



EFOP-3.4.3-16-2016-00014



Maák István, Markó Bálint

Alkalmazkodás a környezethez; csereviszonyok az életmenet jellegek esetében (1)

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen
készült az Európai Unió támogatásával.

Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014

Szegedi Tudományegyetem
Cím: 6720 Szeged, Dugonics tér 13.
www.szeged.hu
www.szecsenyi2020.hu



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Az ökológia, evolúció, viselkedésökológia és konzervációbiológia ugyanazon interdiszciplináris tudományos alapokat ötvözik, azonban annak más-más szemléletét képezik. Ezen tudományterületek mindegyike hipotéziseket fogalmaz meg annak megértésére, hogy hogyan működnek egyes folyamatok/jelenségek, valamint kísérletes vagy terepi adatgyűjtésből származó adatok alapján teszteli a hipotézisekből levezethető predikciókat. Ezen adatelemzések révén el lehet különíteni az alternatív hipotéziseket (olyan lehetséges magyarázatok, amelyek egyidejűleg nem lehetnek valóságok) és ezáltal választ kaphatunk egyes jelenségeket/folyamatokat érintő kérdésekre. Az előadás keretén belül igyekszünk tisztázni az érintett témakörök alapelveit, általános törvényszerűségeit, valamint a különböző tudományterületek kapcsolódási pontjait. Az elméleti eszközök mellett nagy hangsúlyt kapnak majd a kvantitatív elemzés eszközei is (adatelemzés, modellek, grafikonok), melyek egyszerűbb formában, főként a Microsoft Excel program segítségével kerülnek majd bemutatásra. Emellett nagy szerepet kap a papír és a ceruza, valamint az önálló gondolatmenetek megfogalmazása és elemzése is.

Az olvasóleckében található példák a Braude S. és Low B. S. szerk. (2010): *An Introduction to Methods and Models in Ecology, Evolution, and Conservation Biology*. Princeton University Press kiadványból származnak.

További ajánlott irodalom: Bolker B. M. (2008): *Ecological Models and Data in R*. Princeton University Press; Futuyma D. J. és Kirkpatrick M. (2017): *Evolution*, fourth edition. Sinauer; Gallé László: *A szupraindividuális biológia alapjai: populációk és közösségek ökológiája*, Jate Press; Dr. Szentesi Árpád és Török János (2006): *Állatökológia, egyetemi jegyzet*, Kovásznai Kiadó.

Az olvasólecke átnézése és a feladatok megoldása kb. 1 órát vesz igénybe.

Evolúciós változás

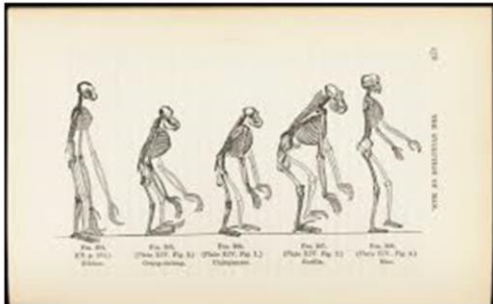
Evolúció: változás

- változatos környezet és kölcsönhatás a környezettel
- változatos tulajdonságok (molekuláris, morfológia, magatartás jellemzők) struktúra és funkció diverzitása
- változás specializáció (alkalmazkodás, adaptáció) a környezethez a tulajdonságok módosulásával
- változás, módosulás évmilliókon keresztül

élőlények és tulajdonságaik evolúciója, az élővilág története

Evolúcióbiológia: leírás és magyarázat

- általános mintázatok térben és időben (jelen és múlt)



Az **evolúció és a természetes szelekció** központi fogalmak az ökológiában. Az evolúció során a gének időbeli változását értjük a populációk vagy fajok esetében. A természetes szelekció mellett előre nem jelezhető **evolúciós változást** eredményezhetnek a **mutációk, rekombinációk** és a **genetikai sodródás**. Felvetődik a kérdés, hogy mi is az a természetes szelekció? A természetes szelekció az **adaptív evolúciót** irányító mechanizmus melynek során a környezet, annak tényezői révén előnyben részesít egyes változatokat (egyedeket, meghatározott genetikai jellegekkel) melyek sikeresebbek lesznek a szaporodásban és a túlélésben (nagyobb lesz a **fitneszük**) a többi változathoz képest. Nagyon fontos annak megértése, hogy a környezet hogyan alakítja az egyes **jellegeket, előnyösen vagy akár hátrányosan érintve** egyik vagy másik egyedet, mely azon **jelleggel rendelkezik**. Ez alapján prediktálható, **hogyan felelnek meg egyes jellegek a környezeti feltételeknek és hogy ez milyen időbeli változást idéz elő egyes populációkban**.

Az **evolúcióbiológia** célja megtalálni és megérteni az élővilág diverzitását és jellegzetességeit, kialakulásának történetét és ennek az okait. Egyes tudósok például a vírusok történetét vizsgálják, míg mások az emberiség és jellegeiknek az eredetét tanulmányozzák. Mivel **minden élőlény és azok jellegei az evolúció során fejlődtek ki**, az evolúcióbiológusok a biológia teljes egészét tanulmányozzák, így a DNS szekvenciák, fehérjék, biokémiai utak, embriológiai fejlődés, anatómiai jellegek, magatartásbeli jellemzők, életmenet jellegek, és fajok közötti kapcsolatok evolúcióját. Figyelembe véve ezt a nagy gazdagságot, az evolúcióbiológusok célja általános törvényszerűségek megtalálása és közös evolúciós mintázatok dokumentálása, melyek olyan **széleskörű törvényszerűségeket megállapítását eredményezhetik, amelyek számos élőlényre és jellegeikre alkalmazhatóak**.

Fotók:

Az ember evolúciója: fekete szegély,

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Illustration%3B_%27The_Evolution_of_Man%27_Wellcome_L0063036.jpg

Az állatok evolúciója: fekete szegély, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/Evolution-der-tiere.jpg>

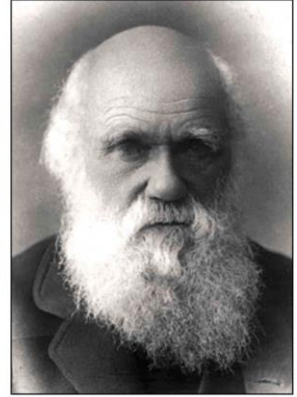
Evolúciós változás

Darwin: túlélés, szaporodás – különbségek az egyedek között az adott környezetben

- pl. emberi beavatkozás, új szelekciós tényezők → gyors változás
- „miért” hipotézisek – ökológia és evolúció együttesen

Hipotézisek: „hogyan” és „miért”

- „miért” (ultimális): túlélés, szaporodás különbségekre vonatkozik
- „hogyan” (proximális): változás milyen mechanizmussal valósul meg – ugyanazon ultimális válasz mögött számos proximális lehetőség
> a proximális mechanizmus evolúciója



Charles Darwin, „A fajok eredete” című műve két jelentős elméletet tartalmaz: 1. módosulásokkal való leszármazás – minden élő és holt faj megszakítás nélkül egy vagy egy kis számú közös őstől származik. Ez azt feltételezi, hogy a közös őstől származó fajok kezdetben nagyon hasonlítanak egymáshoz, majd idővel egyre több eltérő jelleget halmoznak fel, mely (a rendelkezésre álló idő függvényében) radikális eltéréseket is eredményezhet. 2. **a természetes szelekció:** az evolúciós változás fő oka. Ha olyan jelleg jelenik meg, mely az élőlénynek hasznára válik, akkor az sikeresebben túléli az „életért folyó küzdelmet” és az öröklődés révén hasonló jelleggel bíró utódokat hoz létre (a leg fittebbek túlélése). Ezen sikeres jellegek gyakorisága generációról generációra nő. Ezen sikeresebb jelleggel bíró egyedek a csak kis mértékben különböznek a normától, de az evolúció alatt álló jellegek egyre inkább különbözővé válnak ugyanis folyamatosan újabb és újabb, kicsit extrémebb előnyös jellegek jelennek meg.

Az evolúció és a természetes szelekció megértése központi szerepet tölt be egyes fontos **„miért” hipotézisek** megértése szempontjából, ugyanis manapság az emberek gyakran elég gyorsan átalakítják/megváltoztatják környezetüket (tehát **a szelekciós nyomásokat**) anélkül, hogy tudatában lennének ezek következményeivel. Sokféle „mért hipotézis” típus létezik, és azon hipotézisek melyek a „miért jelenségekre” adják meg a választ, azokat **ultimális hipotéziseknek** nevezzük, míg azokat, amelyek azt magyarázzák, hogy egy jelenség milyen mechanizmus révén valósul meg/hogyan működik, **proximális hipotéziseknek** nevezzük.

Az ultimális válasz mögött számos proximális mechanizmus lehet. Fontos, hogy ne keveredjen a kettő, hogy ne adjunk ultimális választ egy proximális kérdésre, vagy fordítva. Pl. miért repülnek egyes madarak délre a téli időszakban? Azért, mert azon egyedek amelyek a téli időszakban délre repülnek nagyobb a túlélési esélyük és több utódot hoznak létre, mint azon egyedek, amelyek nem vándorolnak. Ez egy ultimális válasz, mely számos tesztelhető predikciót eredményez (pl. a migráció szezonális változásokhoz kötődik? egyes fajok miért vándorolnak, mások miért nem? stb.). Másik válasz lehetőség: azért, mert a nappalok hosszúságának a változása eltérő hormonszint változást indukál. Ez utóbbi egy proximális magyarázat, mely arra ad választ, hogy a változások hogyan történnek.

Az utlimális válaszok mindig a túlélési és szaporodásbeli különbségekre vonatkoznak, míg a proximális válaszok ezek megvalósulásának a mikéntjét vizsgálják.

Fotók:

Küzdelem az túlélésért: fekete szegély, Hari gurung77 ,

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bd/Struggle_for_death_or_life_2.jpg

Jégmadár (*Alcedo atthis*): fekete szegély, Tareq's Photography,

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Common_Kingfisher-Alcedo_atthis.jpg

Charles Darwin (12 Február 1809 – 19 Április 1882): fekete szegély

Adaptáció

Mesterséges és természetes szelekció - előnyös tulajdonság elterjedése, adaptáció (Darwin)

Alkalmazkodás a környezethez:

- populációk változatossága
- környezet szűr - túlélés, szaporodás csak megfelelő tulajdonságok birtokában

De:

- előnyös tulajdonság megjelent és elterjedt? - megfelelő változatosság hiánya kényszer lehet
- előnyös tulajdonság nem biztos, hogy adaptáció - csak ha szelekcióval terjedt el (előny → nagyobb fitness) - pl. nincs költség, semleges: drift

Exaptáció - a tulajdonság funkciója?

- varangyok bőr szekréuma - ősi funkció: metabolikus melléktermék kiválasztása
- funkciók ma: kiszáradás és ragadozók elleni védelem
- szekréció adaptív (nagyobb fitness), de adaptáció a ragadozók elleni védekezéshez? - exaptáció

Darwin: olyan jellegek jelennek meg amelyek „tervezetnek” tűnnek, hogy a élőlény jobban megfeleljen környezetének. A közös őstől származó fajok esetében különböző jellegek fejlődnek ki, ugyanis ezen jellegek adaptívak eltérő életkörülmények között. Továbbá a **kompetíció** jelenléte előnyben részesíti egyes fajok eltérő táplálékfelhasználását és élőhely használatát. Darwin úgy hitte, hogy folyamatosan jelennek meg újabb és újabb öröklődő változatok, függetlenül attól, hogy egy organizmus mennyire különbözik a közös őstől. Hogyha megfelelő idő áll a rendelkezésre, a divergencia (közös őstől való eltérés mértéke) mértékének nincs határa.

Darwin áttekintette azt is, amit tudunk a **mesterséges szelekcióról**: az emberek például befolyásolták egyes növények és a kutya szaporodását oly módon, hogy azon egyedeket, amelyek a megfelelő tulajdonságokkal rendelkeztek, engedték szaporodni, míg gátolták a többiek szaporodását. Ezek alapján azt is felvetette, hogy a természetes körülmények is hasonló szelekciót fejthetnek ki az élőlények esetében. Ez egy környezet-jelleg megfelelést eredményez melyet ma is megfigyelhetünk: eltérő környezetben eltérő jellegekkel bíró populációk lesznek jelen, ugyanis adott környezeti feltételek mellett csak a megfelelő tulajdonságokkal rendelkező egyedek tudnak túlélni és szaporodni.

Az előbbieket fényében elmondható, hogy az evolúció a populációk genetikai összetételének időbeli változása. Eltérő jellegek (**variációk**) hiányában semmi sem fog változni. Sok variációt eredményeznek mutációk, azok a DNS replikáció során jelentkező **hibák** melyek a genetikai struktúra eltérő változatainak a megjelenését eredményezik. Ezek a hibák sokszor a környezeti behatások (pl. UV sugárzás) miatt történnek. A szaporodás során történő allél rekombináció is új allél kombinációk megjelenését eredményezheti. Véletlenszerű allél gyakoriság változásokat eredményezhet az egyedek véletlenszerű túlélése, szaporodása vagy diszperziója (szétterjedése) is melyet **genetikai sodródásnak** nevezünk. A természetes szelekció a környezeti tényezők általi szűrésnek is tekinthető, ugyanis egy megadott feltételekkel rendelkező élőhelyen nem minden változat túlélési és szaporodási sikere egyforma. Pl. egy, a Kalahári sivataghoz hasonló száraz és meleg élőhelyen feltételezzük, hogy olyan élőlényeket találunk, amelyek tolerálják vagy elkerülik a meleget.

Fontos azonban megemlíteni, hogy azért mert egy tulajdonság előnyös, nem biztos, hogy egy élőlény

rendelkezni fog azzal a tulajdonsággal –ez attól függ, hogy az élőlény rendelkezik-e az adott jelleg megfelelő genetikai változatával, ami elterjedhet a szelekció révén. Másrészt, ha egy jelleg előnyösnek is tűnik, az nem jelenti azt, hogy az egy adaptáció. Előbb be kell bizonyítani, hogy az adott jelleg természetes szelekció révén jelent meg, nem elég, hogy az előnyös. Gondoljunk csak egy olyan jellegre, amely nem növeli egy egyed fitnessét, ellenben **nem költséges** így fennmarad (ha költséges lenne, a szelekció azt „kigyomlálná”, mint egyes barlangi halak funkcionális szemét). Ez utóbbi esetben nem beszélünk adaptációról, mint pl. a varangyok bőrében található mirigyek szekrétumai esetében, amelyek elriasztják a ragadozókat. A varangyok mirigy-szekrétumainak elsődleges funkciója a metabolikus melléktermékektől való megszabadulás volt a relatíve száraz élőhelyeken (a varangyok jóval szárazabb környezetben is életben tudnak maradni, mint más béka fajok). Ezen szekrétumok kémiai összetétele azonban távol tartja a ragadozókat is. Tehát annak ellenére, hogy előnyös, a mirigy-szekrétumokat nem tekinthetjük adaptációnak a ragadozók távoltartására; az ilyen jellegeket **exaptációnak** nevezzük. Ellenben ha egy hasonló jelleg mégis túlélési és/vagy szaporodásbeli előnyt biztosít, akkor az a tulajdonság adaptívnek tekinthető.

Adaptáció

Adaptáció: természetes szelekció formálja egy adott funkcióra – hipotézis

Hipotézis támogatottsága több forrásból:

1. közös ős – módosulások sorozata a filogenetikai fán
2. jelleg és környezeti sajátosságok korrelációja
3. jelenbeli funkciója, előnye – nagyobb fitness az alternatív tulajdonságokhoz képest (korreláció nem elegendő!)

Módszerek: komparatív módszer, kísérletek

Új információk – tulajdonság feltételezett helyzete is módosulhat, pl. exaptációból adaptáció. . .



Sokszor felmerül a kérdés, hogy egy jelleg adaptáció-e vagy sem. **Alternatív hipotéziseket** fogalmazunk meg azzal kapcsolatban, hogy mit kéne megfigyeljünk ha egy jelleg igazi adaptáció (természetes szelekció alakította ki egy adott funkcióra), és mit ha nem az. Az alternatív hipotézisek kizárják egymást, végső soron csak egy állhatja meg a helyét. Annak hipotézisnek az alátámasztására, hogy egy jelleg adaptáció-e vagy sem, többfelé bizonyítékra van szükség:

1. **Közös ős** - nyomon kell tudnunk követni egy filogenetikai fán az egymást követő ősök esetében egy jelleg és az alternatívák alakulását.
2. **Egy jelleg és környezeti sajátosságok korrelációja** – ha az előbbieken bemutatott meghatározás helyes, akkor korrelációt kell megfigyelni egy környezeti tényező (pl. meleg, hideg, ezek változási intervalluma) és az ezek hatására kialakult jelleg között (hőtürés, hidegtüres stb.).
3. **Egy jelleg jelenlegi funkciója, előnye** – a vizsgált jelleg nagyobb fitness (sikeresebbek lesznek a szaporodásban és/vagy a túlélésben) előnye az alternatív tulajdonságokhoz képest (korreláció nem elegendő!). Ennek megállapítása problematikus lehet gyorsan változó környezeti tényezők esetében.

Annak eldöntésére, hogy egy jelleg adaptáció-e vagy sem, fontos szerepet játszhatnak egyes célirányos, a jelleg és a környezeti tényező kapcsolatát vizsgáló kísérletek, a jelleg egyes közel rokon fajok hasonló jellegeivel való összevetése (**komparatív módszer**, valamint a jelleg jelenlegi funkciójának (fitness előnyének) igazolása (pl. laboratóriumi kísérletek során). Egyes eredmények függvényében egyes jellegek feltételezett helyzete (és így a hipotézis is) módosulhat.

Fotók:

Barna varangy (*Bufo bufo*): fehér szegély, Korall,

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Bufo_bufo_on_grass3.JPG

Kamuflázs vagy álcázás, mint adaptáció: fehér szegély

A peszticid rezisztencia evolúciója

Növényvédőszerek (peszticidek) - alkalmazásuk gyors növekedése az 1960-as évektől világszerte

- mennyiség növekedése (táblázat: USA, millió font)
- egyre több típus

Élelmiszer produktivitás gyors növekedése – de számos „rejtett” költség, pl. hatása a nem-kártevőkre (halmozódása a táplálkozási hálózaton keresztül), szennyezett vizek stb.

Farm pesticide use in the United States 1964–1990 (million pounds of active ingredients).

Year	Herbicides	Insecticides	Other	Total
1964	76	143	72	291
1966	112	138	79	328
1971	207	127	130	464
1976	374	130	146	650
1982	451	71	30	552
1986	410	59	6	475
1987	365	57	7	429
1988	372	60	8	440
1989	394	61	8	463
1990	393	64	8	485

Source: U.S. Department of Agriculture.

Notes: For the years 1964, 1966, 1971, and 1976, estimates of pesticide use are for total use on all crops in the United States. The 1982 estimates are for major field and forage crops only and represent 33 major producing states, excluding California. The 1986–1990 estimates are for major U.S. field crops. Data for 1990 are projections.

A **peszticidek** használata úgy az USA-ban, mint más országokban jelentősen megnőtt az elmúlt 30 évben és a gazdáknak egy valóságos vegyi arzenál áll a rendelkezésükre a haszonnövények védelmére. Ennek köszönhetően a tápláléktermelés nagyobb most, mint bármikor máskor a történelem során. A peszticid használatnak azonban vannak rejtett költségei: egyrészt nem számoltunk a kártevő fajok evolúciójával, másrészt a peszticid használatnak olyan hatásai is vannak, amelyeket nem láttunk előre. A mezőgazdasági peszticidket széles körben használják, így hatásuk lehet más, nem-kártevő fajokra is. Ezen **mellékhatások** érinthetik az ízeltlábú ragadozókat, mint a pókok és imádkozó sáskák, de az elpusztult ízeltlábúakkal táplálkozó halakat, kételtűeket és madarakat, valamint a szennyezett vizeket használó embereket is. A peszticideknek **másodlagos hatásuk** is lehet, ugyanis direkt vagy indirekt hatással lehetnek egyes védett fajokra is, mely végső soron a biodiverzitás csökkenéséhez vezethet.

Táblázat (Year=Év, Herbicides=Gyomirtók, Insecticides=Rovarölő szerek, Other=Más): Peszticid használat az USA-ban 1964-1990 között (millió font aktív összetevőkben kifejezve; 1 font=453,59 gramm).

Forrás: U.S. Department of Agriculture; Braude S. és Low B. S. szerk. (2010): An Introduction to Methods and Models in Ecology, Evolution, and Conservation Biology. Princeton University Press, 1. fejezet.

A peszticid rezisztencia evolúciója

Hatékonyság gyors csökkenése - peszticid típustól és célzott kártevőtől függetlenül

- genetikailag módosított terményekre is ezt várjuk

Evolúció: egyszerű kártevő eliminálási programok kudarca várható - számos lehetséges ok

- rovarok: ragadozókra is hatással van → emiatt gyakran kezelést követő kártevő egyedszám növekedés (lásd Volterra szabály)
- a rezisztencia evolúciója - intenzív irányító szelekció

Hasonló logika az antibiotikum rezisztenciára

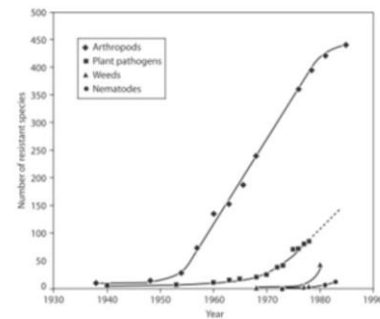


FIGURE 1.1. The number of pesticide-resistant species has grown exponentially since the start of widespread use of insecticides and herbicides in the middle of the last century (modified from National Research Council Report, 1986).

Az első használat után a peszticidek hatékonysága jelentősen csökken, függetlenül attól, hogy milyen kártevő fajra és milyen peszticidet használtak. Annak ellenére, hogy van egy kis remény arra, hogy a **genetikailag módosított haszonnövények** és a társított peszticidek használata a trend megváltozását eredményezik, az evolúciós okokat is figyelembe véve nem valószínűsíthető az egyszerű, kártevőket kiküszöbölő programok sikeressége. Az egyik ok, hogy a rovar kártevők a rovarölő szerek használata után nagyobb egyedszámban jelennek meg, ugyanis az ölő szerek a ragadozók számát is jelentősen lecsökkenti (Volterra szabály). A ragadozó fajok jelentősen befolyásolják a zsákmány mortalitását, míg a zsákmány fajok pozitívan hatnak a ragadozók születési rátájára, ellenben a beavatkozás következtében megszabadulhatunk a kártevő természetes ragadozójától, mely addig szabályozta annak populáció méretét.

Volterra szabály: Ha a zsákmány és a ragadozó populációját egyenlő mértékben csökkentjük, a zsákmány egyedszáma nőni, a ragadozóé csökkenni fog.

A peszticidek hatékonyságának a csökkenése a **peszticid rezisztencia** természetes szelekció révén történő evolúciójának az eredménye. Ha pl. egy peszticid 95%-os hatékonyságú, akkor a kártevő cél faj egyedeinek a 95%-át pusztítja el. A megmaradt egyedek (5%) azonban a rezisztensek, amelyek utódai lesznek jelen a következő generációban, így a következő generáció egyedei átlagosan rezisztensebben lesznek, mint a szülő populáció. Ezt nevezzük **direkcionális (célzott) szelekciónak**, mely egy véletlen részesít előnyben, jelen esetben a peszticid rezisztenciát. A mezőgazdasági peszticid használat számos érdekes evolúciós kérdést vet fel, hasonlóan a széleskörben elterjedt **antibiotikumok** használatához az orvostudományban.

Grafikon: a peszticid rezisztens fajok számának (y tengely: number of peszticid resistant species) növekedése a múlt század közepe óta (x tengely: 1930-1990) az USA-ban: ízeltlábúak (gyémantok), növény patogének (négyzet), gyomnövények (háromszög), fonálféreg (kör).

Forrás: National Research Council Report, 1986; Braude S. és Low B. S. szerk. (2010): An Introduction to Methods and Models in Ecology, Evolution, and Conservation Biology. Princeton University Press, 1. fejezet.

A peszticid rezisztencia evolúciója

Modern peszticidek: gyakran természetes analógok – rezisztencia nem meglepő

- rezisztencia (allél) megjelenése már a kezelés előtt?

- mi tartotta/tartja fenn – költségei?

Számos (evolúciós) kérdés

- eredet és terjedés: mutáció, rekombináció, drift, génáramlás, szelekció. . .

- rezisztencia szintje a populációban számos tényező függvénye:

- rezisztens-nem rezisztens fitness viszony (genotípus fitness)
- kitettség gyakorisága, dinamikája
- generációs idő
- rezisztencia kifejeződésének költsége

Gyakran: rezisztens előnye jelentős (nem-rezisztens nagy kezdeti mortalitás rátája) és rövidebb kártevő generációs idő → rezisztencia gyors evolúciója

Számos újonnan kifejlesztett gyomíró és rovarölő szereknek vannak **természetes analógjai**. Az egyes kártevő fajok hosszú ideig ki lehetettek téve a természetben is megtalálható összetevőknek, így nem meglepő, hogy a kialakult a rezisztencia olyan fajokban, amelyekben jelen volt egy olyan allél, ami rezisztenciát biztosított a természetes analógokkal szemben. A rezisztenciát biztosító allélok számos okból kifolyólag jelen lehetnek, még mielőtt elkezdenénk a kezelést. Fontos lehet a rezisztencia költsége, annak változatossága (lásd mutációk, rekombináció, sodródás), kitettség gyakorisága, rezisztencia kifejlődésének költsége, annak a költsége ha egy egyed nem rezisztens, valamint a generációs idő. A mintázatok arra utalnak, hogy annak a költsége, hogy egy egyed nem rezisztens, nagyon magas. Ellenben a legtöbb kártevő faj rövid generációs idővel rendelkezik (rövid idő alatt sok generáció, így sok lehetőség a változatosság megjelenésére és a szelekció működésére), így az evolúció gyorsan halad.

Feladatok

Két esettanulmány:

- peszticid alkalmazás hatékonyságának vizsgálata
- peszticid mint szelekciós tényező hatásának értékelése

Feladat: trendek szemléltetése, értelmezése

Az adatokat **Microsoft Excel** program segítségével elemezzük.

Két változó kapcsolatának vizsgálatához változóinkat diagramon (x-y koordináta rendszerben) kell ábrázolnunk (Beszúrás > Diagramok).

Két **folytonos változó** kapcsolatát **pontdiagram** segítségével vizsgálhatjuk.

Ha az egyik változó nem egy folytonos változó, hanem egy **csoportosító változó (faktor)**, akkor **doboz** vagy **oszlopdiagram** használata ajánlott.

Több csoportosító változó használata esetében (például az Évet és a Helyszínt) a **kimutatásdiagram** használata lehet segítségünkre.

Feladatok – 1. példa: gyapot

Adatok:

- USA - a peszticidek 50%-át gyapotra alkalmazzák
- ma minden fő rovar kártevő legalább egy peszticidre rezisztens
- fő kártevők (takácsatkák, *Heliothis virescens*) minden nagyobb inszekticid csoportra rezisztensek
- legtöbb inszekticid a ragadozó rovarokra is káros (pl. katicabogarak, szitakötők, kaparódarazsak)

Kezelések:

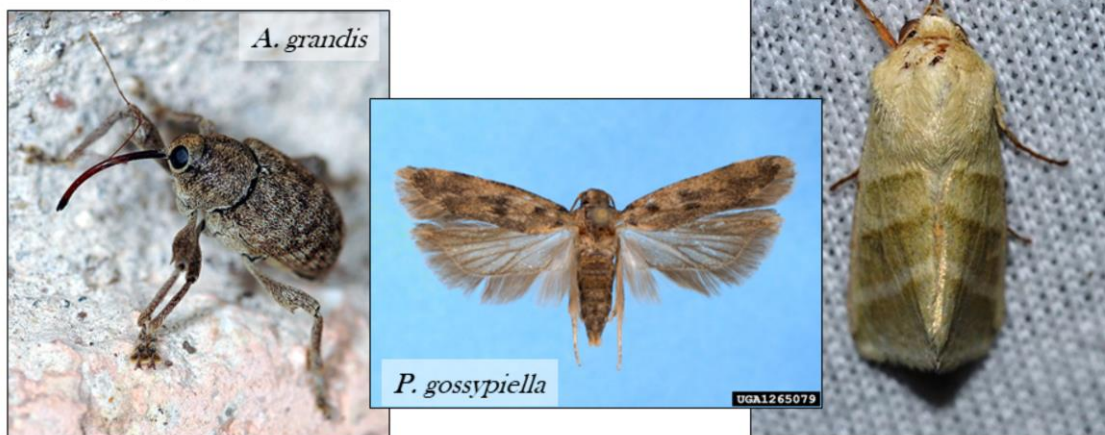
- 1930-as évek, fő kártevők: ormányos bogár (*Anthonomus grandis*), különböző lepkék hernyói, levéltetű fajok - kalcium arzenát, kénpor elegendő
- 1950-es évektől új peszticidek, pl. klórozott szénhidrogének (pl. DDT) - hatékony szinte mindre, alkalmazása a kritikus időszakban, akár 10-20 alkalommal
- káros a ragadozókra is → időnként kártevő abundancia növekedés → válasz: gyakoribb kezelés, dózis növelése

Az USA-ban a haszonnövények kezelésére használt peszticidek 50%-át a gyapotra alkalmazzák. Ennek eredményeképpen a legtöbb kártevő rovar esetében kialakult a rezisztencia egy vagy több peszticiddel szemben. Pár gyapot kártevő már a legtöbb USA-ban használt peszticiddel szemben rezisztens, így a gyapot esetében a hatékony peszticidek száma rohamosan csökken. Egy másik probléma, hogy a legtöbb rovarölő szer az általános hatású, válogatás nélkül pusztít minden rovar fajt, így a kártevő fajok ragadozóit is, melyek hatékonyan tudják szabályozni a kártevő fajok populáció méreteit. Ennél fogva alkalmazásuk az előbbieken tárgyalt problémákhoz vezethet (lásd Volterra szabály). A '30-as években a gyapotültetvények nagyrésze az Dél-Texasban és Észak-Mexikóban volt, melyeken számos kártevő jelent meg. Ezeket kalcium-arzenáttal és kénporral kezelték, mely gyorsan jövedelmező hozam-mennyiséget eredményezett. Helyenként más kártevők is felütöttek a fejüket, de hatásuk nem volt pusztító. A második világbáború után klórozott-szénhidrogéneket kezdtek használni, mint pl. a DDT. Ezek növekvő hozamot eredményeztek, ugyanis minden gyapot kártevőt elpusztítottak. Esetenként akár 10-20 alkalommal is alkalmazták szezononként. Sajnos ezen rovarölő kezelések a kártevők ragadozóit is megtizedelték, így időnként megnőtt a kártevők száma, melynek hatására növelték a alkalmazott peszticidek mennyiségét (esetenként egy-két font/hektár minden második nap).

Feladatok – 1. példa: gyapot

Rezisztencia:

- 1950-es évek közepe: *Anthonomus grandis* klórozott szénhidrogénekre
- 1960-as évek: bagolylepkék (*Pectinophora gossypiella*, *Heliothis virescens*) is rezisztensek (DDT kezelés 2 naponta, ≈ 1 kg/hektár!)
- 1965: szinte minden fő kártevő rezisztens a DDT analógokra $\rightarrow$ organofoszfátok (metil-parathion) alkalmazása
- 1970: gyapot termesztés jelentős visszaesése



1965-ig az összes kártevő faj rezisztensé vált a DDT-re és más hasonló peszticidekre. Ennek hatására egy organofoszfát peszticidet kezdtek el használni (metil-parathion), de 1968-ra a főbb kártevők erre is rezisztenssé váltak. Ennek hatására a gyapotföldek mérete 70000 hektárról 1000 hektárra csökkent 1960 és 1970 között. Ezek olyan következményei a peszticid használatnak amivel a gazdák nem számoltak:

1. **Irányított szelekció** révén növelték a kártevő fajok peszticidekkel szembeni rezisztenciáját.
2. A kártevő fajok természetes ragadozóinak megtizedelése.

Fotók (fontos gyapot kártevő fajok):

A. grandis: fekete szegély, Clinton & Charles Robertson from Texas, USA,
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Acorn_Weevil.jpg

P. gossypiella: fekete szegély, Mississippi State University Archive, Mississippi State University,
Bugwood.org, <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1265079>

H. virescens: fekete szegély, Andy Reago & Chrissy McClarren,
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Heliothis_virescens_%E2%80%93_Tobacco_Budworm_Moth_%2814513506849%29.jpg

Feladatok – 2. példa: alma

Alma takácsatka kártevői, pl.:

- *Tetranychus mcdanieli* (Tmc)
- *Panonychus ulmi* (Pul), piros gyümölcsfa takácsatka

Védekezés gyakorlat:

- gyakori permetezés, széles spektrumú peszticidek
- természetes ellenségekre is hat – pl. *Metaseiulus occidentalis* (Moc) atka

Ma: integrált növényvédelem – cél: természetes szabályozás előnyeinek fenntartása a mesterséges ökoszisztémákban is



A **fitófág atkák**, mint a *Tetranychus mcdanieli* és a *Panonychus ulmi* takácsatkák, fontos almakártevők Washington államban. A prevenációs peszticid alkalmazás (függetlenül attól, hogy volt-e kártevő probléma vagy sem) a múltban oda vezetett, hogy a takácsatkák természetes ellenségei eltűntek, mint egy másik (**ragadozó**) takácsatka faj, a *Metaseiulus occidentalis*. Ezen nehézségeket elkerülendő, **integrált kártevő kezelési program**okat dolgoztak ki, hogy kihasználhassák a természetes kártevő kontrol előnyeit mesterséges környezetekben is. Az integrált kártevő kontrol programok a természetes ellenségek felhasználását tartják szem előtt, vagy a természetes ellenségek bevetése mellett szelektív peszticideket is alkalmaznak.

Fotók:

***Tetranychus urticae*:** fekete szegély, Gilles San Martin,

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9a/Tetranychus_urticae_with_silk_threads.jpg

***Panonychus ulmi*:** fekete szegély, \ldblquote (talk),

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Rote_Spinne.jpg

Példa ragadozó atkára (*Anystis wallacei*): fekete szegély, division, CSIRO,

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/CSIRO_ScienceImage_5_Anystis_wallacei_Imported_Predator.jpg

Kérdések

1. Kártevő mortalitás dóziszfüggésének bemutatása az adatok alapján (1. példa).
2. Hogyan változik a fitofág és ragadozó atkák denzitása az idő függvényében? Hogyan függ a kezeléstől? (2. példa)
3. Milyen hatással van az inszekticid kezelés az ízeltlábú populációk evolúciójára az adatok által mutatott trendek alapján?
4. Populációk növekedése: születési és halálozásai ráta, elvándorlás, bevándorlás. - préda és a ragadozó populáció növekedése; 99%-os mortalitás hatása?
5. Atka példa: fitofág és ragadozó atka generációs ideje hasonló - nagyobb ragadozó generációs idő esetén mit várunk, ha egyformán érzékenyek a kezelésre?
6. Milyen hatásai vannak egy széles körű antibiotikum szelektív alkalmazásának (csak betegekre)?

1. Először írásban majd grafikusán: mind a 6 (évenként és helyszínenként) esetet egy grafikonon, de külön-külön egyenessel kell ábrázolni. A grafikus ábrázolás alapján revideálni lehet az előzőleg megfogalmazott véleményt.
2. A kérdések megválaszolása először írásban majd grafikusán történjen: mind a 6 lehetőséget egy grafikonon, külön-külön kell ábrázolni fajonként és kezelésenként. A grafikus ábrázolás alapján revideálni lehet az előzőleg megfogalmazott véleményt.
3. A kérdés megválaszolása során hivatkozni kell az adatokra és a grafikonon megfigyelhető trendekre. Van esetleg más adat amire szükség lehet a inszekticid kezelés hatásainak pontosabb bemutatására?
4. A populációk növekedése a születési és halálozásai ráta, illetve az elvándorlás és bevándorlás függvénye. **A.** A préda populáció növekedése esetében mely populációs paraméterek (születési és halálozásai ráta, elvándorlás, bevándorlás) fognak változni a ragadozó atkákkal való interakció során? **B.** A ragadozó populáció növekedése esetében mely populációs paraméterek (születési és halálozásai ráta, elvándorlás, bevándorlás) fognak változni a zsákmány mennyiségének függvényében? **C.** Ha egy hideg tél kipusztítja úgy a fitofág, mint a ragadozó atkák 99%-át, ez hogyan fogja befolyásolni a populáció méreteket (úgy a fitofág, mint a ragadozó atkák) növekedését a következő tavasszal?
5. A példánk esetében a fitofág és ragadozó atka generációs ideje hasonló, azonban normális esetben ez nem mindig van így, ugyanis a ragadozó generációs ideje hosszabb a zsákmányénál. Ez tovább lassítja a ragadozó regenerációját egy kezelés után (nemcsak a zsákmány mennyiségének függvénye lesz). Ez hogyan befolyásolná a populációk méretének (úgy a fitofág, mint a ragadozó atkák) időbeli változását a kezelés után, ha mindkét faj hasonlóan érzékeny az alkalmazott inszekticidre?
6. Az adatok és grafikonok felhasználása mellett, a válaszok esetében törekedni kell az evolúciós megközelítésre felhasználva a dia elején bemutatott ismeretanyagot (természetes szelekció, sodródás, adaptáció stb.).



EFOP-3.4.3-16-2016-00014



Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen
készült az Európai Unió támogatásával. Projekt
azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014

Szegedi Tudományegyetem
Cím: 6720 Szeged, Dugonics tér 13.
www.u-szeged.hu
www.szechenyi2020.hu

