

Depresja inbredowa i heterozja

Charles Darwin

Dlaczego rośliny chronią się przed samozapyleniem?

Doświadczenie na 57 gatunkach roślin!

Samozapłodnienie obniża wigor i płodność większości z 57 gatunków



1876

Darwin poślubił swoją kuzynkę i spłodził 10 dzieci

Inbred pogarsza cechy powiązane z przystosowaniem

- przeżywalność
- tempo wzrostu
- płodność i plenność

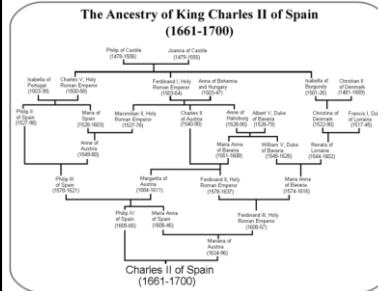


Zinbredowane organizmy mogą wykazywać anomalie

- brak chlorofilu u roślin
- zaburzenia rozwoju u zwierząt
- choroby genetyczne u ludzi

Sadzonki namorzyny

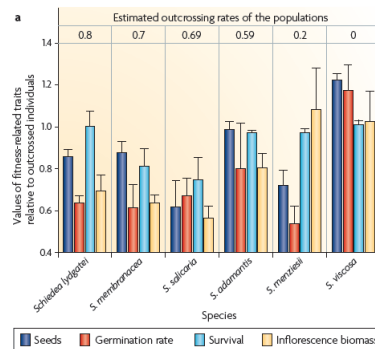
The Ancestry of King Charles II of Spain (1661-1700)



Król Karol II Habsburg - ostatni z dynastii Habsburgów na tronie hiszpańskim

Badanie depresji inbredowej u roślin samopylnych

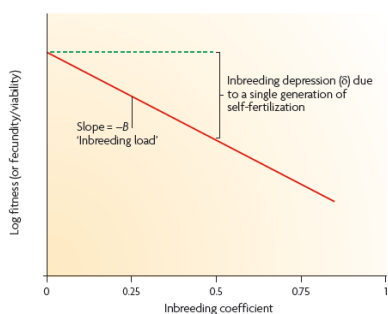
- Największy inbred
- Dwie populacje F1: z samozapylenia i zapylenia krzyżowego
- Wspólne nasadzenia
- Badane cechy: plenność, przeżywalność



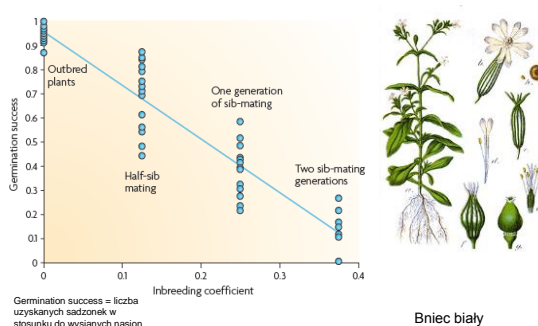
Schiedea

Outcrossing rate:
 ■ F1 (w) x (w) F1
 ■ = Metoda porównawcza po zapyleniu krzyżowym
 ■ = Metoda po samozapyleniu

Badanie depresji inbredowej u gatunków o zapłodnieniu krzyżowym (outcrossing)



Badanie depresji inbredowej u gatunków o zapłodnieniu krzyżowym (outcrossing)



Heterozja (wybujalosc mieszańców)

Zjawisko odwrotne do depresji inbredowej



- Mieszańce wykazują lepsze cechy niż linie wyjściowe
- Możliwy ten sam mechanizm genetyczny co przy depresji
- Zjawisko szeroko wykorzystywane w hodowli roślin i zwierząt



Mo17 F₁ B73



Heterozja

- Drób:
 - nieśność 10-30 jaj, 8-20%
- Trzoda
 - wielkość miotu +0,23 2,9%
 - w miotu przy odsadzeniu +0,7 10,2%
 - przyrost dzienny 60 g 8,8%
 - grubość słoniny 0,8%
- Bydło mleczne
 - wydajność mleczna +123-290 kg 2,3 - 6,1%
 - wydajność tłuszczu +6 kg 2,6%
 - wydajność białka +4,4 kg 2,4%

Depresja inbredowa

Zwiększona homozygotyczność w odniesieniu do:

- Częściowo recesywnych mutacji szkodliwych →

Heterozja

Zwiększona heterozygotyczność

Aplikacja: wydajne linie wolne od mutacji

- Loci z naddominacją → Aplikacja: mieszańce towarowe (np. trzoda chlewna)

Czy mieszańce są lepsze z powodu jakiegoś efektu heterozji, czy dlatego że są wolne od efektu inbrodu?

Mechanizm genetyczny depresji inbredowej i heterozji nie jest do końca znany.

Istnieje kilka koncepcji (sformułowanych dawno temu!)

- Dominacja
 - Szkodliwa mutacja recesywna
 - Wiele lekko szkodliwych mutacji recesywnych
 - Naddominacja
 - Pseudonaddominacja
- Multiplikatywne działanie genów

Teoretyczne modele depresji inbredowej

Szkodliwa mutacja **recesywna**
(hipoteza dominacyjna).

Mutacje bardzo szkodliwe wykazują często duży stopień dominacji.

Mutacje takie są z reguły rzadkie, z wyjątkiem populacji z inbredowanymi - tu pojawia się **depresja inbredowa**.

U mieszańców nie ma ekspresji szkodliwych genów. Mieszańce wykazują wysoką lub pośrednią wartość cechy, ale wyższą niż średni poziom rodziców. Pojawia się **heterozja**.

Teoretyczne modele depresji inbredowej

Wiele łagodnych (lekko szkodliwych) mutacji recesywnych (hipoteza dominacyjna - cd)

Mutacje o małych efektach są tylko częściowo recesywne. Heterozygota jest lepsza ok. 5-25% od średniej z homozygot.

Ponieważ są łagodne, takich mutacji jest sporo i ich skumulowany efekt może być bardzo duży.

Mutacje lekko szkodliwe mogą osiągnąć wysoką częstość przez przypadek.

Teoretyczne modele depresji inbredowej

Naddominacja

Efekt:

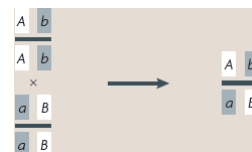
Mieszańce dużo większy wigor niż rodzice.

Rodzice wykazują dużą depresję inbredową.

Selekcja naturalna utrzymuje frekwencje genów blisko wartości 0,5.

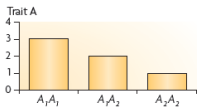
Teoretyczne modele depresji inbredowej

Szkodliwe mutacje recesywne w sprzężonych loci (pseudo-naddominacja)

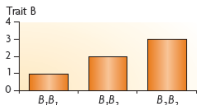


Mieszańce wykazują większy wigor niż rodzice. Zjawisko wygląda na naddominację, ale prawdziwą przyczyną są recesywne allele szkodliwe u rodziców.

Multiplikatywne działanie genów



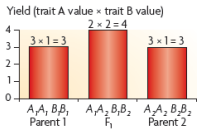
Dwa loci addytywne nie mogą zwiększać depresji inbredowej, ale mogą powodować heterozję, jeżeli determinują różne cechy składowe.



Przykład

Cecha A: liczba kwiatów (locus A)

Cecha B: liczba nasion z kwiatu (locus B)



Całkowita liczba nasion = liczba kwiatów × liczba nasion z kwiatu

Współczesne badania rzucające światło na mechanizmy depresji inbredowej i heterozji

- Mapowanie pojedynczych genów cech ilościowych
- Analiza ekspresji genów
- Epigenetyka

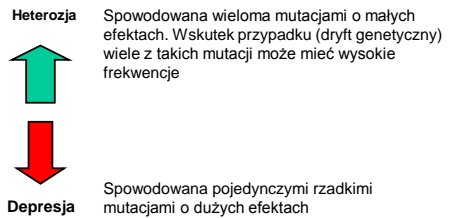
Co wynika ze współczesnych badań?

Prawdopodobnie nie ma uniwersalnego modelu depresji i heterozji. W różnych przypadkach mogą działać różne mechanizmy.

Większość wyników jest zgodnych z hipotezą dominacyjną dla wielu loci. Ale innych mechanizmów nie można całkowicie wykluczyć.

Jeżeli za efekt heterozji odpowiada wiele loci o małych efektach, to znalezienie pojedynczych genów heterozji/depresji będzie trudne.

Podsumowanie



Heterozja

$$\frac{\text{śr. mieszańców} - \text{śr. rodziców}}{\text{śr. rodziców}} \times 100$$

Przewidywanie heterozji

Heterozja =

heterozygotyczność mieszańców

×

heterozja przy krzyżowaniu czystych ras

Heterozygotyczność

- Udział genów matki, które pochodzą od innej rasy, niż geny ojca (definicja na potrzeby przewidywania heterozji)
- Krzyżowanie dwóch czystych ras
(A × B) to 100%
- Krzyżowanie wsteczne
A × (A × B) to 50%

Heterozja matczyna

- Gdy potomstwo korzysta z faktu, że matka jest mieszańcem
- Spowodowana heterozją bezpośrednią u matek dla cech takich jak mleczność i troskliwość

Efekt matki

1. Ekspresja genów przekazanych przez matkę na chromosomach i w cytoplazmie
2. Ekspresja genów matki w czasie ciąży i odchowu (duża heterozja)

Oczekiwana wydajność mieszańców

= (oczekiwana wyd. bez heterozji
+ efekt matki)

×

(1 + heterozja/100
+ heterozja matczyna/100)

Komplementarność ras

Dwa komponenty

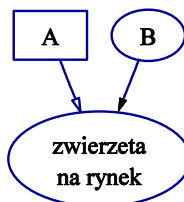
Rasa ojcowska – wysoka użytkowość tuczna i rzeźna

Rasa matczyna – plenna o dobrej użytkowości tucznej i rzeźnej (selekcja w obu kierunkach)

Krzyżowanie towarowe

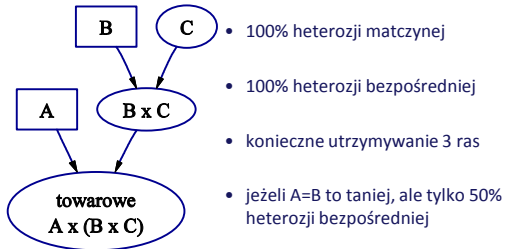
- To system pozyskiwania osobników towarowych
- Często stosowane u bydła mięsnego, trzody i kur
- Wykorzystuje heterozję i komplementarność ras

Krzyżowanie towarowe dwurasowe



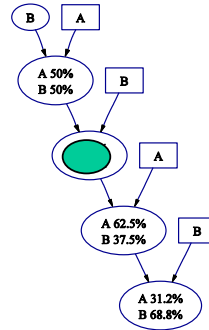
- Najczęściej rasę A reprezentują tylko samce, a rasę B tylko samice
- Selekcja niezależnie w każdej rasie
- Heterozygotyczność mieszańców 100%
- Szczególnie opłacalne, gdy rasa B to wyjątkowo dobre matki

Krzyżowanie towarowe trójrasowe



- 100% heterozji matczynej
- 100% heterozji bezpośredniej
- konieczne utrzymywanie 3 ras
- jeżeli A=B to taniej, ale tylko 50% heterozji bezpośredniej

Krzyżowanie rotacyjne dwurasowe



- Mieszańce jako matki i zwierzęta towarowe jednocześnie
- Stabilizuje się przy 33/67% (lub 67/33%)
- Heterozja zawsze <100%