

# POPULÁCIÓ DINAMIKA ÉS ELTARTÓKÉPESSÉG

Vida Gábor

## Összefoglalás

Minden élőlény egyedei szaporodási közösséget (populáció) alkotnak. A szaporodás során létszámuk exponenciális növekedéssel gyarapszik. A növekedésnek a környezet eltartóképessége szab határt. Bolygónkon az emberi népesség növekedése is korlátos, de a telítési létszám kérdése vitatott.

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 korcsoport arányokkal jellemezhetjük. Külön tudományág a populációgenetika, mely 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 közismertebb kamatos kamat 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 (20, 21, 22, 23, ...) nő a populáció egyedszáma. 24 óra alatt ezzel a sebességgel 72-szer osztódnak. Ez már igen nagy szám:  $2^{72}=4562366482869645213692$ . Mivel minden egyes osztódás az egyre nagyobb számot kétszerezi meg, rövid idő alatt a baktériumok egyedszáma elvileg meghaladná az ismert világegyetem atomjainak darabszámát is, ami nyilvánvalóan lehetetlen. A valóságban a 20 percenkénti kettéosztódás 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 ennek a ténynek óriási evolúciós jelentőségét. Az utódok száma többnyire nagyobb, de nincs hely, elegendő táplálék felnövésükre. Ez adja az alapot a selejtezésre, s ez által hosszabb távon az alkalmazkodás genetikai alapú megvalósítására.

Legtöbb élőlény nem egyszerű kettéhasadással, hanem változó számú utódok létrehozásával szaporodik. Az exponenciális növekedést legáltalánosabban differenciál egyenletekkel jellemezhetjük:

$$dN/dt = rN$$

melyben  $N$  a populáció egyedszáma,  $r$  pedig a gyarapodási ráta (malthus-i 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 egyensúly közeli 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:

$$b - d = 0, \quad dN/dt = 0$$

Egy adott populáció számára ez az állapot környezete eltartóképességét jelenti. Idealizált esetben e telítési létszám ( $K$ ) elérése az alábbi (u.n. logisztikus) egyenlettel írható le:

$$dN/dt = rN(1 - N/K)$$

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 az exponenciális növekedés érvényesül. 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:

$$dN/dt = 0$$

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 eltartóképeség 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 hullámmal lehetséges, de bizonyos körülmények között ismétlődő vagy kaotikus ingadozás vagy jelentős túllépés esetén akár kipusztulás is bekövetkezhet.

Számunkra különösen fontos az emberiség létszámváltozásainak és a Föld eltartóképeségének ismerete. A becslések szerint kétezer éve mintegy 350 millió ember élhetett a Földön, s ez az érték a következő másfél évezredben alig emelkedett. Lényeges változás a fosszilis energiahasználattal (előbb a szén, majd a kőolaj és a földgáz) lehetővé vált ipari forradalommal következett be, ami közvetve jelentősen megnövelte számunkra bolygónk eltartóképeségét. 2012-re létszámunk eléri a 7 milliárdot (2010 októberében 6,87 milliárdnál tartottunk, az aktuális érték az interneten „popclock” címszó alatt olvasható). Az egy évre megadott növekedési ráta maximumát a hetvenes években értük el ( $r=0,023$  azaz évi 2,3 %-os volt a növekedés), s azóta csökkenően van. Jelenleg (2010) 1,1 %, azaz évente 70 millióval vagyunk többen a Földön. Magyarországon, s 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 eltartóképeségének, vagy már túl vagyunk rajta, s ezt csak késve észleljük.

Az ökológiai lábnyom számítások szerint az emberiség az 1980-as években már elérte a telítési szintet, s azóta 40-50%-al meg is haladtuk. Ez azt jelenti, hogy jelenlegi életmódunkkal csak egy 40-50%-al nagyobb Földön tudnánk tartósan létezni. Más szóval a minket fenntartó bioszféra regenerálódó képességét meghaladva élünk a természeti tőke feléléséig. Ez a környezetrombolás pedig a korábbi eltartóképeség degradálásával tovább súlyosbítja a helyzetet. Számos biológiai esettanulmány igazolja, hogy a telítési K érték tartósabb túllépése egy 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, édesvíz készletek, fosszilis energiaforrások és a nem megújuló 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 bízzál!” (Madách)