



GENETISKE REGLER OG DERES ANVENDELSE:

af Hans Eiberg

Der findes relativt få grundregler for nedarvning af egenskaber, og de gælder for både for dyr og planter. Når reglerne anvendes, til forudsigelse af den næste generation, følger kun een eller to velafgrænsede træk ad gangen. Omvendt kan reglerne også bruges til at afgøre, hvor komplekse de undersøgte egenskaber er udfra afkomets fordeling.

De to Mendelske love er de vigtigste grundregler for arvelighedsforskningen i dag. Brugen og afvigelserne fra lovene omtales herunder.

Mendels 1. lov gælder nedarvning for monogene egenskaber d.v.s. for en egenskab på et locus (2 gener med samme beliggenhed, 'et på hver af de to "ens" kromosomer). Mendels 1. lov siger: Ved dannelsen af gameter (pollen og æg) adskilles generne (allelerne) på et locus, således at halvdelen af allelerne går til den ene gamet, og halvdelen går til den anden gamet.

Mendels 2. lov bruges til beskrivelse for nedarvning af to forskellige egenskaber (uafhængighedsloven). Mendels 2. lov siger: Ved gametdannelsen adskilles allelerne på et locus og kombineres frit med allelerne på de øvrige loci (eks. 4,5 og 6)

Lad os se på en hybrid, som har to egenskaber for blomsterfarven, nemlig rød (R) og hvid (H). Planten kan danne følgende gameter RH → R + H i forholdet 1:1 (ifølge Mendels 1.lov). Dette kan f.eks. vises ved at se på afkommet efter en selv-bestøvning hos hybrid. Her kan et skema (fig. 1) anvendes for at tydeliggøre kombinationsmulighederne af gameterne. Pollen gameterne sættes vandret i diagrammet, og æggameterne sættes lodret.

fig. 1

	R	H
R	RR	RH
H	RH	HH

Her ses, at 1/4 af afkommet er RR, 1/2 er RH, og 1/4 er HH

EKSEMPEL 1-3. (uden genbetegnelser)

Jeg vil her vise eksempler på nedarvning af egenskaber, hvor de Mendelske love gælder.

Hvis man krydser to (rene) arter med hinanden (de må ikke være

hybrider) og betragter en "velafgr nset" egenskab som f.eks blomsterfarven, s kan f lgende kryds mellem r d og hvid blomsterfarve laves over 2 generationer. Tre eksempler (1-3) p afkom efter et s dant kryds ses verst p n ste side.

For ldrene = (P) 1. generation = (F1) 2. generation = (F2)
 1) r d x hvid -> F1= r d F1 x F1 -> r d + hvid (3:1)
 2) r d x hvid -> F1= lyser d F1 x F1 -> r d + 1 r d + hvid (1:2:1)
 3) r d x hvid -> F1= lyser d F1 x F1 -> r d--lyser d--hvid blanding

Ved fors g 1 opn s en 3 til 1 udspaltning. Her dominerer r d over hvid. N r en 3:1 udspaltning opn s er eet gen ansvarlig for den r de farve (monogen = eet locus). 1/4 af planterne ligner en af for ldrene.

Ved fors g 2 opn s en 1 til 2 til 1 udspaltning (d.v.s. 1/4 af planterne ligner en af for ldrene), som man skulle forvente, hvis man betragter en egenskab, som nedarves monogent (eet locus). Her er r d og hvid lige styrke (codominant), eller m ngden af r dt farvestof er halveret i de lyser de planter.

I eksempel 3 opn s ikke en 1/4, som ligner en af for ldrene, hvilket betyder, at der er mulighed for en polygen nedarvning (mindst to loci bestemmer her den r de blomsterfarves styrke).

EKSEMPEL 1-3. (med genbetegnelser)

Ved en uddybning af eksemplerne (1-3), kan man se at Mendels 1. lov g lder. Genbetegnelserne R (r d) og H,h (hvid) indf res, hvor store bogstaver st r for en dominant egenskab (sl r igennem), og sm bogstaver for gener der er recessive (vigende). Skemaet, som ved fig.1, kan anvendes n r afkomstindividernes typer laves.

For ldregeneration (P) 1. generation (F1) 2. generation (F2)
 1) RR (r d) x hh (hvid) ->Rh (r d); Rh x Rh ->(RR + 2 Rh) + hh (3:1)
 2) RR (r d) x HH (hvid) ->RH (lyser d); RH x RH ->RR + 2 RH + HH (1:2:1)

3) For at kunne forklare det afvigende udspaltningsforhold i eks. 3, er en simpel forklaring den, at der kan v re f.eks. 2 loci, der hver is r giver et bidrag til den r de blomsterfarve. Lad os sige R1 og h1 p locus 1 og R2 og h2 p locus 2.

R1 og R2 (r de pigmenter) bidrager med hver een enhed pr. gen, medens h1 og h2 (ingen pigmenter eller hvide pigmenter) bidrager med hver nul enheder.

Eksempel 3 ser nu ud p f lgende m de:
 (P) R1R1 R2R2 (r d,4 enheder) x h1h1 h2h2 (hvid, 0 enheder) ->
 (F1) R1h1 R2h2 (lyser d,2 enheder); F1 x F1 -> F2

F1 planterne kan danne 4 forskellige gamettyper (R1R2, R1h2, h1R2 og h1h2) i f lge Mendels 2. lov. Gamettyperne kan inds ttes i et skema, hvorved F2 typerne fremkommer. Tallene i parentes udtrykker farve enheder.

	R1R2 (2)	R1h2 (1)	h1R2 (1)	h1h2 (0)
R1R2 (2)	R1R1R2R2 (4)	R1R1R2h2 (3)	R1h1R2R2 (3)	R1h1R2h2 (2)
R1h2 (1)	R1R1R2h2 (3)	R1R1h2h2 (2)	R1h1R2h2 (2)	R1h1h2h2 (1)
h1R2 (1)	R1h1R2R2 (3)	R1h1R2h2 (2)	h1h1R2R2 (2)	h1h1R2h2 (1)
h1h2 (0)	R1h1R2h2 (2)	R1h1h2h2 (1)	h1h1R2h2 (1)	h1h1h2h2 (0)

(F2) Ved analyse af skemaet opnås 5 forskellige farvevariationer i følgende forhold:

1 (4 enheder) mørkerød : R1R1 R2R2
4 (3 enheder) rød : R1h1 R2R2 eller R1R1 R2h2
6 (2 enheder) lys rød : R1h1 R2h2 , R1R1 h2h2 eller h1h1 R2R2

4 (1 enhed) svag rød : R1h1 h2h2 eller h1h1 R2h2
1 (0 enheder) hvid : h1h1 h2h2

eller: udspaltningen 1:4:6:4:1, hvor 1/16 af planterne ligner den ene af forældrene.

Hvis en egenskab bestemmes fra et sted (locus), siges egenskaben at være monogen, og det er tilfældet i eks. 1 og 2. Da udspaltningen er 3:1 i eks. 1, er der tale om en ren dominant/recessiv nedarvning (rød dominerer over hvid). Hvis udspaltningen er 1:2:1 (kryds 2), har vi en codominant nedarvning (her er rød og hvid lige dominerende).

Ved 'polygen' nedarvning (eks. 3) er der flere loci, der hver især giver et bidrag til egenskaben.

Ved at betragte udspaltningsforholdene, er det muligt at se, hvor mange loci der er involveret i dannelsen af f.eks. den røde farve, som den ene af forældrene i den rene art har. Ved optælling kan den brøkdel af planter beregnes, der har samme blomsterfarve i 2. generation (F2), som en af forældrene i (P).

Følgende relationer gælder:

1/4 -> (1 locus) som bestemmer en egenskab. eksempel 1 og 2;
1/16 -> (2 loci) " " eksempel 3;
1/64 -> (3 loci) " "
1/256 -> (4 loci) " "
osv,

Hvis man finder helt andre udspaltningsforhold end ovenstående eksempler 1-3, kan følgende være tilfældet: (De Mendels love gælder tilsyneladende ikke).

- 1) for lidt materiale er undersøgt, så tilfældigheder har spillet ind.
- 2) nogle af genkombinationerne er ikke så levedygtige som andre og er derfor optællingen.
- 3) generne for de røde blomsterfarver er koblede, d.v.s. nedarves ofte sammen.
- 4) forældregenerationen (P) har været hybrider. F1 planterne vil da være forskellige m.h.t. de betragtede egenskaber.

BEREGNING AF DET ANTAL FR PLANTER DET ER NØDVENDIGT AT SE:

Rent teoretisk kan man finde ud af, hvor stort et materiale, man skal søge for at lave en F2 hybrid med specielle ønskede egenskaber. Det kræver imidlertid, at man ved hvor mange gener, der bestemmer hver egenskab, og om de er dominante eller recessive. Vi ser på det simple eksempel 4 og det mere komplicerede eksempel 5.

eks. 4) to egenskaber , eet locus pr. egenskab.

Hvis man har en rhododendron med rød blomst (og hvis 1 par dominante gener for rød kr ves?) og gerne vil have indument overført fra en anden plante med hvid blomst (1 par recessive gener for indument?), kan følgende krydsningsprogram opstilles:

P: R D G L A T H V I D I N D U M E N T
 R1R1 I1I1 x H1H1 i1i1

F1: L Y S E R D G L A T
 R1H1 I1i1

F2: planten ønskes R D I N D U M E N T
 R1R1 i1i1

F1 planterne kan danne gameterne R1 og H1 m.h.t. farven, og fordelingen til F2 for farverne er som i eks. 2 og fig. 1 lig 1/4 for at få typen R1R1. Tilsvarende gælder for indument, idet F1 planterne kan danne gameterne I1 og i1, og sandsynligheden er 1/4 for at få typen i1i1.

Sandsynligheden er (1/4 for hvert af de to led d.v.s.) 1/4 x 1/4 eller totalt 1 plante ud af 16 planter med begge de ønskede træk.

eks. 5) to egenskaber, tre loci pr. egenskab.

Tilsvarende eksempel 4, men 3 par dominante og 3 par recessive gener kræves for henholdsvis mørk rød blomsterfarve og indument.

P: R D G L A T H V I D I N D U M E N T
 R1R1 R2R2 R3R3 I1I1 I2I2 I3I3 x h1h1 h2h2 h3h3 i1i1 i2i2 i3i3

F1: L Y S E R D G L A T
 R1h1 R2h2 R3h3 I1i1 I2i2 I3i3

F2: plante ønskes R D I N D U M E N T
 R1R1 R2R2 R3R3 i1i1 i2i2 i3i3

Sandsynligheden er (1/4 for hvert af de seks led d.v.s.) 1/4 i 6te eller 1 plante ud af 4096 planter med begge de ønskede egenskaber.

Imidlertid er det i praksis muligt i et tidligt stadium at pille de frøplanter fra der får indument, idet de oftest har karakteristiske bladform (1 ud af 64 = 1/4 i tredje). Ud fra de selekterede frøplanter, som alle får indument, vil nu 1 ud af 64 få den ønskede blomsterfarve.

TILBAGEKRYDSNING:

Det er almindelig praksis at foretage tilbagekrydsninger med F1 hybrid til en af de oprindelige forældre (P). Man får derved et afkom, der ligner den af forældrene mest, som man har krydset tilbage med. Samtidig kan man evt. finde nogle dominante gener fra den anden part. Det antages i eksempel 6. at frostresistens skyldes to dominante gener på 2 loci.

eks. 6)

 HVID FROSTRESISTENT R D FROSTF LSOM
P: h1h1 F1F1 F2F2 x R1R1 f1f1 f2f2

F1: R1h1 F1f1 F2f2 (rød? middel frostresistent)

TILBAGEKRYDS: Hvid frostresistent rød? middel frostresistent
 h1h1 F1F1 F2F2 x R1h1 F1f1 F2f2

Gameterne: h1 F1 F2 kan kombineres med 8 forskellige gamettyper fra hybrid.

R1 F1 F2 eller R1 F1 f2
h1 F1 F2 eller R1 f1 F2
R1 f1 f2 eller h1 F1 f2
h1 f1 F2 eller h1 f1 f2

RESULTAT: 1/2 af planterne er R1h1 (r d eller lyser d)
1/4 af planterne er F1F1 F2F2 d.v.s. frostresistente
eller 1/8 af planterne er b de r de/lyser de og frostresistente

Ved denne metode kan man ikke f recessive gener fra hver af for ldrene fordoblet til et afkomstindivid f.eks. en (h1h1 f1f1 .., eller h1h1 .. f2f2), som man kan f ved selvbest vning af F1 planter.

KOBLEDE GENER:

Til slut vil jeg n vne afvigelser fra Mendels 2. lov. Som vist i eksempel 6, danner F1 planten R1h1 F1f1 F2f2 otte forskellige typer gameter. Hyppigheden af gamettyperne er i f lge Mendels 2. lov lige store (her 1/8 for hver type).

Hvis f.eks. R1 og f1 (d.v.s. ogs h1 og F1) sidder t t sammen p samme kromosom (fig. 2), s vil R1 og f1 f lges ad og tilsvarende h1 og F1. Der vil da kun blive dannet gameterne h1-F1 F2 og R1-f1 f2 (fra P generationerne) og videre. Derfor vil F1 planten kun kunne danne gameterne h1-F1 F2, h1-F1 f2, R1-f1 F2 og R1-f1 f2, hvorved det ikke er muligt at f et afkom med den nskede genotype (R1h1 F1F1 F2F2) i slutgenerationen.

fig. 2

R1 f1 F2 eller R1 f1 f2
h1 F1 f2 h1 F1 F2

ORDFORKLARING:

- ren linie plante(r) der har homologe (ens) gener p flere loci. Ved selvbest vning er spredningen i et afkom med hensyn til en betragtet egenskab ringe.
- hybrid plante der er opst et ved krydsning af to rene linier d.v.s. har allele (forskellige) gener p flere loci.
- heterozygot plante der har forskellige gener p et locus.
- homolog ensartet (kan bruges om gener eller kromosomer).
- P for ldre generationen (parental). Fra rene linier.
- F1 f rste afkoms generation. Ud fra en krydsning mellem to rene linier.
- F2 andet afkoms generation ud fra krydsningen F1 x F1.
- dominant sl r igennem i enkelt dosis. Mindst een af for ldrene vil ogs have genet. Dominante egenskaber skrives med stort.
- recessiv vigende (undertrykt) egenskab. Vigende egenskaber skal v re tilstede i dobbelt dosis for at sl igennem. Recessive gener skrives med sm t.
- codominant betegner dominante gener der er lige st rke. Deres produkter ses hver is r i f notypen.
- intermedi r to dominante gener der er lige st rke. Deres f lles blanding ses som en mellemting.

gamet	pollen- eller gcelle.
f notype	egenskabens type f.eks. r d blomsterfarve.
genotype	beskriver generne p eet locus eller flere loci. F.eks R1R1 eller R1R1 h2h2.
locus	stedet p kromosomerne, der styrer een bestemt egenskab. Et locus omfatter i alt eet gen fra faderen (pollen) + eet gen fra moderen (g).
loci	flertalsformen af locus.
gen	et sted p et kromosom, der er giver et bidrag til en bestemt egenskab.
alleller	hvis de to gener p et locus er forskellige, er de allelle. Hvis de er ens, er de homologe.
monogen	hvis en egenskab styres fra eet locus.
polygen	hvis en egenskab styres fra mere end eet locus.
koblede gener	gener der sidder p samme kromosompar, enten cis eller trans.
cis position	to gener der sidder p samme kromosom.
trans position	to gener der sidder p hver sit kromosom, men p samme kromosompar.