

Csász Sándor

A földi idegenek

A hangyák világa

Csász Sándor

A földi idegenek

A hangyák világa

ATHENAEUM

Copyright © Csósz Sándor, 2019

Photos © Csóka György, Scott Powell, Alex Wild,
Phil Barden, Christian Rabeling, Rahmé Nikola, Marcin Selezniew

Fotók: Csóka György (16., 82., 91., 125., 158., 188.), Scott Powell (20.),
Alex Wild (borítókép; 60., 64., 140., 160., 175., 192.), Phil Barden (36., 45.),
Christian Rabeling (43.), Rahmé Nikola (133., 164., 167.), Marcin Selezniew (147.)
Köszönjük, hogy Barret A. Klein rendelkezésünkre bocsátotta a rajzát (43.)

A szerző a könyv írása idején NKA-ösztöndíjban részesült.



Minden jog fenntartva.

Kiadta az Athenaeum Kiadó, az 1795-ben alapított
Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.
1086 Budapest, Dankó u. 4–8. • Tel.: 1-235-5030
www.athenaeum.hu
www.facebook.com/athenaeumkiado

ISBN 978 963 293 923 0

Felelős kiadó: Szabó Tibor Benjámin
Felelős szerkesztő: Besze Barbara
Szerkesztette: Kal Pintér Mihály
Műszaki vezető: Drótos Szilvia
A borítótervet Alex Wild fotójának felhasználásával
Földi Andrea készítette
Nyomdai előkészítés: Tóth Viktor



Készült a Gyomai Kner Nyomda Zrt.-ben,
a nyomda alapításának 137. esztendejében, 2019-ben.
A Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.
Felelős vezető: Csöndes Zoltán vezérigazgató
www.gyomaikner.hu

Bevezető

A hangyák ősidők óta részt vesznek az emberi gondolkodás alakításában. Velük kapcsolatban gyakran olyan fogalmakra asszociálunk, mint a szorgalom, az állhatatosság, az önfeláldozás, vagy a végletekig kifinomult szervezethez. Még szavunk is van e tulajdonságok némelyikére: hangyaszorgalom. Angol nyelvterületen a *dolgozik, mint száz hangya* önmagáért beszél. A japánoknál a *hangya* jele gyakorlatilag a *rovar*, az *igazságosság* és az *önzetlenség* jeleinek a keveréke.

De hogyan lehetséges az, hogy ezek az apró rovarok ilyen mély benyomást tettek az emberi gondolkodásra? És nemcsak nálunk, de szerte a világban. A választ ugyanabban a megdöbbentően összetett társadalmi szervezethez találjuk meg, amely a hangyákat a rovarvilág urává tette.

Több mint százmillió éven keresztül a hangyakolonizációk számítottak a földi élet legfejlettebb társas szerveződési formáinak, és ha az ember megjelenése előtti időkben egy távoli galaxisból érkező űrhajó landolt volna a bolygónkon, az idelátogató idegenek alighanem a hangyákat tekintették volna az állatvilág urainak. Ezt a hosszú ideig tartó hegemóniát csupán az ember megjelenése törte meg. Az emberi populáció robbanásszerű növekedése előtti időkben, nagyjából a görög városállamok felvirágzásáig (i. e. 500) földünk hangyáinak biomasszája meghaladta a kor teljes emberi populációjának tömegét, azaz minden egyes emberre a saját súlyánál nagyobb tömegű hangya jutott. Az egyre növekvő népességünkkel párhuzamosan ez az arány jelentősen megváltozott, és ma már a földön az ember a legdominánsabb faj.

A hangyák egyedülálló sikerességének okait keresve elsőként minden bizonnyal a példátlan együttműködési képességük kerül a látóterünkbe. Összetett társas életformájuk olyan táplálkozási, szaporodási és védekezési stratégiák egész sorának kidolgozását tette lehetővé, amelyre egyetlen magányos rovar sem képes. Kifinomult kooperációs képességük, valamint az életük rendezettsége minden embert megbabonáz, szinte adott, hogy az emberihez hasonló viselkedési sémákat keresünk náluk, azaz *antropomorfizáljuk* őket.

Mi, emberek a hangyákra mindig is egyfajta lelki testvérként tekintetünk, mint akik – tőlünk függetlenül – eljutottak a szociális szervezethez igen magas fokára. A felületes hasonlóságok ellenére azonban az egyedek együttműködésének összetevői alapjaiban megkülönböztetik a két csoport társadalmát. Nálunk, embereknél egy individualista társadalmi berendezkedés fejlődött ki: ismerjük a becsvágy, a büszkeség vagy az önzés fogalmát, és ezek az érzések talán a legnagyobb hatással vannak egész társadalmunkra. Az emberi közösségben a személyes felemelkedés az evolúciós sikereink kulcsa is egyben. Ha magasabbra kerülünk a ranglétrán, az egyben azt is jelenti, hogy képesek vagyunk jobb életkörülményeket biztosítani magunk és utódaink számára. Biológiai szakkifejezéssel élve növekszik a fitnessünk.* Mi, emberek, bár alapjában véve együttműködünk, más tekintetben egymás vetélytársai is vagyunk. Ha a szükség vagy a várható előnyök úgy diktálják, akár közösséget is válthatunk, sőt életünk elképzelhető akár közösség nélkül is. Az evolúciós sikerünk ugyanis csak részben egyezik a közösségünk sikerességével. Számunkra az egyéni érvényesülés mellett központi szerepet játszik az életben maradás, az utódok számának biztosítása, valamint a felnevelésük minősége.

A hangyák esetében azonban teljesen más a helyzet. Ezek az apró rovarok személyes ambíciók nélkül élnek, hiszen a természetes szelekció náluk a kolónia szintjén számít. A kolónia dolgozói, a királynő ivartalan (vagy kisebb petefészkes) lányai kizárólag a testvéreik felnevelésében segítkeznek – élelmet gyűjtenek, védik őket, és karbantartják a fészket. Teszik ezt annak a hosszú évmilliók alatt beléjük égett kódoknak

* A fitness egy elvont biológiai fogalom, amit az evolúcióbiológusok használnak az egyedek evolúciós sikerének mérésére.

engedelmeskedve, ami azt üzeni, hogy a *kolónia mindenekfelett*. Sikereségük alapvetően a királynő sikerességével van összefüggésben. Mivel a testvéreikbe is a saját génjeik másolatai kerülnek, evolúciós szempontból számukra lényegtelen, hogy egy szomszéd kolóniával vívott ütközetből élve vagy holtan kerülnek ki, pusztán a győzelem a fontos. Egy dolgozó közvetve ugyan, de még a halálával is a génjeinek eredményesebb átadásán munkálkodhat. Ha a dolgozók teszik a dolgukat, azaz génekben kódoltan előnyös tulajdonságokat örököltek, az anyakirálynő nagyobb mennyiségű utódján keresztül – azaz több genetikai kópia létrejöttén keresztül – evolúciós előnyben részesülnek.

A hangyák névtelenül élnek, és névtelenül halnak meg. Az emberi társadalomban kiemelkedő képességű egyének, vezetők, feltalálók, felfedezők és sokan mások alapvetően befolyásolták a történelem menetét. A hangyák világában viszont egy egyed soha nem változtatja meg a kolónia életét, hiszen közöttük nincsenek kiemelkedő egyéniségek, akik feltalálhatnák a gőzgépet vagy a térképészetet. Náluk az egyén felemelkedése nem vezet sem több utód felneveléséhez, sem pedig a kolónia jobb életéhez. Éppen ellenkezőleg, a reprodukcióban egyedülként érintett egyed, a királynőn kívül elért egyéni sikerek a kolónia létét veszélyeztetik.

Gyakran azért olyan nehéz számunkra megérteni a hangyák társadalmát, mert félreértjük a motivációikat.

Számunkra ők a *földi idegenek*. Kommunikálnak, de nem értjük a lényegét, és hogy mégis valamelyest képesek legyünk eligazodni a világukban, emberi jellegekkel ruházzuk fel, azaz *antropomorfizáljuk* őket. Olyan emberi tulajdonságokat társítunk hozzájuk, amelyekről – mivel ezeket a fogalmakat jól ismerjük – úgy gondoljuk, megfelelő támpontként szolgálhatnának ahhoz, hogy megértsük őket. A hangyák azonban az emberekkel ellentétben nem szőnek terveket, nem gondolkodnak előre, számukra nem létezik a jövő idő, ők kizárólag a jelenben élnek.

Eme rovarok *gondolkodása* olyannyira eltér az emberétől, hogy ha egyszer alkalmunk nyílna arra, hogy egy hangya–ember szótár segítségével eltársalogjunk egymással, akkor is meglepően gyorsan áthidalhatatlan kommunikációs akadályokba ütköznénk, mivel bizonyos, számunkra alapvető fogalmak, mint a becsvágy, az önzés vagy az árulás, a hangyák számára mit sem jelentenek.

Ugyanígy nehézségek adódnának olyan egyszerű szavak értelmezésében, mint például az *én. Miért, ki más?* – kérdezhetne vissza egy hangya. Az ő életük elképzelhetetlen a kolónián kívül, az egyes dolgozók és a kolónia ugyanis egyek. A hangyadolgozók – tőlünk, emberektől eltérően – nem a személyes érvényesülésben, hanem a végletekig szabályozott rendszer megvalósításában keresik a fejlődés kulcsát.

A könyv célja, hogy olyan információkkal lásson el bennünket, amelyek segítségével képesek leszünk jobban megérteni a hangyák életét.

Igyekszünk kerülni az emberek és a hangyák társadalma közötti erőltetett párhuzamokat, az antropomorfizálást vagy az emberi jellegek keresését, hiszen kizárólag ezen zsákutcák elkerülésével ismerhető meg a hangyák világa a maga szépségében. Ne tartsunk attól, hogy ezzel a hangyák élete a legcsekélyebb mértékben is veszítene a varázsából!

A természetek nem hangyák

A hangyák világának megismerését kezdjük mindjárt egy gyakori félreértés elosztatásával! Sokszor halljuk a kifejezést: természethangyák. A természetek magas fokú társas életmódja és tömeges megjelenése valóban okot adhat arra, hogy a hangyákkal összehasonlítsuk őket, azonban szögezzük le mindjárt az elején: a természetek nem hangyák. A társadalmi szerveződések bizonyos fokú hasonlósága ellenére a hangyák és a természetek szociális magatartása külön evolúciós ágakon, egymástól teljesen függetlenül jött létre. Közös jellemzőjük, hogy néhány ivaros és sok ivartalan egyed alkotta kolóniákban élnek, amelyekben az utódlásért a királynő felelős. A fészek tagjainak nagy többsége (dolgozók és katonák) legalább ideiglenesen lemond a szaporodásról, ezek a királynő által világra hozott utódok nevelésében vesznek részt.

A két külön fejlődési ágat több mint háromszázmillió esztendőnyi evolúció választja el egymástól, azaz ennyi évet kellene visszautaznunk az időben, ha a közös őstüket szeretnénk megtalálni. A természetek szakértője, Judith Korb szerint a természetek valójában szociális életmódot élő csótányok, a hangyák viszont a ragadozó darazsak magasan szocializált leszármazottai.¹ A két csoport őseinek jellegzetességei alapvetően meghatározták a szociális viselkedéseik kialakulásának útját. A természetek úgynevezett félig átalakuló (hemimetabol) rovarok, lárváik a kifejlett egyedre hasonlítanak, és fejlődésük során soha nem mennek át a bábállapoton; álcáik (a kifejlett stádiumot közvetlenül megelőző fejlődési alak) utolsó vedlés után közvetlenül ivarérett állattá alakulnak át. A hangyák ezzel szemben teljes átalakulással fejlődnek (holometabol), amelynek fázisai a

pete, a lárva, a báb és végül az imágó* állapotok. Lárvaik nyűszerűek, folyamatos gondozást igényelnek, és a bábból kibúvó imágó, azaz a kifejlett hangya testfelépítése, mérete már nem változik.

A természetfajok mintegy háromnegyedénél a hangyákéhoz némileg hasonlító kasztrendszer figyelhetünk meg, ahol a fészkek életét dolgozók és katonák is segítik. Náluk azonban a még éretlen egyedek végzik ezt a szerepet. Életük későbbi szakaszában e szárnyatlan dolgozók szárnyas szexuális formákká (király és királynő) alakulhatnak, amelyek kirajzanak, és új fészket alapítanak, vagy a szülői kolóniát öröklik meg.² A hangyáktól eltérően a természetnél egyaránt találunk hím- és női ivarú dolgozó egyedeket, sőt a királynő mellett a fészkekben él a király, aki az utódok nemzéséről folyamatosan gondoskodik. A hangyáknál ezzel szemben a kolóniát kizárólag a királynő és lányai, a dolgozók igazgatják, a rövid életű hímek a szülői fészkek életében nem vesznek részt. A természetek vékony és lágy kültakarója nem teszi lehetővé, hogy huzamosabb ideig a fészken kívül tartózkodjanak, ezért legközelebbi rokonaikhoz, a falakó csótányokhoz hasonlóan a táplálékot is jelentő fában laknak, életüket a fatönkők köré földből épített természetvárban töltik. Ha új farönkbe költöznek, a fatörzsek közé földből épített fedett járatokat kénytelenek emelni. A természetvárakban élő egyedek legfőképpen azért maradnak együtt, mert kicsi a szétszóródásra irányuló nyomás, ugyanis jelentős a táplálékhiány, biztos fedezékük van, és a közös védelemért cserébe egyes egyedek időszakosan lemondanak a szaporodási képességükről. Náluk azonban a hangsúly az időszakosságon van, a kasztrendszerük ugyanis jóval plasztikusabb. A természetnél jóformán bármely egyed királlyá vagy királynővé alakulhat, nem úgy, mint a hangyák esetében, ahol egy egyed sorsa lényegében már lárvakorban eldőlt, és egy dolgozóból csak abban a kivételes esetben válhat ivarilag aktív egyed, ha a kolónia elveszti a királynőjét.

Most, hogy számba vettük a hangyák és természetek közötti különbségeket, vizsgáljuk meg azt, *mitől hangya egy hangya!* A válasz látszólag egyszerű, hiszen igen jellegzetes az alakja. A térdes csáp, a nyeles potrohízésülés (más szóval darázsszerű) és a szárnyatlanság annyira egyedivé teszi, hogy egy gyerek is könnyen tudja őket azonosítani. A természetben

* A teljesen kifejlett szárnyas rovarokat nevezzük imágónak.

azonban az élőlénycsoportok közötti határvonalak nem mindig jelentkeznek ennyire élesen. A biológusok ezért olyan jellegeket keresnek, amelyek kizárólag a kérdéses csoportnál fordulnak elő, viszont ott az összes fajnál megtalálhatóak. Más csoportoknál azonban hiányoznak. Ilyen jellemző például a madarak tollazata: csak madaragnál láthatjuk, náluk viszont minden fajnál megtalálható. Ezeket a jellegeket a biológusok szünapomorf karaktereknek nevezik, és több ilyen jellemzőből egészen biztosan meg tudjuk állapítani, hogy egy élőlény – legyen akár milyen különös is – valójában melyik csoport tagja. A hangyáknál nagyon sok ilyen jellemzőt ismerünk, de ezek közül leggyakrabban öt tulajdonságot³ szoktunk kiemelni. Ezek együttes jelenléte minden esetben segít behatárolni még a százmillió évvel ezelőtt élt őshangyákat is:

- A nősténykasztok (királynők és dolgozók) csápjai két részre tagolhatók: egyetlen, hosszú ízből álló csápnyélre és egy közel ugyanolyan hosszú, de sok- (általában 6–11) ízű csápostorra. A csáp a csáptő és a csápostor között szabadon behajtható, szakszóval térdes.
- A tor* és a potroh között egy- vagy kétízű potrohnyél található, ami kihangsúlyozza a *darazsdereket*.
- Szárnyatlan és ivartalan dolgozó kaszt állandó jelenléte a kolóniákban (az államalapítás kezdeti időszakát kivéve).
- A tor leghátulsó szelvényén található metapleurális mirigyek mind a hím-, mind pedig a nősténykasztok esetében jelen vannak. Ezek a mirigyek fertőtlenítő hatású váladékaikat a testfelszínre bocsátják ki, ezzel is segítenek kordában tartani a fészekben megjelenő kórokozókat.
- Fészük a méhekre és a darazsakra jellemző hatszögű lépsejtek nélkül épül fel.

Ezek a minden hangyára jellemző tulajdonságok valószínűleg gyors ütemben, szinte egyszerre jöhettek létre az evolúció során. A fenti karakterjegyek közül némelyek olyan evolúciós újítást jelentettek, amelyek segítségével ezek a fajok komoly áttörést értek el, és képesek voltak sikeressé válni.

* A hangyák, méhek és darazsak „tora” nem három szelvényből áll, mint a többi rovarnál, hanem az egyedfejlődés során az első potrohszelvény az ún. áltorszelvényt képezve szorosán hozzá kapcsolódik. A biológiában ezért a hangyáknál a testrészt nem tor, hanem középtest (mesosoma) elnevezéssel illetjük. A köznyelvben a tor elnevezés honosodott meg, ezért a könyv ettől nem kíván eltérni.



A domináns hangyák

A hangyák a mikrokozmosz urai. Ha a természetben pihenni szeretnénk, és nekidőlünk egy fa törzsének, az első rovar, amelyik a vállunkra mászik, nagy valószínűséggel egy hangya lesz. Ugyanezt a próbát elvégezhetjük a legkülönbözőbb helyszíneken: például egy mezőn fekvve megvárhatjuk, milyen rovarok szaladnak át rajtunk elsőként, az eredmény valószínűleg nem sokat változik. Valóban, ha tömegben számolunk, jelenlétük mértéke utólérhetetlen az állatvilágban, és dominanciájuk még a laikus szemlélő számára is nyilvánvaló.

Ezek a rovarok az Antarktisz és néhány kisebb sziget kivételével minden szárazföldi területen jelen vannak. Megtalálhatók a sivatagokban, a tundrákon, a magashegységekben pedig egészen a hóhatárig jelen vannak, a fajok nagy része azonban a trópusi területek lakója. A jelenleg ismert hangyafajok száma világviszonylatban több mint 16 000-re tehető, és ez a szám a fajok leírásának gyors üteme miatt napról napra növekszik. Az európai kontinensen mintegy 600, hazánkban pedig 126⁴ nyilvántartott faj él. A világon minden hetvenedik rovarfaj hangya.⁵

Az emlősök a hangyákkal szinte egy időben léptek az evolúció színpadára, és kibontakozásuk – akárcsak a hangyáké – nagyjából a dinoszauruszok korának végén, a 65 millió évvel ezelőtti véget ért földtörténeti középkor utáni időszakra tehető. A ma ismert 6500 fajukkal⁶ azonban messze elmaradnak a hangyák mögött. Hasonló eredményeket kapunk, amikor a hangyákat a rovarvilág sikeres csoportjaival hasonlítjuk össze:

◀ Igazi csapatmunka. Ázsiai szövőhangya (*Oecophyla longinoda*) dolgozók egy csoportja csigalepkehernyót zsákmányol.

a másik igen összetett szociális életmódú rovarcsoport, a *termeszek* teljes fajszáma a hangyák fajszámanak az egyhatodát* sem éri el.⁷

A hangyák magas fajszáma tehát a sikeresség egyik mércéje lehet, de nézzük meg, mekkora hatással bírnak az életközösségekre!

Óvatosabb becslések szerint minden pillanatban körülbelül tíz a tizenötödiken, vagyis ezer billió (felső becslések szerint ennek a számnak tízszerese, azaz tízezer billió) hangya él földünkön, tehát a legóvatosabb becslések szerint is minden emberre kerekítve 150 000 egyed jut. Ha feltételezzük, hogy a hangyák átlagos tömege 7 milligramm (a nálunk is élő vöröshangyák átlagos tömege 5 és 10 milligramm közé tehető⁸), akkor ez a mennyiség nagyjából egy kilogrammot tesz ki fejenként. Össztömegük az emberi populáció robbanásszerű fejlődése előtti ókorban, i. e. 500 táján az emberi faj biomasszájával lehetett egyenértékű. Ha a világ minden hangya dolgozóját egymás után fűzve sorba állítanánk – feltételezve, hogy ezek átlagos testhossza mindössze fél centiméter (a valóságban egyes dolgozók hossza fajoktól függően 1 milliméter és 2,5 centiméter között változik) –, akkor egy 5 millió kilométer hosszú láncot alkotnának, amivel százhuszonezerszer tekerhetnénk körbe a földet.⁹ Merészebb becslések szerint a lánc ennek a tízszerese is lehet, ami majdnem megfelel a Mars bolygó Földünkötől való távolságának földközélen.

Ezek után egyáltalán nem meglepő, hogy a hangyák milyen komoly szerepet játszanak az ökológiai rendszerek szabályozásában. Egy élőlénycsoport sikerességét vagy dominanciáját egy adott területen jól kifejezhetjük az adott terület élőlényeinek össztömegével, azaz a biomasszában alkotott részesedésükkel. Brazíliában egy Manaus környéki amazóniai esőerdő adott területén egy átfogó és rendkívül részletes vizsgálat során megmérték, hogy bizonyos élőlénycsoportok milyen arányban vesznek részt a biomassza megalkotásában.¹⁰ Ebből kiderült, hogy a hangyák a természetesekkel együtt a teljes állati tömeg (a zoomassza) 40%-át adják. Összehasonlításképpen a szárazföldi gerincesek, azaz kételtűek, hüllők, madarak és emlősök együttes tömege az állati biomassza mindössze egytizedét teszi ki. A hangyák valamivel tömegesebben fordultak elő a kutatásban, mint a természetesek, tehát elmondható, hogy a teljes állati tömeg

* Világszerte alig több mint 2600 természetfajt ismerünk.

körülbelül egynegyedét ezek a rovarok alkották. Még megdöbbentőbb ez az arány, ha a hangyák részesezését csak az ízeltlábú-közösség alkotta biomasszában belül vizsgáljuk. Itt azt állapíthatjuk meg, hogy minden tíz-kilónyi rovarból négyet a hangyáknak köszönhetünk. Más, a szavannákról, illetve a mérsékelt övi területekről készített becslések is a hangyák hasonlóan lehengerlő számbeli dominanciájáról számolnak be. Mindkét esetben azt találták, hogy a hangyák a rovarközösségek teljes biomasszájának több mint egyharmadát teszik ki. Ennyire tömeges megjelenéssel egyetlen más rovarcsoport sem rendelkezik a mérsékelt égövön. Az ökológiai rendszerekben betöltött domináns szerepük talán csak a nyílt füves területek patáspopulációihoz mérhető. Ezek után talán nem meglepő, hogy *a hangyákkal foglalkozó biológusok, vagy más néven műrmekológusok sajátos módon úgy tekintenek földünk felszínére, mint hangyakolóniák hálózataira* – írja könyvében Hölldobler és Wilson. Bár egyértelműen ezek a rovarok tekinthetők a mikrokozmosz urainak, életük nagyban függ az őket körülvevő növény- és állatvilágtól. Az elérhető táplálék kihasználásában azonban nincs párjuk. Közülük kerülnek ki az ízeltlábú-közösség fő predátorai, messze túlszárnyalva ebben a versenyben a ragadozásra berendezkedett pókokat is. A hangyák táplálékát azonban nem csupán a zsákmányolt élelem biztosítja. Minden percben dolgozók hada keresgél elhullott rovarok után, és a rovartetemek több mint 60%-át ők szedik össze.¹¹ A maradékot meghagyják az összes többi gerinctelen állatnak, valamint a kisebb gerinceseknek. Becslések szerint egy erdei vöröshangya (*Formica rufa*) 100 000 dolgozónál is több tagot számláló fészke naponta közel 60 000 rovar begyűjtésével fedezi szükségleteit. Ugyanez a kolónia a fészektől néhány tíz méteres körzetben még a kis termetű énekesmadarakat is kész elkergetni a fák törzséről, hogy a teljes gerinctelenközösség finom csemegeként a saját élelétárukban végezhesse. A vöröshangyák táplálékéhsége – ezzel együtt gyűjtési aktivitása – tavasszal és nyáron gyakorlatilag kielégíthetetlen. Egyes növényevő rovarok esetében, például a lepkehernyők túlszaporodásának idején, a legelésző hernyóhadak néha egész erdőségeket képesek lombjuktól megfosztani. Erdészek azonban megfigyelték, hogy a lombfogyasztók ilyen tömeges megjelenésekor tapasztalt tarrágások során olyan, többnyire kör alakú foltok találhatók az erdőkben, ahol a fák koronája szinte érintetlen marad, ezeket az erdészek





kis zöld szigeteknek nevezik. A foltok köze-
pén pedig mindig a fákat védő vöröshangyák
fészkei találhatók, ezek a bolyok tehát képesek
meggátolni a lombfogyasztó rovarok ilyen ka-
tasztrófális mértékű túlszaporodását is. A vizs-
gálatok azt mutatják, hogy erre csak a hangyák
képesek, és a mesterséges kizárásuk után nincs
olyan élőlénycsoport, amely a helyükbe lépve
meggátolhatná a lombfogyasztók túlszaporodá-
sát. Sőt, a felgyülemelő tetemek elszállításának
ütemét a többi rovarcsoport fajai együttesen
sem tudnák maradéktalanul fenntartani, így a
hangyák kizárása után a rovartetemek folyama-
tosan felhalmozódnának a területen.

Az ökoszisztéma mérnökei

A fajok elterjedése és az adott területen mér-
hető tömegessége a természetben alapvetően
olyan tényezőktől függ, mint a táplálékbőség, a
természetes ellenségek jelenléte, hiánya vagy az
éghajlati tényezők. Él azonban a földön néhány
olyan faj, amely az élőhelye jelentős és célzott
irányú átalakítása révén e tényezők hatását ké-
pes csökkenteni. Ezeket a fajokat a biológiában
*ökoszisztéma-mérnököknek*¹² nevezzük. A legis-
mertebb ilyen faj maga az ember. Megtanul-
tuk, hogyan kell az időjárás viszonyosságai elől
védelmet nyújtó épületeket emelnünk. Élelmet

Jellegzetes gyepi látkép.

A dombok alatt a borostyánsárga hangya

(*Lasius flavus*) fészkei húzódnak

(Fotó: Csóka György)

és vizet tudunk eljuttatni azokra a helyekre, ahol az nincs jelen, megteremtve ezzel a hosszú távú megtelepedés lehetőségét olyan vidékeken is, ahol mérnöki munka nélkül nem lenne esélyünk élni. A hangyafajok döntő többsége szintén képes az emberhez hasonló mértékben átformálni a környezetét, és ezzel nemcsak a saját elterjedési lehetőségeit tolja ki, hanem élhető környezetet teremt egyéb élőlények számára is.

Az életközösségek átalakítása történhet közvetve vagy közvetlenül. A közvetett hatások a hangyák életvitelével járó tevékenységek melléktermékeként, például a talaj szerkezetének változása, vagy a bomló anyagok felhalmozódása révén jelentkezhetnek. A közvetlen hatások egyenesen az életközösségek összetételének megváltozását célozzák.

A legtöbb hangya a talajba vájt földfészkekben él, itt nevelheti az új nemzedéket, biztonságban van az ellenségeitől, és élelmet raktároz el ínségesebb időkre. A hazánkban is élő maggyűjtő hangyák (*Messor structor*) dombot emelnek a fészkek fölé, nagyszerű táptalajt biztosítva ezzel néhány olyan növényfajnak, amely azután sokkal nagyobb tömegben fordul elő maggyűjtő hangyakolóniák fészekdombján, mint a környező területeken. A dél-amerikai levélvágó (például *Atta sexdens*) hangyák – hasonlóan a maggyűjtő hangyákhoz – hatalmas földmunkát végeznek, és ezzel jelentősen hozzájárulnak a talaj termékenységének javításához. Ezek a hangyák hatalmas kolóniákban élnek, ahol az egyedszám nemritkán a kétmillió főt is elérheti.

Egyetlen ilyen kolónia, fennállásának hatéves időszaka alatt, összesen hét tonna levelet hord a fészkekbe, ezzel hihetetlen pusztítást okozva a környező növényzetben. A természet azonban egyenlít: ami tragédia az egyik oldalon, hatalmas lehetőség a másikon. A fák levélnetének fészkekbe hordása során a kolónia környezetében példátlan módon javul a talaj termőképessége, ami sok csírázó növény számára kész áldás. A levélvágó hangyák nemcsak leveleket hordanak össze, hanem állati ürüléket, sőt az elhullott rovarok maradványait is hazaviszik. Betakarító tevékenységük folytán ezek a fajok nem pusztán a talaj fizikai szerkezetét (porozitása és tömörsége) változtatják meg, hanem az ásványianyag-tartalmát is jelentősen feljavítják. Egyes vizsgálatok alapján elmondható, hogy a bejáratok köré hordott szerves anyag nagy mennyisége miatt a közeli talaj nitro-

gén-, kálium-, foszfor- és magnéziumtartalma akár a környező területekre jellemző érték ötvenszeresére is emelkedhet.¹³ A legmegdöbbentőbb az egészben az, hogy ezek a hangyák nem tápláléknak viszik a leveleket a fészekbe, és még csak nem is építőanyagoknak, mint ahogy azt az ázsiai és afrikai szövőhangyák (*Oecophylla smaragdina* és *O. longinoda*) tennék. A levélvágó hangyák által összehordott levelek darabjai, az egyéb szerves törmelékkel együtt, a gombatelepek növekedéséhez szükségesek. Ez a fajta közvetett mérnöki tevékenység erősebben vagy kevésbé hangsúlyosan, de általánosan jellemző a hangyákra, ugyanis minden faj a fészkébe hordja a táplálékot, és a legtöbb hangyakolónia földfészkének építéséhez is hatalmas mennyiségű földet mozgat meg.

Nem szükséges trópusi vidékekre utaznunk, ha eme rovarok természetátalakító tevékenységére szeretnénk nyilvánvaló bizonyítékot találni. A hazai mezőkön élő borostyánsárga fahangya (*Lasius flavus*) fészkeit a földben találjuk meg. Nem is kell nagyon keresni, hiszen ez a faj akár fél méter magas dombokat is épít a fészke fölé, melyet idővel benő a növényzet. A dombokon azonban másfajta, savas talajt kedvelő növények, mint a lila virágzatú kakukkfű (*Thymus pulegioides*) vagy a kék virágú orvosi veronika (*Veronica officinalis*) jelennek meg. A dombok ezért nemcsak alakjukról, hanem virágzás idején már színükről is messziről felismerhetők.

Emellett a közvetlen átalakító tevékenységre is rengeteg példát találunk. A hangyák ugyanis az életközösségek egyes elemeit előnyben részesítik másokkal szemben, de eltérően az élőlények többségétől, ezek a rovarok tesznek azért, hogy a környezetüket számukra előnyösen alakítsák át.

A hangyák életközösségekre gyakorolt hatásának kiaknázására ezért rengeteg egyéb élőlény, közöttük sok növény is szakosodott. A legtöbb növény a megporzó tevékenysége miatt csalogatja magához a rovarokat. Van a virágos növényeknek egy olyan, igen népes csoportja, amelynek fajai nem igyekeznek magasra nőni vagy *ejtőernyő*ket növeszteni, hogy a magjukat a szél segítségével az anyanövénytől távolra juttassák.

Ezek a növények, mint a hazai vetővirág (*Sternbergia colchiciflora*), hangyákat bíznak meg a magterjesztés feladatával, de mivel a hangyák ezt maguktól nem tennék meg, cserébe muszáj adniuk is valamit. Ezért



csalogató, olajos függelékeket, úgynevezett hangyakenyeret (vagy szaknyelven elaioszomákat) csatolnak a magokhoz.

A hangyák kedvelik ezeket a magas tápértékű növényi részeket, amiket tavasszal és nyáron a magokkal együtt szüretelnek le a növényekről, majd az olajos hangyakenyeret a magokkal együtt akár nagyobb távolságból is a földbe juttatják. A számukra értékes, csalogató részeket a legtöbb esetben már a fészekben fejtik le a magokról, ezeket pedig egy fészekhez közeli *szeméttelpre* hordják. Itt a sok bomló rovarmaradvány és egyéb emészthetetlen törmelék jó táptalajt biztosít a csírázó magvak számára.

Ezeknek a növényeknek tehát nincs szükségük hosszú szár kialakítására, helyette inkább hangyakenyeret készítenek, amely legalább annyira költséges, viszont egy biztosabb magterjesztési stratégiát kapnak mind ezért cserébe. A szél vagy fúj, vagy nem, amikor éppen a magokat szét kell szórni, ám hangyák mindenütt vannak, és ha sikerül őket meggyőzni, hát szorgalmasan szét is hordják a magokat. A fent leírt jelenség a növényvilágban egyáltalán nem kivételes. Valójában egy széles körben elterjedt stratégiával állunk szemben, amit világszerte legalább 11 000 növényfajnál, az összes magvas növényfaj közel 5%-ánál kimutattak már.¹⁴

A hangyák tehát olyan mértékben képesek megváltoztatni a környezetüket, amelyre csak nagyon kevés más faj képes. Mi, emberek e képességünk révén váltunk az állatvilág csúcsragadozóivá. Bátran állíthatjuk, hogy a hangyák is a környezetük tudatos átalakításának képessége által lettek a mikrokozmosz urai.

A szuperorganizmus

Egy hangyaboly dolgozói élelmet gyűjtenek, építenek, háborúznak, lárvákat nevelnek. Ez önmagában nem is lenne meglepő, azonban az a megdöbbentő szervezettség, ahogy ezt a hangyák teszik, olyan, mintha az élőlény nem is a hangya lenne, hanem maga a kolónia. Ezt az egyedek

Vándorhangyák (*Echiton burchelli*) dolgozói egy kivételesen nagy függőhidat formáznak egy keskeny ág és egy fa törzse között a kolónia vándorlása során.

Ilyen lebenyek keskeny ágak mentén gyakran kialakulnak, szélesebb

◀ futófelületet biztosítva a forgalom számára (Fotó: Scott Powell)

feletti szerveződési szintet, amely önálló egyedekből felépülő szervezetként képes működni, szuperorganizmusnak nevezzük.

A szuperorganizmus fogalmát elsőként James Hutton alkotta meg 1789-ben, ami később a Gaia-elmélet alapjául szolgált. Eszerint bolygónk egésze egy saját öfenntartó mechanizmusokkal rendelkező *szuperorganizmus*ként viselkedik, tehát bizonyos szempontból maga is egy élő szervezetnek tekinthető. Bár a fogalmat korai alkalmazásában az élővilág egészére vonatkoztatták, gyorsan kiderült, hogy a társas rovarok szerveződéseire, ezen belül is az euszociális rovarközösségekre, például a hangyákra kiválóan alkalmazható.¹⁵

Már a 20. század elején élt híres műrmekológus, William Morton Wheeler úgy említette a hangyakolóniákat, mint önálló organizmust.¹⁶ Néhány évtizeddel később ő vezette be a szuperorganizmus kifejezést a hangyák kolóniáinak leírására, méghozzá pontosan abban az értelemben, ahogy azt a műrmekológiában ma is használjuk. Wheeler a következő kritériumokat fogalmazta meg, amelyek szerint a hangyakolóniák megfelelnek ennek a státusnak:

- *Egységként viselkednek.*
- *Fajra jellemző, viselkedési, méretbeli és felépítésbeli sajátosságokat mutatnak.*
- *Növekedési és reprodukciós fázisokon mennek keresztül.*
- *A felépítésük generatív (ivaros királynők és hímek) és egy szomatikus, testi (dolgozók) részre bontható.*

A hangyák egyedeinek munkája egy kolóniában nem egyszerűen csak összeadódik, hanem sokkal inkább megsokszorozódik. Ahogy azt *A hangyák fizikai képességei* című fejezetben részletesen tárgyaljuk, két hangya nagyobb erőt képes kifejteni, mint ha csak egyszerűen összeadnánk teherbíró képességüket. Ugyanez nagyobb léptékben is igaz. A hangyák kolóniáinak funkcionális felépítése sokkal inkább hasonlít egy növény, például egy fa felépítéséhez: a dolgozók a fa lombkoronájának és szállítóedényeinek felelnek meg, az ivaros egyedek (hímek és királynők) pedig a virágok, amelyekből a megporzás (a hangyáknál rajzás) után magok vagy termések keletkeznek. A termések a földbe jutva kicsíráznak, ezek az új kolóniakezdemények. A fa gyökere maga a fészek mélye, amelyben nemcsak a királynő fészkel, de a tartalékokat is ide halmozzák fel a dolgozók.

Ez a felépítés a fákéhoz hasonló hosszú távú stabilitást biztosít a hangyakolóniák számára.

Megfigyelték, hogy a hangyaközösségek a környezet rövid távú változásaira mérsékeltén érzékenyek, és csak hosszú távú, sokszor éveken át tartó változásokra reagálnak a fajkészlet változásával. Egy átmeneti szárazság ugyanis az ízeltlábúfajok többségét képes elűzni a területről, a sáskák és a bogarak kedvezőbb területekre repülnek, a pókok elvándorolnak vagy éhen halnak, a talajlakó közösségek tagjai mélyebbre húzódnak vagy betokozódnak. A hangyák viszont rendíthetetlenül a helyükön maradnak.

Ennek oka a kolóniák szuperorganizmusra jellemző szerkezeti felépítésében keresendő, ami lehetővé teszi, hogy – az élő növényekhez hasonlóan – egy vagy néhány kedvezőtlen alakulású évszak után ne tűnjenek el azonnal egy területről, hanem a körülmények pozitív változása után újra *szárba szökken*hessenek. Mint ahogy a növények esetében is előfordul, hogy kedvezőtlen körülmények között az évi termés elmarad, a hangyák életében is kieshet egy-egy rajzási ciklus, ilyenkor – a fákéhoz hasonlóan – a kolóniák is a túlélésre összpontosítanak, ám a termőképességüket nem veszítik el véglegesen.

A szuperorganizmus jellemzése találó: az ivaros egyedek valójában az ivarszervet, a dolgozók pedig a testet képezik. Ezek a rendszerek egyéb alapvető biológiai jellemvonásaikban (növekedési ráta, anyagcsere, reprodukciós ráta és élettartam) is teljesen úgy viselkednek, mint a hagyományos értelemben vett élőlények.¹⁷ A legújabb modellek azt mutatják, hogy a kisebb hangyakolóniák össztömegükhöz képest arányaiban több energiát használnak fel, aktívabb anyagcserével rendelkeznek, és hamarabb pusztulnak el, mint a nagyobb méretű társaik¹⁸ – hasonlóan például a kis méretű gerinces fajokhoz, egerekhez, cickányokhoz vagy kis méretű madarakhoz. Ez is további bizonyítéka annak, hogy a kolónia valóban organizmusokból összeálló egység, amelyre a természetes szelekció hat.¹⁹

A szuperorganizmus felépítésében részt vevő egyedek az agyunkhoz hasonló bonyolultságú hálózatot alkotnak: az információ átadásának képességei révén kialakul egyfajta döntési képesség. A dolgozók tevékeny-

ségük során együttműködnek, információt adnak és kapnak, a feladatokat pedig egyesült erővel hajtják végre. Az eredmény pedig mindig az, hogy egy energetikailag optimális döntés mellett teszik le a voksukat. Csábító lehet a gondolat, hogy egy ilyen összehangoltan működő rendszert kizárólag elemző módon gondolkodó, értelmes egyedek képesek létrehozni. Valójában azonban az egyes hangyák nem gondolkodnak előre. Ha ők nem tervezik meg a teendőket, akkor felmerül a kérdés: ki teszi?

Elindult a vezérhangya – szoktuk mondani, amikor az ember fejében egy gondolat megállíthatatlanul pörögni kezd. Talán nem is állunk annyira távol az igazságtól, ugyanis a hangyák közötti információátadás az agyunk idegsejtjei közötti jelátvitelhez hasonló alapelvek szerint történik. Az emberi agy 86 milliárd neuronjának mindegyike több, esetleg több ezer másik idegjettel lehet összeköttetésben. Amikor a neuronok nyúlványai, az axonok vagy dendritek kisülnek, jeleket továbbítanak a velük kapcsolatban álló sok másik idegsejt felé, amelyek valószínűleg ugyanezt teszik. Egyesek növelik mások esélyét a kisülés továbbvitelére, mások éppen ellenkezőleg, gátolják azokat. Ma így modellezzük a gondolkodást. A hangyák dolgozói közötti információátadás is hasonló elvek alapján működik: egy hangya jelzését a másik átveszi, majd pozitív megerősítés után ő maga is továbbítja azt, és így tovább. A folyamat során a hangyadolgozók jelzéseiből is kialakul egy lavinaszerű információáramlás, amelynek eredményeként létrejön a *cselekvés*, azaz az intelligens kolónia (és nem az egyes hangyák) *eldönti*, melyik táplálékforrást használja fel először, és a legtöbbször nem is hibázik. Mindkét hálózat a beérkezett információs egységekből vagy bitekből begyűjtött értesülések alapján alkot döntéseket – legyenek azok a beérkező hangyák jelzései, vagy a neuronok végén kibocsátott neurotranszmitterek. A két rendszer működésének alapelvei annyira hasonlóak, hogy egyes kutatócsoportok a hangyák szervezetségének vizsgálata révén igyekeznek közelebb kerülni agyunk működésének jobb megértéséhez.²⁰ Az agyi működés és a hangyakolónia működése között egy további, nagyon fontos hasonlóság, hogy kvázi egyenrangú alkotók (neuronok vagy hangyadolgozók) interakciója révén működnek, és egyik rendszernek sincs egy olyan központi eleme, ami a működést irányítaná. Az ilyen bonyolultnak ható rendszerek tehát lét-

rejőhetnek önszerveződési folyamatok révén, összehangoltan működő, de egyszerű viselkedési mintázatot bemutató egyedek interakcióiból is,²¹ ahol a hálózat – vagyis esetünkben a kolónia – gondolkodik.

A gondolkodás jeleit mutató önszerveződési mechanizmusnak egyik szembevetendő példáját az Afrikában élő vándorhangyák adják. Ezek a hangyák hihetetlenül népes kolóniái akár több millió egyedből is állhatnak, és a dolgozókaszon belül hatalmas eltérések is lehetnek az egyedek között. A kis méretű dolgozók a táplálékszerzésért és a lárvák gondozásáért felelnek, a hatalmas rágókkal felszerelt, nagy méretű társaik pedig a vonuló sereg védelmét látják el, valamint a náluk akár százszor nagyobb királynő mozgatását végzik. Egy ekkora kolónia számára az adott terület forrásai néhány héten belül kimerülnek, és a teljes hangyaboly időnként útra kel, hogy minden, útjába kerülő ehető dolgot elfogyasszon. Ha egy ilyen vonuló sereg útjába egy – a legtöbb rovar számára áthidalhatatlan – akadály, például egy kisebb vízfolyás kerül, a dolgozók saját testükből hidat képeznek fölötte, hogy azon a kolónia többi tagja zavartalanul átkelhessen.

Nézzük meg lépésenként, hogyan is történik mindez! Először is minden dolgozó az akadály széléhez érve addig megy el, ameddig tud, a következő dolgozó már a legelső dolgozó hátán teszi meg az utolsó lépést. Eljön az a pillanat, amikor a folyamatosan érkező, egymás hegyén-hátán igyekvő dolgozókból kialakuló hídfő akkorára duzzad, hogy az átbillen a túlpartra. Ettől a pillanattól kezdve a híd készen áll, az előőrsöt követő dolgozók már simán át tudnak masírozni rajta. A lebontás hasonló, csak éppen fordított lépésekből áll. Ha már nem jön több dolgozó, akkor a híd alkotó egyedek a testvéreik testén átkelnek a folyó felett, közben a híd szépen *eloszlik*, az előőrsből utóvéddé avanzsált dolgozók folytatják útjukat a menet után.

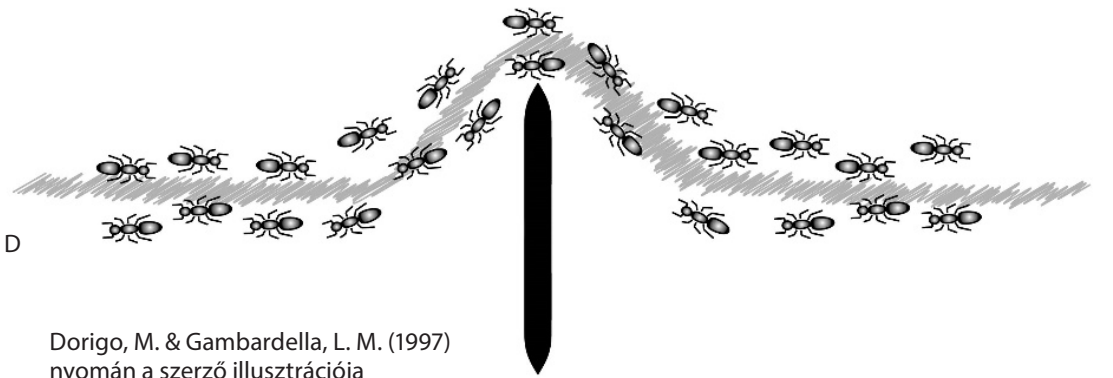
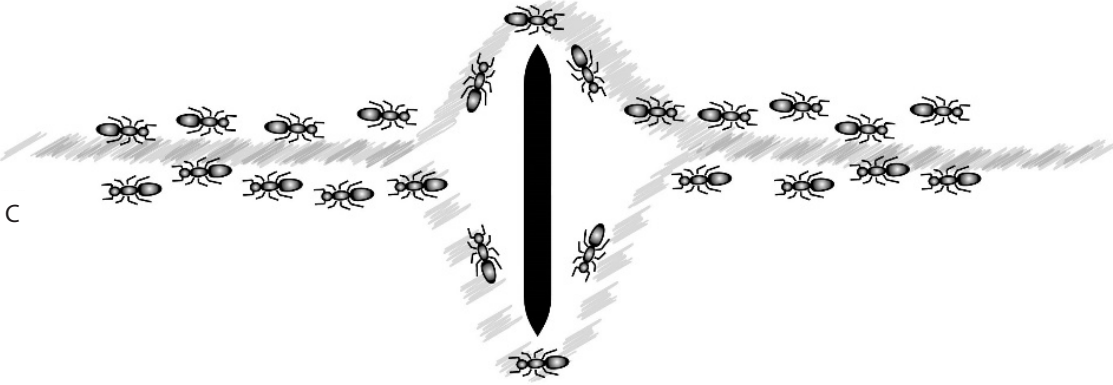
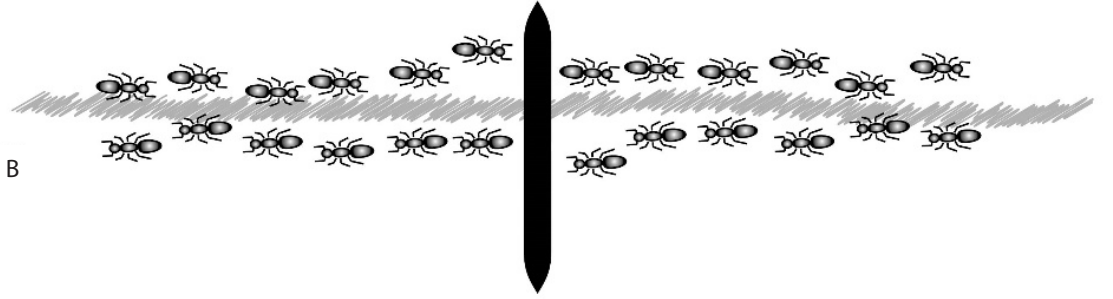
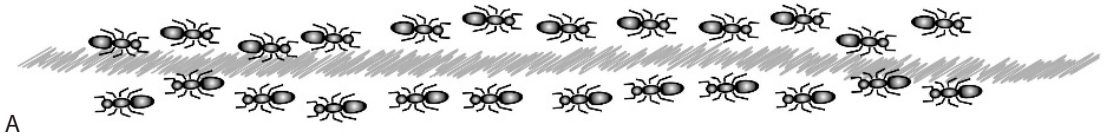
A hangyák önszerveződés útján létrejövő energiaoptimalizálásának egyik tankönyvi példája a Dorigo és Gambardella által bemutatott *utazó ügynök problémája*. Az utazó ügynöknek ugyanis meg kell találnia a városba vezető legrövidebb utat. A kutatópáros a hangyák természetben tapasztalt mozgását vizsgálva elemezte, hogyan képesek ezek a rovarok megtalálni a rövidebb utat.²² Ha a hangyák táplálékforrás felé vezető ösvé-

nyére (*A ábra*) egy akadály kerül, akkor célszerű a rövidebb utat választani az akadály kikerüléséhez (*B ábra*). De vajon honnan tudják a hangyák, hogy melyik a rövidebb út? Valójában nem tudják, ezt csupán kolóniaszinten derítik ki. Mivel a dolgozóknak fogalmuk sincs arról, melyik út a rövidebb, elvileg mindkét irányba ugyanannyi hangya indul útnak, és folyamatosan oda-vissza járnak a fészkek és a forrás közötti ösvényt. A rövidebb úton ugyanannyi dolgozó többször halad majd el egy képzeletbeli pont felett, azaz arányosan több dolgozó rója majd az utat, arányait tekintve sűrűbb feromonjelet hagyva maga után (*C ábra*). A töményebb feromonszignál viszont azt az információt közvetíti a frissen becsatlakozó dolgozók felé, hogy arra menjenek, így ezek a naiv dolgozók is ebbe az irányba indulnak majd el. Végül a rövidebb út lesz az új ösvény (*D ábra*). Ez a rendszer – egy rövid kezdeti bizonytalansági szakasz után – gyakran optimális megoldások kidolgozásához és annak hosszú távú fenntartásához vezet.

A csoport minden egyedének viselkedését öröklött viselkedési formák sora és más hangyák rájuk gyakorolt hatásának együttese határozza meg. Egy hangya viselkedése megváltoztatja a szomszédét, ami visszahat rá. Ez egy klasszikus visszacsatoláson alapuló rendszer jellemzője, ami sok résztvevő esetén hihetetlen bonyolultságúvá válhat. Az eredmény: egyszerű viselkedési elemek sorából kialakuló, meglepően összetett viselkedés. Egyénileg egy hangya nem mondható túl okosnak, de a hangyák világában minden a kolónia szintjén dől el, és amint látjuk, a boly egésze – a rovarvilágban egyedül erre a szintre jellemzően – képes intelligens lényként viselkedni.

Mi, emberek az agyunkat használjuk arra, hogy visszaemlékezzünk a régebbi eseményekre. Felmerülhet a kérdés, hogy ha az emberi agy és a hangyakolóniák működése között ilyen sok a hasonlóság, akkor vajon egy ilyen szuperorganizmus is képes-e emlékezni a korábbi történésekre.

Az emlékezés folyamataira vonatkozó jelenlegi tudásunk korántsem teljes, de azért van néhány olyan rendelkezésünkre álló információ, amelyre támaszkodhatunk, ha szeretnénk körülírni, hogy mi is pontosan a memória. Tudjuk, hogy emlékeinket bonyolult agyi folyamatok révén vagyunk képesek tárolni. Kapcsolt neuronok egy csoportja stimulálja egymást; azt is tudjuk, hogy az emlékek tárolásának minőségét az al-



Dorigo, M. & Gambardella, L. M. (1997)
nyomán a szerző illusztrációja

vás valahogyan elősegíti; és hogy a rövid távú és a hosszú távú memória agyunk más-más területeinek működése révén valósul meg. De még mindig sok mindent nem tudunk arról, hogy ezek az idegrendszeri események pontosan hogyan állnak össze, hogyan hívhatjuk elő az emlékeket, vagy hogyan tudunk egyszer csak folytatni egy cselekvéssort, miközben azt korábban tanultuk: például az olvasást vagy biciklizést. Számunkra az olyan emlékek felidézése jelenti a memóriát, mint hogy miről beszéltem tegnap, milyen ruhát viseltem, vagy milyen érzéseket váltott ki belőlem egy találkozás. Azonban az emlékezőképesség sokkal általánosabb értelemben értendő.

Minden élőlélynél megfigyelhetjük azt a legegyszerűbb memóriaformát, amelynek segítségével képes a múltbeli eseményekre gyorsabban reagálni. Lehet, emlékszünk arra, hogy mikor voltunk utoljára influenzásak, de az is lehet, hogy már nem. Akárhogy is, a testünk bizonyos értelemben nagyon is *emlékszik* erre a nemkívánatos eseményre. A vérünkben keringő fehérvérsejtjeink egy része a gyógyulást követően is influenzavírus elleni antitestek termelésére készen várja, hogy egy hasonló fertőzés esetén azon nyomban reagáljon. A múlt történései tehát befolyásolják az egyed viselkedését vagy biokémiai reakcióit, és nincs ez másként a hangyakolóniák esetében sem.

Egy lóhangyadolgozó percekig emlékszik arra, hol találta az édes nektártárcseppet, és egyedül vagy többedmagával vissza is tér, hogy kiaknázza a lehetőséget. Az egyik szaharai hangyafaj a sivatagi homokban bolyong, élelem után kutatva. Ezen a kietlen tájon nincsenek tájékozódási pontok, jószerivel csak homok. Úgy tűnik, ennek a fajnak a dolgozója által érzékeli a távolságot, hogy emlékszik, hány lépést tett meg, amióta legutoljára elhagyta a fészek bejáratát.

Ezek a jelenségek néhány perces vagy legfeljebb néhány órás visszaemlékezésre adnak lehetőséget. Nevezzük ezt a kolóniák rövid távú memóriájának. De mi a helyzet a hosszú távú emlékekkel? Egy hangyakolónia mégiscsak évekig, ha nem évtizedekig él. Az erdei vöröshangyák kolóniái a környező fákról szerzik táplálékukat, és az általuk kialakított országutak feromonjelzéseit követik reggeltől estig. Ezeket a feromonok által kijelölt ösvényeket, amelyek mentén nyáron hangyák ezrei közle-

kednek, minden télen elmossa az eső, és hatástalanítja a hó. Ezért a fészkeket elhagyó első felderítőket minden tavasszal egy szűz terület várja, az előző évben még oly markáns feromonjeleknek nyoma sem marad. Mégis úgy tűnik, hogy a vöröshangyák kolóniái évről évre ugyanazokat a nyomvonalakat építik ki a fészektől a kedvenc fájukig. A finnországi fenyőerdőkben megfigyelték, hogy amikor az első melegebb napokon a hangyák kimerészkednek a szabadba, párokban indulnak felderítő útukra: egy idősebb és egy fiatal dolgozó. Mester és tanítványa. Az idős dolgozó mutatja az utat az őt közvetlenül követő fiatalabb társának, így adva át saját emlékeit a kolónia számára. Az idős felderítő halála után a fiatalabb társa veszi át a szerepét, vagyis már ő hordozza a tudást. A ketjük által lefektetett halovány feromonjelek képezik a későbbi zsúfolt hangyaországút alapjait, mind több és több dolgozótársat vonzva a feromonösvényre.

A kolónia magatartása napról napra változik, az előző napi események hatással vannak az aktuális napi viselkedésre. Egy zavarási kísérlet során fogpiszkálót helyeztek egy olyan helyre, ahol az akadályozta a fészkek működését, tehát azt a dolgozóknak el kellett távolítaniuk onnan. A sok dolgozó közül csak néhány vett részt a munkában, míg a többiek a megszokott tevékenységüket folytatták. Néhány nap múlva megvizsgálták ezeket a kolóniákat, hogy megnézzék, milyen hosszú távú változások történtek a fészkek életében. Meglepő, de a kolóniák napok múltán is úgy viselkedtek, mintha zavart szenvedtek volna. Még akkor is, ha azt korábban már sikerrel elhárították. A hangyadolgozók egy csoportja – azok, amelyek korábban részt vettek a zavar elhárításában – ugyanis többnyire a helyszínen gyűlt össze, feladatot váltottak, így a korábbi zavarás nyoma az információátadásnak köszönhetően még több nap után is észrevehető volt. Valójában senki sem emlékezett semmire, de bizonyos értelemben – a dolgozók egy csoportjának feladatváltása révén – a kolónia *emlékezetében* rögzült a stresszhelyzet elhárítására adott válaszreakció. Ez az emlékezőképesség segíti a kolóniát abban, hogy egy újonnan bekövetkező, hasonló stresszhelyzetre legközelebb gyorsabban és hatékonyabban reagálhasson, ezzel együtt több energiát fordítson a rendes napi teendők elvégzésére, például a táplálékkeresésre.

Egy hangyakolónia akár 20-30 évig is fennállhat, ez a királynő élettartamától függ. Maguk a dolgozók csak egy vagy néhány évig élnek. Mivel egyes hangyák maximális életkora a kolónia élettartamának csupán a töredéke, egy fiatalabb és egy idősebb kolóniát is közel ugyanolyan idős hangyák alkotnak. Mégis, megfigyelték, hogy a nagyobb létszámú, idősebb kolóniák mesterséges zavarásokra adott reakciói kevésbé voltak esetlegesek, egy váratlan esemény kevésbé zökkentette ki őket a napi rutinból. Az idősebb kolóniák tehát bölcsőbbnek bizonyulnak a fiatalabbaknál. Ha az emberi agyat vizsgálnánk, hasonló következtetésekre juthatnánk. A hangyák egyszerű döntéseiket a többi egyeddel való találkozásokból, vagy mások által hagyott feromonjelekből származó információmorzsákból építik fel. Akárcsak az emberi agy, amelynek az idegsejtjei szintén más neuronok által küldött jelzések hatására *sülnek ki*, vagy éppen blokkolják a további információáramlást a többiek felé. A memória a kolónia és az agy esetében egyaránt az egységek, azaz a hangyadolgozók vagy az agyunk neuronjainak egymásra gyakorolt stimulusainak sokaságából épül fel. Valószínű, hogy egy idősebb és nagyobb kolónia tagjai – akárcsak egy nagyobb méretű agy esetében – nagyobb arányú interakciót bonyolítanak le egymás között, mint azt egy kisebb létszámú fészeknél tapasztalnánk, így sokkal stabilabb az információáramlás. Az is valószínű, hogy egy idősebb kolónia új generációi már egy jól működő hálózatba lépnek be, így nem az egészet kell az alapoktól kialakítaniuk, mint ahogy azt egy fiatalabb boly dolgozói tennék.

A kolóniák tehát emlékezhetnek a múltbeli zavarokra azáltal, hogy a dolgozók helye, szerepe megváltozik. Új hálózatok jönnek létre, amelyek akár az éjszaka során – miközben a kolónia inaktív – meg is erősödhetnek ugyanúgy, mint ahogy nálunk, embereknél a saját, újonnan szerzett emlékeink az alvás során beépülnek a memóriánkba. A múltbeli események miatt a kolónia viselkedésében bekövetkezett változások nem a hangyadolgozók emlékeinek egyszerű összege; ennél egy sokkal magasabb, hálózati szintű jelenséggel állunk szemben. A hangyakolóniák pontosan úgy őrzik meg az emlékeket, ahogy azt az agyunk teszi: egyetlen neuron sem emlékszik semmire, de azok hálózata, az agy igen.²³