

Philipp Gebhardt · Richard Spencer

A

## Nyúltestvérek, ritka nyulak

Írányított szelekció, allélgyakoriságok és  
evolúció



## BEVEZETÉS

### Kulcsfogalmak:

Egyszeres hibrid keresztezés, mendeli keresztezés, genotípus, homozigóta, heterozigóta, domináns, recesszív, fenotípus, irányított szelekció, evolúció, génállomány, allélgyakoriság, Hardy-Weinberg szabály, allélhordozó képesség.

E modellezési feladat azoknak a 16–18 éves tanulóknak ad segítséget, akik emelt szintű biológiát (fakultáció) tanulnak. A program segít a populációk allélgyakoriságaira vonatkozó következő alapelvek megértésében:

- Az egyszeres hibrid mendeli keresztezések domináns és recesszív alléljeinek öröklődésmenete,
- miért maradnak többé-kevésbé stabilak az allélgyakoriságok egy adott populációban, ahol nincs szelekciós nyomás különféle fenotípusokra,
- hogyan alkalmazható a Hardy-Weinberg szabály a domináns és recesszív allélek gyakoriságának kiszámítására, ahol a fenotípust egy gén két allélje határozza meg és egyedek olyan populációjában, ahol egyik fenotípusnak sincs szelekciós előnye,
- az evolúció, mint egy populáció allélgyakoriságainak megváltozása az idők során,
- az allélgyakoriságok megváltozásának oka egy környezetben, ahol az irányított szelekció egy adott fenotípussal rendelkező egyedek túlélését támogatja,
- az előnytelen tulajdonságokért felelős allélek egy génállományban való fennmaradása kívánatosságának oka egy faj változó környezethez való alkalmazkodóképességét tekintve.

A szimuláció a Számoló gombok: a Hardy-Weinberg szabály szemléltetése (*Pongsophon, Roadrangka és Campbell: Tudomány az iskolában, 6.szám, 2007 Ősz*) című cikkben megfogalmazott egyes elveket adaptálja és fejleszti tovább.

## FORRÁSOK

Az alkalmazás elérhető az interneten az European Learning Laboratory for the Life Sciences által fenntartott EMBLog tanári portálon. Az alkalmazást működtető program fejlesztése a Flash-alapú SAP Xcelsius szoftver segítségével történt.

A [www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de) honlapon keresztül elérhető az EMBLog tanári portál [a tartalom eléréséhez regisztrációra van szükség]

## ALAPOK

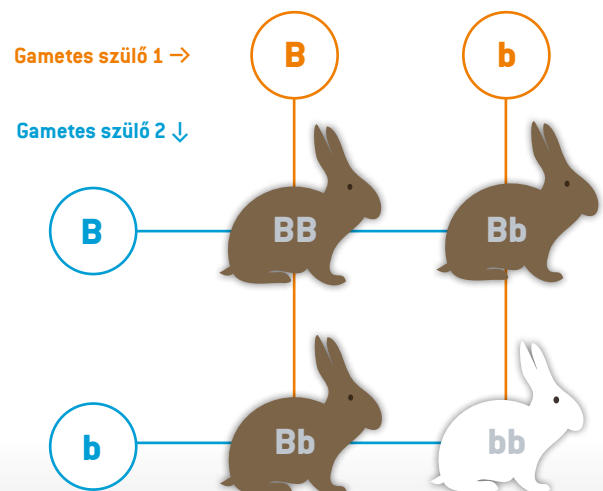
### Allélgyakoriság: szelekciós nyomás nélkül

A tanulók rendelkezésére állnak a 64 nyúlból álló modellpopulációról a szükséges háttérinformációk. Ebben a populációban két szőrszín meghatározó allél található meg, barna [B] és fehér [b], ahol a barna szőrszínért felelős allél domináns a fehér fölött. Ebből következően a barna szőrű nyulak genotípusa BB és Bb lehet, míg a fehér szőrt a bb allélpár alakítja ki. Mindezekből adódik, hogy a szőrszín kiváltó allél öröklődése a szigorúan monohibrid mendeli öröklődést követi, ami a barna szín alléljának dominanciája miatt a barna szőrű nyulak-fehérekhez viszonyított 3:1 arányú többségéhez vezet. Mindezeket figyelembe véve a 64 nyúlból álló kiindulási populációban 16-nak van homozigóta BB, 32-nek heterozigóta Bb és 16-nak homozigóta bb genotípusa.

A nyulak egy olyan élőhelyen élnek, mely az év egy részében vegetációval, a fennmaradó időszakban pedig hóval borított. Barna szőrű nyulak jobban tudják álcázni magukat a növényzetben, a fehér szőrűek viszont a hóban. Összességében sem a barna, sem a fehér szőr nem jelent előnyt vagy hátrányt.

Hogy a tanulók felelevenítsék a mendeli monohibrid keresztezés működési elvét, interaktív Punet táblát használva előállítják a genetikai keresztezési kombinációt két heterozigóta (Bb) nyúl között.

### Punet négyzet



Ezután a tanulók arra használják a programot, hogy a kiindulási populáció összes utódjának genotípusát megállapítsák.

A program a szimulációhoz négy alapelvet alkalmaz:

- különbözőgenotípusok szülőpárjainak véletlenszerű kombinálódását
- az élőhely eltartóképességét 64 nyúlban határoztuk meg
- mindhárom genotípus utódjainak egyenlő szaporodási és túlélési esélyét [50 %]
- az első generáció túlélő és nemi érettséget elérő utódjai lesznek a következő nemzedék szülői

A szoftver iránymutatást ad a tanulóknak, így azok az utódnemzedékek létszámának alakulását 10 generáción keresztül tudják követni. Ez az adat szükséges az egyes nemzedékek B és b allélgyakoriságainak kiszámításához. Hogy megbizonyosodjunk arról, a tanulók megértették az allélgyakoriságok számításmenetét, el kell készíteniük egy példaszámítást, melyben az adatbevitel után ellenőrzik, hogy a helyes eredményt kapták-e.

A tanulók megállapítják, hogy a B és a b allélek gyakorisága többé-kevésbé állandó marad. A program képes az eredmények grafikus ábrázolására is [az allélgyakoriság grafikonját rajzolja meg a nemzedékszám függvényében].

#### Allélgyakoriság: Hardy-Weinberg egyensúlyi állapot esetén

A nyúlpopulációban a BB és Bb genotípussal rendelkező nyulak k azonos fenotípust mutatnak [baran szőr], emiatt nem lehetséges a genotípusok egyedszámának meg-

határozása. A bb genotípust hordozó nyulak száma azonban felismerhető és megállapítható [mindegyikük fehér szőrt visel].

A tevékenység végigvezeti a tanulókat a Hardy-Weinberg elv gyakorlati alapjainak megmutatásán, hogy miként használható fel a bb genotípusú nyulak száma a BB és Bb genotípusú egyedek számának becslésére.

Elvárjuk a tanulóktól, hogy a Hardy-Weinberg elvet egy adott probléma megoldására alkalmazzák. A megadott információkból kiemelt megfelelő adatok bevitelével képesek az információk elemzésére és az adott populációban meglévő BB és Bb genotípusú egyedek becsült létszámának kiszámítására. A tanulók útmutatást kapnak a számítások helyes elvégzéséhez és ellenőrzési lépés is biztosítja a számítások helyes elvégzését.

#### Allélgyakoriság: szelekciós nyomás megléte esetén

A klímaváltozás eredményeként az élőhelyet többé az év egyik szakában sem borítja hó. Ez versenyhátrányt jelent a fehér szőrű (bb genotípusú) nyulak számára. Ezek az egyedek többé nem képesek egyáltalán elrejtőzni az élőhelyen, amely egész évben növényzet által borított, emiatt sokkal inkább ki vannak téve a ragadozók támadásának. Minden fehér szőrű nyúl ragadozók prédájává lesz mielőtt elérné az ivarérettséget. A környezet ellenük szelektál.

A szelekciós nyomás nélküli feladathoz hasonlóan használják a tanulók a programot a genotípusok megállapítására a kiindulási populáció és az azt követő nemzedékek utódjaiban. Ebben az esetben azonban a paraméterek változnak. A program az előzőleg meghatározott 4 alapelvből 3-at használ [különböző genotípusok szülő nyulainak véletlen párosodása, 64 nyúl a terület eltartóképessége, az adott nemzedék ivarérettség eljutó utódjai lesznek a következő nemzedék szülői]. Egy komoly eltérés azonban van: mindhárom genotípus ivarérettséget elérő utódjainak aránya többé nem azonos, mivel egyetlen fehér nyúl sem éri meg ezt a kort. A program ezt figyelembe véve korrekciós számításokat alkalmaz annak kiszámításához, hogy hány BB és Bb genotípusú nyúl nő fel és válik a következő generáció szülőjévé. Ez 50 % fölötti érték lesz, de az aktuális számarány függ az adott generációban született bb genotípusú fehér nyulak számától.

Ahogy a szelekciós nyomás nélküli esetben, úgy a program itt is segíti a tanulókat abban, hogy ki tudják vele számolni minden genotípus utódainak számát a



Nyulak egyedszáma generációnként



Ivarérettséget elért nyulak száma generációnként



következő 10 nemzedékre. Ezt felhasználva ki tudják számolni a B és b allélek gyakoriságát minden egyes generációban.

A számítások elvégzésével a tanulók képesek felismerni a B és b allélek gyakoriságának változását egymást követő nemzedékekben (a B allél gyakorisága nő, míg a b allél csökken). A kapott eredményt a program szintén képes grafikusán megjeleníteni az allélgyakoriságot a nemzedékszámok függvényében megjelenítő grafikon formájában.

#### Az alapelvek összegzését segítő kérdések

A projekt végét egy kérdéssor képezi. Az adott válaszokból látható, hogy a tanulók elvégezték a feladatot és segítik a tanárt annak ellenőrzésében, hogy a diákok megértették-e az alapelveket. A diákok betáplálják a kérdésekre adott válaszaikat, illetve nevüket és a dátumot. Kinyomtatják válaszaikat és továbbítják azokat tanárjuknak az érdemjegyes értékeléshez.

#### KÖVETKEZTETÉS

A modellező program elérhető lehet webes alapon. Felhasználható tanórai segédanyagként, házi feladatként, vagy önálló projektként is adható. A tanulók önállóan ellenőrizhetik felkészültségüket a projekt végén kitöltendő feleletválasztásos teszt segítségével, amelyet a program automatikusan értékel. Ezen felül tartalmaz még egy ellenőrző kérdéssort is, amit a tanulónak ki kell töltenie és kinyomtatnia. A tanárok ezeket a hagyományos vizsgaszerű kérdéseket is felhasználhatják a szimuláció alapelveinek megértésének mérésére.

Örömmel fogadunk minden, a programmal kapcsolatos észrevételt, fejlesztési javaslatot! A vizsga kérdéssor értékelési útmutatója kérésre rendelkezésre áll, kérjük keressen meg az alábbi email címen:

[RA.Spencer@mbro.ac.uk](mailto:RA.Spencer@mbro.ac.uk)

