DINAMIKA ÉS ELTARTÓKÉPESSÉG

Vida Gábor

Az egy fajhoz tartozó egyedek helyi sokasága a populáció. A populáció mennyiségi és minőségi megváltozásának időbeli lefutását az egyed feletti szerveződési szinten többnyire matematikai eszközök felhasználásával elemezzük. A mennyiségi változást a populáció egyedszámával (ritkábban tömegével), a minőséget leggyakrabban korcsoportarányokkal jellemezhetjük. Külön tudományág a populációgenetika, amely a populációk genetikai összetételének dinamikájával foglalkozik. Ez utóbbi értelmezi az evolúciós változás alapvető jellemzőit, az allélgyakoriságok populációs változásának okait (szelekció, sodródás, mutáció, migráció) és dinamikáját kutatva.

Minden élőlény alapvető tulajdonsága a szaporodás képessége. A szaporodás során az egyedszám hatványozottan (exponenciálisan) növekszik, mivel a létrejött új egyedek további egyedek létrehozására képesek. (Ez a növekedési forma a kamatos kamat közismert számításával azonos.)

Nagyon szemléletesen érzékelteti az exponenciális növekedés elméleti lehetőségeit a baktériumok gyors szaporodása. Megfelelő körülmények között egy baktérium húszpercenként kettéosztódik. Ha egyetlen baktériumból indulunk ki, 1, 2, 4, 8, …, azaz 2 növekvő hatványai szerint (2^0, 2^1, 2^2, 2^3, …) nő a populáció egyedszáma. 24 óra alatt ezzel a sebességgel 72-szer osztódnak. Ez már igen nagy szám: 2^{72} = 4 722 366 482 869 645 213 696. Mivel minden egyes osztódás az egyre nagyobb számot kétszerezi meg, rövid idő alatt a baktériumok egyedszáma elvileg meghaladná az ismert világegyetem atomjainak darabszámát is, ez viszont nyilvánvalóan lehetetlen. A valóságban a kettéosztódások közt eltelt idő a kezdeti 20 percről egyre hosszabb időre növekszik, mivel fogy a tápanyag, és nő a zsúfoltság. Előbb-utóbb a populáció növekedése leáll.

Minden élőlény, így az ember is képes az exponenciális növekedés időszakos megvalósítására, de az állandó növekedés lehetetlen. Thomas Malthus 1798-as tanulmánya alapján ismerte fel Darwin e tény óriási evolúciós jelentőségét. Az utódok száma többnyire nagyobb, de nincs hely, elegendő táplálék felnövésükre. Ez adja az alapot a selejtezésre, s ezáltal hosszabb távon az alkalmazkodás genetikai alapú megvalósítására.

A legtöbb élőlény nem egyszerű kettéhasadással, hanem változó számú utód létrehozásával szaporodik. Az exponenciális növekedést legáltalánosabban differenciálegyenletekkel jellemezhetjük:

$$\mathrm{d}N/\mathrm{d}t = rN,$$

ahol N a populáció egyedszáma, r pedig a gyarapodási ráta (malthusi paraméter). Ez utóbbit egy t időegységre (pl. év) adhatjuk meg, s nagyobb populációméret esetén eltekintünk az egyedszám nem folytonos természetétől (lehet nem egész számú létszám). A gyarapodási ráta az időegység alatti születési *(b)* és halálozási *(d)* ráta különbségéből adódik:

$$r = b - d.$$

Természetes körülmények között a különböző fajok populációi együtt élőlény közösségeket alkotnak. Ebben az egyes populációk létszáma egyensúlyközeli értékben marad, ha a külső feltételek változatlanok. Ilyenkor a külső élettelen és élő feltételek (energiaforrás, tápanyagok,

hőmérséklet, ragadozók, paraziták stb.) határt szabnak a további növekedésnek. Ebben az állapotban a populáció születési és halálozási rátája azonos, így nincs létszámnövekedés:

$$b-d = 0,$$

$$\mathrm{d}N/\mathrm{d}t = 0.$$

Egy adott populáció számára ez az állapot a környezet eltartóképességét jelenti. Idealizált esetben e telítési létszám *(K)* elérése az alábbi (ún. logisztikus) egyenlettel írható le:

$$\mathrm{d}N/\mathrm{d}t = rN(1-N/K).$$

Ebből kiolvasható, hogy a populáció biológiailag lehetséges gyarapodási rátájának *(r)* érvényesülését a környezeti eltartóképesség csökkenti. Amíg ettől a telítési létszámtól *(K)* a pillanatnyi létszám *(N)* messze van, az N/K hányados nullánál alig nagyobb, így közel exponenciális a növekedés mértéke. A populáció egyedszámának növelésével ez a növekedés egyre lassabb lesz, s ha eléri a telítési értéket *(N = K)*, az rN szorzatot nullával szorozva (1−1=0) a növekedés leáll:

$$\mathrm{d}N/\mathrm{d}t = 0.$$

Fontos tudni, hogy bár a logisztikus egyenlet korlátozott növekedésével közelebb áll a valósághoz, számos további szempont játszik közre a tényleges dinamikában. Gyakori jelenség, hogy időelcsúszás van a szaporodás és a telítési szint érzékelése között, így lehetővé válik az eltartóképesség átmeneti túllépése. Emellett számos tényező megváltoztathatja a *K* értékét is, s ezáltal a populáció a korábbi egyensúlyközeli helyzetből kimozdul. A visszatérés fokozatos közelítéssel, a *K* érték körüli csillapodó hullámzással lehetséges, de bizonyos körülmények között ismétlődő vagy kaotikus ingadozás, illetve jelentős túllépés esetén akár kipusztulás is bekövetkezhet.

Számunkra különösen fontos az emberiség létszámváltozásainak és a föld eltartóképességének ismerete. A becslések szerint 2000 éve mintegy 350 millió ember élhetett a földön, s ez az érték a következő másfél évezredben alig emelkedett. Lényeges változás a fosszilis energia (előbb a szén, majd a kőolaj és a földgáz) használatával lehetővé vált ipari forradalom révén következett be, közvetve jelentősen megnövelve számunkra bolygónk eltartóképességét. 2012-re létszámunk eléri a 7 milliárdot (2010 októberében 6,87 milliárdnál tartottunk, az aktuális érték az interneten a *popclock* keresőkifejezés segítségével megtudható). Az egy évre megadott növekedési ráta maximumát az 1970-es években értük el (r = 0,023, azaz évi 2,3%-os volt a növekedés), s azóta csökkenőben van. Jelenleg, 2010-ben 1,1%, azaz évente 70 millióval vagyunk többen a földön. Magyarországon s a legtöbb iparilag fejlett országban a gyarapodási ráta már negatív előjelű (fogyó népesség), vagy ha még növekvő, ez inkább bevándorlásnak köszönhető. Várhatóan e század közepére 8-9 milliárd körül fog az emberiség létszáma tetőzni. Kérdés, hogy ez megfelel-e földünk eltartóképességének, vagy már túl vagyunk rajta, s ezt csak késve észleljük.

Az ökológiailábnyom-számítások szerint az emberiség az 1980-as években már elérte a telítési szintet, s azóta 40-50%-kal meg is haladtuk. Ez azt jelenti, hogy jelenlegi életmódunkkal csak egy 40-50%-kal nagyobb földön tudnánk tartósan létezni. Más szóval a minket fenntartó bioszféra regenerálódóképességét meghaladva élünk a természeti tőke feléléséig. Ez a környezetrombolás pedig a korábbi eltartóképesség degradálásával tovább súlyosbítja a helyzetet. Számos biológiai esettanulmány igazolja, hogy a telítési *K* érték tartósabb túllépése jóval alacsonyabb *K* értékhez vezet.

Más vélemények szerint az emberi leleményesség és az ebből fakadó technikai-tudományos haladás képes a *K* értékét még magasabbra emelni. A növekvő gondokat (klímaváltozás, édesvízkészletek, a fosszilis energiaforrások és a meg nem újuló nyersanyagok fogyása, a tengerek élővilágának túlhalászása, szennyezése, a biodiverzitás csökkenése, a termőtalajok lepusztulása, a társadalmi egyenlőtlenségek fokozódása stb.) az emberiség meg fogja oldani.

„Mondottam ember: küzdj' és bízva bizzál!" (Madách)