

GENETIK I POPULATIONER

Per Kryger AU

Annette Bruun Jensen KU

NU BLIVER DET TEORETISK

Genetik er en matematisk gren af biologien

Vi repeterer kort Mendels 1. lov

Hopper videre til Hardy - Weinberg ligevægten

Vi skal se på Sewall Wrights effekten

Vi undgår Ronald Fishers teori for naturlig selektion
og J S B Haldanes dilemma om heterosis

Det er naturlove, der kan minde om fysik

Fremme forståelse af avlsmetoder

MENDELS 1. LOV FOR BIER



Brun fænotype gg



Gul fænotype GG og Gg

Genetik for individer:

| | |
|---|----|
| | g |
| G | Gg |
| G | Gg |

| | | |
|----|----|----|
| F1 | G | g |
| G | GG | Gg |
| g | Gg | gg |

| | | |
|---------------|----|----|
| Tilbage kryds | g | g |
| G | Gg | Gg |
| g | gg | gg |

Gul droning parres med brun drone. F1 udspalter 3:1 fænotypisk

MENDELS 1. LOV FOR BIER

Genetik for bifamilier:

| | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|
| | g | G | G | G | G | g | g |
| G | Gg | GG | GG | GG | GG | Gg | Gg |
| g | gg | Gg | Gg | Gg | Gg | gg | gg |

Gul F1 droning parres med brune og gule droner*

*DRONERNE, GENETIKKENS HJÆLPERE ?

Vil man vide om en dronning er heterozygot kan det ses i droneafkom, dog typisk først i andet år !

I dronerne kan vi observere alleler i isolation !

Men ikke alle gule bier har faktisk gule droner !

Droner har hverken lyst til at samle honning, stikke, sværme eller rense yngel ud

Droner er egnet til at fastholde og fremme gode egenskabers hyppighed

HVEM ER HARDY WEINBERG?

Hardy en englænder og Weinberg en tysker

Beskrev begge fordeling af alleler i populationer (1908)

Hardy-Weinberg ligevægt beskriver en tilstand hvor allelfrekvenser er konstante fra generation til generation

I en Hardy-Weinberg population er der :

Ingen mutationer; ingen migration; ingen selektion;
ingen genetisk drift (bl.a.)

Hvad det betyder skal I få at se!

IND MED MATEMATIK

Hardy og Weinberg flytter interessen til populationer

| | | |
|---|----|----|
| | G | g |
| G | GG | Gg |
| g | Gg | gg |

Fordeling af alleler og genotyper

| | | |
|-----|------|------|
| | 0,5 | 0,5 |
| 0,5 | 0,25 | 0,25 |
| 0,5 | 0,25 | 0,25 |

Heterozygositet = 0,5

Hyppigheden af allel gul er $p = 0,5$, allel brun $q = 1 - p = 0,5$

HYPPIGHEDEN AF ALLELER OG GENOTYPER

Alleler : $p + q = 1$ og genotyper: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

| | | |
|-----|------|------|
| | 0,8 | 0,2 |
| 0,8 | 0,64 | 0,16 |
| 0,2 | 0,16 | 0,04 |

Ligevægt

Immigration af
→
brune droner

| | | |
|-----|------|------|
| | 0,2 | 0,8 |
| 0,8 | 0,16 | 0,64 |
| 0,2 | 0,04 | 0,16 |

Uligevægt - for mange gg individer *

Heterozygositet
= 0,68

NY LIGEVEÆGT INDSTILLER SIG HURTIGT

Vi beregner ny allel frekvens: $q = \sqrt{0,16} = 0,4$

| | | |
|-----|------|------|
| | 0,2 | 0,8 |
| 0,8 | 0,16 | 0,64 |
| 0,2 | 0,04 | 0,16 |

Nye ligevægt



allel frekvenser
 p og q giver os
 $p^2 + 2pq + q^2$

| | | |
|-----|------|------|
| | 0,6 | 0,4 |
| 0,6 | 0,36 | 0,24 |
| 0,4 | 0,24 | 0,16 |

Hetero-
zygositet
 $= 0,48$

Altså er $p = 1 - 0,4 = 0,6$

HVAD KAN DET BRUGES TIL?

Populationer ikke er i Hardy Weinberg ligevægt hvis:

Migration forskyder allel frekvenser –
det har vi lige set et eksempel på!

Selektion påvirker ligevægten –
alle de gule bier bliver fjernet af biavleren

Genetisk drift, tilfældigheder, kan forskubbe balancen
især i små populationer

Mutationer, ulige kønsfordeling, overlap af generationer..

LAD OS SE PÅ DISSE EFFEKTER:

[HTTPS://FACULTY.WASHINGTON.EDU/HERRONJC/A1/](https://faculty.washington.edu/herronjc/A1/)

SEWALL WRIGHT EFFEKTEN

Som I har set, er genetisk drift, en evolutionær kraft !
Små populationer mister hurtigt genetisk diversitet
Store populationer er mere stabile

Avlsarbejde er selektion, men genetisk drift følger med
Renavlsstationer med ø-parrede dronninger øger den
genetisk drift, de virker som en genetisk flaskehals

Sewall Wright (1931) Evolution in Mendelian Populations : <https://doi.org/10.1093/genetics/16.2.97>

HVAD MED DE ANDRE FAKTORER ?

Betydning af migration kan måles som F_{st}

Wright forudsagde at to populationer, isoleret efter en ø er splittet i to, vil bevare de samme allelfrekvenser, hvis blot et individ overføres i hver generation uanset populationsstørrelse

Er migrationen mindre, vil genetisk drift med tiden øge forskelle mellem de to populationer, F_{st} øges

Kan vi se på kønsalleler? Det bliver ret abstrakt

PRÆCIS BESTEMMELSE AF PATRILINER OG GENETISK SLÆGTSKAB I EN BIFAMILIE

Høj heterozygositet på grund af de mange alleler i populationen

Table 5. *Heterozygosities in the population and the colony (paternal alleles) from Montfavet*

| locus | population heterozygosity (s.d.) | colony (Oct 1992) heterozygosity (s.d.) | colony (May 1993) heterozygosity (s.d.) | colony (Mar 1994) heterozygosity (s.d.) | colony (total) heterozygosity (s.d.) |
|---------|----------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|
| A76 | 0.931 (0.013) | 0.909 (0.017) | 0.904 (0.011) | 0.899 (0.011) | 0.901 (0.005) |
| A107 | 0.912 (0.024) | 0.869 (0.021) | 0.847 (0.022) | 0.856 (0.017) | 0.856 (0.010) |
| A14 | 0.854 (0.024) | 0.804 (0.081) | 0.808 (0.025) | 0.783 (0.026) | 0.790 (0.015) |
| A7 | 0.377 (0.076) | 0.427 (0.081) | 0.443 (0.064) | 0.429 (0.055) | 0.430 (0.037) |
| A28 | 0.366 (0.076) | 0.367 (0.083) | 0.215 (0.064) | 0.321 (0.060) | 0.297 (0.040) |
| A29 | 0.848 (0.024) | 0.769 (0.033) | 0.750 (0.026) | 0.785 (0.020) | 0.770 (0.012) |
| A35 | 0.793 (0.036) | 0.690 (0.050) | 0.662 (0.045) | 0.672 (0.041) | 0.669 (0.026) |
| A43 | 0.370 (0.081) | 0.606 (0.044) | 0.545 (0.051) | 0.607 (0.026) | 0.587 (0.021) |
| B124 | 0.795 (0.044) | 0.771 (0.042) | 0.659 (0.054) | 0.723 (0.032) | 0.715 (0.025) |
| A79 | 0.659 (0.060) | 0.425 (0.081) | 0.558 (0.044) | 0.425 (0.049) | 0.472 (0.032) |
| average | 0.690 (0.233) | 0.664 (0.197) | 0.639 (0.208) | 0.650 (0.199) | 0.649 (0.198) |

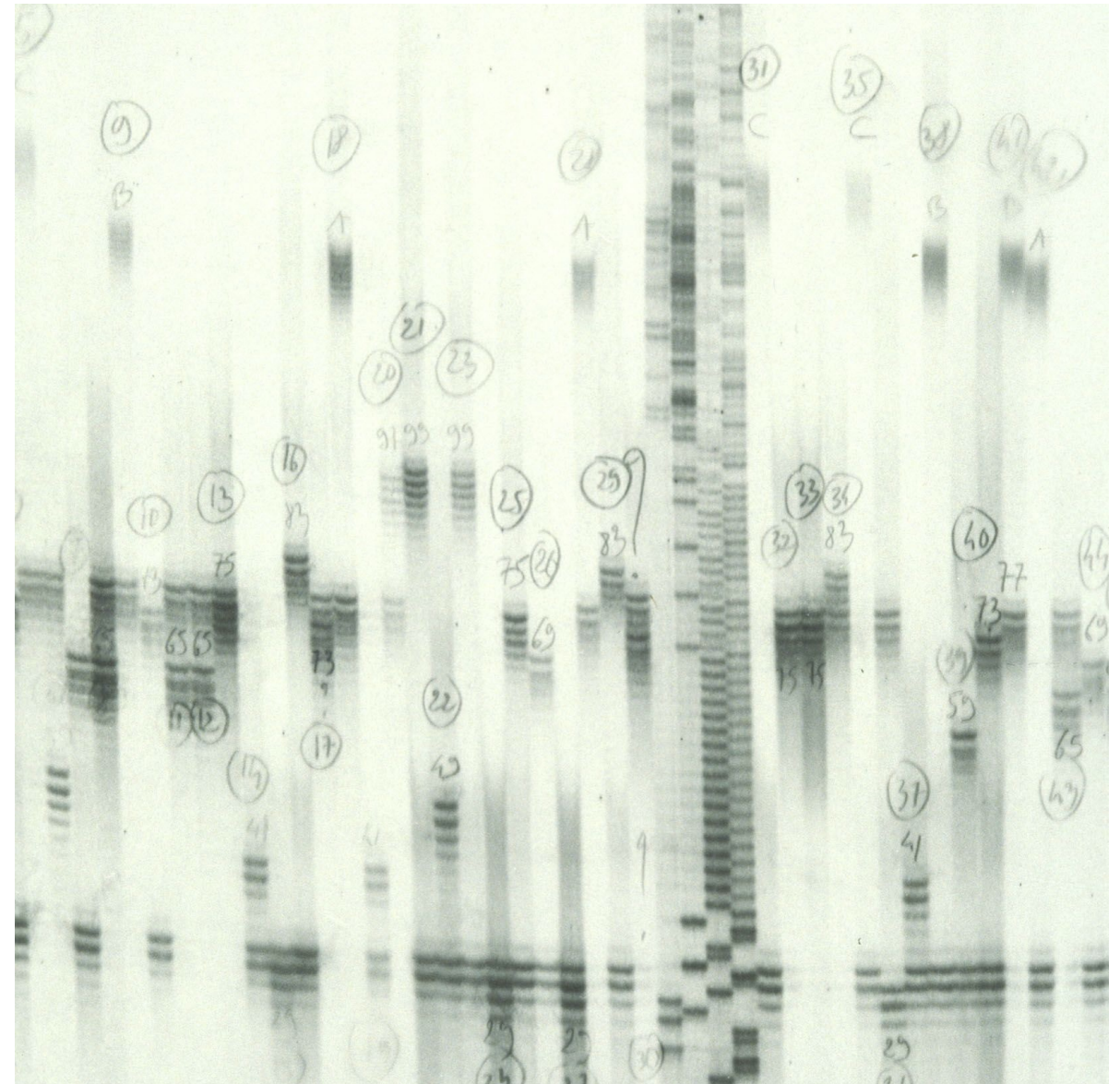
Estoup, Solignac, Cornuet 1994 <https://doi.org/10.1098/rspb.1994.0133>

GENETISK DIVERSITET

Hvorfor er bifamiliens genetiske diversitet normalt så høj ?

På grund af dronningens parring med mange droner fra hele populationen !

Til højre ses arbejdere fra en dronning og 11+ droner



UDFORDRING MED RENAVLSSTATIONER

Droner produceres klassisk af søskende dronninger

Mængden af alleler begrænses herved

De to alleler fra dronningernes mor vil forekomme mere hyppigt end allelerne fra drone fædrene

Vi vælger 12 dronninger som eksempel

Det betyder typisk 6 og 6 kopier af 2 dronningens alleler og op til 12 enkelte alleler fra de droner som dronningen er parret med - maksimal 14 alleler

ANDEN GENERATION

Vi starter igen med 12 dronninger:

Vi har dronningemoderens 2 alleler i 6 og 6 kopier

Hendes droner er trukket af en skæv fordeling:

Med 6:6:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1 alleler i alt 24 kopier

Ikke samtlige alleler overføres til næste generation

Det er maksimalt plads til 14 alleler

Det er sandsynligt at de to fra dronningen overlever,
mens nogle droners alleler vil forsvinde – ”drifte bort”

HVOR MANGE ALLELER FORSVINDER?

Det er tilfældigt, som et lotteri !

Forsimplet: Vi trækker 14 ud af 24 lodder, der er 10 nitter

Vi kan teoretisk ende med at bevare alle 14 alleler, men det er langt mere sandsynligt at vi mister 1, 2 eller flere alleler i hver generation

Det kan beregnes teoretisk, men det styres af tilfældigheder

Kan det måles? Ja !

NYE OG GAMLE GENETISKE MARKØRER

DNA mikrosatelliter med mange alleler har været brugt

Nu er teknikken skiftet til SNPs, der er mindre egnede

Typisk er der kun to alleler, at skelne mellem (SNDs)

Begrænser os til at måle udsving i allelfrekvenser fra generation til generation, som et mål for genetisk drift

Vi håber at kunne bringe DNA mikrosatelliter tilbage fordi de øger mulighederne for at studere dronernes bidrag til bifamiliens diversitet

GENETISK DRIFT KAN IKKE UNDGÅS

Der forekommer 10 eller flere alleler for mange DNA mikrosatelliter, fordi den danske bipopulation er stor og lever i ligevægt : Hardy Weinberg

Endnu flere kønsalleler, selektion for diversitet

Renavlsstationer øger tab af genetisk diversitet

Bifamilier, afgivet til importerede bier, formindsker antallet af bifamilier der kan bevare jeres udvalgte danske egenskaber

TAG MED HJEM

På renavlsstationer mister I genetisk diversitet

Det er en del af målet, at reducere variansen i afkommet

Der mistes kønsalleler og anden diversitet ved gentagen brug af renavlsstationer, alleler der ikke kommer igen

Vælger I at hente kønsalleler hjem fra udlandet, forankres jeres bier til den fremmede population, jævnfør Wrights θ -model, for alle andre gener

TAK FOR DELTAGELSE OG OPMÆRKSOMHED

TAK TIL BIAVLSPRODUKTER, LANDBRUGSSTYRELSEN



AARHUS
UNIVERSITET