

Viselkedésökológia

Ajánlott irodalom a felkészüléshez:

Krebs, J.R. & Davies, N.B. (1988) Bevezetés a viselkedésökológiába

Barta, Z., Liker, A. & Székely, T. (2002) Viselkedésökológia: modern irányzatok.

Dawkins, R. (1986) Az önző gén.

<https://docplayer.hu/18021464-Richard-dawkins-az-onzo-gen.html>

Alcock, J. (2001) Animal Behavior.

Krebs JR. és Davies NB. 2012 Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach.4th Edition

Danchin, É., Giraldeau, L-A., Cézilly, F. (2008) Behavioural Ecology.

Viselkedésökológia vizsga témakörei 2022

1. Természetes szelekció és a viselkedés
2. Gazdaságos döntések és az egyed
3. Csoportos élet
4. Vetélytársak magatartása, Evolúciósan Stabil Stratégiák
5. Kommunikáció és a jelzések evolúciója
6. Szexuális szelekció
7. Párási rendszerek és utódgondozás
8. Életmenet-stratégiák
9. Parazitizmus viselkedésökológiája
10. A tanulás viselkedésökológiája
11. Humán viselkedésökológia

Ajánlott magyar nyelvű irodalom (zárójelben azon témakör(ök) amelyekhez kapcsolódó fejezetek vannak az adott irodalomban):

Krebs, J.R. & Davies, N.B. (1988) Bevezetés a viselkedésökológiába (1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.)

Barta, Z., Liker, A. & Székely, T. (2002) Viselkedésökológia: modern irányzatok (2. 5. 7. 8. 9. 10. 11.)

Dawkins, R. (1986) Az önző gén (1. 4. 6. 7.)

1. Bevezetés a viselkedésökológiába: gondolkodásmód, történet, alapfogalmak – Természetes szelekció és a viselkedés

- Darwin és Wallace, A fajok eredete
 - Darwin igyekezett alátámasztani a biológiai evolúció tényét, ill.
 - bemutatni a természetes szelekció elvét (amely magyarázza az előbbi)
 - 1. variációk, az egyedek nem egyformák
 - 2. Az utódok száma lényegesen nagyobb, mint a szükséges
 - 3. Versengés az utódok között
 - 4. A leginkább megfelelő fog megmaradni
 - 5. Ha a legmegfelelőbb jellegei öröklődnek, akkor azok átadódnak a következő generációra
- Darwin értelmezésében a természetes szelekció az egyedekre hat
 - A Darwini természetes szelekció és a Mendeli klasszikus genetika szintézise -> modern evolúcióbiológia

1. Bevezetés a viselkedésökológiába: gondolkodásmód, történet, alapfogalmak – Természetes szelekció és a viselkedés

- Darwin és Wallace, A fajok eredete
 - Darwin igyekezett alátámasztani a biológiai evolúció tényét, ill.
 - bemutatni a természetes szelekció elvét (amely magyarázza az előbbit)
- Darwin értelmezésében a természetes szelekció az egyedekre hat
- a Darwini természetes szelekció és a Mendeli klasszikus genetika szintézise -> modern evolúcióbiológia
- Az önző gén elmélet (a szelekció az allélokra/génekre hat, az egyed a gének átmeneti szállítóeszközei „túlélőgépei”)
- **Mivel a gének szelekciója közvetve, az egyed fenotípusán keresztül következik be, így azok a legeredményesebb gének, amelyek az egyed (és rokonsága) túlélését és szaporodásának sikerességét (fitneszt/rátermettségét) leghatékonyabban segítik elő**

Önző gének ?



Richard Dawkins: Önző gén

- 3-4 milliárd évvel ezelőtt az „őslevesben” új fajta molekulák „replikátorok” alakultak ki – másolat készül róluk
- A „replikátorok” másolatai nem mindig tökéletesek – új típusok
- A „replikátorok” összetevői véges számúak – a többi „replikátornál” pontosabban másolódnak, stabilabb, több másolatot készítő típusainak száma növekszik
- A bizonyos „replikátorok” már együtt vannak, hatékonyabb másolódást produkálnak
 - Képesek összetevőiket produkálni
 - Képesek más „replikátorokat” lebontani és felhasználni a másolataikhoz
 - Képesek megvédeni magukat más „replikátortól”
- A „replikátorok” társulhatnak és „túlélőgépeket” hoznak létre, amelyek egyre bonyolultabb módon képesek más replikátorokhoz képest a másolataik számát és élettartamát növelni
- Mára ezen a „replikátorok” leszármazottjai kromoszómák DNS szálainak azon szakaszai, amelyek adott tulajdonságot kódolnak (gén) és másolataik révén akár több százmillió évesek is lehetnek



„Négymilliárd év alatt milyen sorsra kellett jutniuk az ősi replikátoroknak?

Nem haltak ki, hiszen régi mesterei a túlélés művészetének.

De ne keressük őket szabadon lebegve a tengerben, már réges-rég feladták ezt a lovagi szabadságot.

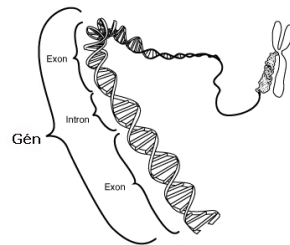
Most óriási kolóniákban nyüzsögnek, gigantikus, zörömbölő robotok biztonságos belsejében, elzárva a külvilágtól, mellyel tekervényesen közvetett utakon érintkeznek, s melyet távvezérléssel manipulálnak.

Itt vannak mindannyiunkban: ők teremtették bennünket, testünket és lelkünket; az ő fennmaradásuk létünk végső indoka.

Hosszú utat tettek meg ezek a replikátorok.

Most a gén névre hallgatnak, mi pedig az ő túlélőgépeik vagyunk”

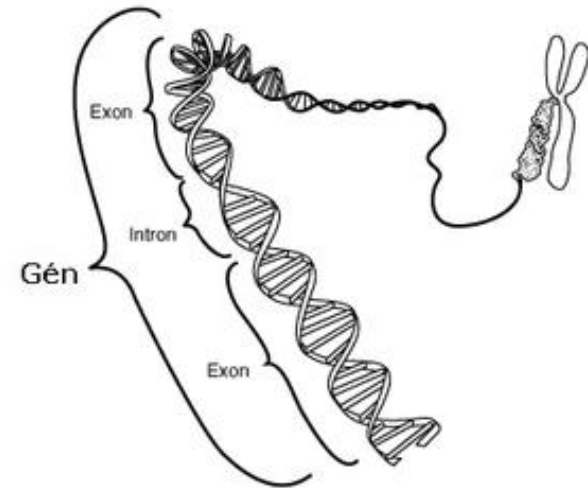
Richard Dawkins, *Önző Gén*



Gének és viselkedés

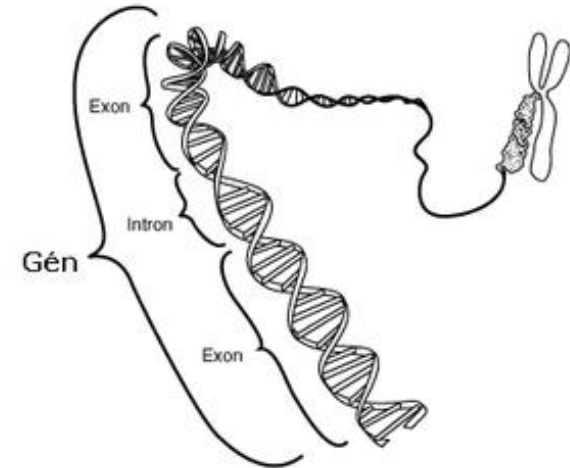
- Az egyedek olyan mulandó képződmények „túlélőgépek”, amelyek az őket felépítő gének és környezet közötti kölcsönhatás eredményei.
 - Az ivaros szaporodás révén (meiózis, rekombináció) az egyed utódainak génállománya eltérőek.
- Az egyedet „felépítő” gének potenciálisan hallhatatlanok lehetnek, mert azok változatlan formában egyik generáció a másiknak átadódnak.

A gének olyan nukleinsav-szakaszok a DNS-ben vagy az RNS-ben, amelyek a szervezet működését és növekedését befolyásoló fehérjék szabályozásához és előállításához szükséges információkat tartalmazzák.



Gének és viselkedés

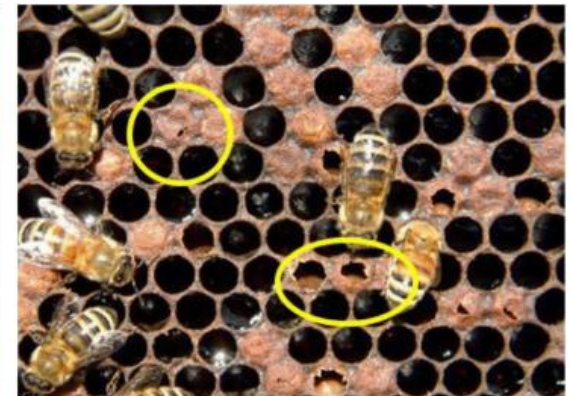
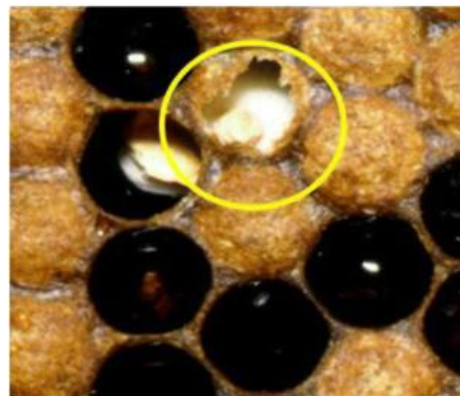
1. A gének által kódolt fehérjék szabályozzák az idegrendszer, az izomzat és az egész test struktúrájának kialakulását, és ezzel egyben rögzítik az egyed viselkedéskészletét.
2. Egy populáción belül sok gén két vagy több megvalósulási formában, vagyis olyan **allélokban** jelenik meg, amelyek ugyanazon fehérjék különböző formáit kódolják – különbségeket hoznak létre az azokkal rendelkező egyedek között
3. Egy olyan gén alléljai között, amelyek a kromoszóma ugyanazon helyén helyezkednek el, konkurencia lép fel.
4. Minden allél, amelyről több életképes kópia képződik (jobb túlélés és sikeresebb szaporodás), felülkerekedhet, és a többi allélformát kiszoríthatja a populációból.



Gének és viselkedés

- A gének olyan kémiai anyagok útján határozzák meg a viselkedést, amelyek a testben kódolva vannak és ott képződnek, hatással vannak az idegrendszer és az izomzat fejlődésére.
- Sok gén együttes hatása együttesen határoz meg egy viselkedést, azonban egy génre is visszavezethető lehet a viselkedésben mutatkozó különbségek „egyetlen szó kicserélése a receptben az egész kalács ízét megváltoztathatja”

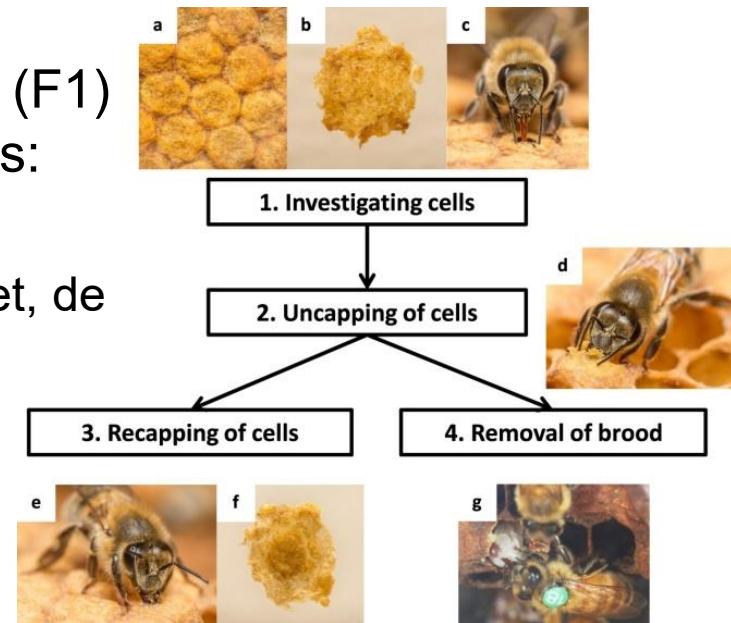
Méhek „higiénikus” és nem „higiénikus” családjai közötti különbség a lárvarothadás kapcsán (Rothenbuhler 1964)



Gének és viselkedés

Méhek „higiénikus” és nem „higiénikus” családjai közötti különbség (Rothenbuhler 1964)

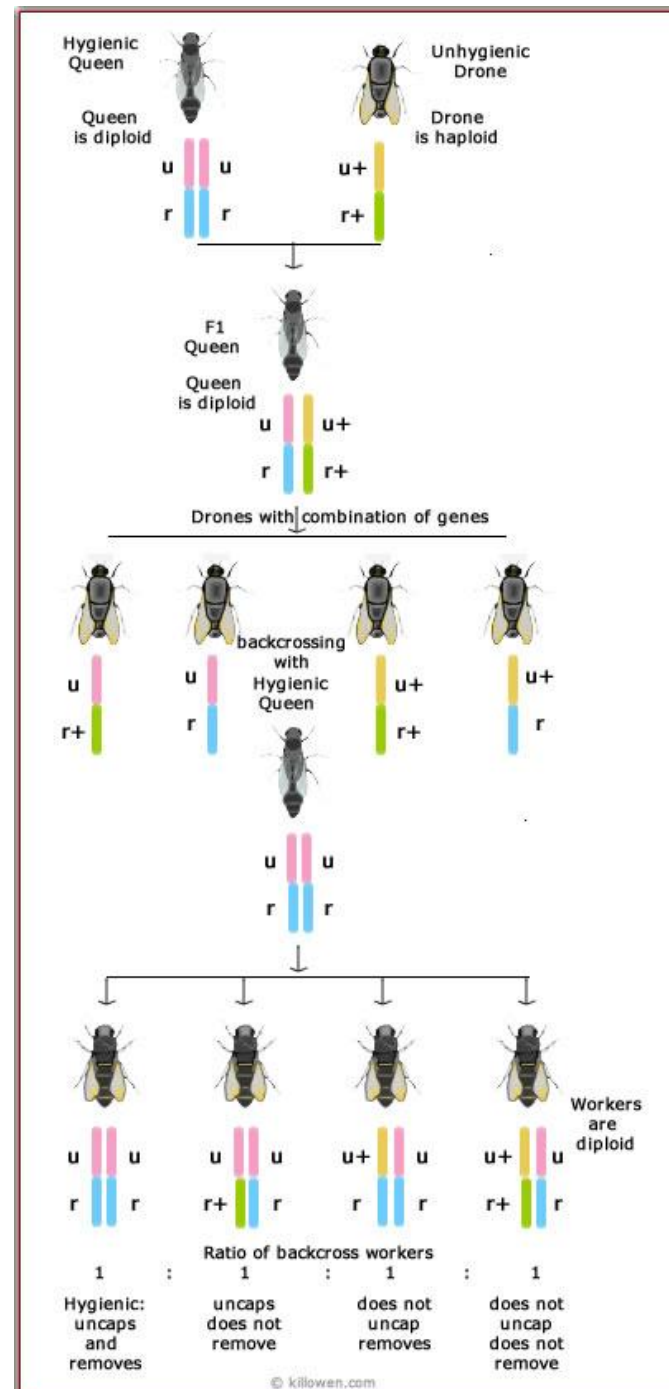
- A „higiénikus” családoknál a beteg lárvákat a dolgozók eltávolítják a kaptárból
- A nem „higiénikus” családoknál nem működik ez a viselkedés
- A két típus keresztezése után („higiénikus” királynő x nem „higiénikus” here) az első nemzedék (F1) nem „higiénikus” volt
- „Higiénikus” királynő és az első nemzedékből (F1) származó here keresztezése után három típus:
 - „Higiénikus”
 - Megtalálja a beteglávát és felnyitja a méhsejtet, de nem veszi ki
 - Nem csinál semmit sem



Gének és viselkedés

- Méhek „higiénikus” és nem „higiénikus” családjai közötti különbség (Rothenbuhler 1964) (Queen: királynő, Drone: here)
- A „higiénikus” típus homozigota a két recesszíven öröklődő génre:
 - Fertőzött lárvákat tartalmazó sejtekről a viasztetőt eltávolításáról felelős gén (u)
 - Fertőzött lárvákat kidobásáért felelős gén (r)
 - A „nem csinál semmit” típus esetében a kutató felnyitotta a fertőzött lárvákat tartalmazó sejteket -> e típushoz tartozó családok felében a dolgozók kidobták a lárvákat ezen sejtekből

A gének együttműködhetnek



Gének és viselkedés

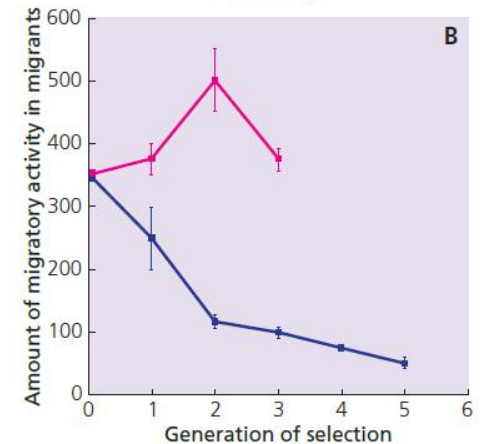
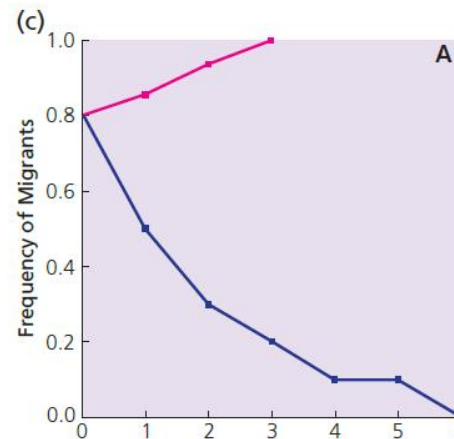
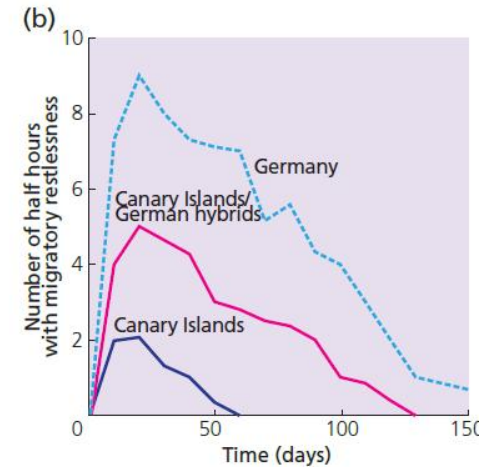
Barát poszáta vonulási magatartása

A poszáták legtöbb faja vonuló madár Európában.

Ha egyedeket ketrecben tartanak, ősszel nyugtalanságot mutatnak abban az időszakban, amikor délre vándorolnának a Földközi-tenger térségébe vagy azon túl Afrikába.

A dél-németországi populációk erősen vándorlóak, míg a Kanári-szigeteken élők helyhez kötöttek.

Amikor ezeket a populációkat madárházakban keresztezték, az utódaik közepes mértékű vándorlási nyugtalanságot mutattak, ami genetikai irányítottságra utal.



A dél-franciaországi Rhône-völgyben a poszáták háromnegyede vándorlási nyugtalanságot mutatott, míg egynegyede nem. Szelektív tenyésztéssel, vándorló vagy nem vándorló szülőktől olyan poszáták vonalai jöttek létre, amelyek három generáció alatt 100%-ban vándorlók, vagy hat generáció alatt 100%-ban helyben maradók lettek.

Gének és viselkedés

(d)

Barátposzáta vonulási magatartása

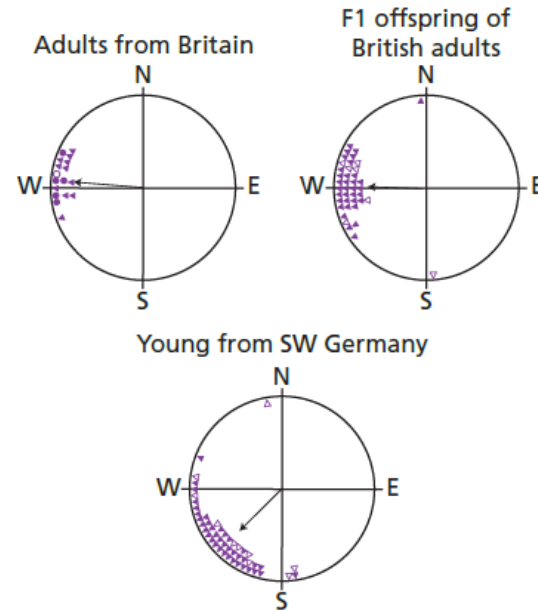
A közép-európai barátposzáta populációk hagyományosan szaporodási területük délnyugati részén, a nyugati Földközi-tenger térségében telelnek.

Az elmúlt 40 év során azonban folyamatosan nőtt azon kerti poszták száma, amelyek Nagy-Britanniában és Írországban telelnek.

A gyűrűzési visszafogások azt mutatták, hogy közép-európai fészkelők új, eddig ismeretlen vándorlási szokásokat vettek fel.

Amikor a Nagy-Britanniában telelt, befogásra került poszták vándorlási viselkedését ketrecekben tesztelték, őszi vándorlási irányuk nyugatra tolódott, 70°-kal eltérve a hagyományos délnyugati útvonaltól.

Továbbá, utódaik is örökölték ezt az új őszi irányultságot.



Az új vándorlási irányt valószínűleg a Nagy-Britanniában tapasztalható enyhébb telek és a bőségebb téli táplálékforrások kedveznek, mind a kerti madáretetők, mind az elmúlt évtizedekben ültetett téli gyümölcsbokrok révén. Ez az új vándorló populáció rövidebb távolságot tesz meg a telelőhelyekre, és tavasszal korábban tér vissza a közép-európai fészkelőhelyekre.

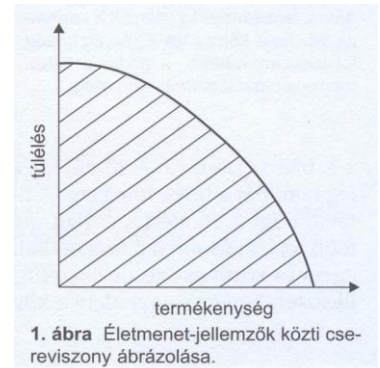
Viselkedésökológia:

- A **viselkedés adaptív** értékét (fitneszre gyakorolt hatását) vizsgálja

A fitness (rátermettség) egy adott genotípus sikerességét mutatja meg a következő generációk kialakításában. Két komponense a túlélőképesség (viabilitás) és a szaporodóképesség (fertilitás). Egy adott genotípussal rendelkező egyed fitnessze tehát egyenlő az egyed génjeinek arányával a következő generációk összes génjéhez képest.

Inkluzíve fitnessz: Egy adott genotípussal rendelkező egyed saját utódai általi fitnessz-e (direkt) plusz az adott genotípus más nem feltétlenül rokon egyedeinek fitnessz-e (indirekt).

**Ha egy tulajdonság magas fitnesszt eredményez->terjed,
ha alacsony fitnesszt eredményez->ritkul, eltűnik**



Az adaptáció egy olyan jelleg, ami növeli az adott egyed fitnesszét (a jelleggel nem bíró egyedekhez képest)

Mit jelent a viselkedés adaptív értéke?

- Bármilyen az egyed fajtársaihoz képest előnyhöz juttatja

Mi a viselkedés?

- A viselkedés lehet bármely, az egyedhez köthető jelleg
 - szarvasbőgés
 - szentjánosbogarak villogása
 - dominancia rang
 - széncinege begysáv mérete
 - immunválasz
 - terület méret
 -

Viselkedésökológia határtudományai

Fiziológia, Élettan

Etológia

Ökológia

Viselkedésökológia

Evolúciós pszichológia

Populációgenetika

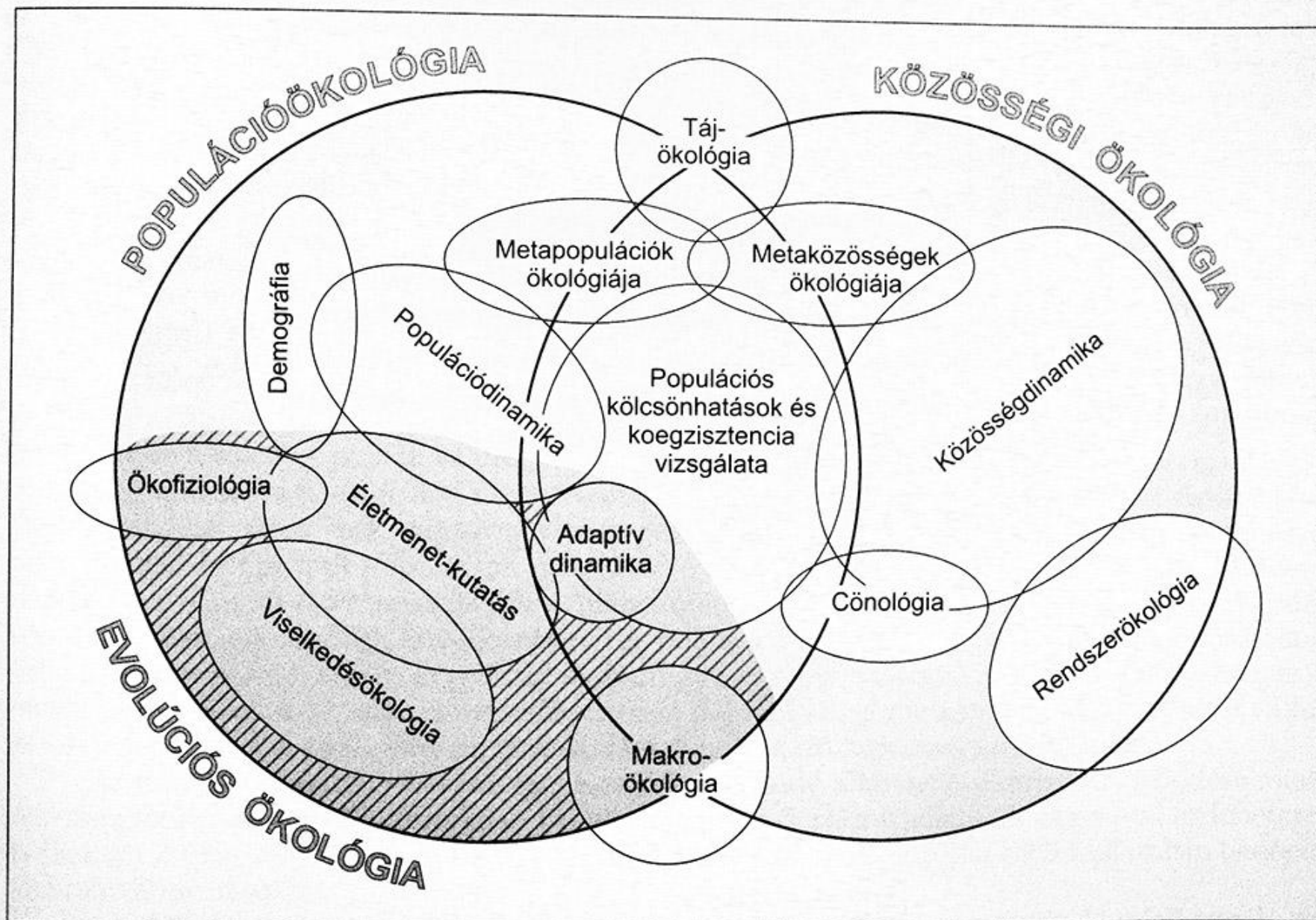
Rendszertan

Biogeográfia

Evolúcióbiológia

Pszichológia

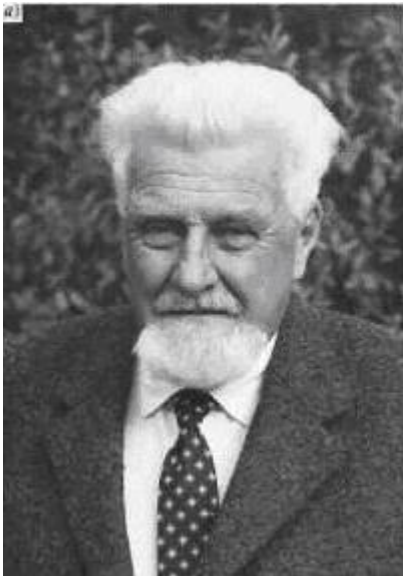
Genetika



Az ökológiai kutatások főbb területei. Az ábra nem törekszik teljességre.

Az egyéni és szociális viselkedés leírása és magyarázata

- Etológia Nobel díjasok 1973



Konrad Lorenz

1903-1989



Niko Tinbergen

1907-1988



Karl von Frisch

1886-1982

A viselkedéskutatás kérdései

1. **Leírással:** milyen viselkedést követ az állat?
 - klasszikus etogrammok



2. **Magyarázattal**
 - hipotézis-alkotás
 - hipotézisek tesztelése



Niko Tinbergen

- 4 tinbergeni kérdés

Példa: Miért énekel a seregély?

1. Okozati háttér vagy mechanizmus (hormonok, kulcsingerek)
2. Egyedfejlődés (tanulás, érés)
3. Funkció vagy túlélési érték (mi a célja, előnye)
4. Törzsfejlődés (evolúciósan hogy alakult ki)

1. és 2. : Proximális okok: egy jelleg megjelenését milyen tényezők befolyásolják („Hogyan?” kérdés) → **Etológia**
3. és 4. : Ultimális okok: egy jelleg szelekciós megmaradását milyen tényezők befolyásolják („Miért?” kérdés) → **Viselkedésökológia**

Miért fontos különbséget tenni a kérdések típusai között?

- Az emberek azért szeretik a cukrot:
 - mert édes
 - mert kalóriadúsMelyik válasz az igaz?
- Egyes majmok illóolajokban gazdag növényekkel kenik a bundájukat. Miért?
 - mert szeretik ezeknek az illatát
 - az illóolajok elpusztítják az élősködőket.Melyik válasz az igaz?
- A viselkedésökológiai kutatások elsősorban azzal foglalkoznak, hogy milyen az egyedek közötti folyamatok révén válik szelekciós értelemben előnyössé vagy hátrányossá egy tulajdonság?

Példa: Serengeti NP (Tanzánia) oroszlánjai

3-12 nőstény: rokonok

1-6 hím: általában rokonok, 2-3 évig uralnak egy falkát

Megfigyelések:

1. Szaporodás szinkronizált (falkán belül)

- *Közvetlen ok (mechanizmus):* kémiai szignálok (feromonok), hormonok
- *Evolúciós ok (funkció):* azonos korú utódokat könnyebb felnevelni, közös szoptatás, fiatal hímek egy időben együtt hagyhatják el a csoportot

2. Szaporodási időszakban egy nőstény sorozatosan (15 percenként) párosodik a csapat hímjeivel, de 3000 párzásból átlagosan egy utód

- *Közvetlen ok:* kicsi a megtermékenyülés valószínűsége, ovuláció időpontja nem ismert, vetélés gyakori
- *Evolúciós ok:* a hímek között csökken a párzásért folyó vetélkedés

3. Fiatal kölyköket a falka új hímjei elpusztítják

- *Közvetlen ok:* kölykök szaga idegen, hímek megölik őket, nőstényeknél vetélés
- *Evolúciós ok:* nőstények hamarabb válnak újra fogamzóképesse, szinkronizáltan tüzelnek

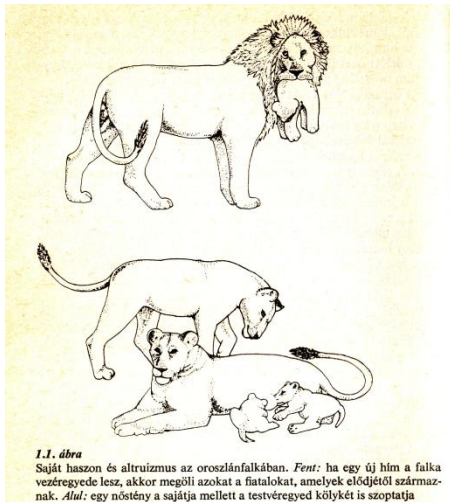


Példa: Serengeti NP (Tanzánia) oroszlánjai

1.1. táblázat

Az oroszlánok szaporodási viselkedése funkcionális és okozati magyarázatának összefoglalása (Bertram, 1975)

Megfigyelés	Okozati magyarázat	Funkcionális magyarázat
1. A nőstények esetében a szaporodási ciklusok szinkronizálódhatnak	kémiai szignálok (?)	a) a fiatalok nagyobb túlélési esélye b) a hím utódok nagyobb túlélési esélye, amikor azok elhagyják a falkát
2. Szaporodási időszakban egy nőstény sorozatosan (15 percenként) újra kopulál	a peteleválás időpontja nem ismert, kicsi a megtermékenyülés valószínűsége	a hímek között csökken a párzásért folyó vetélkedés
3. A fiatal kölyköket a falka új hímje elpusztítja	abortusz (kémiai úton indukált?); a hím megöli a fiatalokat	a) a nőstények hamarabb válnak újra fogamzóképessé b) a hímek a számukra idegen kölyköket elpusztítják; ezek életben maradvá saját utódaikkal konkurálhatnak

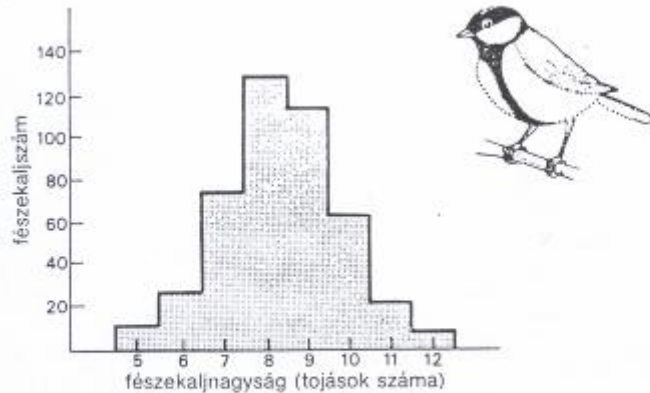


Kialakulhat a viselkedés azért, mert a csoport számára előnyös?

- ne fogyasszák el készleteket
- csökkentik a szaporodási rátát, hogy ne legyen túlszaporodás

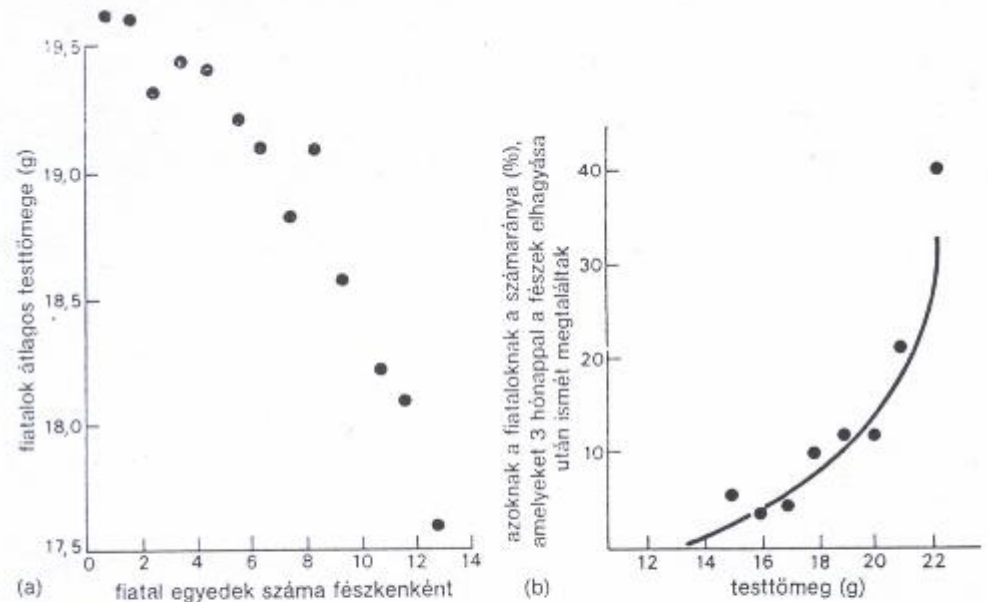
csoportszelekció elmélete: szelekció csoportok között zajlik: amelyik csoport túlszaporodott, forrásokat elhasználta, az kihalt

Miért nem rak minden cinege 12 tojást?



1.2. ábra

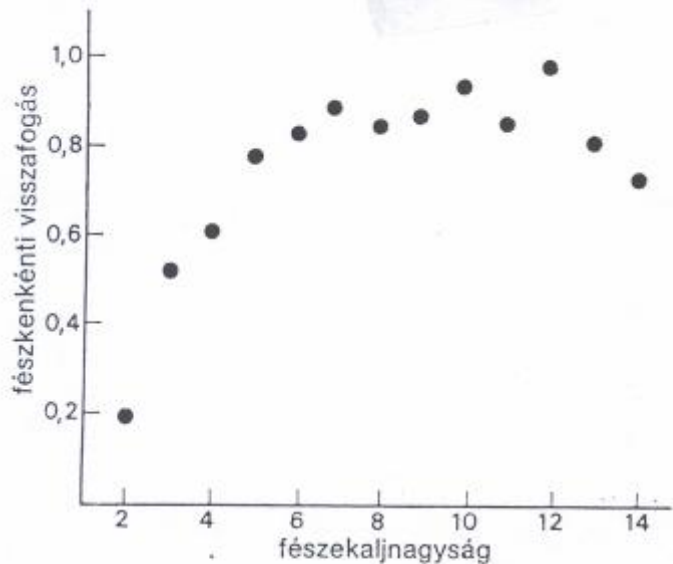
Különböző tojásszámú fészekaljak gyakorisági eloszlása egy Oxford környéki erdő szélén végzett vizsgálat adatai alapján. Egy fészekben átlagosan 8–9 tojást találtak (Perrins, 1965)



1.3. ábra

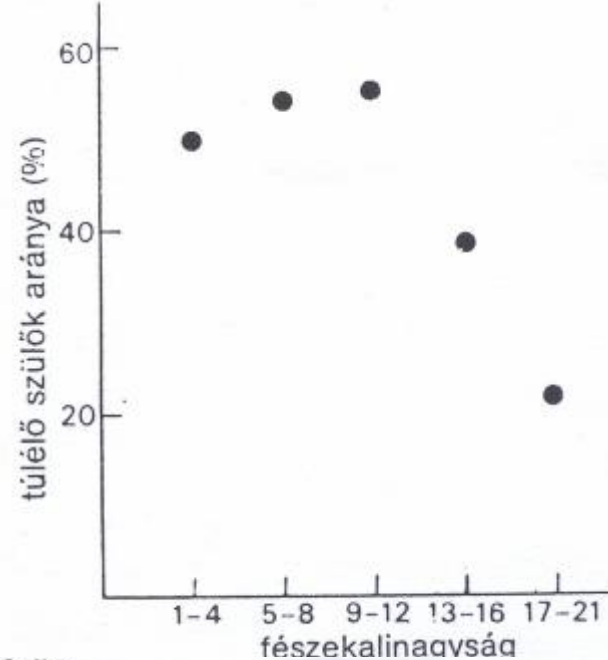
a) Nagyobb fészekaljban a fiatal madarak testtömege az önállóvá váláskor kisebb, mert a szülők nem tudják őket optimálisan ellátni táplálékkal; b) egy fiatal madár fészek elhagyásakor mért testtömege megszabja a túlélés esélyeit: a nagyobb testtömegű egyed nagyobb valószínűséggel marad életben (Perrins, 1965)

nagyobb fészekaljban a fiókák túlélése rosszabb



1.4. ábra

A fiatal madarak fészkenkénti számának kísérletes megváltoztatásából kitűnt, hogy a széncinegepár számára optimális fészekalj nagyság 8—12 tojás közé esik. Ilyen tojásszám mellett maximális a fészekaljban felnevelődő túlélő utódok száma (Perrins, 1979)



1.5. ábra

Azoknak a széncinegéknek, amelyek egy költési szezonban nagyszámú utódot nevelnek fel, kisebb a túlélési arányuk, mint azoknak, amelyek kevesebb utódot nevelnek fel (Kluyver, 1971)

nem a csoportra való tekintettel rak kevesebb tojást, hanem saját érdekei miatt:

- nagyobb fészekalj túlélése rosszabb
- szülő nem merüljön ki a vándorút vagy telelés előtt

A „faj érdeke” evolúciós szempontból hibás elképzelés, legjobb, ha elfelejtjük!

Néhány további érdekes példa

Szélső faroktollak szerepe a párválasztásban füstifecskénél

Anders Pape Møller

- **Megfigyelés:**
 - a hímek szélső faroktollai hosszabbak
 - a hímek repülés és kiülés közben mutogatják faroktollaikat
 - a tojók a párválasztás során több hímét végigjárnak – válogatnak
 - a tojók a hosszabb szélső faroktollakkal rendelkező hímeket választják



- **Megfigyelés:**
 - a szélső faroktollak közti különbség a hosszú tollú egyedeknél kisebb
 - egyéb más jelleg sem aszimmetrikus annyira mint a szélső faroktollak

Møller A.P. 1988. Female choice selects for male sexual tail ornaments in the monogamous swallow. *Nature*

Møller A.P. 1992. Females prefer large and symmetrical ornaments. *Nature*

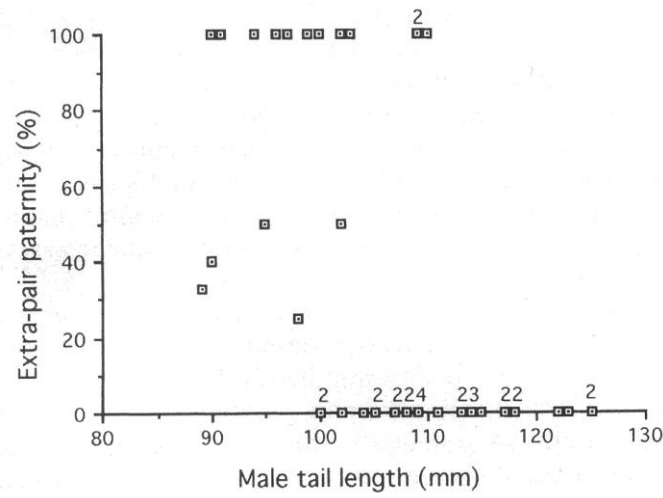
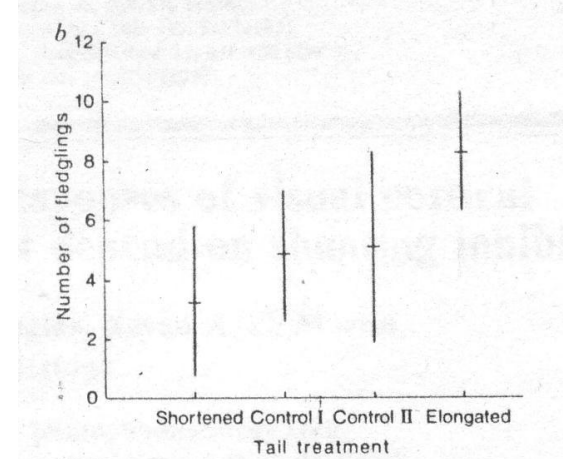
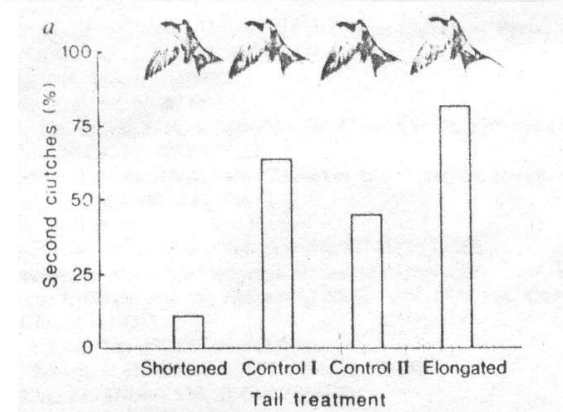
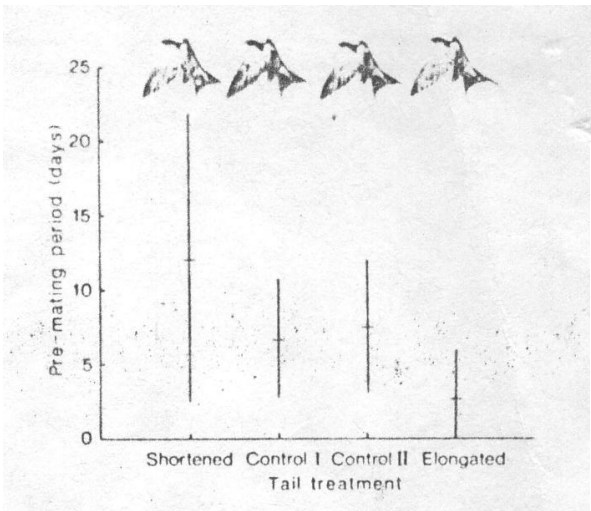
Füsti fecske, monogám faj

Kísérlet:

Az Afrikából
visszaérkezett
hímekből 4 random
módon kiválasztott
csoport:

- 1 cm-el rövidebb toll
- Csak elvágva/ragasztva
- Csak megfogva
- 1 cm-el hosszabb toll

Tojók a hosszabb farok
tollú hímekeket
preferálják, akiknek
több utóduk van



Néhány további érdekes példa

Szélső faroktollak szerepe a párválasztásban füstifecskéknél

Anders Pape Møller

- **Megfigyelés:**
 - a hímek szélső faroktollai hosszabbak
 - a hímek repülés és kiülés közben mutogatják faroktollaikat
 - a tojók a párválasztás során több hímot végigjárnak – válogatnak
 - a tojók a hosszabb szélső faroktollakkal rendelkező hímeket választják
- **Kísérlet:** szélső faroktollak hosszának manipulálása
 - a tojók a kísérletesen meghosszabbított faroktollú hímeket választják

- **Megfigyelés:**
 - a szélső faroktollak közti különbség a hosszú tollú egyedeknél kisebb
 - egyéb más jelleg sem aszimmetrikus annyira mint a szélső faroktollak
- **Kísérlet:** szélső faroktollak hosszának manipulálása
 - a tojók a kísérletesen növelt szimmetriájú hímeket választják

Møller A.P. 1988. Female choice selects for male sexual tail ornaments in the monogamous swallow. *Nature*

Møller A.P. 1992. Females prefer large and symmetrical ornaments. *Nature*

Néhány érdekes példa

Testtömeg szabályozás predációs nyomás hatására apró énekeseknél

- **Megfigyelés:**
 - az apró énekesek súlya télen napi 7 – 15 % ingadozást mutat
 - a hosszú hideg éjszakák után néha legyengülnek, elpusztulnak
 - súlyuk mégsem gyarapszik napközben a lehetséges maximumig
- **Hipotézis:** testtömegüket stratégiailag szabályozzák, mivel a nehezebb madarak nehezebben menekülnek a ragadozók elől
- **Kísérlet 1:** a természeteshez hasonló mértékű súlymanipuláció
 - egyes esetekben csökkent a felrebbenés sebessége és szöge
 - de sok ezzel ellentmondó munka is született
- **Kísérlet 2:** a szárnyfelület kismértékű csökkentése
 - válaszul a madarak csökkentették testsúlyukat
 - és többet figyelték a ragadozókat

Carascal & Polo. 2006. Effects of wing area reduction on winter body mass: field and aviary experiments. *Anim. Behav.*

Mathot & Giraldeau. 2008. Increasing vulnerability to predation increases preference for the scrounger foraging tactic. *Behav. Ecol.*

Különböző fajok összehasonlítása

Társas szerveződés a főemlősök körében

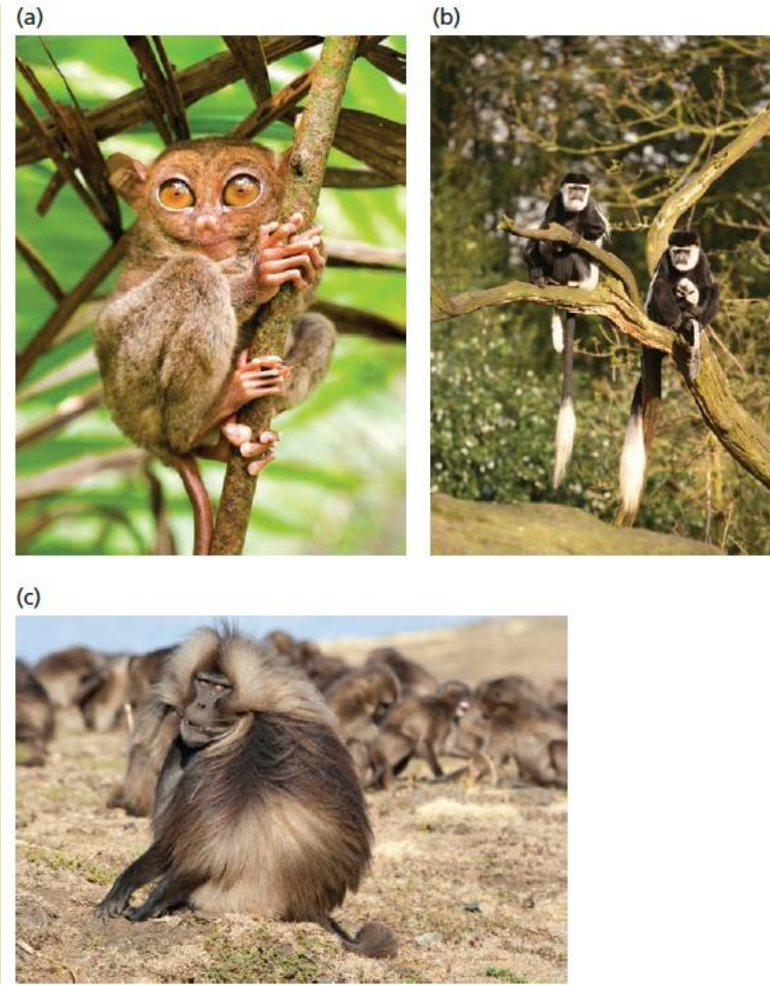
Vannak magányos rovarévők, mint a koboldmaki, amelyek erdőkben élnek és éjszakai életmódot folytatnak.

Vannak nappali erdei majmok, mint a kolobusz majmok, amelyek kis csoportokban járnak, és levelekkel vagy gyümölcsökkel táplálkoznak.

Más majmok, mint a páviánok, talajszinten lakók, és nagy, 50 vagy akár több száz fős csapatokban élnek.

Az emberszabású majmok között az orángután magányosan él, a gibbon párokban és kis családi egységekben él, míg a csimpánzok akár 50 fős csoportokban is élhetnek.

Fig. 2.4
Differences in social organization in primates.
(a) A solitary insectivorous tarsier. Photo © iStockphoto.com/ Holger Mette. (b) A small group of black and white colobus monkeys, which eat leaves in the forest. Photo © iStockphoto.com/ Henk Bentlage. (c) A large group of gelada baboons, which feed on the ground on grass leaves and roots. Photo © iStockphoto.com/ Guenter Guni.



Különböző fajok összehasonlítása

Társas szerveződés a főemlősök körében

Élőhely-terület mérete
– Változás súly és
étrend
függvényében

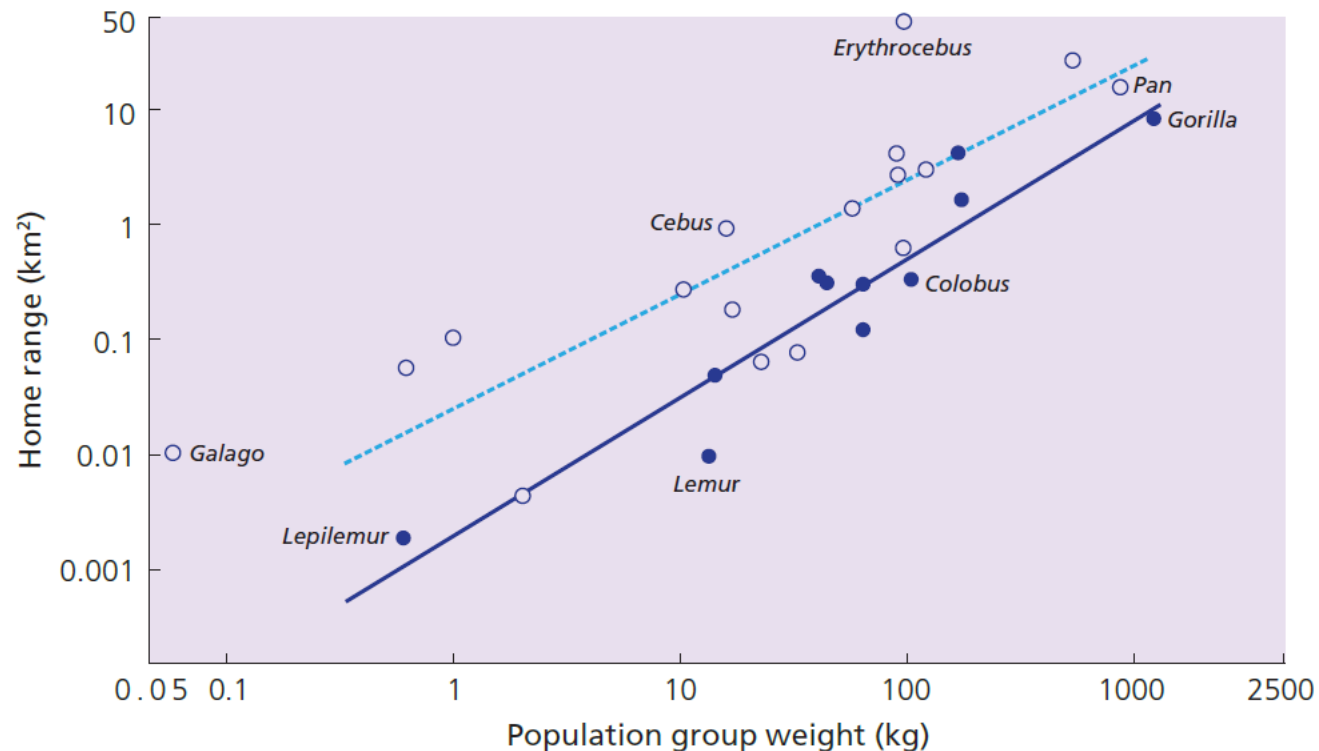


Fig. 2.5 Home range size plotted against the weight of the group that inhabits the home range for different genera of primates. The solid circles are folivores, through which there is a solid regression line. The open circles are specialist feeders (insectivores or frugivores) and the regression line through these points is dashed. Some of the genera are indicated by name. From Clutton-Brock and Harvey (1977).

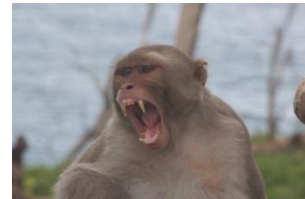
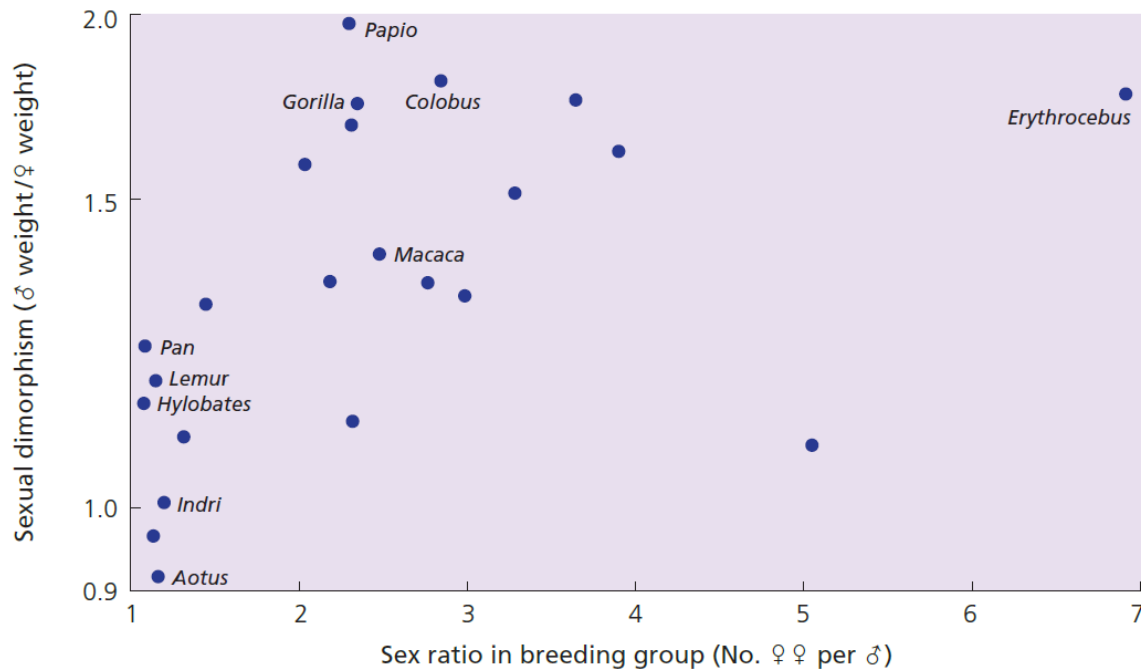
Különböző fajok összehasonlítása

Társas szerveződés a főemlősök körében

A nemi kétalakúság (szexuális dimorfizmus) a nemek közötti versengésből alakul ki

A testtömegben megjelenő nemi kétalakúsága szexuális versengés hipotézise: minél több nőstény jut egy hímre a szaporodási csoportban, annál nagyobb a hím a nőstényhez képest

Fig. 2.6 The degree of sexual dimorphism increases with the number of females per male in the breeding group. Each point is a different genus, some of which are indicated by name. From Clutton-Brock and Harvey (1977).



A fogméret nemi kétalakúsága

- A monogám fajoknál a hímek fogmérete a vártnak megfelelő, az azonos testtömegű nőstényekével megegyező.
- Azonban a háremet alkotó fajoknál a fogak mérete nagyobb a vártnál.
- A ragadozói nyomás is felelős lehet a nagyobb fogak kialakulásáért a földi fajok esetében.

Különböző fajok összehasonlítása

Társas szerveződés a főemlősök körében

Here mérete és szaporodási rendszer

Nagyobb herék a több hímes csoportokban

A legnehezebb főemlősök, a gorilla (*Gorilla gorilla*) és az orángután (*Pongo pygmaeus*) olyan szaporodási rendszert követnek, ahol egy hím monopolizálja a párosodást több nősténnyel, és heréik tömege átlagosan 30 és 35 g (mindkét here összesített súlya).

Ezzel szemben a kisebb csimpánz (*Pan troglodytes*) olyan szaporodási rendszerrel rendelkezik, ahol több hím párosodik minden ivarzó nősténnyel, és ennek a fajnak a heréi 120 g súlyúak

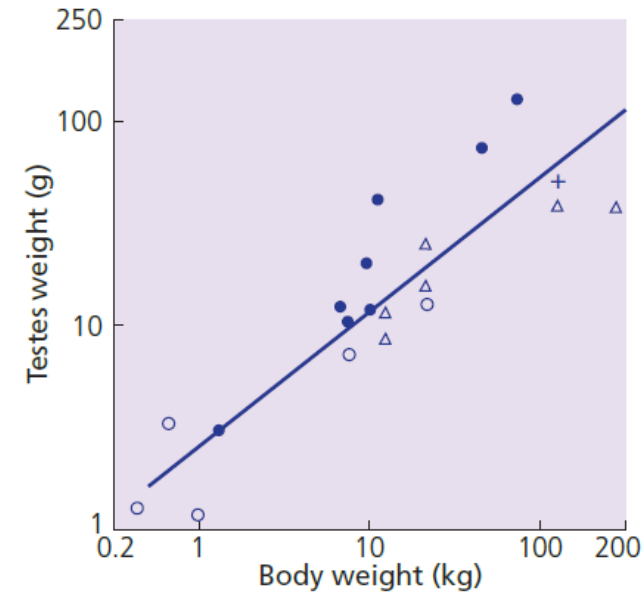


Fig. 2.7 Log combined testes weight (g) versus body weight (kg) for different primate genera. Solid circles are multimale breeding systems. Open circles are monogamous. Open triangles are single-male systems (one male with several females). The cross is our own species, *Homo*, for comparison. From Harcourt *et al.* (1981). Reprinted with permission from the Nature Publishing Group.

2. Gazdaságos döntések és az egyed

A költség és nyereség elve

Dankasirály:

Fehér tojáshéj költsége: ragadozót odavonzza

Türelem nyeresége: szomszédok nem eszik meg frissen kikelt fiókákat

A szomszéd nagyobb kockázatot jelent, mint a ragadozó

Mit tesz a csigaforgató?

Magányos fészkelő, a

→ azonnal eltávolítja a

Optimalizációs model

Nettó nyereség = Bru

A költség és nyereség



hozni!

Optimális döntések a táplálékkeresésben

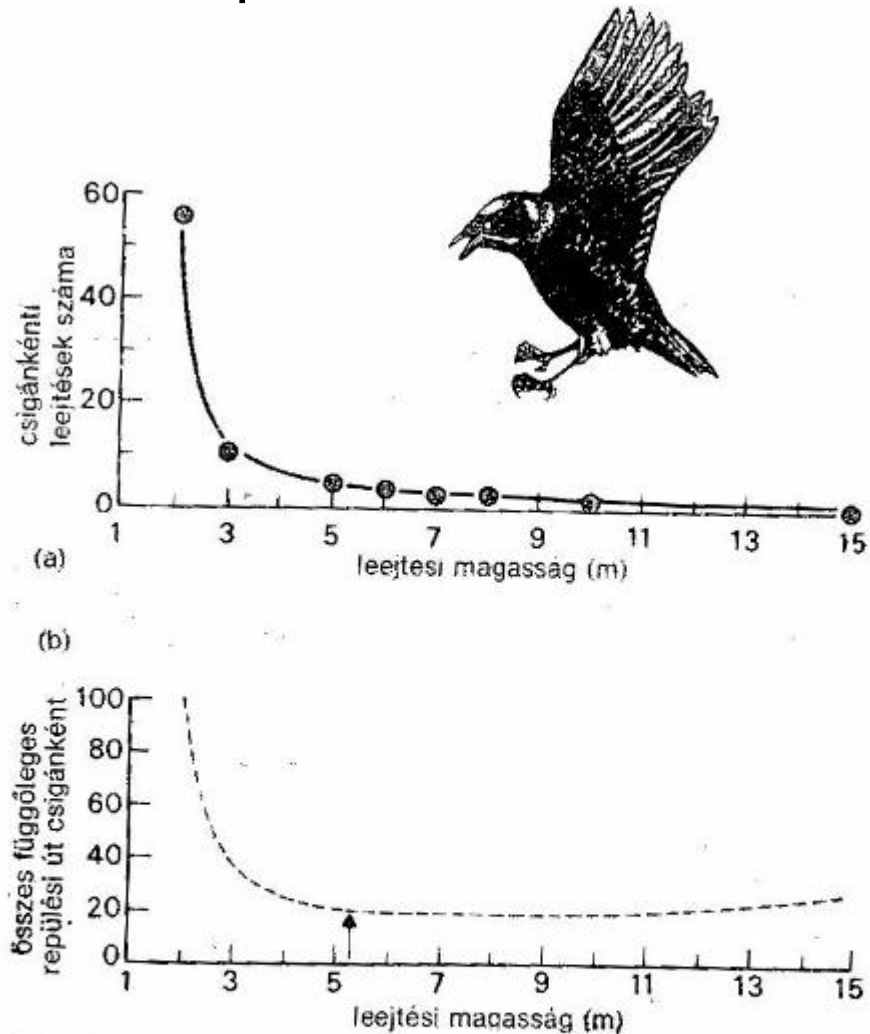
- Egy varjú nem tudja megállapítani, milyen nagy egy kagyló, míg ki nem ásta a homokból.
- Gyakran miután kiásta, otthagyja a tengerparton és egy másik után kezd vadászni.
- Néha azonban felrepül és leejti a kagylót és elfogyasztja a testét tengerparti részen.
- A kis kagylókat rendszerint a tengerparton hagyja, míg a nagyokat következetesen elfogyasztja

Miért?

Optimális döntések a táplálékkeresésben

Varjú - tengeri csiga:

$E_{\text{nettó}} = E_{\text{táplálék}} - E_{\text{keresés}} - E_{\text{feltörés}}$



3.1. ábra

Varjak csigaleejtési magasságának vizsgálata. *a)* Ha a varjú a csigát nagyobb magasságból ejti le, akkor átlagosan kevesebb leejtési kísérlet (ismétlés) szükséges ahhoz, hogy a csigához összetörjön. *b)* A teljes függőleges repülési útszakasz amit a madárnak a csigához feltöréséhez meg kell tennie (leejtések száma $\times$ elejtési magasság), olyan magasságnál maximalizálódott, ami igen közel áll a varjak által leggyakrabban alkalmazott magasságokhoz (Zach, 1979)

Optimalizációs modell

Abból a feltételezésből indul ki (a priori feltételezi), hogy az állat optimálisan viselkedik, mert a természetes szelekció során a legnagyobb hatékonysággal viselkedőek szelektálódtak ki

Nem azt teszteli, hogy optimálisan viselkedik-e az állat vagy sem, hanem hogy milyen költségeket, ráfordításokat kell figyelembe vennie a legnagyobb haszonhoz.

Táplálék energiája mellett a megszerzéséhez szükséges idő is számít

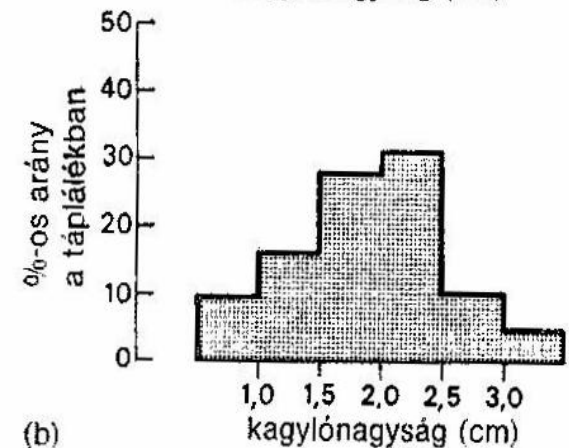
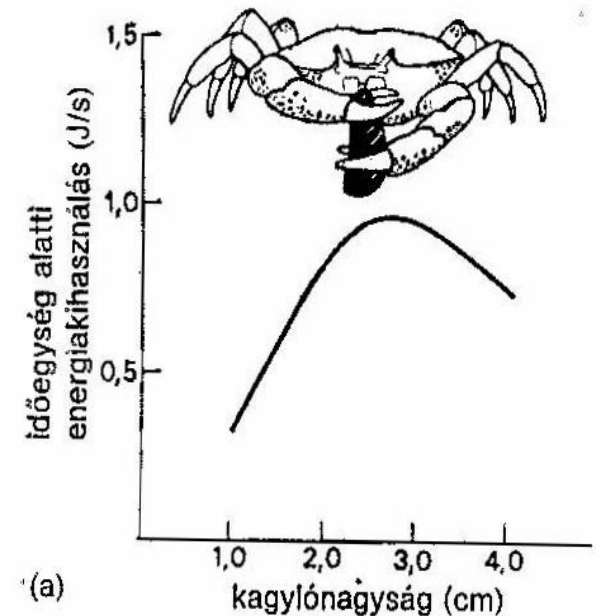
Parti tarisznyarák – kagyló
Nagy vagy kis zsákmány?



→ időegység alatti energianyereség

3.2. ábra

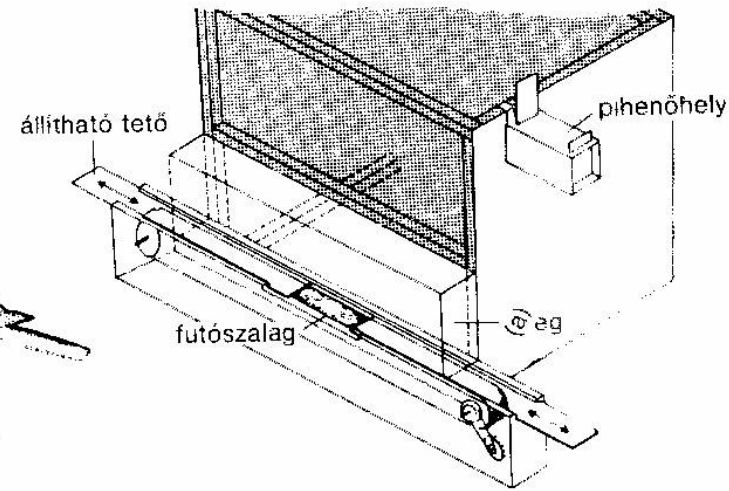
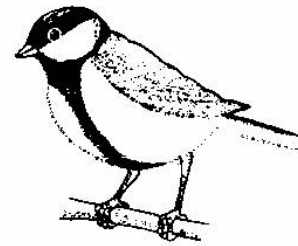
A *Carcinus maenas* (parti tarisznyarák) előnyben részesíti azt a kagylónagyságot, ami időegységre számítva a legtöbb energianyereséget adja. a) Az időegységre eső energianyereség görbéje; a rák a különböző nagyságú kagylók felnyitásánál erre törekszik. b) A hisztogram az akváriumban tartott rákok fogyasztását mutatja az azonos számban nyújtott különböző nagyságú kagylókból (Elner–Hughes, 1978)



Szécinege – lisztkukac

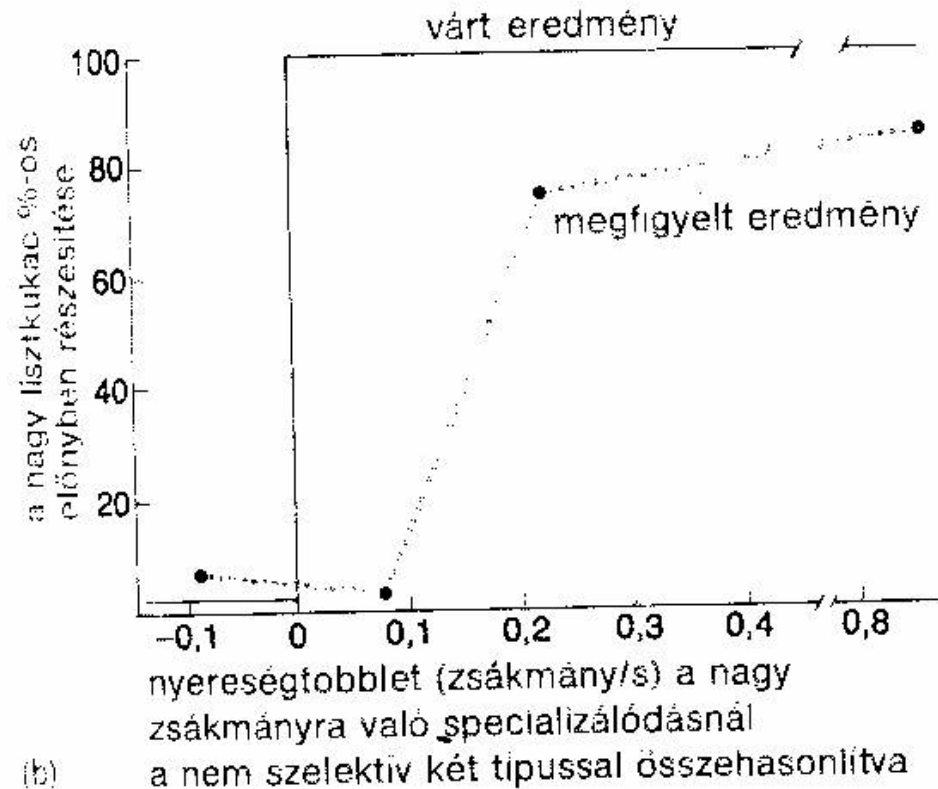
Kis táplálékdenzitásnál nem válogat – mindkettőből eszik

Nagy táplálékdenzitásnál válogat – csak a nagyból eszik



100. 100. 100.

a) Berendezés a szécinege (*Parus major*) kis és nagy táplálékállatai (lisztbogár lárvák=lisztkukacok) közötti választási modelljének tesztelésére. A kísérleti madár kalitkájának peremén egy futószalag táplálékot szállít. A lárvák 1/2 mp-i láthatók a szállítószalag állítható fedőlapjai közötti résen áthaladva és a madárnak e rövid idő alatt kell választania. Amikor egy lárvát felcsíp, akkor a szalagon levő következőket továbbengedi, mert a bekapott zsákmány lenyelésével elfoglalva. b) Egy példa a kapott eredmények közül: a nagyméretű lárvák gyakoriságának növelésekor a madár finnyásabbá válik. Az x tengelyen az többletnyereség szerepel, amit a madár a szelektív táplálékfelvétellel ért el. A válogatós viselkedés révén a nyereség a kritikus 1/λ értéktől képződik. Valójában a madár kb. a becsült pontnak megfelelően választott, de a modellellel ellentétben a viselkedésváltozás nem hirtelen következett be (Krebs és mtsai, 1977)



(b)

A táplálékszerzés hatékonyságának korlátai

Állat nem úgy viselkedik, ahogy az optimalizációs modell jósolja:

- Kényszerfeltételek (idő, tápanyagok)
- Nem a maximális energianyereségre törekszik az állat, mert pl. inkább az idő minimalizálására
- Egyéb kiadások is vannak, amiket nem ismerünk
- Valóban nem optimálisan viselkedik az állat:
 - téveszthet, tanulnia kell
 - nem volt ideje alkalmazkodni új körülményekhez genetikai kényszerfeltételek miatt (megfelelő mutációk hiánya)

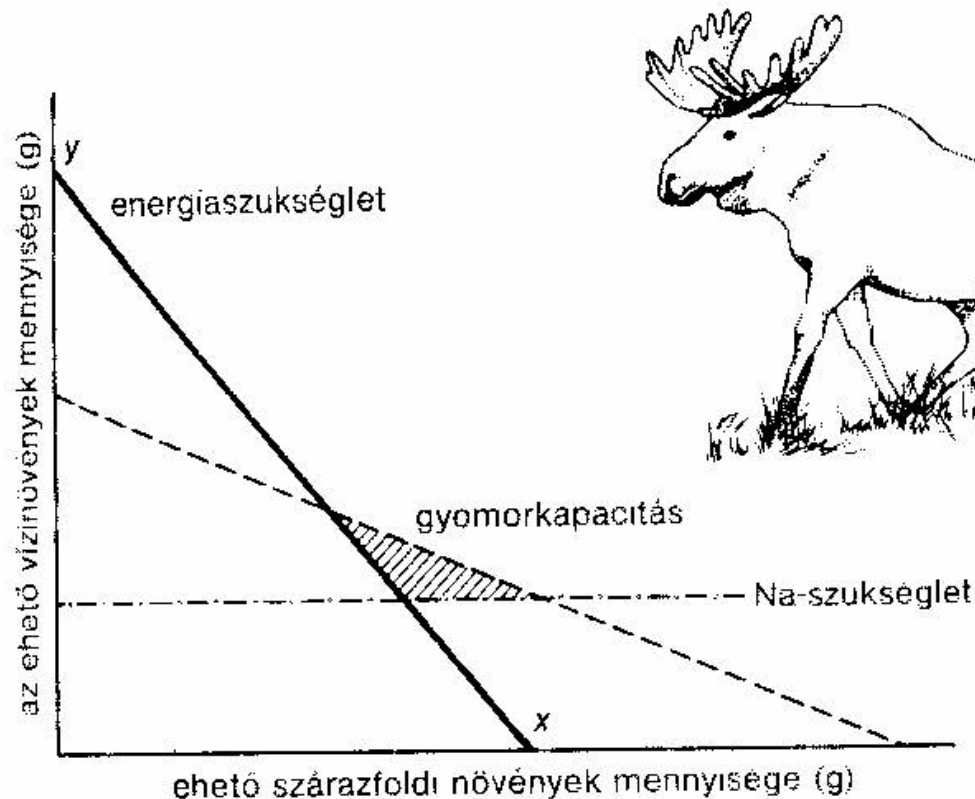
Kényszerfeltételek

Tápanyagok

Jávorszarvas: táplálkozását a Na előfordulása befolyásolja:

Erdőben lomblevél: Na alacsony, tápanyag magas

Tóban vízínövénnyel: Na magas, tápanyag alacsony



A kockázat minimalizálása - Vöröshátú sármánypinty

1. Rendszeresen kapott 2 magot
2. Szabálytalanul kapott 4 vagy 0 magot

Rövidebb éheztetésnél (1 óra) a rendszerest választotta

Hosszabb éheztetés (4 óra) esetén a szabálytalant választotta

kockázat kerülő és kockázat vállaló viselkedési formák

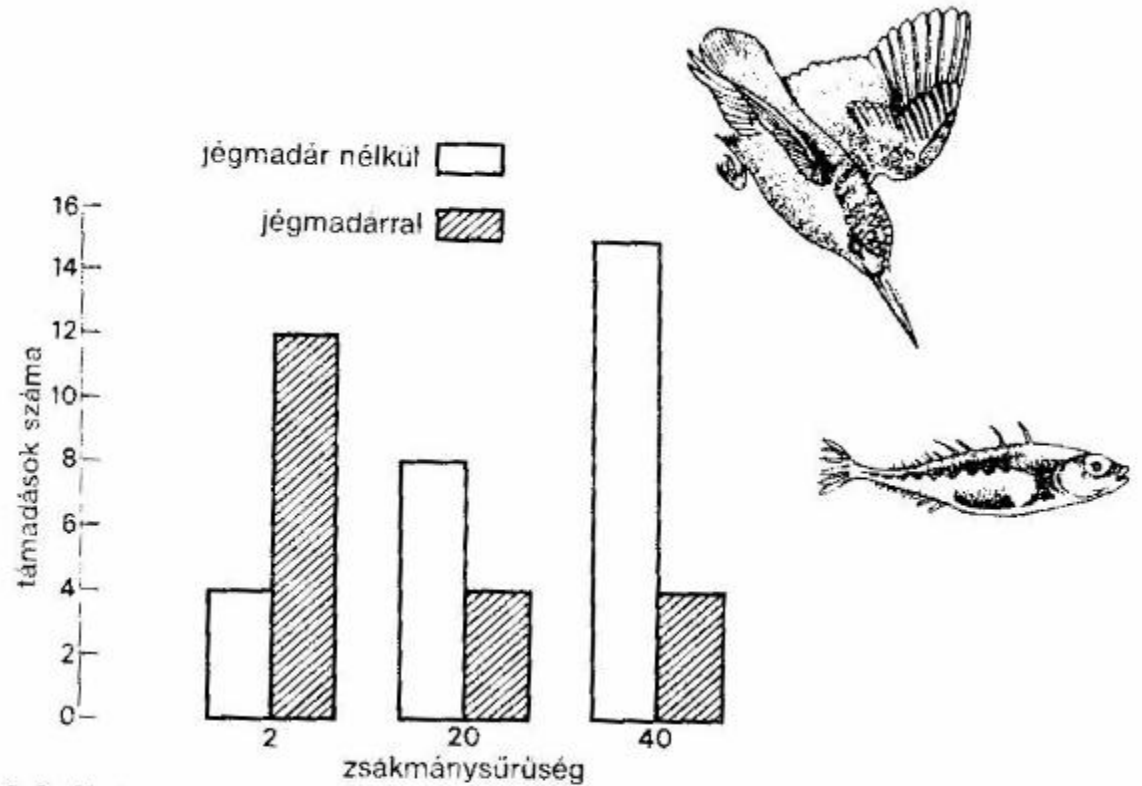


Predációs kockázat

Tüskés pikó – vízibolha

Sok vízibolha – nem tud ragadozóra figyelni
de ha nagyon éhes, akkor kockáztat

Ragadozó modell
(jégmadár): éhes halak is
inkább a kevesebb
vízibolhás foltot
választották



3.6. ábra

Az éhező tüskés pikók rendes körülmények között főként a nagy sűrűségű vízibolharajt támadják meg. Ha egy jégmadárutáncot helyeztek a kísérleti akvárium fölé, akkor a pikók a kisebb vízibolharajt részesítették előnyben (Milinski—Heller, 1978)

Házi veréb

- Sövényben biztonságos, de éhenhal
- Szántóföldön sok a táplálék, de ragadozó elkaphatja

→ sövény közelében táplálkoznak

Hogyan dönt télen?

→ Éhség nagyobb veszélye miatt vállalja a kockázatot



Hímek között vetélkedés nőstényekért (ürülék légy)

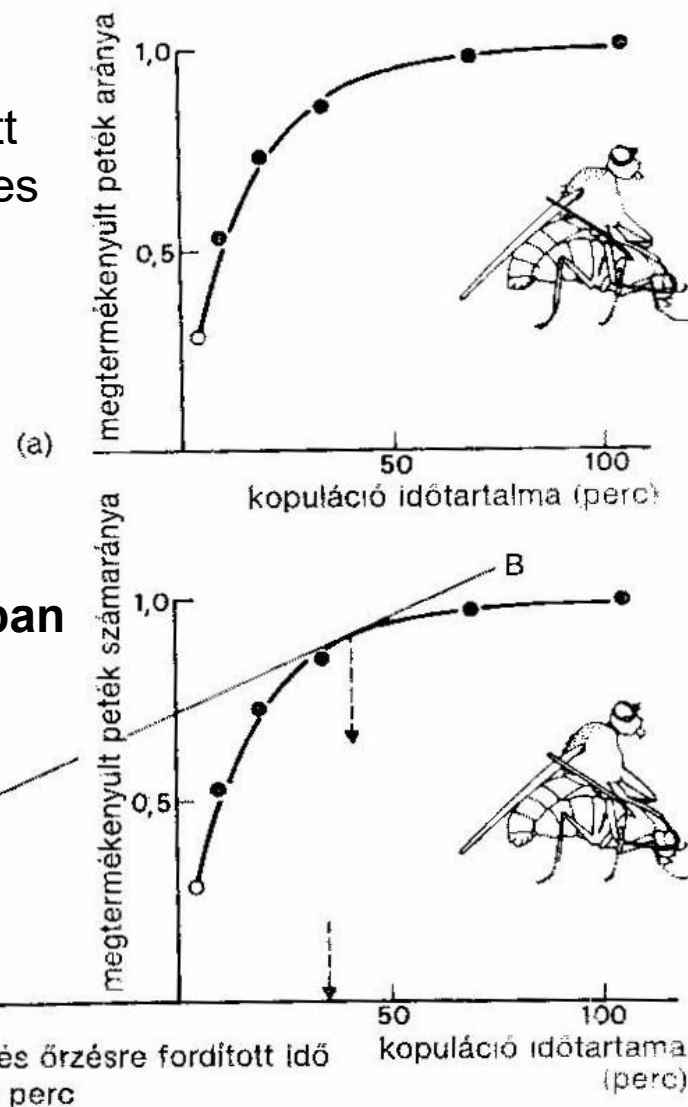
Utolsó hím a peték 80%-át termékenyíti meg - ezután már lassabban nőne megtermékenyített peték száma, ezért inkább másik nőstényt keres

- túl sokáig párosodik: elmulasztja többi nősténnyel párosodás lehetőségét
- túl kevés ideig párosodik: kevés pete termékenyül meg

Hasonló modell: táplálkozásnál a táplálékfoltban maradás

Meddig maradjon és táplálkozzon egy egyed egy helyen mielőtt újabb táplálékfoltot keres

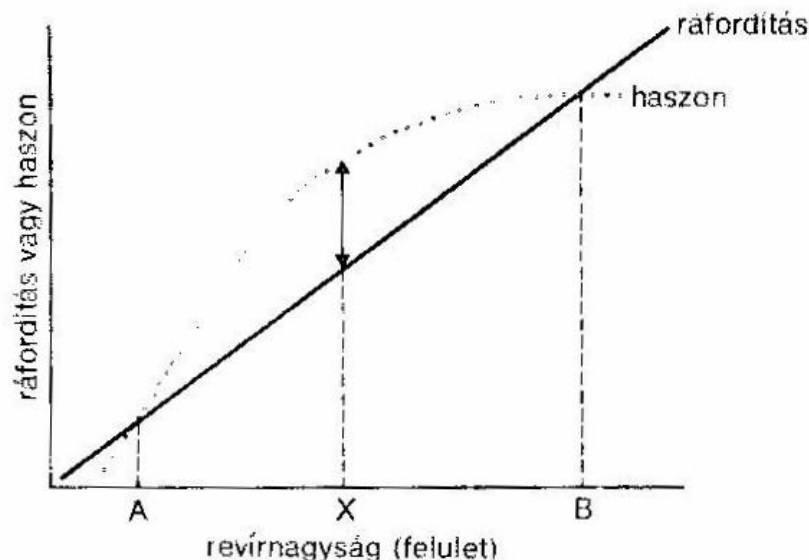
- meglévő folt bizonyossága
- jövőbeli folt bizonytalansága (környezet becslése)



A környezeti készletek védelmezése

Miért védelmezik az állatok a területüket?

- Haszon: készlethez való hozzáférés
- Ráfordítás: energiabefektetés, harci sérülés



4.8. ábra

Az ökonomikus területvédelmezés koncepciója. A környezeti adottságok mennyiségével (vagy a revírnagysággal) a védelmezéshez szükséges ráfordítás növekszik. A haszon — pl. a rendelkezésre álló táplálékmennyiség — mindenestre addig nagyobb, amíg az adottságok bőségesek és többé már semmiféle nyereségtöbbletet nem nyújtanak. Az adottságok védelmezése az A és B pont között ökonomikus. A maximális nettó nyereség az X-nél jelentkezik (pl. táplálék formájában), a legkisebb ráfordítás pedig A pontban mutatkozik

Optimalizációs modellek előnyei - hátrányai

- 1. Kvantitatív becslés – könnyen bizonyítható – cáfolható**
- 2. Egyszerű döntési szabályok általános érvényességét fejezi ki (több állatfajra is érvényes lehet)**

De a döntés mechanizmusáról nem mond semmit

Csak a célt veszi figyelembe, a mechanizmust nem

Miről szólnak az optimalizációs modellek?

Minden esetben CSEREVISZONY (Trade-off)!

- a nyereség(ek) ÉS a kényszerfeltétel(ek) mikor maximalizálják az egyed hasznát

A táplálékszerzéssel összefüggésben mi lehet a legjelentősebb kényszerfeltétel?

Predációs kockázat

Figyelés (minden zsákmányállat, pl. szavanna patásai, nyílt területek madarai)

- fontos lehet a figyelési idő aránya, a figyelő viselkedés gyakorisága, hossza
- minél többet figyel egy állat annál kevesebb idő jut táplálkozni

Biztonságos helyeken való táplálkozás

- lásd. verebek az előző példában
- szürke mókusok példája (a táplálék mérete szerint változik a viselkedés)
- cinege csapatok téli táplálkozóhely-választása (safety-first, Walther & Gosler 2001)

Menekülési képességek

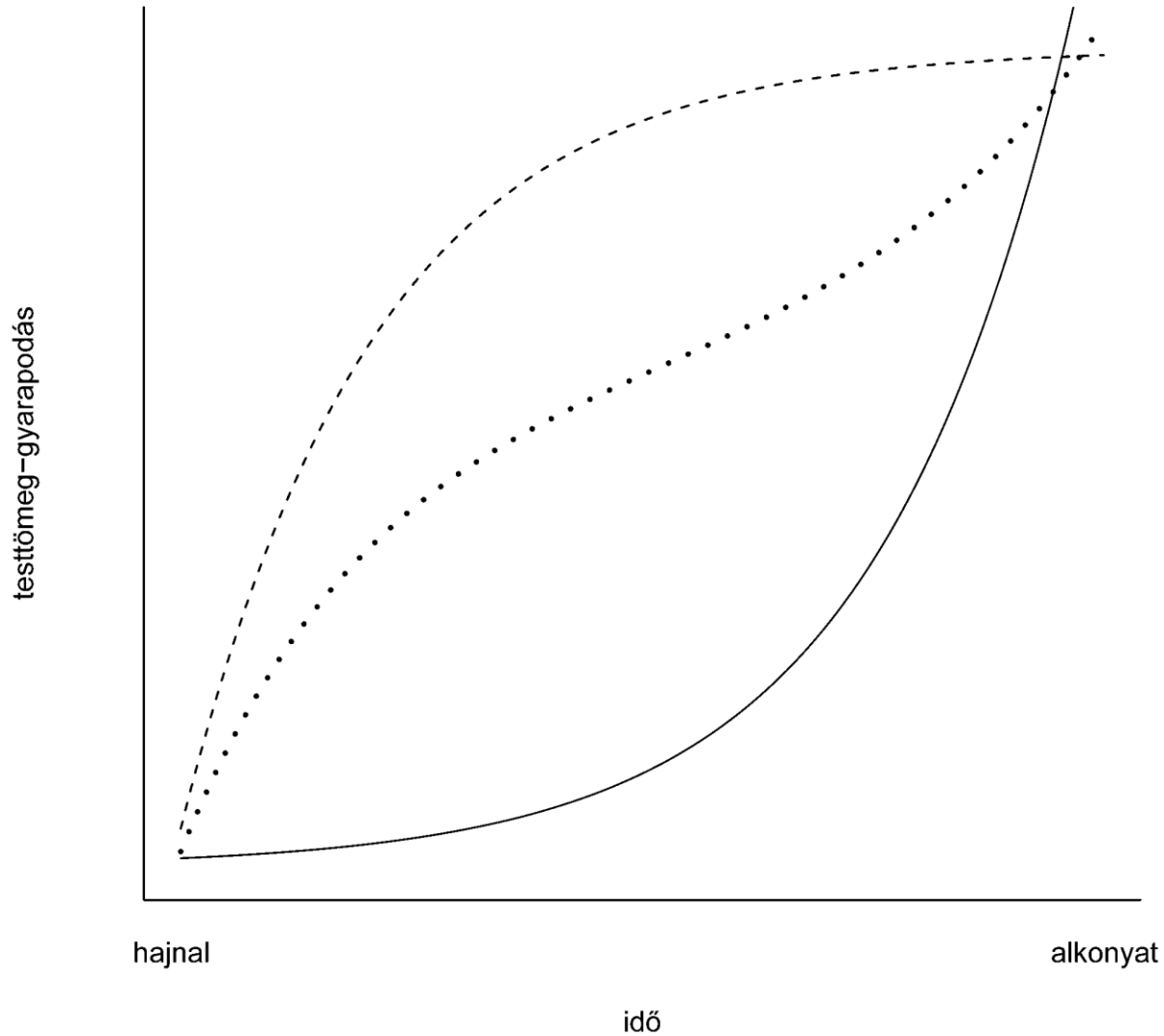
- lásd. stratégiai testömegszabályozás

ebben nagyon jelentős például a környezet táplálékellátottságának becslése mennyiség ÉS eloszlás is számít

de számít például a jelenlévő csapattársak (konkurenszek) viselkedése (pl. agresszív, domináns egyedek jelenléte, lásd következő óra)

A stratégiai testtömeg-szabályozás

az apró énekesmadarak példája



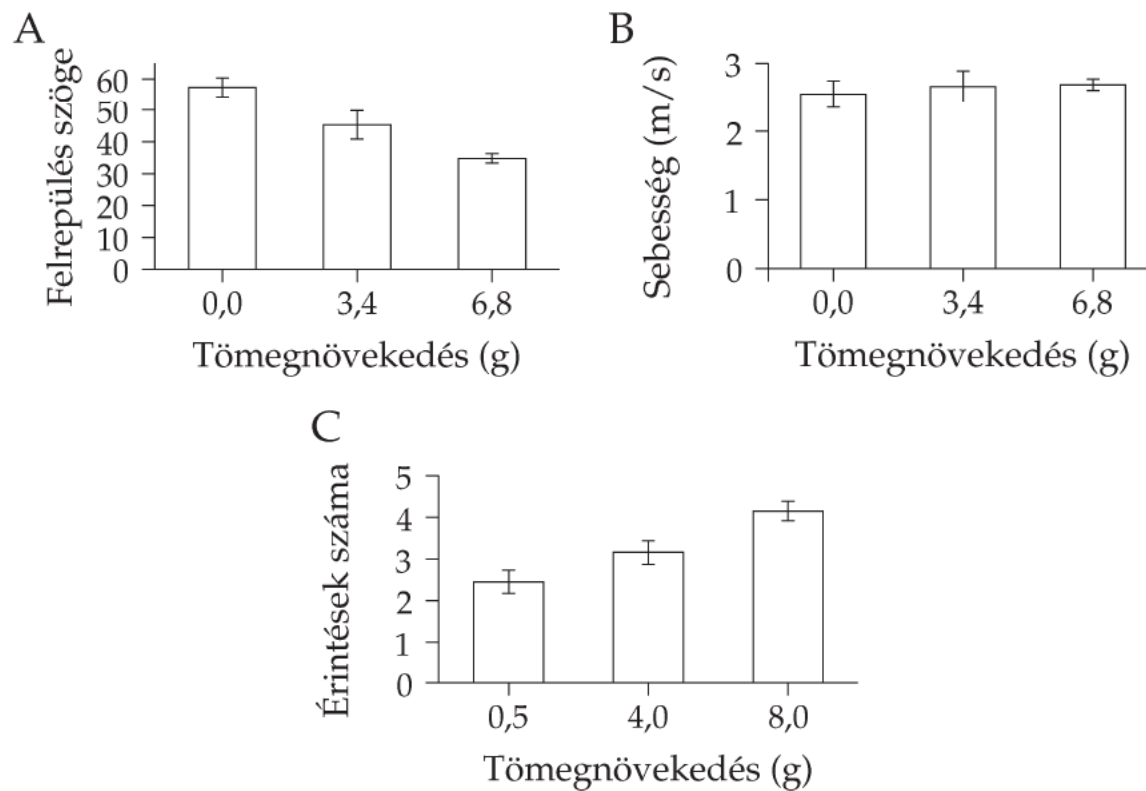
ÁLLAPOTFÜGGŐ DINAMIKUS MODELLEK

- döntéseket befolyásolhatja az állatok állapota, például más lehet fontos egy éhes egyednek, mint egy jóllakottnak
- többféle típusú viselkedés összehasonlításának szükségessége
- olyan viselkedések elemzésére, amelyek közvetlenül nem járulnak hozzá az egyed szaporodási sikeréhez, például nem járnak azonnali utódprodukcióval (mint táplálkozás, ragadozóelkerülés) azonban megváltoztatják az egyed állapotát, ami kihat a vizsgált szakasz végén várható állapotára

Barta, Z., Liker, A. & Székely, T. (2002) Viselkedésökológia: modern irányzatok. (28-39 oldal)

„Kis énekes madár télen” modell

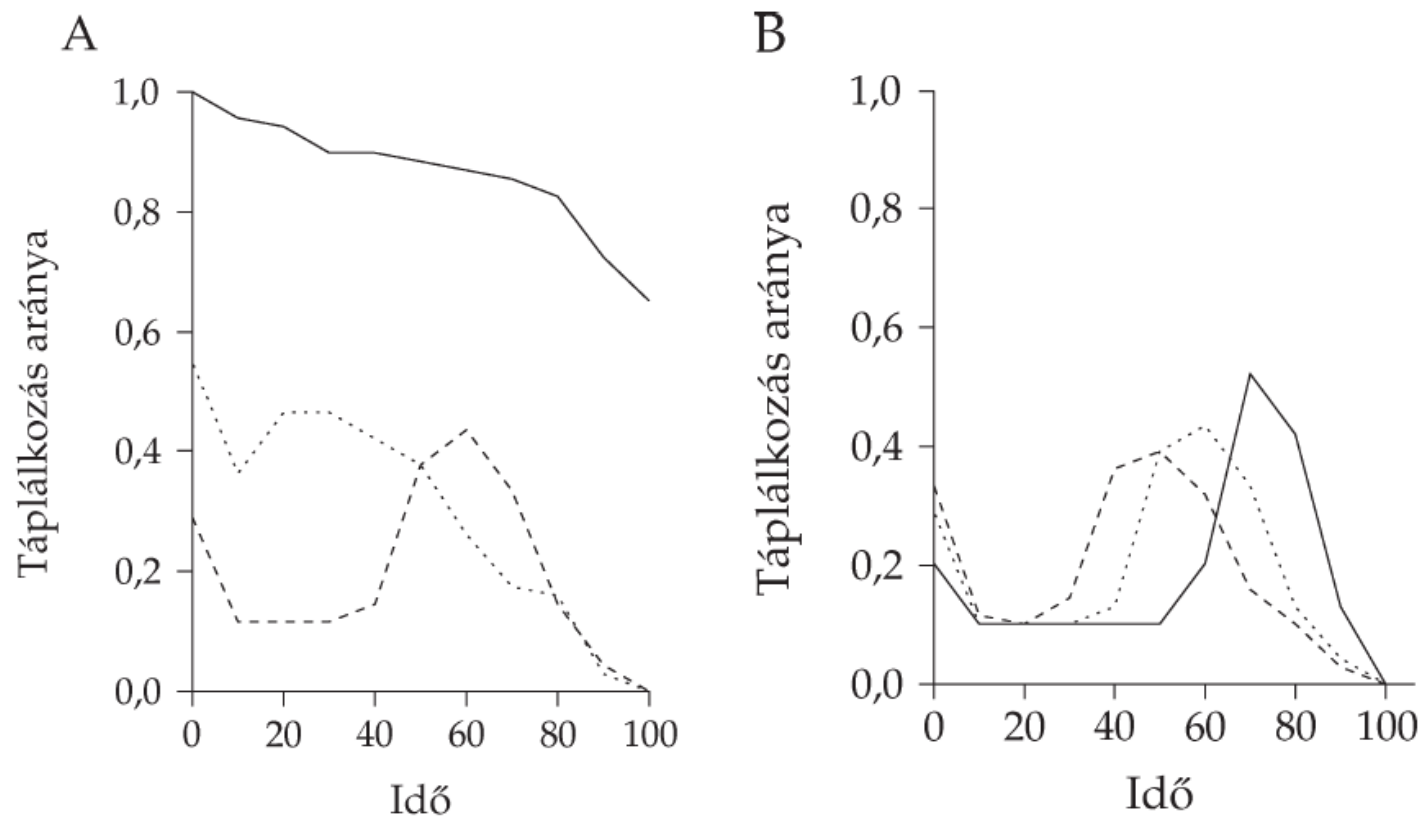
- Egy kis testű énekesmadár (pl. cinegék) viselkedését vizsgáljuk néhány téli napon keresztül. A kérdés az, hogyan ossza be a madár az idejét, vagyis a nap folyamán mikor táplálkozzék és mikor rejtőzzék (Houston és McNamara 1993, McNamara et al. 1994).
- Fontos kérdés, mikor mennyi zsírtartalékkal rendelkezzen az egyed?
- Probléma az, hogy a kövérség, vagyis a zsírtartalékok magas szintje, számos költséggel járhat (Witter és Cuthill 1993)



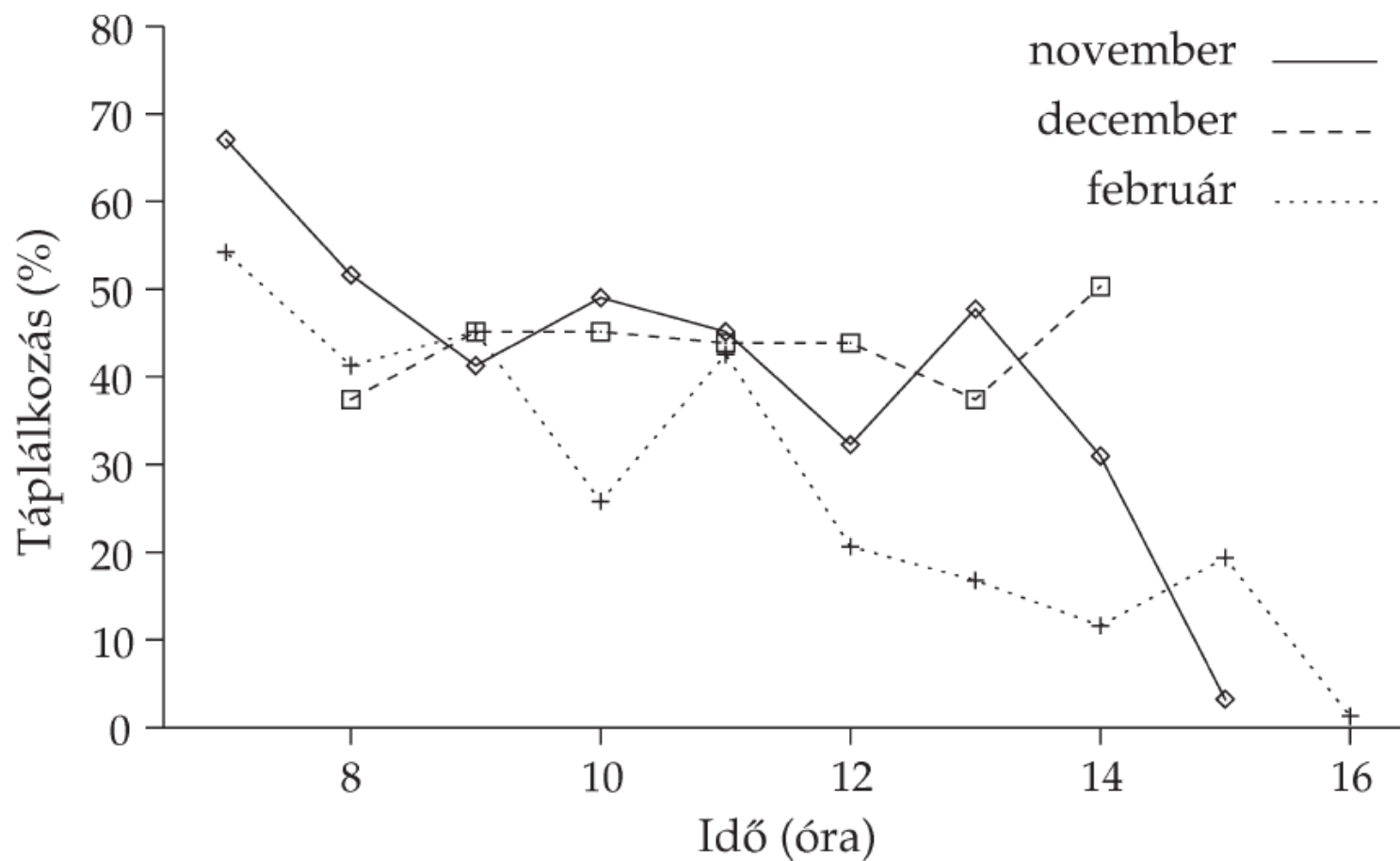
2. 4. ÁBRA > A tömegnövekedés hatása a seregélyek A) felrepülési szögére (fok), B) felrepülési sebességére és C) manőverezési képességére. A felrepülési szöget és sebességet megriasztott seregélyekről készített videofelvételek segítségével mérték, míg a manőverezési képességet egy fel-függesztett rudakból álló „akadálypálya” átrepülése során a rudakkal való ütközések számával jel-lemezték. Átlag $\pm$ SE. (Witter et al. 1994 alapján)

„Kis énekes madár télen” modell

- Egy kis testű énekesmadár (pl. cinegék) viselkedését vizsgáljuk néhány téli napon keresztül. A kérdés az, hogyan ossza be a madár az idejét, vagyis a nap folyamán mikor táplálkozzék és mikor rejtőzzék (Houston és McNamara 1993, McNamara et al. 1994).
- Fontos kérdés, mikor mennyi zsírtartalékkal rendelkezzen az egyed?
- Probléma az, hogy a kövérség, vagyis a zsírtartalékok magas szintje, számos költséggel járhat (Witter és Cuthill 1993)
- A madárnak az előbbiek miatt itt egy konfliktushelyzetet (trade-off) kell feloldania: a túl alacsony zsírtartalékszint veszélyes, mivel növeli az éhenhalás valószínűségét. A túl magas szint sem szerencsés, mivel ekkor a predációs veszély fokozódik.



2. 3. ÁBRA > A) A táplálék mennyiségének hatása az egyedek viselkedésére a “kis énekes télen” modellben. Folytonos vonal: alacsony; pontozott vonal: közepes; szaggatott vonal bőséges táplálékot jelent. B) A táplálék variabilitásának hatása az egyedek viselkedésére az előbbi modellben. Folytonos vonal stabil, pontozott vonal közepesen változó, szaggatott vonal erősen változó táplálékmenyiséget jelez. A táplálék átlagos mennyisége mindhárom esetben állandó. (McNamara et al. 1994 alapján)



2. 5. ábra > A citromsármányok táplálkozási viselkedése Svédországban november (folytonos vonal), december (szaggatott vonal) és február (pontosított vonal) folyamán. (Van der Veen 2000 alapján)

3. Csoportos élet

Előnyök és hátrányok

- **Milyen előnyök?**

- táplálék megtalálása
- zsákmány elejtése
- ragadozók elkerülése
- ragadozók elűzése
- csapattársak kihasználása
- hőleadás csökkentése

Milyen hátrányok?

- ? fajtársak konkurenciája
- ? zsákmány elriasztása, részesedés
- ? figyelem felkeltés
- ? kihasználó csapattársak
- ? betegségek, paraziták

Intuitíve a két elsődlegesen fontos tényező:

- ragadozók elleni védekezés
- táplálkozás hatékonyságának növelése

Csapatos élet kialakulása (evolúciós perspektíva)

Beauchamp, G. 1998. *Biol.Rev.Camb.Philos.Soc.*

The effect of group size on mean food intake rate in birds.

- meta-analízis: 86 cikk eredményeinek összehasonlítása
- minden cikk: az átlagos táplálkozási ráta és a csapatnagyság összefüggése
legerősebb a pozitív korreláció erősen heterogén, foltos táplálék esetén

Beauchamp, G. 2002. *Behav. Ecol. Sociobiol.*

Higher-level evolution of intraspecific flockfeeding in birds.

- komparatív: 177 klád – melyekben jelent meg és tűnt el a csapatos jelleg
22 klád – csapatos és magányos táplálkozó rokon csoport is
- vizsgált jellegek: testméret, zsákmány (**eloszlás**, aktivitás), táplálkozás (**aktív-passzív**, nyílt-zárt területen), éltémód (**éjszakai-nappali**, sz.földi-vízi)
a táplálék eloszlása és aktív keresése (predáció?) meghatározó, éjjel ritka

Beauchamp, G. 2004. *Proc. Roy. Soc. Lond. B.*

Reduced flocking by birds on islands with relaxed predation.

- komparatív: 46 fajpár (predátor nélküli szigetlakó faj és kontinenslakó fajpárja)
a szigetlakók kevésbé szociálisak (kisebb átlagos csapatméret)

Igazolható a táplálkozási hatékonyság és a ragadozók elleni védekezés szerepének jelentősége

Csoport előnye ragadozókkal szemben

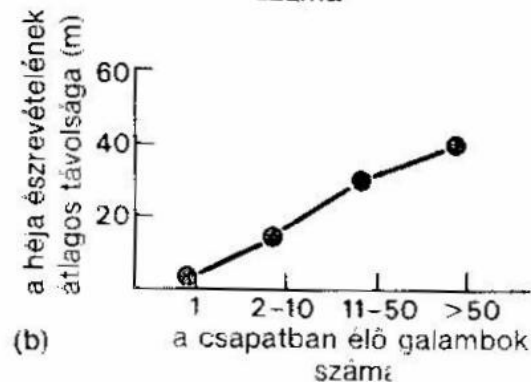
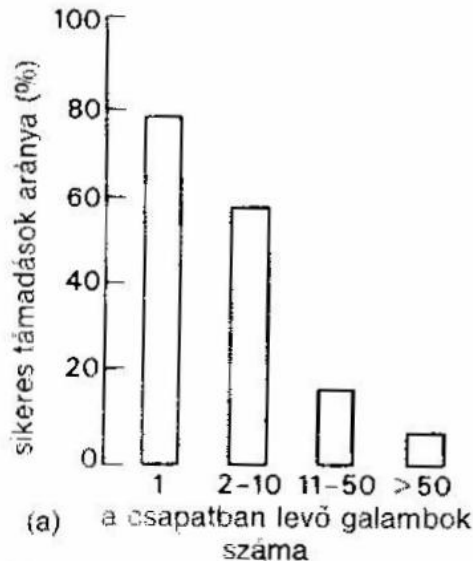
1. Megnövekedett éberség (csapattársak figyelése révén)

Ragadozók számára áldozat meglepetése döntő fontosságú → csoportot kevesebb támadás éri megnövekedett éberség miatt

Példa: galambok – héja

Kenward 1978

piroslábú cankók – karvaly
seregélyek – vándorsólyom



Csoport előnye ragadozókkal szemben

2. Felhígulási hatás (kockázat megosztása révén)

Egy egyedre kisebb a kockázat nagy csoportban

5 egyed: $1/5$ (20%) az esély / egyed

100 egyed : $1/100$ (1%) az esély / egyed

- Bukó récék, strucc: szomszéd fiókákat ellopja és sajátjaival neveli
 - Camargue vadlovak: böglyök ellen tömörülnek
 - Énekes kabócák: időben szinkronizált kelés, 13, 17-éves lárvaidőszak
- számos egyéb példa: halak, madarak, patások, rovarok tömörülése**



Csoport előnye ragadozókkal szemben

3. Zavaró hatás (a ragadozó összezavarása révén)

Nehéz kiválasztani egy egyedet a sokaságból

a felhígulási hatásnak és a zavaró hatásnak gyakran nagyobb jelentőséget tulajdonítanak, mint az éberség megnövekedésének

Zavaró hatás fokozható:

- pulzáló, kavargó mozgással
- asszortatív csoportosulással



Csoport előnye ragadozókkal szemben

4. Közös védekezés

Együtt lépnek fel ragadozók elzavarására

- Madárkolóniák (sírályok varjak ellen, bíbicek róka ellen, nádirigók kakukk ellen)
- Zebracsorda oroszlánok ellen
- É-amerikai (őszvér- és fehérfarkú-) szarvasok farkasok, ill. prérifarkasok ellen
- Verebek, ill. apró énekesek baglyok ellen



Csoport előnye táplálékkeresésben

1. Táplálék felfedezése könnyebb

Általában heterogén, foltos eloszlású tápláléknál

- magok, gyümölcsök
- tömeges rovarok

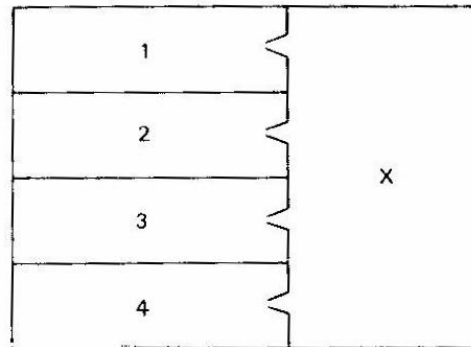
Ezek helyenként (vagy időlegesen) bőségesek, de nehéz megtalálni

Fészkelő kolóniák, tömeges éjszakázóhelyek kialakulásának lehetséges magyarázata

Információ-centrum elmélet: követik azokat, akik táplálékforrást találtak
„kölcsonös parazitizmus”

- szövőmadarak példája
- keselyűk példája

**lehetővé teszi a jó minőségű foltok
lehető legjobb kihasználását és a gyengébb
foltokban a nem hatékony táplálkozással
eltöltött idő lecsökkentését**



4.4. ábra

Az információközpont-hipotézis felülvizsgálatát célzó kísérlet a vöröscsőrű szövőmadáron (*Quelea quelea*). A madarak egy nagy ketrecben (X) pihennek, és az ebből nyíló 4 kis rekeszben táplálkoznak

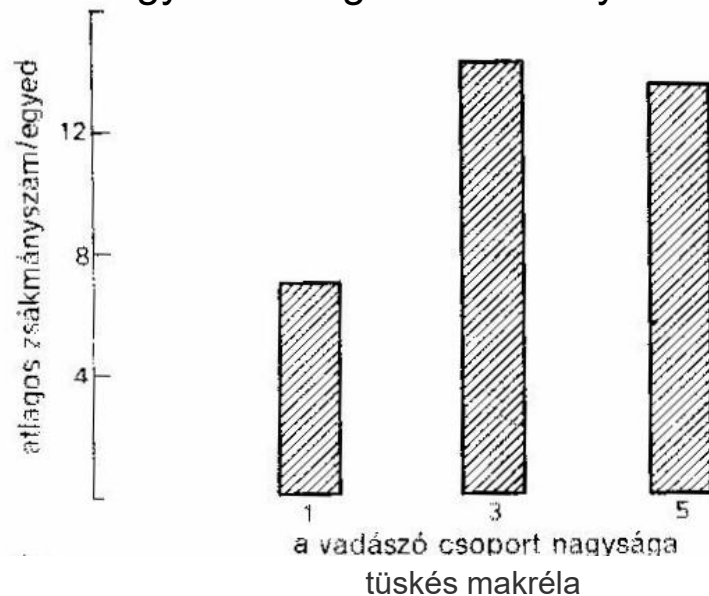
Csoport előnye táplálékkeresésben

2. Vadászat során kooperáció

A ragadozók együttműködve nagyobb zsákmányt tudnak ejteni

- számos híres példa (oroszlán, gepárd, farkas, sakál, hiéna, kardszárnyú delfin)
- pelikánok
- amerikai vitorláshal
- **szociális pókok, egyes skorpiók** (Pseudoscorpionida csoport egyes fajai)

Akkor alakul ki, ha az osztozkodás ellenére is nagyobb az egy egyedre jutó haszon, mint az egyedül elfogott zsákmány esetében



Csoport előnye táplálékkeresésben

3. Megújuló táplálékfoltok maximális kihasználása

pl. ludak legelése

- túl korán keresi fel: kevés táplálék
- túl későn keresi fel: kihasználatlan marad

Ha külön táplálkoznak az egyedek, nem akadályozható meg, hogy egyes egyedek mindig hamarabb (a többiek előtt és a forrás teljes megújulása előtt) érkezzenek

Megoldás:

1. Revírvédelem (pl. nektármadár)
2. Csoportos táplálkozás (pl. örvös lúd)

adott időközökben minden egyed egyszerre tér vissza a területre

40 db különálló területet figyeltek, a ludak pontosan 4 naponként jelentek meg kaszálósos kísérletek: ez az idő maximalizálja a fiatal hajtások növekedését



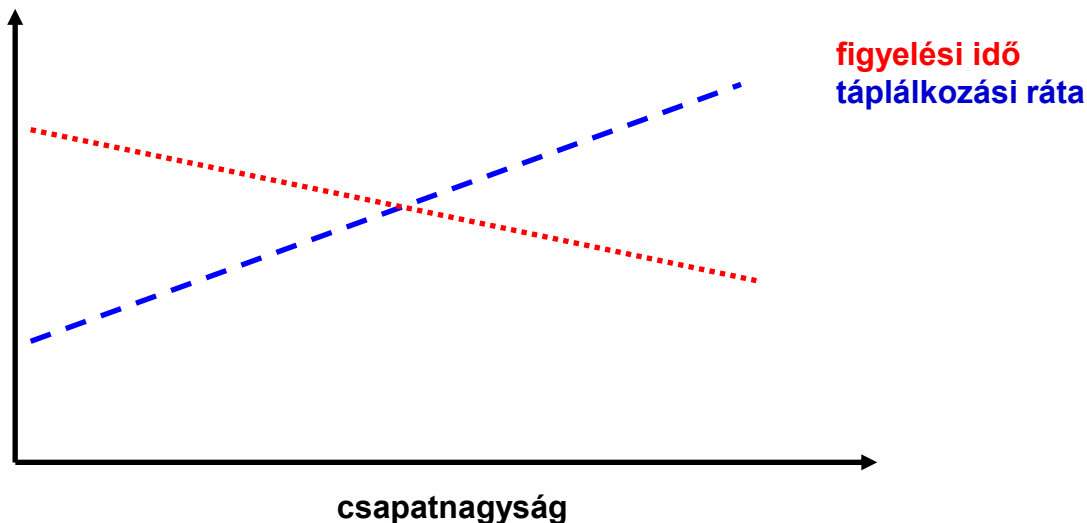
Csoport előnye: általános tendenciák

I. A csoportnagysággal csökken a figyelésre fordított idő

- ragadozók hatékonyabb észlelése (megnövekedett éberség)
- biztonságérzet nő (felhígulás, összezavarás, kollektív védekezés)

II. A csoportnagysággal nő az átlagos táplálkozási ráta

- nő a táplálkozásra fordítható idő (predációs előnyök miatt)
- javulhat a táplálékszerzési hatékonyság (keresés, vadászat és táplálék-források kihasználásának hatékonyságának növekedése miatt)



Miért lehet még előnyös a csoport?

- Hőleadás csökkentése (telelő denevérek, pingvinek, odúlakó madarak)
- Hidrodinamikai, aerodinamikai előnyök (madarak, halak)
- Párválasztás (jobb „minőségű” pár megtalálása)
- Információ-csere (fajtársak tapasztalatai)
- Fajtársak kihasználása (források, információ, parazita-teher csökkentése)

Miért nem táplálkozik minden állat csapatban?

Hátrányok?

Hátrányok a csoportban

- csapatosan nehezebb elrejtőzni
- minél nagyobb a csapat, annál inkább vonzza a ragadozókat
- csapattagok közötti versengés (táplálékért, párért, búvóhelyért)
- csapattagok kizsákmányolása
- a versengéssel nő a csapattagok közötti agresszivitás
- betegségek, paraziták terjedése

Pirolábú cankó



sra

Ráfordítás-haszon mérlegelése



nagy partfutó:

sűrű csapatban táplálkozik



parti lile:

laza csapatban vagy magányosan táplálkozik

Miért nem választja mindkettő a sűrű csoportos táplálkozást?

nagy partfutó – tapogatva keresgél iszapban turkálva

parti lile – meglesi, majd gyorsan felcsipegeti a zsákmányt

a többi egyed zavarná → jobban megéri magányosan táplálkoznia

Ráfordítás-haszon mérlegelése

Wapiti és farkasok

Hebblewhite & Pletscher 2002. *Canadian Journal of Zoology*

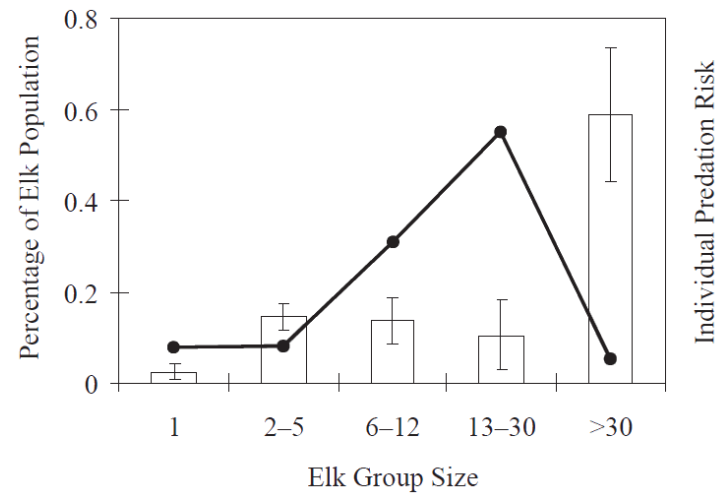


- a farkasok gyakrabban követték és támadták meg a nagyobb csapatokat, mint az a nagy csapatok előfordulási gyakorisága alapján várható volt

farkasok a nagy csapatokat könnyebben megtalálják, szívesebben támadják

- a wapitik két stratégiát követtek:
 - kis csapatok → ritkán találkoztak farkasokkal
 - nagy csapatok → gyakori támadások ellenére is előnyös (felhígulási hatás)

wapitik a közepes csapatokat kerülik



Differenciált előnyök és hátrányok

Az egyedek különbözőek!

eltérő előnyökre és hátrányokra tehetnek szert a csapatban

- térbeli pozíció (predációs kockázat, táplálék megtalálása, hőleadás, aerodinamika)
- dominancia rang (forrásokhoz való hozzájutás, csapattársak kihasználása)
- éhségérzet / energiaállapot / kondíció (táplálkozás vs. predáció elkerülés csereviszonya)

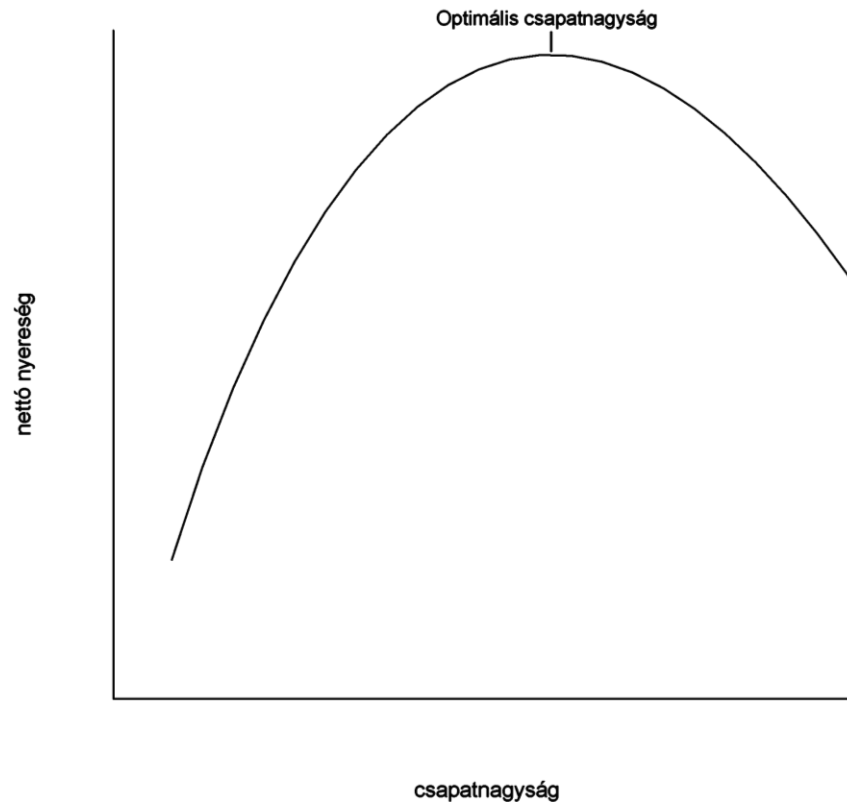
Fontos! – A csapat egyedekből áll

csatlakozáskor, a csapat felbomlásakor, elhagyásakor, szinkronizált mozgásokkor a csapatot mindig mint az egyes egyedek sokaságát kell tekintenünk

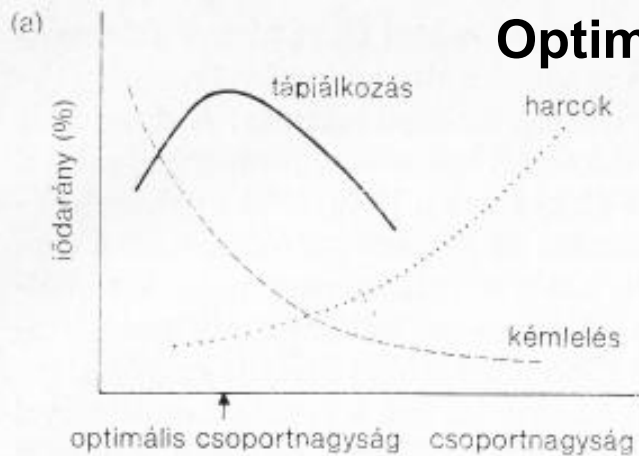


Optimális csapatnagyság kérdése

- az előnyök egyike sem nő lineárisan a csapatnagyság növekedésével
- bizonyos csapatnagyság után a hátrányok általában meghaladják az előnyök mértékét



Optimális csapatnagyság kérdése

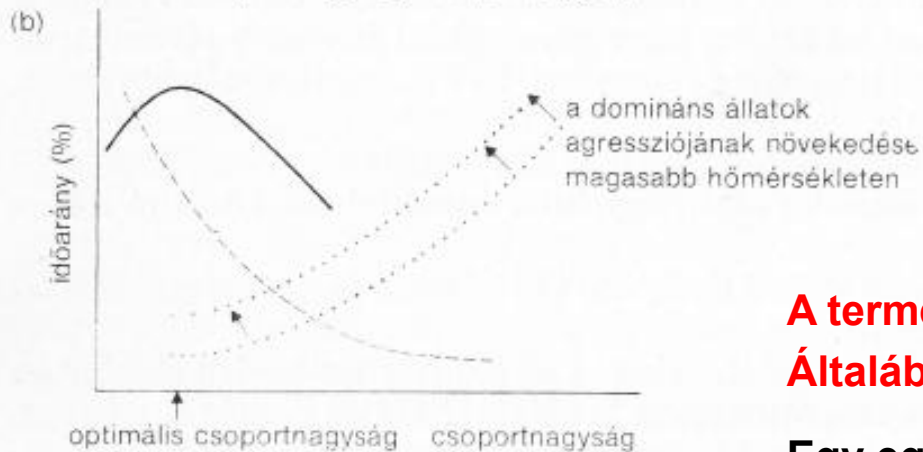


Időbeosztás alapján optimális csapatnagyság modell (Caraco és mksai. 1980)

téli madárcsapatok időbeosztása

- Ragadozó figyelési idő
- Táplálkozási idő
- Harcolási idő csoporttagokkal táplálékért

nagyon sok befolyásoló tényező



A természetben változatos méretű csapatok!

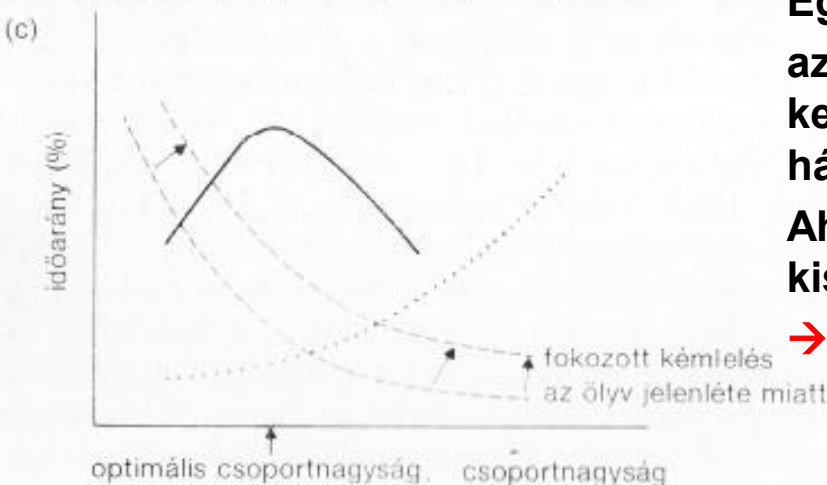
Általában az optimális csapatnagyságtól nagyobbak

Egy egyed csapathoz való csatlakozásánál:

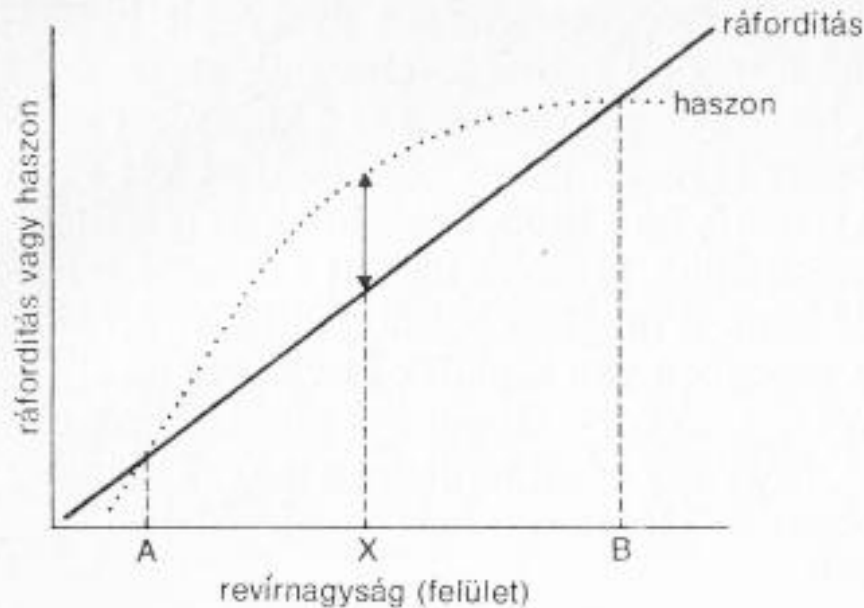
az előnyöknek mindenképp ellensúlyoznia vagy felül kell múlniuk a csapatos életformából származó hátrányokat

Ahhoz hogy az egyed kiváljon a nettó nyereségnek kisebbnek kell lennie mint a magányos egyednél!

→ A stabil csapatnagyság általában szuboptimális



Környezeti készletek, erő- és anyagforrások védelmezése



4.8. ábra

Az ökonomikus területvédelmezés koncepciója. A környezeti adottságok mennyiségével (vagy a revírnagysággal) a védelmezéshez szükséges ráfordítás növekszik. A haszon — pl. a rendelkezésre álló táplálékmenyiség — mindenestre addig nagyobb, amíg az adottságok bőségesek és többé már semmiféle nyereségtöbbletet nem nyújtanak. Az adottságok védelmezése az A és B pont között ökonomikus. A maximális nettó nyereség az X-nél jelentkezik (pl. táplálék formájában), a legkisebb ráfordítás pedig A pontban mutatkozik

Territoriális viselkedés

- Nyereség-ráfordítások szerepe a territórium/revír méretére

Környezeti készletek, erő- és anyagforrások védelmezése

Mi befolyásolja az optimális revír méretet, példa a nektárral táplálkozó madaraknál (nektármadarak, kolibrik, cukormadarak)

Gill és Wolf (1975), Pyke (1979) aranyszárnyú nektármadár

Revír méret vs. Nektárt adó virágok száma

- Napi maximális energia bevitel
- Nettó nyereség maximalizálása
- **Pihenő idő maximalizálása**
- Napi energiafelhasználás minimalizálás

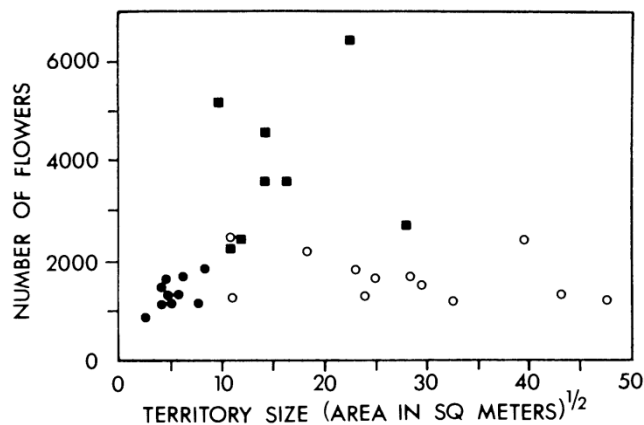


FIG. 4. Variation in the size and flower number of territories of the Golden-winged Sunbird. Open circles = territories studied in March 1972; closed circles = territories studied in April 1972; squares = July 1973 territories.

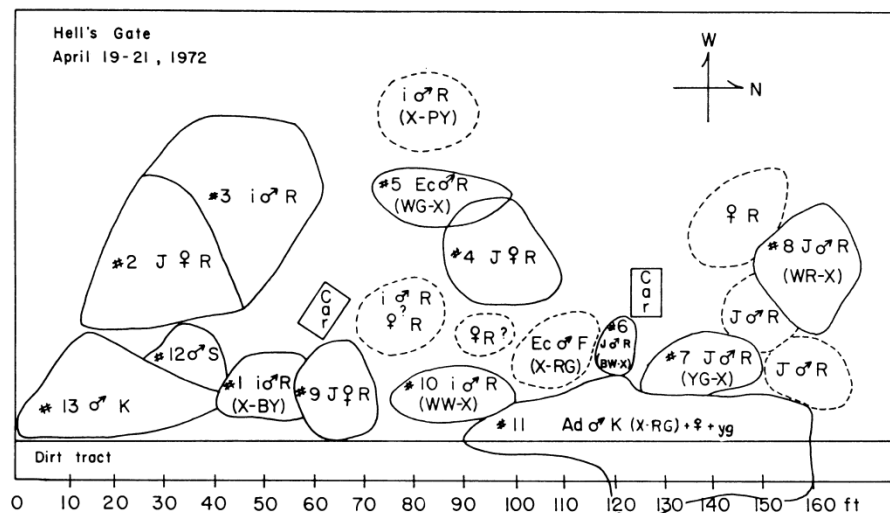


FIG. 3. Map of feeding territories defended by Golden-winged Sunbirds (R), Scarlet-chested Sunbirds (S), and Bronzy Sunbirds (K). Other symbols indicate age (ad. = adult, j = juvenile), sex class, color band combinations, and plumage (ec. = eclipse, a nonbreeding plumage common to many ♂♂).

Csoportos élet II.

Együttműködés

Rokonszelekció

- **oroszlánok:** felnőtt hímek is, felnőtt nőstények is gyakran közeli rokonok
- **segítők (helperek):** kék bozótszajkó

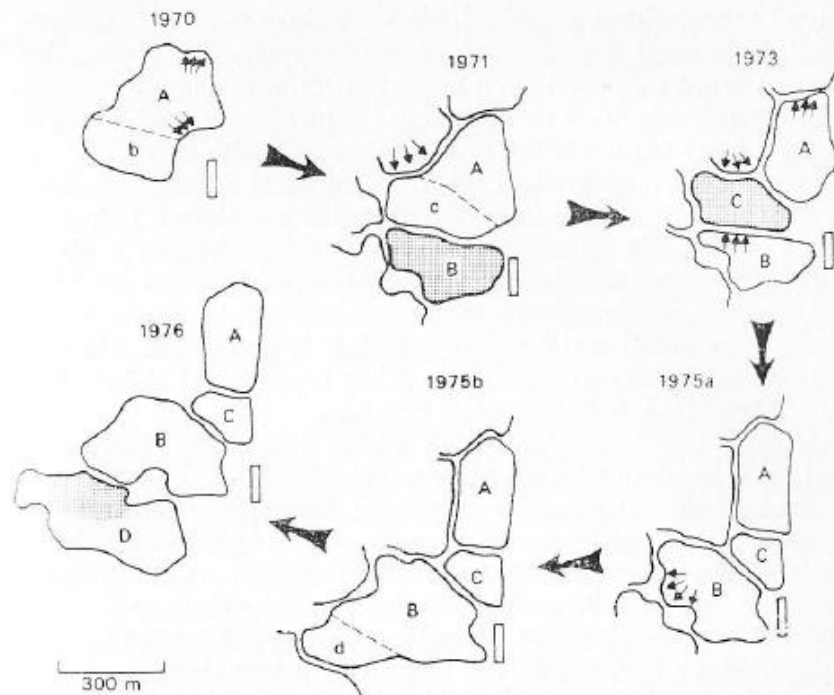
Költő kékszajkópár a segítő egyedekből hasznot húz. Mind a tapasztalt, mind a tapasztalatlan (először költő) egyedek több utódot nevelnek fel a segítő egyedek hozzájárulásával (ivadékgondozó segítségével) (Woolfenden adatait Emlen, 1978 elemezte)

	Felnevelt fiatalok száma		
	segítő egyedek nélkül	segítő egyedekkel	a segítők átlagos száma
Tapasztalatlan pár	1,03	2,06	1,7
Tapasztalt pár	1,62	2,20	1,0



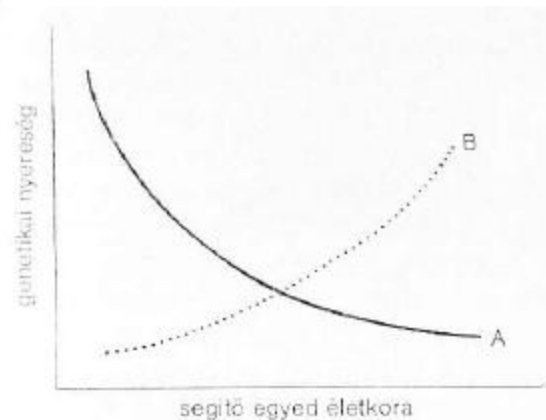
Egy hím bokorlakó kékszajkó nagyobb genetikai nyereséget ér el, ha saját revírt talál és saját utódokat nevel fel, mint ha szüleinél maradna és nekik segítene (Emlen, 1978)

Döntés		Nyereség
1. Szülőknél marad és segítséget nyújt	Azon fiatalok száma, amelyeket a szülőállatok segítő egyedek nélkül neveltek fel	1,62
	Azon fiatalok száma, amelyek segítő egyedek támogatásával nevelkedtek	1,94
	Segítő egyedek közreműködésével keletkezett fiatalállat-többség	0,32
	Genetikai egyenérték a segítő egyedek számára ($r=0,5$)	0,16
2. Elhagyja a szülőket, és saját utódokat nevel fel	Azon fiatalok száma, amelyeket az először költő párok nevelnek fel	1,36
	Genetikai egyenérték ($r=0,5$)	0,68



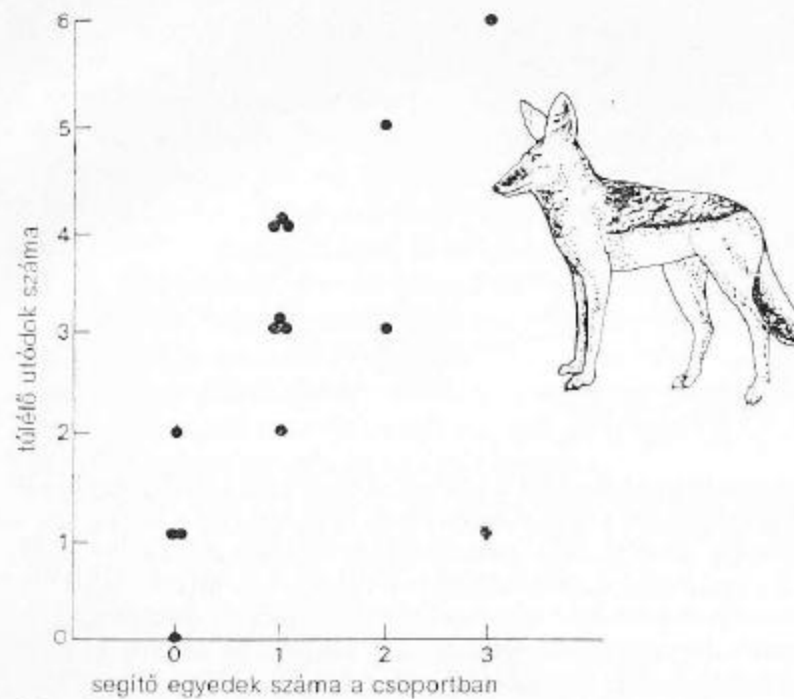
9.1. ábra

A szülői revír egy részének öröklődése a hím bokorlakó kékszájka (*Aphelocoma coerulescens*) utódainál a segítségnyújtás egyik előnye. A diagram azt szemlélteti, hogy miként juthatott a három segítő egyed (B, C, D) saját revírhez. A sötétebb mezők olyan területek, amelyeket az A szülőtől a két hím utód (B, C) és egy unoka (D) örökölt; a szaggatott vonalak a felosztott darabok közötti határt jelölik, a kis nyilak pedig a revírhatar kiterjesztését érzékeltetik (Woolfenden—Fitzpatrick, 1978)



9.2. ábra

A segítségnyújtás grafikus ábrázolása a kékszájka esetén (de más fajokra is alkalmazható). A szülőegyetek támogatásával a genetikai nyereség a kor előrehaladtával csökken (A vonal), mert valószínűleg a szülőállatok egyike vagy mindegyike ki fog cserélődni, ezért a segítő és a fiatalok közötti rokonsági fok csökken. Saját utódok létrehozása révén a genetikai nyereség a korral együtt növekszik (B vonal), mivel az idősebb madaraknak nagyobb az esélyük új revír szerzésére. A görbék helyzetét a faj ökológiája befolyásolja. Ha pl. gazdag táplálékforrás áll rendelkezésre, akkor a B görbe balra tolódik addig, amíg többé már nem lesz újabb segítő egyed. Ha a revír szűkös ellátottságú, akkor hosszabb ideig tart a segítségnyújtás, mert a B vonal jobbra tolódik. A két vonal nem feltétlenül független egymástól, mert a segítségnyújtás a fiatal madarak tapasztalatát és ezzel azok jövőbeni szaporodási sikerét is növeli



9.3. ábra

A panyókás sakál (*Canis mesomelas*) szaporodási sikere a csoportban levő segítő egyedek számával növekszik (Mochlman, 1979)

Együttműködés

Rokonszelekció

- **oroszlánok:** felnőtt hímek is, felnőtt nőstények is gyakran közeli rokonok
- **segítők (helperek):** kék bozótszajkó, panyókás sakál, bölcsőszájú halak általában erős ökológiai kényszerek (fészkelőhely, revír, tojók száma korlátozott)

Néha nem rokonok a helperek!

szürke halkapó, törpe mangusztá

→ jövőbeli szaporodási siker növekedése (+ genetikai előny rokon helpereknél)



9.3. táblázat

Segítő egyedek a szürke halkapónál. A Naiwascha-tónál a fészkek mellett vagy egyáltalán nincs segítő, vagy csak egy egyed támogatja a költő párt. A táplálékszerzés egyszerű, egyetlen segítő is elég ahhoz, hogy az összes fiókát megfelelően ellássa. A Viktória-tónál esetenként egy második, nem rokon (szekunder) segítő is megfigyelhető volt. Itt a táplálékszerzés némi nehézséget jelent, s így a szekunder segítő nagymértékben hozzájárulhat a fészkalj túléléséhez (Reyer, 1980)

	0	1	2	Táplálkozási feltételek		Költés sikere				
	segítő a fészkelők mellett (%)			halfogás időtartama (perc)	sikeres zuhanó-repülés (%)	fészkalj nagysága (db tojás)	kikelt fiatalok száma	kirepülő fiatalok száma (eset)		
								0	1	2
Naiwascha-tó	72	28	0	5,9	79	5,0	4,5	3,7	4,3	0
Viktória-tó	30	50	20	13,0	24	4,9	4,6	1,8	3,6	4,6



9.4. ábra

A struccok közös fészke. A főtojó költi ki és őrzi a tojásokat. A melléktojók tojásait a fészek peremére gurítja, ahol azok áldozatul esnek a ragadozóknak, vagy nagyon felmelegedve elpusztulnak

Csupasz túrkáló

- Kolóniában akár 80 egyed, de csak a fő párnak vannak utódai
- „steril” egyedek két csoport, - ásók, -gondoskodók/védők
- Közös”latrina”, ahol a fő pár kémiai vegyületekkel korlátozza a többi egyed szaporodási képességét



Együttműködés

Rokonszelekció

- **oroszlánok:** felnőtt hímek is, felnőtt nőstények is gyakran közeli rokonok
- **segítők (helperek):** kék bozótszajkó, panyókás sakál, bölcsőszájú halak
általában erős ökológiai kényszerek (fészkelőhely, revír, tojók száma korlátozott, táplálkozási előnyök)

Néha nem rokonok a helperek!

szürke halkapó, törpe manguszta, fehérhátó bohóchal

→ **jövőbeli szaporodási siker növekedése (+ genetikai előny rokon helpereknél)**

- **eusziális rovarok** (királynő, steril kasztok, átfedő generációk, közös utódgondozás)

Isopterák (diploidia) termeszek

nőivarú egyed – lánytesvével $r=0.5$

Hymenopterák (haplodiploidia) hangyák, méhek, darazsak

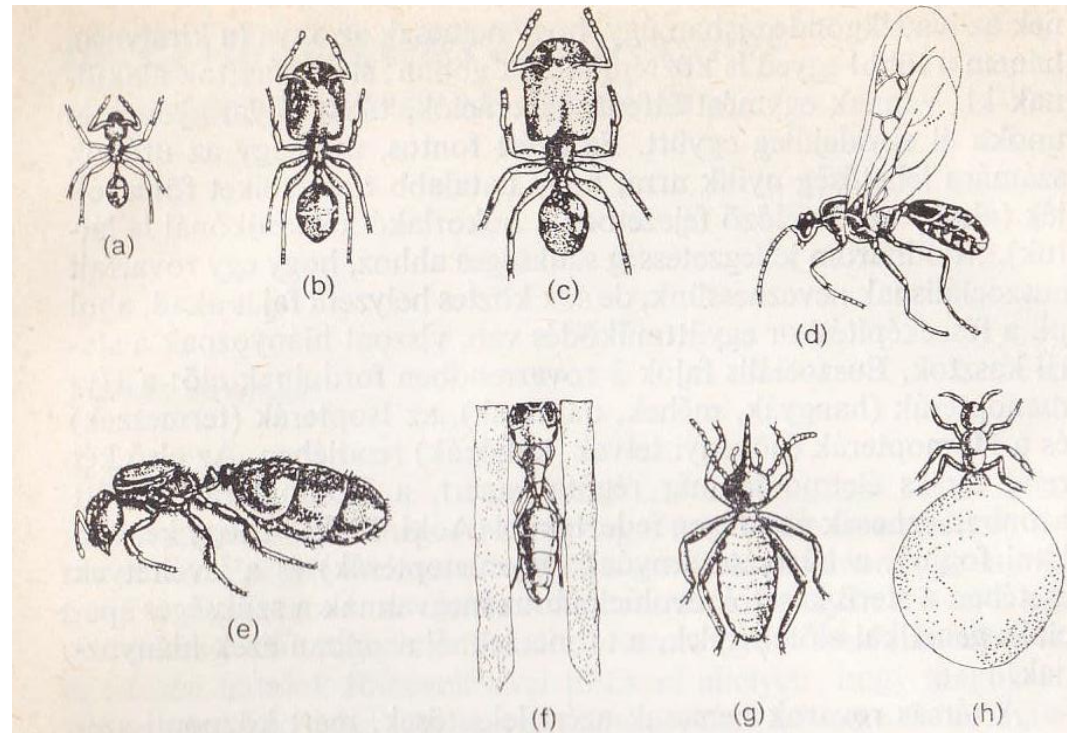
nőivarú egyed – lánytesvével $r=0.75$

Homopterák (időlegesen szűznemzés) növényi tetvek, kabócák

kolónia tagjai $r=1.00$

Hangyák

- Bolyt, kolóniát, egyetlen királynő alapítja meg
- Lerakott petékből dolgozók – steril nőstények, szárny nélkül
- A dolgozók feladata életkorukkal változik
- Dolgozó kasztok – lárvafejlődés során dől el
- A királynő szárnyas hímek és nőstény generációt hoz létre, amelyek elhagyják a bolyt
- A kolónia a királynő pusztulásával megszűnik

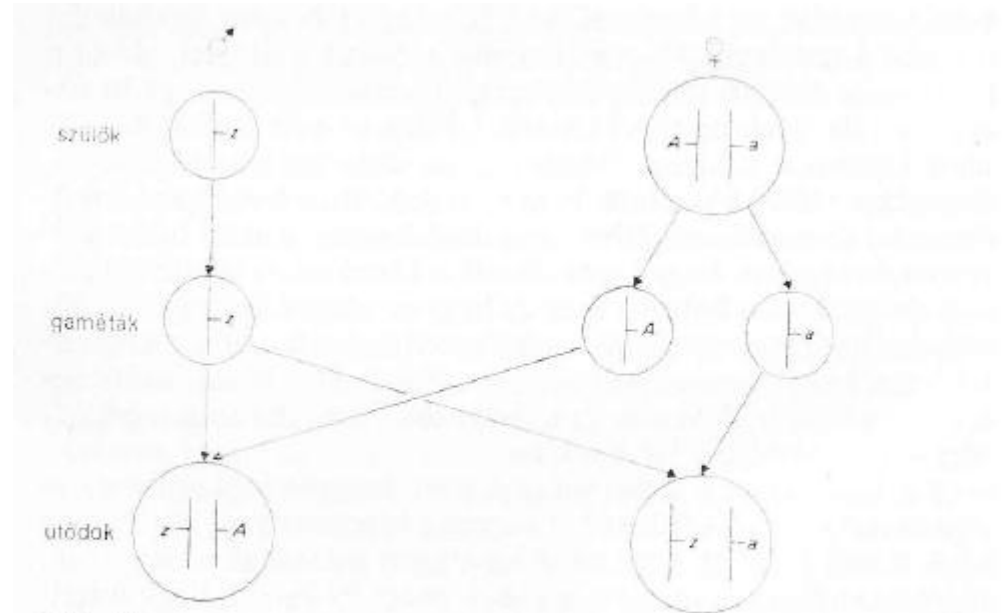


10.1. ábra

Példa a társas (államalkotó) rovarok kasztjaira. A felső sorban látjuk a különböző nőivarú kasztok rajzát és a *Pheidole kingi instabilis* hangya hímjét: a) kis dolgozó, b) közepes dolgozó, c) nagy dolgozó, d) hím, e) királynő. Az alsó sorban más fajok különbözőképpen specializálódott kasztjai láthatók: f) *Camponotus truncatus* lóhangya katonája, amely dugó alakú fejével a fészek bejáratát elzárja, és így ez a fészek élő bejárat ajtaja, g) steril kaszt az ausztráliai *Nasutitermes exitosus* termeszfajban; vízipisztoly alakú fejből mérgező anyagot tud az állat az ellenségre permetezni, h) a *Myrmecocystus* hosszúlábú sivatagi hangyák telt potrohú dolgozója állandóan a fészekben tartózkodik élő készletraktárként (E. O. Wilson, 1971)

Haplodiploidia és altruizmus a Hymenopteráknál

- Hímek –
megtermékenyítetlen
petékből fejlődnek és
haploidok
- Nőstények,
megtermékenyített
petékből fejlődnek és
diploidok
- A dolgozók genomja
75%-ban megegyezik –
magasabb mint
potenciális saját
utódokkal



10.4. ábra

Haplodiploid fajoknál 50%-os valószínűsége van annak, hogy két nőivarú testvérutódnál egy anyai allél (A vagy a) közösen (együttesen) lép fel, az apai allélok viszont 100%-ban közösek

10.2. táblázat

A közeli rokonok közötti rokonsági fokok egy haploid fajban

	Anya	Apa	Leány- testvér	Fü- testvér	Fü	Lány	Unoka- testvér
Nőstények	0,5	0,5	0,75	0,25	0,5	0,5	0,375
Hímek	1,0	0,0	0,5	0,5	0,0	1,0	0,25

Együttműködés

Az önző viselkedést könnyű evolúciósan megmagyarázni („Önző gén” elmélet)

Hogyan magyarázható az együttműködő viselkedés kialakulása?

- Rokonszelekció (szociális rovarok)
- Altruizmus (önzetlenség, kölcsönösség)

reciprok altruizmus (direkt kölcsönösség)

pl. vérszívó denevérek, ragadozó csoportos elkergetése

Mivel a csalás lehetősége mindig fennáll, ismerős egyedek között, nagyobb az együttműködés esélye → sokszor találkoznak egymással

indirekt kölcsönösség (emberek között, tisztogató hal és kliensei között)

a „hírnév” szerepe – a társak figyelik az egyed korábbi együttműködéseit

„vak” kölcsönösség (emberek, patkányok)

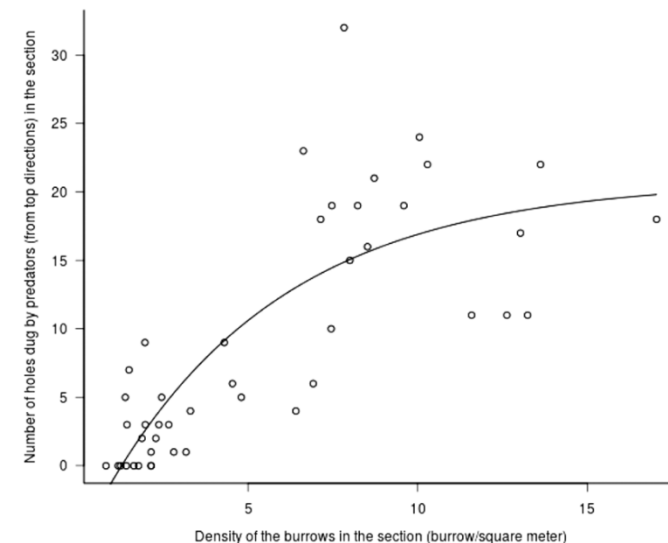
→ milyen gyakran kapott előzetesen segítséget (milyen gyakoriak a populációban az önzetlenül viselkedő egyedek), annak függvényében lesz az egyed is önzetlen másokkal

- **előzetes tapasztalat szükséges, de nem szükséges az egyedi azonosítás**
- **egyszerűbb kognitív folyamatokat feltételez**
- **így gyakoribb lehet mint a direkt és az indirekt kölcsönösség**

Madarak telepes fészkelése

Ragadozók elleni védelem:

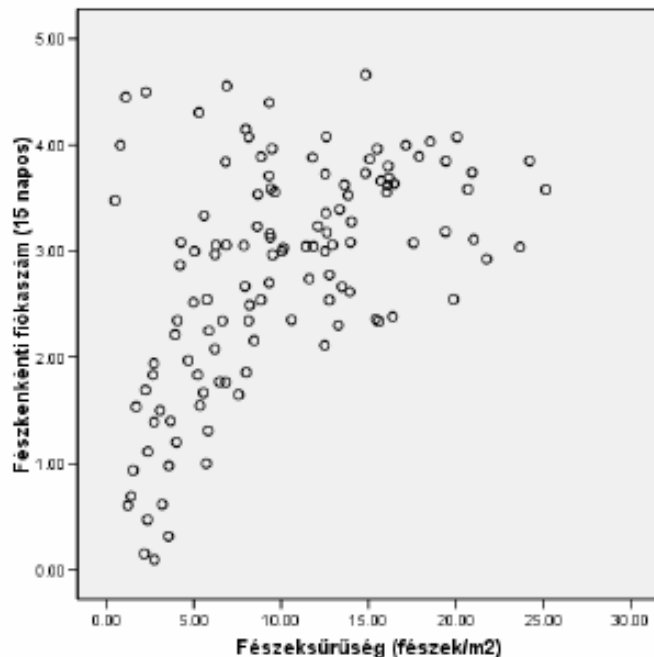
- Gólyafélék több mint 1000 faja összehasonlítása alapján (Valera et al. 2007)
 - Predáció mértéke nőhet a telepes fészkeléssel
- Nagy partifecske telepen a fészkek 30%-át meghaladó mértékű a róka általi ragadozás (Szép et al. 2016)
- Légi ragadozók általi predáció mértéke a vártnál alacsonyabb (Szép és Barta 1992)



Madarak telepes fészkelése

Táplálkozás hatékonyság

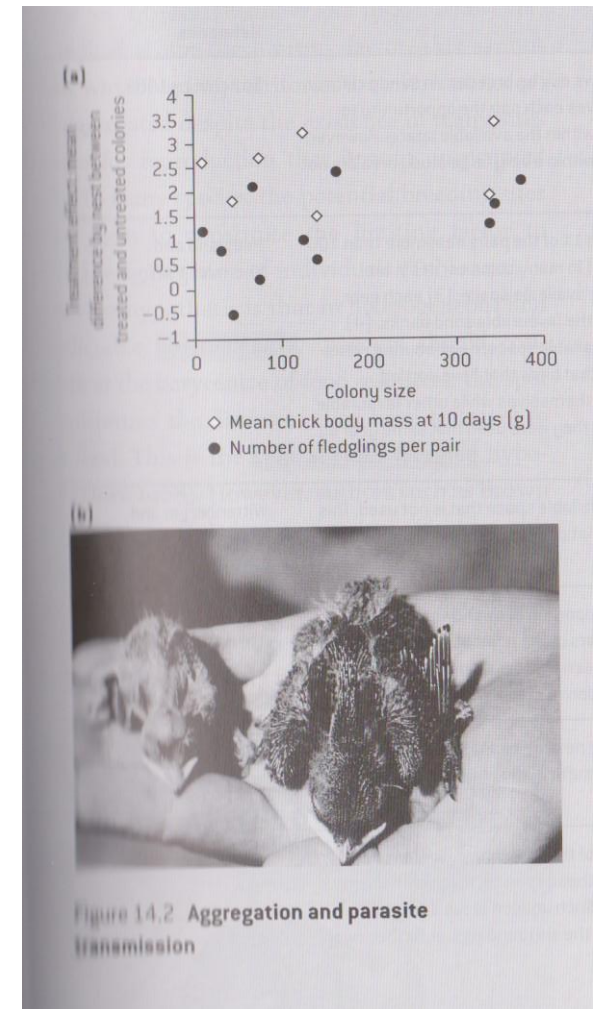
- A nagyobb, sűrűbb telepeken magasabb kirepült fiókák száma (Szép 2008)
- A táplálék helyéről szóló információcserének döntő szerepe lehet – jelentős nehézségek a vizsgálatban



10. Ábra. Fészkenkénti átlagos fiókaszáma (15 napos korban) az első költés alkalmával a vizsgált teleprészleteken mért fészkek sűrűség (fészek/m²) függvényében. Csak azon teleprészleteket vettük figyelembe, ahol omlás és emberi zavarás nem történt és volt sikeres első költés.

Madarak telepes fészkelése

Ektoparaziták negatív hatása növekszik a telep méretével (Brown és Brown 1996)



Madarak telepes fészkelése

A csoportos életmód háttérében rendkívül összetett folyamatok játszanak szerepet, amelyben az egyedek közötti eltérő „minőség” és a többi egyed által alkalmazott stratégiáknak van kiemelkedő jelentősége.....

4. Vetélytársak magatartása, Evolúciósan Stabil Stratégiák

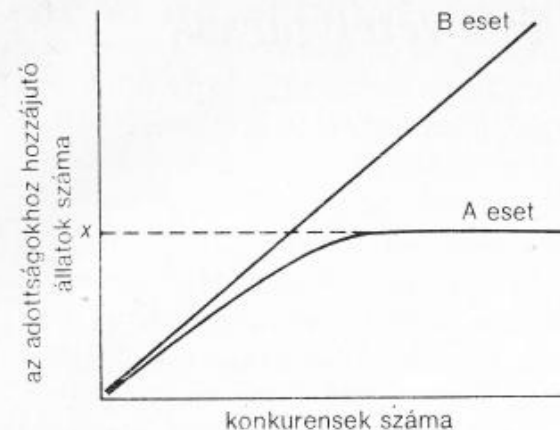
- Eddigiekben tárgyaltak során az egyed nyeresége nem függött a populáció többi tagjának viselkedésétől.
- Mi a helyzet ha az egyed nyeresége *függ* társai viselkedésétől?

Versengés az egyedek között

- Forráskompetíció (kiaknázás): versengő egyedeknek nincs tudomásuk egymásról, egyszerű optimalitás modellek;
- Interferencia
 - tülekedés: versengők tudnak egymásról, nincs agresszió, Ideálisan Szabad Eloszlás (játszma);
 - küzdelem: versengők tudnak egymásról, agresszió, Ideálisan Despotikus Eloszlás (játszma).

Kompetíció a forrásokért

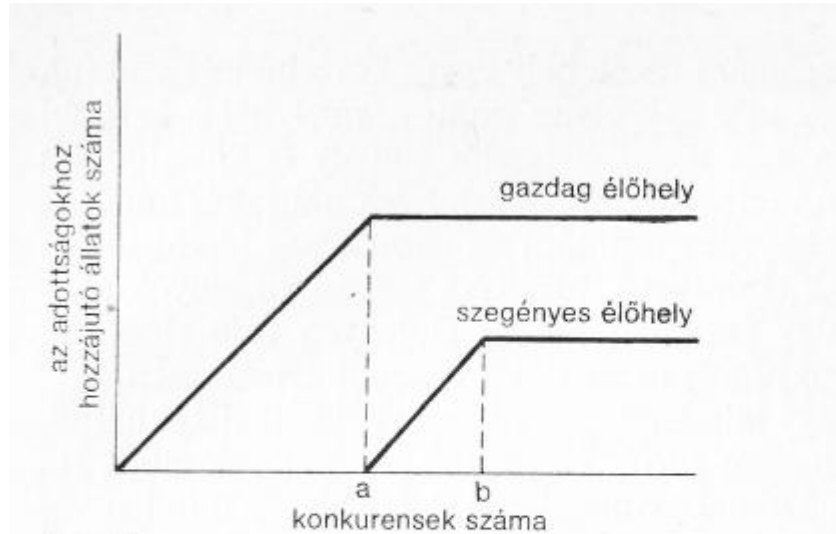
- Forráskompetíció (kiaknázás): versengő egyedeknek nincs tudomásuk egymásról, egyszerű optimalitás modellek;
- Interferencia
 - tülekedés: versengők tudnak egymásról, nincs agresszió, Ideálisan Szabad Eloszlás (játszma);
 - küzdelem: versengők tudnak egymásról, agresszió, Ideálisan Despotikus Eloszlás (játszma).



5.1. ábra

Két egyszerű modell a környezeti feltételekért folyó konkurenciára. Az A esetben néhány egyed zsarnokként viselkedik, és kizárja a konkurenszeket a létfeltételekből. Csak x számú egyednek van lehetősége arra, hogy az adottságokhoz hozzáférjen. A B esetben minden állategyed hozzáfér a létfeltételekhez, és ezek megoszlának az egyedek között

Ideálisan Despotikus Eloszlás



5.2. ábra

A eset: a despotikus viselkedés. A konkurenszek először a jó adottságú élőhelyet foglalják el. Ha ez betelt (a pont), akkor minden újabban érkező egyed kénytelen a gyengébb adottságú élőhelyet elfoglalni. Ha ez is betelt (b pont), akkor minden további konkurens kirekesztődik a két élőhelyről, és kénytelen lesz „csavargóként” ide-oda kóborolni (Brown nyomán)

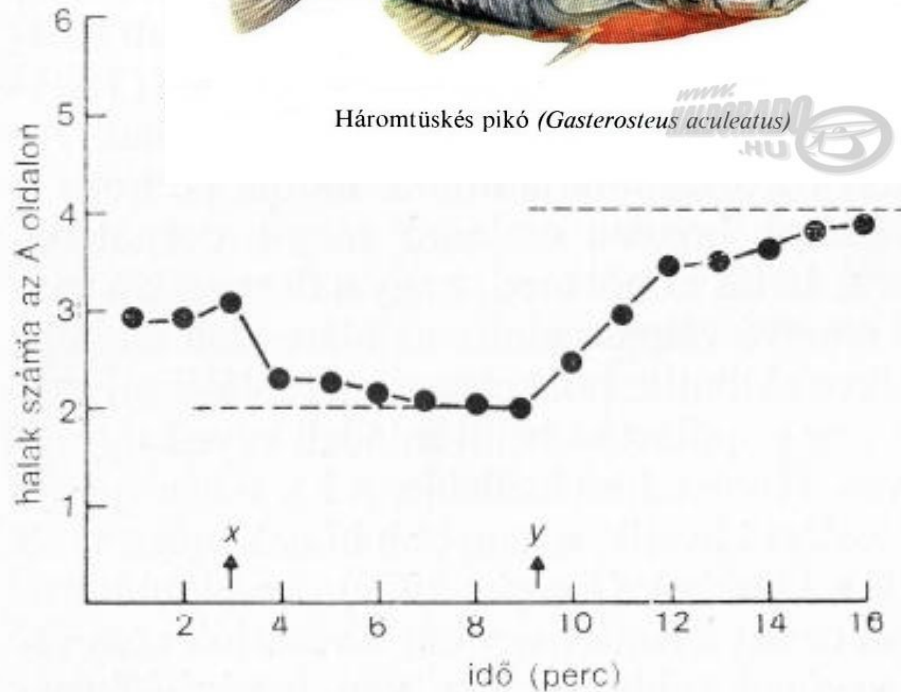
Szécinege: idős erdő – sarjerdő

sarjerdőben rosszabb költési siker

Az Ideálisan Szabad Eloszlás



Háromtűkés pikó (*Gasterosteus aculeatus*)



5.4. ábra

Milinski (1979) 6 tűkés pikóval végzett etetési kísérlete. Az akvárium egyik (B) végén az x ponton kétszer annyi táplálékot kaptak a halak, mint a másik végén (A). Y pontnál az etetési arányt megfordították. Az A oldalra várt halak számát szaggatott vonal jelzi (ideálisan szabad választás feltételezése mellett). A kihúzott vonal a ténylegesen megfigyelt halegyedszámot tükrözi (ezt több kísérlet ismételése alapján húzták meg)

6 egyed egy akváriumban

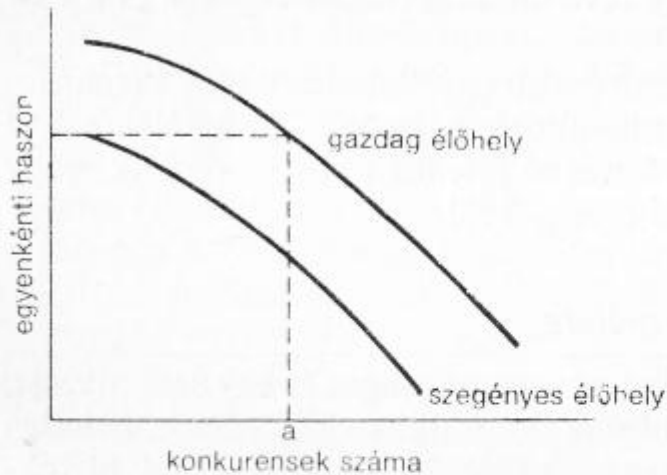
Az akvárium kétoldalán

A vs. B
vízibolha
táplálékot
adagolnak

Időegység alatt
változó
mennyiségben

Hogyan
oszlának meg a
halak a két
oldal között

Az Ideálisan Szabad Eloszlás



5.3. ábra

B eset: az ökológiai adottságok (resources) kihasználása. Az adottságokat hasznosító konkurenszek száma nem korlátozott, és minden egyed szabadon választja meg, hogy hova menjen. Az elsőként érkezők a jó adottságú élőhelyet foglalják el. Minél több érkezik ide, annál kevesebb lesz az egy individuumra eső készlet. Ezért elérkezik egy pont (a), ahol a jó adottságú élőhely már csak a gyengébb adottságúval azonos vonzerőt jelent. Ettől a ponttól kezdve a két élőhely azonos mértékben telítődik, és az egy egyedre eső készlet mindkét élőhelyen azonos lesz (Frettwell, 1972 nyomán)

Örvös légykapó: völgy – hegy teteje

költési siker megegyezik két területen a madarak betelepülése után

A két játszma összefonódása

Nyárfalevél- gubacstetű

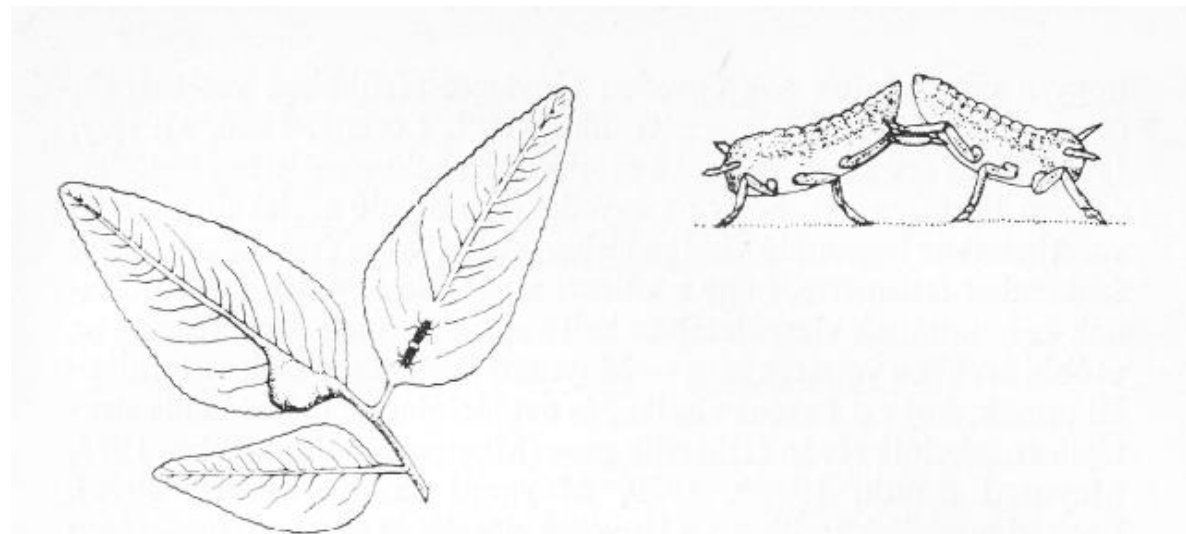
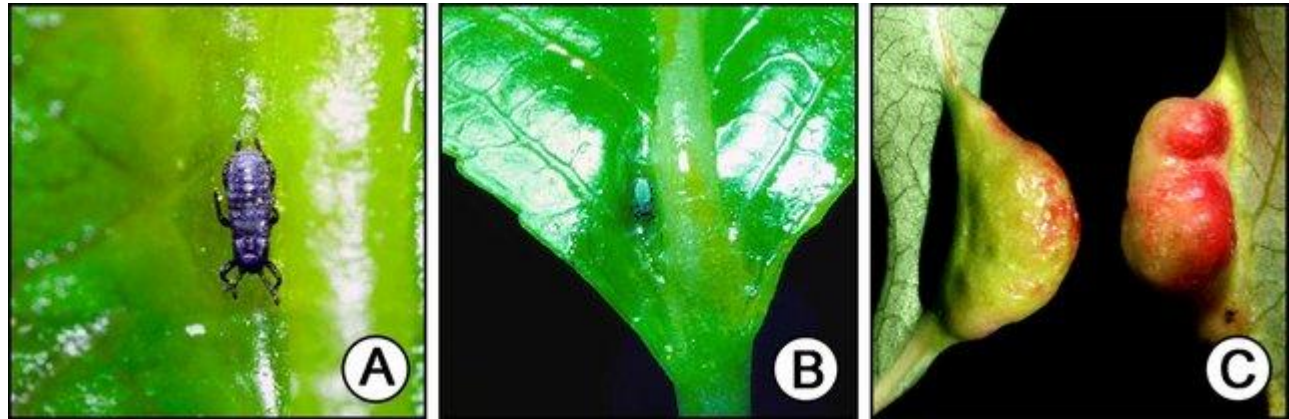
szaporodási siker függ:

- levélméret
- többi törzsanya száma

➔ Ideálisan szabad eloszlás

Levélér mentén
szívogatónak nagyobb a
sikere: küzdenek a
helyért

➔ despotizmus élőhelyen
belül



5.6. ábra

A nyárfalevél-gubacstetű (*Pemphigus betae*) törzsanyái harcot vívnak egymással egyazon levélen a jobb helyekért, és eközben egymást rúgják, tolják. A nyertes törzsanya a levél középső ereinek tövéénél telepszik meg, ahol legkedvezőbb a tápanyagáramlás (Witham, 1979)

A két játszma összefonódása

Nyárfalevél-gubacstetű

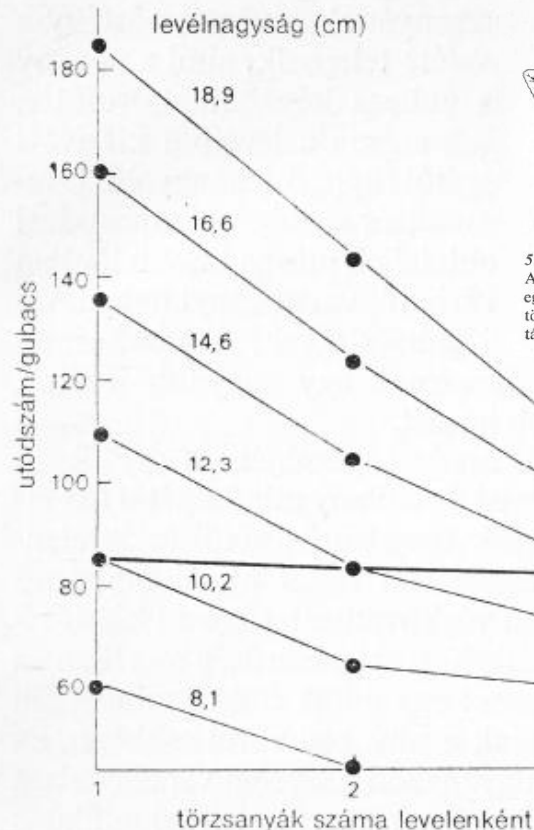
szaporodási siker függ:

- levélméret
- többi törzsanya száma

➔ Ideálisan szabad eloszlás

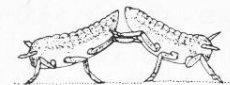
Levélér mentén szívogatónak
nagyobb a sikere: küzdenek
a helyért

➔ despotizmus élőhelyen belül



5.6. ábra

A nyárfalevél-gubacstetű (*Pemphigus betae*) törzssanyái harcot vívnak egymással egyazon levél a jobb helyekért, és eközben egymást rúgják, tolják. A nyertes törzsanya a levél középső ereinek tövénél telepszik meg, ahol legkedvezőbb a tápanyagáramlás (Witham, 1979)



5.5. ábra

A nyárfalevél-gubacstetű (*Pemphigus betae*) rátermettsége (fitnesse) különböző élőhelynagyság (levélfelület) és a konkurensok egyedsűrűsége (levelenkénti törzssanyaszám) esetében (vékony ferde vonalak). A vastag vízszintes vonal az átlagos szaporodási sikert mutatja levelenként egy, két vagy három törzsanya esetében (magyarázat a szövegben) (T. G. Witham, 1980 nyomán)

**A vastag vízszintes vonal az átlagos
szaporodási sikert mutatja**

Harci stratégiák

- Miért ritkák „az utolsó csepp vérig” küzdelmek az állatvilágban?
- **Miért nincs valódi összecsapás?**
 - Populáció fennmaradását rontaná a valódi küzdelem?
 - Egyedek számára optimális stratégia, ha nincs valódi küzdelem?

A héja-galamb játék

- Elnevezés, történet, Maynard-Smith
 - Alapeset: nyeremény < mint harc esetén a sérült vesztesége
 - kifizetési mátrix, a stratégiák aránya a populációban
 - Lehet-e ESS a galamb stratégia?
 - Lehet-e ESS a héja stratégia ?
- kevert stratégia** (polimorf populáció, vagy polimorf viselkedés)

A könyvben helytelenül sólyom-galamb játék néven szerepel, mert a hawk (héja) szót tévesen fordították magyarra sólyomnak

Héja (sólyom)-galamb játék

5.1. táblázat

Játék a sólymok és a galambok között (Maynard Smith nyomán)

a) Pontértékelés: nyertes + 50
vesztes 0

sérülés - 100
vetélkedés - 10

b) Mérlegmátrix: a támadó átlagos pontértékelése

Támadó	Ellenfél	
	sólyom	galamb
Sólyom	a) $\frac{1}{2}(50) + \frac{1}{2}(-100) = -25$	b) $+50$
Galamb	c) 0	d) $\frac{1}{2}(50 - 10) + \frac{1}{2}(-10) = +15$

Megjegyzések:

- a) Ha egy sólyom egy másik sólyomra támad, akkor a harcok egyik felében nyertes, a másik felében vesztes lesz.
- b) Egy sólyom minden esetben lecsap a galambra.
- c) A galamb a sólyommal szemben mindig meghátrál.
- d) Ha egy galamb egy másik galambot támad meg, akkor az csak színlelt vetélkedéssel intéződik el, és a támadó galamb az esetek egyik felében nyertes lesz.



- **stabil stratégia, ha van hēja és galamb is és az átlagos nyereségük megegyező**

- pl. **h - hēják aránya**

1-h - galambok aránya

Költség-haszon:

hēja $H = -25h + 50(1-h)$

galamb $G = 0h + 15(1-h)$

$H = G$ $h_{\text{hēja}} = 7/12$

$h_{\text{galamb}} = 5/12$

vagyis Evolúciósan Stabil Stratégia (ESS) ha:

1. Az egyedek 7/12-e hēját az egyedek 5/12-e galambot játszik (tisztá stratégia)

vagy

2. Minden egyed vagy hēját vagy galambot játszik 7/12 ill. 5/12 valószínűséggel (kevert stratégia)

- nettó nyereség ESS esetén (héja és galamb): 6,25!

- héja: $(-25 \times 7/12) + 50 (5/12) = 6,25$

- galamb: $(0 \times 7/12) + 15 (5/12) = 6,25$

- nettó nyereség - csak galamb: 15! – optimális, de nem stabil!!!

- ESS: 6,25 – nem optimális, de stabil!!!

Az ESS

- Ez a stratégia az ún. evolúciósan stabil stratégia (ESS).

Evolúciósan stabil stratégia (ESS) az a stratégia, ami mellett egyetlen más ritka mutáns sem terjedhet el a populációban

Ha nincs más új stratégia és a meglévő stratégiák haszon/költség értékei nem változnak!

Mi történik, ha egy új stratégia/magatartás jelentkezik?

-Kizsákmányoló stratégia:

Héjaként viselkednek ha tulajdonosok

Galambként viselkednek ha betolakodók

Feltételezzük, hogy az esetek felében tulajdonosok, máskor betolakodók

A Kizsákmányoló stratégia lesz az ESS

Átlagos nyereség:

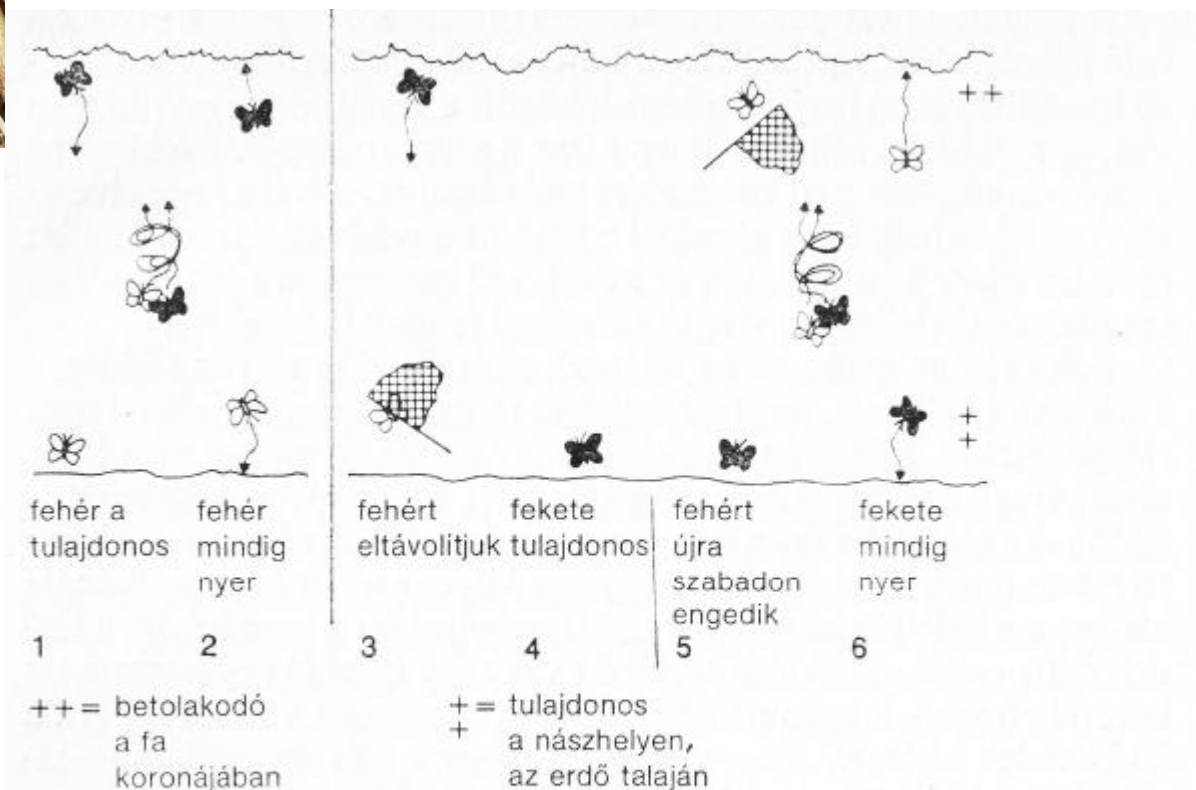
+25 pont ha csak Kizsákmányolók vannak

+12.5 pont héja nyereség a Kizsákmányolók között

+7.5 pont galamb nyereség a Kizsákmányolók között



Erdei szemeslepkénél
A „kizsákmányoló”
stratégia (tulajdonos a
harciasabb) a gyakori



5.7. ábra

Ez a kísérlet azt mutatta, hogy a *Pararge aegeria* szemeslepke hímje a kizsákmányoló stratégiát a nászhelyekért vívott harc elsimítására használja. A tulajdonos nyert, a betolakodó visszavonult; hogy a két hím közül végül is melyik lesz a nyertes, az attól függ, hogy melyikük helyileg az illetékes (Davies, 1978a)

1. A legjobb stratégia mások viselkedésétől függ (frekvencia függő). Nincs legjobb stratégia, csak ESS, amely az adott populációban jelenlévő stratégiáktól és azok költség/haszon jellemzőitől függ.

2. Az ESS stratégia az egyes viselkedési egységek költség/haszon értékétől függ (pl. a megadott számoktól a modellben - pl. ha a haszon >>> veszteség - tiszta héja stratégia). Ez a természetben sok tényezőtől függ és időben és térben változhat.

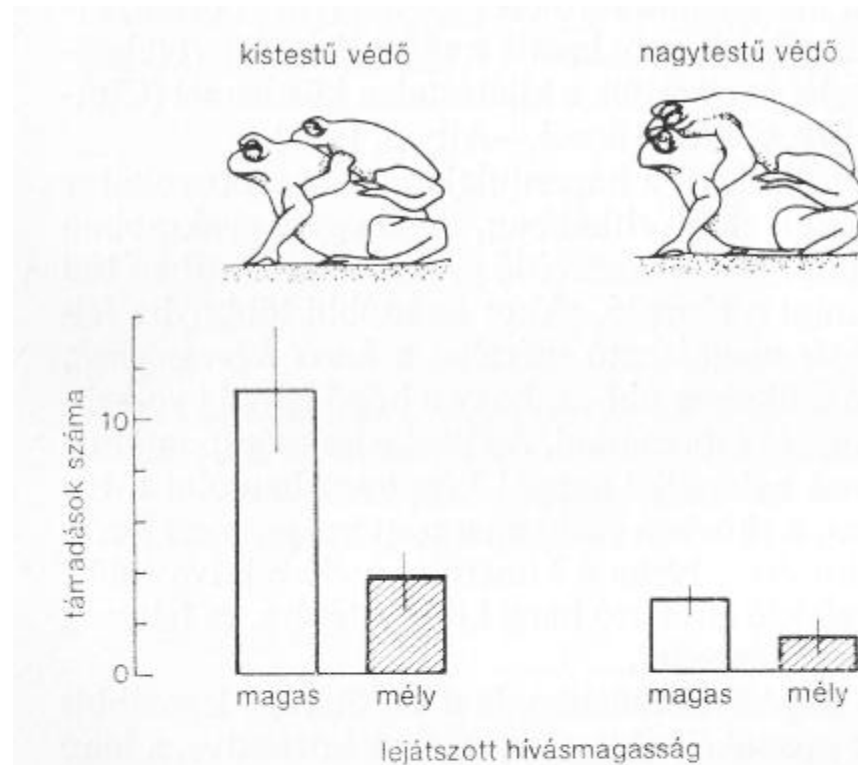
Harc és testi erő

Az ellenfél testi erejének ismerete jelentősen befolyásolja a harc intenzitását

Ha nagyobb vagy -> héja

Ha kisebb -> galamb

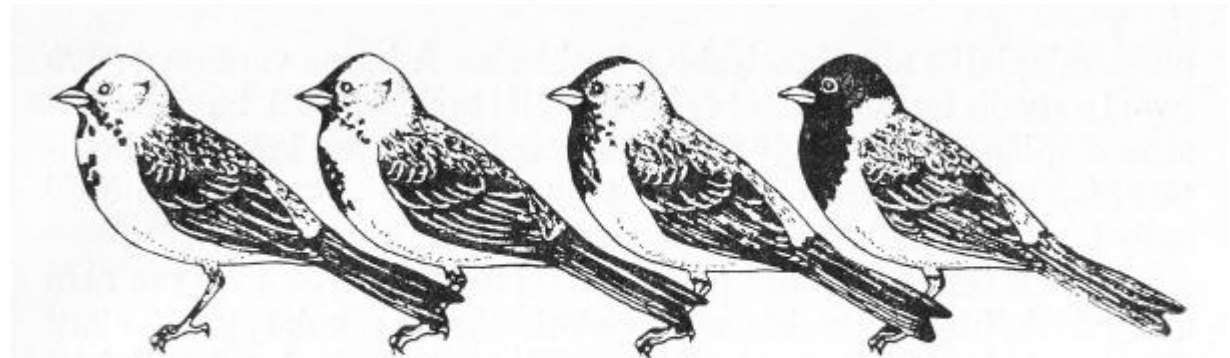
Ha hasonló -> kizsákmányoló



5.8. ábra

Kísérlet a barna varangy (*Bufo bufo*) harci erejének a felmérésére. A közepes nagyságú hímek megtámadták a nőstényen ülő, gumiszalag segítségével némává tett hímeket, akár nagy, akár kicsi volt. Támadás közben a pár közelében egy hangszóró párzást kísérő hangszignált sugárzott. Mindegyik „néma” hímmel szemben kisebb volt a támadások száma akkor, ha a hangszóróból egy nagytestű hím mély brekegése volt hallható, mint akkor, ha egy kis hím magasabb hangját sugározták. A brekegés magassága tehát az ellenfél testnagyságának és ezzel harci erejének a felmérését szolgálja. A hangszignál azonban nem az egyetlen lehetőség a rivális erejének megbecsülésére, mivel a nagytestű védőt mindegyik hangmagasság sugárzása esetén kevesebb támadás érte. A nagytestű béka láb-rúgásainak erőssége ugyanis szintén szerepet játszik (Davies—Halliday, 1978)

Dominanciaharc a csoporton belül



5.9. ábra

A nagy sármánypinty tollszíneződésének variabilitása. A sötét hímek a csoportban dominánsak, és többnyire a harcban is győztesek

A sötétebb tollazatú
egyedek a
dominánsabbak

Miért nem sötét minden
egyed tollazat?

5.2. táblázat

Dominanciát kifejező szignálokkal nagy sármánypintycsapatban végzett kísérletek eredményeinek összefoglalása (Rohwer—Rohwer nyomán)

Alárendelt állatok kísérleti kezelése	Domináns külső	Domináns viselkedés	Rangemelkedés
1. Tollazat feketére festése	igen	nem	nem
2. Tesztoszteroninjekció	nem	igen	nem
3. Feketére festés tesztoszteron- kezeléssel	igen	igen	igen

5. Kommunikáció és a jelzések evolúciója

Hogyan döntenek az állatok valódi küzdelmek nélkül?

Milyen célra használnak még jelzéseket?

Milyen hatások alakítják a jelzések változatosságát?

Megbízhatnak-e a másik jelzésének őszinteségében?

A kommunikáció az állatok körében általánosan elterjedt, a használt jelzések rendkívül változatosak.

Kommunikáció

- **a jelt adó számára hasznos** (különben nem maradna fenn)
- a vevő a jelet fogadja (észleli), viselkedését módosít(hat)ja

A kommunikáció általános definíciója szerint az egyik (jelt adó) szervezet *specifikus* szignálja egy másik egyed (a vevő) viselkedését valamilyen tekintetben módosítja, és ebből a jelt adó szervezet előnyt élvez.

- **a vevő számára nem hasznos – NEM KOOPERATÍV JELZÉS**
pl. horgászhal, keselyűteknős, téves vészjelek
a jelenségek ritkasága tartja fenn a kommunikációt
- **a vevő számára is hasznos – KOOPERATÍV JELZÉS**
jelzések nagy része
a valódi kommunikáció mindkét fél számára előnyös



a jelzés információtartalmának függvényében különböző előnyök

Jelzések csoportosítása

Számos szempont alapján

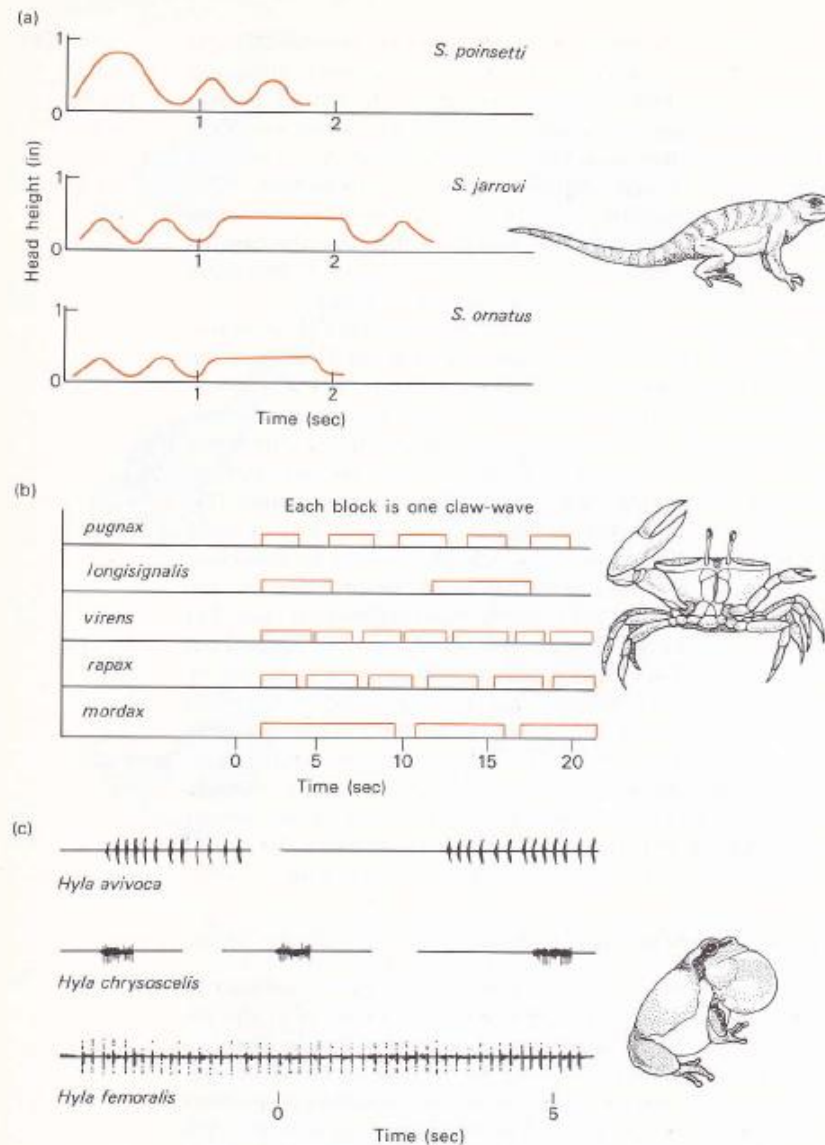
- **Információ-tartalom**

- azonosítók: faj, rokonok vagy egyedek felismerését is szolgálhatja
- minőségjelzők: párválasztásnál hím vagy a nőstény minősége, csapatokban, dominanciarang, ragadozóknak menekülési képesség
- motiváltság-jelzők: agresszió, menekülési vagy párzási szándék, éhség
- információ a környezetről: táplálék helye, távolsága, megtalálása, ragadozó, ragadozó típusa (földi, repülő), betolakodó fajtárs

4. 1. TÁBLÁZAT > Példák különböző szemantikus információt hordozó jelzésrendszerekre

Az információ típusa	Faj Azonosítók	Jelzés	Hivatkozás
fajfelismerés	pók <i>Cupienius getazi</i>	hímek hálózegzetése a nőstény hálóján	Schmitt et al. 1994
rokonfelismerés	aranyhörcsög <i>Mesocricetus auratus</i>	szagjelzés mirigyváladékkal	Heth et al. 1998
egyedi azonosítás	kőforgató <i>Arenaria interpres</i>	tollazat mintázottsá- gának egyedi változa- tossága	Whitfield 1988
hím minőség (párválasztásban)	Egyed minőségé- nek jelzése viaszmoly <i>Achroia grisella</i>	hímek ultrahangjelzé- seinek energiája	Jang és Greenfield 1996
hím minőség (párválasztásban)	füstifecske <i>Hirundo rustica</i>	hímek farktollainak hosszúsága	Møller 1994
dominanciarang csapatban	házi veréb <i>Passer domesticus</i>	hímek begyöltjának mérete	Møller 1987
menekülési képesség jelzése ragadozónak	mezei pacsirta <i>Alauda arvensis</i>	menekülés alatti ének minősége	Cresswell 1994
menekülési képesség jelzése ragadozónak	Thomson gazella <i>Gazella thomsoni</i>	menekülés alatti szökkenés (stotting)	FitzGibbon és Fanshwe 1988
agresszió jelzése	Egyed motiváltsá- gának jelzése elektromoshal <i>Synodontis sp.</i>	elektromos kisülések	Baron et al. 1994
menekülési szándék (jelzés a ragadozónak, hogy észrevették)	vízityúk <i>Gallinula chloropus</i>	farokrezegetés (fehér farktollak villogtatása)	Alvarez 1993a
éhség jelzése	énekesmadarak <i>Passeridae</i>	fiókák kéregető hangja	Briskie et al. 1994
táplálék helyének és távolságának jelzése	Információ a környezetről házi méh <i>Apis mellifera</i>	dolgozók „rezgőtánca”	von Frish 1967
megtalált táplálék jelzése	gyapjashátú tamarin <i>Saguinus oedipus</i>	kiáltások	Roush és Snowdon 1994
ragadozó jelzése csapattársaknak	házityúk <i>Gallus gallus</i>	riasztóhangok repülő és földi ragadozókra	Evans et al. 1993
kopuláció jelzése a csapat hímjeinek	pávián <i>Papio cynocephalus</i>	nőstények kopulációs kiáltása	O’Connell és Cowlshaw 1994
territóriumon megje- lenő betolakodó jel- zése szomszédnak	kardinális pinta <i>Paroaria gularis</i>	feltűnő üldözés, hangadás üldözéskor	Eason és Stamps 1993

Fajazonosító



Jelzések csoportosítása

Számos szempont alapján

- **Információ-tartalom**
 - azonosítók: faj, rokonok vagy egyedek felismerését is szolgálhatja
 - minőségjelzők: párválasztásnál hím vagy a nőstény minősége, csapatokban dominanciarang, ragadozóknak menekülési képesség
 - motiváltság-jelzők: agresszió, menekülési vagy párzási szándék, éhség
 - információ a környezetről: táplálék helye, távolsága, megtalálása, ragadozó, ragadozó típusa (földi, repülő), betolakodó fajtárs
- **állatok érzékszervi változatossága → fizikai hordozók változatossága**
kémiai, vizuális, akusztikus, taktilis, elektromos
- **ökológiai kényszerek**

A csatorna sajátosságai	A szignál fajtái		
	kémiai	akusztikus	vizuális
Hatótávolság	nagy	nagy	közepes
A szignál változásának sebessége	lassan	gyorsan	gyorsan
Energiafordítás	csekély	nagy	csekély

terjedés sebessége, jelzés tartóssága

Kommunikáció sémája

energiaráfordítás



terjedés korlátai



jelt vevő dönt

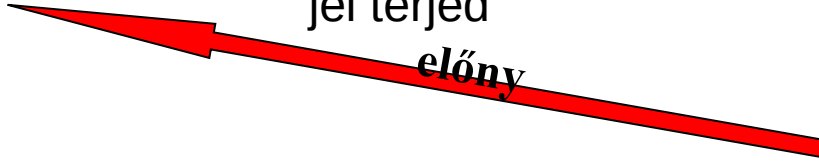


jelt adó jelez



jelt vevő észleli

jel terjed
előny



megváltoztatja viselkedését



A szignálok keletkezése

- Miért vicsorít a farkas, ha fenyeget?

Sok szignál a jelt adó szervezet mellékes mozdulataiból vagy reakcióiból fejlődött ki, és csak véletlenül vált hírközlő jellegűvé a vevőegyed számára

→ azok szelektálódnak tovább, amelyek legjobban megjósolják az egyed viselkedését (vagy más tulajdonságát)

Hipotézisek:

– **gondolatolvasási hipotézis (mind-reading)**

farkasok vicsorgása, vizuális vészjelek, zsákmány predátort figyelmeztető jelzései

– **érzékszervi preferenciák kihasználása (sensory exploitation)**

kardfarkú halak farokhossza, békák nászhangja, alkák bóbitája, víziatkák hullámkeltése

– **Fisher-féle megszaladó szelekció (runaway selection)** – párválasztási jelzéseknél

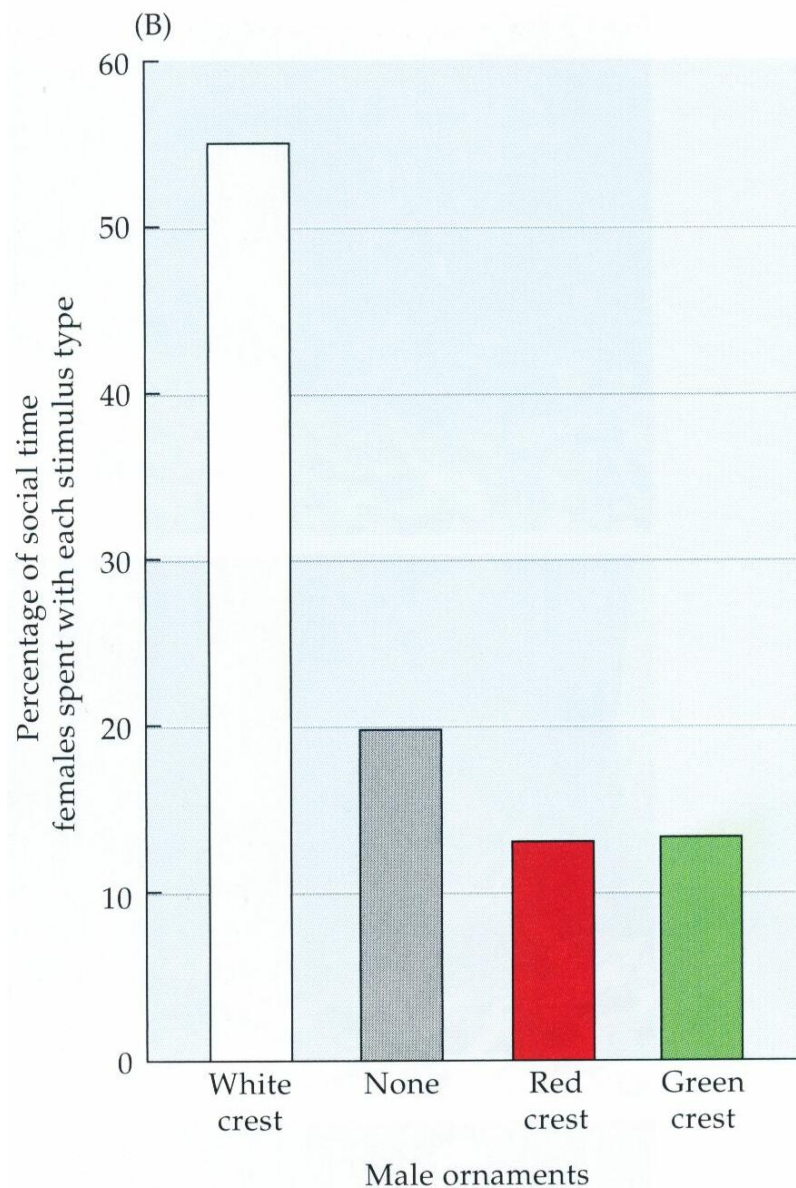
genetikai korreláció várható a nőstények preferenciája és a hím jelleg kifejezettsége között példák (guppik, nyelesszemű legyek), ellenpéldák (kardfarkú hal méretpreferenciája)

Hímek esélye -> nőstények gyengéjének felderítése (sensory exploitation)

- zebrapinty



A hímek fejének tetejére ragasztott fehér toll növelte a tojók érdeklődését a párválasztás során.





A szignálok keletkezése

- Miért vicsorít a farkas, ha fenyeget?

Sok szignál a jelt adó szervezet mellékes mozdulataiból vagy reakcióiból fejlődött ki, és csak véletlenül vált hírközlő jellegűvé a vevőegyed számára

→ azok szelektálódnak tovább, amelyek legjobban megjósolják az egyed viselkedését (vagy más tulajdonságát)

Hipotézisek:

– **gondolatolvasási hipotézis (mind-reading)**

farkasok vicsorgása, vizuális vészjelek, zsákmány predátort figyelmeztető jelzései

– **érzékszervi preferenciák kihasználása (sensory exploitation)**

kardfarkú halak farokhossza, békák nászhangja, alkák bóbitája, víziatkák hullámkeltése

– **Fisher-féle megszaladó szelekció (runaway selection)** – párválasztási jelzéseknél

genetikai korreláció várható a nőstények preferenciája és a hím jelleg kifejezettsége között példák (guppik, nyelesszemű legyek), ellenpéldák (kardfarkúhal méretpreferenciája)

- **Fisher-féle megszaladó szelekció (runaway selection)**



Figure 16.9 Examples of handicaps: size indicators and male quality

The spacing between the eyes placed at the tip of stalks varies among males and is a honest indicator of the relative size and male competitive ability in male stalk-eyed flies, *Cytodopsis whitei*. Males fight with their legs and not with their heads or their eyes.

Photograph generously provided by Mark Moffett.

Ritualizáció

Valamely jelleg szignállá válását nevezzük ritualizációnak.

A ritualizáció folyamata

1. mozdulatok leegyszerűsödnek, lelassulnak
2. sokszori ismétlés (**redundáns**)
3. **feltűnő** szín, tollazat, hang, mozgás, stb. felerősíti a hatást
4. megszabott sorrendben feltűnő mozdulatok követik egymást
5. fajon és egyeden belül is azonos módon jelenik meg (**sztereotíp**), így könnyen felismerhető
6. az információt hordozó rész gyakran **figyelemfelkeltő elem** előzi meg

a jelzés észlelhetőségét segítik

Kommunikáció és a környezet

Videó: Élet erőpróbái: DVD4, Cím1: 13:20-15:55 (11:29)

- molnárpoloskák
- harangozómadár
- sikító piha

Videó: Madarak élete, DVD2, (01_3: 7:27-

Kommunikáció és a környezet

Kommunikáció a hangyák között – toborzó viselkedés

Leptothorax

- elpusztult rovarokkal táplálkozik
- 1 egyed nem képes bevinni a bolyba zsákmányt → visszamegy a fészekbe, ott szaganyagot bocsát ki → aktiválja többieket
- folyamatos taktilis inger kell miközben társát visszavezeti a zsákmányhoz

Tolvajhangya

- élő rovarokat ejt zsákmányul
- több egyed kell zsákmány beszállításához
- miközben visszatér a fészekbe, aktiváló szaganyagot bocsát ki → a többiek ennek nyomán találják meg a zsákmányt
- többiek is hátrahagynak szagokat → még több egyed megy zsákmányhoz
- illó szaganyag → megújuló megerősítés szükséges, hogy még megvan a zsákmány

Levélvágó hangya

- táplálékforrásuk állandó vagy megújuló
- táplálkozási útvonalat hosszan tartó illattal jelölik vagy ösvényt vágnek növényzet között

Kommunikáció módja a zsákmányhoz igazodik

Kommunikáció és a környezet

Hangjelzések érzékelése

Madarak éneke az élőhely struktúrájával összefügg

fajok közötti különbség:

- erdei madárfaj: mélyebb hang, sok tiszta hang, egyszerű fütty
- mezei madárfaj: magasabb hang, kevés tiszta hang, bonyolult trilla

a különbség fajon belül is megtalálható:

- sűrű erdő: alacsonyabb frekvenciájú (mélyebb), sok tiszta hang
- ligetes erdő: magasabb frekvenciájú (magasabb), kevesebb tiszta hang

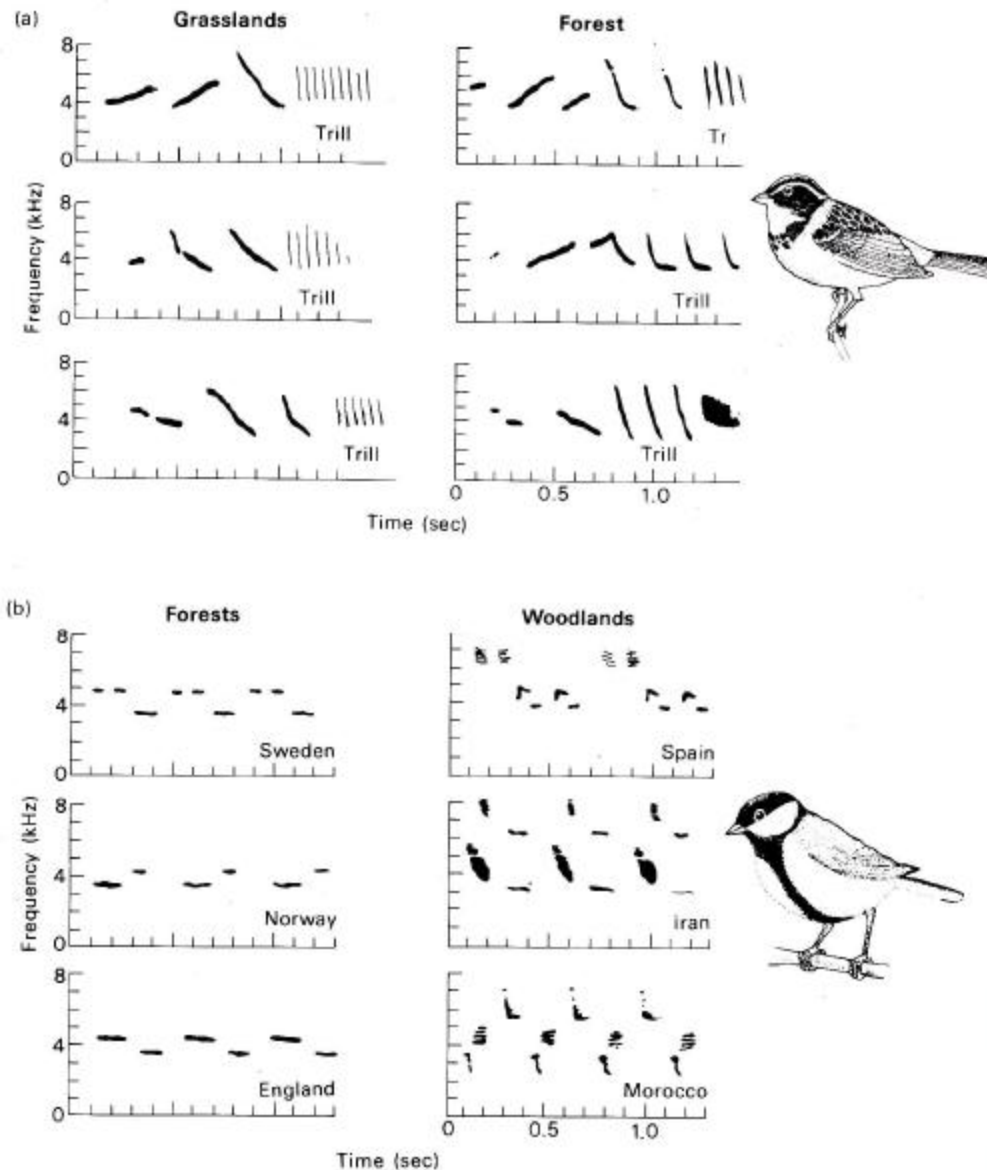


Fig. 14.2. (a) The song of the rufous-collared sparrow (chingolo) has slower trills in forests than in open country. (b) Great tits in dense forests sing songs with a narrower range of frequencies, lower maximum frequency and fewer notes than the songs of open country birds.

Hang frekvencia és észlelhetőség

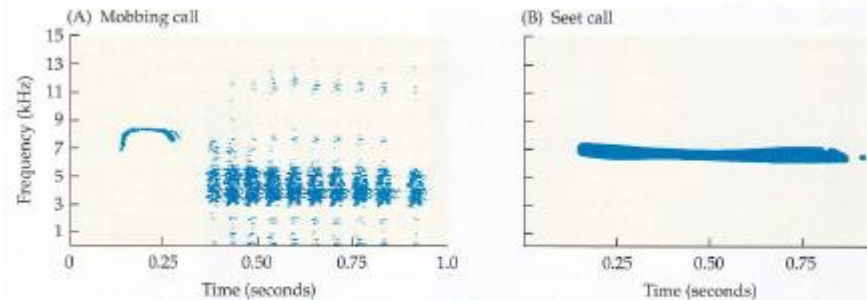
- Ragadozó madárra (pl. karvaly) történő riasztáskor magas frekvenciájú hangot használnak - nehéz lokalizálni a hangadó pozícióját.



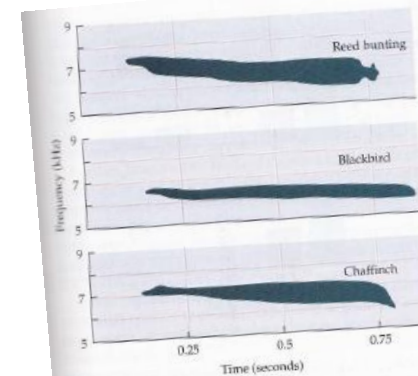
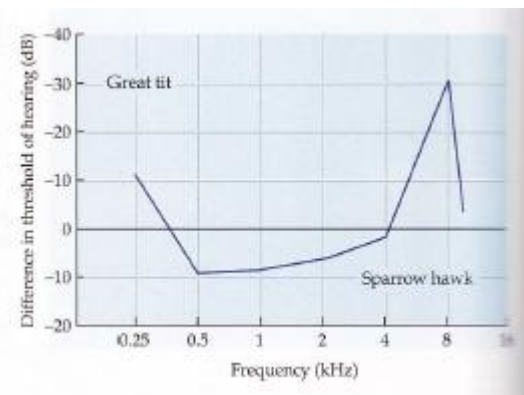
Great tit



Sparrow hawk



27 Great tit alarm calls. Sonograms of (A) the mobbing call and (B) the 'seet' alarm call. Note the lower sound frequencies in the mobbing signal. A, courtesy of William Latimer; B, courtesy of Peter Marler.



29 Convergent evolution in a signal. The great tit's high-pitched 'seet' alarm call (see Figure 27B) is very similar to the alarm calls given by other unrelated songbirds when they spot an approaching hawk. After Marler [756].

Kommunikáció és a környezet

Hangjelzések érzékelése

Eltérő távolságokra szolgáló kommunikáció

galléros mangábe

1. kiáltó (huhugó) hang: revírhatárt jelöli
2. visító (torok-) hang: csoporton belüli vetélkedés

huhugó hang mélyebb → messzebbre hallatszik

Eltérő célokra szolgáló kommunikáció

borz:

legalább 16 eltérő hangjelzést figyeltek meg



Videó: Élet erőpróbái: DVD4, 1. Fejezet, 19:30 (18:20), mangabék, cerkófok vészjelei

Infrahang: bálnák éneke – hatótávolsága több száz vagy akár néhány ezer km
elefántok, vízilovak, rinocéroszok, zsiráfok, okapik, aligátorok

Ultrahang: fülesmakik, koboldmaki – 65, ill. 90 kHz-ig hallanak és kommunikálnak
ragadozók figyelmének felhívását kerüli el?

denevérek, delfinek, egerek, patkányok, egyes békák

Kommunikáció és a környezet

Vizuális jelzések érzékelése

Színek

tengerek, erdők: a fénynek csak bizonyos hullámhossz-tartománya van jelen
- a fényviszonyok ismeretében megjósolható a hatékony jelzések színe

4. 2. TÁBLÁZAT > Erdei élőhelyek fényviszonyai dél-amerikai patakok mentén (Endler 1992).

Az egyes élőhelyeken azok a legjobban detektálható színek, amelyek a nagy intenzitású hullámhossz-tartományokban vernek vissza (a nagyméretű nyiladékokban nincs kitüntetett szín).

Élőhely típusa	Maximális intenzitású fénytartomány (nm)	Legjobban detektálható szín
Erdőszegély	400–500	kék, zöldeskék, UV
Árnyékos erdő	500–600	zöld, sárga
Kisméretű nyiladék	600–700	narancs, vörös
Nagyméretű nyiladék	400–700	–

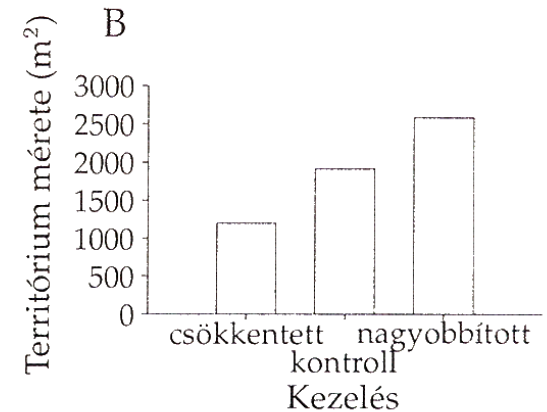
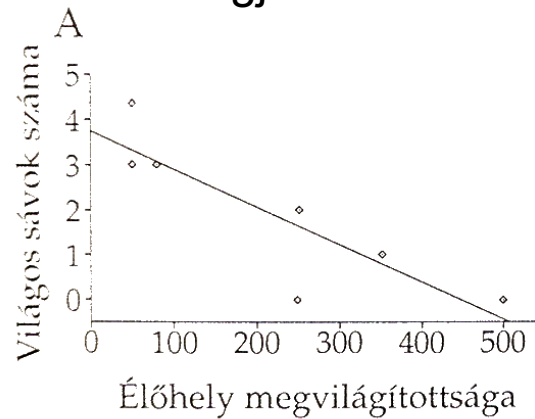
Kommunikáció és a környezet

Vizuális jelzések érzékelése

Színek

tengerek, erdők: a fénynek csak bizonyos hullámhossz-tartománya van jelen

- a fényviszonyok ismeretében megjósolható a hatékony jelzések színe
- fűzikék színes sávjai



4. 4. ÁBRA A) A feltűnő színű szárny és fejsávok száma az élőhely megvilágítottságának függvényében hét indiai fűzike-faj (*Phylloscopus*) esetében. B) A territóriumok átlagos mérete *P. inornatus* fűzikéknél a szárnyasávok méretének megváltoztatását követően (Marchetti 1993 alapján)

mélytengeri kommunikáció: fényjelzésekkel

Ismétlődő, ritmikus mozgások

Anolis gyíkok fejbólingatása – nyílt, füves élőhelyen élnek, territóriumjelzés

hangos patak vagy folyó mellett élő békafajok – élénk színű lábukkal integetnek

A jelzések megbízhatósága

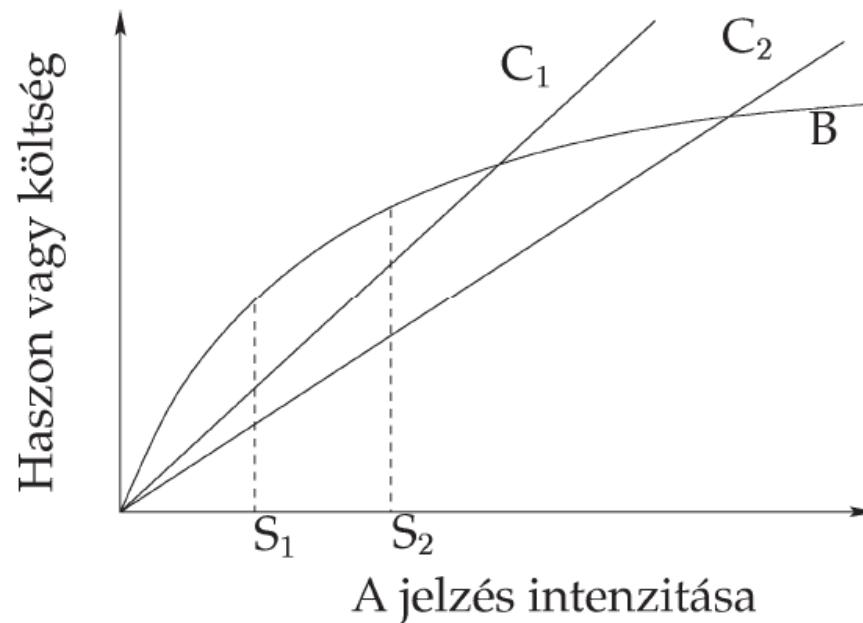
1. A vevők csak olyan jelzéseket vesznek figyelembe ahol fizikai korlátok miatt nem lehet csalni
pl. tigris karmolásai a fán, gímszarvas bőgése
 2. Zahavi-féle hátrány-elv (handicap principle):
 - a jelzések költségesek
 - a költségek nagyobbak a rosszabb minőségű egyedeknél
- **Nem érdemes csalni, mivel a csaló jelzés többbe kerül mint az általa elnyert haszon**

A jelzések megbízhatósága

1. Zahavi-féle hátrány-elv (handicap principle):

- a jelzések költségesek
- a költségek nagyobbak a rosszabb minőségű egyedeknél

→ **Nem érdemes csalni, mivel a csaló jelzés többbe kerül mint az által:**



4. 5. ÁBRA > A hátrányelv grafikus illusztrálása. A jelzés haszna (B) mindegyik egyed számára azonos. A jelzés költsége azonban gyorsabban nő a gyengébb minőségű egyedek számára (C_1), mint a jobb minőségű egyedek számára (C_2). Az optimális (azaz maximális nyereséget biztosító) jelzés intenzitása így nagyobb lesz a jobb minőségű egyed (S_2), mint a gyengébb minőségű egyed esetében (S_1): a kialakult szignál megbízható jelzés az egyed minőségéről. (Johnstone 1997 után)

A csalás lehetősége

Miért kommunikálnak az állatok?

haszon

Probléma: a jelzések adásával előnyre lehet szert tenni (pl. párzás, források)

- Hamis jelzések alkalmazásával az előnyök még nagyobbak
- Nagy a csábítás a csalásra!
- Miért nem terjednek el a hamis jelzések?

csalók több előnyre tesznek szert → gyorsan elterjednek a populációban
→ ha már sok csaló van nem előnyös figyelni a jelzésre, a jelzés kivész

- *Milyen mechanizmusok akadályozhatják meg a hamis jelzések elterjedését?*

A jelzések megbízhatósága

A hátrány elv

A Zahavi-féle hátrány elv predikciói:

- A jelleg korrelál hordozója tulajdonságával
- A jelzés költséges
- A gyenge egyedekre a költségek nagyobbak

Milyen hátrányt hordozhatnak a jelzések?

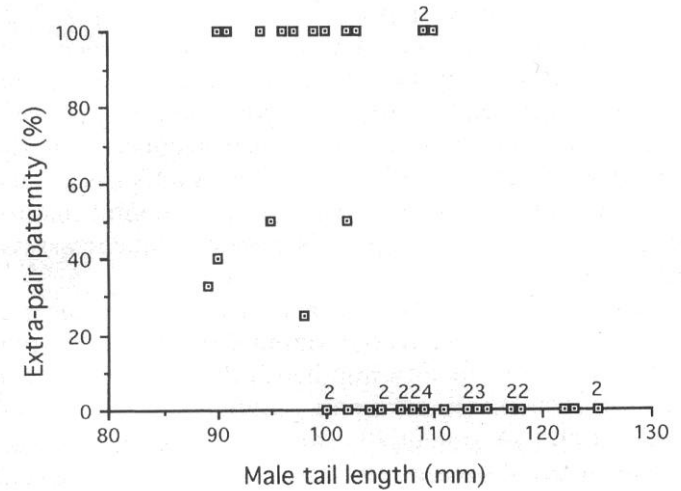
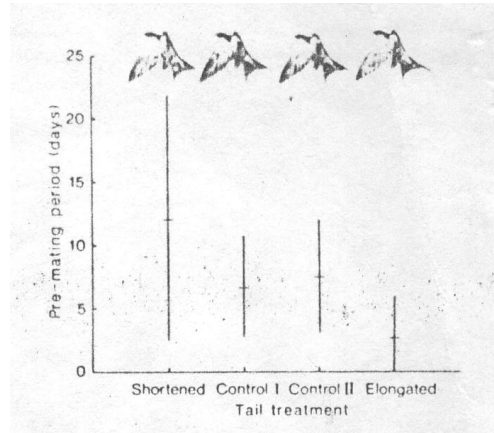
- előállítás nehézségei (pl. korlátozott az előállításhoz szükséges forrás)
- ragadozók figyelmének felhívása
- gyengébb menekülési képesség
- táplálékkeresés akadályozása, folyamatos akadályozás (pl. nagy súly)
- egyéb fenntartási költségek (pl. immunszuppresszió, parazitakitettség)

Videók: Élet erőpróbái, DVD4, 1. fejezet, 4:00-9:30

- mézmutató madár (kooperatív kommunikáció ember és állat között)
- gazellák (hátrány-elv)
- lile (nem-kooperatív kommunikáció)
- pacsirta és sólyom (a hátrány-elv egyik első tesztje)

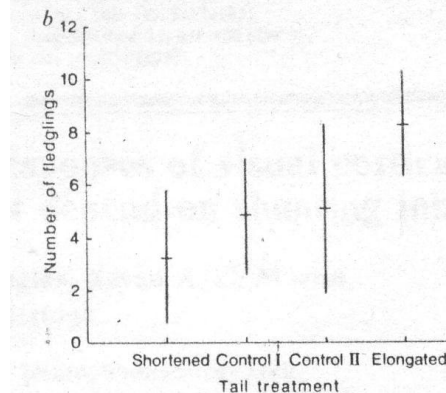
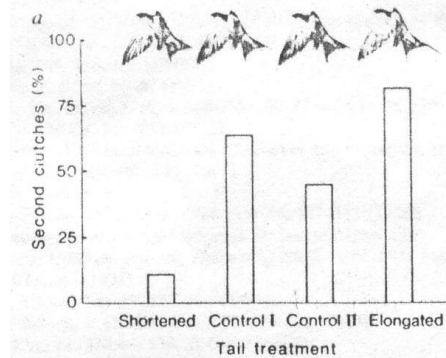
Füsti fecske

- Tojók a hosszabb farok tollú hímeket preferálják
- Tojók a szimmetrikusabb farok tollú hímeket preferálják



Hölgyvadász

Handicap (hátrány) hipotézis



Miért nem hosszú
minden hím
faroktolla?

A mesterségesen
meghosszabbított
(elongated)
faroktollú hímeknek
rövidebb faroktoll a
következő évben,
több vedlési hibával
– túlélési
nehézségek

Csak a legjobb
kondícióban lévők
engedhetik meg
maguknak a hosszú
faroktollat.

Nemcsak a toll hossza,
hanem a tollak
szimmetriája is
fontos

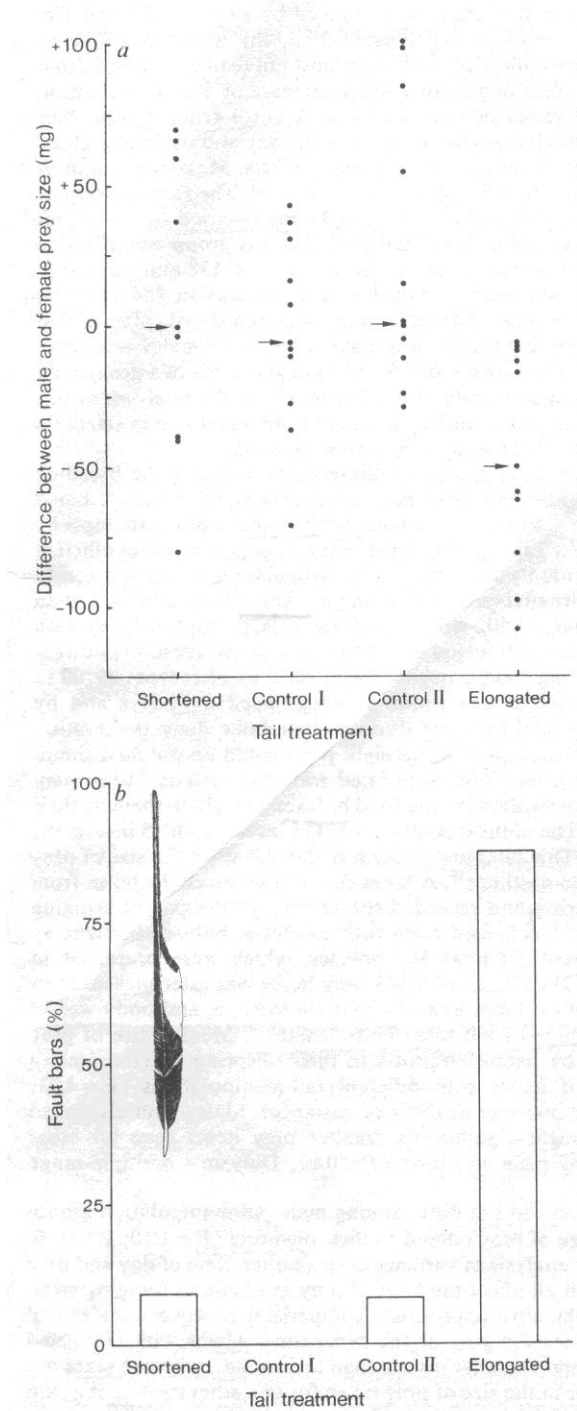
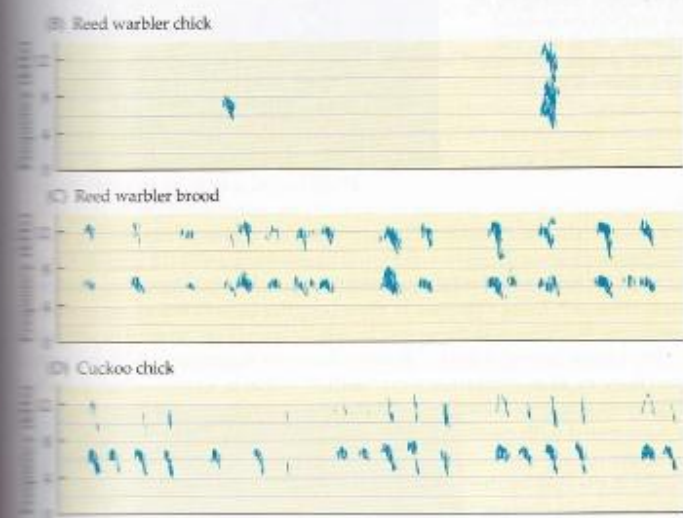


FIG. 1 *a*, Difference in median prey size (mg) taken by males and their mates to offspring aged 8–12 d in their first brood in relation to tail-size manipulation. Arrows indicate medians for each group. The difference in prey size differed among groups ($F=5.25$, $P<0.01$). The group with elongated tails differed from all other groups ($P<0.02$, Duncan's multiple-range test), whereas other groups did not differ ($P>0.10$). *b*, Proportion of male swallows having fault bars in their tail and wing feathers in relation to tail-size manipulation during the preceding breeding season. The thin white bar (arrow) on the drawing of the feather represents a fault bar. Sample sizes are 11, 9, 12 and 8 for the four groups. Frequency of males having fault bars differed among groups ($P=3.94 \times 10^{-6}$, Fisher exact probability test). All pairwise comparisons between males with elongated tails and other groups of males were statistically significant ($P<0.01$, Fisher exact probability test), whereas all pairwise comparisons were non-significant ($P>0.10$). *c*, Change in tail length of male swallows from one year to another as a result of moult in relation to tail-size manipulation during the preceding breeding season. Values are means (horizontal lines), $\pm$ s.d. (vertical bars), and ranges (vertical lines). Sample sizes are 11, 9, 12 and 8 for the four groups. Change in tail length differed among groups ($F=22.29$, $P<0.001$, one-way analysis of variance). The group with elongated tails differed from all other groups ($P<0.01$, Duncan's multiple-range test), whereas all other comparisons were non-significant ($P>0.10$). Tail length did not differ among groups before treatment ($P>0.10$, analysis of variance), but did so after moult ($F=4.41$, $P<0.01$).

Információáramlás a kommunikáción túl

Mi van, ha az információátadás a vevőnek
hasznos, az adónak nem?!



Kakukk fióka hangja és az azt etető szülők

Túngara békák és a rájuk vadászó denevérek

Információáramlás a kommunikáción túl

Mi van, ha az információátadás a vevőnek hasznos, az adónak nem?!

Kakukk fióka hangja és az azt etető szülők

Túngara békák és a rájuk vadászó denevérek

- Mit tanultunk?
A jelzés csak akkor alakul ki (és marad fenn), ha az jeladó több előnyre tesz szert általa, mint amennyi a költsége
- ezek a jelzések a jelt adó számára még így is hasznosak!
- az események ritkasága tartja fenn
→ hallgatózás (eavesdropping)

Még több hallgatózás...

- Nem kéne azt várnunk, hogy a természetes szelekció eliminálja az ilyen veszélyes hangokat?!
- A denevérek specifikusan a békák párhívó hangjára reagálnak!
- Parazitoid legyek tücskök párhívó ciripelését használják ki
- Agresszív méhfajok más méhfajok fajon belül működő táplálékhely-azonosító szagjelzéseit használják ki
ezekben a helyzetekben a hátrány (az esemény ritkaságánál fogva) kisebb mint a jelzésből származó előny → fennmaradhat
- A „hallgatózás” nem mindig ró hátrányt a jeladóra
pl. gyakori a vészjelzések lehallgatása fajok között

Videó: Élet a növények között, DVD2, 1. fejezet, 40:45-49:17
hangyaboglárkák és parazitoidjaik

A kommunikáció „élősködői”

Mérgező, rosszízű zsákmány figyelmeztető jelzéseinek kihasználása

Müller-féle mimikri
Ehetetlen/mérgező
utánzása



Bates-féle mimikri
Veszélyes utánzása



- vizuális: zengőlegyek (darázs), királlysikló (korallkígyó), álcsüngő (csüngőlepke)
- akusztikus: fekete kígyó, ill. ásóbagoly hangja (csörgő kígyó)



6. Szexuális szelekció

Természetes szelekció

Darwini értelemben → legjobb túlélők (és szaporodók) maradnak fenn

Darwin is megfigyelte, hogy bizonyos jellegek mintha a természetes szelekció (legjobb túlélés) ellenében fejlődnének ki

ezek elsősorban hímeknél megfigyelhető bélyegek

pl. repülést akadályozó pávafarok,

növényevők hasztalannak tűnő, súlyos szarvai, agancsai

Darwin feltételezte, hogy a természetes szelekción kívül még egy típusú szelekció létezik, amit *szexuális szelekciónak* nevezett el

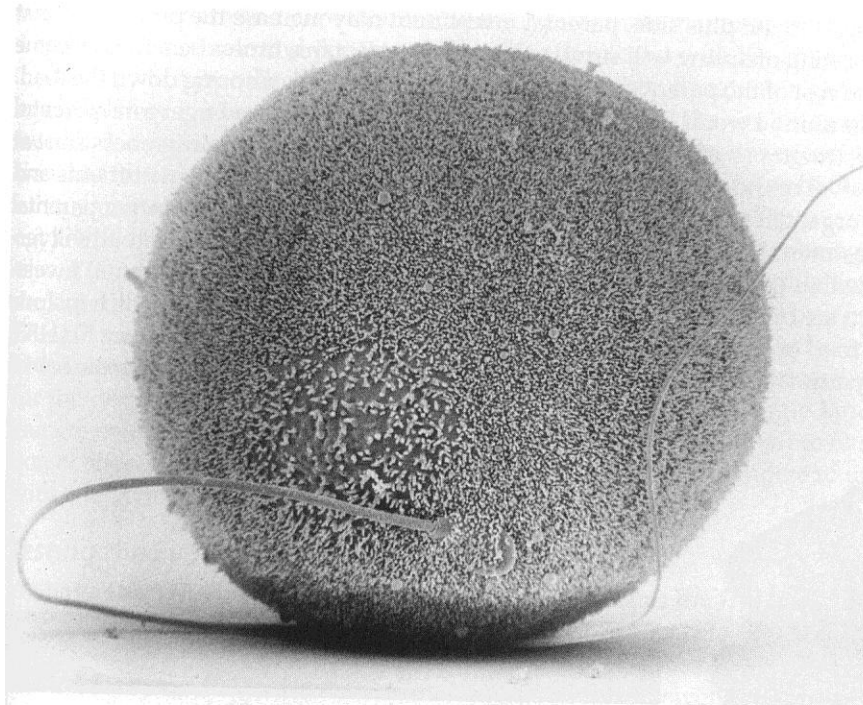
Ez felelős az olyan túlzó jellegek kifejlődéséért, amit az egyedek (általában a hímek) az ellenkező nemű egyedekért való versengésben használnak

a modern evolúcióbiológia az „önző gén” elmélettel mindkét típusú szelekciót megmagyarázza

Ivaros szaporodás

az utódok létrehozása során két elődgenom rekombinációval keveredik

- csak ivartalan szaporodás (szivacsok, csalánozók között)
 - ivaros szaporodás (állatfajok kb. 99%-a)
 - *Izogámia*: gaméták nagysága hasonló, nincsenek elkülönült nemek
 - *Anizogámia*: gaméták nagysága eltérő → elkülönült nemek
- majdnem minden ivaros szaporodó többsejtű állat és növény**



Az ivaros szaporodás előnyei és hátrányai

Előnyök:

- rekombináció növeli az adaptív evolúció sebességét:
lehetővé teszi új, előnyös tulajdonságok létrehozását és elterjesztését, segíthet "megszökni" a jó allélnak az esetleges rossz háttér-fitnessű genetikai környezetből, segíti a rátermett allélek koncentrációját egyes egyedekben, valamint az új génkombinációkkal a változó környezethez történő hatékony alkalmazkodást (adaptív radiáció).
- Hamilton „vörös királynő” elmélet:
a paraziták jelenthetik a gyorsan változó környezetet (egy gazdageneráció alatt általában sokkal több parazita-generáció nő fel) gazdáik számára, fontos előny lehet a paraziták okozta teher alól való kibújás

Hátrányok:

- energiaigényes folyamatok (meiózis, harc, udvarlás, párkeresés)
- maladaptív jellegek (szexuális szelekció)
- patogének és paraziták terjedése
- meiózis dupla költsége (gének 50%-a az utódokban)
- hímek dupla költsége (potenciálisan dupla annyi utód csak nőstényekből álló populációban szűznemzéssel)

A „nemek harca”

- **Kezdetek: kooperatív nézet a párkapcsolatról**
- **Valójában: konfliktusok**
 - eredetük megértéséhez vissza kell menni a kezdetekig

Az anizogámia eredete (Parker és mksai 1972)

- izogámiából eredeztethető

Elmélet:

- a zigóta túlélése annak nagyságától függ (lásd peték, tojások, strucctojás)
 - eredeti izogám populációban genetikai változatok a gaméta-nagyságra
 - *egyre nagyobb gaméták terjednek el*
 - ha a nagy gaméták gyakoriak, a kis gaméták is tovább adhatják génjeiket olyan gamétákkal egyesülve, amelyekkel együttes készleteik elegendőek a zigóta túléléséhez
 - a kicsi gamétákból jóval többet lehet termelni
 - *evolúciós versenyfutás a gaméták között*
- a kis gaméták a nagy gaméták haszonélvezőivé válnak
- a közepes gaméták kipusztulnak
(se nagy számuk, se tápanyagtartalmuk tekintetében nem tudnak előnyhöz jutni)

Szaporodási korlátok

- A férfi fitnessét a nőstényekhez való hozzáférés korlátozza
- A nőstények fitnessét a források száma, és az utódok minősége

Bateman szabály

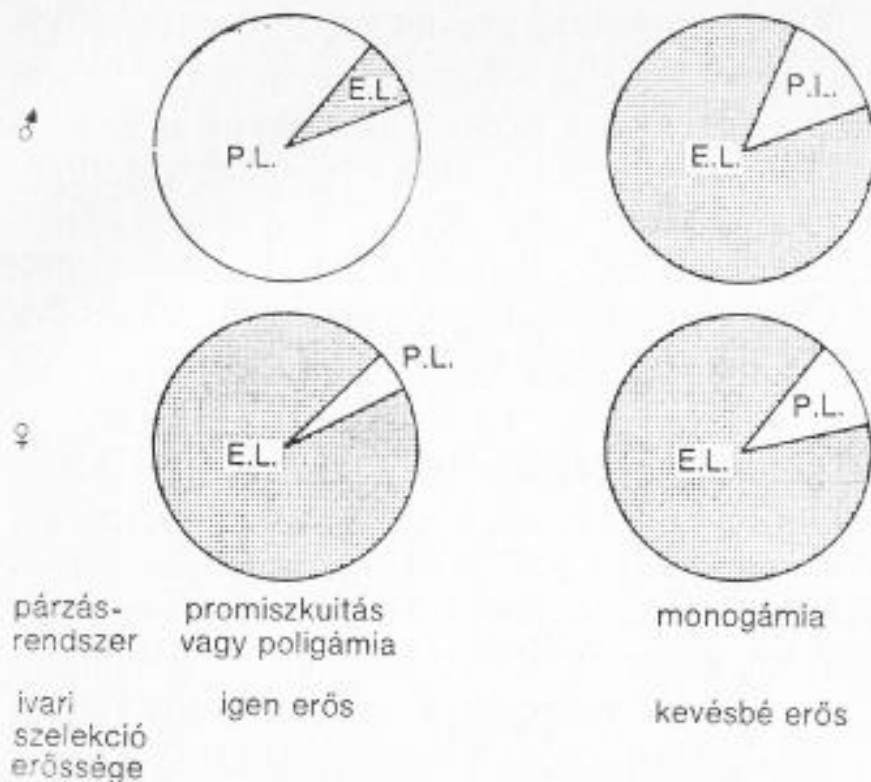
a gamétanagyság jól jellemzi a nemek befektetéseit → ráfordítás-haszon modellek

- kicsit befektető nemnek (hím) jobban megéri sok nősténnyel párzani
- nőstények egy párzással is biztosíthatják egész élettartamukra elegendő spermiumot

6.2. táblázat

Két példa annak illusztrálására, hogy a legtöbb fajban a hímek lényegesen nagyobb szaporodási rátát mutatnak, mint a nőstények. Az emberre vonatkozó adatok a Guinness rekordok könyvéből származnak. A férfi a „vérszomjas” Mulay Ismail (1672—1727), Marokkó szultánja volt; a nő pedig gyermekeit 27 terhesség útján hozta világra. Az elefántfókára vonatkozó adatok Le Boeuf (1974) munkájából lettek átvéve

faj	Egy egyed maximális utódszáma egész élettartama alatt	
	hím	nőstény
Elefántfóka	200	kb. 15
Ember	888	69



6.1. ábra

Az összes energia és idő, amit egy állatnak a szaporodásra kell fordítania = a reprodukív teljesítmény (ezt jelképezi a kör). A reprodukív teljesítményt szülői teljesítményre (E. L. = fiatalok létrehozása és felnevelése) és párási teljesítményre (P. L. = násztevékenység és kopuláció) lehet felosztani; ezeket a kör világos, illetve sátozott része érzékelteti. Általában a hímek nagyobb párási teljesítményt fektetnek be, mint a nőstények, de a fajok között különbségek vannak e téren. Az ivari szelekció erőssége ugyancsak variábilis. A relatív szülői teljesítmény tekintetében az ivarok között meglevő különbségek gyakran a párási rendszerrel állnak összefüggésben: monogám fajoknál a hím és a nőstény teljesítménye nem tér el annyira, mint poligám fajok vagy promiszkuitás esetében (l. 7. fejezet) (Alexander—Borgia nyomán)

Szaporodási korlátok

- A férfi fitnessét a nőstényekhez való hozzáférés korlátozza
- A nőstények fitnessét a források száma, és az utódok minősége

Bateman szabály

a gamétanagyság jól jellemzi a nemek befektetéseit → ráfordítás-haszon modellek

- kicsit befektető nemnek (hím) jobban megéri sok nősténnyel pározni
- nőstények egy párzással is biztosíthatják egész élettartamukra elegendő spermiumot

de:

- a természetben nem mindig jellemezhető a nemek befektetése csupán a gaméta mérettel
- számos esetben a nőstények promiszkúózusabbak, mint a hímek

Ivararány

- Miért nincs sokkal több nőstény, mint hím?
- Nem volna gazdaságosabb a faj szempontjából?

Az ivararány legtöbbször 1:1



Ronald Fisher

1. Sok nőstény, kevés hím → hímnek nagyobb sikere lehet, hímek irányába eltolódik ivararány
2. Sok hím, kevés nőstény → felesleg lesz hímekből, nőstények irányába eltolódik ivararány

ESS: 1:1 ivararány

Eltérés várható ha az ivarok költsége és/vagy haszna jelentősen eltér:

Képzeljük el, hogy a hím utód kétszer akkora ráfordítást igényel!

Olcsóbb ivar irányába eltolódik az ivararány

Képzeljük el, hogy a hím utód kétszer akkora hasznot hoz (pl. kétszer annyi utód)!

A kedvezőbb ivar irányába eltolódik az ivararány

Eltérések az 1:1 ivararánytól

Párázásért folyó lokális konkurencia

Hím testvérek versengenek ugyanazokért a nőstényekért

→ az anya inkább nőstényeket hoz létre, elég annyi hím, amennyi a nőstényeket megtermékenyíti

Példák: - eleven szülő atka (1 hím: 20 nőstény)

- fügedarázs

A megnövekedett nőstény szám nem ad előnyt más szülők hím utódainak, ezért megmarad az eltolt ivararány

Eltérések az 1:1 ivararánytól

Szülő kondíciója, rangja

pl. gímszarvas

- *Domináns tehén* gyakrabban szül hím utódot
jobb kondíciójú → utódait jobban táplálja
a jó kondíciójú hím utód nagyobb eséllyel tud háremet tartani
- *Alacsony rangú tehén*nek nem érdemes hím utódot létrehoznia
→ több a nőstény utód

Bizonyítás: éhezési stressz a teheneknél → kevesebb hím utód

Szexuális szelekció

A gamétadimorfizmus és az 1:1 ivararány következménye:

→ a hímek rendszerint versengenek a nőstényekért

- hímek között nagyobb a szaporodási siker variabilitása
- a sikeres hím nyeresége nagy
- ezért erős szelekció hat a hím azon képességeire, amelyek lehetővé teszik, hogy a nőstény(ek) közelébe férkőzzön

→ a nőstények rendszerint válogatnak a hímek között

Szexuális szelekció!

az ellenkező nemű egyedekért való versengésben használt jellegekre hat

Video: élet erőpróbái DVD4, 2fejezet

Párválasztási előnyök

- Direkt előnyök
 - jó szülő
 - jó források (pl. nászajándék)
- Indirekt előnyök
 - **Egészséges partner (healthy mate)**---> a nőstény és utódai elkerülhetik a fertőző betegségeket és parazitákat
 - **Jó gének (good genes)**---> az utódok örökölhetik az apa jó életkilátásait (pl. hosszú élettartam)
 - **Elfutó szelekció (runaway selection)** ---> a fiú utódok örökölhetik az apa vonzó jellegeit

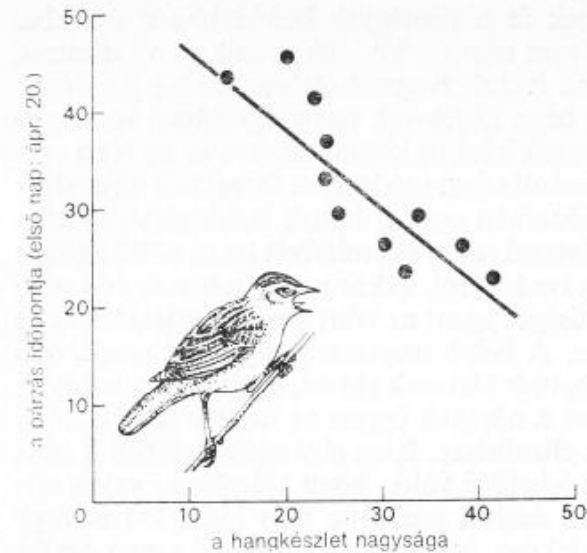
→ jelzések használata

Párválasztási előnyök

Jelzések Vizuális



12 Sexually selected "ornaments" of males. Darwin believed that sexual selection via female choice was responsible for the evolution of elaborate plumage and remarkable displays in male birds such as the quetzal (left) and the sage grouse (top right). Darwin argued that the strange horns and snouts of certain beetles (bottom right) also arose via female choice, although males actually use these structures primarily as weapons when fighting for mates. Photographs by Bruce Lyon; Marc Dantzker; and the author.



6.6. ábra

A legnagyobb hangkészletű hím cserregő nádiposzáta (*Acrocephalus scirpaceus*) tavasszal az elsőként érkező tojó partnerként való megnyerésére törekszik. Hangkészletének nagyságát hangszalagfelvétel segítségével becsülték meg. Kiderült, hogy a hímek életkora és a revírminőség a hím énekének a tojóra gyakorolt csalogató hatásában nem játszik szerepet (Catchpole, 1980)

Akusztikus „pávafarok” --->

Szexuális szelekció

Szexuális (ivari) szelekció fajtái:

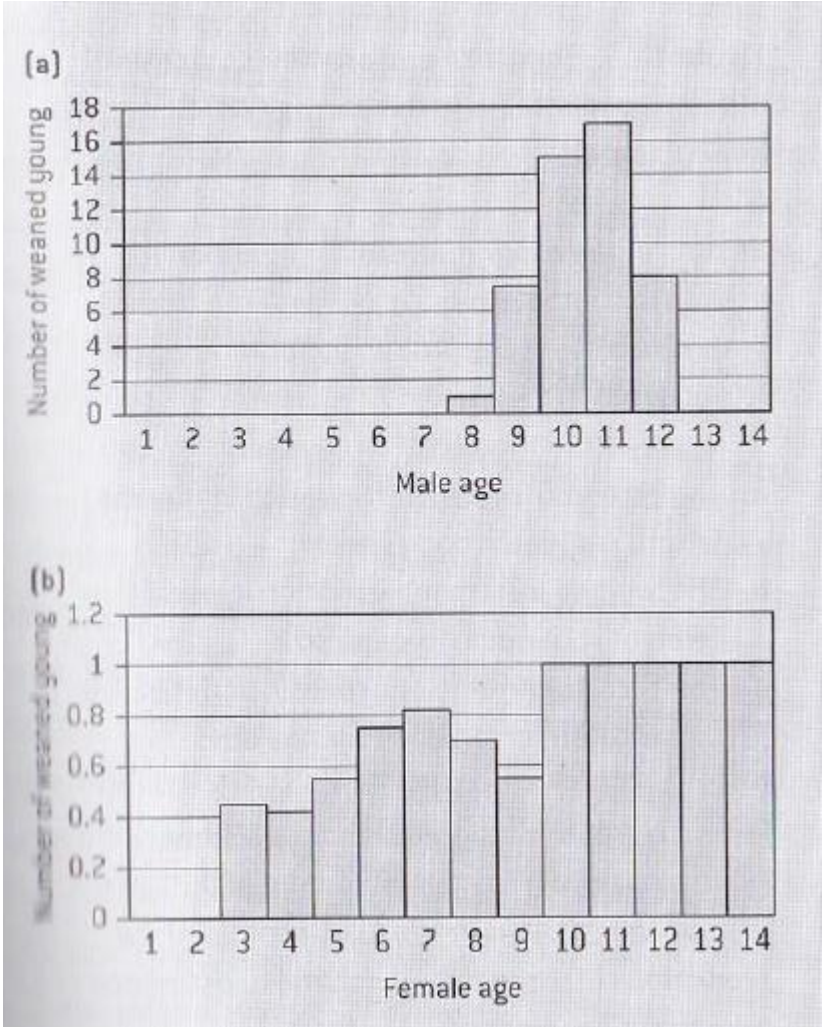
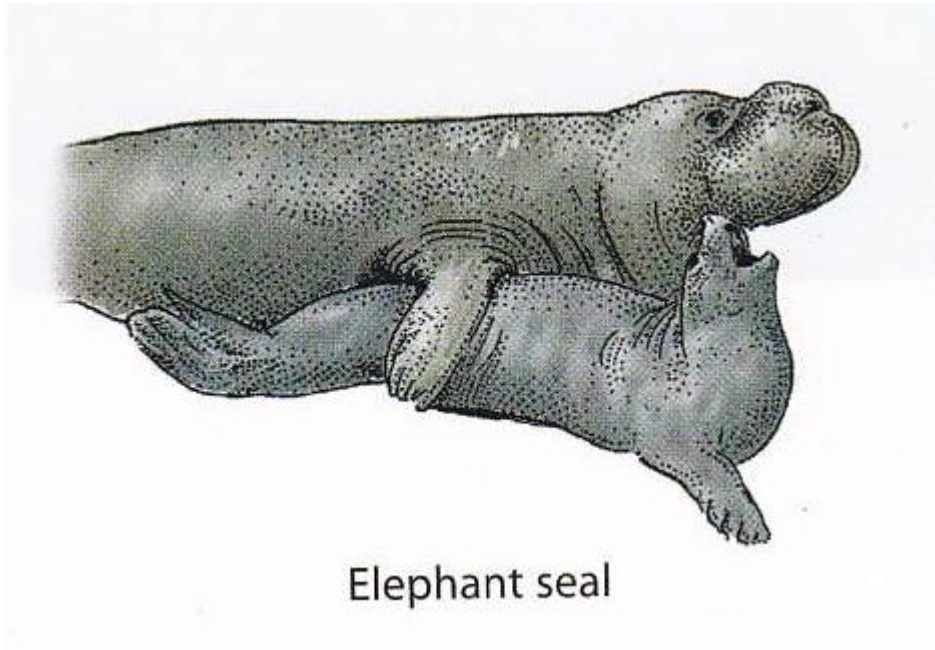
- intraszexuális szelekció (hím-hím versengés)
- interszexuális szelekció (hölgyválasz)
- alternatív stratégiák (spermakompetíció)



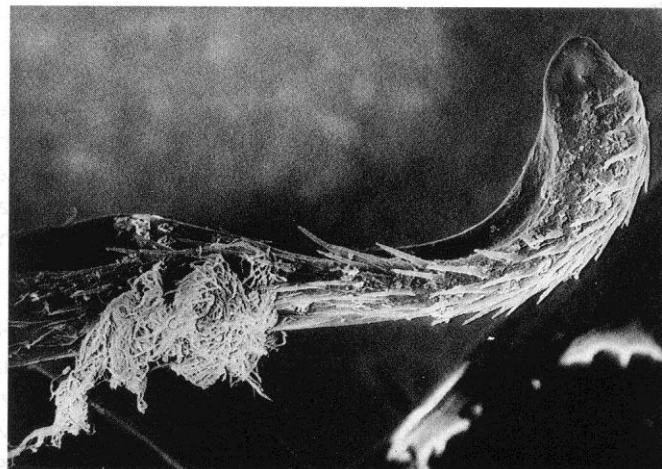
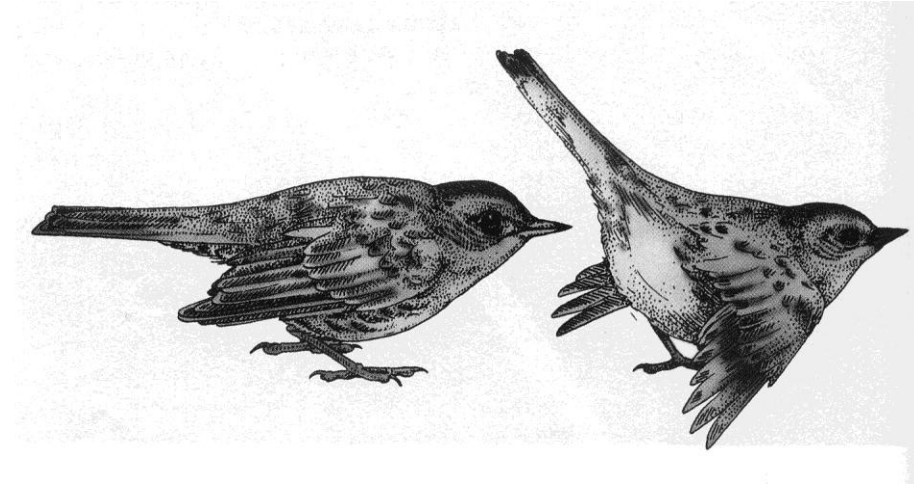
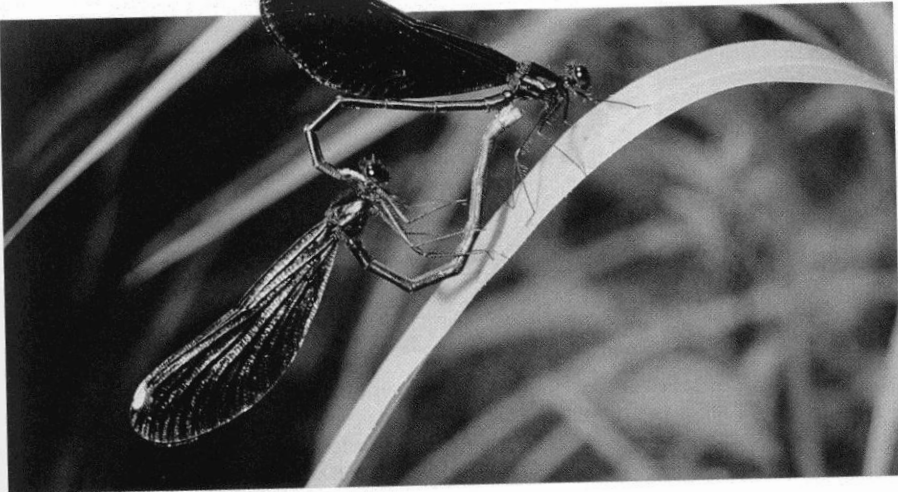
A legnagyobb testű elefántfóka hímeknek van esélye háremet tartani (8 hím termékenyítette meg egy partszakasz összes (348 nőstényét).

Csak a ~ 8 éves vagy idősebb hímeknek van utóda.

Az elefántfóka utódok száma a hímek (male) és nőstények (female) kora függvényében



Spermium kompetíció



Szexuális szelekció

Szexuális (ivari) szelekció fajtái:

- intraszexuális szelekció (hím-hím versengés)
- interszexuális szelekció (hölgyválasz)
- alternatív stratégiák (pl. spermakompetíció)

Szexuális szelekció erőssége függ:

- Szülői ráfordításban különbség két ivar között
 - Egy időpontban szaporodó hímek és nőstények aránya (hatékony ivararány, operational sex ratio, OSR)
-
- **Monogám fajoknál gyengébb (~egyforma a hím és nőstény)**
 - **Poligám fajoknál erősebb ivari szelekció (kialakul az ivari dimorfizmus)**

7. Párási rendszerek és utógondozás

Trivers (1972) definíciója szerint a szülői befektetés olyan szülői viselkedés, amely növeli az utód túlélési kilátásait, és csökkenti a szülő más utódokra fordítható befektetéseit.

Utógondozási rendszerek

- biparentális
- uniparentális
 - hím
 - nőstény

Párási rendszerek

- monogámia (rövid vagy hosszú távú, igazi monogámia...)
- poligínia
- poliandria
- Promiszkuitás (poligámia)

Fitnesz maximalizálása

- Hím: sok nőténnyel párosodik, a nőtények gondozzák az utódokat
- Nőtény: párosodás után otthagyja a hímet, hogy az gondozzon, mialatt ő új petéket termel

→ Konfliktus

- Hogy oldják meg ezt a konfliktust?
 1. Különböző állatcsoportoknál különböző életmenet és fiziológiai kényszerek
 2. Ökológiai faktorok

Video: Madarak élete DVD3, albatrosz, szalagos kolibri, szövőmadarak

- Három rendszertani csoport (gerinces osztály) összehasonlítása
 - MADARAK
 - EMLŐSÖK
 - HALAK

*Az ivadékgondozó viselkedés és a párzásrendszer gyakoribb típusai három gerinces osztályban**

Osztály	Ivadékgondozás	Párzásrendszer
Madarak	mindkét ivar	monogámia
Emlősök	csak a nőstény	poligámia
Halak	csak a hímek	poligámia (promiszkuitás)

Madarak

- szaporodási sikert az utódoknak vitt táplálék mennyisége korlátozza
- ahol tehát az utódgondozás fontos, két szülő akár kétszer annyi utódot fel tud nevelni

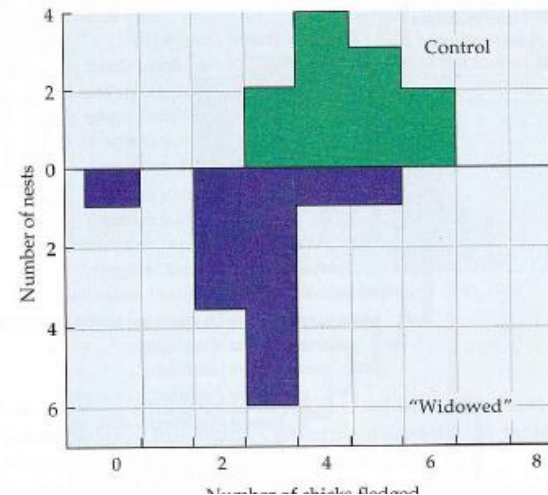
monogámia – biparentális gondozás

- főleg rovarevőknél, ragadozóknál
- párhűség (új vs. régi párok sikere)

8 Paternal assistance is valuable in the monogamous snow bunting. Control females often reared four or more offspring with the help of their male partners, whereas few females that had been experimentally "widowed" by removal of the male partner were able to fledge more than three chicks. After Lyon et al. [736].



Snow bunting



Madarak

- ha az etetési kényszer kisebb

poligínia – egyszülős tojó gondozás

- főleg gyümölcssevőnél, magevőnél [pl. fácán, szövőmadár, paradicsommadár]
- madarak 10%-ára jellemző
- Miért a hím hagyja ott a tojót?
 - első adódó alkalom
 - hím többet nyer
 - Apaság bizonytalansága

Emlősök

poligínia – egyszülős nőstény gondozás

- filogenetikai predispozíció:
 - terhesség
 - szoptatás

Halak

- általában nincs ivadékgondozás
- ahol van, ott uniparentális gondozás (75 %)
- Miért? Általában egyszerű feladat (pl. őrzés, legyezés)
- melyik szülő gondoz?
 - Belső megtermékenyítés: általában nőstény gondozás (86%)
 - Külső megtermékenyítés: általában hím gondozás (70%)
 - Miért?

Azon csontoshal-családok száma, amelyeken belül néhány vagy az összes faj esetében a hím, a nőstény vagy mindkét ivar együttesen ivadékgondozó (Maynard Smith szerint; az adatok Breder—Rosen, 1966 munkájából származnak)

	Hím	Nőstény	Mindkettő
	ivadékgondozó		
Külső megtermékenyítés	28	6	8
Belső megtermékenyítés	2	10	0



2. Paternal care in two fishes. (Left) Male sticklebacks defend and aerate the eggs laid in the nests they build. This male is drawing water through his nest at the base of the aquatic plant to provide added oxygen for the eggs within. (Right) The male Randall's jawfish broods his mate's eggs in his mouth. Photographs by (left) David Thompson and (right) Roger Steene.

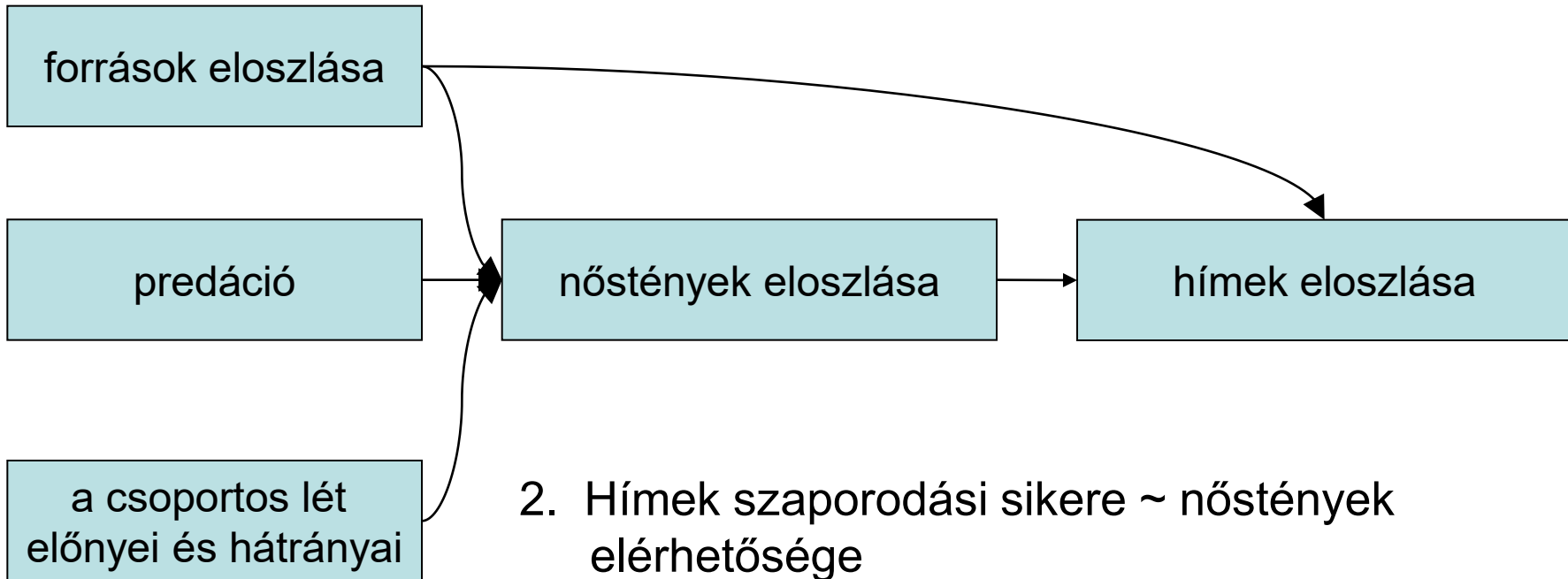
Halak utódgondozási rendszere – Hipotézisek

- 1. hipotézis: Apasági bizonyosság
 - önmagában nem elég: a dezertálással többet is kell nyerni!
- 2. hipotézis: Gaméta kibocsátás sorrendje
 - első adódó alkalom
 - jó ötlet, de sok ellenérv:
 - gyakori az együttes gaméta kibocsátás (mégis 36/46-nál a hím gondoz)
 - hím habfészket épít, és a nőtény előtt bocsátja ki a spermát, mégis ő gondoz
- 3. hipotézis: Asszociáció az embrióval
 - belső megtermékenyítésnél nőténnyel szorosabb asszociáció (gyakori az elevenszülés is)
 - külső megtermékenyítésnél a párzás gyakran a hím territóriumán
 - legerősebb prediktora a tapasztalt mintázatnak

Utódgondozási rendszerek evolúciója

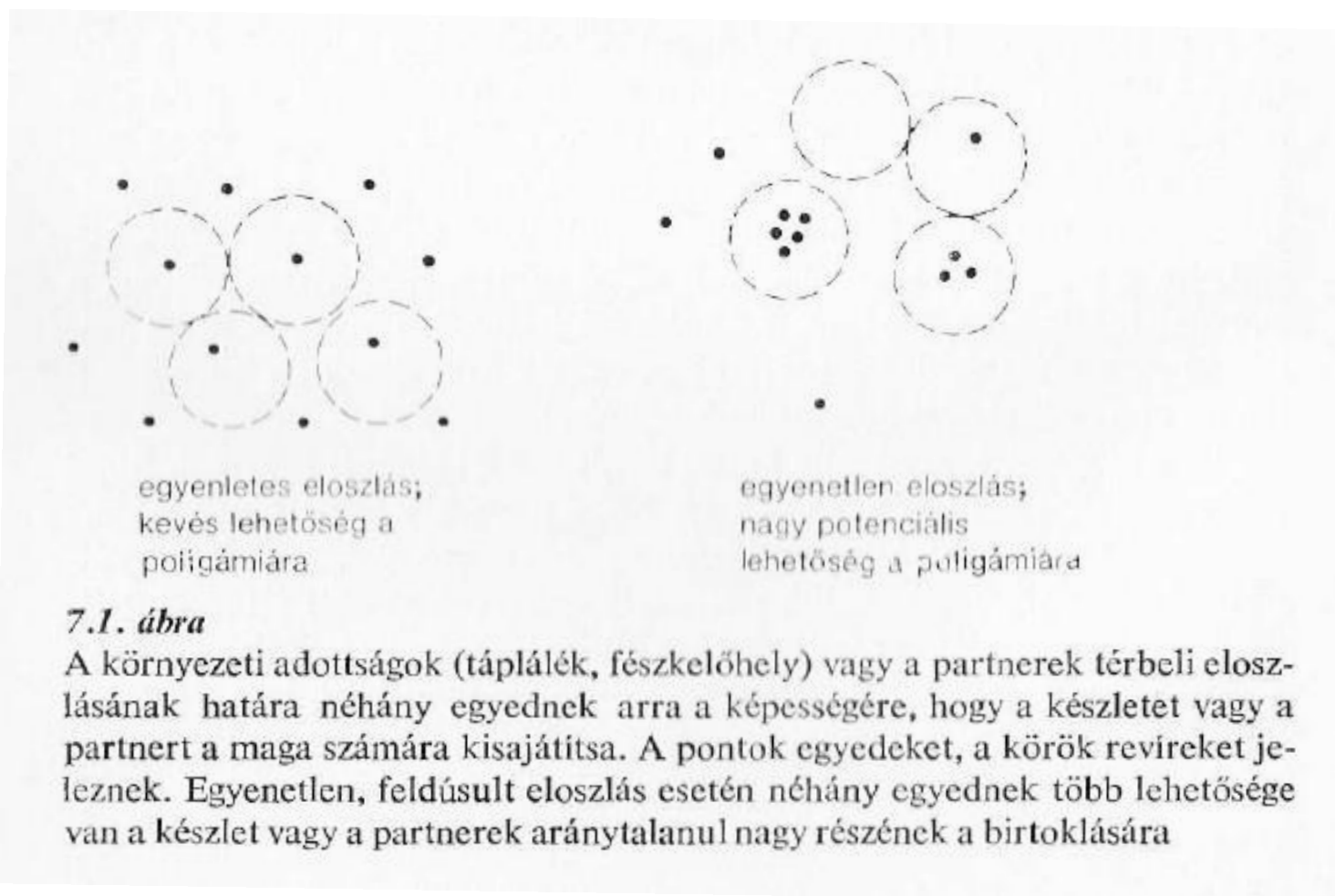
- Kezdetben nincs utódgondozás
- A párzási rendszer kialakulása kétlépcsős folyamat:

1. Nőstények szaporodási sikere ~ források elérhetősége



Utódgondozási rendszerek evolúciója

- Eloszlás szerepe



Bizonyíték

- szürke oldalú pocok
- nőstény diszperzió ~ táplálék
- hímeknél is
- vajon a hímek eloszlását a nőstények vagy a táplálék eloszlása határozta meg?
- hímeket és nőstényeket egyedileg kis ketrecekbe raktak, és változtatták ezek eloszlását
 - szétszórt nőstények: hímek diszpergálódtak
 - csomós eloszlású nőstények: hímek aggregálódtak
 - hímek eloszlása nincs hatással a nőstények eloszlására
- kauzális kapcsolat a nőstény és hím eloszlás között



Változatosság a párzási és utódgondozási rendszerben

- Nőstények eloszlása ~ védetőség gazdaságossága
- Egyenletes eloszlás: kis poligínia potenciál
- Csomós eloszlás: nagy poligínia potenciál

Emlős szaporodási rendszerek komparatív elemzése

- Három fő hatás
 - nőstény csapatméret
 - nőstény range (táplálkozó terület) méret
 - szaporodás szezonálisága

Emlős szaporodási rendszerek komparatív elemzése

- Nőstény magányos: range védhető a hím által
- nőstények 60%-ban magányosak
- ha a hím több nőstény területét is tudja védeni, akkor lehet:

poligínia – uniparentális gondozás

impala

hím territóriális

nőstények nagy területen kóborolnak

- range védhető a hím által, de kicsi
- de csak egy területet tud védeni a hím

obligát monogámia – biparentális gondozás

sakál

dik-dik antilop

Emlős szaporodási rendszerek komparatív elemzése

- Nőstény szociális: range védhető a hím által
- a hím egy csapat nőstény területét is tudja védeni:

poligínia – uniparentális gondozás

oroszlán

hím territóriális

nőstények rokonok

- Nőstény szociális: range NEM védhető a hím által
- nőstények mozgása kiszámítható

poligínia – uniparentális gondozás

mocsári antilop

hímek aprócska territóriumokat védenek,
és párzanak az áthaladó nőstényekkel

Emlős szaporodási rendszerek komparatív elemzése

- Nőstény szociális: range NEM védhető a hím által
- nőstények mozgása NEM kiszámítható
- hímek nem várnak a nőstényekre, hanem követik őket

poligínia – uniparentális gondozás

elefántfóka

szezonális hárem

a nőstények szaporodása szinkronizált

Emlős szaporodási rendszerek komparatív elemzése

- Nőstény szociális: range NEM védhető a hím által
- nőstények mozgása NEM kiszámítható
- hímek nem várnak a nőstényekre, hanem követik őket

poligínia – uniparentális gondozás

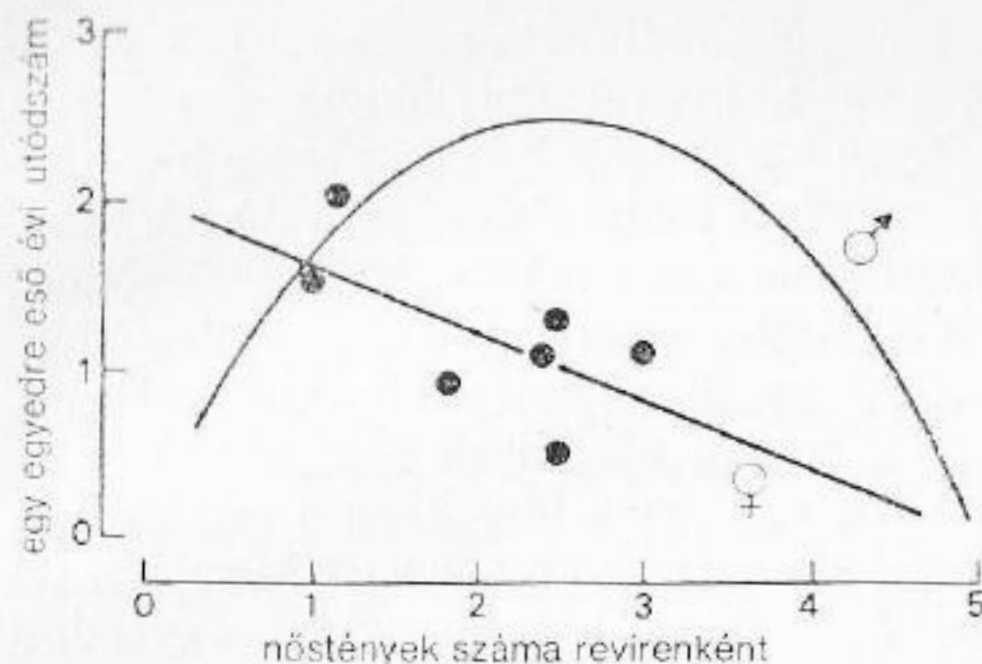
pávián (*Papio hamadryas*)

permanens hárem

a nőstények szaporodása nem
szinkronizált

kafferbivaly

több-hímes hárem



7.2. ábra

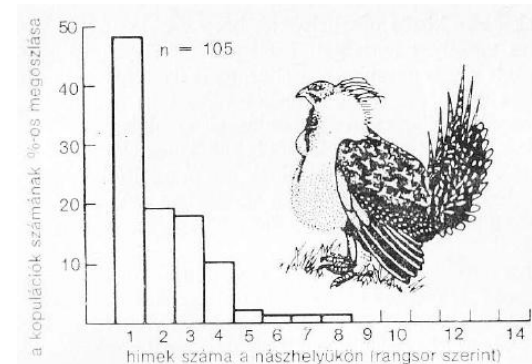
A sárgahasú marmota (*Marmota flaviventris*) szaporodási sikere egy-egy hím revírjére eső nőstények számának a függvényében. A nőstény sikere a nőstények számának növekedésével csökken (fekete pontok). A hím sikere (amit úgy számolhatunk ki, hogy a nőstényenkénti sikert megszorozzuk a nőstények számával) 2—3 nőstény esetén a legnagyobb (Downhower—Armitage, 1971)

Lek rendszerek

- Mi a lek?
 - a poligínia egy típusa (csak emlősöknél és madaraknál)
 - a hímek jelképes területet védenek (dűrgőhelyek)
 - poligínia másik két típusa: hímek territóriumot vagy háremet védenek
- Hogyan alakulhatott ki 'lek' párzási rendszer?
 - nőtények (tojók) válogatóssága
 - predáció csökkentése (csapat előnyei, ill. legjobb hely mindig a középső)
 - 'hotspots' hipotézis (hímek olyan helyekre ahol sok nőtény van)
 - 'hotshots' hipotézis (alacsony rangú hímek a magas rangúak köré)

Példák:

- tűzok
- fajok (nyírfajd, ürömfajd)
- barátpipra
- kalapácsfejű repülőkutya
- lantszarvú antilop (szasszabi)



7.4. ábra

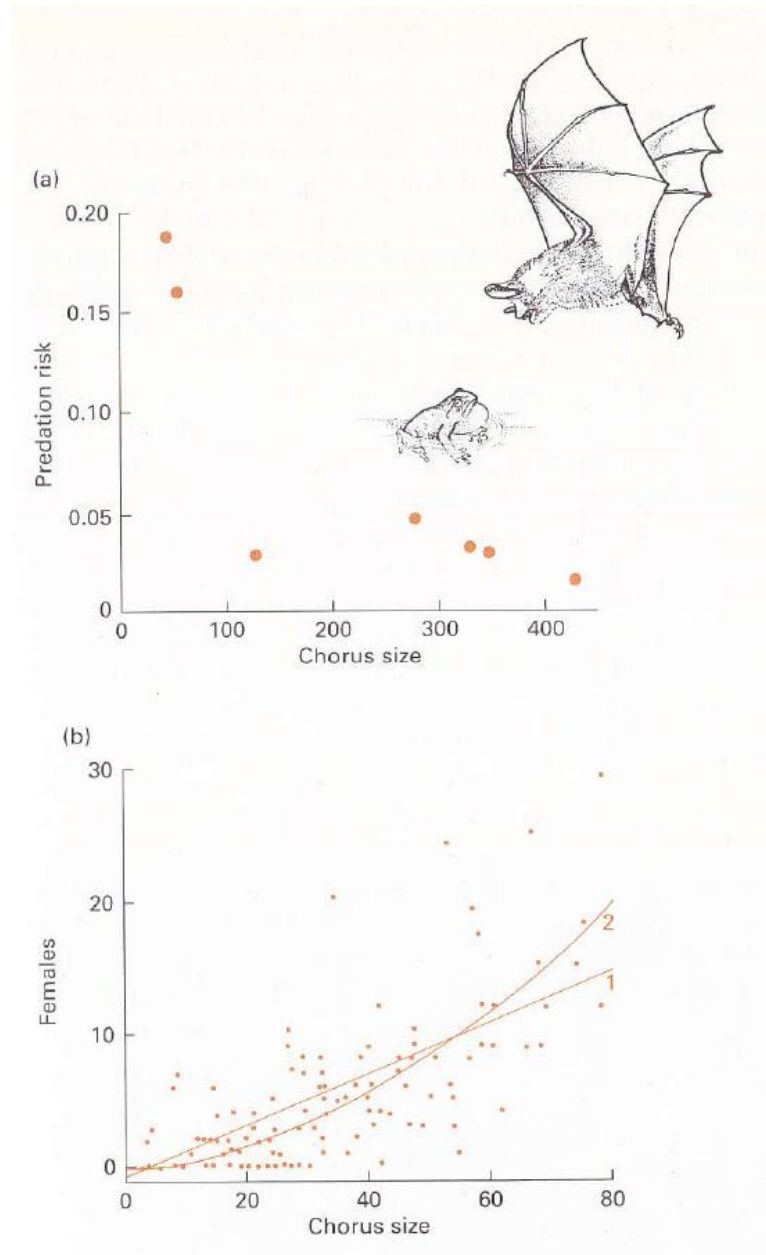
Az ürömfajd (*Centrocercus urophasianus*) dűrgőhelyein csaknem minden kopulációra kevés kakas jut. A legsikeresebb kakasok azok, amelyeknek a revírje a dűrgőhely közepére esik (R. H. Wiley, 1973 nyomán)

Video: nyírfajd, barátpipra, lantszarvú antilop

Utódgondozási rendszerek evolúciója

Predáció szerepe az eloszlásban

Nagy csoportokban lévő hímek jobban vonzzák a nőstényeket, mert kisebb a predációs veszély



-Poliandria

Pettyes libegő cankó

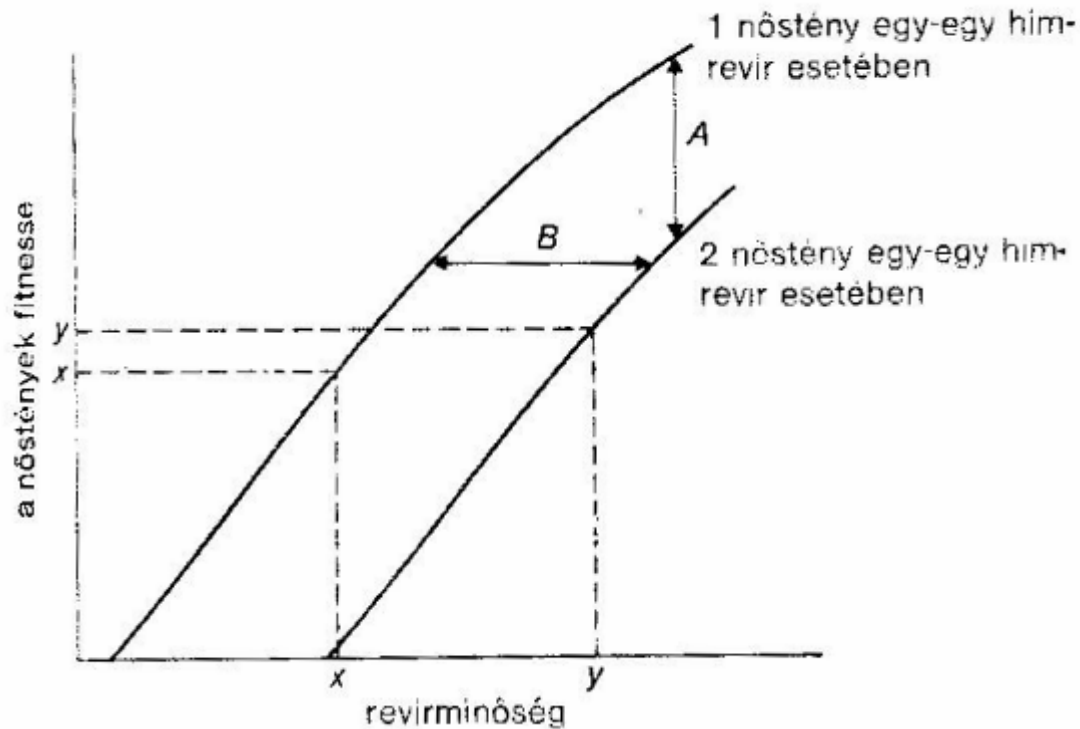
A tojó 40 nap alatt akár 5 fészekbe 20 tojást raknak, amely fészekaljakat a más-más hím nevel fel

A tojók revírt védelmeznek



A nyílt poligín rendszerekben miért tűrik el a nőstények a párjuk többnejűségét?

- **Poligínia küszöbérték modell**



- csak akkor éri meg a poligínia a nőstény számára, ha a hímnek jobb a területe
- monogámia: hím segít, de gyenge territórium
- poligínia: hím nem segít, de jó minőségű territórium

A nyílt poligín rendszerekben miért tűrik el a nőstények a párjuk többnejűségét?

- **Mi a helyzet, amikor a „második” tojónak kevesebb utódja van monogám helyzetben?**

- Szexi fiú (sexy son) hipotézis

- Kevesebb utód, de a szexi fiú utódok révén nagyobb siker

- Átverés

- A hím lehetősége, amennyiben a második/harmadik tojó nem tudja detektálni a hím korábbi párjait

- Nincs párnélküli hím

	Monogamous female	Polygynous females	
		Primary	secondary
Pied flycatcher, <i>Ficedula hypoleuca</i> (Alatalo et al. 1981)	5.4	5.4	3.3
Great reed warbler, <i>Acrocephalus arundinaceus</i> (Catchpole et al. 1985)	3.3	3.2	1.1

A nyílt poligín rendszerekben miért tűrik el a nőstények a párjuk többnejűségét?

- **Átverés**

Hímek a párbaállás/tojásrakás után, a fészküktől több száz méterre próbálnak második tojóval párbaállni, azonban a párbaállás/tojásrakás után csak az első párjuknál vesznek részt az ivadéknevelésben.

Kormos légykapó

-második tojó párnak kevesebb utóda

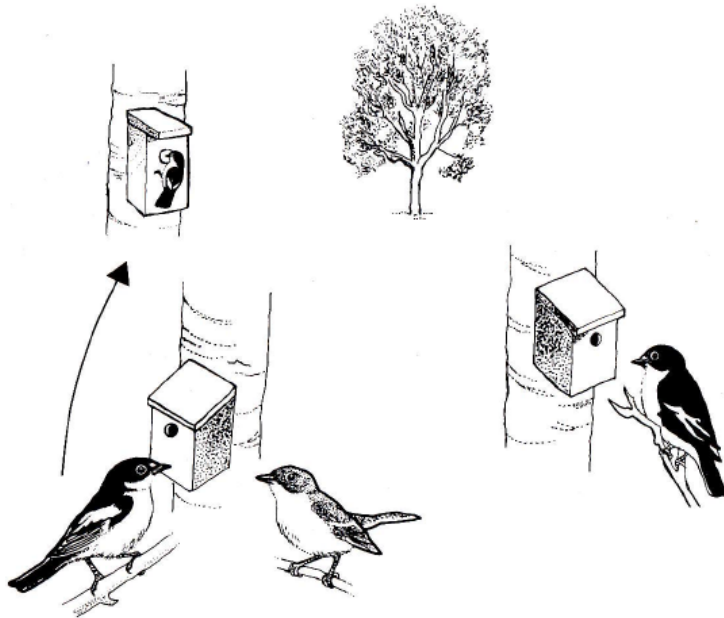
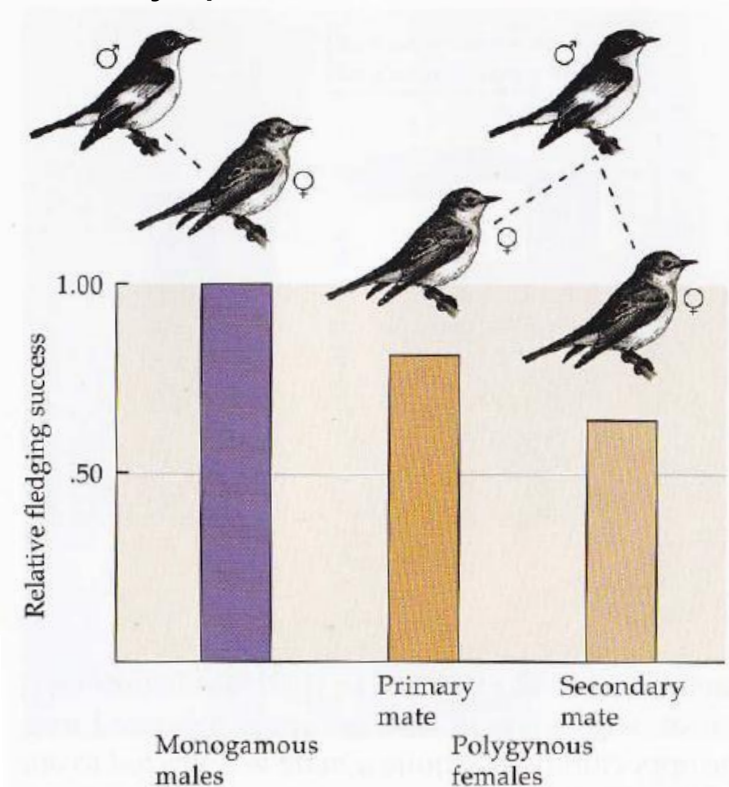


Fig. 9.5. Once a male pied flycatcher has attracted one female, he flies off to another nest site some distance away and tries to attract another. Secondary females suffer because they get little or no help from the male in chick rearing. However females probably are unable to assess whether the male they pair with has another female because of the large distance between a male's two nest sites.



Szexuális konfliktus

- Amikor az érdekek merőben eltérnek...
- Tojó: poligínia < monogámia < poliandria
- Hím: poliandria < monogámia < poligínia

- A szürkebegy esete: polyginandria!

Az utódgondozás (és a párzási rendszer) sem fixált fajon belül
egyes fajoknál változatos lehet populációk között vagy populáción belül is!

pl. széki lile, függőcinege, erdei szürkebegy, Szent Péter hala

a szülők döntési helyzetei játékelméleti modellekkel vizsgálhatók

Kísérletek: OSR és a kétszülős gondozás előnyének manipulálása

→ szülői gondozás mértéke változott (tejes és ikrás halaknál is változott)

Videó: Madarak élete DVD3

nandu, laposcsőrű víztaposó, erdei szürkebegy, lazúr tündérmadár, bütykös hattyú

Monogámia

- Valódi monogámia
- Szociális monogámia

DNS ujjlenyomat módszerek elterjedésével kiderült, hogy sok esetben a monogámia csak látszólagos, a felnevelt utódok gyakran más szülők utódai

- páron kívüli párzás ('extrapair copulation', EPC)
- fajon belüli fészekparazitizmus

pár őrzéssel ('mate guarding') és gyakori párosodással biztosítható a saját utódok magas aránya az alomban vagy fészekaljban

Üzenet: a fitness nem az, ami elsőre látszik!

Időleges hím eltávolításos kísérletek (ezáltal akadályozzák a párőrzést)
→ **visszatérő hím gondozása csökken**

Polyginandria

Erdei szürkebegy



A párzási és ivadékgondozás nagyban függ az adott tojó által használt élőhely minőségétől és méretétől- mindkét ivar részt vesz az ivadéknevelésben

- Poliandria, két hím territóriuma átfed egy tojó territóriumával
- Monogámia amikor egy hím és egy tojó territórium fed át csak
- Poligínia, amikor több tojó territóriuma fed át egy hím territóriumával
- Polyginandria, amikor két hím territóriuma átfed több tojó territóriumával

Polyginandria

Erdei szürkebegy

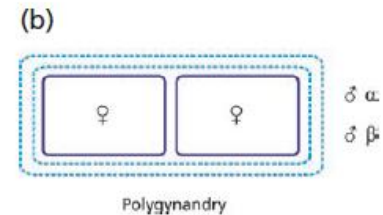
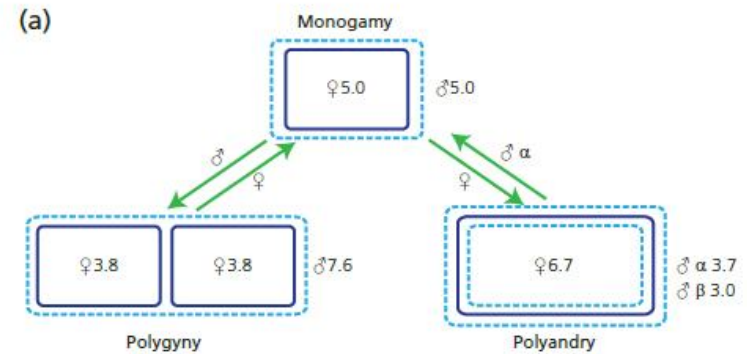


Fig. 9.12 Male dunlock feeding a brood of chicks. Photo © W. B. Carr. (a) Sexual conflict in dunlocks. Female territories (solid lines) are exclusive and may be defended by one or two unrelated males (dashed lines). The numbers refer to the number of young raised per season by males and females in the different mating combinations (maternity and paternity measured by DNA fingerprinting; Burke *et al.* (1989)). Arrows indicate the directions in which dominant (alpha) male and female behaviour encourage changes in the mating system. A male does best with polygyny; the cost of polygyny to females is shared male care. A female does best with polyandry; the cost of polyandry to males is shared paternity. (b) Polygynandry as a stalemate to the conflict: the alpha male is unable to drive the beta male off to claim polygyny, and neither female can evict the other to claim polyandry. From Davies (1989, 1992).

Párási/párválasztási stratégiák hatása az utódok ivarára és élettartamára

—

A partifecskék különös családi élete viselkedésökológiai és genetikai vizsgálatok alapján

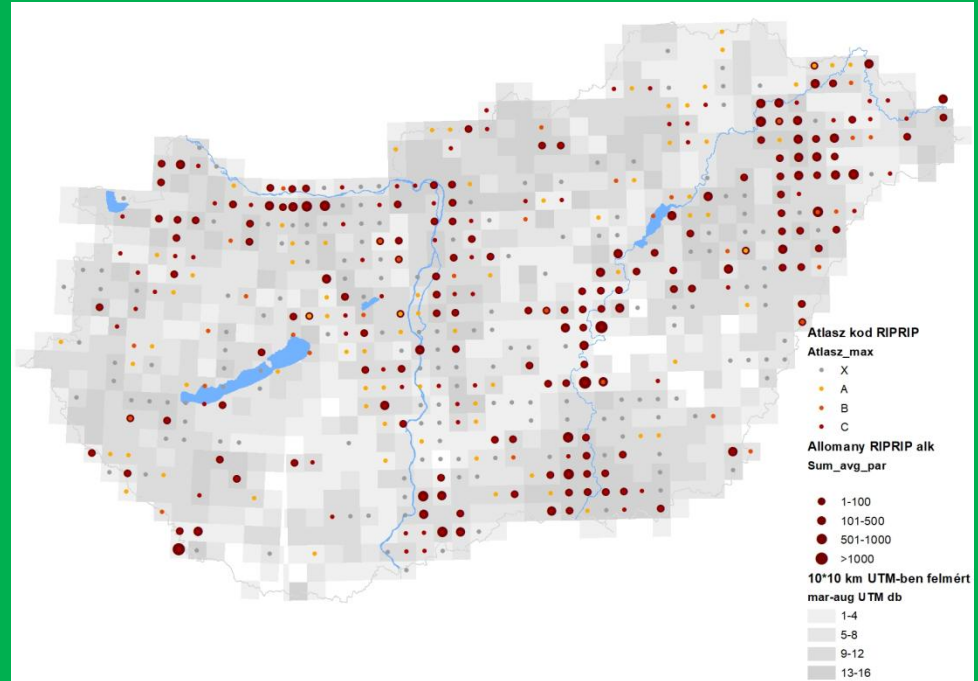


Dr Szép Tibor és Dr Molnár Mónika



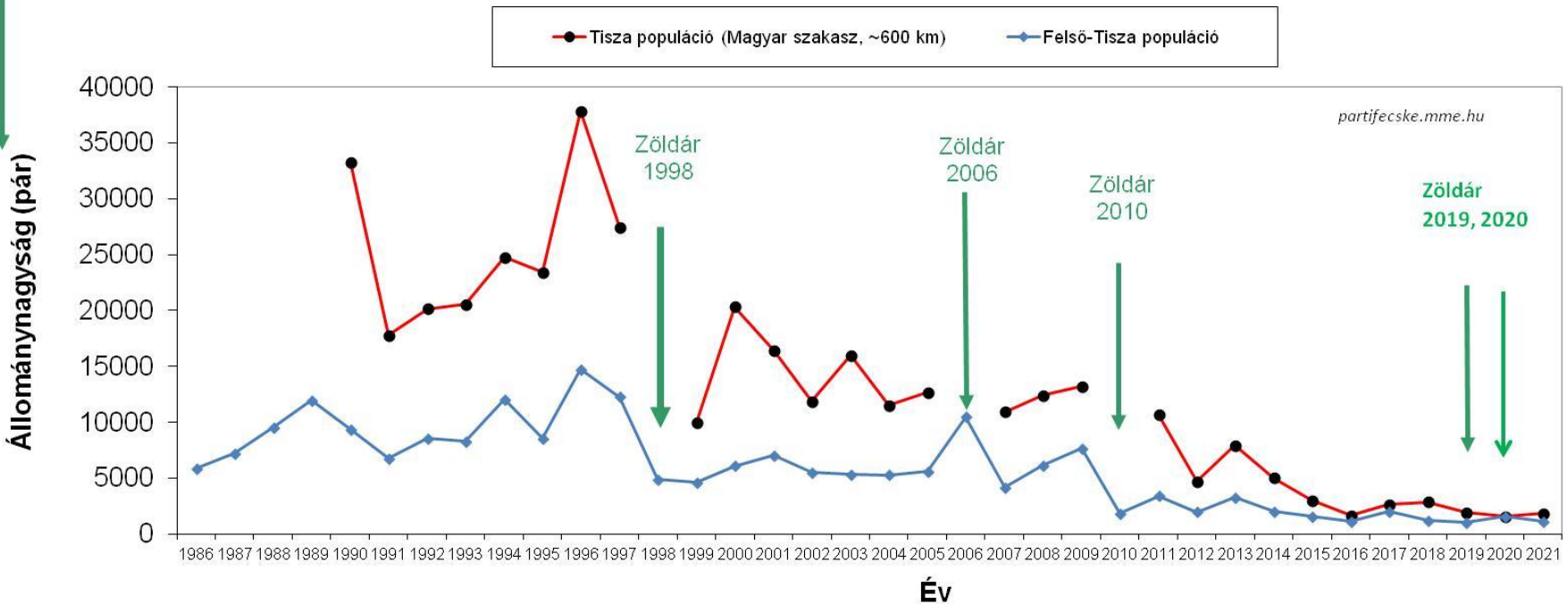
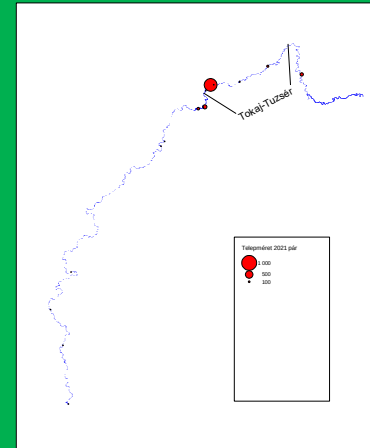
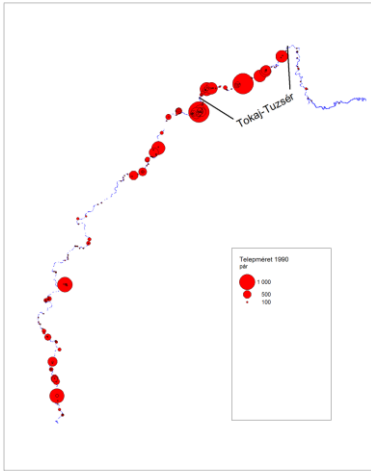
Nyíregyházi Egyetem Környezettudományi Intézet
Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület

Partifecske, ~13g – ritka, hazai állomány 15-50 ezer pár



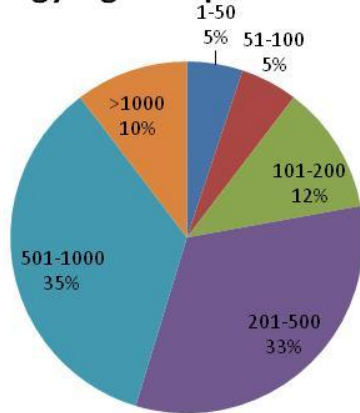
Partifecske fészkelő állománya Tisza 600 km-es hazai szakaszán

– 2021-ben az 1990-es állománynak csak 6%-a fészkel!

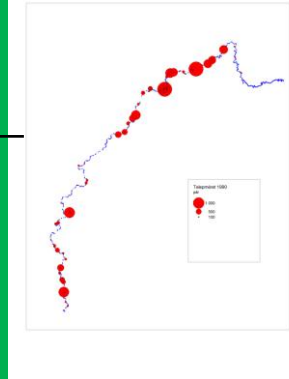


A nagy telepeken fészkelő állományoknál később kezdődött a csökkenés – jelentőség a védelemben

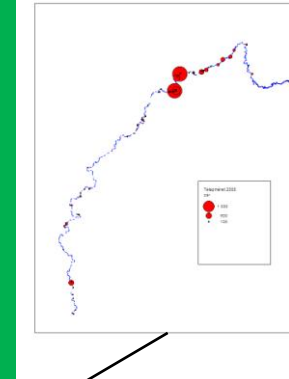
Populáció %-os aránya a különböző nagyságú telepeken 1990



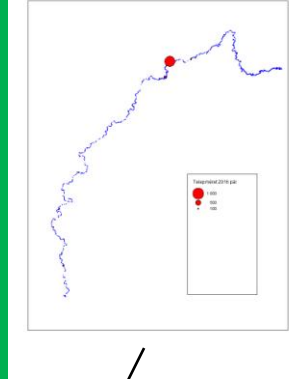
1990



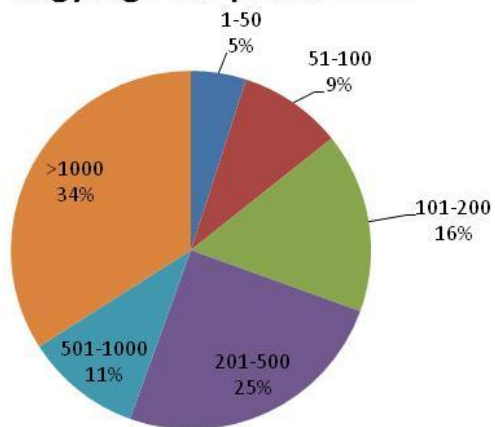
2008



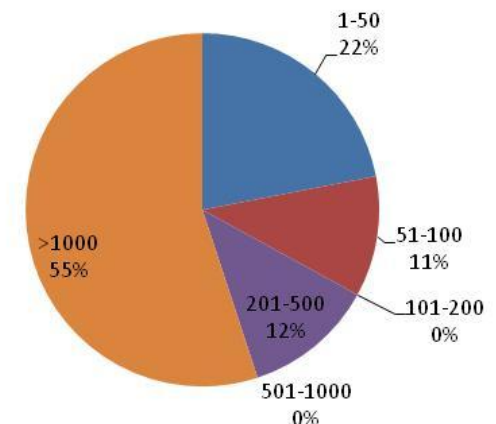
2016



Populáció %-os aránya a különböző nagyságú telepeken 2008



Populáció %-os aránya a különböző nagyságú telepeken 2016



Telepes fészkelés jelentős költségekkel jár

A nagy és sűrű telepeken jelentős lehet a paraziták okozta veszteség

Partifecske fészkekben számos ízeltlábú faj él köztük számos parazita
(Masan és Kristofik 1993)

Ixodes lividus kullancsfaj – csak a partifecske fészkeinek gazdaspecifikus vérszívó ektoparazita



Milyen előnyök révén lehet sikeresebb a telepes fészkelés ?



- **Növelheti a predátorok elleni védelmet ???**
 - **Légi ragadozók**
 - Korábbi észlelés, de alacsony szintű veszély
 - **Fészekragadozók**
 - Növekvő veszély



Fészek ragadozók

- Róka okozta magas veszteségek (2016-ban ~30% a 2400 üregnek kiásva a Tisza legnagyobb telepén, Szabolcs-Zalkod)

<https://www.youtube.com/watch?v=g-OUslcQlcY>



Telepes fészkelés

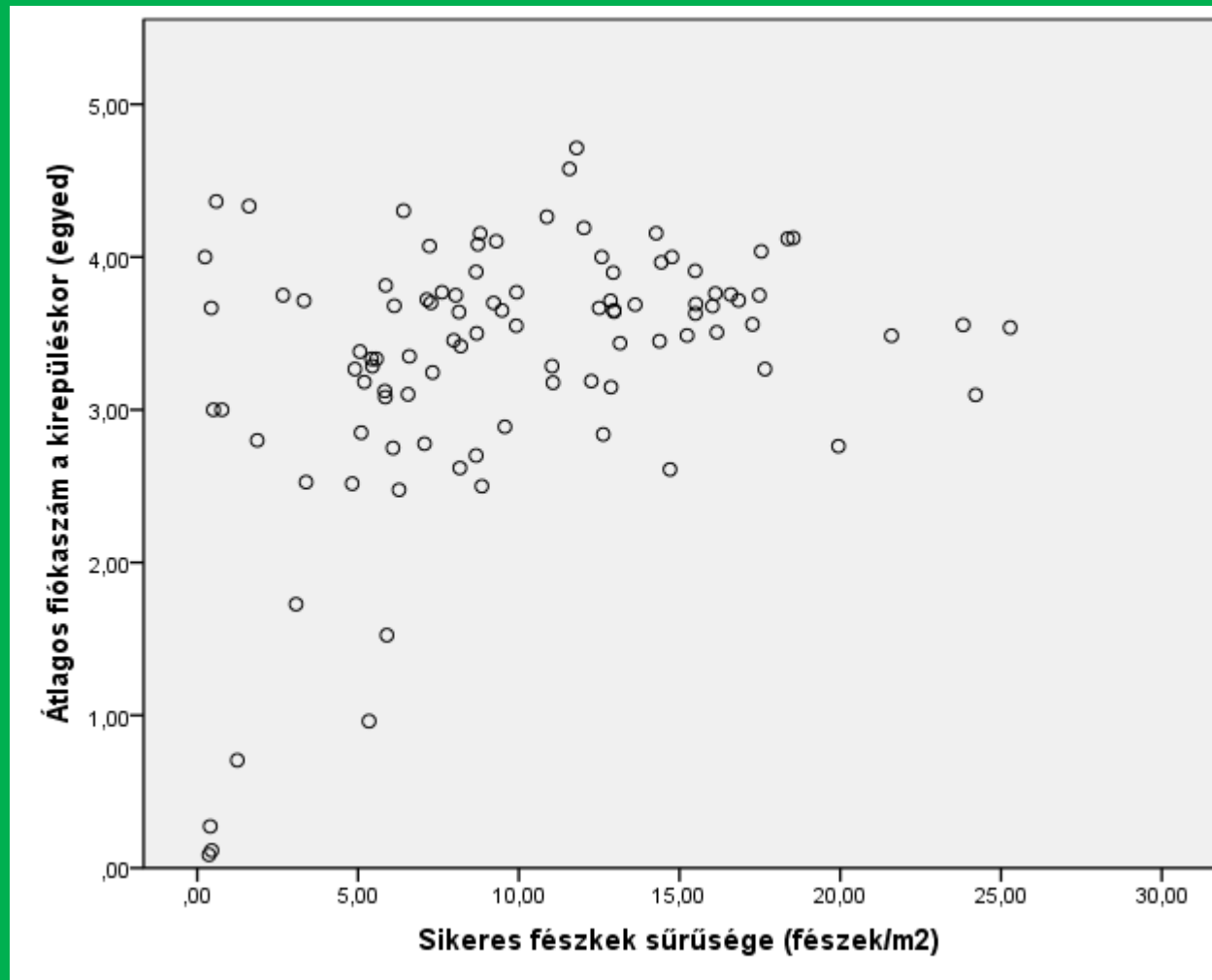


Növelheti a táplálkozási hatékonyságot, fiókák számát és kondícióját

Információ Centrum Hipotézis – Ha a táplálék nehezen megtalálható de bőséges foltokban van

Passzív/aktív információcsere a táplálék foltokról – nagyobb/sűrűbb telepen hatékonyabb „felderítés/információ szerzés”

Ragadozóktól mentes a teleprészleteken – nagyobb fészeksűrűségnél magasabb fiókaszám



($r=0.382$, $P<0.001$, $N=99$, Pearson)

Telepes fészkelés



Növelheti a táplálkozási hatékonyságot, fiókák számát és kondícióját

Információ Centrum Hipotézis

Probléma -> Miért vannak nagy számban táplálék foltokat keresők, ha várakozni is érdemes lehet a telepen az információra???

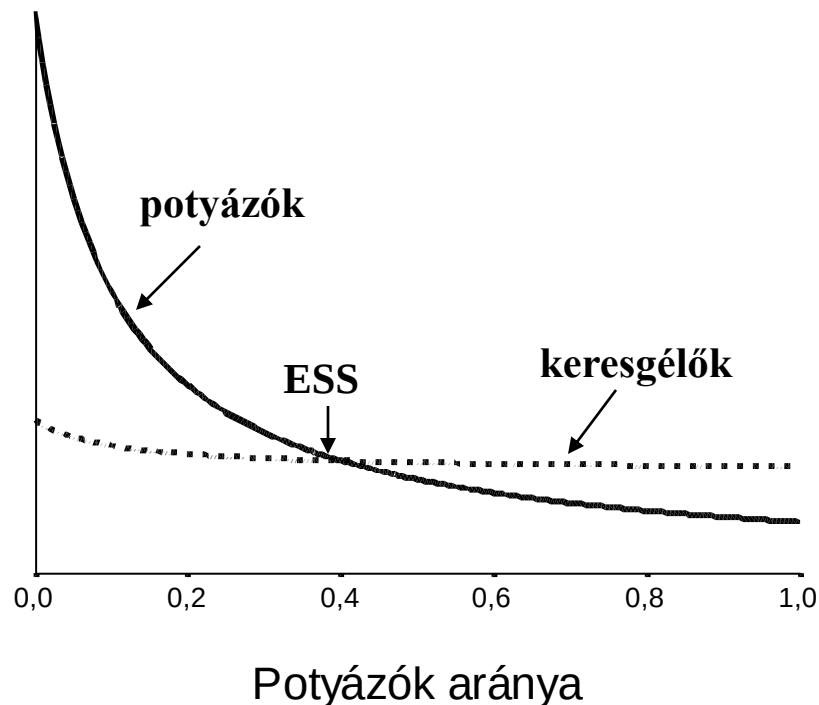
Ha nincs előnyük a keresőknek a várakozókhoz képest akkor a nem várható különbség a telepes és magányos fészkelés között

Csapatos táplálkozás: a keresgélő-potyázó játszma

- Csapatos táplálkozás → potyázás lehetősége (*Barnard & Sibly 1981*)



- Potyázók nyeresége:**
erős negatív gyakoriságfüggés
- Kevert ESS**

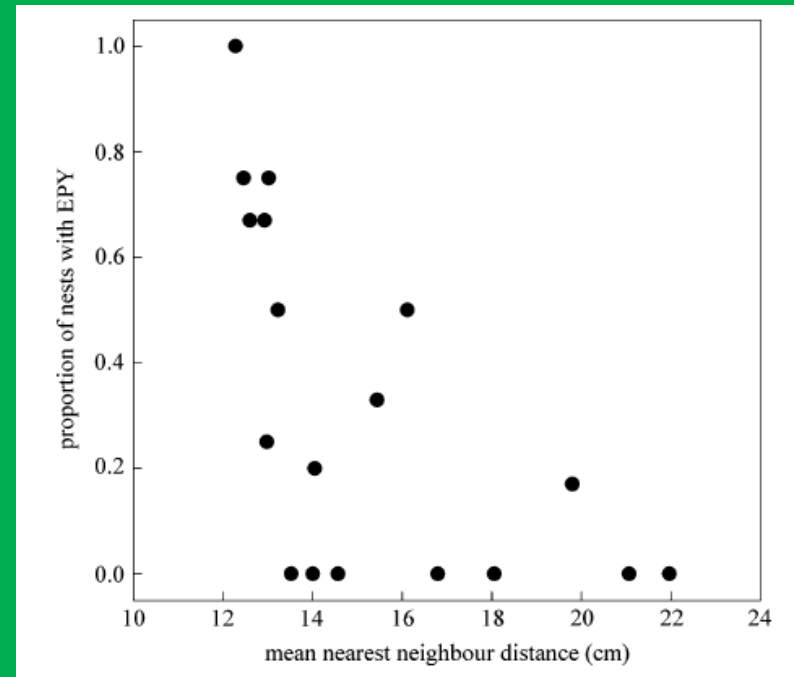


Telepes fészkelés

fajon belüli interakciók
növekedése



- Szociálisan monogám faj, de
 - Egyedenként eltérő jelentős előnyök/hátrányok a párzásban/párválasztásban
 - Jelentős számú fészkek (37%) páron kívüli utóddal (EPY)
 - Az EPY szintje magasabb a nagyobb fészkek sűrűségénél, nagyobb telepeken



(Augustin et al. 2007)

A legközelebbi szomszédos fészkek távolsága és az EPP utódot tartalmazó fészkek aránya ($r = -0.76$, $N = 18$, $P < 0.001$, Spearman)



A párzás/párválasztási lehetőségek a telepes fészkelésben

Növelheti a párválasztás – párzás során:

- Alkalmas partner jobb megtalálását - a telepek speciális dűrgő helyeknek (hidden lek) tekinthetőek
- A sikeres utódgondozáshoz egy pár kell (monogám ivadékgondozás), de lehetőség párzásra a saját párjánál vonzóbb/jobb páron-kívüli hímekkel is → szociális monogámia
 - Jó gének tovább adási/szerzési lehetőségét, páron-kívüli utódok (EPY) révén
- A fiókák kondíciójának, várható élettartamának, sikeres szaporodásának növelési lehetősége

Páron-kívüli párzások a pár hímjének szemszögéből

A hímek a párjuk fertilis időszakában intenzíven őrzik a párjukat apasági biztonságuk érdekében (tandem repülés)



Páron-kívüli párzás a pár tojója szemszögéből

- A páron-kívüli párzásból származó utódok a saját pártól származó utódoknál „jobb” tulajdonságokat örökölhetnek
- A tojók számára „vonzó” hímmel való párzás/párbaállás esetén hím utódok arányának növelése is előnyös lehet, amennyiben a vonzó hím tulajdonságai öröklődnek → a páron-kívüli párzásból származó hím utódok (szexi fiúk) sikeresen fognak szaporodni

Rizikó -----> a saját pár csökkentheti részvételét az ivadéknevelésben ha apasági biztonsága csökken!

(füsti fecskéknél a hím kevesebbet etet, kevesebbet őrizi a fészket ha csökken az apasági biztonsága -> kirepülő fiókák számának csökkenése, idegen hímek fiókagyilkossága esélyének növekedése)





A párzás/párválasztási lehetőségek a partifecske telepes fészkelésben – vizsgált kérdéseink

- Milyen mértékű a fiókákat nevelő párok fészkében a más (páron-kívüli) egyedektől származó utódok száma?
- A telepen mely egyedek számára lehet előnyös/hátrányos a páron-kívüli utódok lehetősége?
- Milyen előnyökkel járhat a páron-kívüli utód?
- A fiókákat életkilátására milyen hatással van a nevelő/genetikai „szülők” minősége?

Helyszín és adatok



Tiszabercel homokbánya 2005, 272 lakott fészek

Szabolcs/Zalkod tiszai telep részlete 2005, 58 lakott fészek

Fészkek endoszkópos vizsgálata

Költő madarak gyűrűzése és fészkek azonosítása

80 fészkekből a fiókák kiemelése 15 napos korukban



A genetikai vizsgálatok módszerei

1. Szexálás

2. Rokonságvizsgálat

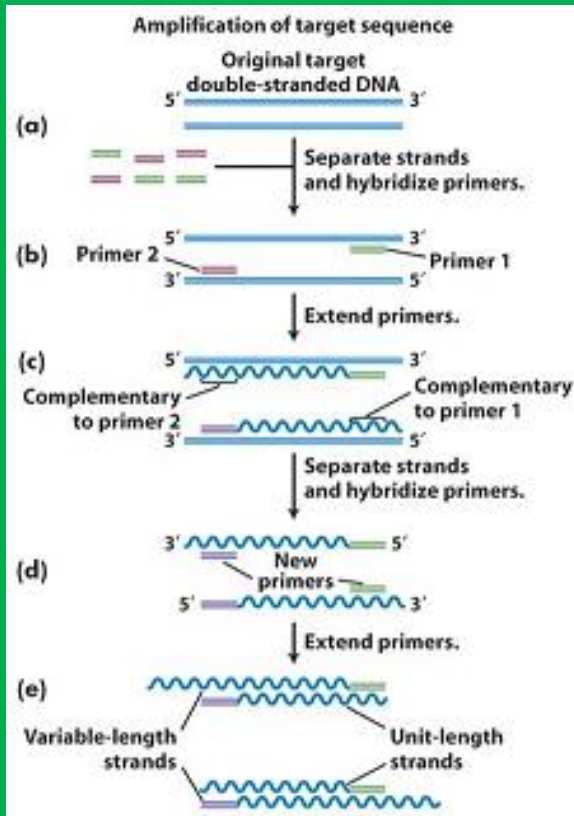
3. Telomerhossz vizsgálata

PCR

A PCR (polimeráz láncreakció) alapelve

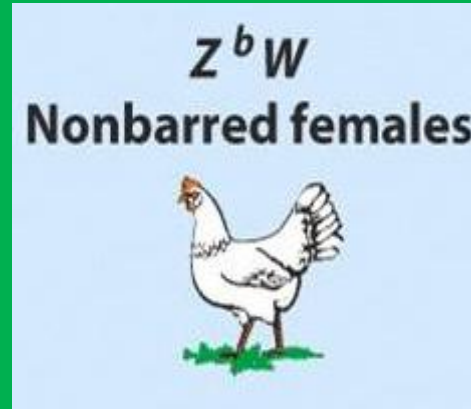
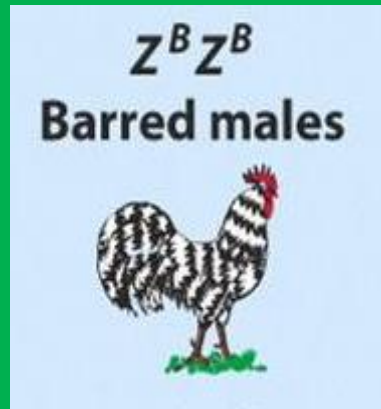
A PCR a DNS *in vitro* klónozásának

alapvető módszere, mely során ismert nukleotid sorrendű rövid DNS darabokkal a kívánt DNS szakaszt „kijelöljük”, és egy speciális enzimmal megsokszorozzuk



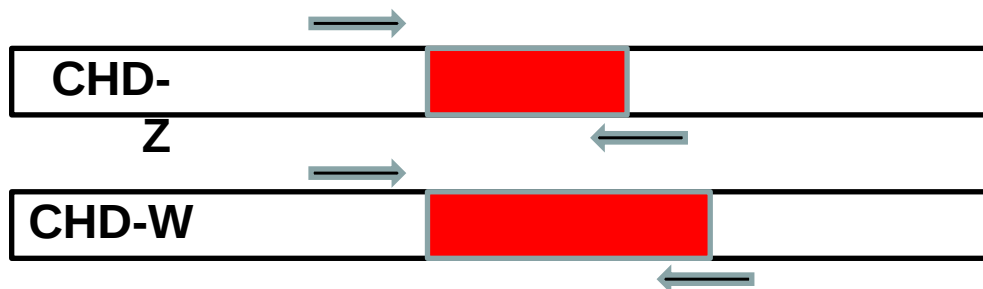
1. Szexálás

DNS-alapú nem-meghatározás a fiókáknál



P2: 5'-TCT GCA TCG CTA AAT CCT TT - 3'

P8: 5'-CTC CCAAGG ATG AGR AAY TG -3'



chromo-helicase-DNA-binding

5 min 95°C

30 sec 95°C

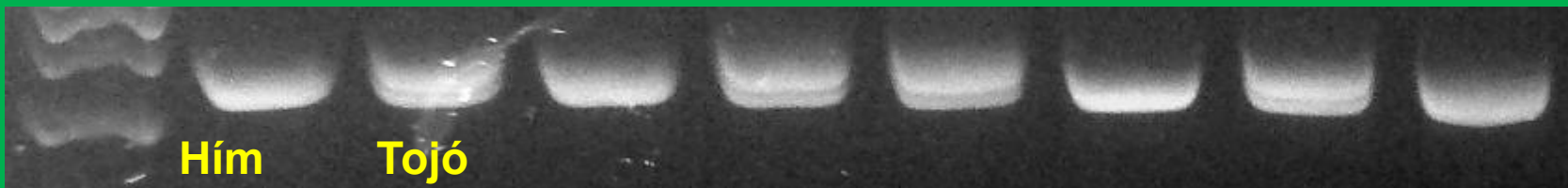
45 sec 48°C

45 sec 72°C

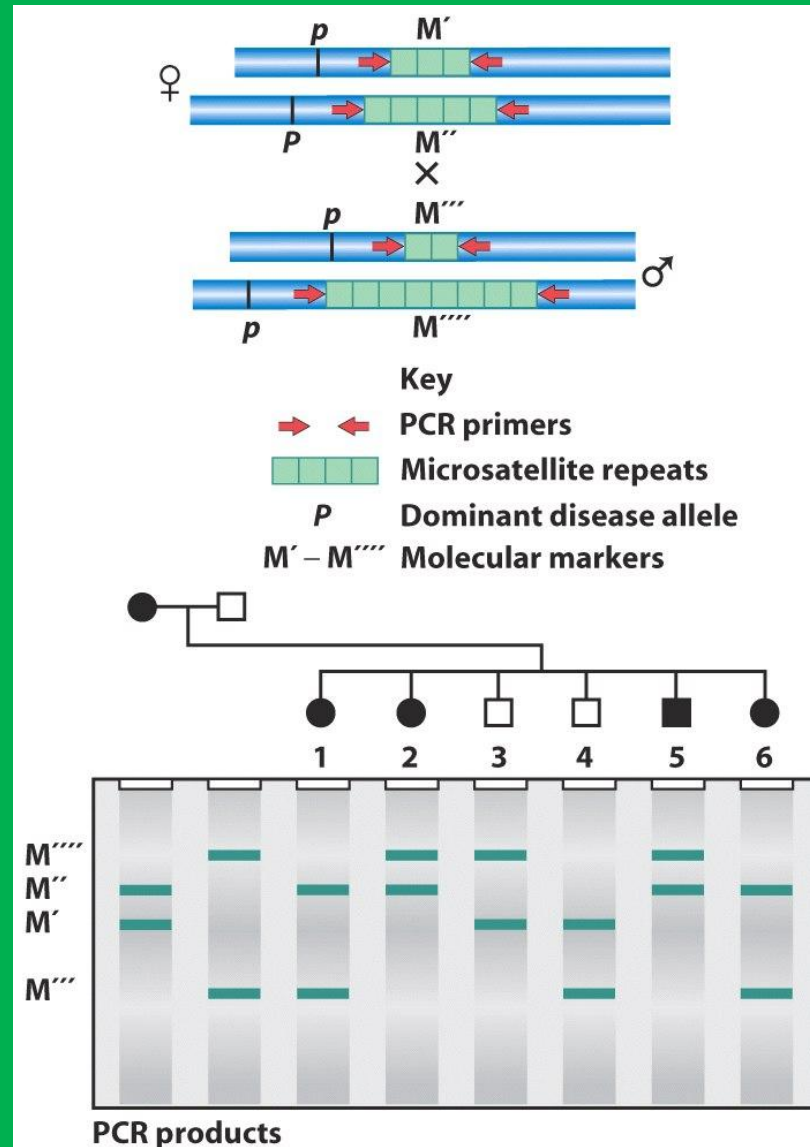
10 min 72°C

35x

Szexálás eredményét bemutató agaróz gél



2. Rokonságvizsgálat mikroszatellit lókuszok felhasználásával



Páron kívüli apaság (extra-pair paternity, EPP)

- A fészkek **46%-ban** egy vagy több fiókának más volt a genetikai apja, mint az azokat nevelő hím → **EPP fiókák**
 - 17 fészek a 37 fészekből
 - **Az EPP fészkek 41.1%-ban** (7 fészek a 17 fészekből) egyetlen fiókának sem az azt nevelő hím volt a genetikai apja
- **A vizsgált összes fióka 30.5%-nak** más volt a genetikai apja, mint az azokat nevelő pár hímje
 - 40 fióka a 131 fiókából

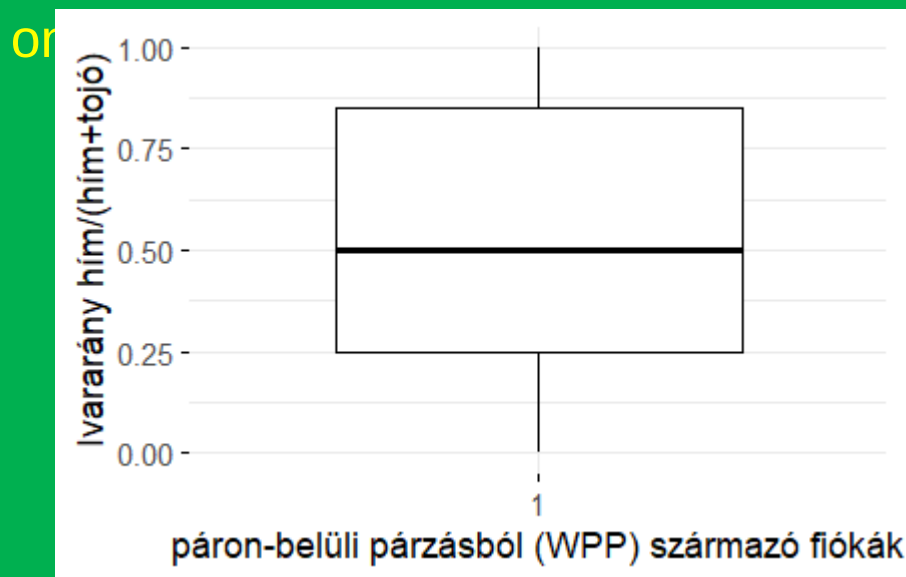
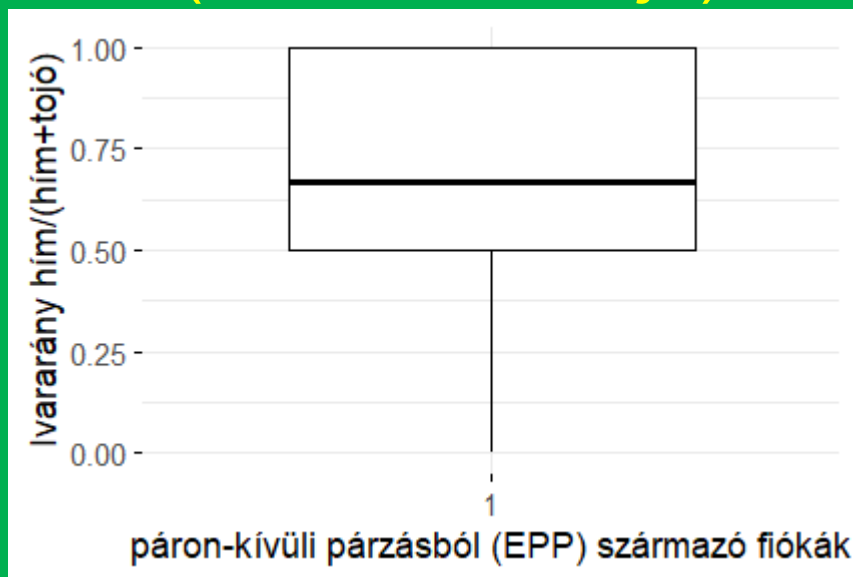
Fészek parazitizmus (brood parasitism, BP)

Kvázi fészek parazitizmus (quasi brood parasitism, QP)

- 3 fészekben (8.3%) egy vagy több fiókának más volt a genetikai anyja mint a nevelő tojó (BP) → **idegen tojás**
 - 3 fészek a 36 fészekből (ahol a nevelő pár mindkét tagja ismert)
 - **A fiókák 3.2%-a**
- E három fészekből
 - Egyben csak fészekparazitizmus (BP), 1 db tojást más pár tojó egyede csempészte be
 - **Egyben kvázi fészekparazitizmus (QP), 1 becsempészet tojás a fészekben nevelő hímmel pározott idegen tojótól**
 - **Egyben 1 tojás fészekparazitizmus (BP) és 1 tojás kvázi fészekparazitizmus (QP) során**

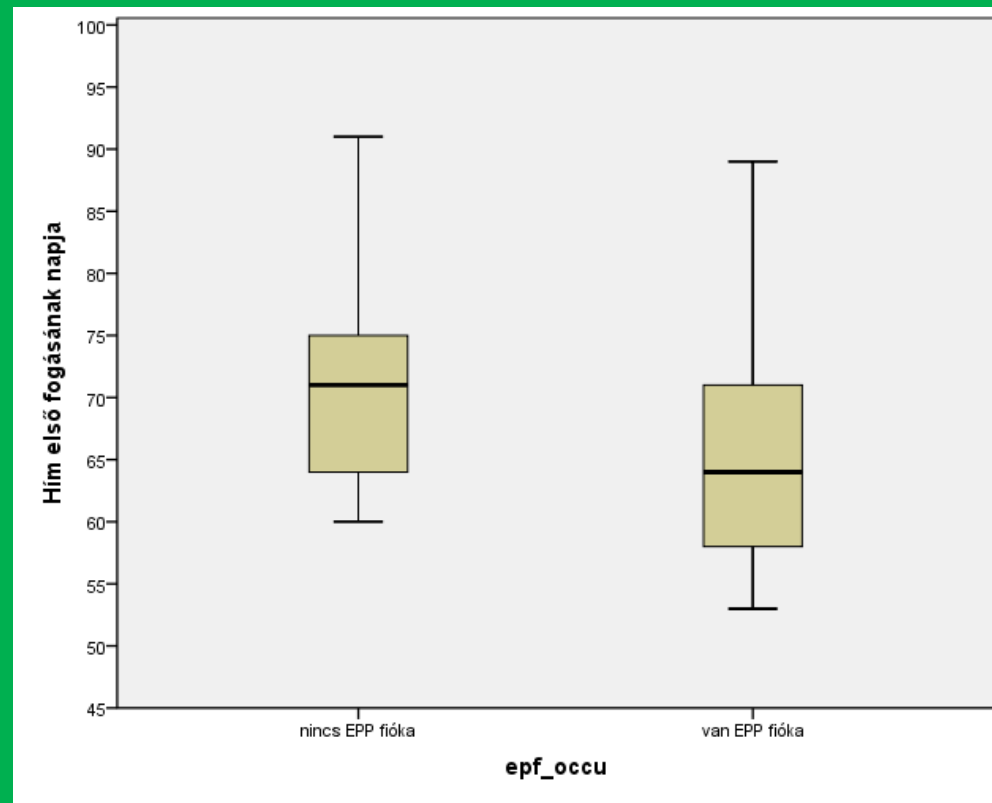
Az EPP utódok ivararánya eltér a saját pártól származó (WPP) utódokétól

- A páron-kívüli párzásból (EPP) fiókáknál a hím ivarúak aránya 65% (26 hím / 14 tojó) magasabb mint 50% ($SE=0.078$, $V=105$, $P=0.028$, Wilcoxon signed one-tailed test, sex ratio > 0.5)
- A szociális hímtől származó (WPP) fiókák ivararánya 48% (39 hím / 43 tojó) nem tér el az 50%-tól ($SE=0.067$,



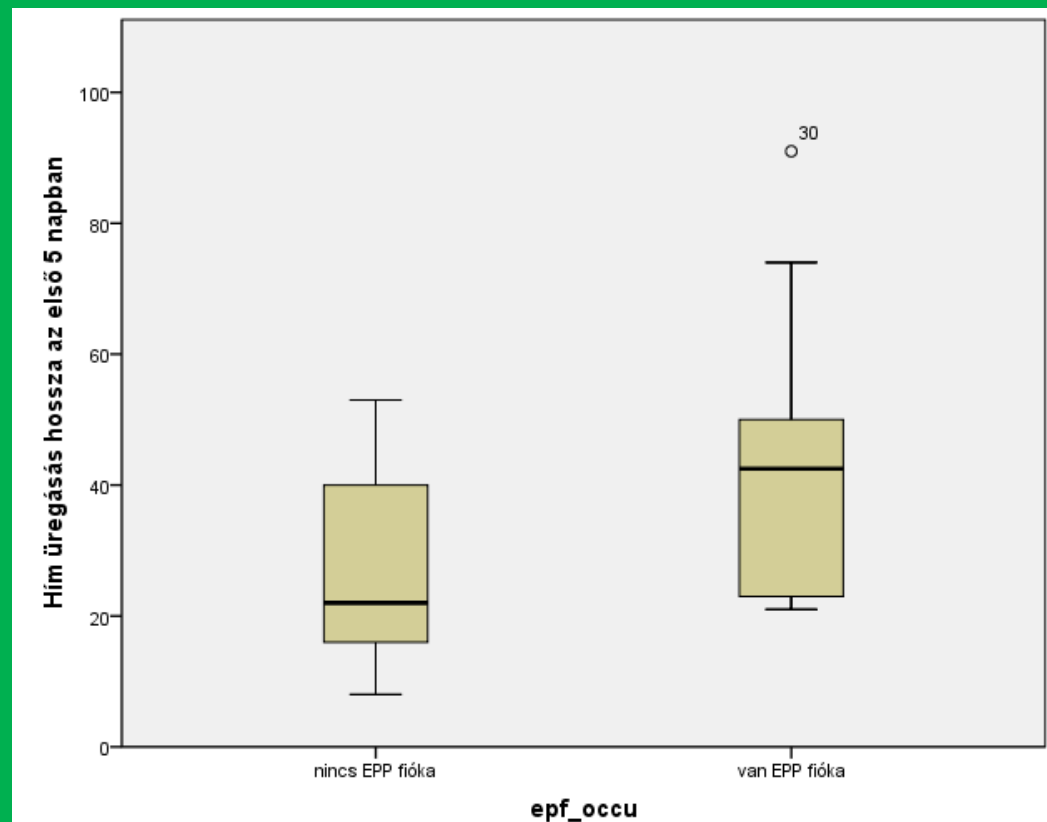
A „félrelépő” tojók hím párja különbözik-e „hűséges” tojókétól ?

- A „megcsalt” hímek hamarabb érkeztek vissza a telepre Afrikából, mint a „hűséges” tojók párjai (a hímek első befogásának napjai közötti különbség: 5.6 nap, $SE=2.128$, $t=2.632$, $df= 27.877$, $P=0.014$, Welch test)



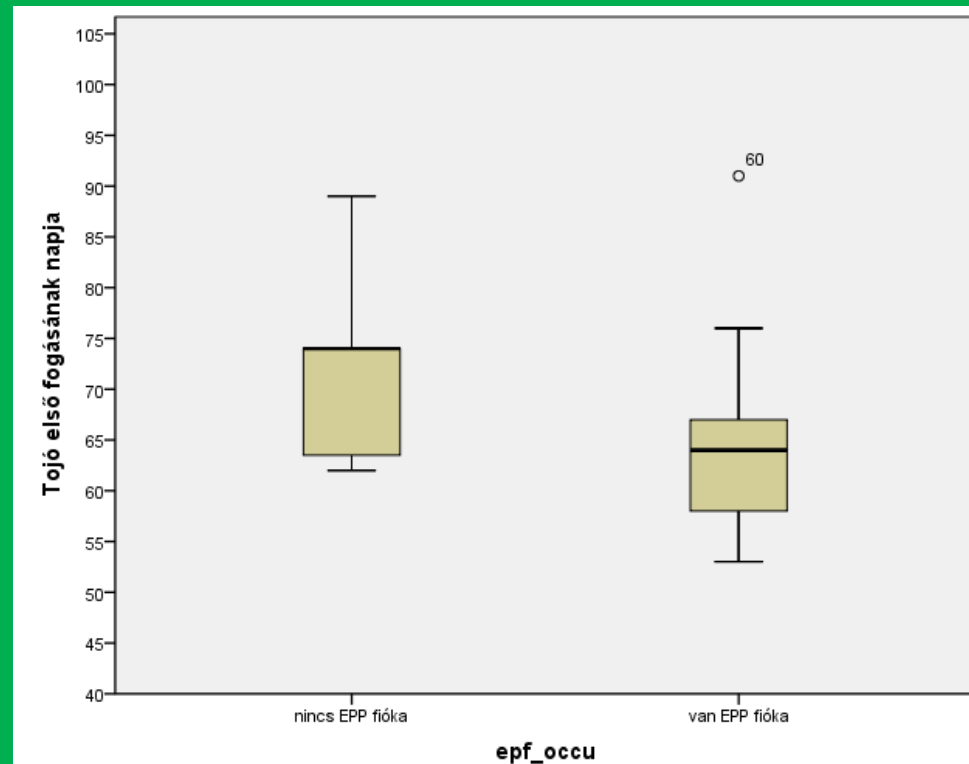
A „félrelépő” tojók hím párja különbözik-e „hűséges” tojókétól ?

- A „megcsalt” hímek intenzívebben ásták ki a fészkelőüreget, mint a „hűséges” tojók párjai (az első 5 nap során kiásott üreg hosszában lévő különbség: 18.75 cm, SE=8.086, $t=2.319$, $df=18.799$, $P=0.032$, Welch test)



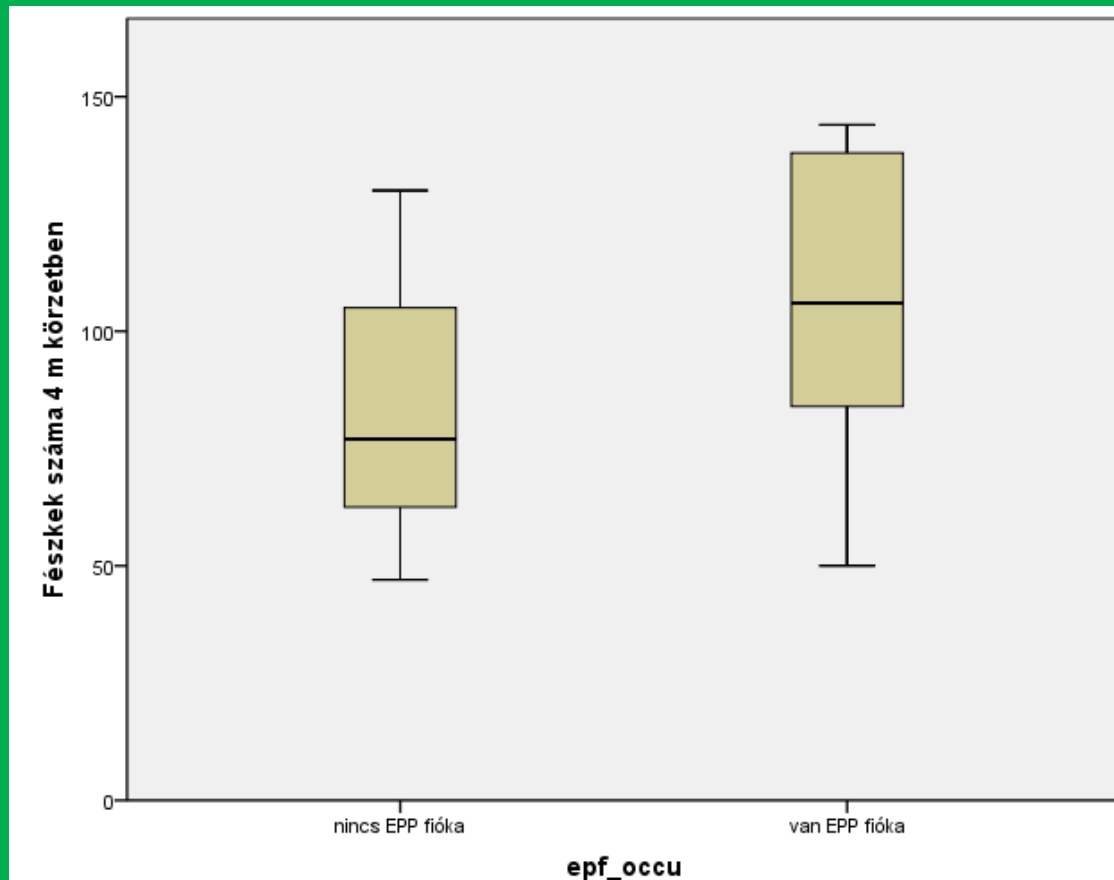
A „félrelépő” tojók fészkelése különbözik-e „hűséges” tojókétól ?

- A „megcsaló” tojók hamarabb érkeztek vissza a telepre Afrikából, mint a „hűséges” tojók (a tojók első befogásának napjai közötti különbség: 7.733 day, SE=2.108, $t=3.669$, $df=27.946$, $P=0.001$, Welch test)



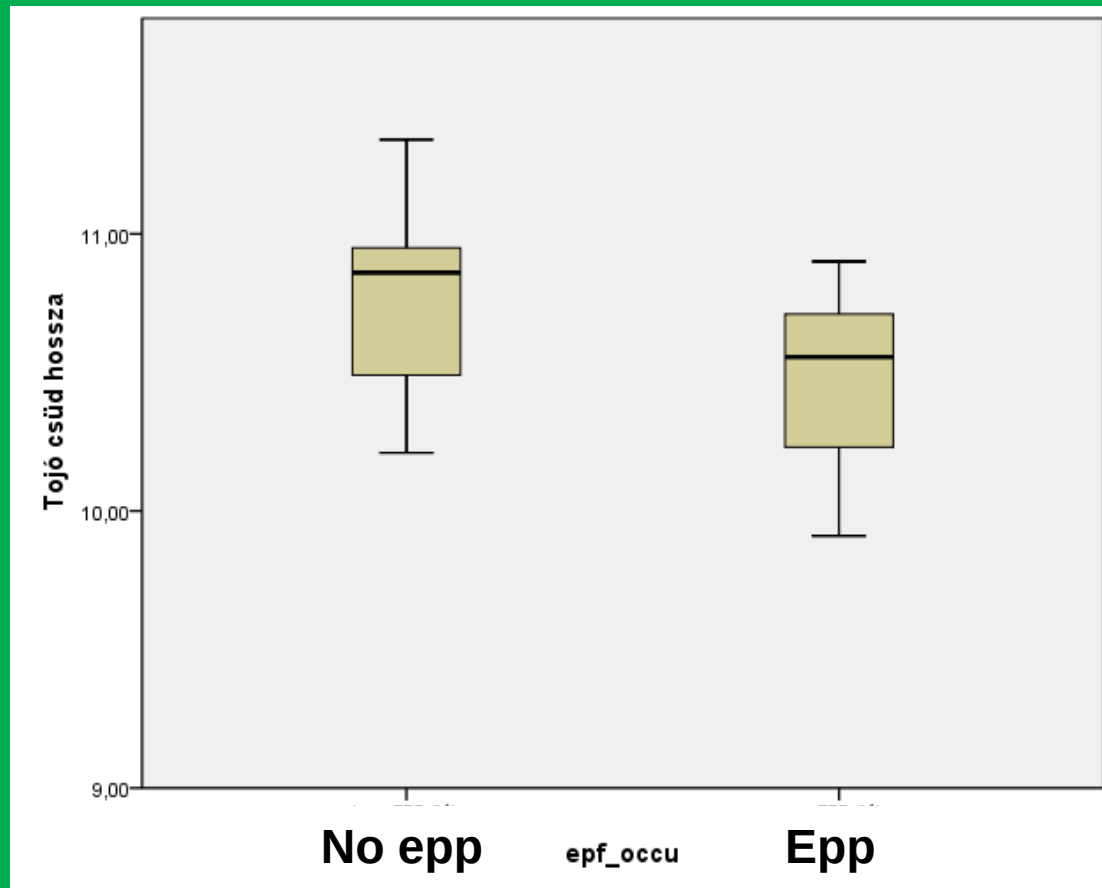
A „félrelépő” tojók fészkelőhelye különbözik-e „hűségese” tojókétól ?

- A telep sűrűbben lakott részén fészkelnek (a fészek 4 m körzetében lévő lakott fészkek számának különbsége: 20.267 fészkek, SE=8.529, $t=2.376$, $df=27.35$, $P=0.025$, Welch test)



A „félrelépő” tojók különböznek-e „hűséges” tojókétól ?

- A „megcsaló” tojók kisebbek, rövidebb a csüd (mean difference = 0.346 mm, SE=0.125, t=2.777, df=26.658, P=0.010, Welch test)



A vizsgált fiókák milyen eséllyel élték meg a következő éveket?

- 32 egyedet fogtunk vissza a vizsgált párok fiókái közül
- Nem volt különbség az EPP és WPP fiókák visszafogási értéke között
 - páron-kívüli párzás (EPP) fiókák 25% (10/40)
 - páron-belüli párzás (WPP) fiókák 26.8% (22/82)



Nem változott az ivararány a túlélők között

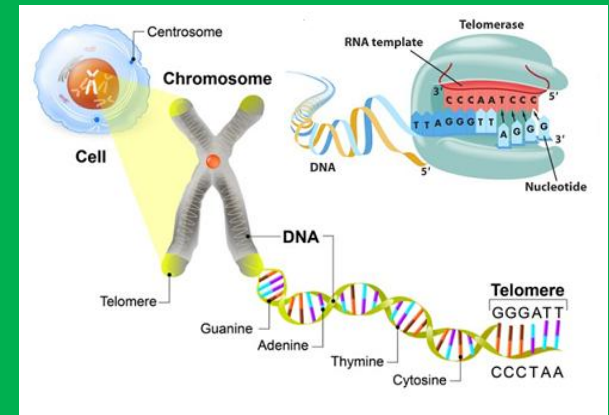
- A páron-kívüli párzásból (EPP) fiókák esetében a hímek aránya továbbra is magas volt 80% (8 hím, 2 tojó)
- A páron-belüli párzásból (WPP) származó fiókáknál 50% volt (11 hím, 11 tojó)

Telomerhossz jelentősége az életkilátás vizsgálatában

A telomerhossz az egyed várható élethosszát, életkilátását jelezheti

A gyorsabban „öregedő” egyedeknek gyorsabban csökken a telomer hossza, rövidebb élethossza lehet egy korosztályon belül

A telomerhossz rövidülésének sebessége az öröklött jellemzők mellett a fiatal kori körülményektől függ



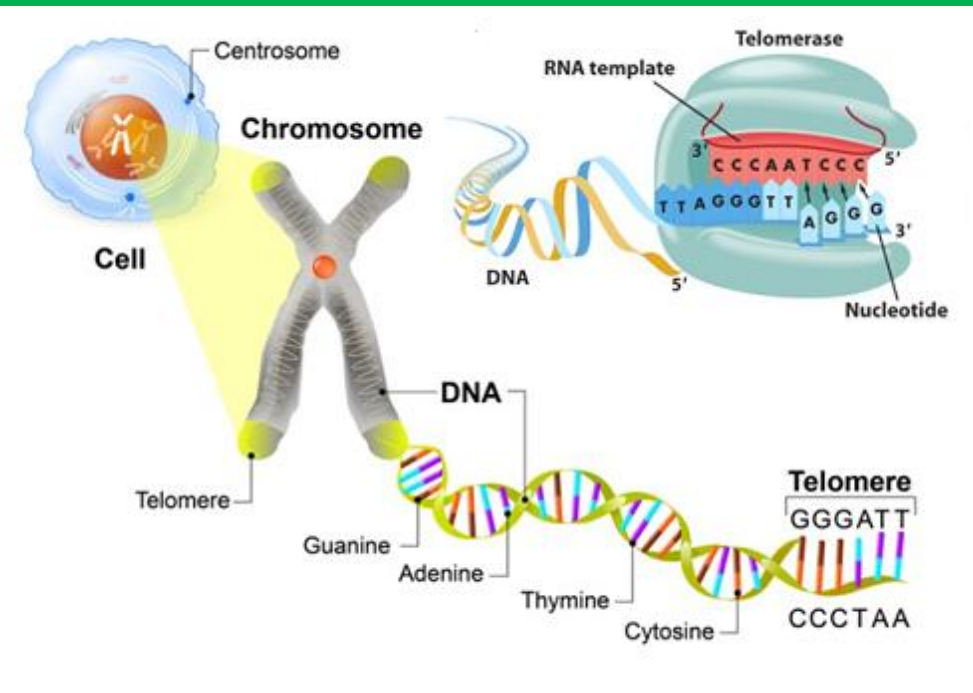
Monaghan P, Eisenberg D T A, Harrington L, Nussey D. 2018. Understanding diversity in telomere dynamics. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences

Mi a telomer?

A telomerek a kromoszómák speciális felépítésű végei.

A telomert DNS szinten egy rövid szekvencia ismétlődése adja, melyhez többféle fehérje kapcsolódik.

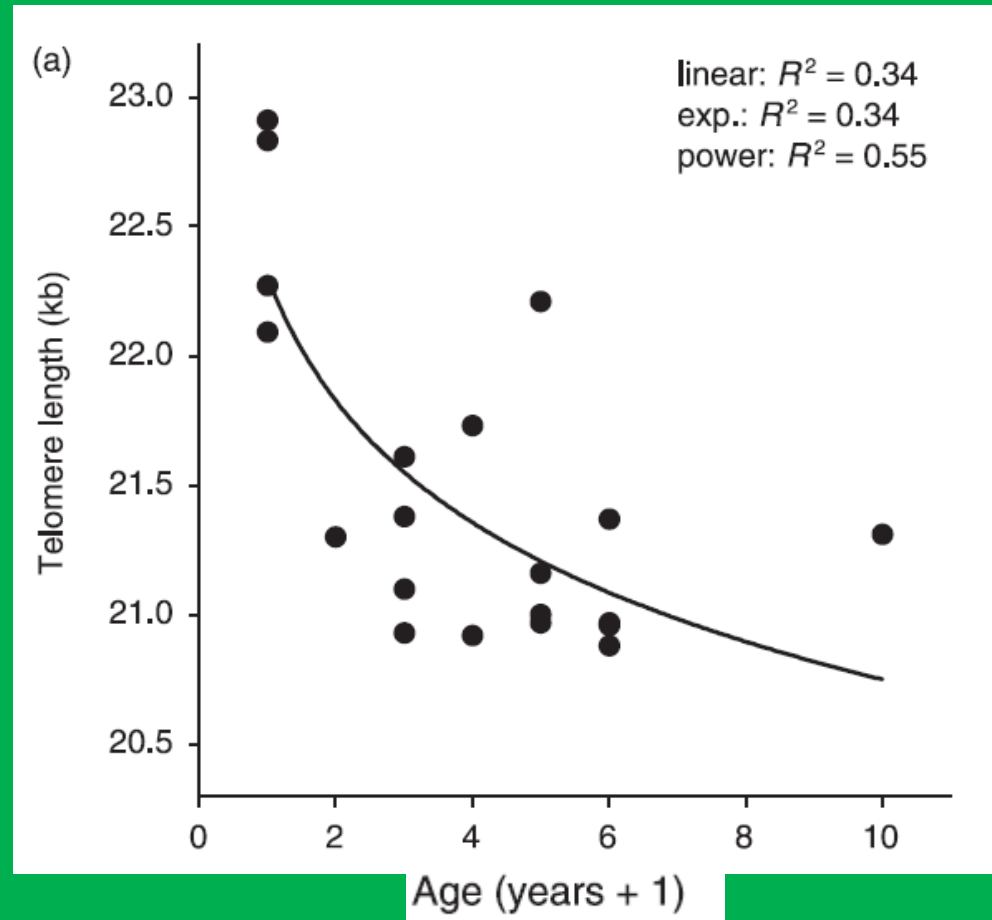
A telomer komplex speciális tagja a telomeráz enzim; ez hozza létre a telomerek ismétlődő szekvenciáját.



A telomerek hossza a sejt és az egyed „egészségének” mutatója!

Partifecske telomer jellemzői

A telomerhossz az egyedek korával csökken, jelentősen az első év után, de nagyban különbözik az azonos korúak között.



Pauliny A, Wagner RH, Augustin J, Szép T, Blomqvist D. 2006. Age-independent telomere length predicts fitness in two bird species. *MOL ECOL*

Partifecske telomer jellemzői

A relatív telomer hossz (RTL) csökken a korral, jelentős variancia az azonos korúak között, jelentős csökkenés az ötéves és idősebb egyedek esetében.

(qPCR assay to estimate Relative Telomere Length, RTL)

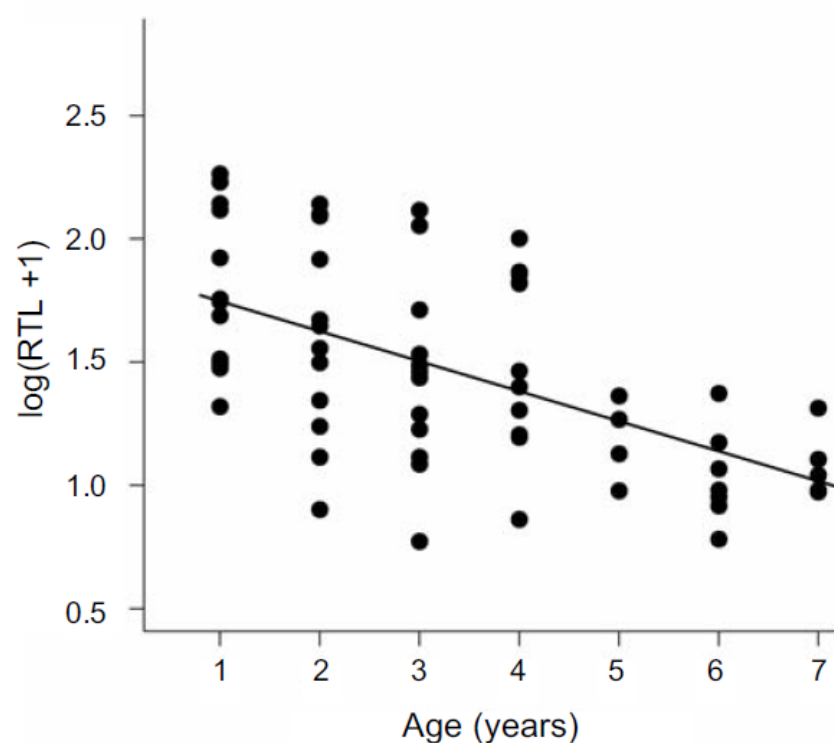


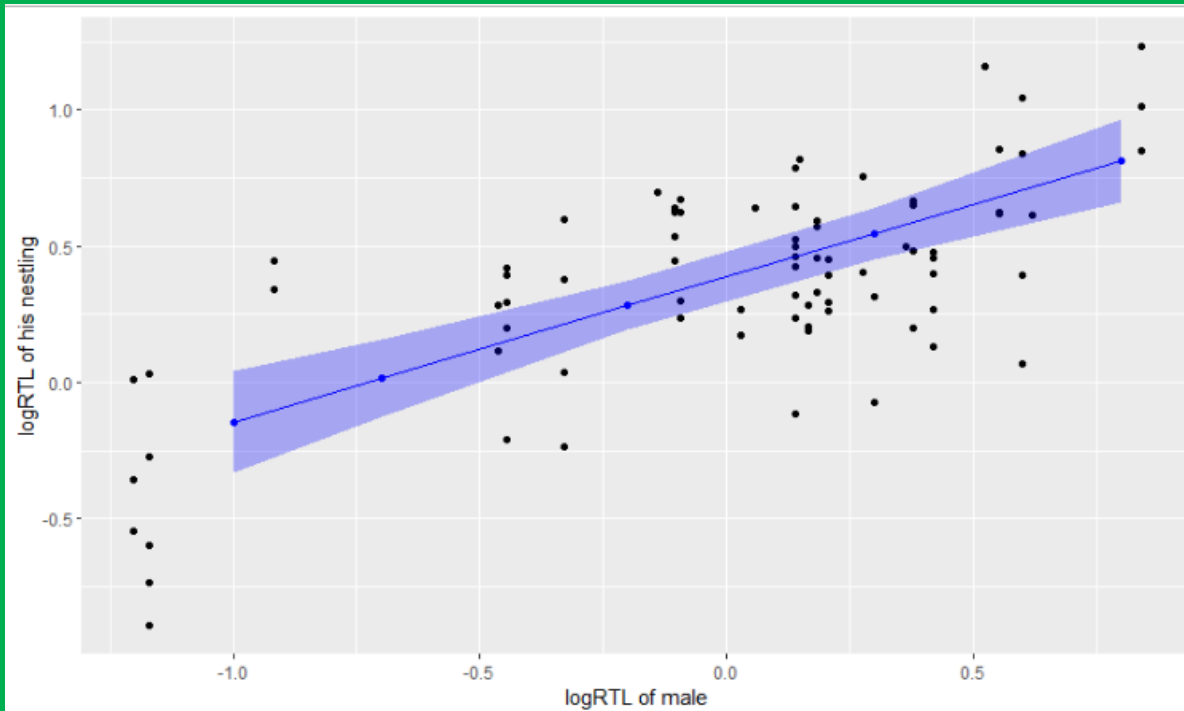
Fig. 1. The association between relative telomere length (RTL, log transformed) and age in Sand Martin individuals captured in 2006 along the Tisza River in eastern Hungary (line indicates best-fit regression).

Smith S, Wagner R. W., Szép T., Hoelzl F. & Molnár M. 2016. A simple and reliable medium-throughput method to measure relative telomere length in Sand Martins *Riparia riparia*. ACTA ORNITHOLOGICA

A páron belüli párzásból (WPP) származó fiókák életkilátásai a telomer (RTL) alapján

GLM Modell (fészek random változó) változók: etető hímek és tojók RTL, kullancsok száma a fiókán, fiókák száma, fióka pozíciója fészekben (szárnyhossz alapján), fióka kora a vérminta vétele idején (nap) (n= 81 fióka)

Legjobb modell: etető hím RTL-e és a fiókán lévő kullancsok száma befolyásolja (64.3%)



**Etető hím RTL
(slope=0.532,
SE=0.082, F=39.561,
df=1,26, P<0.001)**

**Kullancsok száma a
fiókán
(slope=-0.032,
SE=0.020, F=2.588,
df=1,52, P=0.114)**

Nevelő hím telomer (RTL) hossza és fészekásási intenzitása

- A fiókat nevelő hímek üregásási intenzitása és telomer hossza között erős pozitív kapcsolat van ($r=0.454$, $n=27$, $P=0.017$)



Telepek - párzás, párválasztás



- Jelentős számú EPP fióka a telepeken
- Jelentős különbségek lehetnek az utódszámban a hímek között az EPP révén
- Az EPP fiókák ivararánya a hímek felé tolódik
- Különbség a tojók között az EPP vállalásban
 - Az elsőként párbaálló tojóknál nagyobb az EPP

Telepek - párzás, párválasztás



- Az etető, szociális hím telomer hosszának (RTL) van a legnagyobb hatása a fiókák életkilátására
- A fiókák visszafogási esélye a fészekalj méretével és a kullancsok számával van negatív kapcsolatban
 - A két éves vagy idősebb korcsoportú hímeknél magasabb lehet
- A telepeken a tojók számára lehetőség van a fióka nevelésben hatékony szociális hím partnerrel párba állni és mellette más vonzó/jó minőségű hímekkel párzani, amely jelentősen növelheti a szaporodási sikert

8. Életmenet-stratégiák

Életmenet: mi történik az élőlénnel születésétől a haláláig?

- milyen gyorsan fejlődik?
- mekkora méretet ér el?
- mikor kezd el szaporodni?
- egyszer vagy többször szaporodik?
- milyen hosszú ideig él?

Fő kérdés: élettartam alatti szaporodási siker
'lifetime reproductive success' – LRS

LRS fő komponensei:

- jelenlegi szaporodási siker
- jövőbeli szaporodási siker

a kettő között konfliktus van – az egyik csak a másik kárára növelhető!
kutatások általában a kettő közötti csereviszonnyal foglalkoznak

Szaporodási költségek

A jelenlegi szaporodási siker növelhető, de ez költségekkel jár!

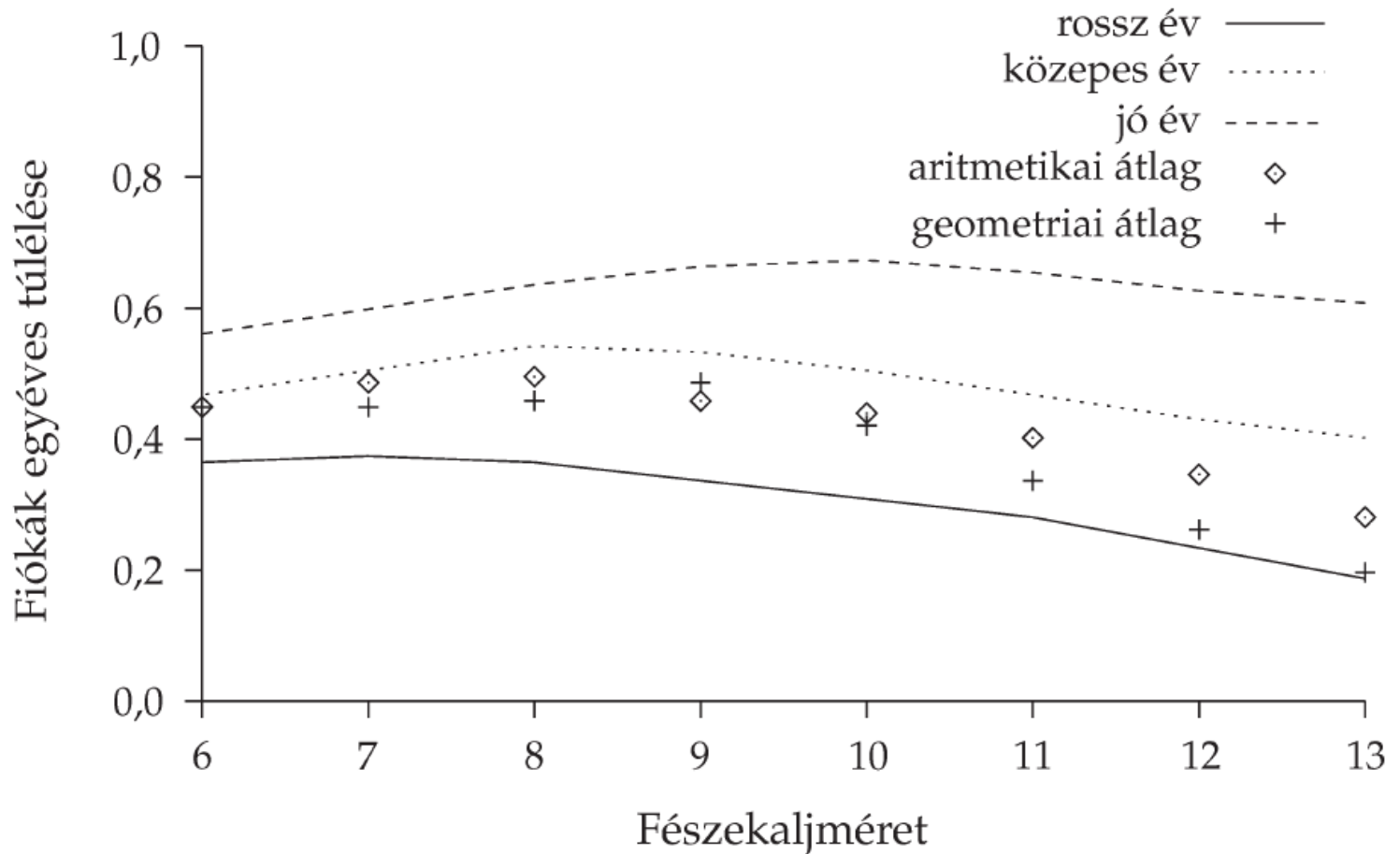
→ szaporodási költségek

- pete, tojás, utódprodukció növeléséhez energiaráfordítás szükséges (pl. madaraknál tojásrakás során többszörösére emelkedik az alapanyagcsere)
- párválasztás (költséges jelzések vagy a válogatás időigénye) is energiaigényes
- nagyobb peték, tojások, stb. produkciója szintén többlet energiaráfordítás
- az utódok életképességének növelése (utódgondozás) szintén többlet energiaráfordítás (kotlás, fiókavédés, -etetés, stb. energiaigényes folyamatok, pl. peteőrzést végző békák testsúlya 20%-kal csökkenhet a peteőrzés alatt)

Rátermettség mérés

„Rossz év” hatás

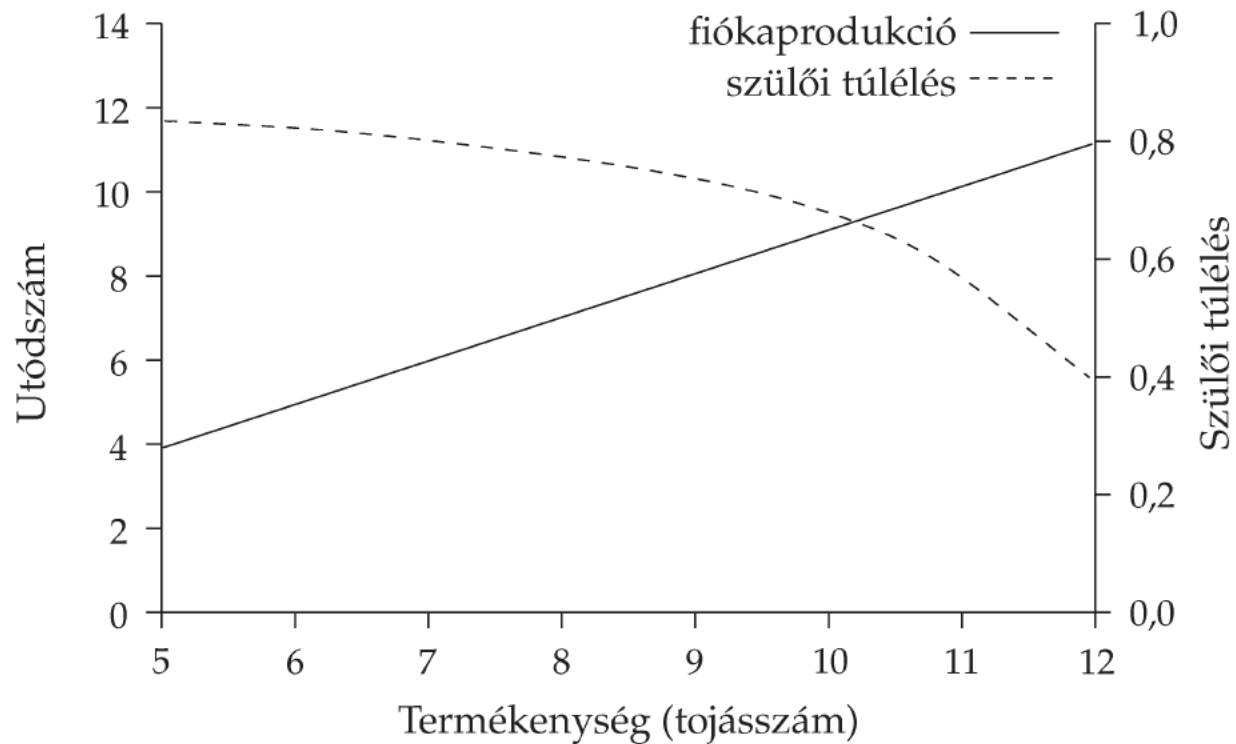
- A rátermettség átlaga és varianciája között pozitív korreláció



6. 1. ÁBRA > Az előre nem jelezhető rossz évek a széncinegék (*Parus major*) optimális fészekaljméretét a kisebb értékek felé nyomják. A geometriai átlagrátermettség realisabban becsüli az egyes fészekaljtípusok átlagos rátermettségét (Boyce és Perrins 1987 után)

Rátermettség

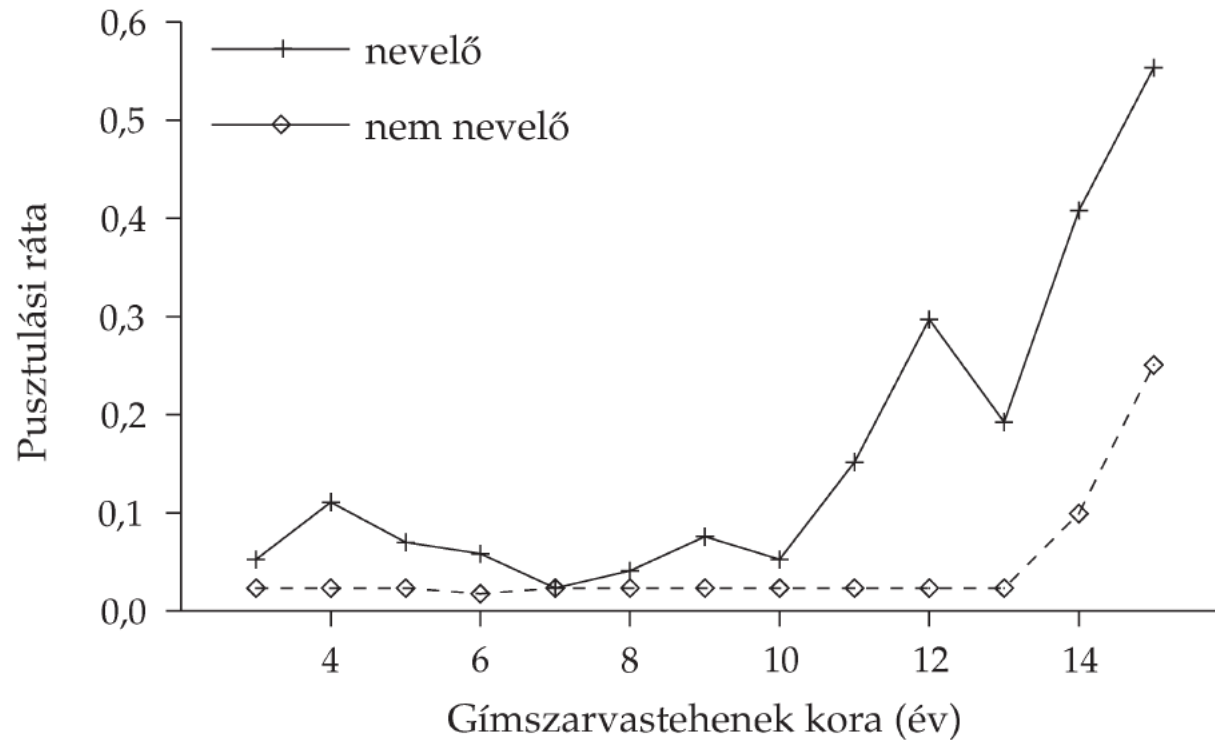
Trade-off (csereviszony) a fekunditás és túlélés között



6. 3. ÁBRA > Trade-off kapcsolat a fekunditás és a túlélés között

Rátermettség

Trade-off a fekvundítás és túlélés között



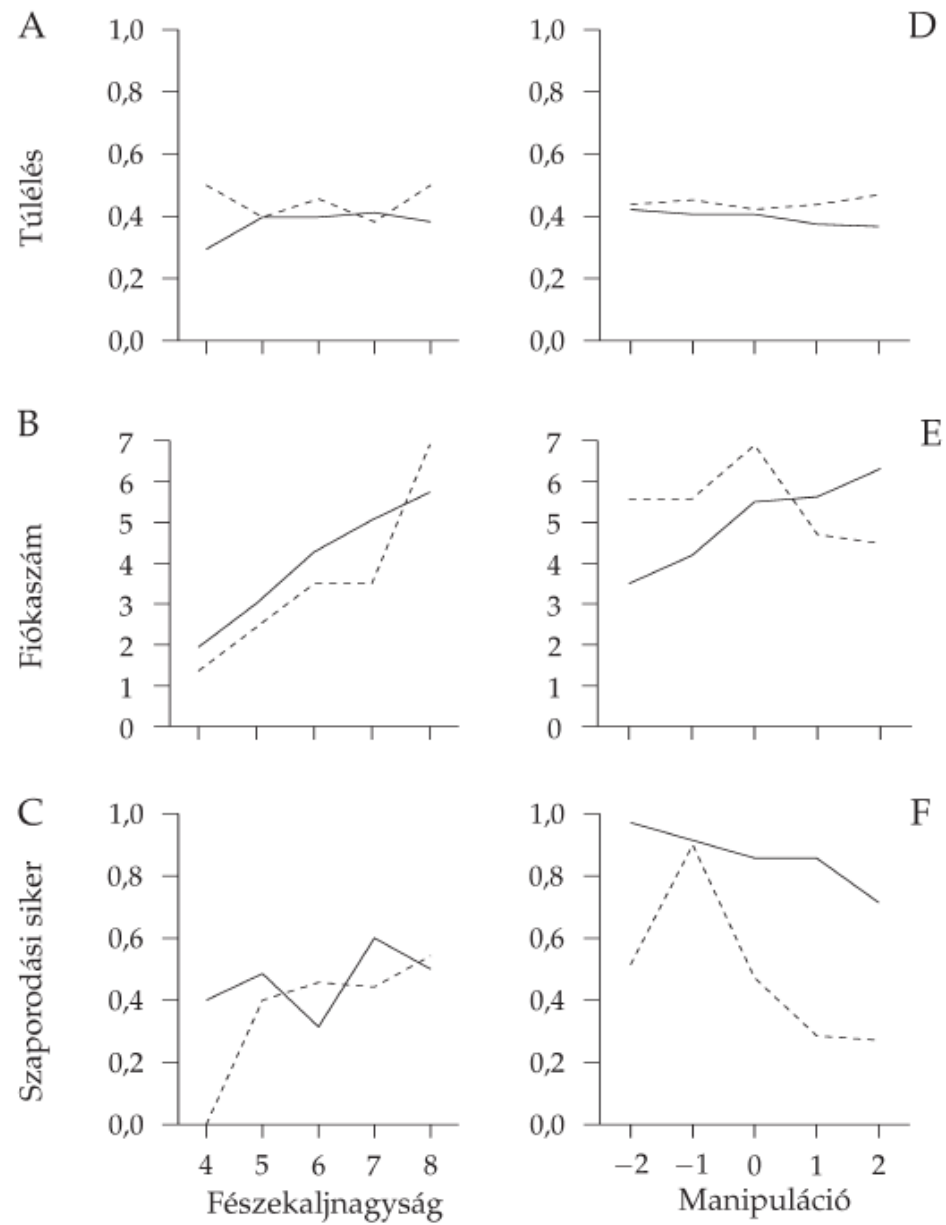
6. 4. ÁBRA > Utódot nevelő (kereszt) és utódot nem nevelő (rombusz) gímszarvas- (*Cervus elaphus*-) tehenek mortalitása életkoruk függvényében (Clutton-Brock 1991 nyomán módosítva)

Fekunditás költségének mérése

Természetes körülmények közötti korrelációs vizsgálatok stabil populációkban/kedvező környezeti feltételek között nem mérhető

Fészkek alj manipulációs kísérletek szükségessége

Örvös légykapó fiókaszám változtatása (0,1,2)



6. 5. ÁBRA > Intra- és intergenerációs rátermettség-komponensek fekunditásfüggése természetes (a, b, c) és kísérletesen növelt vagy csökkentett (d, e, f) fészkek alj esetében az örvös légykapónál. (a) és (d) a tojók (folytonos vonal) és a hímek (szaggatott vonal) túlélése. (b) és (e) a tojók (folytonos vonal) és az adott évi tojó fiókák (szaggatott vonal) utódainak száma a következő évben. (c) és (f) a kirepült fiókák száma (folytonos vonal) és túlélése (szaggatott vonal)

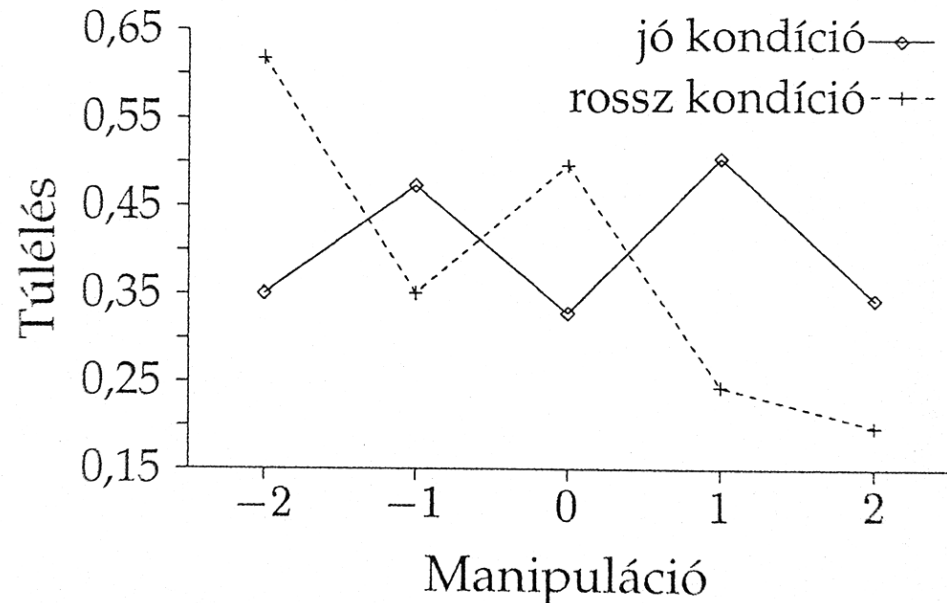
Az életmenet-stratégiák plasztikusak

Fontos! Egyedekre a szaporodási költségek differenciáltak

→ ezért a költségek gyakran nehezen kimutathatóak

Egyedi optimalizáció: egyedek saját kondíciójuk, lehetőségeik szerint vállalnak

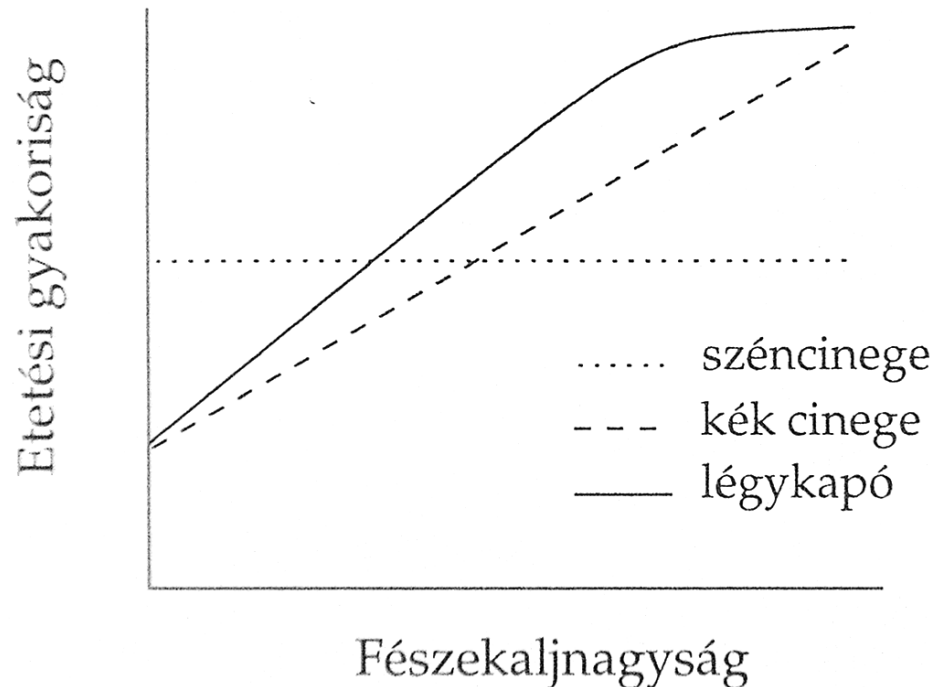
→ „big house, big car”



Növelt és csökkent fiókaszámú fészekaljat nevelő örvös légykapó tojók túlélése
csak a gyengébb kondíciójú tojóknál csökkent

Az életmenet-stratégiák plasztikusak

Szaporodási költségek kísérletes megnövelésére eltérő válaszok várhatóak
pl. eltérő fajok (de egy faj eltérő egyedei is) másként reagálhatnak



Etetési gyakoriság fészekaljnagyságtól való függése
manipulált méretű fészekaljok vizsgálatából

széncinege → nem reagál

kékcinege → reagál – manipuláció határain belül kb. lineáris válasz)

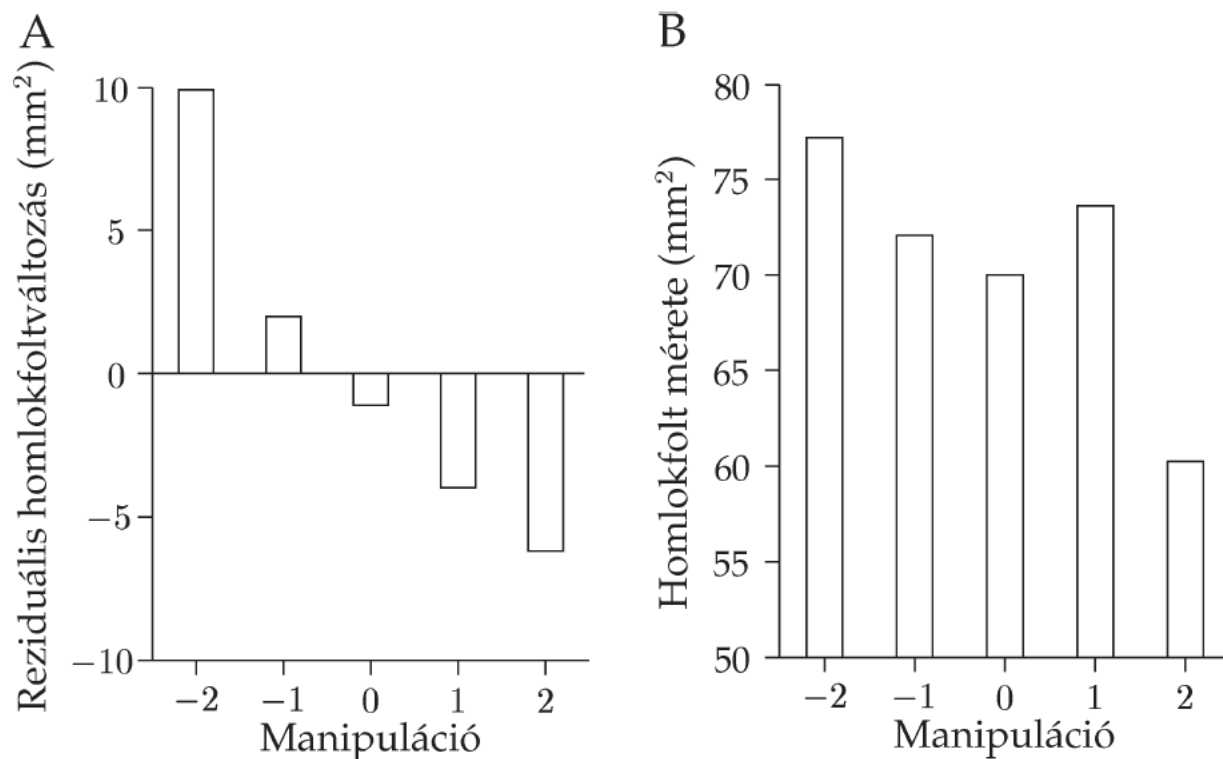
örvös légykapó → reagál – kb. telítődési görbe

vedlés, vonulás jelentősége az életmenetben!

Fekunditás költségének mérése

Fészekalj manipulációs kísérletek hatás a túlélésre

- Örvös légykapó hímek párbaállása szempontjából fontos homlokfolt méretét befolyásolta, mind az etető hím, mind annak hím utódai esetében



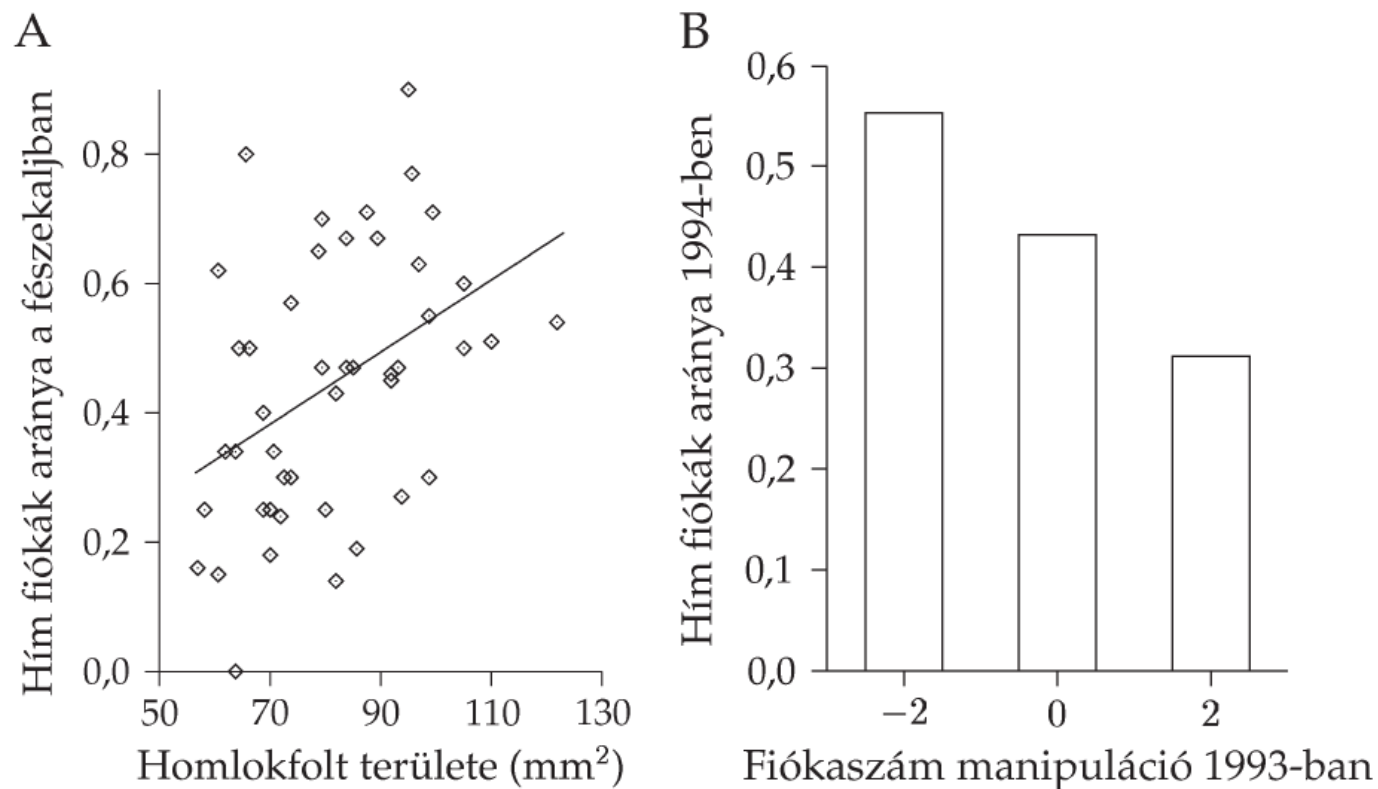
6. 8. ÁBRA > A) A szaporodási költség intragenerációs megjelenése egy másodlagos nemi jellegben az örvös légykapónál. A hímek homlokfoltja (pontosabban a homlokfolt nagyságával korrigált reziduális érték) csökkent a növelt fészekaljnál. B) A szaporodási költség intergenerációs megjelenése egy másodlagos nemi jellegben az örvös légykapónál. A hím fiókák következő évi homlokfoltja csökkent a szülők fekunditásának kísérletes növelésével.



Fekunditás költségének mérése

Fészkalj manipulációs kísérletek hatás a túlélésre

-Örvös légykapó hím fiókák arányára is befolyással van



6. 9. ÁBRA > A) A nagyobb homlokfoltú örvöslégykapó-hímek fészkében több volt a hím utód. B) Kísérletesen növelt fészkaljú hím örvös légykapók következő évi fészkaljaikban a fiókák ivarára-nya eltolódott a nőstények felé.



Szaporodási költségek

A jelenlegi szaporodási siker növelhető, de ez költségekkel jár!

→ szaporodási költségek

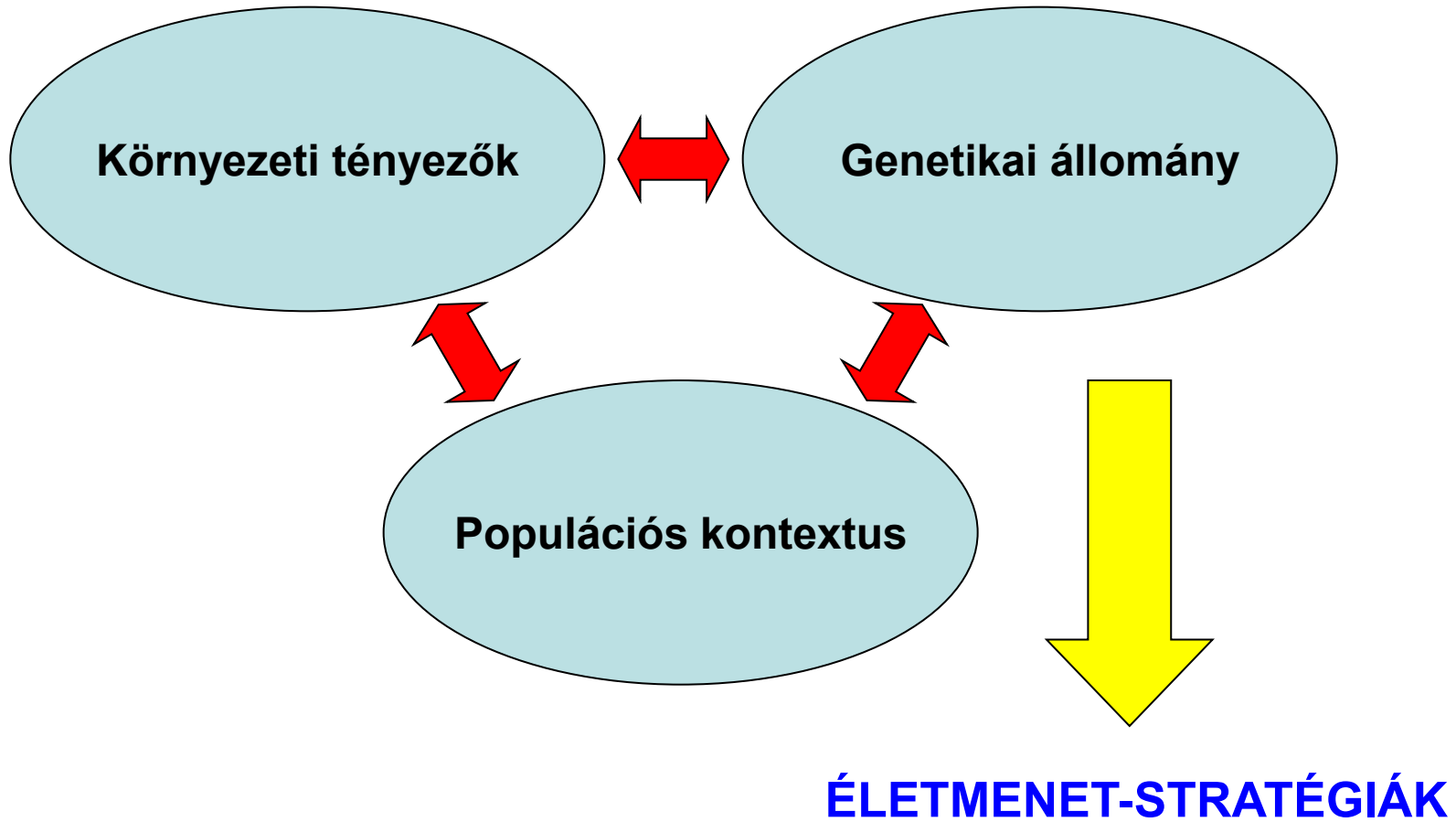
- pete, tojás, utódprodukció növeléséhez energiaráfordítás szükséges (pl. madaraknál tojásrakás során többszörösére emelkedik az alapanyagcsere)
- párválasztás (költséges jelzések vagy a válogatás időigénye) is energiaigényes
- nagyobb peték, tojások, stb. produkciója szintén többlet energiaráfordítás
- az utódok életképességének növelése (utódgondozás) szintén többlet energiaráfordítás (kotlás, fiókavédés, -etetés, stb. energiaigényes folyamatok, pl. peteőrzést végző békák testsúlya 20%-kal csökkenhet a peteőrzés alatt)

Ezek a költségek csökkentik a túlélés és/vagy a jövőbeli szaporodás esélyét

→ csökkentik a jövőbeli szaporodási sikert

- madaraknál ha kísérletesen megnövelték a fészekaljat a szülők túlélési esélyei csökkentek, ill. a párválasztásban előnyös, de egyéb hátrányokkal járó (őszinte) jelzést kisebbet tudtak növeszteni a következő évre (örvös légykapó hímjeinek fehér homlokfoltja csökkent)
- gímszarvasoknál a borjazó tehenek túlélési esélye csökkent, kanadai juh szoptató nőtényei bélparazitával fertőzöttebbek voltak
- az utódgondozás elől dezertáló szülő gyakran még ugyanabban az évben párosodik és új utódokat nemz, ill. nevel
- utódok védelmezése a ragadozók megtámadásával, akár a védelmező szülő elpusztulásához is vezethet

Az életmenet-stratégiák plasztikusak



Életmenet-stratégiák: példák ...

- R/K stratégisták: sok kicsi (ill. kis ráfordítású) utód vagy kevés nagy (nagy ráfordítású) utód
- R stratégista nagyon sok tengeri élőlény: pl. repülőhalak
- K stratégista sok emlős: pl. ember, elefánt, bálnák – hosszú élet, kései ivaréérés, kevés utód
- feketerigó: 1-6 éves koráig szaporodóképes, évente akár 3 fészekalj átlagosan 4-5 tojással
- királyalbatrosz: 15-50 éves koráig szaporodóképes, két évente 1 fiókát nevel
- kétélűeknél fontos kérdés hogy mikor alakuljanak át, meddig növekedjenek lárva állapotban kiszáradó vizekben hamarabb átalakulnak, állandó vizekben tovább növekednek lárvaként, és a nagyobb ivarérett egyedek több utódot tudnak produkálni
- általában minden átalakulással fejlődő élőlélynél fontos kérdés a fenti csereviszony

Életmenet-stratégiák: példák ...

- ha nincs átalakulás, akkor is fontos lehet az ivarérettségekori méret: az ámbrás cet hímjei kb. 20 évesen (kb. 12 méter és 18 tonna) érik el az ivarérettséget, de valójában csak akkor tud szaporodni, ha már háremet tud tartani (a háremtartó hímek általában legalább 25 évesek, kb. 14 méter és 27 tonna méretűek)
- madarak vonulása: vonuljanak-e? Sok fajnál előfordul, hogy vannak vonuló és nem vonuló egyedek. A nem elvonulóak nagyon sok energiát spórolhatnak meg (vonulás energiaigénye), kérdés hogy túlélnek-e költőhelyükön a telet (nem vonulás költsége). Az az egyed 'döntött' jól, amelyik hamarabb és jobb kondícióban tudja kezdeni a következő költési szezont.
- madarak vonulása: mikor vonuljanak? A fészkelő-területen sokáig maradók, vagy oda hamar érkező meghosszabbíthatják az adott költési szezont, így akár egyel több fészkekaljat nevelhetnek fel, vagy több idejük marad fiókáik felnevelésére, vagy saját energiakészletük feltöltésére. Viszont könnyebben elpusztulhatnak ha a vonulás során még túl zord az időjárás!

09.13