Náhodný genetický posun

- četnost alely v populaci = pravděpodobnost jejího objevení se v další generaci

- pravděpodobnost, že v populaci zůstane i-alel A s četností p se vypočítá jako:

$$\boxed{\frac{2N!}{i!\,(2N-i)!}\quad p^{i}\, q^{2N-1}}$$

- v přirozených populacích se fixuje alela s vyšší alelovou četností

- působení náhodného genetického posunu lze měřit poklesem četnosti heterozygotů

H_I – heterozygotnost individua, jedince v populaci či pravděpodobnost heterozygotnosti jakéhokoliv genu v populaci

H_S - očekávaná heterozygotnost v subpopulaci s náhodným oplozením při vlivu driftu

H_T - očekávaná heterozygotnost v populaci po sloučení všech subpopulací

úbytek heterozygotů vyjadřujeme koeficienty inbridingu F

F_{IS} – KI individua v jednotlivých subpopulacích (podmíněno inbrídingem)
F_{ST} – úbytek heterozygotů v subpopulacích vzhledem k celkové populaci (podmíněno driftem)
F_{IT} – celkový (podmíněno kombinací obou vlivů)

$$\mathbf{F_{IS} = (H_S - H_I) / H_S}$$
$$\mathbf{F_{ST} = (H_T - H_S) / H_T}$$
$$\mathbf{F_{IT} = (H_T - H_I) / H_T}$$

$$H_I = \sum H_{subpopulací} / \text{celkem subpopulací}$$

$$H_S = \sum 2pq / \text{celkem subpopulací}$$

$$H_T = 2\bar{p}\bar{q} = 2\bar{p}\,(1 - \bar{p})$$

$$\bar{p} = \sum p / \text{celkem}$$

Pozn.: V malé populaci, kde jsou sice jedinci jakoby příbuzní, ale oplození mezi nimi je chaotické, náhodné $\longrightarrow F_{IS} = 0$
ale je to malá populace, takže zde působí drift, který eliminuje jednu z alel $\longrightarrow F_{ST} \neq 0$

Fixační koeficient

$$\boxed{F_t = 1 - (1 - 1/2N)^t}$$

Slouží k vyjádření počtu generací t.

Efektivní velikost populace

1) Při nestejném poměru pohlaví

N_m – počet samců
N_f – počet samic

$$\boxed{N_e = 4N_m N_f / N_m + N_f}$$

2) U živočichů s určitým areálem výskytu – s disperzivním rozložením

$$\boxed{N_e = 4 \pi \delta \sigma^2}$$

δ – počet pářících se jedinců na jednotku plochy
σ^2 – jednosměrná variance mezi místem páření a narození

Viz. přednáška

PŘÍKLAD 38

Jedné studentce se velmi líbily rostliny *Phlox cuspidata*. Ve svém pokoji vždy pěstovala dvě rostliny ze dvou semen náhodně vzatých z rostlin v předchozím roce. Poněvadž zabezpečila náhodné oplození těchto rostlin spočívající ve stejné pravděpodobnosti samosprášení a cizosprášení rostlin, je její metoda pěstování ekvivalentní náhodnému výběru čtyř gamet a jejich spojení pro vytvoření dvou rostlin následující generace. Předpokládejme, že v jednom roce obsahovaly její rostliny dvě alely Adh^a a dvě alely Adh^b (*Adh* je gen pro tvorbu alkoholdehydrogenázy). Použijte rovnice 2.1 k výpočtu různých pravděpodobností, že populace v příštím roce bude obsahovat 0, 1, 2, 3 nebo 4 alely Adh^a.

KAŽDÝ ROK SE ZE 2 ROSTLIN VYBRALY NÁHODNĚ 2 SEMENA, KT. DALA VZNIK 2 ROSTLINÁM.

$p = Adh^a = 0{,}5$ (NA ZAČÁTKU STEJNÁ ALELOVÁ ČETNOST)

$q = Adh^b = 0{,}5$ $N = 2$ $2N = 4$

Náhodný genetický posun

KAŽDÝ ROK SE ZE 2 ROSTLIN VYBRALA NÁHODNĚ 2 SEMENA, KTERÁ DALA VZNIK 2 ROSTLINÁM.

$p = Adh^a = 0,5$ (NA ZAČÁTKU STEJNÁ ALELOVÁ ČETNOST)

$q = Adh^b = 0,5$ $N=2$ $2N=4$

1) 1. GENERACE

JAKÁ JE PRAVDĚPODOBNOST, ŽE V 1. GENERACI BUDE Adh^a ELIMINOVÁNA

↳ $\boxed{i=0}$

$$P = \frac{2N!}{i!(2N-i)!} p^i q^{2N-i} = \frac{4!}{0!(4!)} (0,5)^0 (0,5)^4 =$$

$$= 1/16 = \underline{\underline{0,0625}}$$

2) $\boxed{i=1}$

4 ALELY b, ŽÁDNÁ a

$$P = \frac{4!}{1!(3!)} \cdot (0,5)^1 (0,5)^3 = 1/4 = \underline{\underline{0,25}}$$

3) $\boxed{i=2}$ JAKO V PŮVODNÍ GENERACI 2a : 2b

$$P = 3/8 = \underline{\underline{0,375}}$$

4) $\boxed{i=3}$

$$\underline{\underline{P = 0,25}}$$

$\boxed{i=4}$

$$\underline{\underline{P = 0,0625}}$$

KAŽDÝ ROK SE ZE 2 ROSTLIN VYBRALY NÁHODNĚ 2 SEMENA, KTERÁ DALA VZNIK 2 ROSTLINÁM.

$p = Adh^a = 0,5$ (NA ZAČÁTKU STEJNÁ ALELOVÁ ČETNOST)

$q = Adh^b = 0,5$ $N=2$ $2N=4$

1) 1. GENERACE

JAKÁ JE PRAVDĚPODOBNOST, ŽE V 1. GENERACI BUDE Adh^a ELIMINOVÁNA

$\boxed{i=0}$

$$P = \frac{2N!}{i!(2N-i)!} p^i q^{2N-i} = \frac{4!}{0!(4!)} (0,5)^0 (0,5)^4 =$$

$$= 1/16 = \underline{\underline{0,0625}}$$

Po 1. generaci náhodného posunu nastane s pravděpodobností 6,25 % fixace alely Adh^a. Stejná bude také pravděpodobnost, že tato alela bude po jedné generaci eliminována. Celkem je však 87,5% pravděpodobnost, že populace zůstane segregující (i = 1, 2, 3).

2) $\boxed{i=1}$

4 ALEL

$$P = \frac{4!}{1!(3!)} \cdot (0,5)^1 (0,5)^3 = 1/4 = \underline{\underline{0,25}}$$

3) $\boxed{i=2}$ JAKO V PŮVODNÍ GENERACI 2a : 2b

$$P = 3/8 = \underline{\underline{0,375}}$$

4) $\boxed{i=3}$

$$P = \underline{\underline{0,25}}$$

$\boxed{i=4}$

$$P = \underline{\underline{0,0625}}$$

PŘÍKLAD 39

Vypočtěte u populace v příkladu 38 pravděpodobnost, že populace zůstane segregující po dvou generacích náhodného genetického posunu.

Z PŘÍKLADU 38/107 (VIZ. POZNÁMKA) VÍME, ŽE PO 1 GENERACI NÁHODNÉM GEN. POSUNU ~~BÝT~~ JE ČETNOST ALELY A

$i=0$ (ALELA JE ELIMINOVÁNA)
$p=0$

$$\frac{2N!}{i!(2N-i)!}p^i q^{2N-i}$$

HODNOTY Z PŘÍKLADU 38/106

$\boxed{P=0{,}0625}$ – PRAVDĚPOD. ~~[illegible]~~ ELIMINACE

$i=1$ (1 ALELA ZE 4 A,a,a,a)
$p=1/4$

$\boxed{P=0{,}25}$

$i=2$
$p=1/2$

$\boxed{P=0{,}375}$

$i=3$
$p=3/4$

$\boxed{P=0{,}25}$

$i=4$
$p=1$

$\boxed{P=0{,}0625}$

PRAVDĚPOD. PO 1. GENERACI, ŽE ZŮSTANE SEGREGUJÍCÍ POPULACE
$1-(0{,}0625+0{,}0625)$
$\underline{\underline{87{,}5\,\%}}$

PRAVDĚPODOB. ELIMINACE ALELY VE 2. GENERACI 1/4, 1/2, 3/4

$N=2$
($2N$ = POČET GAMET
$2N=4$)

$\boxed{p=1/4 \quad i=0}$

$$P = \frac{4!}{0!(4-0)!}\cdot(1/4)^0(3/4)^4 = \underline{0{,}31641}$$

$\boxed{p=1/2 \quad i=0}$

$$P = \quad = \underline{0{,}0625}$$

$\boxed{p=3/4 \quad i=0}$

$$P = \underline{0{,}00391}$$

$\underline{p=1}$
ZŮSTANE VE 2. GENERACI $P=0{,}0625$ | $\boxed{P=0}$

$\underline{p=0}$ ZŮSTANE $P=0{,}0625$ | $P=1$

CELKOVÁ PRAVDĚPOD. ZTRÁTY JE: $\boxed{\Sigma P_{1.G.}\cdot P_{2.G}}$

$$P=(1)(0{,}0625)+(0{,}25)(0{,}31641)+(0{,}375)(0{,}0625)+(0{,}25)(0{,}00391)+(0)(0{,}0625) =$$

PRAVDĚP. ELIMINACE PŘI DANÉM p

FIXACE, NE ELIMINACE

$$= \underline{0{,}16602}$$

PODOBNĚ NAJDEME PRAVDĚPODOB. FIXACE DRUHÉ = 0,16602

⇒ SEGREGUJÍCÍ ZŮSTANE

$1-(0{,}16602+0{,}16602) = 0{,}668 \Rightarrow$

$\Rightarrow \underline{\underline{66{,}8\,\%}}$

po 2 generacích

(po 1 generaci je to 87,5%)

$1-(0{,}0625+0{,}0625)$ ⇑

PŘÍKLAD 41

U 43 subpopulací *Phlox cuspidata* uváděných v předcházejících příkladech byl také studován gen pro glutamátoxalát transaminázu-2 (*Got-2*). Byly nalezeny tři alely tohoto genu: *Got-2*^{a}, *Got-2*^{b} a *Got-2*^{c}. 39 ze studovaných subpopulací bylo monomorfních pro *Got-2*^{b}. Jedna populace obsahovala *Got-2*^{a} a *Got-2*^{b} s alelovými četnostmi 0,37 a 0,63, pozorovaná četnost heterozygotů byla 0,17. Tři subpopulace obsahovaly pouze *Got-2*^{b} a *Got-2*^{c}; alelové četnosti *Got-2*^{b} byly v těchto populacích 0,87, 0,91 a 0,82 a pozorované četnosti heterozygotů v těchto populacích byly 0,09, 0,06 a 0,09. Odhadněte hodnoty heterozygotnosti a F statistik pro tento gen.

43 subpopulací

39 subpopulací jen Got-2b ⇒ H=0

1 –"– Got 2b = 0,63 Got 2a = 0,37

H = 0,17

3 –"– 2b = 0,87 2c = 1−2b = 0,13

0,91 0,09

0,82 0,18

H = 0,09

H = 0,06

H = 0,09

? H, F ?

$$H_I = 39(0) + 0{,}17 + 0{,}09 + 0{,}06 + 0{,}09 / 43 =$$
$$= \underline{0{,}0095}$$

$\boxed{\Sigma H_{subpop} / \Sigma subpopulací}$

$$H_S = 2(1)(0) + 2(0{,}63)(0{,}37) + 2(0{,}87)(0{,}13) +$$
$$+ 2(0{,}91)(0{,}09) + 2(0{,}82)(0{,}18) / 43$$
$$= \underline{0{,}02678}$$

$\boxed{\Sigma 2pq / \Sigma subpopulací}$

43 subpopulací

39 subpopulací jen Got-2^b ⇒ H=0

1 -ll- $Got^{2b} = 0{,}63$ $Got^{2a} = 0{,}37$

H = 0,17

3 -ll- $2b = 0{,}87$ $2^c = 1-2^b = 0{,}13$

0,91   0,09

0,82   0,18

H = 0,09

H = 0,06

H = 0,09

? H, F ?

Celková četnost $\cancel{q}$(Got^{2a}) ⇒ Σf/celk = 1

$$Got^{2a} = 0{,}37 + 39(0) + 3(0) / 43 = \underline{0{,}0086}$$

$$Got^{2b} = (39)(1) + 0{,}63 + 0{,}87 + 0{,}91 + 0{,}82 / 43$$
$$= \underline{0{,}9821}$$

$$Got^{2c} = 1-(2a+2b) = \underline{0{,}0093}$$

po sloučení všech subpopulací a+b+c=1

$$\underline{H_T} = 2(0{,}0086)(0{,}9821) + 2(0{,}0086)(0{,}0093)$$
$$+ 2(0{,}9821)(0{,}0093) = \underline{0{,}03532}$$

pro sloučené alely

$\boxed{= 2\bar{p}\bar{q}}$ kde $\Sigma 2\bar{p}\bar{q}$

ÚBYTEK HETEROZYGOTŮ*

$$F_{IS} = (H_S - H_I)/H_S = (0{,}02678 - 0{,}0095)/0{,}02678 = 0{,}65$$

KOEF. INBRÍD.

*VLIVEM MENŠÍ ORGAN.

$$F_{ST} = (H_T - H_S)/H_T = 0{,}24$$

FIXAČ. KOEFICIENT.

VLIV DRIFTU

$$F_{IT} = (H_T - H_I)/H_T = 0{,}73$$

KOMBINACE OBOU

$H_I = 0{,}0095$

$H_S = 0{,}02678$

$H_T = 0{,}03532$

PŘÍKLAD 42

V jedné velké stodole byly odchyceny myši (*Mus musculus*) a pomocí elektroforetických metod byl u nich studován velký počet genů včetně genu pro hexoso-6-fosfát dehydrogenázu, NADP-izocitrát dehydrogenázu a hemoglobin. Odhady F_{ST} pro tyto geny byly 0,10, 0,16 a 0,11 s průměrem F_{ST} = 0,12. Předpokládáme, že tato populace myší má zhruba konstantní početnost (N). Jak dlouhé působení náhodného genetického posunu by vedlo k hodnotě F_{ST} = 0,12 v ideálním případě, kdy nedochází k migraci a N = 20 a při N = 100?

F_{st} = 0,10
0,16
0,11

$\bar{F}_{st}$ = 0,12

a) N = 20

b) N = 100

? t

a) $F_t = 0{,}12$ $\qquad F_t = 1 - (1 - 1/2N)^t$

$1 - F_t = 1 - 1/2N = (1 - 1/50)^t \Rightarrow$

$0{,}88$ $(1-0{,}12)$

$\Rightarrow \underline{\underline{t}} = \ln(0{,}88) / \ln(0{,}98) = \underline{\underline{5}}$

b) $t = 26$

$F_{st} = 0{,}10$

$0{,}16$

$0{,}11$

$\bar{F}_{st} = 0{,}12$

a) $N = 20$

b) $N = 100$

? t

PŘÍKLAD 45

Stádo dobytka má 200 krav a 2 býky. Jaká je efektivní velikost této populace?

200 KRAV

2 BÝCI

N_e

$$N_e = 4 N_m \cdot N_f / N_m + N_f$$

$$\underline{\underline{N_e}} = 4(2)(200) / (2+200) = \underline{\underline{8}}$$

EFEKTIVNÍ POČET JEDINCŮ JE 8 ⇒ MALÁ POPULACE, KDE BUDE MÍT VLIV NÁHOD. GENET. POSUN

PŘÍKLAD 46

Phlox pilosa a *Liatris cylindracea* jsou vytrvalé entomofilní rostliny. V určité populaci se tyto rostliny vyskytovaly v hustotě 9 rostlin / m^2 (*P. pilosa*) a 5 rostlin / m^2 (*L. cylindracea*). Variance disperze obou typů gamet (zde pyl a semena) byla odhadnuta na 3,9m^2 a 2,6m^2 . V jiné populaci, *Lupinus texensis*, byly odhady parametrů δ a σ^2 : $\langle\delta\rangle = 15/m^2$, $\langle\sigma^2\rangle = 0{,}5m^2$. Použijte rovnici 2.11 k odhadu efektivní velikosti populace pro uvedené druhy rostlinných populací.

9 ROSTLIN / m^2 $= \delta$

VARIANCE DISPERZE je 3,9 m^2 $= \sigma^2$

$N_e = ?$

$$N_e = 4 \cdot \pi \cdot \sigma^2 \cdot \delta = 4(3{,}14)(3{,}9)(9) = \underline{\underline{441}}$$