

# OTKA - hónap kutatója, 2010 május

2010.05.03. | **HÍREK**



Meszéna Géza az ELTE Biológiai Fizika Tanszékének egyetemi docense, az MTA doktora. Kutatási területe az elméleti ökológia és az evolúcióbiológia. "A biológiai diverzitást generáló és fenntartó mechanizmusok elmélete" című pályázatával nemrég nyerte el (ismét) az OTKA támogatását.

## Az általános megragadása - Beszélgetés Meszéna Gézával



***Egyik cikkében azt írja, hogy tíz-tizenöt éve a fajok versengésének és együttélésének viszonyát igyekszik feltárni, s reményei szerint "kidolgozható egy egységes matematikai keretelmélet, amely a különbözővé válással lecsökkenő versengés gondolatát általános szinten és konzisztensen tartalmazza úgy ökológiai, mint evolúciós szempontból". Miért van szükség a probléma evolúciós és ökológiai megközelítésére is?***

Minden tudomány sok ágra tagolódik - a kérdés az, van-e közöttük átjárás. A fizikának is számos részterülete van, csak sokkal inkább tudjuk és tudni akarjuk, hogy az alapvető fizikai törvényekben megegyező részterületek gondolkodása egymással milyen viszonyban van. Amióta létezik matematikai evolúcióelmélet, az evolúció tudományának önmagában van igénye az egységes elméletre - de ez eléggé messzire került az ökológia modellvilágától. Egységes elméleti alapra az ökológiában is volt igény, de a 80-as évektől az ökológusok többségének gondolkodásában az a felfogás nyert teret, hogy minden ökológiai szituáció teljesen más és mindegyikük önmagában is túl bonyolult. Az egyes eseteket gyakran annyira reménytelennek tartják önmagukban is megérteni, hogy az ökológia különböző területeit összefogó közös gondolatok igénye elhalványult, sőt ma már avíttasnak is tűnik. Én mégis az általános elméleti megközelítés lehetőségét szeretném keresni. Cikkeim bírálói a sorok között bizony nem egyszer lesajnálják azért, hogy mintha még mindig a 60-as, 70-es években élnék.

Miért érdemes mégis "régimódinak" lenni? Mert a sok-sok eset mögött meghúzódik egy közös kérdés: ha minden

élő változatnak tulajdonítunk egy fitness értéket, és azt gondoljuk, hogy a nagyobb fitnessű legyőzi az alacsonyabb fitnessűt, akkor miért lehetséges olyan sok faj? Ez egyszerre ökológiai és evolúciós kérdés: a két tudományág alapkérdései nem tisztázhatók egymástól függetlenül.

### **Hogyan értsük a fitness fogalmát?**

A darwini gondolatnak az a lényege, hogy a rátermettebbek kiszorítják a kevésbé rátermetteket. A rátermettség=fitness fogalmának pontos definíciójáról sokat lehet vitatkozni, de a lényeg az, hogy ez az a mennyiség, amely az adott szituációban méri, hogy ki szorít ki kit. Ami az én szempontomból a leglényegesebb: az, hogy ki a rátermettebb, az adott körülmények között dől el. Nem nehéz példákkal illusztrálni, hogy a tundrán más a rátermettebb, mint az őserdőben. Nyilván nincs értelme azt kérdezni, hogy a tundrához vagy az őserdőhöz alkalmazkodott növényfaj a rátermettebb-e, mert mindegyik megfelelően rátermett a saját környezetében. Definiáljuk akkor a rátermettséget a két helyen külön-külön? De ha a tundrán és az őserdőben élő növények - elég messzire visszavezetve a "családfákat" - egymás rokonai, és ugyanaz az evolúciós út visz ide is meg oda is, akkor szükségünk van egy olyan általános fitness-fogalomra, amely utat mutat az evolúció számára a közös őstől a tundrára is, és az őserdőbe is. Ha nem szabad általánosan azt kérdezni, hogy mi is a rátermettség, mert az függ a körülményektől, akkor nem egészen világos: mi is hajítja a sokfelé ágazó evolúciót. Röviden összefoglalva, ez az a probléma, melynek a megoldásán dolgozom. Általánosan mondva: kevés az, ha minden egyes szituációt külön-külön megértünk, akár matematikai szinten is.

Az élőlények különféle élőhelyekhez alkalmazkodnak - például az őserdőhöz, a tundrához, a tengerhez. Alkalmazkodnak különféle tápanyagforrásokhoz is, különféle ragadozók vagy fertőzések elkerüléséhez is. Azt, amihez alkalmazkodnak, szokás niche-nek nevezni, tehát különböző niche-ekhez lehet alkalmazkodni.

Az evolúcióelméletben általában az egy niche-en belüli, például egy élőhely élőlényeinek versengésében gondolkodva tételezik fel, hogy mérhető a változatok rátermettsége. Mérőszám lehet például az utódok száma, mert abból a változatból, amelyiknek több utódja van, hosszú távon több egyed lesz. A sok elemzésnek az a vége, hogy minden genetikai változat kap egy rátermettség-értéket, és azt mondjuk, hogy a populációban a rátermettek aránya nő a kevésbé rátermettekhez képest. Amint rögzítettük, hogy minek mekkora a rátermettsége, már nincs helye annak a gondolatnak, hogy másutt más lenne a helyzet. De ha az egyik élőhelyhez alkalmazkodott élőlénynek valamelyik leszármazottja az idők során eljut egy másik élőhelyre, ott már nem lehet leírni az eredeti fitnessével - megváltoztak a körülményei. A fitness-értékek tehát nem előre rögzítettek, hanem alakulhatnak - és ez az, ami bizonyos értelemben kilóg az evolúció elméletének szokásos képéből. Az élőhely-váltás helyett mondhatunk más példát is: ha bizonyos táplálékforrásra specializálódik egy faj, akkor ebből a táplálékforrásból egyre kevesebb lesz, és a táplálékforrásra való specializálódás fitness-előnye csökken. Viszont ha van olyan táplálék, amelyet senki sem használ, akkor az ahhoz való alkalmazkodás fitness-előnnyel jár, ami addig tart, amíg azt a táplálékot nem fogyasztják tömegesen.

Ha az ember észben tartja, hogy a rátermettség-értékek állandóan változnak, és ökológiai okokból változnak, akkor "szóban" értjük, hogy az élővilág - mindig lokálisan és pillanatszerűen a nagyobb fitness irányában mozogva - sokfelé specializálódik. De az ettől függetlenül is elég bonyolult sikerült matematikai evolúcióelméletben a gyakoriságfüggés - tehát az, hogy a rátermettség függ egy változat gyakoriságától - a közelmúltig a plusz komplikáció státuszában volt, amellyel azért időről időre foglalkozni kellett. Ennek az eredménye az, hogy a fajkeletkezés elmélete mind a mai napig viták tárgya annak ellenére, hogy a természetes szelekció elmélete valamikor a 20. század első felében stabilizálódott. Hosszú elméleti fejlődés eredményeként

ma már be tudjuk építeni az evolúciós elmélet magjába azt, hogy az új niche-hez való alkalmazkodás átmeneti fitness-előnnyel jár, nem kell azt külön komplikációként kezelni utólag. Az erre szolgáló eljárást hívják adaptív dinamikának, ez a hívószava annak a világnak, amelyben mozgok. Úgy látjuk, hogy a fajkeletkezés vizsgálatának jelenkori forrongása is ebbe az irányba mutat; az elmélet ezen átalakulása az, amelyben részt venni igyekszem. Ezzel kapcsolatos, hogy van az ESF-nek egy "Frontiers of speciation research" nevű együttműködési hálózata, amelynek vezetésében Magyarországot én képviselem. Ebben a keretben tartottunk tavaly egy Darwin-szimpoziumot Debrecenben, jövőre a niche-elmélet és a fajkeletkezés viszonyáról szervezek egy workshopot.



***Speciáció szimpózium, 2009. december 7., Debrecen***

Az elmúlt években elsősorban a fajsztérválás ökológiai hátterén, a niche-fogalom elméletének kérdésein dolgoztam. Ha azt mondom, hogy a niche az, amihez alkalmazkodunk, akkor ez kissé ködös általános kijelentés. A jelenlegi ökológiai közfelfogás szerint általános szinten ennél többet, pontosabban nem is mondhatunk. Kollégáinkkal azt szeretnénk elérni, hogy újra elhíhető legyen: az ökológiának is lehet általános keretelmélete, megfelelő fogalomalkotásokkal a jelenségeket meg lehet ragadni elég általánosan - és mindennek meg lehet alkotni az elegendően általános matematikai elméletét is. Ahogy az adaptív dinamika - ma már sikeresnek látszó - kísérlet arra, hogy matematikailag elég általánosan megragadja azt, hogy a fitness-függvény az evolúció során állandóan változik, úgy az ökológiában is megfelelő matematikai fogalomalkotásokra van szükség.

***Mondana erre példát?***

Ha a különböző fajok különböző táplálékforrásra specializálódnak, akkor nem versengenek egymással, nem szorítják ki egymást. Ez egy alapgondolat az ökológiában, amelyet már Darwin is világosan értett. Mai terminológiával fogalmazva, mindegyik faj addig terhelheti a saját forrását, ameddig már nem tud tovább nőni. Ennek következtében mindegyik faj hosszú távon nulla növekedést produkál - emiatt nincs fitness-különbség az együtt élő fajok között. Ez a válasz arra a kérdésre, hogy a fajok miért nem szorítják ki egymást: a táplálék-szegregáció következménye a fitness-különbség eltűnése. Szegregálódni persze nem csak táplálék szerint lehet. Általánosabban azt mondhatjuk, hogy a populáció-szabályozás módjában való elkülönülés az, ami a versengést lecsökkentve a fajok együttélését lehetővé teszi.



***Geospiza fortis - a Darwin-pintyek egyike***

Hogyan lehet azt az alapgondolatot átvinni az evolúcióelméletbe, hogy lehetséges különböző táplálékforrásokra specializálódni, és ez csökkenti a fajok közötti versengést? Úgy, hogy egy faj fitness-e függ a táplálékforrások mennyiségétől, tehát attól is, hogy más milyen fogyasztó fajok vannak a környezetében. Sokat említett példa a Darwin-pintyeké: a Galápagos-szigeteken élő pintyfajok mind különböző méretű magokat esznek, sőt némelyikük rovarral táplálkozik - azért alakult ki ennyi faj, mert mindegyiknek megvan a maga táplálékforrása.

A fontos kérdés, hogy milyen viszonyban áll ez az egyszerű és jól értett gondolat - amelyet szinte minden ökológiakönyvben a Darwin-pintyekkel szemléltetnek - az ökológia bonyolultságával. Általános megállapításként azt mondhatjuk, hogy minden egyes populációt szabályoz valami. Minden populáció addig nő, ameddig valamilyen korlátokba nem ütközik. Ez a korlát gyakran a táplálékforrás, de az is lehet, hogy a ragadozói szaporodnak el, és akkor ők szabályozzák a populáció létszámát. Sokszor nem könnyű megmondani, mi szabályoz egy adott populációt, ezért a szabályozásnak kicsit még ma is misztikus a státusza az ökológiában. Egyes részdiszciplínákon belül evidencia, hogy minden populáció szabályozva van valahogy, más részterületek művelői viszont szkeptikusabbak ezzel kapcsolatban. Mi úgy gondoljuk, hogy a szabályozottság követelménye matematikai evidencia.



***Munka közben: fajkeletkezési szimulációk eredményei***

Ha kidolgozzuk a populációszabályozás általánosított matematikai formalizmusát, és utána megadjuk az együttélés általános matematikai feltételét, amelyet át lehet vinni a fitness gyakoriságfüggésének kérdésére, akkor matematikailag is látszik az a banalitás, hogy az egyik madárnak kisebb csőre van a kisebb magokhoz, a másiknak meg nagyobb a nagyobbakhoz. Ennél nem bonyolultabb, amit csinállok, de ezt rendszeren végig lehet vinni matematikailag. Az a legnehezebb, amikor egy ponton túl azt is figyelembe kell venni, hogy a keresztezés nem előnyös, mert a közepes csőrű madár a fitness-minimumban találja magát, és ezért a kis csőrű madárnak nem fog tetszeni a nagy csőrű és fordítva. Éppen a pintyek esetében mutatta ki egy vizsgálat, hogy a kisebb csőrű valóban a kisebb csőrűvel párosodik, a nagyobb csőrű pedig a nagyobb csőrűvel.

A Darwin-évfordulóra az amerikai akadémia lapjában, a PNAS-ben jelent meg egy cikk, amelyben Peter és Rosemary Grant, a Darwin-pintyeket tanulmányozó házaspár leírja, hogy az egyik szigeten hibridizálódott egy pinty, amit akkor észre sem vettek. De amikor elrepült egy másik szigetre, felfigyeltek rá, hogy az egyik madár nagyobbacska és másként énekel, mint a többiek. Egy ideig még kereszteződött az őshonos madarakkal, aztán jött egy száraz időszak, nagyon sok madárka elhullott, de ennek a leszármazási ágnak maradt egy hím és egy nőstény egyede, történetesen testvérek. Ők egymással álltak párba, és onnantól a leszármazottak kicsit másként énekelnek, mint a többiek, a nagyobb csőrűvel pedig kicsit nagyobb magot esznek. Közben fény derül ezekre az eseménysorokra, mi a matematikai vázat építjük azzal a reménnyel, hogy a két ág összeér, és az emberek előbb-utóbb nem fogják képtelenségnek vagy üresjáratnak érezni az általános elméleteket.

Az Oxford kiadóval van egy szerződésünk (Pásztor Erzsébettel, Botta-Dukát Zoltánnal, Czárán Tamással, Magyar Gabriellával együtt; Erzsébet volt az, aki még valamikor nagyon régen bevezetett az ökológia és az evolúció világába) a *Theory based ecology: a Darwinian approach* című könyv megírására (<http://tbe.elte.hu>). Olyan ökológiakönyvet próbálunk írni, amely világos elméleti alapra van felfűzve. Igyekszünk megmutatni, hogy az ökológia ismert anyagának jelentős része belefoglalható az általános képekbe. Természetesen semmiféle nagy hókuszpókusz nincs ebben. A hatvanas-hetvenes évekig igen sokan gondolkoztak úgy, ahogy mi most, de hiányzott a megfelelő matematikai általánosítás.

***A modell időnként nemcsak a megértést szolgálja, hanem a jóslást, az előrejelzést is. Az evolúciós-ökológiai terepen felmerül a predikció igénye?***

A biológiai evolúció - lényegéből fakadóan - esetleges történet. Azt sem várja senki, hogy a geofizika előrehaladtával egy képlet előbb-utóbb megjósolja Olaszország csizma alakját. Ilyen értelemben az evolúcióelmélet prediktív jellegét egészen más skálán kell keresnünk, mint például az égi mechanikáét. Nem jósolhatjuk meg például, hogy milyen pintyfajok fognak keletkezni. Az viszont, hogy az új fajok kialakulása a niche-struktúra természetes következménye, valamilyen értelemben predikció. Mondok két határozott és meglehetősen általános állítást - nézzük meg 10 év múlva, igazam lett-e? Nagyon erős predikció az, hogy együtt élő fajok körében mindig meg lehet majd találni, hogy a növekedésszabályozásuk módjában különböznek. Tessék utánajárni, hogy az esőerdőben élő rengeteg fafaj közül melyiket mi korlátozza a növekedésében! A matematikai predikció szerint ugyanis a fáknak e tényezőkhöz való viszonyukban kell annyira különbözniük, hogy együtt élhessenek. Hasonlóképpen nagyon erős jóslat az is, hogy a különböző változatok kialakulását a többiekétől való különválás előnye hajtja. E két állítás valójában nem különbözik attól, amit Darwin is gondolt, csak a matematikai elmélet birtokában kicsit határozottabban és konkrétan állítjuk. De e két állítás általános érvényére ma sok kolléga nem fogadna.

Azt világosan érteni kell, hogy a matematikai elmélet nem lesz képes konkrétan megmondani, mely szabályozó változókban fog két faj eltérni. Ezért nem lehet egyszerűen kimenni a terepre, és megmérni, igazunk van-e. Először is empirikusan ki kell ismernünk az adott ökoszisztéma működését, meg kell értenünk kölcsönhatásaikat, a populációk szabályozásának módját. Gondoljuk meg: a mechanikában sem tudjuk Newton mozgástörvényét egy konkrét szituációra alkalmazni, amíg valahogy meg nem állapítjuk, hogy milyen erőhatások lépnek fel a rendszerben. És nem lesz általános recept ennek kiderítésére: neki kell állni felderíteni, mi is történik az adott rendszerben. Hasonló értelemben van prediktív ereje az ökológia számára annak a szintnek, amin dolgozom.

***Galilei nyomán mondják, hogy a természet a matematika nyelvén szól hozzánk, de "természeten" általában csak a fizikát értik?***

Az ökológusok ma többnyire úgy gondolják, hogy mindenfajta modell szörnyűségesen leegyszerűsíti a valóságot, amire néha szükség is van, de ha az ökológus kimegy a terepre, akkor látja, hogy a való világ mennyivel bonyolultabb. Ezt megértem, de például a fizikában éppen azért használjuk a matematikát, mert a való világ olyan bonyolult, hogy különben nem tudnánk áttekinteni. Meg kell tanulni, hogyan lehet a matematikát a természetre alkalmazni. Galilei arra jött rá, hogy minden egyes test megtartja az egyenes vonalú, egyenletes sebességű mozgását, hacsak valami ettől el nem téríti. Mégis sok test nagyon bonyolult mozgást végez, mert nagyon bonyolult kölcsönhatások nagyon bonyolult erőket generálnak. Nem magától értetődő megtalálni, hogy e bonyolult mozgás milyen szempontból egyszerű.

A populációdinamikának is kialakult az a hagyománya, amelyik megmondja, hogyan kell leírni egy populáció létszámának a változását az evolúcióelméletben. Itt az exponenciális növekedés a tehetetlenségi mozgásnak megfelelő referenciapont. Annak a folyamatnak is van hagyományos matematikai leírása, ahogy az egyik változat kiszorítja a másikat. De az ökológiában mégis egy olyan attitűd vált uralkodóvá az elmúlt 20-30 évben, amely a különálló szituációk ilyen-olyan modellezésére specializálódott, és azon belül működött.

Ezeket a leírásokat össze kell kötni, mert e nélkül nem lehet áttekinteni az evolúció és az ökológia tudományát. Matematikai mankó nélkül nem lehet fegyelmélettel gondolkodni azon, hogy minden faj alkalmazkodik valahogyan valamihez, de közben állandóan módosul az, amihez alkalmazkodni kell. Az ember előbb-utóbb belezavarodik, ha nincs világos, tiszta, általános matematikai leírás. Ez a leírás folyamatosan születik a világon, nem csak mi dolgozunk rajta. Természetesen soha nem lesz olyan matematikai elmélet, amelyik megjósolja, hogy pontosan hányféle virágzat létezik, mert a virágzat keletkezése esetleges evolúciós esemény, nem származik általános gondolatból. Meg kell találni, hogy mi az általános, mi az egyszerű a világ bonyolult működésében, azután azt meg lehet ragadni matematikailag is.

**Silberer Vera**

---

*Forrás: [otka.hu](http://otka.hu)*

---

Eötvös Loránd Tudományegyetem • Természettudományi Kar • Fizikai Intézet

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A