árvalányhajfajok (*Stipa ichu*) alkotják ezt a növényzeti típust; a mi pusztai füveinknek messzire szakadt, de közeli rokonai. A szárazabb punákon a füvek háttérbe szorulnak, és helyüket gömb alakú *Tephrocactus*ok foglalják el, amelyeket hosszú, gyapjas szőrzet borít, de emellett még rendkívül tövisesek is.

A punák felett, az altiplánó szegélyén, ahol a magasfennsíkból 6000 m-es vulkánok hóborította, füstölgő kúpjai emelkednek ki fenségesen, 4500 és 5500 m között a párnanövények öve következik, amely a mi szubniválís régiónknak felel meg. Ebben a magasságban a levegő annyira ritka, hogy a kutatók állandó légszomjjal és gyötrő fejfájással küszködnek. Az éghajlatot a napszakos évszakváltozás jellemzi. Nappal nyár van és 20-30 °C-ra is felmelegszik a felszín, éjszaka viszont tél van, és mínusz 16-20 °C-ra hűl le a levegő. A növények növekedése igen lassú. Itt a virágos növények a mohapárnákhoz teljesen hasonló alakot öltenek, amelyben a hajtások a szél hatása ellen védekezve és a párologtatás csökkentéséért oly szorosan tömörülnek, hogy összefüggő felületüket csak késsel vagy csákánnyal lehet megbontani. E növények tehát saját elhalt maradványaikon növekszenek – évről évre néhány millimétert –, mialatt a párna belsejében némi nyershumusz keletkezik. A növényvilág e különös úttörői főleg az *Azorella* és *Plantago* nemzetségekből kerülnek ki. Utóbbiak a mi közönséges útifüveink minden elismerést megérdemlő rokonai.

Az örök hó birodalma – a „nevádo" – 5500 m felett alakul ki. A havas óriások oldalán hatalmas lavinák porzanak alá, de a hó sok helyütt megolvad. A földkéreg repedésein át forró kénes gőzök törnek a felszínre, és lecsapódva nagy területeken sárgára festik a havat.

Itt már csak oxigénpalack segítségével lehet hosszabb ideig tartózkodni, de megéri, mert a táj hangulata fenséges. Különösen, amikor leszállóban az altiplánói este. A vörös napkorong meg-megbotlik egy-egy füstölgő cukorsüvegen, majd bújócskázásba kezd, el-eltűnik a füstsapkás óriások valamelyike mögött, aztán rövid időre felbukkan közöttük, mígnem végleg eltűnik. A levegő hirtelen csípősen hideg lesz, de kárpótol érte a leáldozó Nap búcsúszínjátéka. A vulkánok nemrég még vakítóan fehér hósapkájára leheletfinom rózsaszínű fátylat borít az alkony, miközben néhány percig bronzvörösen izzik az alattunk elterülő gigászi magasfennsík. Az indigókék égen pedig felszikráznak a Dél Keresztje első csillagai.

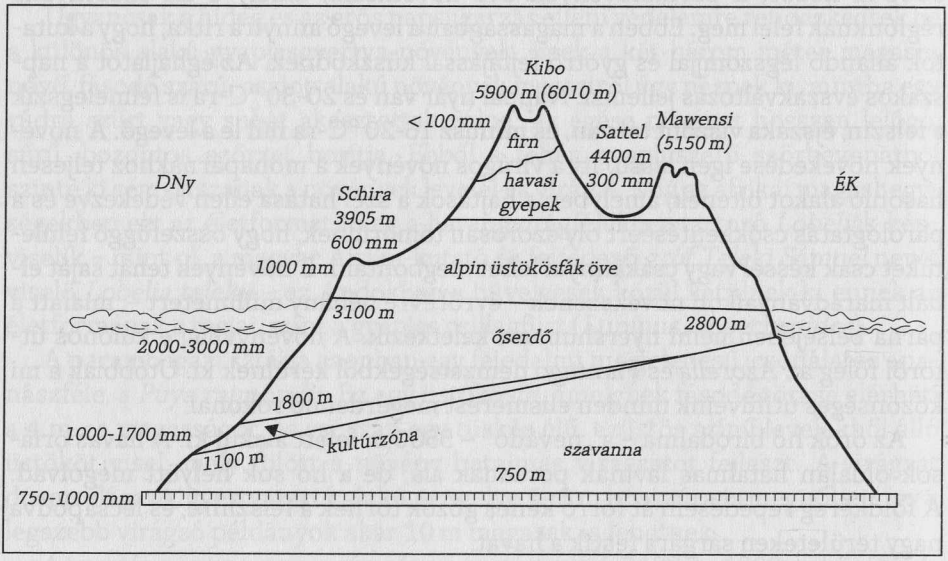
A Kilimandzsáró virágai

Vegyük fel újra oxigénpalackunkat, és keressünk fel egy újabb hósapkát! A forró Afrikában kevés a hófödte csúcs, és ezek között legmagasabb a Kilimandzsáró. Az újabb mérések ugyan degradálták, mert leírták a hatezres óriások sorából, de 5895 m-es magasságával is tiszteletreméltó, első számú óriása a fekete kontinensnek.

A csodálatosan csillogó hegyóriást méltán hívják szuahéli nyelven „Fényeshegy"-nek (kilimo = hegy, ndzsáró = fényes, csillogó, ragyogó), mivel főcsúcsát, az 5895 m magas Kibot hatalmas örökhósipka és szikrázó gleccserek borítják. A kelet-afrikai, több száz millió éves kristályos szigethegységekhez képest –

37. ábra

A Kilimandzsáró vegetációs övei



amilyen az Usambara, Uluguru, Ukaguru és sok más –, a negyedkor végi vulkánosság során keletkezett, mindössze néhány ezer éves Kilimandzsáró – földtörténeti léptékkel mérve – csak pár napos óriásbébinek számít. Méretei azonban lenyűgözőek.

Amikor Száme kisvárosát elhagyva, mintegy 100 km távolságból először pillantjuk meg a felhők fölött kivillanó fehér kupolát, el sem tudjuk képzelni, hogy az égboltnak ilyen magas pontján lehessen még földi tájék. Áthajtunk a Kilimandzsáró déli lábánál fekvő Moshi városán, és a hegy déli lejtőjén kb. 800 m magasságban fekvő Mwekában, a Vadvédelmi Főiskolán szállunk meg. Ez az intézmény az egyetlen Afrikában, amely a természetvédelmi területek szakszerű kezelését felsőfokon oktatja. Fenntartásához a Vadvédelmi Világalap (WWF) is jelentősen hozzájárul.

Hozzálátunk az expedíció megszervezéséhez. A Kilimandzsáró nemzeti park. A park igazgatóságánál befizetjük a belépti díjat, vezetőt és öt teherhordót fogadunk. Tapasztaljuk, hogy az 1984-es magyar hegymászó expedícióban történt tragédia óta (*Budai* Gábor botanikus „keszonbetegség" áldozata lett, tüdőembóliát kapott és meghalt) megszigorították a biztonsági intézkedéseket; pl. a vezetőt és a teherhordók felét az expedíció egész időtartamára fel kell fogadni. Nekünk kell gondoskodnunk számukra hálózsákról és élelemről. A teherhordók saját személyi felszerelésükön kívül személyenként 18 kg teher szállítására kötelezhetők. Még így is mindegyikünk hátizsákja több mint 20 kilót nyom.

Hajnal előtt indulunk, és 18 km-nyi hegyi autózás után érjük el Umbwe falucskát. Ez a település a kávétermesztő övezet felső határán van, 1700 m magasságban. Innen már nem sokáig tudunk terepjárónkkal továbbhaladni, mivel az esős évszak egy hónappal korábban köszöntött be a szokásosnál. A hegyi utak sárosak, síkosak, így első napi szálláshelyünkig az 1200 m szintkülönbséget gyalog kell legyűrnünk.

Örökzöld hegyi erdőkben, hatalmas *Podocarpus milanjeanus*-fenyők, *Agauria* fák és az olajfa vadon élő rokonának, az *Olea chrysophyll*ának példányai között haladunk felfelé. Utunkat gyönyörű virágok, a bennszülött kilimandzsárói nebántsvirág, egy pompás, lazacszínű kardvirág (*Gladiolus watsonioides*) és egy nagyvirágú fehér begónia (*Begonia meyeri-joannis*) szegélyezik. 2500 m körül hirtelen megváltozik az erdő képe. Alacsonyabb, görbe növésű fák sűrűjébe jutunk. Az erdőt sűrű köd üli meg, a fák koronájáról állandóan csöpög a nedvesség. A talajt, az ágakat hatalmas mohapárnák borítják. A köderdők vagy más néven mohaerdők övébe értünk. A *Podocarpus* mellé egy fatermetű rózsaféle, a *Hagenia abyssinica*, a hangafa (*Erica arborea*) és egy cédrusnak nevezett fává növő boróka, az értékes fájú *Juniperus excelsa* társul. A mohapárnák közt valóságos szőnyeget alkot egy rózsaszínű talajlakó orchidea, a *Disa stairsii*. A mohaerdő varázslatos világ: a fatörzsek, ágak mohaszőnyegébe ágyazva lecsüngő korpafüvek, levélrózsás páfrányok, kúszó törpe liánok és miniatűr orchideák függőkertjei alkotnak megannyi elragadó mikrokozmoszt.

Ebben az erdőben érjük el első napi szálláshelyünket, 2900 m magasságban, egy aláhajló sziklafal védelmében. Tűzrakás és vacsora után zoológus kollégáink felállítják a fénycsapdát, és éjfélig lepkéket, rovarokat gyűjtenek.

A második a nagy próba napja. Újabb 1000 m szintkülönbséget kell leküzdenünk. Szikrázó napsütésben, jókedvűen indulunk. A köderdő rövidesen letörpül és 3000 m-en a magas hegyvidéki bozótok övébe érünk, ami a Kárpátokban a törpefenyvesek övének felel meg – csak ott 1200 méterrel alacsonyabban alakul ki. Itt az éghajlat már hideg, szeles és száraz. A bozótot hangafélék, *Erica arborea* és egy *Philippia* nevű cserje alkotja. Ágaikat függönyszerűen borítja be a szakállzuzmók leírhatatlan tömege. Fölöttük pedig megdöbbentő közelségben szikrázik fel a Kibo széles, hófödte kupolája.

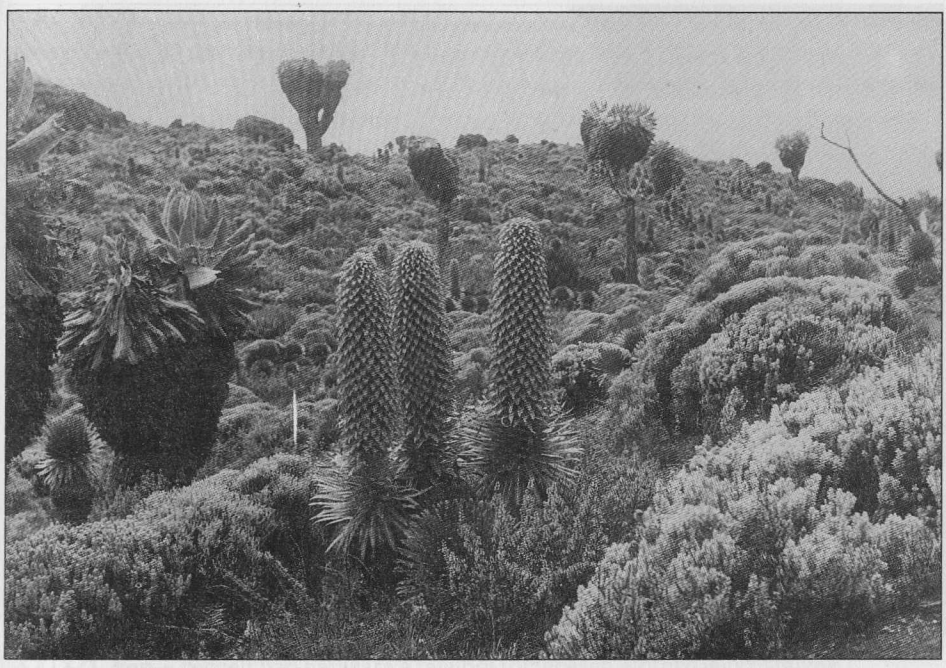
Itt jelennek meg az első afro-alpin növények, vagyis az afrikai magashegységek sajátos virágai, amelyek többségükben nem trópusi, hanem mérsékelt övi növénycsaládok tagjai, sőt közülük többen a mi alpesi virágaink rokonai, mint egy ibolya, egy szellőrózsa, egy veronika és egy bogáncs. Mind között azonban legszebb egy sárga virágú, pompás fáklyaliliom, a *Kniphofia kilimandscharica*. Rövidesen felhőbe kerülünk, ebben kapaszkodunk fölfelé. Kísérteties táj vesz körül, melyben alig 10-15 m-t látunk előre. Kiszáradt hangafák szakállzúzmókkal terhes ágaikkal, mint rongyos lepedőbe burkolt csontvázszerű kísértetek bukkannak fel és tűnnek el sejtelmesen a gomolygó

ködben. 3600 m-en vagyunk; a levegő egyre ritkább, a köd egyre sűrűbb. Kit fojtogató köhögés kínoz, kit fejfájás gyötör, kit szédülés környékez. Kapkodjuk a levegőt, egyre sűrűbben kell megpihennünk. Végre délután 3-kor megpillantjuk a Barranco-hut nyolcszögletes alumíniumkunyhóját.

Térképünk szerint 3900 m magasan vagyunk. Felverjük sátrainkat. Még el sem készülünk egészen, hatalmas jégesővel vegyes hózápor zúdul ránk. Mire eláll, bokáig érő hó áll a sátrak körül. Délután 5-kor hirtelen felszáll a felhő, és egyszerre minden fáradságért kárpótol a látvány: szinte karnyújtásnyira tőlünk feltűnik a Kibo! A ritka levegőben az optikai csalódás oly tökéletes, hogy valamennyien úgy érezzük, hipp-hopp, innen akár egy-két óra alatt is megmásznánk ezt a felettünk 2000 m magasan csillogó hegyóriást. Minden olyan közelinek látszik: a lenyugvó Naptól narancsszínű Arrow-gleccser sziklaoszlopai megannyi kis színes építőkockának, a hosszan felénk kanyargó Heim-gleccser 30 m magas jégfala egyszerű lépcsőnek tűnik, s a Decken-gleccser 200-300 m hosszan lecsüngő jégoszlopai mintha csak az otthoni ereszről lelógó jégcsapok lennének. A látvány annyira csábító és olyannyira megtévesztő, hogy fiatal kollégáinkat csak hosszas vita után sikerül lebeszélnünk arról, hogy nekiinduljanak és megkíséreljenek egy nap alatt feljutni Barrancoról a Kibo tetejére, az Uhuru-csúcsra.

Hála könnyű, meleg hálózsákjainknak, kellemesen töltjük a mínusz 5 fokos éjszakát. Reggelre téli táj vesz körül. Mindent vastagon borít a dér. A növények levelei összegömbölyödve, csontkeményre fagyva sziporkáznak az éles reggeli fényben. A jégkristályok ezer színben verik vissza a Nap sugarait. Hirtelen minden megelevenedik, mozogni kezd. A talajból halk pattogással arasznyi jégkristályok nőnek ki szemmel megfigyelhető gyorsasággal, ahogyan az éjjel megfagyott talajnedvességet a napsugarak hatására hirtelen felmelegedő és kitáguló talajrészecskék kipréselik maguk közül. Ez a különleges jelenség a tundratalajokra jellemző *szoliflukció*, amelyet itt, az Egyenlítőtől mindössze 3 szélességi fokra, 4000 m magasan a tenger szintje felett lépten-nyomon újra megcsodálhatunk. Közben a leolvadó jégpáncél alól kiszabaduló növények álmos mozgással terítik szét leveleiket a melengető napsugarak felé. Palástfüvek és lobéliák nyújtózkodnak, s a reggel nyolckor még fagyhalálba merevedett növények délelőtt 10-kor már javában virágzanak. Ilyen a magashegységek jellegzetes napszakos éghajlata: éjjel tél van, nappal nyár. Ezt a naponta változó klímát a fás növények nem tudják elviselni, mivel nem képesek törzsükben a nedvkeringést naponta újraindítani, majd ismét leállítani. Így ez a táj már fátlan, a havasi törpecserjék uralkodnak rajta. Mégis van két csodálatos kivétel. Egyikük a fészkesvirágzatúakhoz tartozó lágyszárú aggófüveknek – itt az afrikai szigetvulkánokon – fává növő rokona, az óriás *Senecio* vagy mai érvényes nevén: *Dendrosenecio*. Másikuk az oszlop alakú havasi lobélia.

A *Dendrosenecio*k megnőhetnek 8-9 m magasra is. Törzsüket pálmaszerű, nagy levelekből álló levélüstök koronázza. A karvastagságú fás törzset az el-

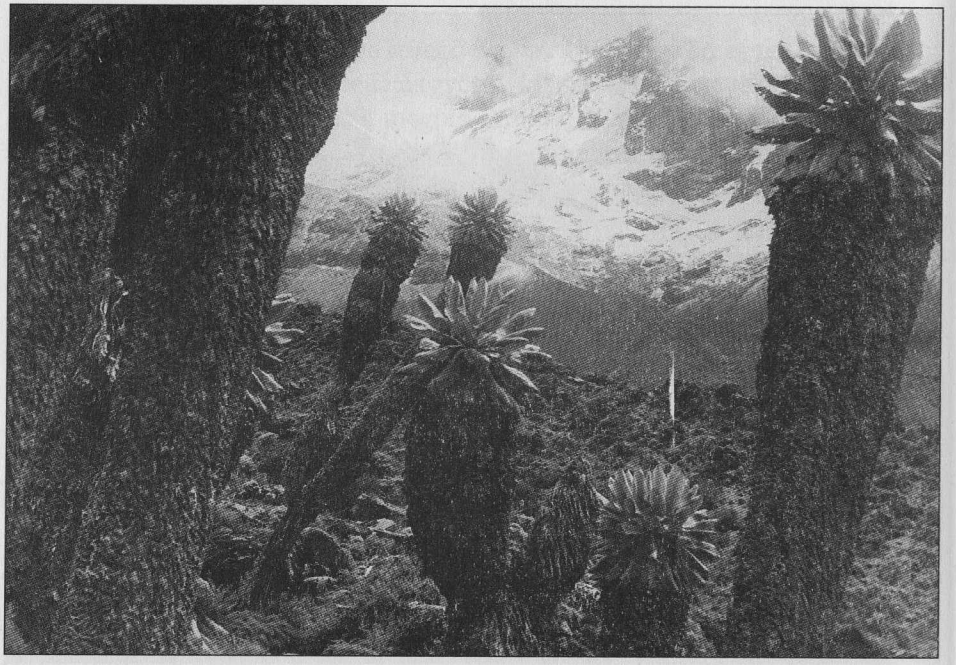


54. kép „Sisakrostélyos" fatermetű lobéliák *(Lobelia deckenii)* a Kilimandzsáró gerincén 4200 m magasságban

száradt levelek nemezszerű, sűrű és vastag bundája burkolja, és védi a fa nedvkeringését az éjszakánként rendszeresen fellépő fagyoktól. Ha valahol a havason tűz keletkezik, és a száraz „levélbunda" leég vagy megsérül, az üstökösfa törzse megfagy és a növény elpusztul. A Barranco sziklás völgyfőjében élnek a Kilimandzsáró legszebb üstökösfa-állományai, valóságos kis erdőket alkotva. Ők képviselik e csodálatos hegyóriás legjellegzetesebb tájképi elemeit. Igazi sztárok, mindegyikük külön egyéniség.

A Kilimandzsáró másik havasi csodanövénye a *Lobelia deckeni*. Oszlop alakú példányai – melyek gyakran elérik az embermagasságot – úgy sorakoznak a völgyek mentén, mint leeresztett sisakrostélyú, komor zöld páncélos vitézek: törzsüket sűrűn összeboruló, élő leveleikkel védik az éjjeli fagyoktól. A növény felső része egyetlen hatalmas rejtett virágzat, amelynek sötétkék virágait ezernyi hosszan visszahajló, pikkelyszerű fellevél árnyékolja az erős havasi sugárzás ellen.

Ezen a napon az expedíció két csoportra oszlik. Egyik része felmegy a 4800 m magasan fekvő Arrow-kunyhóhoz. (Táblát helyeznek el a tragikusan elhunyt Budai Gábor emlékére.) Ketten közülük – minden ellenkezésünk dacára – megkísérlik, hogy továbbmenjenek a csúcsra, de irgalmatlan hóvihar kerekedik. A szélnyomástól megindul az Arrow-gleccser törmeléklejtője. Deus ex machi-



55. kép Gyapjas törzsű, üstökös Senecio-fák *(Seneciodendron johnstonii)* 4000 m magasan a Kilimandzsárón

na – még útjuk elején tartanak –; hanyatt-homlok menekülnek vissza, s örülnek, hogy ép bőrrel megúszták. A másik csoport a Heim-gleccser végmorénái alatt, az olvadékvizektől táplált üde zöld forráslápok élővilágát tanulmányozza, ahol szépséges havasi virágok rejtőznek: a kenyai kakukktorma, a kilimandzsárói kántusfű, s egy nagy, aranyló virágú boglárka, a *Ranunculus oreophytus*.

A negyedik napon tábort bontunk, s keleti irányban haladva körüljárjuk a Kibo déli lejtőjét, követve a növényzet felső határát. Három teherhordót visszaküldünk a gyűjtőfelszereléssel és a gyűjtött anyagokkal, terhüket pedig szétosztjuk magunk között. Utunk most már úgyis könnyebb lesz – gondoljuk mi –, hiszen szintvonalban megyünk. Ez úgy kezdődik, hogy Barrancoból egy alkalmas sziklahasadékon felkapaszkodunk a Breach Wall 300 m magas, csaknem függőleges sziklafalára. Itt már nincsenek sem óriás *Senecióк*, sem *Lobeliák*, az alpesi törpecserjések övébe jutunk. Amerre csak ellátunk, félgömb alakú, ezüstös és gyapjas levelű törpecserjék csillognak. Csaknem valamennyien a szalmagyopár nemzetségbe tartoznak, amely itt hihetetlen gazdagságban fordul elő: több mint 30 faj egyetlen hegyen! Leggyakoribb a *Helichrysum heimii*, a legnevezetesebb pedig egy különösen nagy fészkű faj, a kilimandzsáró-gyopár (*Helichrysum meyeri-johannis*), amelynek fészekpikkelyei bíborszínűek. Ez a növény éppoly népszerű, mint nálunk a havasi gyopár,



XXIX/1. kép A reggeli nap hatására a talajból tömegesen előtörő jégkristályok a Kilimandzsárón (szoliflukció)



XXIX/2. kép A *Lobelia deckeni* UV-sugaraktól védett virágai



XXX/1. kép A kilimandzsárói palástfű *(Alchemilla johnstoni)* jéggé fagyott csoportja reggel 8 órakor, 4200 m magasságban



XXX/2. kép Ugyanaz délelőtt 10 órakor, teljes virágzásban



XXXI/1. kép Művészek a növények társadalmában I. Boldogasszony papucsa *(Cypripedium calceolus)*, a melegkedvelő tölgyesek specialistája



XXXI/2. kép Művészek a növények társadalmában II. Mocsári nőszőfű *(Epipactis palustris)*, az üde láprétek specialistája



XXXI/3. kép Művészek a növények társadalmában III. Havasi iszalag *(Clematis alpina)*, a sziklai bükkösök specialistája



XXXII/1. kép Hivatalnokok a növények társadalmában I. Tavaszi hérics *(Adonis verdalis)*, a sziklai és pusztai gyepek generalistája



XXXII/2. kép Hivatalnokok a növények társadalmában II. Szibériai harangvirág *(Campanula sibirica)*, a sziklai és pusztai gyepek generalistája



XXXII/3. kép Külföldi nagyvállalkozók a növények társadalmában I. Mirigyes nebáncsvirág *(Impatiens glandulifera)*, a folyóparti erdeink özöngyomja



XXXII/4. kép Külföldi nagyvállalkozók a növények társadalmában II. Kanadai aranyvessző *(Solidago canadensis)*, a liget- és láperdeink özöngyomja

ezért állományai igen megritkultak, s bár védetté nyilvánították, ma is szedik és árulják csokrait.

A gömbcserjések egy másik szép fészekvirágzatú növénye a Teleki-aggófű (*Senecio telekii*), amelyet szintén az egykori híres magyar Afrika-kutatóról, *gróf Teleki Sámuelről* neveztek el. Az ő nevét viseli még a Kenya vulkán óriáslobéliája is, sőt még egy 2000 m magas, csodálatosan szabályos kúpalakú hegy is, a Teleki-vulkán a Rudolf-tó déli partján.

A törpecserjések fölött, 4200 m körül egy még szárazabb övezetbe jutunk, ahol berzedt levelű, szárazságtűrő füvek uralkodnak. Ez a havasi sztyeppek öve, amelyet az Andok hasonló növényzeti típusáról puna vegetációnak nevez a tudomány. Ennél magasabban már nincs összefüggő növénytakaró a Kilimandzsárón.

Lilásszürke vulkáni hamu- és lávamezőkön haladunk át; felszínükből kisebb-nagyobb vörös sziklák – vulkáni bombák emelkednek ki laza összevisszaságban. Ez a hegyi sivatagok öve, ahol már nem találkozunk élőlényekkel, sivár, steril holdbéli táj. Elhagyatottságunk érzését csak fokozza az újra ránk törő sűrű köd, s a szitáló jeges eső. Kora délutánra érkezünk meg a Karanga-völgybe, amely a Decken-gleccser és a Rehman-gleccser között fekszik. A völgy zsúfolásig van fiatal lobéliákkal, amelyek fölött egyetlen nagy, kandeláber alakú *Senecio*-fa őrködik.

Kirándulásunk ötödik napján csodálatos derült reggelre ébredünk. Kikapaszkodva a Karanga-völgyből, folytatjuk vándorlásunkat a kietlen kősivatagban. A kavicsok millióiról visszaverődő éles fény még a napszemüveg mögött is vakít. Délfelé jár, amikor a Kibo délkeleti lejtőjét képező Barafu-gerincre felkapaszkodunk, és a Horombo-plató fölött megpillantjuk a Kilimandzsáró „fiókcsúcsát", az 5151 m magas Mawenzit. Ez a többtucatnyi toronyból és sziklatűből álló hatalmas sziklakatedrális – amely csak az esős évszakban havas – most vakítóan csillog friss hóruhájában. Bár több mint 700 m-rel alacsonyabb a gleccserekkel borított Kibo-nál, megmászása sokszorta nehezebb. Biológiai szempontból azonban kevésbé érdekes, így beérjük a látványával, és elindulunk Mweka irányában lefelé. Rövidesen beérünk a *Philippia*-cserjések övébe, ahol új növénycsodák várnak: a pompás kesztyűvirág (*Hebenstreitia dentata*) és a hatalmas virágzatú kilimandzsárói protea (*Protea kilimanjarica*), a dél-afrikai flóra legészakabbra hatoló hírnöke.

Innen még másfél napig tart az út lefelé. Közben megfogalmazzuk tanulmányutunk legfontosabb megfigyeléseit. Természetvédelmi szempontból az a szomorú megállapítás a legfontosabb, hogy – a terület nemzeti park státusa ellenére – a turistautak mentén igen sok az illegális favágás, az erdők területe csökkent, és állapotuk romlott a 8-10 évvel ezelőtti expedíciók által készített felmérések óta.

Szép emlékekkel gazdagodva nézünk vissza erre a csodálatos hegyóriásra, amely most messziről olyannak tűnik, mint egy gigászi habostorta. És való-

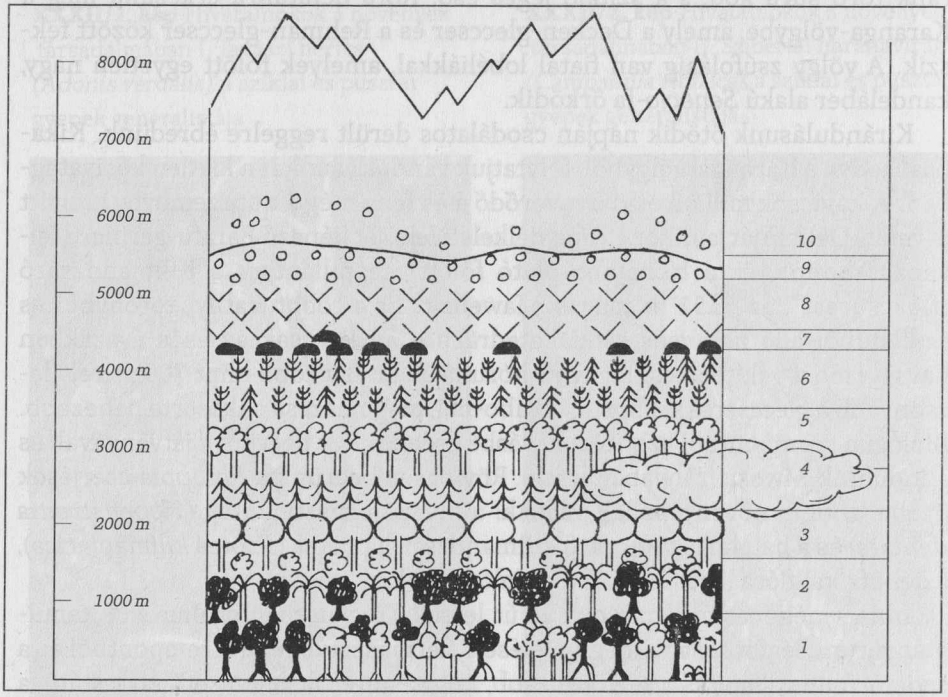
ban! Ez a hegy a múlt század közepén még az angol gyarmati fennhatóság alatt álló Kenyához tartozott, és nem a mai Tanzánia egykori jogelődjéhez, a német gyarmat Tanganyikához. Mai fogalmaink szerint szinte hihetetlennek tűnik, hogy ezt a gyönyörű hegyet – a rajta élő emberekkel, falvakkal egyetemben – Viktória királynő oly egyszerűen – mondhatni: lezser mozdulattal – adta oda Vilmos császárnak nászajándékul, mint egy közönséges habostortát...

A legek hegységében

A kelet-afrikai szigethegységek szédítő ötezres csúcsaikkal valósággal eltörpülnek a Himalája félelmetes masszívuma mellett, ahol a 8000 m-es óriásokból is egész kis csapatot tartanak számon, nem beszélve a hétezresek seregéről.

38. ábra

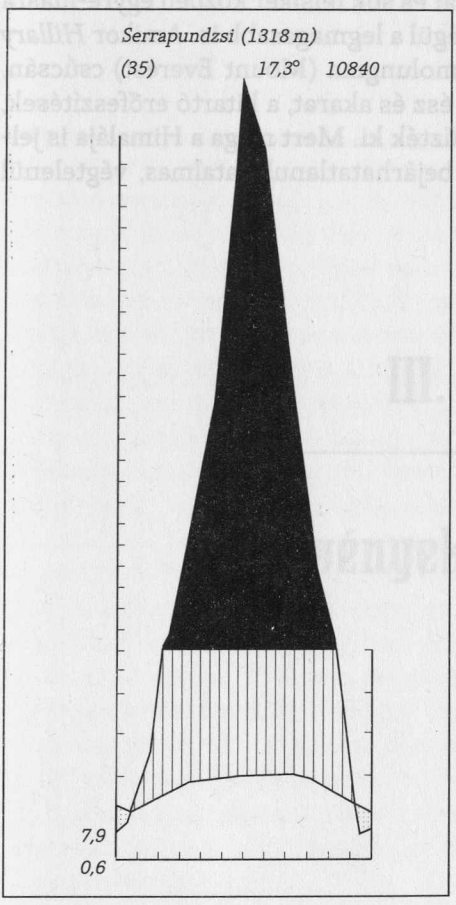
A Himalája fontosabb vegetációs övei



Jelmagyarázat: 1. trópusi eső- és monszunerdők öve, 2. pálma-elegyes monszunerdők, 3. örökzöld tölgy- és gesztenyeerdők öve babérlombú cserjékkel, 4. ködövezet fenyves erdőkkel, 5. lombhullató mérsékelt övi tölgy-juhar erdők, 6. alhavasi fenyő és cédruserdők, 7. havasi Rhododendron cserjések, 8. havasi gyepek öve, 9. havasi párnanövények öve, 10. örök hó öve, az alsó részén pionír párnanövény-csoportokkal.

39. ábra

A Szerrapundzsi klímadiagramja



A Szerrapundzsi a Föld legcsapadékosabb helye a Himalája keleti lejtőin.

A Himalája kétségtelenül a „legek" hegysége. Nemcsak hogy ő a legmagasabb, a legnagyobb tömegű, de itt esik a Földön a legtöbb csapadék is (Szerrapundzsi csaknem 11 000 mm-es évi átlaga egyenesen fantasztikus), itt van legmagasabban az erdőhatár, és itt hatolnak legmagasabbra a virágos növények.

Ilyen irdatlan méretű hegyvidék növényvilágáról, vegetációjáról még nagy vonalakban is nehéz áttekintést adni. A hegység lábainál kb. 600 m magasságig monszunerdők díszlenek, amelyeket a híres teakfa, a sötét fájú ébenfa és a szárnyas termésű *Dipterocarpus*ok alkotnak. Fölöttük 1000 m-ig utóbbiak pálmákkal társulnak, s az erdők cserjeszintjét bambuszfélék alkotják. 1000 és 2000 m között a félig örökzöld erdők széles övét találjuk, amelyben az örökzöld tölgy (*Pasania*) a lombhullató tölgyekkel (*Quercus*) és a babérgesztenyével (*Castanopsis*) elegyedik. Cserjeszintjükben rengeteg babérfélét találunk. 2000 m felett a ködövezet alakul ki, amelyben fenyők uralkodnak (*Pinus longifolia, P. khasya*), a fákat mohák és szakállzuzmók vonják be vastagon, és a talajt a csipkeharaszt (*Selaginella*) finom szőnyege borítja. Ebben az övben él a Kelet-Himalája két ősi nyitvatermő reliktuma, a *Ginkgo*, és a mamutfenyők rokona, a *Metasequoia* is. A ködöv felett, kb. 2500 m-től felfelé találjuk a mi mérsékelt övi erdőinknek megfelelő lombhullató tölgy- és juharerdőket. Kb. 3000 m-en kezdődik egy újabb, az elsőnél szélesebb, tűlevelű erdőöv, amelyet már nem melegkedvelő fenyők, hanem hidegtűrő fajok alkotnak, így a magas fenyő (*Pinus excelsa*) és a himalájai cédrus (*Cedrus deodara*). Ezek a fák alkotják 4000 m körül a havasi fahatárt. Felette itt is a *Rhododendron*ok törpecserjéseit, majd kiterjedt havasi gyepeket és párnavegetációt találunk. Az örök hó birodalma itt 5700 és 6000 m között van, de egyes virágos növényfajok 6200 m magasságig is feljutnak.

Az ember az utolsó száz évben rendkívüli erőfeszítéseket tett, hogy túljutva a növényi és állati lét e havasi határain, meghódítsa a hófödte és jég borította szikrázó csúcsokat. Sok kudarc, áldozat és sok félsiker közben egyre-másra hódoltak meg a fenséges hegyóriások, végül a legmagasabb is. Amikor *Hillary* és *Tenzing* kitűzték lobogójukat a Csomolungma (Mount Everest) csúcsán, tettük jelképes értelmű volt. Az emberi ész és akarat, a kitartó erőfeszítések, az áldozatvállalás diadalának zászlaját tűzték ki. Mert maga a Himalája is jelkép egy kissé: az emberi megismerés bejárhatatlanul hatalmas, végtelenül vonzó, csillogó fellegvára.

III. rész

A növények társadalma

Vannak-e növényi társadalmak?

Még mielőtt valamiféle indokolatlan optimizmus lenne úrrá rajtunk a növényvilág ennyi szépsége láttán, szeretnék emlékeztetni arra, hogy ez a könyv nemcsak a természet szépségeiről és nagyszerűségéről szólt, hanem részleges pusztulásáról, aggasztó jövőjéről és arról, hogy meg kell védenünk. Mert igazi lelkesedéssel és elszántsággal csak annak tudunk a védelmére kelni, amit ismerünk, szeretünk, s aminek az értékével tisztában vagyunk.

Az emberiség történelme során megszokta, hogy minden fejébe vett szándékát előbb-utóbb – értelmével, erőszakkal vagy fondorlattal – meg tudja valósítani, hatalmát mindenre ki tudja terjeszteni. Az ember azonban csak része, és nem ura a természetnek, és a rész tartósan nem uralkodhat az egész felett. A földi életet csak kozmikus erő semmisítheti meg, de az ember képes lehet természeti környezetének oly mértékű tönkretételére, amely saját pusztulásához vezethet. Ezen az úton eddig már jelentős haladást tettünk.

Az emberiség túlélésének egyetlen esélye van: ha megismeri a környező természetet és tiszteletben tartja a felismert törvényszerűségeket. A természet nem parlament, ahol négyévenként újra lehet alkotni, félévenként pedig módosítani a törvényeket. Kellő ismeret és józan mérséklet birtokában azonban az emberiség – ha uralkodni nem is fog rajta, de – részt vehet a természet kormányzásában. Ehhez azonban az embernek előbb egy másik természetet kell legyőznie: a saját természetét. Voltak már, akiknek sikerült. Rendkívül időszerű, hogy ez társadalmi, ha úgy tetszik: össznépi lecke, vagyis az egész emberiség feladata legyen.

Manapság az emberi társadalom szerkezetét, szervezeteit, működését leginkább gazdasági tevékenységének tükrében értékelik. Egy ország társadalma akkor tekinthető eredményesnek, ha pénzügyileg stabil, gazdasági mutatói jók. Azok előtt a politikusok, akik az emberi társadalmak működtetéséért felelősek, és a döntéshozók előtt gazdasági folyamatok, modellek, elérendő gazdasági növekedések lebegnek, mint a sikeresség ismérvei, amelyek egyúttal saját politikai helyzetük stabilitásának is biztosítékai. Ezeknek a döntéshozóknak kellene okosan és lelkiismeretesen gazdálkodniuk a természet legfontosabb megújítható erőforrásával, Földünk növényzetének maradványaival, Gaia megszaggatott zöld ruhájával.

A baj valahol ott is lehet, hogy a közgazdászok nem tudnak mit kezdeni a Föld növényzetével, mert nem tudatosult bennük, hogy a növénytakaró is társadalmakból áll, amelyeknek gazdasági és társadalmi stratégiái és szigorú tör-

vényei vannak, amelyek működtetnek, korlátoznak és szabályoznak. Érdemes egy kissé megismerkedni a növényi társadalmak szerkezetével és működésének gazdasági elveivel, hátha ez hozzásegíti a döntéshozókat is ahhoz, hogy megértsék ezt az emberi társadalom létét alapvetően meghatározó társadalmi és gazdasági rendszert, és megpróbáljanak vele egy békés gazdasági együttműködést kialakítani.

*

Már több mint száz éve, 1894-ben egy *McLeod* nevű angol botanikus azt a meghökkentő állítást közölte, hogy a növények társadalma két csoportból áll: kapitalistákból és proletárokból. A kapitalisták sokat esznek, kevés utódot hoznak és sokáig élnek, ezzel szemben a proletárok keveset esznek, sok utódot hoznak és korán meghalnak.

Ez a figyelemreméltó megállapítás akkoriban nyomtalanul elmerült a biologisztikus társadalom-magyarázatok és az antropomorf biológia-magyarázatok tömkelegében, amelyek a spenceri filozófia hatására nagyszámban születtek a századfordulón.

Az olvasó talán tudománytalan jópofáskodásnak is tekinthetné ezt a „blikkfangos" bevezetést, sietek azonban megnyugtatni, hogy a növények társadalma cím nem reklámfogás.

Ellenkezőleg, szeretném röviden bemutatni azokat a fontosabb tudományos eredményeket, amelyek a növényi közösségek és az emberi társadalom közös vonásaira utalnak, sőt magam is szeretnék hozzájárulni ehhez egy olyan modell bemutatásával, amely e két különbözőnek látszó szféra működésének hasonló vonásait tovább gyarapítja és erősíti.

Elöljáróban szeretnék emlékeztetni arra, hogy a növényi közösségekkel foglalkozó tudomány neve eredetileg növényszociológia volt, amely a növényszövetkezetek leírásával, működésük törvényszerűségeivel foglalkozott. Az 1940-es évek végén a marxista szociológia nyomására tértünk át a növénycönológia és növénytársulás elnevezésekre. Akkoriban azt tanultuk, hogy az emberi társadalom külön minőséget képvisel, mert az emberi társadalomban az emberi tudat működik, amilyennel más élőközösségek nem rendelkeznek, másrészt az emberi társadalom egyfajú, míg a növénytársulások sok fajból tevődnek össze.

Ha most e két argumentum megkülönböztető jellegét megvizsgáljuk, kétségeink támadnak. A tudat ugyanis nem egységes társadalmi ideaként jelenik meg, hanem különböző – gyakran ellentétes – irányú érdekek és törekvések stimulátoraként, aminek következtében egymást kioltó vektoriális mennyiségekké darabolódhat, vagy a folyamatokat az eredeti – többnyire értelmes – szándéktól eltérő irányba vezérelheti. (Akinek efelől kétségei lennének, néhány szenátusi vagy kari tanácsülésen való részvétel után az állítást vita nél-

kül elfogadja). Valójában ez az argumentum – idealisztikus jellege miatt – eleve nem illik egy materialista társadalom-filozófiába, – nem is *Marx*tól származik, jóval később keletkezett. Kifogásolható továbbá az az álláspont is, amely indokolatlan egyenlőségjelet tesz tudat és értelem közé, holott a két dolog nyilván nem ugyanaz. Az emberi társadalom folyamataiban és jelenségeiben a véletlenszerűségnek éppoly nagy, – vagy esetleg még nagyobb – szerepe van, mint az egyéb élőközösségek életében. Nem véletlen, hogy mindkét szféra mozgásait, eseményeit, működését a matematikai statisztika azonos eszközeivel vizsgáljuk és írjuk le.

A másik kérdés az egyfajúság–többfajúság kérdése. Az ember nem véletlenül a teremtés koronája, vagyis az adaptív evolúció csúcspontja. Az ember szerepjátszó készségével képes az összes társadalmi funkció betöltésére, amelyeket a növényi társadalmakban csak az egyes funkciókra adaptálódott fajok vagy fajcsoportok közössége képes ellátni. Vagyis az egyfajú emberi társadalommal funkcionális szempontból éppen egy sokfajú növényi társadalom egyenértékű.

Ezek után tekintsük át röviden azokat az ismérveket, amelyek a növényi társadalmak megértéséhez közelebb visznek bennünket.

Azt, hogy a növényzet nem amorf biomasszaként jelenik meg a Föld felszínén, hanem benne jellemző *növényi alapformák* ismerhetők fel, *Alexander Humboldt*, a nagy német geográfus, a növényföldrajz tudományának megalapítója fedezte fel. Ő 21 növényi alapformát írt le, ma mintegy 54-et ismerünk. Ezek közül 41-et mutatunk be azok közül, amelyek Dél-Amerika trópusi növényvilágára jellemzőek.

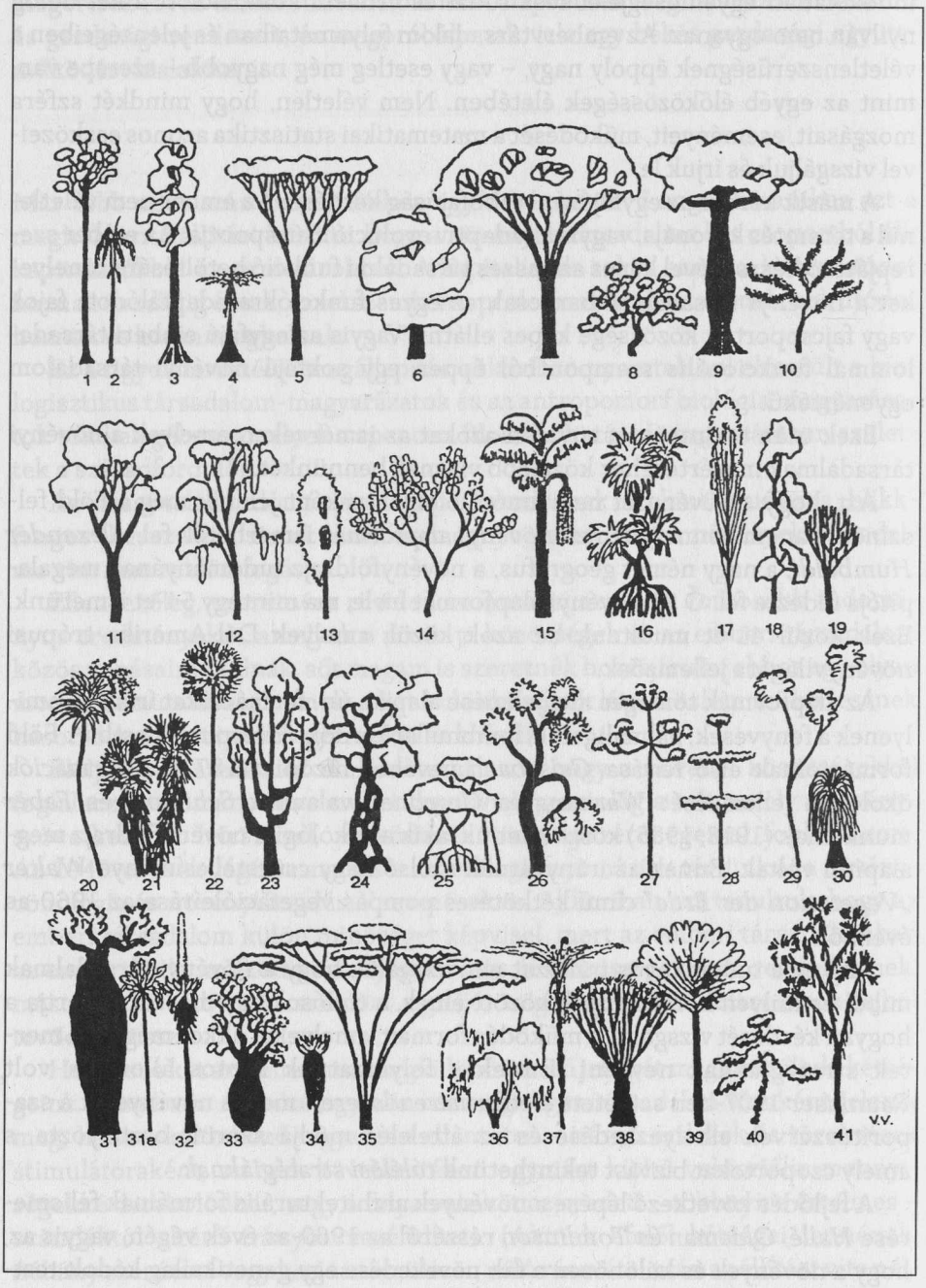
Az alapformák tömeges megjelenése alapján ún. formációkat írtak le, amilyenek a fenyvesek, pálmaligetek, lombhullató erdők, füvespuszták stb. A Föld formációinak első leírása *Grisebach* nevéhez fűződik (1877). A *formációk* ökológiai jellemzését *Warming* és *Graebner*, valamint *Schimper* és *Faber* munkáinak (1918, 1935) köszönhetjük, akik az ökológiai növényföldrajz megalapítói voltak. Ennek az irányzatnak utolsó nagy csúcsteljesítménye *Walter „Vegetation der Erde"* című kétkötetes pompás vegetációleírása az 1960-as évekből.

Míg ez a tudományos irányzat azt vizsgálta, hogy a növényi társadalmak miből és milyen körülmények között élnek, a tudósok egy másik csoportja a hogyan kérdését vizsgálta, a működés formáit, amelyeket akkor még nem mertek stratégiáknak nevezni. Ennek a folyamatnak fontos állomása volt *Raunkiaer* 1907-ben született *életformarendszere*, amely a növényeket a szaporítószervek elhelyezkedése és az áttelelés módja szerint osztályozta, s amely csoportokat bízvást tekinthetünk *túlélési stratégiáknak*.

A fejlődés következő lépése a növények architekturális formáinak felismerése *Hallé, Oldeman* és *Tomlinson* részéről az 1960-as évek végén, vagyis az, hogy a növények és különösen a fák növekedése egy genetikailag kódolt test-

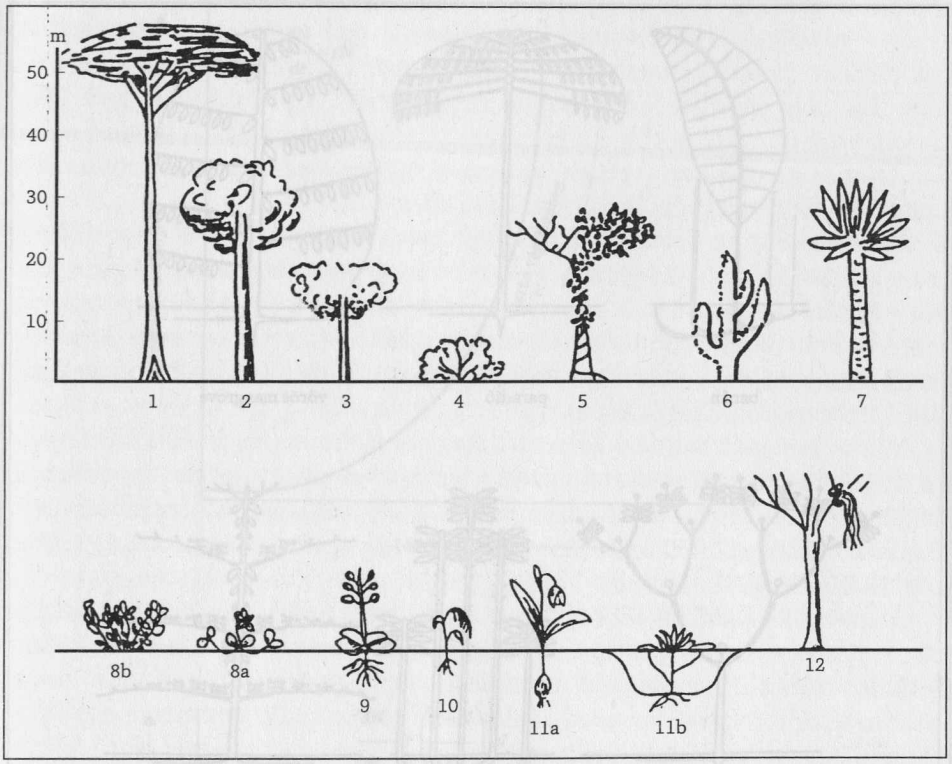
40. ábra

Negyvenegy különböző fás növényi alapforma Venezuela trópusi növényvilágából



41. ábra

Néhány fontosabb növényi alapéletforma Raunkiaer szerint



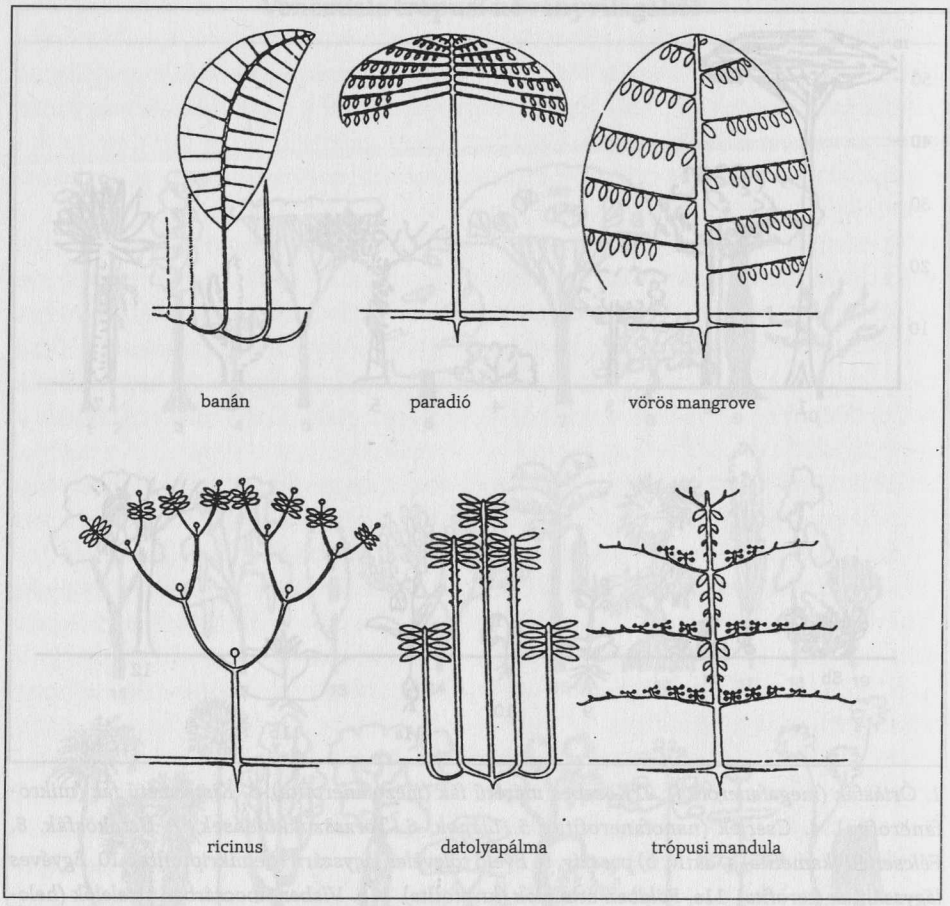
1. Óriásfák (megafanerofita), 2. Közepes méretű fák (mezofanerofita), 3. Kistermetű fák (mikrofanerofita), 4. Cserjék (nanofanerofita), 5. Liánok, 6. Törzsszukkulensek, 7. Üstökösfák, 8. Félcserjék (kamefita) a) aktív, b) passzív, 9. Évelő tőleveles lágyszárú (hemikriptofita), 10. Egyéves lágyszárúak (terofita), 11a. Földben áttelelők (kriptofita), 11b. Vízben, mocsárban áttelelők (helohidatofita), 12. Fánélők (epifita).

felépítési ún. *architekturális terv* szerint történik. Ezek a típusok egyesítik *Humboldt* alapformáinak és *Raunkiaer* életformáinak fő vonásait, amennyiben a növekedés és elágazás módjain, valamint a reproduktív szervek elhelyezkedésén alapul. A szerzők által leírt 21 architekturális típusból itt hatot mutatunk be példaként. Ezek az alkalmazkodási formák azt szolgálják, hogy a növény a legjobb esélyekkel vehessen részt a fotoszintézishez és virágképzéshez igényelt fény megszerzésében.

Láttuk tehát a túlélés és az energiához jutás stratégiáit. Ez utóbbihoz szorosan kapcsolódik az energiahasznosítás stratégiáinak csoportja, amely a fotoszintézis különböző biokémiai útjaiban, a C3-as, C4-es és a CAM-típusú fotoszintézisben nyilvánul meg.

42. ábra

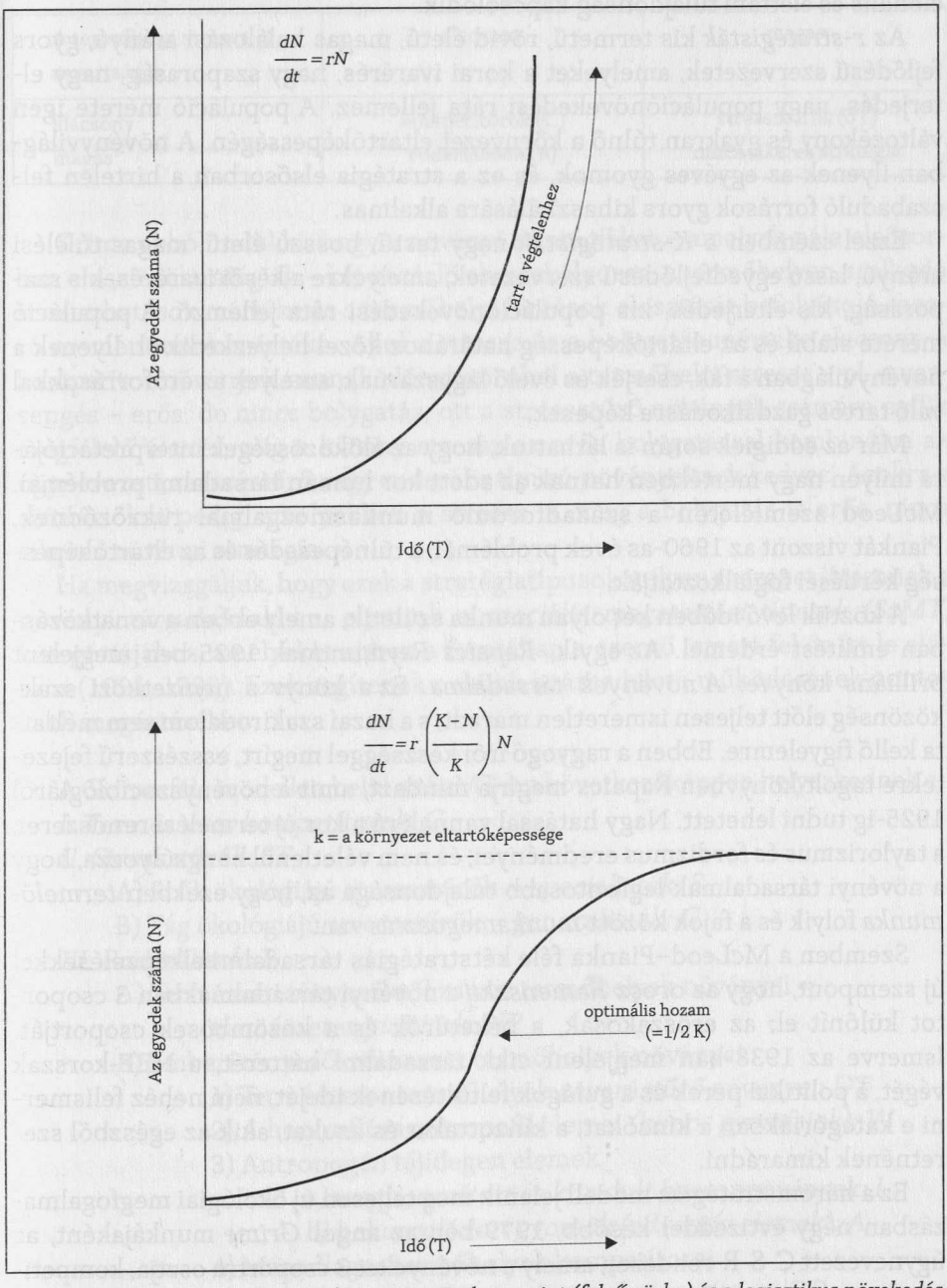
Hat különböző növényi architekturális típus



A növényi társadalmak működésében a további meghatározó folyamatokat a *demográfia és a forrásfelosztás* kérdései jelentik. A bevezetőben említett *McLeod* kezdetleges megfogalmazása tulajdonképpen egy kétstratégiás szaporodási modell csíráit rejti magában. Ez a modell 1970-ben született meg. *Pianka* állatpopulációk szaporodását vizsgálva két demográfiai típust tapasztalt. Az egyik esetben a populációnak nincs szaporodás szabályozása; a populáció nagysága exponenciálisan nő. Ezt a növekedést a $dN/dt = rN$ egyenlet írja le; a görbe meredekségét a kis r együttható vezérli, amelyet Malthus-faktornak is hívnak. A populációk nagyobb csoportjának szaporodását a környezet eltartóképessége, a nagy K-tényező szabályozza, s az így kialakult populáció tömegviszonyai egy logisztikus görbével írhatók le. Ezek alapján nevezték el a két demográfiai típust r-, illetve K-stratégiának.

43. ábra

A populációnövekedés két alapvető formája



Az exponenciális növekedés a dN/dt = rN egyenlet szerint (felső görbe) és a logisztikus növekedés a dN/dt = r(K-N/K)N egyenlet szerint (alsó görbe).

Rövidesen kiderült, hogy ezek a stratégiák a növényi társadalmakban éppúgy fellelhetők, és a demográfiai jellemzőkhöz még egy sereg egyéb konstitucionális és élettani tulajdonság kapcsolódik.

Az *r-stratégisták* kis termetű, rövid életű, magas halálozási arányú, gyors fejlődésű szervezetek, amelyeket a korai ivarérés, nagy szaporaság, nagy elterjedés, nagy populációnövekedési ráta jellemez. A populáció mérete igen változékony és gyakran túlnő a környezet eltartóképességén. A növényvilágban ilyenek az egyéves gyomok, és ez a stratégia elsősorban a hirtelen felszabaduló források gyors kihasználására alkalmas.

Ezzel szemben a *K-stratégisták* nagy testű, hosszú életű, magas túlélési arányú, lassú egyedfejlődésű szervezetek, amelyekre a késői ivarérés, kis szaporaság, kis elterjedés, kis populációnövekedési ráta jellemző. A populáció mérete stabil és az eltartóképesség határához közel helyezkedik el. Ilyenek a növényvilágban a fák, cserjék és évelő lágyszárúak, amelyek az erőforrásokkal való tartós gazdálkodásra képesek.

Már az eddigiek során is láthattuk, hogy az élőközösségek interpretációjára milyen nagy mértékben hatnak az adott kor humán társadalmi problémái. McLeod szemléletén a századforduló munkásmozgalmai tükröződnek, Piankát viszont az 1960-as évek problémái, a túlnépesedés és az eltartóképesség kérdései foglalkoztatják.

A köztük levő időben két olyan munka születik, amely ebben a vonatkozásban említést érdemel. Az egyik, *Rapaics Raymund*nak 1925-ben megjelent brilliáns könyve: *A növények társadalma.* Ez a könyv a nemzetközi szakközönség előtt teljesen ismeretlen maradt, s a hazai szakirodalom sem méltatta kellő figyelemre. Ebben a ragyogó írói készséggel megírt, esszészerű fejezetekre tagolt könyvben Rapaics megírja mindazt, amit a növényszociológiáról 1925-ig tudni lehetett. Nagy hatással vannak rá a kor új termelési rendszerei, a taylorizmus és fordizmus eredményei, és nem véletlenül hangsúlyozza, hogy a növényi társadalmak legfontosabb tulajdonsága az, hogy ezekben *termelőmunka* folyik és a fajok között *munkamegosztás* van.

Szemben a McLeod–Pianka féle kétstratégiás társadalmi elképzelésekkel új szempont, hogy az orosz *Ramenszkij* a növényi társadalmakban 3 csoportot különít el: az erőszakosak, a béketűrők és a közömbösek csoportját. Ismerve az 1938-ban megjelent cikk társadalmi hátterét, a NEP-korszak végét, a politikai perek és a gulágok feltöltésének idejét, nem nehéz felismerni e kategóriákban a kínzókat, a kínzottakat és azokat, akik az egészből szeretnének kimaradni.

Ez a háromstratégiás modell jelenik meg teljesen új ökológiai megfogalmazásban négy évtizeddel később, 1979-ben az angol *Grime* munkájaként, az úgynevezett C-S-R-rendszer, amely a növényeket 3 csoportra osztja, kompetítorokra, stressztűrőkre és ruderálisokra *(1. táblázat).*

1. táblázat

Grime háromstratégiás ökológiai trendszerének kiinduló modellje

A termőhelyi stressz → zavartság ↓	alacsony	magas
alacsony	kompetítorok (C)	stressztűrők (ST)
magas	ruderiálisok (R)	nincs sikeres stratégia

Grime abból indul ki, hogy a növényi stratégiákat – amelyek nála elsősorban elosztási stratégiák – két vezérlő elv szabályozza: a termőhelyen uralkodó stresszhatások mértéke és a termőhelyi források elosztását befolyásoló zavaró momentumok mértéke. Ahol a stressz és a bolygatás mértéke alacsony, a kompetítor növények vannak előnyben, ahol a termőhelyi stressz – pl. a versengés – erős, de nincs bolygatás, ott a stressztűrő növények számára nyílik megfelelő élettér, míg a kicsiny stressz az erős bolygatással kombinálva az úgynevezett zavarástűrő vagy ruderális típusú növényeknek kedvez. Azokra a szituációkra pedig, amelyekben a stressz is, meg a bolygatás is erős, nincs sikeres növényi stratégia.

Ha megvizsgáljuk, hogy ezek a stratégiatípusok milyen szerepet játszanak a növényi társadalmakban, eljutunk a *szociális magatartási típusok (SzMT)* kategóriájához, amelyeket ebben a formában a szerző ismert fel és írt le először (1991, 1993). Ezek segítenek nekünk a társadalom működésének pontosabb megértésében.

A Grime-féle modellen belül az SzMT-k a következőképpen helyezkednek el:

I. Természetes kompetítorok: C

II. Stressztűrők: ST

A) Szűk ökológiájú stressztűrők = *specialisták: S*

B) Tág ökológiájú stressztűrők = *generalisták: G*

III. Ruderálisok: R

A) Természeti tényezőktől zavart termőhelyek növényei = *természetes pionírok: NP*

B) Emberi tényezőktől zavart termőhelyek növényei

1) Természetes termőhelyek *zavarástűrő növényei: DT*

2) A honos flóra antropofil elemei *(honos gyomfajok): W*

3) Antropogén tájidegen elemek

a) meghonosított és kivadult haszonnövények: I

b) behurcolódott gyomok (adventív elemek): A

4) Másodlagos termőhelyek kompetítorai

a) a honos flóra ruderális kompetítorai: RC

b) tájidegen, agresszív kompetítorok: AC

A társadalom tényezői: a szociális magatartási típusok

Tekintve, hogy a növények nem magányosan és nem véletlenszerű eloszlásban élnek a Földön, hanem egy külső energiaforrás, a napenergia és a Föld erőforrásainak gazdaságos felhasználására csoportosulva gazdálkodó szövetkezeteket, növényi társadalmakat, növénytársulásokat hoznak létre, helyes, ha a hazai növényvilágot e társadalmakban betöltött szerepeik, azaz foglalkozásuk szerint is áttekintjük. A legfrissebb felmérés szerint (*Borhidi* és *Sánta* 1999) Magyarországon 470 növényszövetkezetet tartunk nyilván. Ebből természetes és féltermészetes társulásnak tekinthető 350, antropogén eredetűnek kb. 120, amelyből kifejezetten gyomjellegű 114. A társulások megjelenése, külső képe igen változatos a vízi hínárszövetkezetektől a mocsári, lápi növényzeten, réteken, legelőkön, pusztai gyepeken át a lombos erdőkig és a fenyvesekig. Mégis közös bennük, hogy a társadalmakat azonos elvek alapján, más-más fajokból álló, de hasonló társadalmi és termelési funkciót ellátó csoportok alkotják. Ezek a csoportok a következők:

1) *Kompetítorok (C)* vagy társulásalkotó fajok, a növényi társadalmak uralkodó fajai, a *vállalkozói réteg.* Ők irányítják az erőforrások felhasználását és elosztását, szabályozzák a kísérő fajok lehetséges körét, vagyis megválogatják a munkatársaikat. Ugyanakkor oroszlánrészt vállalnak a termelésből. Hosszú távú beruházásra koncentráló, ún. K-stratégisták, s ezzel fenntartják a társadalom stabilitását, termelési biztonságát. Munkahelyeket teremtenek. A zavaró hatásoknak tartósan ellenállnak, a társadalom szerkezetét a végsőkig igyekeznek megőrizni. Többnyire évelő vagy fás életformájú, nagy produkciójú fajok, amelyek a szukcesszió egy bizonyos szakaszában az adott termőhelyen a legnagyobb verseny kifejtésére képesek. Ezzel irányítják a társulás anyag- és energiafelhasználását és -elosztását, az általuk termelt biomassza nagy tömegével pedig döntően befolyásolják a talajfejlődést, vagyis a tőkefelhalmozást. Számuk a hazai flórában 163 faj. Ilyenek erdőalkotó fáink, a bükk, kocsányos és kocsánytalan tölgy, éger, gyertyán, erdei fenyő stb., továbbá gyepalkotó füveink, mocsári sásaink stb.

A *stressztűrők* a társulások két alapvető fontosságú magatartástípusát képviselik, a specialisták és a generalisták körét.

2) A *specialisták* (S) többnyire ritka növények, egy-egy társadalomhoz nagy hűséggel ragaszkodnak. A növényszociológusok karakterfajoknak hívják őket. Ők felelnek meg a társadalomban a *művészek és tudósok* csoportjának, vagyis a jól működő, sokfunkciójú, gazdag plurális társadalom indikátorai. Érzékeny szervezetek, amelyek a zavaró behatásokra azonnal reagálnak. Eltűnésük a társadalom működési zavarait, létbizonytalanságait jelzi. Szűk ökológiájú stressztűrő, többnyire kis versenyképességű ún. sztenők, illetve sztenotoleráns fajok, amelyek vala-

mely termőhelyi feltétel vagy termőhelytípus érzékeny indikátoraiként, vagy/és valamely társulás, illetve társuláscsoport karakterfajaként jelentős ökológiai és társulási információ hordozói. A termőhelyi források felosztása tekintetében főleg a versenymentes zugok betöltésére esélyesek. Számuk a hazai flórában nagy: 601 faj, a flóra 23,1 százaléka, ami érthető, hiszen a 470 társulás csaknem mindegyikének van egy vagy több karakterfaja. Csaknem valamennyien védett vagy veszélyeztetett növényfajok.

3) A *generalisták* (G) ezzel szemben sokféle társadalom versenyviszonyait képesek elviselni és azokhoz alkalmazkodni. Ők a növényi társadalom *hivatalnokrétege*. Nagy tűrőképességű, tág ökológiájú, (ún. euryők vagy eurytoleráns) K-stratégisták, amelyek képesek egymásután több társadalmi rendszert is kiszolgálni, azaz a szukcesszióban több egymást váltó társulásban részt venni. Több különböző termőhelyen és növénytársulásban megélnek, de az antropogén zavarást rosszul tűrik. Többnyire évelő növények, amelyek tág alkalmazkodó képességükkel jól képesek beilleszkedni a társulás anyag- és energiaforgalmi láncaiba, és ezért fontos szerepet játszanak stabilitásában, kiegyensúlyozottságában, a belső dinamikák szabályozásában. Részt vesznek kisebb zavarások tompításában, kiegyenlítésében, ugyanakkor jelentős szerepet játszanak a genetikai sokszínűség, a diverzitás fenntartásában, vagyis a homeosztatikus működésben. Közülük kerülnek ki a társulások állandó, ún. konstans elemei. Számuk a hazai flórában 707 faj, a flóra 27,1 százaléka.

4) A *természetes pionírok* (NP) a társadalmi fejlődés megalapozói. A környezeti viszontagságokat, a termőhely szélsőségeit jól, a társadalmi versenyt azonban rosszul tűrik; igénytelen, nagy szaporaságú, ún. r-stratégisták, ezért a gazdátlan élőhelyek gyors elfoglalásában, társadalmi katasztrófák után az újjáépítésben, a források gyors felhalmozásában különösen hatékonyak. Stabilitásmegőrző képességük csekély, viszont a társulások rehabilitációs vagy regenerációs folyamatainak fontos eszközei. Többnyire egyévesek, de idetartoznak a vizek lebegő és alámerült hínárjai is. Számuk a hazai flórában 167 faj, a flóra 6,4 százaléka.

Az eddig felsoroltakkal szemben egy másik főcsoportot képviselnek az emberi tevékenységtől befolyásolt termőhelyek növényei. Ezek a termőhelyeket érő esetleges vagy rendszeres antropogén bolygatást jól tűrő (antropo-toleráns), vagy azt kifejezetten igénylő (antropofil) fajok. Közös tulajdonságuk, hogy tápanyagigényük és versenyképességük nem áll arányban egymással. Ezért a természetes társulások „zártláncú" anyag- és energiaáramlási, illetve elosztási rendszerébe nem, vagy csak kismértékben képesek bekapcsolódni. Az emberi behatások által megzavart és megszakított anyag- és energiaforgalmi láncok szakadási pontjain, vagy megüresedő helyein felszabaduló források

gyors és erőteljes felhasználására képesek. Különösen vonzó számukra az ember termelőtevékenysége következtében tápanyagban feldúsult és versenyszegény termőhelyek tápanyag túlkínálata – olyasvalami, mint a munkanélküli segély –, valamint a mesterségesen kialakított termőhelyek kompetíciószegénysége. Összefoglalóan általában *gyomnövényeknek* nevezzük e csoport növényeit, amelyeket származásuk, bevándorlásuk ideje és módja, termőhelyi igényük alapján többféleképpen is kategorizálhatunk.

1) A *zavarástűrő növények* (DT) kategóriája az a növénycsoport, amelynek fajai a természetes társadalmakban generalistaként működnek, az emberi beavatkozások hatására alkalmilag, vagy tartósan felszabaduló forrásoknak, különösen a talaj nitrogénkínálatának – amely a növényi társadalmakban a pénzt helyettesíti – nem tudnak ellenállni. Ezek a *korrumpálható hivatalnokok.* Ahogy a humán társadalom nyomása, a termőhelyek bolygatásából, a savas ülepedésből, a műtrágyázásból és más forrásokból származó nitrogén-túlkínálat növekszik, ez a réteg is egyre szélesedik. Hasonló ez a folyamat számos vadon élő állatfaj, pl. egyes madarak, rágcsálók, ízeltlábúak urbanizálódásához. Idesoroljuk a tartós növénytársulások (erdők) egyszeri destrukciója után meginduló másodlagos szukcesszió pionír elemeit (pl. az erdei vágásnövényeket), amelyek a zavarás – a vállalkozói réteg eltüntetése – után felszabaduló tápanyagtöbbletet hasznosítják. Ez az „elátkozott hivatal" esete, amikor a termelés már megszűnt, de a hivatal még mindig készíti a jelentéseket. Ugyancsak idesorolhatók a mesterséges létesítmények természetes vagy féltermészetes szubsztrátumainak (útbevágások, töltések) benépesítésében szerepet játszó évelő növények, amelyek eredetileg a természetes száraz gyepek generalistái, de a zavart termőhelyeket nagyobb populációdinamikai aktivitással képesek felhasználni. Számuk a hazai flórában 317 faj, a flóra 12,2 százaléka, és folyamatosan növekszik a generalista fajok rovására.
2) A *természetes gyomfajok* (W) a növényi társadalmak *alkalmi munkásai,* r-stratégisták. Azoknak az erőforrásoknak gyors felhasználói, amelyek a termőhely folyamatos, vagy rendszeresen ismétlődő zavarása miatt más magatartási típusok számára hozzáférhetetlenek. Többnyire egyévesek vagy efemerek, amelyek egy vegetációs periódus alatt képesek háromnégy generációt is hozni. Ezek McLoed proletárjai. Az utak, útszélek, trágyázott romtalajok, különböző mezőgazdasági kultúrák, szennyezett termőhelyek természetes növényfajai, amelyek évszázadok/évezredek óta a flóra naturalizálódott tagjai. Számuk a hazai flórában 270 faj, a flóra 10,3 százaléka.

Külön csoportokat képviselnek *a flóra idegen elemei,* az ún. *adventív fajok.* Ezek száma a globalizációval párhuzamosan az utóbbi évtizedekben rohamo-

san nő. Három csoportját különböztetjük meg, amelyek összesen 361 fajt tesznek ki, a flóra 13,8 százalékát.

1) A *betelepített növények* (I) valamely gazdaságilag fontos haszon- vagy dísznövény mesterséges betelepítésével kerültek a flórába. Ezek a flóra *külföldi szakértői* és *vendégmunkásai*, amelyektől a humán társadalom valamilyen hasznot remélt. Ezek egy része a kultúrából, vagyis szerződött munkahelyéről kiszabadulva önálló vállalkozóvá, azaz terhes, agresszív gyommá válhat, amelynek leküzdése nemegyszer megoldhatatlan feladattá válik az emberi társadalom számára.
2) A *behurcolt növények* (A) a növényi társadalomban az *illegális bevándorlóknak* felelnek meg. Ezek eredetileg nem szerepeltek a növényi társadalmakban, és nem is határozott céllal kerültek a hazai termelési és társadalmi rendszerekbe. Egy idő után meghonosodva állampolgári jogokat szereznek, majd igénytelenségük, nagyobb versenyképességük és/vagy szaporaságuk következtében képesek a források egy részét elhódítani a honos növényfajok elől.
3) Külön kell foglalkoznunk az egyre nagyobb számmal jelentkező és egyre veszélyesebben terjeszkedő *idegen kompetítorokkal* (AC), amelyek a *külföldi vállalkozók* kategóriáját testesítik meg a növények társadalmában. Ezek akkor jutnak szóhoz, ha pl. a hazai vállalkozókat, befektetőket az ember megzavarja a tápanyag (bankkölcsön) felvételében, s ezalatt az idegen befektető versenymentes környezetben – mintegy vámszabad területen – időegység alatt több szerves anyagot termelve először „csak" behozhatatlan előnyt szerez, majd később teljesen kiszorítja a hazai vállalkozókat. Végül az egész területet elfoglalva, a maga képére formálja az egész társadalmat. Bár ez a szöveg nagyon politikainak tűnik, ne felejtsük el, hogy a társadalomról szóló szövegek mindig politikaiak is, ha aktuális kérdéseket érintenek. Bizony, gyakorlatilag ez a folyamat zajlik le, amikor a telepített akácos kiszorítja a szomszédos alföldi homoki tölgyest vagy a dombvidéki szurdokerdőt; ha a japánkeserűfű elfoglalja a patakpartokat, ha az aranyvessző megakadályozza az égerligetek felújulását, vagy ha a parlagfű elfoglalja a kukoricaföldet és az útszéli mezsgyéket. Ezek a vállalkozók gyakran összeházasodnak a siker érdekében. A japánkeserűfűnek például két faja hurcolódott be az országba, az egyik Japánból, a másik Koreából. Ezek Európában egymásra találva egy hibridet hoztak létre, a cseh japánkeserűfüvet, amely agresszivitásban messze felülmúlja a kedves szülőket. E fajok száma a hazai flórában ma mindössze 32 faj, a flóra 1,2 százaléka, túlnyomórészt amerikai származású (nagyvállalkozó), kisebb számban kelet-ázsiai eredetű faj (kis tigrisek), gazdasági kártételük azonban százalékos arányuknál nagyságrendekkel nagyobb.

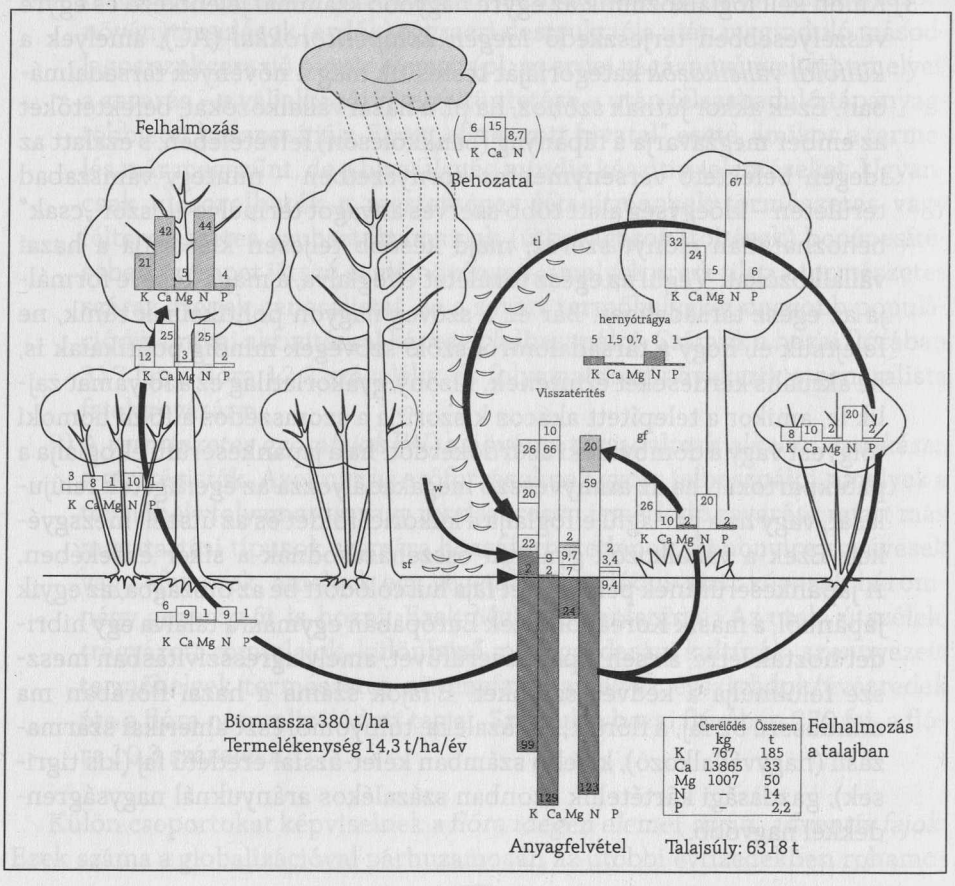
Miután átestünk a társadalmi csoportok bemutatásán, a következő kérdés az, hogy miként működik ez a társadalom?

Erről meglehetősen sokat tudunk, mert amikor az 1960-as évek elején a humán társadalom ráébredt a növekedés véges határainak szomorú – bár cseppet sem váratlan – tényére, és kérdésessé vált, hogy a Föld hány milliárd embert tud eltartani, egyszerre fontossá vált, hogy megtudjuk: *mennyi szerves anyagot produkálnak a növényi társadalmak?*

Az 1960-as évek második felében induló nemzetközi biológiai program keretében a világ biológusai és ökológusai éveken át biomasszát mértek, a különböző tápelemek és szerkezeti anyagok vándorlását, körforgását mérték, amelyekből nagyszerű modellek születtek. Pontos anyagmérlegek készültek a főbb

44. ábra

Egy belgiumi tölgy-kőris lomberdő évi anyagforgalmának modellje



erdőalkotó fák törzsébe, ágaiba, leveleibe, gyökérzetébe beépülő kalciumról, magnéziumról, foszforról, nitrogénről, kénről, és ugyanezen anyagoknak a talajban maradó hányadáról. Ezeket nyugodtan tekinthetjük a növényi társadalmak termelési modelljeinek, bár még nem gazdasági modellek. Azért nem gazdaságiak, mert megmaradnak a kalcium, magnézium, foszfor stb. szintjén, s ez olyan, mintha egy ország termelését az előállított autóbuszok számával, a termelt búza, kukorica tonnáival fejeznénk ki és nem GDP-ben, ahogyan ez ma szokás.

Ezen kívül tudjuk azt is – nem utolsósorban a saját kárunkon –, hogy a termelt javak mennyisége még nem jellemzi egy társadalom működését, mert a termelés gazdaságossága a döntő.

Ha megvizsgáljuk az élővilág egyetemes fejlődésének mozgató rugóit, például hogy mi a növényvilág több milliárd éves evolúciójának vezérlő elve, azt találjuk, hogy ez nem más, mint az, hogy az élővilág két legfontosabb funkciójának, *a lét- és fajfenntartásnak minél hatékonyabban és minél gazdaságosabban kell végbemennie.* Ezt igen világosan láthatjuk a következő összehasonlításban: egy primitív kétszikű virág – mondjuk a tündérrózsa – virágjának sok porzójából és sok magházában ülő egy-egy magkezdeményéből kevesebb mag fejlődik, mint a fejlődés csúcsát képviselő orchidea virágában, ahol az egyetlen porzó által megtermékenyített egyetlen magházban több ezer mag keletkezik.

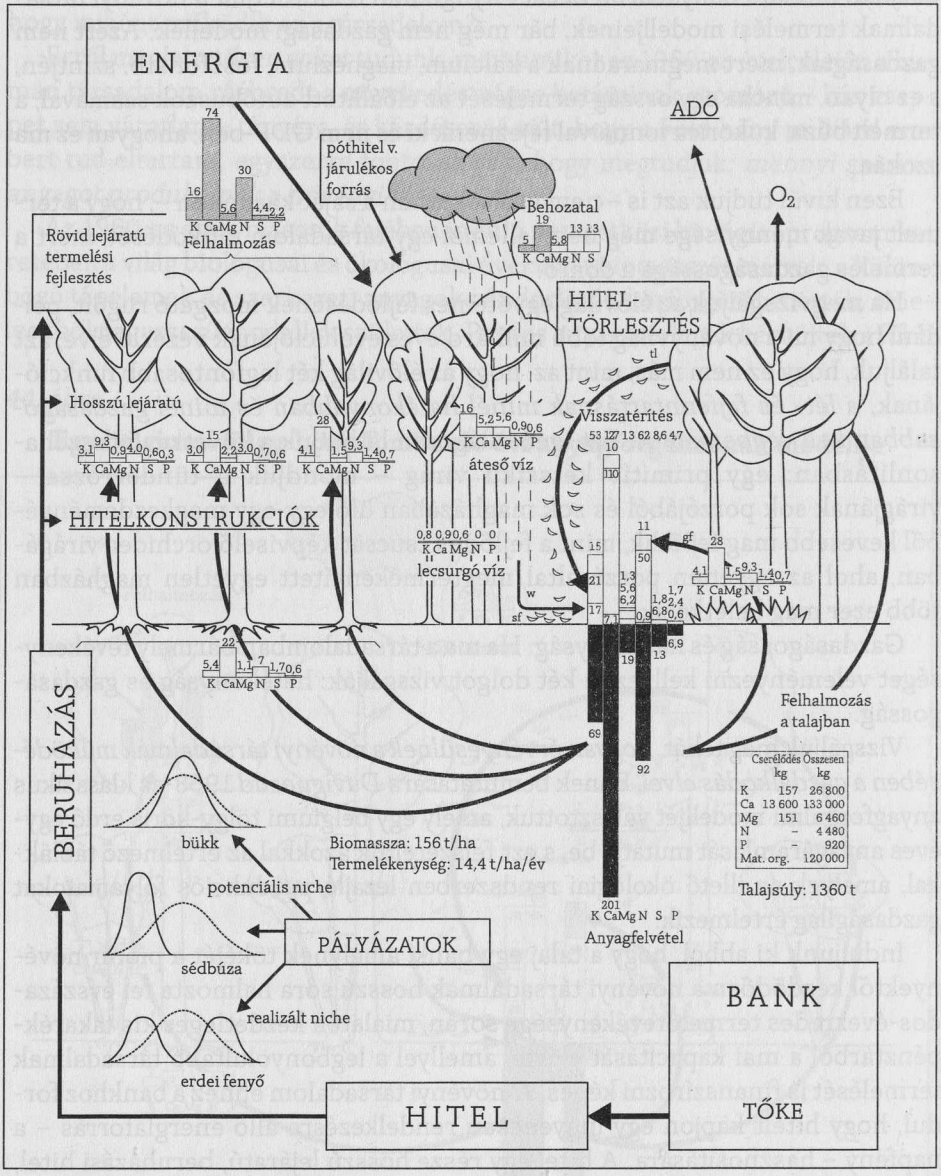
Gazdaságosság és hatékonyság. Ha ma a társadalomban bármely tevékenységet véleményezni kell, ezt a két dolgot vizsgálják: hatékonyság és gazdaságosság.

Vizsgáljuk meg tehát, *hogyan érvényesülnek a növényi társadalmak működésében a gazdálkodás elvei.* Ennek bemutatására *Duvigneaud* 1968-as klasszikus anyagforgalmi modelljét választottuk, amely egy belgiumi tölgy-kőris erdő egyéves anyagáramlását mutatja be, s ezt felszereltük azokkal az értelmező táblákkal, amelyek az illető ökológiai rendszerben lezajló produkciós folyamatokat gazdaságilag értelmezik.

Induljunk ki abból, hogy a talaj egy bank, amelynek tőkéjét a pionír növényektől kezdődően a növényi társadalmak hosszú sora halmozta fel évszázados-évezredes termelőtevékenysége során, mialatt a kezdetleges kis takarékpénztárból a mai kapacitását elérte, amellyel a legbonyolultabb társadalmak termelését is finanszírozni képes. A növényi társadalom ehhez a bankhoz fordul, hogy hitelt kapjon egy ingyenesen rendelkezésre álló energiaforrás – a napfény – hasznosítására. A hitel egy része hosszú lejáratú, beruházási hitel, amiből a gyökérzet, fatörzs, ágrendszer anyaga lesz, másik részét rövid lejáratú termelési hitelként (az évenként megújuló lombozat formájában) forgalmazzák. A hitelt pályázati rendszerben lehet megkapni. Valamennyi faj az ökológiai igényeit és a produkciós képességeit – az ún. potenciális nichét – nyújtja be pályázatként és a kuratórium a társadalom azonos pontjaiért folyó

45. ábra

Egy belgiumi gyertyános-bükkös lomberdő évi gazdasági modellje



verseny és az ott nyújtott teljesítmény alapján hagyja jóvá a pályázat valamely részét, az ún. realizált nichet.

A társadalom évenként szakaszosan vagy folyamatosan törleszti a felvett hitelt – ez az ún. turnover (lombavar) – és egyúttal beteszi a képződött nyere-

ség (elhalt szerves anyag) egy részét is, amellyel a banktőke növekszik. Ez általában egy ragyogóan működő nyereséges vállalkozás, amelyből a társadalom szervezetei és a bank egyaránt hasznot húznak. Vannak közvetett finanszírozású vállalkozások is, amelyek nem közvetlenül a banktól kapják a támogatást, mint pl. a trópusi erdők epifitonszintje, ahol ez utóbbi a fás szint alvállalkozójaként vesz részt a vállalkozásban.

Mondhatná valaki, hogy könnyű a növényeknek, mert ők nem adóznak. Ez tévedés, mert igenis adóznak, mégpedig oxigénben, igen szigorú feltételek mellett. Minden egyes beruházott szénatom után egy molekula oxigénnel adóznak. Elmondhatjuk, hogy *a bioszféra teljes élővilága a növényi társadalmak által évmilliók alatt befizetett adófillérekből él.* Ugyanakkor ez egy nagyon igazságos adórendszer, mert mind az önfenntartás, mind pedig olyan közhasznú tevékenység céljaira, mint pl. a víz körforgalmát biztosító párologtatás, a növény adó-visszatérítést vagy adókedvezményt kap.

Közismert gazdálkodási törvényszerűség, hogy a tőke ott ruház be szívesen, ahol nagy a termelési biztonság.

Így látjuk ezt a növényi társadalmakban is, ahol a trópusi esőerdők a legbiztonságosabb termelők, mert az ökológiai tényezők legtöbbje itt van optimumban. És valóban, a trópusi esőerdők talajkapacitásának 60 százaléka van kihelyezve hitel formájában. A beruházás jellegű anyagok, mint a kalcium, kálium, magnézium pedig akár 80-90 százalékban is befektetésre kerülhetnek. A foszforból egyes esetekben annyi sem marad a talajban, amennyi a lombkorona foszfortartalmának egyszeri megújításához szükséges. A gond akkor jelentkezik, ha az erdőt kivágják vagy felégetik, hogy honnan lesz még egyszer annyi foszfor, amennyi az erdő regenerációjához szükséges?

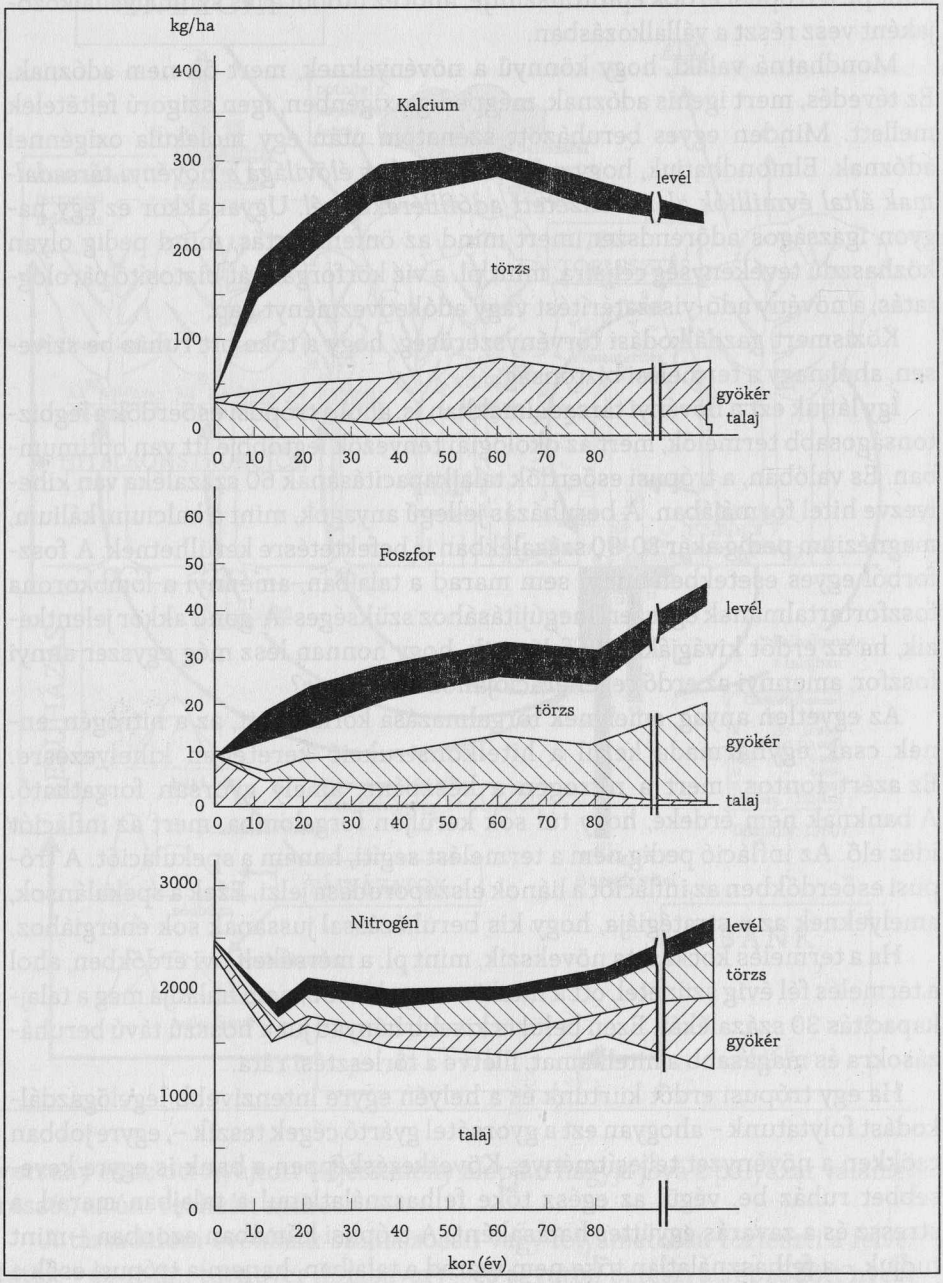
Az egyetlen anyag, amelynek forgalmazása korlátozott, az a nitrogén, ennek csak egyharmada kerül a hitelkonstrukció keretében kihelyezésre. Ez azért fontos, mert a nitrogén a készpénz, amely gyorsan forgatható. A banknak nem érdeke, hogy túl sok kerüljön forgalomba, mert az inflációt idéz elő. Az infláció pedig nem a termelést segíti, hanem a spekulációt. A trópusi esőerdőkben az inflációt a liánok elszaporodása jelzi. Ezek a spekulánsok, amelyeknek az a stratégiája, hogy kis beruházással jussanak sok energiához.

Ha a termelés kockázata növekszik, mint pl. a mérsékelt övi erdőkben, ahol a termelés fél évig szünetel, ott a hitel összege kisebb, nem haladja meg a talajkapacitás 30 százalékát. Ezen belül is kisebb hányad jut a hosszú távú beruházásokra és magasabb a hitelkamat, illetve a törlesztési ráta.

Ha egy trópusi erdőt kiirtunk és a helyén egyre intenzívebb legelőgazdálkodást folytatunk – ahogyan ezt a gyorsétel gyártó cégek teszik –, egyre jobban csökken a növényzet teljesítménye. Következésképpen a bank is egyre kevesebbet ruház be, végül az egész tőke felhasználatlanul a talajban marad, a stressz és a zavarás együttes hatásaként. A trópusi klímában azonban – mint tudjuk – a felhasználatlan tőke nem marad a talajban, hanem a trópusi esők a

46. ábra

A kalcium, foszfor és nitrogén mennyiségének eloszlása trópusi esőerdők különböző korú állományainak talajában, gyökér-, törzs- és koronaszintjében



talajjal együtt elmossák, és az erózió következtében elvész a termelés számára. A banknak tehát érdeke, hogy legyenek beruházók, mert ezek védik meg a bankot a kirablástól.

Néhány politológiai kérdés

Miután láttuk a növényi társadalmak működését, gazdálkodását, talán nem érdektelen kitérni *néhány politológiai kérdésre:*

Pl. *osztálytársadalom-e a növényi társadalom?* – A fejlettebb többszintű társadalmak feltétlenül azok. Ugyanis akár az osztály klasszikus marxi meghatározását vesszük alapul, akár a modern gazdaságtan által használt energiafogyasztási rátát, a növénytársulások szintjei osztályoknak minősülnek.

Egy másik kérdés, hogy *demokratikusak-e a növényi társadalmak?* A pályázati rendszer, a teljesítmény alapú elosztási rendszer és az a tény, hogy a fő termelő réteg az uralkodó osztály, mind azt mutatják, hogy a növényi társadalmak demokratikusak, és annál inkább azok, minél nagyobb a társadalom diverzitása, sokfélesége. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy bizonyos esetekben megfigyelhetők a diktatúrára vagy fasisztoid berendezkedésre utaló jelenségek, de ezeket szinte mindig az emberi beavatkozás idézi elő a növényi társadalomban.

Végül egy harmadik kérdés: *milyen erők mozgatják a növényi társadalmak fejlődését,* a szukcessziót. A válasz: hasonló gazdasági erők, mint a humán társadalomban. Nevezetesen: ha valamely társadalom által felhalmozott erőforrások gazdaságos felhasználása meghaladja a társadalom teljesítőképességét, a fennmaradó tőkekínálatra új, nagyobb termelékenységre képes vállalkozók jelentkeznek, akik idővel kiszorítják a régi konkurenciát, és új szerkezetű, új összetételű társadalmat hoznak létre. A növényi társadalmak nagy kulturáltságát mutatja, hogy ez a rendszerváltás mindig vérontás nélkül zajlik le.

Növényi kontra humán társadalom: konfliktusok és kilátások

Vizsgáljuk meg most a növényi társadalmak szemszögéből, hogy mi is történik az ember termelőtevékenysége során. Az ember rasszista diktátor módjára avatkozik a természetbe, mert vagy a társadalom valamely csoportját juttatja protekcionista módon előnyhöz, vagy az egész társadalmat elpusztítva idegen telepesekből épít fel magának egy falanszterszerű államot, amelyben a telepeseket mindennel ellátja, a másként gondolkodókat pedig lepermetezi.

Mi legyen hát? Ne termeljünk?

Nem erről van szó. A termelő embernek nem kell tekintettel lennie a növények nem létező politikai érzelmeire. Fokozott mértékben *oda kell azonban*

figyelnie a növények teljesítőképességére és a növényi társadalmak gazdasági működésére, mert ezek igen fontos információkkal szolgálnak a mi termelési lehetőségeinkről és a korlátainkról is. Tisztában kell lennünk azzal, hogy a természetes növényi társadalmakra azért van szükségünk, mert ezek ingyen fenntartják, sőt mi több, fejlesztik a talaj termőképességét, szabályozzák a populáció-méreteket s ezáltal csökkentik a kártevők vagy kórokozók járványszerű fellépését.

Ezért minden éghajlati övezetben, minden talajtípuson ki kell alakítani *a természetes, a félkultúr- és kultúrtársulások,* illetve mesterséges növényi társadalmak olyan eloszlását, amely egyszerre szolgálja a maximális termelékenységet és a minimális kockázatot. Ez az *optimális arány a mi éghajlatunk alatt az 1/3–1/3–1/3 eloszlási arány lenne.* A mai termelési ágazati megoszlás ennél lényegesen előnytelenebb, de az Európai Unióhoz való csatlakozásunk feltételeinek teljesítése során körülbelül ezt az arányt kell elérnünk, s ez körültekintő, ésszerű környezet- és természetpolitikával meg is valósítható. Persze nem úgy, hogy az ország összes földjét – a természetvédelmi területeket is beleértve – bevisszük a földalapba, és utána szétprivatizáljuk.

Tévedés lenne azt hinni, hogy ezek forradalmian új gondolatok, bár kétségtelen, hogy ennek a gazdálkodási rendszernek a közgazdászok új nevet adtak, és integrált mezőgazdaságnak nevezik. De gyakorlatilag ezt a gazdálkodási elvet hívtuk racionális tájhasználatnak. Már az 1970-es évek végén *Láng István* – a Magyar Tudományos Akadémia későbbi főtitkárának – vezetésével készült Magyarországon egy olyan országos felmérés, amely azt vizsgálta, hogy mi az ország mezőgazdasági teljesítőképessége, ha valamennyi területünket ökológiailag a leghatékonyabban használjuk fel. *Ez volt az ország agroökológiai potenciáljának felmérése.* Ez a nagyjelentőségű munka a természet és társadalom olyan új típusú együttélése felé keresett utat, amelyet azóta az emberiség túlélésének egyetlen elfogadható stratégiájaként ismerünk: ez a fenntartható fejlődés elve. A *fenntartható fejlődés* nem azt jelenti, hogy a termelés és a profit az eddigiekhez hasonló – vagy esetleg még nagyobb – ütemben fog növekedni (ahogyan ezt számos tröszt- és bankvezér értelmezi). Ellenkezőleg, azt jelenti, hogy ezentúl *a fejlődésért áldozatot kell hozni.* Ahogy az utóbbi években egy egészségesebb életmód érdekében lemondtunk számos korábbi étkezési szokásunkról, életvitelünk más területein is bizonyos ésszerű lemondásokra lesz szükség.

Ma óriási területeken hadi állapotban él egymással a növényvilág és az emberi társadalom. Aki nem hiszi, nézze meg, hogy mi történik, ha egy rétet intenzíven legeltetünk. Először eltűnnek a rétről a specialisták, aztán eltűnnek a hivatalnokok – vagyis a generalisták – is, és csak a társadalmat fenntartó kompetítorok maradnak meg. A társulás egyfajúvá lesz, azaz uniformizálódik. *Az uniformis a hadsereg viselete.* Ez az uniformizálódott társadalom vészesen diszfunkciós, forrásait egyoldalúan használja fel és előbb-utóbb ki-

meríti, teljesen hasonlóan ahhoz, ahogyan az emberi társadalomban a hadigazdálkodás teszi. Számos tevékenységre már nincs megfelelő szervezet, a társadalom sokszínű élete és termelőereje is hanyatlásnak indul. Ugyanakkor az uniformizálódott szervezetek támadásba is lendülnek. Járványszerű gombás megbetegedések tizedelik veteményeinket, pusztítják erdeinket, veszélyeztetik egészségünket. Légiháborút folytatunk a gyomokkal. A mi vegyi támadásainkra ők allergén pollenfelhővel válaszolnak. Az elpusztításukra szánt mérgek egy részét pedig szermaradvány formájában felhalmozzák szerveikben és visszakínálják élelmiszereinkben. Saját fegyvereinkkel fognak megverni bennünket.

Az emberi társadalom azonban még mindig az erő pozíciójából tekint a növényi társadalmakra. Pedig ha számításba vesszük, hogy az ember léte alapvetően a növényvilágra van utalva, rá kell ébrednünk arra, hogy ezt a háborút az ember semmiképpen nem nyerheti meg, s a tartós hadiállapotból is *csak az emberi társadalom kerülhet ki vesztesen.*

Utószó helyett

Mert természettől balgák voltak
mind az emberek, híjával voltak Isten
ismeretének, s a látható tökéletességekből
nem tudták felismerni azt, aki van,
sem művei szemlélésekor nem ismerték
fel a művészt,

hanem a tüzet, a szelet vagy az iramló
levegőt, a csillagok körét, a hatalmas vizet
vagy az ég világítóit tartották a világot
kormányzó istenségeknek.

Ha már ezekben isteneket láttak,
mert szépségük elbűvölte őket, akkor
tudniuk kellett volna, mennyivel kiválóbb
a parancsolójuk. Mert a szépség szerzője
teremtette őket.

Ha megcsodálták erejüket és hatásukat,
ebből arra kellett volna következtetniük,
hogy mennyivel hatalmasabb a
teremtőjük.

Mert a teremtmények nagyságából és
szépségéből összehasonlítás útján meg
lehet ismerni teremtőjüket.

De ezek még csak csekély szemrehányást
érdemelnek. Mert talán csak eltévednek,
amikor valójában Istent keresik
és akarják megtalálni.

Teremtményei közt élnek és igyekeznek
a mélyükre hatolni, s amit szépnek
látnak, annak látványa megejti őket.

Még sincs mentségük ezeknek sem.

Ha egyszer olyan nagy szellemi készségük
volt, hogy át tudták kutatni a világot,
honnét van, hogy nem találták meg
előbb ennek urát?"

Bölcs 13, 1–9

Felhasznált irodalom

Andreánszky, G. 1954: Az életforma fejlődési központokról. *Botanikai Közlemények* 44: 77–84.

Andreánszky, G. 1964: A növényvilág kialakulása. In: Tasnády-Kubacska, A.: *Az élővilág fejlődéstörténete.* Budapest, 33–131.

Aristeguieta, L. & Medina, E. 1965: Protección y quema de la sabana llanera. *Bol. Soc. Venezol. Cien. Nat.* 26: No. 109. 129–139.

Arrow, K. J. 1979: *A gazdasági egyensúly.* Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.

Aubréville, A. 1949: *Climats, forets et désertification de l'Afrique tropicale.* Soc. Edit. Géogr. Marit. et Colon. Paris, 628 p.

Bader, F. J. W. 1960: Die Verbreitung borealer und subarktischer Holzgewächse in den Gebirgen des Tropengürtels. *Nova Acta Leopoldina N. F.* 23. No. 148. 3–544.

Bagnouls, F. & Gaussen, H. 1957: Les climats biologiques et leur classification. *Ann. de Géogr.* 355: 193–220.

Balogh, J. 1982: *A napsugár nyomában.* Gondolat, Budapest.

Balogh, J. & Balogh, P. 1975: A légkör és a biológiai evolúció. *Fizikai Szemle* 25: 471–480.

Beard, J. S. 1944: Climax vegetation in tropical America. *Ecology,* 25: 127–158.

Beard, J. S. 1953: The Savanna Vegetation of Northern Tropical America. *Ecol. Monogr.* 23: 149–215.

Beard, J. S. 1967: Some Vegetation Types of Tropical Australia in relation to those of Africa and America. *J. Ecol.* 55: 271–290.

Borhidi, A. 1961a: *Az erdő élete.* Móra Kiadó, Budapest, Búvár Könyvek 19. kötet, 215 p.

Borhidi, A. 1961b: Klimadiagramme und klimazonale Karte Ungarns. *Annales Univ. Budapest, Sect. Biol.* 4: 21–50.

Borhidi, A. 1968: *Növényvilág az Egyenlítőtől a sarkokig.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 218 p. + 1 térkép.

Borhidi, A. 1969: A növény és környezete (Növényökológia). In: Kárpáti, Z.–Sárkány, S. (szerk.): *A növények világa II.* 349–416. Gondolat Kiadó, Budapest.

Borhidi, A. 1974: *Kubában térképeztünk.* Gondolat Kiadó, Budapest, 245 p., 88 fekete-fehér + 28 színes fényképtábla.

Borhidi, A. 1981: Az éghajlat. In: T. Hortobágyi–T. Simon (eds): *Növényföldrajz, társulástan, ökológia.* 352–372. Tankönyvkiadó, Budapest.
Borhidi, A. 1986: Járvány vagy savasodás? – Új szempontok. *Magyar Tudomány,* 31: 368–373.
Borhidi A. 1987: Az erdőpusztulás kór- és körképe. *Élet és Tudomány,* V. 12. szám, 325–327.
Borhidi, A. 1989: Vegetation dynamics of the savannization process of Cuba. In: J. Miles–W. Schmidt, E. van der Maarel (eds.): *Temporal and Spatial Patterns of Vegetation Dynamics.* 177–183. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht–Boston–London.
Borhidi, A. 1993: *A magyar flóra szociális magatartástípusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai.* Social Behaviour Types of the Hungarian Flora, its naturalness and relativ ecological indicator values. Janus Pannonius Tudományegyetem kiadványai, Pécs, 95 p.
Borhidi, A. 1997: *Növényi társadalmak szerkezete és működése új megvilágításban.* MTA Értekezések, 1–36.
Borhidi, A. és Járai-Komlódi, M. 1959: Die Vegetation des Naturschutzgebiets des Baláta-Sees. *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* 5: 259–319
Borhidi, A.–Sánta, I. (szerk.) 1999: *Vöröskönyv Magyarország növénytársulásairól. I–II.* – Természetbúvár Kiadv. KÖM. Budapest, 759 p.
Brücher, H. 1977: Tropische Nutzpflanzen. Springer Vrlg. Berlin–Heidelberg–New York, 529 p.
Buschbacher, R. J. 1986: Deforestation for Sovereignity over Remote Frontiers. In.: C. F. Jordan (ed.): Amazonia Rain Forest. *Ecol. Studies* 60: 46–75.
Cain, S. A. 1944: *Foundations of plant geography.* Harper & Boss. New York, 556 p.
Castri, F. di & Younés, T. (eds.) 1996: *Biodiversity, Science and Development. Towards a New Partnership.* IUBS–CAB International, 1–646.
Cole, M. M. 1986: *The Savannas. Biogeography and Geobotany.* Academic Press, London–New York–Sydney–Tokyo, 438 p.
Corner, E. J. H. 1968: *The life of plants.* London.
Croizat, L. 1959: *Panbiogeography.* London–New York–Paris.
Csaba Gy. (szerk.) 1978: *A biológiai szabályozás.* Medicina Kiadó, Budapest.
Csapody, I. 1981: *Védett növényeink.* Budapest.
Daly,.H. E. 1980: *Economics, Ecology Ethics.* W. H Freedman & Co., Oxford.
Daly, H. E. 1984: Alternative strategies for integrating economy and ecology. In: Jannson, A.M. (ed.): *Integration of Economy and Ecology. An outlook for the Eighties.* University of Stockholm.
Dansereau, P. 1957: *Biogeography. An ecological perspective.* Ronald Press, New York.
Darwin, Ch. 1955: *Egy természettudós bejárja a világot.* Gondolat, Budapest.

Deér, J. 1939: Magyar kultúrtörténet. I. Budapest.
Dietz, R. S. & Holden, J. C. 1970: The break-up of Pangaea. *Scientific American* 223.
Duvigneaud, P. & Denaeyer-De Smet, S. 1970: Biological Cycling of Minerals in Temperate Deciduous Forest. In: E. D. Reichle (ed.): *Analysis of Temperate Forest Ecosystems. Ecol. Studies* 1: 199–225.
Eiten, G. 1968: Vegetation forms. *Bol. do Inst. Bot.* 4: 1–88.
Eiten, G. 1972: The Cerrado Vegetation of Brazil. *Bot. Rev.* 38: 201–341.
Ellenberg, H. 1953: Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 65: 351–362.
Ellenberg, H. 1963: Vegetation Mitteleuropas mit der Alpen. Fischer Vrlg. Stuttgart.
Ellenberg, H. 1974: *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteuropas.* Scripta Geobotanica IX. Goltze Verl. Goettingen, 97 p.
Ellenberg, H.–Mueller-Dombois, D. 1966: Tentative physiognomic ecological classification of plant formations of the Earth. *Ber. Geobot. Inst. Rübel* 37: 21–56
Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, W. Werner, W. & Paulissen, D. 1991: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.* Scripta Geobotanica 18. Goltze Vrl. Goettingen 248 p.
ENSZ Környezet és Fejlődés (Bruntland) Bizottság 1987: Közös jövőnk.
Fekete, G. 1985: A terresztris vegetáció szukcessziója: elméletek, modellek, valóság. In: Fekete, G. (szerk.): *A cönológiai szukcesszió kérdései. Biológiai Tanulmányok* 12: 31–64.
Fekete, J. 1988: *Trópusi talajok.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 510 p.
Francé, R. 1942: *A növények élete.* Budapest.
Giacomini, V.–Fenaroli, I. 1958: *Conosci l'Italia.* 2. kötet: La Flora. Milano.
Global 2 Report (1982) Penguin Books.
Gorman, M. 1979: Island Ecology. Chapman & Hall, London, 79 p.
Grime, J. P. 1979: *Plant Strategies and Vegetation Processes.* John Wiley and Sons. Chichester–New York–Brisbane–Toronto, 222 p.
Grime, J. P., Hodgson, J. G. és Hunt, R. 1988: *Comparative Plant Ecology.* Unwin Hyman, London–Boston–Sydney–Wellington, 742 p.
Grümmer, G. 1967: *Pflanzen und Tiere tropischer Gebiete.* Berlin.
Hallé, F., Oldemann, R. A. és Tomlinson, P. B. 1978: *Tropical Trees and Forests, an Architectural Analysis.* Springer, Berlin, 441 p.
Hardin, G. 1968: The tragedy of the common. *Science* 162: 1243–1248.
Hortobágyi, T. és Simon, T. (szerk.) 1981: *Növényföldrajz, társulástan és ökológia.* Tankönyvkiadó, Budapest, 546 p.
Hueck, K. 1966: *Die Wälder Südamerikas.* Fischer Vrlg., Jena, 422 p.
Humboldt, A. 1967: *Utazás az Orinoco vadonában.* Gondolat, Budapest.

Huston, M. A. 1994: *Biological Diversity. The coexistence of species on changing landscapes.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, 681 p.
Járainé, Komlódi, M: 1966, 1969: Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez. I–II. *Botanikai Közlemények* 53: 191–201, 56: 43–55.
Járainé, Komlódi, M. 1978: *Kukoricaisten gyermekei.* Gondolat, Budapest.
Járainé, Komlódi, M. 1987: *Pollenháború.* Móra Kiadó, Budapest.
Járainé, Komlódi M. 1996: *Magyarország növényvilága.* Pannon Enciklopédia, Budapest–Visegrád.
Járainé Komlódi M.–Vida, G. 1983: A bioszféra evolúciója. In: Vida, G. (szerk.): *Evolúció* III: 11–83.
Juhász-Nagy P. 1979: A környezetvédelem ökológiai alapjai. *MTA Biol. Oszt. Közlem.* 21: 297–309.
Juhász-Nagy, P. 1993: *Az eltűnő sokféleség.* Scientia Kiadó, Budapest.
Juhász-Nagy, P.–Zsolnai, L. 1992: Az ökológia reménytelen reménye. *Humánökológiai sorozat,* Nánási, I. (szerk.) ELTE TTK Budapest.
Kasting, J. F. 1993: Earth's early atmosphere. *Science,* 259: 920–926.
Knapp, R. 1965: *Die Vegetation von Nord- und Mittelamerika.* Fischer Vrlg., Stuttgart–Jena, 373 p.
Knapp, R. 1969: *Die Vegetation von Afrika.* Fischer Vrlg. Stuttgart–Jena.
Kerner, A. 1863: *Das Pflanzenleben der Donauländer.* Wien. 2. Aufl. 1929.
Koch, S. (szerk.) 1989: *A korlátosság és a tökéletlenség dicsérete.* Gondolat Kiadó, Budapest.
Krause, W. 1958: Boden und Pflanzengesellschaften. *Handb. d. Pflanzenphysiol.* 4: 807–850.
Kretzoi, M. 1964: A gerinces állatok fejlődése. In: Tasnády-Kubacska: Az élővilág fejlődéstörténete. Budapest.
Lacoste, A. & Salanon, R. 1970: Biogeografía. Oikos-tau, Barcelona, 271 p.
Larcher, W. 1975: *Physiological plant ecology.* Berlin–Heidelberg–New York.
Lerch, G. 1965: *Pflanzenökologie.* Wiss. Taschenb. 27. kötet.
Láng, I.–Csete, L.–Harnos, Zs. 1980: *A mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón.* I–II–III. kötet. MTA KESZ.
Lovelock, J. E. 1987: *Gaia.* Göncöl Kiadó, Budapest.
Lovelock, J. E. 1992: A numerical model for biodiversity. *Phil. Trans. Roy. Soc. London, B* 338: 383–391.
MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. 1967: *The Theory of Island Biogeography.* Princeton University Press.
McLeod, J. 1894: Over de bevruchting der bleomen in het Kempisch gedeelte van Vlaanderen. Deel II Bot. Jaarboek *Dodonaea* 6: 119–511.
Meadows, D. H. et al. 1972: *Limits to Growth.* University of New York.
Mészáros, E. 1999: A különleges bolygó: a Föld. *MTA Közgyűlési előadások 1998* II.: 569–574.
Nánási, I. (szerk.) 1999: *Humánökológia.* Medicina, Budapest, 514 p.

Odum, E. P. 1963: *Fundamentals of Ecology.* 2. kiadás, San Francisco.
Odum, E. P. 1983: *Basic Ecology.* Saunders College Publ., Philadelphia, 613 p.
Pianka, E. R. 1970: On r- and K-selection. *Amer. Naturalist* 104: 592–597.
Pielou, E. C. 1974: *Population and Community Ecology.* Principles and Methods. Gordon and Breach, New York.
Pócs, T. 1981: Növényföldrajz. In Hortobágyi, T. & Simon, T. (szerk.): *Növényföldrajz, társulástan és ökológia.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Ramenszkij, L. G. 1938: *Introduction to the geobotanical study of complex vegetation.* Moszkva, Szeljszkohoz.
Rapaics, R. 1925: *A növények társadalma.* Athenaeum Kiadó, 303 p.
Raunkiaer, C. 1934: *The lifeforms of plants and statistical plant geography.* Oxford.
Richards, P. W. 1952: *The Tropical Rain Forest.* Cambridge Univ. Press 450 p.
Richards, P. W., Tansley, A. G. & Watt, A. S. 1940: The recording of structure, life form anf flora of tropical forest communities as a basis of their classification. *J. Ecol.* 28: 224–239.
Rodin, L. E.–Bazilevich, N. J. 1967: *Production and Mineral Cycling in Terrestrial Vegetation.* Oliver & Boyd, Edinbourgh, 288 p.
Saldarriaga, J. 1986: Recovery following shifting cultivation. In: C. F. Jordan (ed.): Amazonian Rain Forests. *Ecol. Studies* 60: 24–33.
Schimper, A. F. W.–Faber , F. C. 1935: *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage.* Vol. I–II. 3. Aufl. Eischer, Jena.
Schnell, R. 1970: Introduction á la Phytogeographie des Pays Tropicaux. 1–2. kötet, Gautier-Villars, Paris.
Sennyikov, A. P. 1953: *A növények ökológiája.* Budapest, 456 p.
Sioli, H.–Klinge H. 1962: Sols, tpos de vegetaçao e aquas na Amazonia. *Bol. Mus. Parainse Goeldi, Avulsa* 1: 27–41.
Simon, H. A. 1982: *Korlátozott racionalitás.* Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
Simon, T. 1961: Die Vegetation der Moore in den Naturschutzgebieten des Nördlichen Alföld. *Acta Bot. Acad. Sci.Hung.* 6: 107–137.
Soó, R. 1940: Die Vergangenheit und Gegewart der pannonischen Flora und Vegetation. *Nova Acta Leopoldina N. F.* 9: 1–49.
Soó, R. 1945: *Növényföldrajz.* Budapest.
Soó, R. 1953: *Fejlődéstörténeti növényrendszertan.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Stefanovits, P. 1956: *Talajtan.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
Szabó, L. 2: *Trópusi gyümölcs- fűszer- és élvezeti növények.* Mezőgazda Kiadó, 126 p.
Tixier, P. 1966: *Flore et végétation orophile de l'Asie tropicale.* Ed. Sedes, Paris, 240 p.
Vavilov, I. V. 1951: *Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants.* New York.

Vareschi, V. 1980: *Vegetationsökologie der Tropen.* Ulmer, Stuttgart, 293 p.
Vida, G. (szerk.) 1981–1985: *Evolúció* I–V. Natura, Budapest.
Vida, G. 1995: A fenntartható fejlődés és a bioszféra. *Természetbúvár* 50(1): 26–27.
Walter, H. 1962: *Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. I. Die tropischen und subtropischen Zonen.* Fischer, Stuttgart–Jena.
Walter, H. 1968: *Die Vegetation der Erde. II. Die memässigten und arktischen Zonen.* Fischer, Stuttgart–Jena.
Walter, H. 1970: *Vegetationszonen und Klima.* Fischer Vrlg. Jena 244 p.
Walter, H. és Lieth, H. 1960–1966: *Klimadiagramm-Weltatlas.* Fischer, Stuttgart–Jena.
Warming, E. és Graebner, P. 1918: *Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie.* Berlin.
White, J. C. 1989: *Global Climate Change Linkages, Acid Rain, Air Quality and Stratospheric Ozone.* Elsevier, 262 p.
Whitmore, T. C. 1990: *Tropical Rain Forests.* Clarendon, Oxford, 226 p.
Wilsie, C. P. 1962: *Crop Adaptation and Distribution.* San Francisco,
World's Resources 1986.
Zsolnai, L. 1989: *Másként gazdálkodás.* Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.

Summary

Gaia's Green Dress

Earth seems to be a chosen planet with the mission of carrying life. Every accidental event of her history fits into a plan to make this planet a living one, Gaia. She is big enough to be inhabitable in the whole range of her orbit around the Sun, big enough to hold her atmosphere together and small enough to have a gravitation level endurable for a living being. This planet, by the help of an unknown system, keeps the salt content of her seas permanently under 6 per cent, the level over which living cells cannot exist. Gaia is the only inner planet of the Solar System that does not change the angular offset of her axis, thanks to a moon that was torn from her body by a cosmic accident. She has an atmosphere of special contents and she is wrapped into a unique formation called soil. Both of them are created by the terrestrial wildlife, the green flora, this magical dress on Gaia's body.

Our Planet Earth is therefore a multiple, complex, self-adjusting cybernetic system, controlled and sustained by the green flora using solar energy. However, mankind managed this cosmic transformator badly in the last two centuries, reducing its capacity and thus endangering itself and the future of its descendants. Our most important interest and task is to stop the destruction of the flora, to defend and restore it. This book is written in order to introduce the beauty and variety and amazing functioning of the planet's Earth's flora, since we can defend something well only if we know its value and respect it.

I invite the Reader to a great journey in space and time within the limits of terrestrial life.

A few prehistoric remains prove that life appeared on 5-billion-year-old Earth for 3 billion years. However, the history of wildlife can be traced to the past only for half billion years, since rocks arosen earlier than this time have already been cristallized and this process annihilated all the remains in them. Half billion years is an incomprehensibly long period. It is easier to understand it if we imagine the events of the whole time as a 24-hour-long-film. Every hundred million years mean four hours and 45 minutes. If we begin to watch the film at midnight, we have to wait till 5.00 a.m. for the appearance of the first continental plants. The life of carbon primeval forests can be seen from half past eight to noon and we can take a look of the first dinosaurs only at half past

two. Their extinction befalls at nine in the evening. Man appears no sooner than 23.57 p.m. Ice ages last for two minutes and the whole European history from the Egyptian pyramides to our days lasts only 0.6 second.

We are going to travel through all these ages by our time machine. We peep into the life of the ancient sea, we assist in the landing of the first continental plant. We roam throughout Planet Earth's first primeval forest which is already a belt of stone-coal. We are witnesses of the formation of dry belts and the birth of dinusaurs. We see the first unfolding flower. We watch the adventurous formation of our planet's surface, and see Pangaea, the ancient continent split up opening deep-ocean dykes, see the inevitable floating and huge collisions of new continents, creating giant mountain-systems like crumpled paper. We are going to understand the powers that move the plates of the Earth's crust, the volcanic movements widening underwater dykes, the ducking of oceanic rock-plates under the continents, creating huge earthquakes. We get acquainted with events causing the greatest catastrophes of terrestrial life: radioactivity rises because of pole setting changes; the impact of a meteor that annihilated the world of dinosaurs. We survive ice ages while we try to understand the reasons of these extremely fast climate changes. By the time of the last warming period our time machine arrives to the present and we can begin our travel in space to explore the rich and marvellous present flora covering our Earth.

At first, we visit the hot and steamy tropical climate of the Equator, because conditions for plant life are the most favourable here. This is the best place to understand how flora can form the environment in a creative and deeply effective way. This is the best place to realize: the whole present life on Earth – including our fragile civilization – is the result of the planet's flora working for hundred millions of years.

We visit the largest and perhaps most original tropical rainforest of our Earth, the Amazonic area. A_sophisticated forest structure with no less than 70 metres high giant trees can be found here. We found our way up the lianes, take photographs of orchids in the dizzy heights of the canopy, and climb back to the semidarkness of the forest on the aerial roots of a copey or devil's strangler. We take an excursion on the slopes of the Andes to get acquainted with the world of mountain rainforests rich in tree-ferns, and after this get insight into the misterious, foggy, cool atmosphere of moss forests where everything is covered with moss and there is a charming richness of miniature orchids.

We must see, however, that tropical rainforests are on every continent ravaged by robber farming. As a result of this, sufferings of mankind caused by lack of forests are permanently densifying, from local catastrophes and regional destructions to the general crisis of biosphere. All of this happens because rainforests can cope with their basic defence tasks (defence of soil, water, genetical variety and climate) significantly less. Floods, landslides, ero-

sion of genetical reserves and climate change are all results of this process and they appear more and more often. We will already be helpless in the moment of the events of the expected climate change: the growing cyclone activity, the melting polar icecaps inducing coastal floods.

The introduction of equatorial belt would be incomplete without the special physiological circumstances, economic possibilities and damage of coastal mangrove forests. And, of course, we have to investigate the life and importance of the irreplaceable gifts of tropical fruits: cocoa, coconut, banana, mango; and other commercial plants like gum, camphor, and spice trees.

Our next visit's destination is the tropical belt, that is between 5 and 15 latitude on the two sides of the equatorial belt but it can reach the tropics of Cancer and Capricorn because of the effect of warm sea streams. The tropical belt has two seasons, a hot, rainy summer and a warm, dry winter. People used to the temperate zone try to settle in the mountains and go to seaside holiday resorts in the winter. The landscape is covered by different sorts of forest depending on the length of the dry season. Where the dry season lasts for 2-3 months there are seasonal evergreen forests, where it lasts 6-7 months tropical deciduous forests rule the land. These deciduous forests mainly consist of legume trees with large compound leaves composed of hundreds of tiny leaflets. These trees are deciduous in winter but they unfold their big, colourful flowercurls this time of the year like the flamboyant which is the most beautiful ornamental tree of tropical cities or the acacia, the cigar trees with their pink flowers, the blue flowered jacaranda (rosewood). Different sorts of pineapple and coral trees that are used for giving shadow for coffee plants blossom this time.

Indian monsoon forests represent a separate sort of woods. They consist of deciduous trees with large leaves. These trees put out their leaves when the air-flows of Indian Ocean monsoon wind system bring the rain. The only evergreen elements of this kind of forest are the huge fig species like the holy pipal (Ficus religiosa), and the banyan (Ficus bengalensis) spreading by their aerial roots. They are green even in the dry season.

We visit East Africa where umbrella-formed trees with loose canopy create grove forests, the miombo, alternately with large grasslands. We have a look at the elephant, the rhino and the lion, along with the giraffe feeding from the top of the trees. We investigate the controlling effect of tropical grassland fires that keep and sometimes destroy the fertility of the savanna. With a leap we reach the sugar islands and banana countries, the colourful world of Central America and the Antilles, its sandy beaches and holiday resort paradises. The biggest pearl of the Caribbean the famous and hospitable Cuba with its royal palm groves, rich in beautiful landscapes and floral rarities is of crucial importance.

Travelling further towards the poles we arrive to the belt of the tropics of Cancer and Capricorn where huge drought areas were created by the

descending air-flows. This is the belt of deserts and semi-deserts. In this extremely dry environment the green flora exists only along springs and watercourses, as narrow ribbons of oases and strips of gallery forests. But the desert, incredibly hot during the day and ruthlessly cold in the night, developed an arsenal of sophisticated inventions in the world of plants, fighting for survival. An interesting example is the group of resurrection plants that seem to be dead in the drought but come to life by a few drops of water. Other plants exploit the moisture of the short rainy season and live their whole lives in 2-3 weeks and reproduce themselves in a new generation to the next rainy period. Some plants fight the excrutiating draught and discover hidden water resources by their long roots. On the contrary of this, the succulent trunked cactus and euphorbs chose the strategy of sparing with water and voluntary starvation through a whole life.

Our travel would be incomplete without a visit in the foggy deserts of South Africa, home of windowed and stone-imitating plants where the only difference we can make between stone and plant is that the other unfolds flowers sometimes.

The next station of our journey is the Mediterranean belt with its blue skies. This is a scattered area. Its climate's peculiarities are the cold, rainy winter and the dry summer with cloudless sky. The Mediterranean climate's most important zone is on the shores, islands and peninsulas – the Iberian Peninsula, Italy, the Balkans and the Eastern Coast of the Mediterranean Sea – but we can find it on every other continents as well, in smaller areas. There are such zones in California, Chile, South Africa, Japan and South Australia. The favourable climate probably contributed to the fact that the cradles of European culture evolved around the Mediterranean Sea.

The Mediterranean winter is without frost, which allows evergreen forests to develop. On plains and wolds, where the effect of hot and dry summers predominates evergreen forests consist of trees with hard hairy leaves. This is the hardleaved forest. In the more rainy mountains there are trees with thin leaves, often containing fragrant oils. This is the laurel forest. An often appearing element of the Mediterranean landscape are the different pine trees that are not the same living in the huge taiga forests of the cold temperate zone. The canopy of the Mediterranean pines is often umbrella-formed like the one of the stone pine or the Aleppo pine, or column-formed like the cypress. Mountain cedars represent a separated type, for almost everyone of them is a special individuality.

Roaming along the Mediterranean coastline from Lebanon to Gibraltar it is amazing to see that almost all of the Mediterranean forests are already destroyed. Wood cuttings of the shipbuilder peoples and centuries of shepherd cultures demolished the ancient flora and the mountains once covered with evergreen oak forests and laurel groves are now depressingly bare. The

„natural" vegetation nowadays consists of impenetrable evergreen bush, thorny scrubs, lavender and thyme fields with fragrant halfshrubs, groups of macchia, phrygana, garigue and tomillares plants. The situation is not much better in other areas, although traditions of land usage are only a few centuries old there. The knysna tree forests of South Africa, the Eucalyptus wildernesses of Australia are in great extent transformed into meadows by colonial farming. Eucalyptus is a very special kind of tree, not only because the highest trees of Earth are from this genus but also because they constitute the special „shadowless forests" and most of all because eucalypt trees are worldwide used to replace tropical primeval forests and to satisfy the growing demand for wood, for eucalypt trees grow extremely quickly.

Lands of our home, the temperate zone are only a step from the Mediterraneum. The likes of the zone's climate are the cold winter and the warm summer. In this belt floral life is reduced to 6-8 months, the so called vegetation period but the charming variety of the four seasons gives a compensation: the cleaning beauty of nature in winter, the waking splendour of flowers, the warmth of summer with the corn in the ear and the rich variety of fruits in autumn. The rhytm of the four seasons controls the metabolism of forests and earlier the yearly time schedule of reaper-grazer farming. We enjoy the trunks of beech trees reaching high like pillars of a gothic cathedral, with the spring carpet of flowers, the magnificence of oak forests with lilies of the valley in May, the orgy of autumn foliage colours in a bush forest. We watch the changing life in the forest from snowdrop to snowfall. But troubles spoil our pleasure. Cutting of natural forests and their replacement by timber plantations is being a common activity. Forest decay was a catastrophic process during the eighties in some continents damaging mainly oak forests in Hungary. Hundreds of research facilities, thousands of researchers joined the work of searching for the reasons of forest destruction. Many well-grounded hypotheses were developed and the phenomenon that all of them found responsible for this catastrophe was industrial air pollution.

Now there are meadows on great areas where once forests thrived, and they are reaped for animal husbandry purposes. The richness of flowers on these meadows – if they are not treated with fertilizer – matches the beauty of the most amazing tropical forests and they are not only useful for feeding animals but also contain an incredibly valuable genetic variety. Our homeland, the Carpathian Basin was once unbelievably rich in swamps and moors. Recently these areas are mainly disappeared by drainage and river regulation; and the remaining ones are our most vulnerable habitats, strongly defended by environmental protection. But not only our swamp areas are disappearing but also the legendary, maidenhair-covered wilds of the Hungarian Plains.

There are two sorts of temperate belt climate: the oceanic climate, rich in moisture during the whole year, developing in the nearby of great seas, with

reducing effect inlandwards and the so called continental climate, with hot and dry summer. These two climates meet in the Carpathian Basin, so Hungary's weather is affected by both of them. There is no strict borderline between the effect zones, the phenomenon can more likely be traced by studying the prevalence of years with different climates. Years of oceanic climate appear more often in areas westwards from the Danube, while continental years are in majority in the Hungarian Plains. Eastwards from Hungary, on the great Ukrainian and Russian plains summer is so dry that forests survive only in river basins, but grassy wildernesses or steppes are dominant. In our transient area, on the border of two large floral belt woody grassland or woody steppe is prevalent, a mosaic-like vegetation with species appearing dependent on water resources and soil type. But the world of steppe or grasslands is not bare, in spite of its lack of trees. What's more, the variety of plants on a square meter is the richest on Earth here. Steppes have a special soil, the famous, fertile black soil or chernozyom, that grows extremely rich flora. This flora, with its maidenhair-slewing splendour and richness in attractive flowers passes the test compared with the flora of any other land.

Travelling northwards from here we reach the belt of loose foliage groves consisting of pine and birch, with an atmosphere full of gentleness and poetry. After that we set our eyes on the darkness of the planet's largest forest, the deeply silent taiga, with coniferous wood, spruce, fir, larch and other conifers. This forest really encircles the planet, reaching from the fjords of Norway to Siberia and the coast of Pacific Ocean, from the western coast of Canada to the eastern one. It is a special experience to walk among the forests, balmy from oxidizing rosin, to stoll on the carpet of moss, collecting blueberry and heath or enjoying the sight of fragrant white flowers of the *Ledum palustre*, the Labrador tea of the indians. Passing the northern polar circle we find countless tonsured hills: on their tops the forest disappears, replaced by the tundra. On a rainy, foggy afternoon we climb the Pyhätunturi, the Hill of Holy Tundra, floundering through dangerous pebble stones, seeing misfigured dwarf pines and groups of reindeer in the mysteriously swirling haze, reckoning to see the wonderful heroes of Scandinavian tales.

Where forests end begins the world of treeless polar tundra. The frozen soil thaws only for a few months, seasons become daytimes: summer means daylight, winter means night. This is the world of long daytime plants, able to photosynthetise even for twenty hours a day to compensate the short breeding season with extremely active usage of daytime. We get to know special phenomena like soil flow, the development of patched and lichen tundra or polygonal soils. Beyond the tundra lies the land of snows perpetual and ice, the rigid world of polar icecaps. But it is a mistake to think that life ends here: some creatures can live even on ice. In summer some algae produce ice blows on the melting snow and ice in fantastic colours, making snow-fields yellow, blue, green and black.

During our journey we were witnesses of floral life spreading everywhere from the Equator to the poles. However, our knowledge would remain incomplete if we did not investigate the vertical expansion of floral life from the depths of seas to the peaks of Himalaya. Let us delve into the water of seas where kelps in different colours rule everywhere. Alga swards are coloured but never colourful since colours have a strict biological function here: they have to adapt to the colour changes of light entering the water to transform it into a frequency suitable for photosynthesis. From the surface to 20 m depth we find green kelps, between 20 and 70 meters, where light becomes blue brown kelps take the lead, while in the area from 70 to 150 meters, reached by only dark green rays of light, we find red algae and blue kelps, creatures with red chloroplasts. Looking at the sea from above it is almost unbelievable that there are primeval forests and deserts even is oceans. These are areas where density and the level of biomass production of kelps reaches or exceeds the rate of tropical forests – in shore or shallow zones –, while in the middle of oceans there is hard to find any plant life, and regarding biomass production these huge areas are equal to deserts.

Before we start towards the mountains it is worth to get to know processes in which floral world conquers bare, deserted areas. This phenomenon is called succession and its first wave always consists of assiduous so called pioneer plants with great endurance. Pioneer plants are different depending on the sort of place and process: lake filling, spreading of grass species on seaside or inland sand dunes or forestation of a rocky hillside. However, norms and strategy are always the same: plant groups with bigger productivity change the ones with smaller productivity.

Our mountain trip begins with two realizations. The first is that mountains are virtually islands within the mainland, as they emerge from the wildlife of the plains. The other recognition is that mountain areas are quintessences of biosphere, since floral belts in an area of high mountains changing every few hundred metres and floral belts of the planet extending in the width of hundreds of kilometres from the Equator to the poles are the same. We start our excursion in the Alps, the highest mountain area in the centre of Europe and marvel the most beautiful representatives of its flora from the Matterhorn to the Dinarides. From there we leap to the ridges of Carpathian Mountains, travelling along the girdle of mountains encircling the Carpathian Basin. Only a long jump, and we reach the mountain chaines of Caucasus. Its western end we find subtropical flora and people pick tea on the hillsides, while its eastern end is lost among the endless Asian plains. In the North American Rocky Mountains we visit the seniors of our planet's flora, the giant sequoia and the Californian methuselah pine. Travelling further southwards we pass through the South American Andes which is the longest mountain range on Earth. Ancient wilderness and ancient culture both have a place on its large plateaus.

Passing by smoking volcanoes we marvel alpine scrubs of paramo rich in flowers, tussocks of ichu. The next adventurous expedition leads us to the giant African Volcano by the Equator, the glacier-covered Kilimanjaro. We climb upwards in the wonderful moss forests covered with a carpet of orchids for a whole day, and another in subalpine scrubs with curtains of beard lichen, until we reach up to the phantastic world of the giant senecios and lobelias. Climate depends on daytimes here: in the night it is winter, during the day it is summer. Plants freeze as hard as a stone in the night and thaw in the daylight, while in the morning thumb-sized ice chrystals turn out from the melting frozen soil with loud crackles. At last we visit the highest of mountain ranges, the thousand-faced Himalaya.

To have an insight into the deeper connections of floral life it is not enough to know the metabolisms and life of plants, we have to know their social life as well: for plants live in societies like men. This society is controlled by strict economical rules with production in the main role. Every layer of society can be found here: contractors, officials, artists and scientists, skilled worker and proletarians. The base of economy is a free energy source, light. To use this efficiently plants draw credits from a bank, the soil. Credits are distributed by tenders in this society. The tender is won by the one who produces more in the same circumstances. The society pays the tax in oxigen. The whole present wildlife, including human societies, lives on the tax pennies paid in by floral societies for billions of years. We should realize this fact when we destroy the planet's forests and transform its meadows and fields into culture deserts.

Vegetation and human society are at war with each other in huge areas. Those who do not believe that have only to take a look at a meadow, grazed intensively by humans. At first specialists, artists and scientists disappear from the meadow, then officials and all that remains is the layer of contractors and merchants. The flora becomes uniformed and looses its variety. Uniform is the costume of army. This uniformed society cannot cope with its functions and exploits its sources unilaterally and sooner or later eats them up, similarly to human wartime economy. Appropriate organizations for several activities will cease to exist, the colourful life and productive forces of society begins to decline. At the same time uniformed organizations mount an offensive. Epidemic fungous illnesses demolish our vegetable gardens and forests, endanger our health. We fight aerial war against weeds and after our chemical attacks they retaliate with clouds of allergic pollen. They return a lot of poisons used against them as food, after having it stored in their organs. They are going to beat us with our own weapons.

However, human society still looks at floral societies from the position of power. But considering that the existence of mankind is basically depends on plant we have to realize that this war cannot be won by humans and a long state of war will also result in the defeat of mankind.

A kötet szerzője

BORHIDI Attila

botanikus, ökológus, egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja, az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézetének igazgatója, a Pécsi Tudományegyetem Növénytani Tanszékének tanára, az Országos Környezetvédelmi Tanács tagja, az *Acta Botanica Hungarica* főszerkesztője, az MTA Botanikai Bizottságának elnöke, 6 évet dolgozott Kubában és 1 évet Kelet-Afrikában, tanulmányozta Kalifornia, Mexikó és Brazília növényvilágát, a Kárpátok és a Kelet-Balkán flóráját, az ukrán sztyeppek és a Krím-félsziget növénytársulásait. Széchenyi- és Szent-Györgyi Albert-díjas.

Függelék

Ábrajegyzék

1. ábra Soó 1953 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
2. ábra Brockmann–Jerosch 1909 nyomán Borhidi és Soó módosításaival, Borhidi, A. 1968 könyvéből
3. ábra Troll 1962 nyomán, Hortobágyi, T. és Simon, T. 1981 könyvéből
4. ábra Walter és Lieth 1960–66, valamint Borhidi 1961b nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
5. ábra Walter és Lieth 1960–66 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
6. ábra Richards, P. W. 1952 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
7. ábra Pócs 1981 nyomán Hortobágyi, T. és Simon, T. 1981 könyvéből
8. ábra Sioli és Klinge 1962 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
9. ábra Hueck, K., ill. Hall-Swaine nyomán Hortobágyi, T. és Simon, T. (szerk.) 1981 könyvéből
10. ábra Walter 1962 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
11. ábra Andreánszky, G. 1954 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
12. ábra Ellenberg, H. 1963 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
13. ábra Walter és Lieth 1960–66 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
14. ábra Borhidi, A. 1974 könyvéből
15. ábra Walter és Lieth 1960–66 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
16. ábra Lerch 1965 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
17. ábra Lerch, G. 1965 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
18. ábra Andreánszky, G. 1954 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
19. ábra Walter és Lieth 1960–66 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
20. ábra Walter és Lieth 1960–66 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
21. ábra Walter és Lieth 1960–66 és Borhidi, A. 1961b nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
22. ábra Borhidi, A. és Járai-Komlódi, M. 1959: nyomán. Borhidi 1968 könyvéből
23. ábra Borhidi 1961b, valamint Walter és Lieth 1960–66 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
24. ábra Lerch, G. 1965 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
25. ábra Deér J. 1939 és Soó, R. 1940 nyomán Borhidi 1968 könyvéből
26. ábra Walter és Lieth 1960–66 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
27. ábra Walter és Lieth 1960–66 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
28. ábra Lerch, G. 1965 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
29. ábra Borhidi, A. 1968 könyvéből

30. ábra Simon 1960 nyomán Borhidi 1968 könyvéből
31. ábra Andreánszky, G. 1954 nyomán Borhidi 1968 könyvéből
32. ábra Borhidi, A. 1968 könyvéből
33. ábra Ellenberg, H. 1963 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
34. ábra Schröter 1926 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
35. ábra Beck v. Mannagetta, G. 1904 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
36. ábra Walter 1962 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
37. ábra Walter 1962 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
38. ábra Borhidi, A. 1968 könyvéből
39. ábra Walter és Lieth 1960–66 nyomán Borhidi, A. 1968 könyvéből
40. ábra Vareschi, V. 1980 nyomán Borhidi, A. 1997 könyvéből
41. ábra Borhidi, A. 1969 nyomán
42. ábra Hallé, F., Oldemann, R. A. és Tomlinson, P. B. 1978 nyomán Borhidi, A. 1997 könyvéből
43. ábra Pianka, E. R. 1970 nyomán Borhidi 1997 könyvéből
44. ábra Duvigneaud, P. & Denaeyer-De Smet, S. 1970 nyomán Borhidi 1997 könyvéből
45. ábra Duvigneaud, P. & Denaeyer-De Smet, S. 1970 nyomán Borhidi, A. 1997 szerint átalakítva
46. ábra Saldarriaga, J. 1986 nyomán Borhidi, A. 1997 könyvéből

Képjegyzék

A fekete-fehér fényképek jegyzéke

1–43. kép: a szerző felvételei
44. kép: Simon Tibor felvétele
45–55. kép: a szerző felvételei

A színes fényképek jegyzéke

I. tábla, 1. kép–XIV.tábla, 3. kép: a szerző felvételei
XV. tábla, 1. kép–XV. tábla, 1. kép: a szerző felvételei
XV. tábla, 2. kép: Pál Róbert felvétele
XVI. tábla, 3. kép–XX. tábla, 1. kép: a szerző felvételei
XX. tábla, 2. kép: Pál Róbert felvétele
XX. tábla, 3. kép–XXVI. tábla, 4. kép: a szerző felvétele
XXI. tábla, 2. kép: Pál Róbert felvétele

MAGYARORSZÁG AZ EZREDFORDULÓN

c. könyvsorozat kötetei

Globalizáció és nemzeti érdek

A demokrácia intézményrendszere

A magyar agrárgazdaság jelene és kilátásai

Sárközy Tamás: Rendszerváltozás és a privatizáció joga

Az agrártermelés tudományos alapozása

Népegészség, orvos, társadalom

Egészségügy és piacgazdaság

Biotechnológia – lépéstartás Európával

Környezetpolitika és uniós csatlakozás

Termelés, piac, természeti környezet

Losonczi Ágnes: Utak és korlátok az egészségügyben

Budapest – nemzetközi város

A cigányok Magyarországon

Minőség és agrárstratégia

A magyar nyelv az informatika korában

A NATO és a magyar politika

Magyarország településkörnyezete
Bp. 2000. 496 oldal, ára: 920 Ft

Az információs társadalom
Bp. 2000. 245 oldal, ára: 700 Ft

Területfejlesztés és közigazgatás-szervezés
Bp. 2000. 245 oldal, ára 700 Ft

Közlekedési rendszerek és infrastruktúráik
Bp. 2000. 241 oldal, ára 700 Ft

A cigányok Magyarországon
Utánnyomás. Bp. 2001. 270 oldal, ára: 700 Ft

Egészségügy Magyarországon
Bp. 2001. 368 oldal, ára 920 Ft

Vajda György: Energiapolitika
Bp. 2001. 394 oldal, ára 950 Ft

Balázs Géza: Magyar nyelvstratégia
Bp. 2001. 268 oldal, ára 700 Ft

Magyarországi kutatóhelyek I–III.
I. Élettudományok. Bp. 2001. 280 oldal, ára 680 Ft
II. Természettudományok. Bp. 2001. 271 oldal, ára 680 Ft
III. Társadalomtudományok. Bp. 2001. 357 oldal, ára 780 Ft

A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései
Bp. 2002. 402 oldal, ára 1000 Ft



Ára: 1950 Ft