

De kleurslagen van bevedering over het lichaam

Enkele algemene uitdrukkingen die bij beschrijvingen van de kleurbevedering bij kippen worden gebruikt

Basiskleur: De hoofdkleur van de veren

Bemost: Door elkaar lopende kleuren

Buff: Eenkleurige roodbruine kleur

Donker: Geelachtig zwarte kleur

Dubbel gezoomd: Twee strepen die rond de rand van de veer lopen

Eenkleurig: Een vogel met overal dezelfde kleur

Fluweelzwart: Een groene glans op zwarte veren

Gepeld: Deze aanduiding is volgens sommigen ontleend aan een vroeger gebruikte vaatdoek met stipjes, die een soort gelijke aftekening laat zien. De bevedering is opgebouwd uit lichte en donkere blokken/strepen, dwars over de veer, van gelijke grote

Gespikkeld: Met de onderkleur contrasterende kleur, zonder vast patroon gespikkeld over de veren

Gestreept: Lichte en donkere strepen dwars over iedere veer

Getoept: Het patroon dat ontstaat als er aan het eind van de veren een kleur zit die afwijkt van de onderkleur

Gevinkt: Veren met een v-vormig teken aan het uiteinde

Gezoomd: Een dun streepje kleur dat strak om de rand van de veer loopt

Glanzend: Glanzend gevederte. Als de veren zwart zijn wordt dit beschreven als fluweelzwart.

Goudkleurig: Gele kleur op de rug- en vleugelveren

Kauwoog: Kraalogen zoals een kauw die heeft

Koekoek: Strepen waar de begrenzing onduidelijk is

Krijtstreep: Dun streepjespatroon op de veren

Nanking: Een geelachtige kleur, genoemd naar een bepaald soort katoen

Onderkleur: De kleur van het dons onder de dekveren

Pepering: Een lichtere kleur bespikkeld met donkere kleurspatten of gele/bruin-achtige aanslag in de veren die egaal van kleur hadden moeten te zijn

Porselein: De veren hebben vlekken van verschillende kleur

Tarwe: Basiskleur met vlekken van lichtere kleur

Vleugelband: Een streep kleur over het midden van de vleugel.

Voskleurig: Een roestode kleur

Vuilwit: Gevederte met teveel wit in de tekening

Witgeloverd: Ronde lovertjes aan de punt van de veren

Zijdevederig: Veren waarvan de schacht kronkelt waardoor de veren achteruit krullen en het eind ervan uiteindelijk naar de kop van de kip wijst.

De ras standaard van de Chaamse Hoender vermeld voor wat betreft kleurslagen het volgende.

Zilver zwartgeband

Kleur en tekening van de haan

Vleugels: schouders en schouderdekveren zilverwit. Brede grote vleugels. Grote- en kleine slagpennen hebben krachtige zwarte banden.

Staart: staartstuurveren groenglanzend zwart; sikkels, bijsikkels en staartdekveren over de gehele lengte groenglanzend zwart, overdwars geband op zilverwitte kleur.

Rug en zadelbehang; zilverwit voor het zichtbare gedeelte.

Het overige gevederte is zilverwit met zwarte banden, waarbij de banden even breed zijn als de zilverwitte grondkleur.

Het veereinde bij voorkeur zwart.

Donskleur: grijszwart tot zwart.

Kleur en tekening van de hen

Borst, rug, schouders, zadel en staartdekveren: zwart, overdwars geband waarbij de banden even breed zijn als de zilverwitte grondkleur; het veereinde bij voorkeur zwart.

Vleugels: grote en kleine slagpennen zijn getekend met krachtige zwarte banden.

Staart: stuurveren tonen naar het einde toe donkerder door het geleidelijk breder worden van de zwarte dwarsbanden op zilverwitte kleur.

Donskleur: grijszwart tot zwart

Ernstige fouten

Zwakke dwarsbandtekening in het gehele gevederte; zwakke tekening in de slagpennen.

Te brede zwarte banden; te veel gele aanslag (pepering) in het gevederte.

De eerste selectie van jonge Chaamse Hoenders voor wat betreft kleurslagen gebeurt aan de hand van de pelling die het dier laat zien. Bij een leeftijd van een week of 11 zijn de stuit, de vleugels en de borst al te beoordelen op een goed tot ontwikkeling komen van de pelling.

Daarnaast is eventuele de ongewenste “pepering” waar te nemen.

Met pelling van het vederkleed van een Chaamse Hoender wordt een dergelijke opbouw van een veer bedoeld als op deze detailfoto te zien is.



Bij de **hanen** die men als fokdier wil gaan gebruiken, is het belangrijk dat deze als kuiken een goed gepelde tekening laten zien in het jeugdkleed. Als op latere leeftijd bij de haan het rug en zadelbehang ontwikkeld is, wordt het lastig deze pelling in zijn geheel goed te kunnen beoordelen.

Eén van de gebieden op het lichaam waar we het eerst kunnen kijken is de stuit. De stuit is het stuk van het lichaam waar de staart ingeplant is, het zogenaamde staartstuk dus. Vanaf bovenaf gezien is het dus het gedeelte wat tussen de vleugels in te zien is als men de vleugels een beetje tegen de flanken opdrukt.

De stuit mag niet te donker zijn, met ander woorden, de witte banen op de veren moeten niet te smal zijn. Hieronder ziet men op de eerste foto een te donkere stuit. Op de tweede foto is een gewenste lichte stuit te zien (beide dieren zijn circa 11 weken oud). Dergelijke lichte stuiten zullen uiteindelijk een gewenste pelling te zien geven bij een volwassen dier.



Pepering is een ander aspect waar we op moeten letten. Pepering is een gele/bruin-achtige aanslag op de veren. Op de drie onderstaande foto's zijn een aantal plaatsen met de ongewenste pepering omcirkeld met een rode cirkel.





Ook de borst van een jonge Chaamse Hoender moet een duidelijke pelling laten zien. Op de eerste borstfoto hieronder is duidelijk spraken van een veel te lichte kleurslag en een slechte pelling. De tweede borstfoto geeft een beeld zoals we dat bij een jong dier graag zien.



Ook de vleugels moeten gecontroleerd worden op de aanwezigheid van een goede pelling. Hieronder volgen twee foto's van goed gepelde vleugels.





Poten en tenen behoren de kleur leiblaauw te hebben. Zie hier de tenen van een jonge hen die de kleur leiblaauw aardig weergeeft. De hennen behoren geen sporen te hebben.



Het type haan en hen, of wel de vormgeving van het dier

De ras standaard van de Chaamse Hoender vermeld voor wat betreft het volgende.

Romp : van voren breed, zwaar, vrij lang, goed ontwikkeld.

Algemene indruk

Een fors, nauwelijks middelhoog gesteld landhoen, gestrekt van bouw met goed geronde, naar voren gedragen borst en met een vol achterlijf.

Vormbeschrijving

Hals : middellang, een weinig naar achteren gebogen; halsbehang goed ontwikkeld.

Rug en zadel : breed, plat, vrijwel horizontaal, met goed ontwikkeld zadelbehang bij de haan.

Borst : breed, diep en vol, goed naar voren gedragen.

Vleugels : goed ontwikkeld, gesloten en vast tegen het lichaam gedragen.

Schouders : breed.

Staart : halfhoog gedragen, groot en vol, met lange, sterk gebogen sikkelferen. Staart moet zwart of gepeld zijn.

Achterlijf : goed ontwikkeld.

Dijen : krachtig, middellang.

Loopbenen en tenen : leiblauw, middellang ; 4 middellange goed uit elkaar geplaatste tenen.

Bevedering: gesloten aanliggend.

Ernstige fouten

; te zwakke en te smalle bouw; onvoldoende borstbreedte en borstdiepte; te hoge of te lage staartdracht.

Fouten

Bovenstaande ernstige fouten in mindere mate voorkomend.

Gewicht : Haan : 2,75 – 3,25 kg. Hen: 2,25 – 2,75 kg.

Ringmaat: Haan: 20 mm. Hen: 18 mm.

Het type hen en haan is erg belangrijk. Zoals al hiervoor aangegeven, in het fokprogramma dat men voor ogen heeft hoort het type wat gecreëerd moet worden de eerste prioriteit te hebben bij de selectie van de fokdieren. Het bepaald het uiteindelijke totaalbeeld van het dier. In een latere fase krijgen andere zaken pas een hogere prioriteit.

Om het verschil in type aan te geven volgen hieronder foto's van diverse kippen. Eerst zijn hanen te zien, daarna volgen de hennen.







Tot slot

**Een algemene regel die door ervaringen is ontstaan en meestal ook opgaat luidt als volgt.
Vrouwelijke dieren bepalen gestalte en type bij de overdracht naar de nakomelingen!
Het manlijk dier bepaalt kleur, kopvorm en het legvermogen!**

7.1.3 Inleiding over Inteelt, lijnteelt en een outcross

Naast het zorgen voor een uitmuntend leefmilieu, en het daarna streng selecteren van de ouderdieren waarmee men wil gaan fokken krijgen we te maken met het toepassen van inteelt, lijnteelt en outcross. Inzicht over de voordelen en risico's van deze begrippen moeten niet onderschat worden. Naast het inzicht hebben van deze begrippen, hoort dan wel daarnaast een nauwkeurige registratie/administratie aanwezig te zijn van de generaties die achter de geselecteerde ouderdieren liggen. Simpelweg omdat men anders niet kan weten of men bezig is met inteelt, lijnteelt of outcross!

Voor inzicht te krijgen over inteelt, lijnteelt en outcross is dit hoofdstuk de inleiding over deze berichten ingevoegd. Deze inleiding bevat informatie afkomstig uit verschillende bronnen.

***Inteelt**

De definitie van inteelt is het doen paren van twee individuen - in dit geval galliformes - die nauw aan elkaar verwant zijn: vader-dochter, broer-zuster, moeder-zoon of halfbroer-halfzuster. Bij paring van bloedverwanten in de eerste graad spreekt men ook van incestteelt. Inteelt is de meest vlugge manier om uniformiteit vast te leggen, omdat het een concentratie van genen geeft en omdat - als men er mee doorgaat - alle hieruit geboren galliformes dezelfde genetische constructie zullen hebben. Soms kan het type in één generatie van inteelt worden vastgelegd. Soms worden broer en zuster gepaard als de combinatie van de haan en de hen in kwestie bijzonder veel succes heeft. Als men een dochter aan de vader paart wordt het "bloed" van de vader geconcentreerd. Als men de eigenschappen van de moederhond wil vastleggen, dan wordt de moeder met de zoon gekruist of met een halfbroer of -zuster, die dezelfde moeder heeft.

Ofschoon soms ieder denkbaar defect ten onrechte in verband wordt gebracht met inteelt, is het zo dat inteelt geen problemen veroorzaakt, als het met zorg wordt gedaan. Inteelt concentreert (vermenigvuldigt als het ware) eigenschappen die al aanwezig waren en inteelt brengt verborgen eigenschappen (=recessief aanwezig) aan de oppervlakte. Dit kan uit de aard der zaak wenselijk of juist ongewenst zijn. Daarom heeft inteelt alleen succes, als exemplaren van het ras met voortreffelijke eigenschappen en met weinig of geen recessieve genen voor

serieuze fouten worden gebruikt. Er moet dus een strenge selectie plaats vinden op gezondheid, immuniteit, karakter en positief gewenste eigenschappen van een dier. Als men goed met inteelt omgaat, is het een manier om het bloed van een uitzonderlijke dier vast te leggen en zo invloed te hebben op een gehele lijn. Een dier, dat voorkomt uit een echt juiste inteelt, kan grote invloed hebben. Hij zal redelijk zuiver de hoedanigheden die hij duidelijk vertoont vererven en zal ze daarom ook vrij constant doorgeven. Dit geldt nog sterker voor een dier, die voorkomt uit twee generaties inteelt of uit een combinatie van dieren, die voorouders hebben uit lijnteelt of uit dezelfde lijn, waarbij een minimum aan outcross (=bloedverversing) met de voorouders is gedaan.

Stamboom

Manier voor het opgeven van inteelt op een bepaald dier:

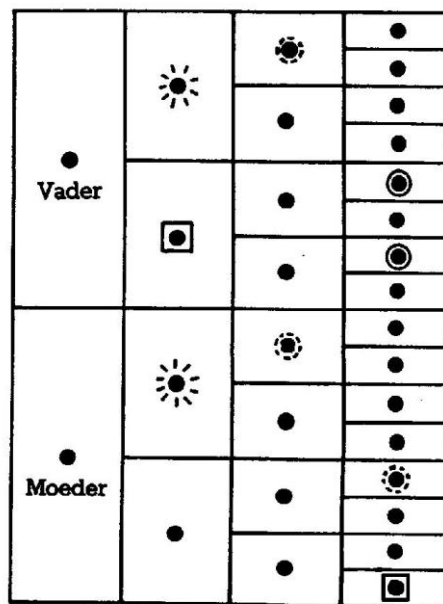
☉ Geen inteelt, want dit dier komt alleen voor in de vaderlijn.

☼ 2-2

◼ 2-4

☉ 3-3, 4

Slechts tot in de vijfde generatie wordt er gesproken van inteelt.



*Lijnteelt

Lijnteelt betekent twee dieren met elkaar paren, die aan beide kanten van de stamboom gezamenlijke voorouders hebben, maar die moet zo nauw verwant zijn als bij inteelt. De dieren, waarmee lijnteelt wordt gedaan, moeten dieren zijn van een type dat men wil behouden. Lloyd Brackett stelt in zijn uitmuntend boek "Planned Breeding", dat als men zegt dat een dier uit lijnteelt afkomstig is, onze eerste vraag zou moeten zijn: "Uit welke lijnen dan wel?" Een stamboom, die eenvoudigweg één of twee dieren opdubbelt heeft geen waarde, tenzij deze dieren van een buitengewoon type waren, een type dat men zou willen behouden. Lijnteelt op twee dieren van middelmatige kwaliteit is bijna net zo gevaarlijk als inteelt op dieren met hetzelfde defect.

Lijnteelt is het meest veilige programma op de lange termijn, omdat gewenste en niet gewenste trekken geleidelijk aan over verscheidene generaties heen worden vastgelegd. Omdat fouten zelden tegelijkertijd aan de oppervlakte komen, kan er in gedeeltes mee worden

afgerekend. Met lijnteelt kan men voor onbepaalde tijd doorgaan, mits in de lijn dieren voorkomen die de fouten, die men tegengekomen is, kunnen verbeteren. Ofschoon lijnteelt langzamer werkt dan inteelt, komt lijnteelt tenslotte uit op een uniforme dominante lijn, meestal bij de tweede of de derde generatie. Als inteelt en lijnteelt in een fokprogramma worden gecombineerd, kan het resultaat een zeer sterke stamboom zijn.

Lijnteelt echter alleen om de stamboom is absurd. De dieren moeten elkaar ook als individuele typen aanvullen. De lijn moet het versterken ervan waard zijn, anders kan de fokker zijn problemen verdubbelen. Net als bij inteelt moet soms een outcross worden gedaan om de benodigde verbetering te krijgen.

Een veel gehoorde mening is, dat het meest waardevolle dier - wat het fokken betreft - er één is met een stamboom waarbij lijnteelt gedaan is. Deze dieren zullen zichzelf gelijkmatiger vererven dan een dier uit voorouders die geen relatie met elkaar hebben. Een dergelijke dier kan gebruikt worden om een gevestigde lijn voort te zetten of hij kan bij lijnteelt gebruikt worden om een nieuwe lijn te vormen. Hij kan bij inteelt gebruikt worden of er kan met hem een outcross worden gedaan naar behoefte en hij zal dan altijd nog enigszins voorspelbaar vererven. Het fokken door middel van inteelt of door middel van een outcross is aan meer grenzen gebonden.

*Een outcross

Een outcross wil technisch zeggen, dat er twee dieren worden gebruikt die geen familie van elkaar zijn. Twee dieren uit verschillende lijnen, die afkomstig zijn uit inteelt, kunnen met elkaar gepaard worden en brengen dan een "eerste generatie outcross" voort, zoals dat genoemd wordt. De daaruit voorkomende nakomelingschap zal, als deze dieren terug gepaard worden aan dieren uit elkaars lijn, kuikens uit lijnteelt genoemd kunnen worden. Het op dergelijke manier toepassen van een bloedverversing kan ons anatomisch goed gebouwde dier brengen. Outcrossen die gewoon gedurende verscheidene generaties gedaan worden, kunnen niet worden beschouwd als afkomstig uit een gepland fokprogramma, tenzij er een strenge selectie wordt gedaan met het type als basis. Als **en** de genetische achtergrond **en** het fenotype (=het zichtbare zoals het is ontstaan uit samenwerking van erfelijke aanleg en het beïnvloedende milieu) van het dier verschillend zijn, dan is het fokprogramma in geen enkel opzicht gericht. Het is goed om te weten dat bloedverversing in een gevestigde bloedlijn een heel moeilijke opgave is.

*De grenzen van inteelt

Omdat inteelt eenvoudigweg hoedanigheden vastlegt, die al in een lijn bestonden, is het mogelijk dat fouten zowel als deugden worden vastgelegd. Inteelt moet eigenlijk nooit worden gedaan met minder dan "top" dieren en wordt ook niet aanbevolen, als onvoldoende kennis over voorouders over tenminste drie generaties aanwezig is. Een exemplaar van een slechte kwaliteit, dat voor inteelt wordt gebruikt, is in een fokprogramma meer te verafschuw dan een minder goede dier uit verschillende lijnen afkomstig. "Top" dieren zijn echter niet altijd de drager van de fok! Ervaring geeft vaak ook het tegendeel aan. In wezen is het meest belangrijke welke dier in zijn genen de dominantie bezit om zijn goede kwaliteiten en eigenschappen over te dragen aan zijn nakomelingen!

Nadat een bepaalde hoeveelheid dieren die nauw verwant zijn zijn gebruikt, kunnen sommige fouten aan de oppervlakte komen. Met iedere generatie van inteelt wordt het moeilijker om ze er uit te fokken en het dier van slechte kwaliteit, die afkomstig is van inteelt, zal dominant worden wat betreft het voortbrengen van zijn fouten.

Deze kennis brengt dus met zich mee dat we dieren moeten fokken die voldoen aan het gewenste type. Hier kan aan worden toegevoegd dat de erfelijkheidsgraad voor de anatomie (fenotype) ongeveer 60 procent bedraagt terwijl de erfelijkheidsgraad voor het karakter en het gedragspatroon in de vaderlijke componenten bij ongeveer 16 à 18 procent en in de moederlijke componenten bij ongeveer 20 tot 30 procent ligt. De hen erft dus sterker de karakter eigenschappen door dan de haan. Scott en Fuller hebben dit al in 1965 aangetoond d.m.v. diverse testen op het gebied van de ontvankelijkheid. Maar zoals in het begin van dit hoofdstuk al beschreven, moet men echter voor ogen houden dat de genetische constitutie (=de verzameling van de erfelijke aanleg) een bepaalde invloed heeft op het fokresultaat, maar de maternale invloed (=door het milieu waarin men leeft) het meest essentieel van invloed is. Iedereen zal echter begrijpen dat achter deze stelling in de praktijk een gecompliceerd samenspel schuilt van verschillende soorten erfelijkheidsmechanismen, verschillende doorslaggevende erfelijke eigenschappen en verschillende intensiteit en invloed van het milieu.

Nogmaals, fenotypische negatieve anatomische eigenschappen zijn dus door inteelt gemakkelijker te elimineren dan negatieve karakter eigenschappen. Deze erfelijkheidsgraden liggen echter altijd nog hoog genoeg voor een succesvolle selectie.

Als een fokker de dieren afkomstig van een inteelt op de keper gaat beschouwen, moet hij zonder enig pardon bij zijn beslissing blijven dat hij alleen een uitzonderlijk goed exemplaar zal aanhouden en er voor zorgen, dat alle andere worden uitgesloten van het fokken. Wat men moet onthouden is, dat inteelt niet, zoals oudewijvenpraat ons zou doen geloven, een probleem zal scheppen. Inteelt veroorzaakt eenvoudig een concentratie van dat wat al genetisch aanwezig was voordat het voortdurend aan de oppervlakte begon te komen. Elke karakteristieke eigenschap kan door het in fokken verbeterd of verslechterd worden en kan door inteelt versterkt worden of verzwakt. Daarom, omdat het altijd verleidelijk is om een dier te gebruiken met een fantastische stamboom - ongeacht zijn individuele kwaliteiten - moet men zich altijd bewust zijn van mogelijke valkuilen, speciaal bij een dier van inteelt afkomstig.

*Wanneer men moet afzien van inteelt

Met dieren van uitzonderlijke kwaliteit, die geen enkele fout opdubbelen, kan inteelt zonder gevaar worden voortgezet gedurende verschillende generaties. Zo nu en dan zou een outcross of lijnteelt moeten worden gedaan om nodige verbetering aan te brengen. Als de resultaten niet aan de verwachtingen voldoen, kunt u te maken hebben met te veel recessieve fouten en dan moet u stoppen met uw inteelt. Sommige geven er de voorkeur aan alleen gedurende een enkele of twee generaties met inteelt te werken, precies lang genoeg om één of twee deugdelijke eigenschappen in de lijn vast te zetten. Anderen gaan er mee door zolang, tot in de opeenvolgende generaties geen verbetering meer te zien is of totdat er geen dieren voor inteelt beschikbaar zijn, die goed passen.

*Heterosis

Met in het achterhoofd de gedachte dat alle fokkers er nu toch maar eens naar moeten gaan streven hun fokmateriaal kritisch en bij voortduring te gaan toetsen aan de norm „gebruikswaarde" is het interessant in dit verband de term „heterosis" nader toe te lichten. Heterosis is de wetenschappelijke naam voor bastaardkracht en duidt op de toename van levensvatbaarheid, vruchtbaarheid, weerstand, etc. en in de meest gunstige vorm leidend tot een gemiddeld beter kwaliteit van de nakomelingen vergeleken met de ouderdieren. Dit effect treedt op bij kruising van niet-verwante dieren, waarbij er van uitgegaan wordt dat de gunstige genen dominant zijn over de minder gunstig, kortom wanneer heterozygotie gerelateerd wordt aan kwaliteitsverbetering. Heterosis kan slechts dan zich duidelijk manifesteren wanneer de beide ouderdieren geen enkele directe verwantschap hebben bijvoorbeeld twee dieren van een verschillend kippenras. Binnen een ras is al veel minder effect te verwachten. Om toch op enigerlei wijze te trachten iets van het heterosis-effect in de nakomelingen terug te zien past men dus in feite in extreme vorm een foksysteem toe dat het omgekeerde is van inteelt: we spreken dan over uitteelt. In het algemeen spreken we van uitteelt wanneer de te paren exemplaren een mindere onderlinge verwantschap vertonen dan het gemiddelde van de totale populatie. Volkomen uitteelt is binnen het ras zo goed als uitgesloten. Altijd is er wel een gemeenschappelijke voorouder te vinden.

Wanneer we spreken over „intelt" is deze term niet steeds juist. In vakjargon wordt in principe alleen van inteelt gesproken als het gaat om oudernakomeling kruising of broer-zus kruising. Soms nog van de combinatie tussen halfbroer en halfzus. De overige kruisingen tussen verwanten rangschikken we onder „lijnenteelt". Gemakshalve spreken we meestal bij een gemeenschappelijke voorouder tot en met de vijfde generatie van „intelt".

Tot slot over heterosis, het bekende hybride-effect.

Door het bijeenbrengen van vreemde erfelijke eigenschappen van twee individuen van verschillend ras, vertonen hun nakomelingen een kwaliteitsverbetering, waarin ze hun ouders in veel opzichten overtreffen.

Echter, fokken we met deze nakomelingen verder, dan loopt dit effect snel terug.

We moeten ons dus beperken tot één eerste generatie.

*Consequenties van inteelt

Bij inteelt worden zowel gewenste als niet-gewenste eigenschappen vastgelegd in de nakomelingen door de grotere mate van homozygotie in de kenmerken. De fokker komt er wel beter achter wat de erfelijke aanleg van zijn fokdieren is. Bij volgende paringen kan hij hiermee zijn voordeel doen. Hoe nauwer de inteelt, hoe meer naar voren komt wat er aan genetisch materiaal aanwezig is. Nauwe inteelt kan pas succesvol zijn als gelijktijdig een strenge selectie toegepast wordt.

Vast staat dat in de fokkerij van onder meer het toepassen van inteelt cq. Lijnteelt, gepaard gaat met depressieve kenmerken met name polygeen verervende eigenschappen zoals vruchtbaarheid, vitaliteit en weerstand tegen ziekten nemen af naarmate de inteelt toeneemt. Afgezien van de selectie op kwalitatieve eigenschappen vraagt ook het kwantitatieve deel van het genetische spectrum de nodige aandacht, in het bijzonder betreffende de niet-rastypische kenmerken.

*Consequenties van uitteelt (=outcross)

Het probleem van uitteelt wordt gevormd door het gegeven dat de verkregen toename van heterozygotie weliswaar gunstig is voor de eerste generatie, maar dat verder fokken leidt tot duidelijke kwaliteitsafname. Dit effect wordt nog versterkt als de oorspronkelijke ouderdieren ieder voor zich afstammen uit een behoorlijke ingeteelde lijn. Er zijn zoveel verschillende genen dat de variatie in de tweede generatie en verder dusdanig is toegenomen dat van enige uniformiteit gaan sprake meer is. (Variatie-verschillen ontstaan door erfelijke aanleg; daartegenover staat modificatie: verschillen onder invloed van milieu factoren). Voor de fokker is dan het levensgrote probleem ontstaan op welke voorouder hij terug moet gaan fokken om toch maar iets van de inmiddels ruim voorhanden goede eigenschappen te kunnen behouden. De fokkers van rundvee gebruiken om deze redenen dan ook een uitteelt meestal uitsluitend voor de productie van een generatie slachtdieren. Het leveren van fokdieren vraagt om een andere methode.

Bij de succesvolle dieren zijn vaak uitgeteelde exemplaren, doch de beste nakomelingen zijn doorgaans verwerkt door ingeteelde exemplaren. In het algemeen is het zo dat het toepassen van een strenge selectie meer resultaten oplevert dan het plegen van een uitteelt, in ieder geval op de langere termijn. Slechts bij het duidelijk optreden van inteelt-depressie-verschijnselen is het zaak een „outcross” toe te passen.

7.1. 4 Verdere diepgang in de materie van de genetica met de wetten van Mendel

De bovenstaande hoofdstukken geven de eerste inzichten over de genetica of wel de erfelijkheidsleer. In het verre verleden bestonden al enkele theorieën over deze materie maar als grondlegger van de erfelijkheidsleer wordt G.J. Mendel (1822 – 1884) aangewezen. Onderstaande tekst probeert op een eenvoudige manier de erfelijkheid en de wetten van Mendel verder uit te diepen. De tekst is specifiek gericht op de erfelijkheidsleer bij kippen. Het is overgenomen uit **de Kippen Encyclopedie**. De tekst begint met een opsomming van de inhoudsopgave, waarna de genoemde hoofdstukken volgen.

Inhoud

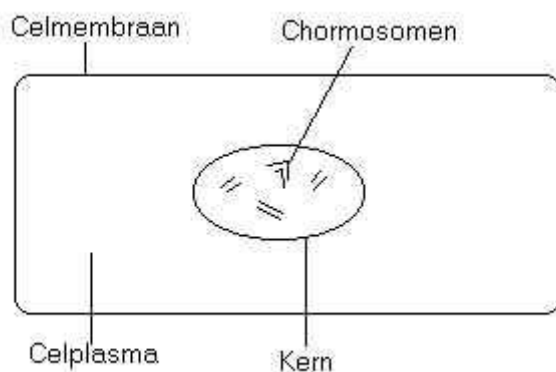
- 1 De gewone celdeling of mitose
- 2 Reductie deling of meiose
- 3 De bevruchting
- 4 De geslachts Chromosomen
- 5 Genotype en fenotype.
- 6 De intermediaire vererving
- 7 De dominante vererving
- 8 Geslachts gebonden vererving
- 9 Dihybride kruising
- 10 Trihybride en polyhybride kruising
- 11 Lethale erf factors
- 12 Gekoppelde eigenschappen
- 13 Crossing over
- 14 Mutaties

1 De gewone celdeling of mitose.

Elk levend wezen bestaat uit zeer kleine deeltjes, die we cellen noemen. Die cellen zijn gewoonlijk zo klein dat ze alleen bestudeerd kunnen worden onder de microscoop. Sommige levende wezens bestaan uit 1 cel en deze behoren echt niet tot de reuzen onder de planten en dieren. De meeste planten en dieren bestaan uit een zeer groot aantal cellen. Om een indruk te geven van de grootte van een cel: 100 cellen achterelkaar gelegd zijn ongeveer 1 mm.

Hoe ziet een cel eruit? Een cel bestaat uit een bolletje, van een geleiachtige substantie, het celplasma, en omgeven door een vliesje: de celmembraan. In de cel bevindt zich o.a. een bolletje: de celkern. De celkern bevat kleine draadvormige lichaampjes, de zogenaamde chromosomen. De chromosomen zijn opgebouwd uit eiwitten en desoxyribonucleïnezuur (= DNA). De chromosomen beschouwen we als de dragers van de erfelijkheidsfactoren, de genen. Chromosomen verschillen in grootte, vorm en structuur.

De hoeveelheid DNA in een celkern is gigantisch. De celkern is echter maar klein, daarom zijn de DNA strengen sterk in elkaar gewikkeld. Als je het DNA van één celkern uit elkaar zou halen, zou je 1 meter DNA hebben. Dit lijkt niet veel. Maar als je je dan bedenkt dat de celkern 1 micrometer (0,000001 meter) groot is, blijkt dat de lengte van het DNA een miljoen keer groter is dan de diameter van de celkern.



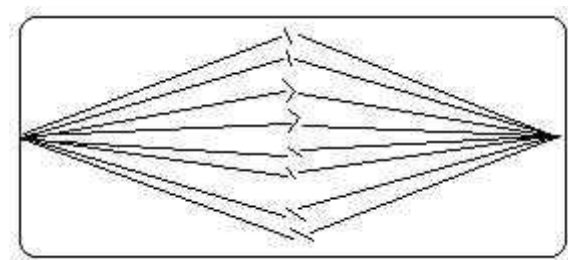
De gewone celdeling of Mitose maakt een identieke kopie van een cel. De celdeling vindt in

het hele lichaam plaats en gedurende het hele leven. Deze celdeling zorgt voor groei en herstel van weefsels.

Als de cel zich gaat delen worden de chromosomen zichtbaar in de kern van de cel. Het DNA waaruit de chromosomen bestaan is normaal sterk in elkaar gerold aanwezig in de celkern. Voorafgaand aan de celdeling rolt het wat uit zodat de kopieer machine van de cel er makkelijker bij kan. Hierdoor zijn als je door een microscoop zou kijken kleine strengtjes te zien in de celkern. Dit zijn de chromosomen. Een kip heeft 78 chromosomen. De chromosomen zitten paarsgewijs bij elkaar. daarom zeggen we ook wel dat kippen 39 chromosomen paar heeft. Om het wat overzichtelijker te maken kijken we slechts naar 8 chromosomen.



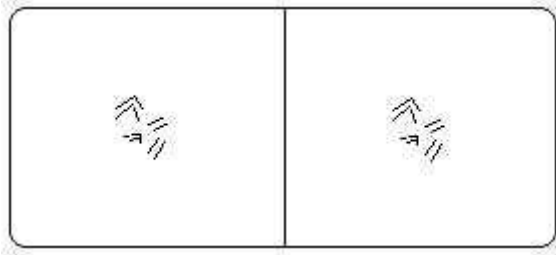
De kernwand lost op



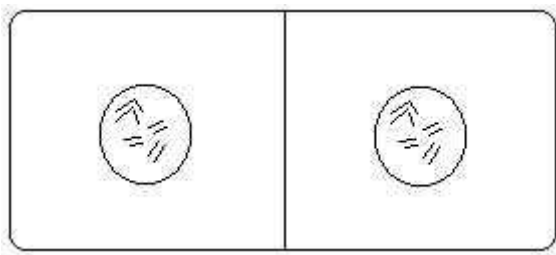
Spandraden trekken de chromosomen uitelkaar



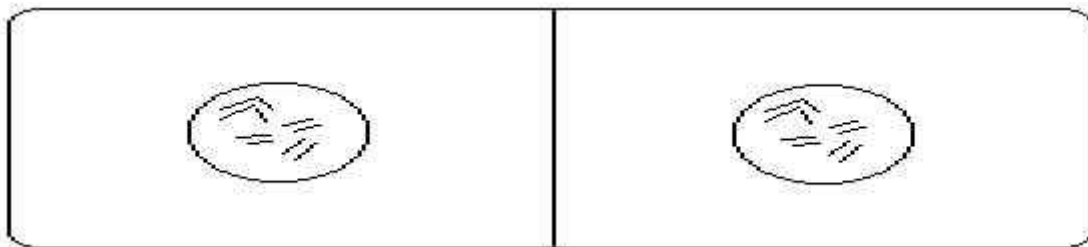
De chromosomen zijn gesplitst



Het celmembraan deelt de cel in tweeën



Nieuwe kernen vormt zich

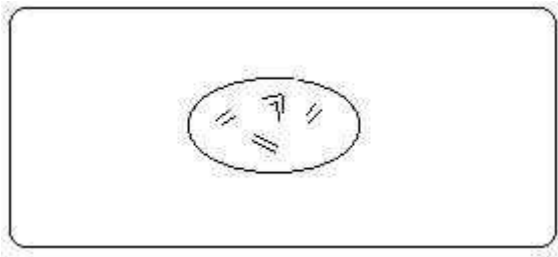


Door celstrekking worden de nieuwe cellen even groot als de oude cel en zijn er 2 identieke nieuwe cellen ontstaan die weer gelijk zijn aan de oude. Ze bevatten ook hetzelfde erfelijke materiaal (DNA).

2 Reductie deling of meiose

Behalve de gewone celdeling kennen we ook nog de reductie deling. Ook wel meiose genoemd. (Van Dale: 'reductie = terugbrengen tot een kleiner aantal') Deze celdeling vindt alleen plaats bij het maken van voortplantingscellen.

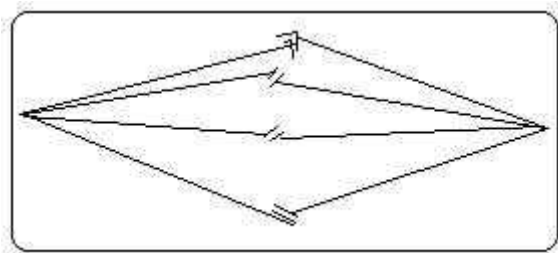
Het grote verschil met de gewone celdeling is dat na de gewone celdeling het aantal chromosomen weer gelijk is met de oorspronkelijke cel. Bij de reductie deling hebben de nieuwe cellen de helft van het aantal chromosomen.



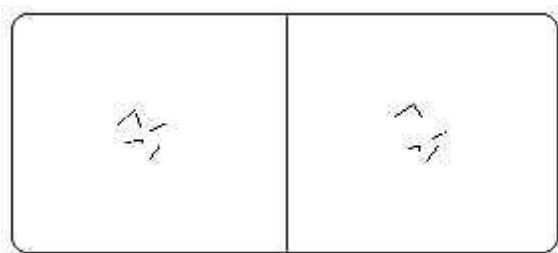
De oorspronkelijke cel



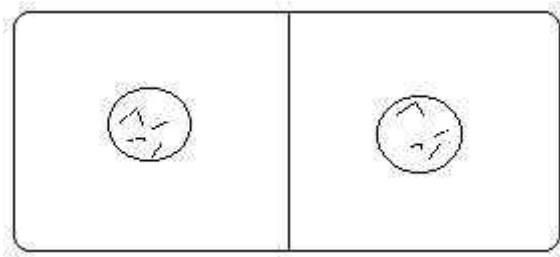
De kernwand lost op



De chromosomen paren worden gedeeld



Een celmembraan scheidt de chromosomen van elkaar.



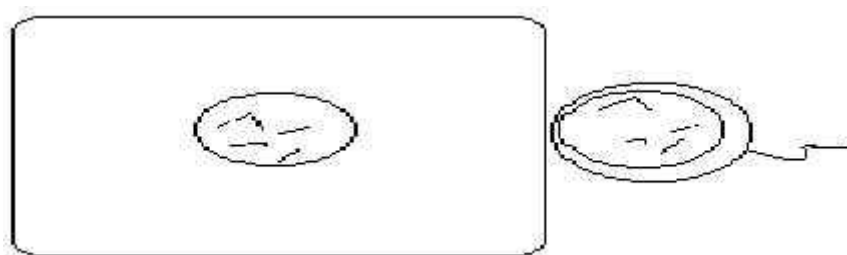
Nieuwe kernen vormen zich.

Zo zijn er 2 nieuwe cellen ontstaan, die de helft van het aantal chromosomen hebben dan de oorspronkelijke cel. Doordat de chromosomen zijn verdeeld zijn beide nieuwe cellen ook niet aan elkaar gelijk wat betreft hun DNA.

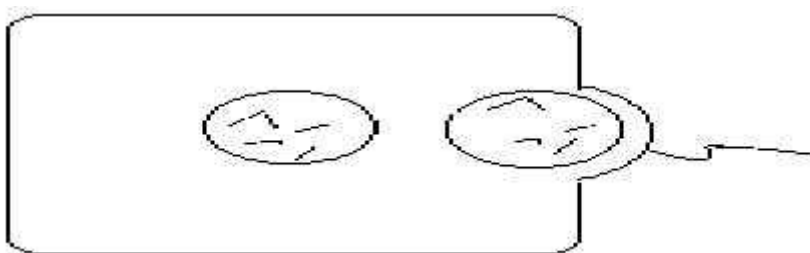
De cellen met 39 chromosomen worden geslachtscellen genoemd. De hen maakt geslachtscellen die eicellen worden genoemd en de haan maakt geslachtscellen die zaadcellen worden genoemd.

3 De bevruchting

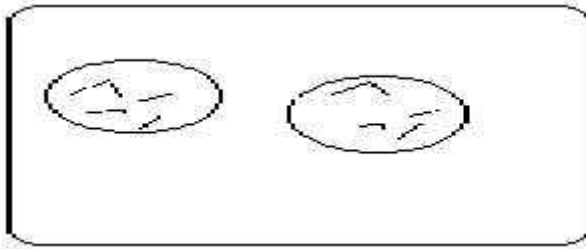
Bevruchting is het binnendringen van de eicel door de zaadcel. Als een haan een hen treedt kan er een bevruchting plaatsvinden. Een mannelijke zaadcel dringt de eicel dan binnen.



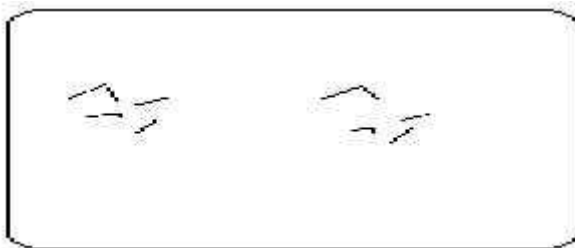
Een zaadcel nadert de eicel In de zaadcel en eicel zitten 39 chromosomen. De helft van het aantal dat in een gewone cel zit.



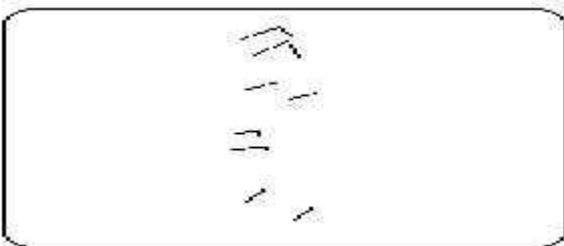
De zaadcel nesteld zich in de eicel



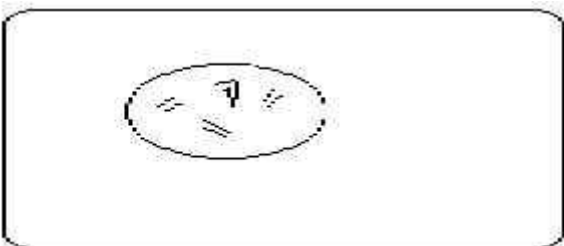
Een eicel en zaadcel "samengesmolten" nu wordt deze cel kiemcel genoemd



De kernen lossen op



De chromosomen gaan weer paargewijs naast elkaar liggen. 1chromosoom van de hen bij 1 chromosoom van de haan.



Er vormt zich weer een nieuwe kern. Een nieuwe cel is ontstaan, met daarin weer 78 chromosomen. De helft van de chromosomen zijn afkomstig van de haan en de andere helft van de hen.

Door middel van de gewone celdeling kan uit de kiemcel een nieuw organisme (kuiken) ontstaan. Dit kuiken heeft de helft van de chromosomen en dus de erfelijke eigenschappen van de haan en de andere helft van de hen.

4 De geslachts Chromosomen

Of het kuiken dat uit een ei komt een haan of hen is, wordt bepaald door 1 chromosomen paar van de 39 chromosomen paren die een kip heeft. Dit zijn de zogenaamde geslachts chromosomen. De geslachtschromosomen van de haan lijken uiterlijk op elkaar. Als we de erfelijk eigenschappen op deze chromosomen bekijken kunnen die wel verschillen. Maar hierop komen we later terug. We noemen de geslachtschromosomen van de haan de Z-chromosoom. De geslachtschromosomen van de hen zijn verschillend. De ene is uiterlijk gelijk aan die van de haan, de andere is veel kleiner. Degene die gelijk is aan de haan noemen we ook het Z-chromosoom, de ander noemen we het W-chromosoom. Op het W-chromosoom zitten (bijna) geen erfelijke eigenschappen. We kunnen dus een haan voorstellen als ZZ en een hen als ZW.

Het kuiken krijgt van de haan 1 geslachtschromosoom. Dit is altijd een Z-chromosoom. Van de hen krijgt het kuiken ook een chromosoom. Als het kuiken van de hen het Z chromosoom krijgt heeft het dus 2 Z-chromosomen en is het dus een haan. Als het kuiken van de hen het W-chromosoom krijgt is het dus een hen. Bij kippen bepaald dus de hen het geslacht. Dit is bij mensen andersom, daar bepaald de man het geslacht.

Omdat de hen 1 W-chromosoom en 1 Z-chromosoom heeft is de kans gelijk of de hen een Z of een W chromosoom afgeeft. Daarom is de kans of uit het ei een hen of een haan komt even groot. Daarom zal als er grote aantallen eieren bebroed worden ook ongeveer evenveel hanen als hennen geboren worden.

Schematisch ziet dat er als volgt uit:

		Haan	
		Z	Z
Hen	Z	ZZ (haan)	ZZ (haan)
	W	ZW (hen)	ZW (hen)

5 Genotype en fenotype.

Bij de erfelijkheidsleer maken we verschil tussen genotype en fenotype. Genotype is hoe een organisme er genetisch uit ziet. Fenotype is hoe een organisme er in werkelijkheid uit ziet. Ziet daar dan verschil in? Er kan verschil in zitten. Bijvoorbeeld een haan bezit de genetisch kenmerken voor een hele grote staart. Maar doordat er bijvoorbeeld muizen zich tegoe hebben gedaan aan zijn staart, heeft hij die grote staart niet. Het genotype (erfelijke eigenschappen) is in deze dus verschillend van het fenotype (uiterlijk) Later zullen er ook nog andere voorbeelden komen met verschillen tussen genotype en fenotype.

6 De intermediaire vererving

In onze cellen bevinden zich van elk Chromosomenpaar twee Chromosomen waarvan de een van de haan afkomstig is en de ander van de hen. Dat betekent dus dat elk gen dus ook in tweevoud aanwezig is. Voor (bijna) elke eigenschap, zoals bijvoorbeeld de veerkleur, zijn er dus twee genen verantwoordelijk.

Deze genen kunnen gelijk zijn. Bijvoorbeeld de haan is zwart en de hen is ook zwart. Dan zullen de jongen die hier uit komen ook zwart worden. (later zal blijken dat die niet altijd het geval hoeft te zijn)

Het kan ook zijn dat de genen niet gelijk zijn. Als hieruit een tussenvorm ontstaat noemen we dit een intermediaire vererving. Dit komt bij kippen bijvoorbeeld voor als je zwart kruist met vuilwit, dan ontstaat namelijk de een kleur die ligt tussen zwart en vuilwit. We noemen deze kleur blauw.

Een blauw dier heeft dus voor kleur 2 verschillende genen. Een gen zwart en een gen vuilwit. Als je 2 blauwe dieren met elkaar kruist krijgen de nakomelingen van de haan een gen zwart of vuilwit en van de hen ook een gen zwart of vuilwit. Indien het kuiken van de haan een gen voor zwart krijgt en van de hen ook, zal het kuiken dus zwart zijn. Als ze van beide een gen krijgt voor vuilwit zal ze dus vuilwit zijn. Zijn de genen verschillend dan is het kuiken blauw.

Doordat niet alle nakomelingen bij blauw ook blauw worden, noemen we blauw een fok onzuivere kleur. in de genetica stellen we blauw voor als Bl bl, vuilwit als BL BL en zwart als bl bl.

In schema ziet de kruising blauw maal blauw er dan zo uit:

		Blauw	
		Bl	bl
Blauw	Bl	Bl Bl (Vuilwit)	Bl bl (Blauw)
	bl	Bl bl (Blauw)	bl bl (Zwart)

25% van de nakomelingen uit blauw keer blauw zijn zwart, 25% vuilwit en 50% zijn blauw.

Kruisen we vuilwit met zwart dan krijgen we 100% blauwen dieren, zoals uit het volgende schema blijkt:

		Zwart	
		bl	bl
Vuilwit	Bl	Bl bl (Blauw)	Bl bl (Blauw)
	Bl	Bl bl (Blauw)	Bl bl (Blauw)

Kruisen we blauw met zwart of blauw met vuilwit dan krijgen we:

		Vuilwit	
		Bl	Bl
Blauw	Bl	Bl Bl (Vuilwit)	Bl Bl (Vuilwit)
	bl	Bl bl (Blauw)	Bl bl (Blauw)
		Zwart	
		bl	bl
Blauw	Bl	Bl bl (Blauw)	Bl bl (Blauw)
	bl	bl bl (Zwart)	bl bl (Zwart)



Blauw



Zwart



Vuilwit

7 De dominante vererving

Als bij een bepaalde kruising de nakomelingen niet het midden houden tussen de twee ouderdieren, maar lijkt op één van de ouders, spreken we van een dominante vererving. Als je bijvoorbeeld een zwarte Leghorn kruist met een witte Leghorn zullen alle nakomelingen wit zijn. Wit is in dit geval dominant (overheersend) over zwart. Zwart noemen we recessief (terug tredend) t.o.v. wit. We noemen hier speciaal de Leghorn als ras omdat er ook nog een recessief wit bestaat. Deze laatste komt bijvoorbeeld voor bij Javakrielen. Als we gaan kruisen noemen we de ouderdieren P en de nakomelingen uit deze ouderdieren de F1. De nakomelingen uit deze F1 noemen we F2, etc. In deze kruising zijn de zwarte en de witte ouderdieren: P. De witte dieren die hieruitkomen noemen we de F1. Als je de witte nakomelingen uit deze kruising onderling weer kruist zullen deze nakomelingen (F2) niet allemaal wit zijn. Er zal ook een deel, ongeveer 25%, weer zwart zijn.

Dit is te verklaren doordat de F1 nakomelingen een gen van de vader en de moeder hebben gekregen. Het ene gen is wit de andere zwart. De F2 nakomelingen krijgen van beide ouders ook weer een gen, dit kan zowel een zwart als een wit gen zijn. Hebben ze 2 witte genen gekregen dan is het dier wit. Hebben ze een wit en een zwart gen gekregen dan is het dier ook wit. Hebben ze 2 zwarte genen gekregen dan is het een zwart dier.

In schema ziet het er als volgt uit:

P: het zwarte dier stellen we voor als i i het witte dier stellen we voor als I I Als we deze onderling kruisen ziet dit er schematisch als volgt uit:

		Zwart	
		i	i
Dominant wit	I	Ii (fokonzuiver wit)	Ii (fokonzuiver wit)
	I	Ii (fokonzuiver wit)	Ii (fokonzuiver wit)

Alle nakomelingen (F1) heeft een I gen van de witte ouder en een i gen van de zwart ouder gekregen. Doordat I dominant is over i zijn alle nakomelingen wit.

Als je deze F1 generatie onderling kruist ziet dat er schematisch als volgt uit.

		Fokonzuiver wit	
		I	i
Fokonzuiver wit	I	Ii (fokonzuiver wit)	Ii (fokonzuiver wit)
	i	Ii (fokonzuiver wit)	ii (zwart)

In de F2 zijn de II wit want zijn hebben 2 genen voor wit. Ook Ii is wit omdat I dominant is over i. ii is zwart omdat die 2 genen voor zwart heeft. Hoewel II en Ii dus uiterlijk(fenotype) gelijk zijn is hun genotype dus verschillend. Een wit dier met 2 I genen noemen we fokzuiver of homozygoot. Een wit dier met een I en een i noemen we fokonzuiver of heterozygoot, omdat uit hun nakomelingen niet alleen witte dieren komen. Zwart is in dit voorbeeld altijd fokzuiver

Als we een wit dier uit de F1 kruisen met het zwarte ouderdier krijgen we 50% zwarte nakomelingen en 50% fokonzuivere witte nakomelingen.

		Zwart	
		i	i
Fokonzuiver wit	I	Ii (fokonzuiver wit)	Ii (fokonzuiver wit)
	i	ii (zwart)	ii (zwart)

Als we een wit dier uit de F1 kruisen met het witte ouderdier zijn alle nakomelingen wit waarvan 50% fokzuiver is en 50% fokonzuiver.

		Fokzuiver wit	
		I	I
Fokonzuiver wit	I	II (fokzuiver wit)	II (fokzuiver wit)
	i	Ii (fokonzuiver wit)	Ii (fokonzuiver wit)

8 Geslachts gebonden vererving

Een kip heeft 39 chromosomenparen. Eén paar is het geslachtchromosomenpaar. Zie les 4. Op de X-chromosomen kunnen ook erfelijke eigenschappen (genen) zitten. Als er een eigenschap op een geslachtchromosoom zit heeft een haan voor deze eigenschap net als alle bij anderen eigenschappen daar 2 genen van. Een hen heeft maar één X-chromosoom en dus dan ook maar 1 gen voor deze eigenschap. Op het O-chromosoom zitten geen eigenschappen. Een eigenschap die bij kippen op het X-chromosoom zit is het gen voor de kleur koekoek. Een haan heeft 2 maal het gen voor koekoek en een hen 1 maal. Daarom zijn de koekoekkleurige hanen vaak ook wat lichter van kleur dan de hennen. De kleur koekoek is dominant over zwart. Als we een koekoek haan kruisen met een zwarte hen zijn alle nakomelingen koekoekkleurig.

Als we het koekoek gen voorstellen met een B en het zwarte gen met een b dan ziet de kruising tussen een koekoek haan en zwarte hen er schematisch als volgt uit:

		koekoek haan	
		B	B
Zwarte hen	b	Bb (fokonzuivere koekoek haan)	Bb (fokonzuivere koekoek haan)
	-	B- (koekoek hen)	B- (koekoek hen)

De Bb dieren zijn hanen. (Deze hebben immers 2 X-chromosomen.) Deze hanen zijn koekoekkleurig omdat koekoek dominant is over zwart. B- zijn hennen en hebben een B gen en zijn dus koekoekkleurig. De Bb hanen zijn iets donkerder van kleur dan de BB hanen.

Als we nu een zwarte haan kruisen met een koekoekkleurige hen ziet het schem er als volgt uit:

		Zwarte haan	
		b	b
koekoek hen	B	Bb (fokonzuivere koekoek haan)	Bb (fokonzuivere koekoek haan)
	-	b- (Zwarte hen)	b- (Zwarte hen)

Bb zijn de hanen en weer koekoekkleurig. De hennen zijn nu b- en hebben dus geen gen voor koekoek en zijn nu zwart. Deze kruising levert dus kuikens waarbij de hanen en hennen een

andere kleur hebben. Zo'n kruising noemen we autosexend. Bij de geboorte zijn de haantje en hennetjes (bijna) direct te herkennen.

9 Dihybride kruising

Hierboven hebben we gekeken naar kruisingen waarbij de ouders in 1 gen verschillen. Dit noemen we ook wel een monohybride kruising. Een dihybride kruising is een kruising waarbij de ouders in 2 genen verschillen. Bijvoorbeeld een kruising tussen een Rozekammige zwarte leghorn met een enkele kammige witte Leghorn. Deze dieren verschillen behalve in kleur ook in de kam. Zoals we in les 7 al gezien hebben is wit bij Leghorns dominant over zwart. Dus alle nakomelingen in de F1 zijn allemaal wit. Rozekam is dominant over enkele kam dus zijn ook alle nakomelingen in de F1 rozekammig.

In schema ziet dat er als volgt uit:

I = wit-gen

i = ontbreken wit-gen (zwart)

K = gen voor rozekam

k = ontbreken gen voor rozekam (enkele kam)

		Zwart, Rozekam	
		i K	i K
Dominant wit,	I k	Ii Kk(fokonzuiver wit, fokonzuivere rozekam)	Ii Kk(fokonzuiver wit, fokonzuivere rozekam)
enkele kam	I k	Ii Kk(fokonzuiver wit, fokonzuivere rozekam)	Ii Kk(fokonzuiver wit, fokonzuivere rozekam)

Alle nakomelingen in de F1 zijn IiKk. De dominante genen I en K overheersen over i en k daardoor zijn alle nakomeling wit met rozekam.

De F1 is in 2 eigenschappen fokonzuiver of heterozygoot. Doordat deze eigenschappen niet op hetzelfde chromosoom zitten, hebben we verschillende mogelijkheden welke eigenschappen doorgegeven worden aan de nakomelingen. De ouders kunnen een I doorgeven met daarbij een K, maar kan ook een I met een k, of een i met een K of een i met een k. De kans is bij alle vier de combinaties even groot.

		fokonzuiver wit, fokonzuivere rozekam			
		I K	i K	I k	i k
fokonzuiver wit, fokonzuivere rozekam	I K	Ii KK	Ii KK	Ii Kk	Ii Kk
	i K	Ii KK	ii KK	Ii Kk	ii Kk
	I k	Ii Kk	Ii Kk	II kk	Ii kk
	i k	Ii Kk	ii Kk	II kk	ii kk

Uit dit schema komt het volgende naar voren

9/16 is Wit met rozekam: II KK, II Kk, Ii KK en Ii Kk

3/16 is Wit met enkele kam: II kk en Ii kk

3/16 is Zwart met rozekam: ii KK en ii Kk

1/16 is Zwart met enkele kam: ii kk

10 Trihybride en polyhybride kruising

Trihybride kruising is een kruising met ouderdieren die in 3 erfactoren met elkaar verschillen. Een polyhybride kruising is een kruising waarbij de ouderdieren meer dan 3 erfactoren hebben die van elkaar verschillen. Zagen we bij de monohybride kruisingen (zie les 6, 7 en 8) dat er bij de nakomelingen 3 verschillende genotypes voorkwamen. Bij de dihybride kruising waren dat al 9 verschillende genotypen. Bij de Trihybride en de polyhybride kruisingen zullen dat nog veel meer zijn. Met andere woorden: hoe meer de ouders van elkaar verschillen, hoe groter de kans er is om veel verschillende nakomelingen te krijgen. We zullen in een schema laten zien hoeveel verschillende genotypen bij de trihybride kruising oplevert.

Stel we kruisen een zwarte Leghorn met rozekam met enkele kam met een witte bolstaart Leghorn. Een bolstaart is dominant over gewone staart



 Leghorn Rozekam Zwart Haan



 Leghorn Amerikaans type bolstaart Wit hen

I = wit-gen

i = ontbreken wit-gen (zwart)

K = gen voor rozekam

k = ontbreken gen voor rozekam (enkele kam)

B = bolstaart gen

b = Ontbreken gen voor bolstaart (gewone staart)

		Wit, enkele kam, bolstaart	
		I k B	I k B
Zwart, rozekam, gewone staart	i K b	Ii Kk Bb	Ii Kk Bb
	i K b	Ii Kk Bb	Ii Kk Bb

Alle nakomelingen in de F1 zijn IiKkBb. De dominante genen I, K en B overheersen over i k en b daardoor zijn alle nakomeling wit met rozekam en bolstaart.

De F1 is in 3 eigenschappen fokonzuiver of heterozygoot. Doordat deze eigenschappen niet op hetzelfde chromosoom zitten, hebben we verschillende mogelijkheden welke eigenschappen doorgegeven worden aan de nakomelingen. De verschillende combinatie die de ouders kunnen doorgeven zijn: IKB, IKb, Ikb, iKB, iKb, ikB en ikb. In schema ziet het als volgt uit:

		fokonzuiver wit, fokonzuiver rozekam, fokonzuiver bolstaart							
		I K B	I K b	I k B	I k b	i K B	i K b	i k B	i k b
fokonzuiver wit, fokonzuiver rozekam, fokonzuiver bolstaart	I K B	II KK BB	II KK Bb	II Kk BB	II Kk Bb	Ii KK BB	Ii KK Bb	Ii Kk BB	Ii Kk Bb
	I K b	II KK Bb	II KK bb	II Kk Bb	II Kk bb	Ii KK Bb	Ii KK bb	Ii Kk Bb	Ii Kk bb
	I k B	II Kk BB	II Kk Bb	II kk BB	II kk Bb	Ii Kk BB	Ii Kk Bb	Ii kk BB	Ii kk Bb
	I k b	II Kk Bb	II Kk bb	II kk Bb	II kk bb	Ii Kk Bb	Ii Kk bb	Ii kk Bb	Ii kk bb
	i K B	Ii KK BB	Ii KK Bb	Ii Kk BB	Ii Kk Bb	ii KK BB	ii KK Bb	ii Kk BB	ii Kk Bb
	i K b	Ii KK Bb	Ii KK bb	Ii Kk Bb	Ii Kk bb	ii KK Bb	ii KK bb	ii Kk Bb	ii Kk bb

	i k B	Ii Kk BB	Ii Kk Bb	Ii kk BB	Ii kk Bb	ii Kk BB	ii Kk Bb	ii kk BB	ii kk Bb
	i k b	Ii Kk Bb	Ii Kk bb	Ii kk Bb	Ii kk bb	ii Kk Bb	ii Kk bb	ii kk Bb	ii kk bb

27/64 is Wit, rozekam en bolstaart: IIKKBB, IIKKBb, IIKkBB, IIKkBb, IiKKBB, IiKKBb, IiKkBB, IiKkBb

9/64 is: Wit, rozekam met gewone staart: IIKKbb, IIKkbb, IiKKbb, IiKkbb

9/64 is: Wit, enkele kam met bolstaart: IikkBB, IikkBb, IikkBB, IikkBb

3/64 is: Wit, enkele kam en gewone staart: Iikkbb, Iikkbb

9/64 is: Zwart, rozekam en bolstaart zijn: iiKKBB, iiKKBb, iiKkBB, iiKkBb

3/64 is: Zwart, rozekam met gewone staart zijn: iiKKbb, iiKkbb

3/64 is: Zwart, enkele kam met bolstaart zijn: iikkBB, iikkBb

1/64 is: Zwart, enkele kam en gewone staart: iikkbb

We zien hier bij de nakomelingen uit de F2 al 8 verschillende Fenotypen en 27 verschillende Genotypen. U Zult begrijpen dat als er tussen de ouders nog meer verschillen zijn dat de diversiteit bij de nakomelingen als maar groter wordt.

11 Lethale erfactoren

Een dier dat een lethale erfactor fokzuiver, dus dubbel, bezit is niet levensvatbaar. Een bekende lethale factor bij kippen is kortbennigheid zoals dat voorkomt bij de Chabo. Als we goede tentoonstellingen Chabo's met elkaar kruisen zal ongeveer 1 op de 4 kuikens levensvatbaar zijn. Deze kuikens zijn vaak volledig volgroeid maar kunnen niet uit het ei komen. De kuikens die wel uitkomen, daarvan zijn ongeveer 1 op de 3 gewoon langbenig. de anderen zijn weer kortbenig. Hoe is dit te verklaren?



Chabo Lichtgeel hen

Een kortbenige Chabo is niet fokzuiver voor kortbenigheid, maar heeft een factor kortbenig en een factor voor gewone beenlengte. Als bij de nakomelingen de 2 factoren voor kortbenigheid bij elkaar komen, is dit kuiken niet levensvatbaar. Kortbenigheid is dominant over gewone beenlengte.

In schema ziet dat er als volgt uit:

P staat voor korte benen.

p staat voor gewone beenlengte

		Korte benen	
		P	p
Korte benen	P	PP (Fokzuiver korte benen)	Pp (Korte benen)
	p	Pp (Korte benen)	pp (gewone beenlengte)

PP is nu fokzuiver voor kortbenig. Deze kuikens zijn niet in staat om uit het ei te komen en dus niet levensvatbaar.

Pp is zoals de ouderdieren kortbenig.

pp is gewone beenlengte.

De dieren met een gewone beenlengte zijn voor de tentoonstelling niet geschikt, maar zijn heel goed voor de fokkerij te gebruiken. Want gekruist met kortbenige dieren, heeft men geen last van de lethale factor en kunnen alle kuikens in principe uit het ei komen.

		Korte benen	
		P	p
Gewone benen	p	Pp (Korte benen)	Pp (Korte benen)
	p	pp (gewone beenlengte)	pp (gewone beenlengte)

We zien dat de helft van de kuikens Pp zijn, dus kortbenig. De ander helft is pp en hebben dus een normale beenlengte. Kuikens met een dubbele factor voor kortbenigheid komen niet voor.

12 Gekoppelde eigenschappen

Op een chromosoom liggen verschillende genen (eigenschappen). Als je 2 dieren kruist die 2 verschillende eigenschappen hebben die op hetzelfde chromosoom liggen dan krijg je een ander schema als staat bij les 9. Stel je kruist koekoekpatrijs met zilverpatrijs. Zowel de koekoekfactor als de zilverfactor zijn geslachtsgebonden en dus liggen ze op hetzelfde chromosoom (het Z-chromosoom). Doordat de eigenschappen op het Z chromosoom liggen, maakt het hier ook nog uit of we een koekoekpatrijs haan nemen en een zilverpatrijs hen of een zilverpatrijs haan en een koekoekpatrijs hen. We zullen beide in een schema laten zien:

Een koekoekpatrijskleurige haan kunnen we voorstellen als BBss

Een koekoekpatrijskleurige hen als B-s-

Een zilverpatrijskleurige haan als bbSS

Een zilverpatrijskleurige hen als b-S-

(B = koekoekfactor, b = ontbreken koekoekfactor, S = zilverfactor, s = ontbreken zilverfactor)

Koekoekpatrijs haan x zilverpatrijs hen

		Koekoekpatrijs haan	
		BS	BS
Zilverpatrijs hen	bS	BbSs	BbSs
	--	B-s-	B-s-

De hanen uit deze kruising (Bb Ss) zijn (roodgeschouderd) koekoekzilverpatrijs, de hennen koekoekpatrijs. Als we deze F1 dieren onderling kruisen krijgen we

		Roodgeschouderd koekoekzilverpatrijs haan	
		Bs	bS
Koekoekpatrijs hen	Bs	BBss	BbSs
	--	B-s-	b-S-

BBss = koekoekpatrijs haan

BbsS = fokonzuivere, voor zowel koekoek als zilver, (roodgeschouderd) koekoekzilverpatrijs haan

B-s- = koekoekpatrijs hen

b-s- = zilverpatrijs hen

Zilverpatrijs haan x koekoekpatrijs hen

		Zilverpatrijs haan	
		bS	bS
koekoekpatrijs hen	Bs	BbSs	BbSs
	--	b-S-	b-S-

De hanen uit deze kruising (BbSs) zijn (roodgeschouderd) koekoekzilverpatrijs, de hennen zilverpatrijs. Als we deze F1 dieren onderling kruisen krijgen we

		Roodgeschouderd koekoekzilverpatrijs haan	
		Bs	bS
Zilverpatrijs hen	bS	BbSs	bbSS
	--	B-s-	b-S-

bbSS = zilverpatrijs haan

BbSs = fokonzuivere, voor zowel koekoek als zilver, (roodgeschouderd) koekoekzilverpatrijs haan

B-s- = koekoekpatrijs hen

b-S- = zilverpatrijs hen

13 Crossing over

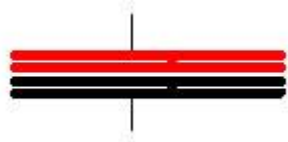
Als we de kruising uit de vorige les bekijken zal door de kruising tussen zilverpatrijs en koekoekpatrijs nooit een fokzuivere koekoekzilverpatrijs ontstaan. Toch is het mogelijk uit koekoekpatrijs en zilverpatrijs koekoekzilverpatrijs te fokken.

Dit kan doordat er tijdens de meiose genen ontkoppeld kunnen worden. De chromosomen liggen dan zo dicht bij elkaar dat ze bij het uit elkaar gaan wel eens delen kunnen wisselen. Bij geslachtsgebonden factoren zoals hierboven aangegeven kan dit alleen maar bij de haan plaatsvinden. Bij niet geslachtsgebonden eigenschappen bij zowel haan als hen.

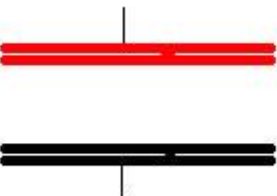
Meestal gaat het bij de reductie deling of meiose op de volgende manier:



Het chromosomen paar voor de deling.



Spandraden ontstaan.

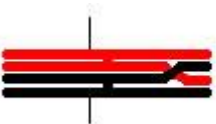


Spandraden trekken de chromosomen uit elkaar

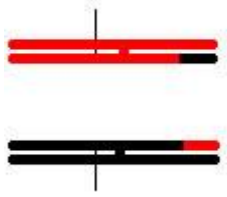
Bij crossing over gaat het als volgt:



Het chromosomenpaar voor de meiose nog niet geheel ontrafeld.



Spandraden ontstaan



Spandraden trekken het chromosomenpaar uit elkaar waarbij een breuk ontstaat. Deze breuk wordt vrijwel onmiddellijk hersteld waarbij de beide stukken chromosoom verwisseld worden.

De kans op ont koppeling van eigenschappen op het zelfde chromosoom hangt af van de afstand tussen deze eigenschappen op het chromosoom. Hoe dichter de genen (eigenschappen) bij elkaar liggen, hoe kleiner de kans dat ze ont koppeld worden.

De kans op crossing over varieert van minder dan 1 promille tot enkele procenten. Wil je dus koekoekzilverpatrijs fokken uit koekoekpatrijs en zilverpatrijs zul je dus heel erg veel dieren moeten fokken.

14 Mutaties

Wanneer het genotype "vanzelf" verandert spreken we van een mutatie. D.w.z. er is een verandering in de genen. Er zijn in de planten en dieren wereld meerdere mutaties bekend zoals haarloze honden en de bruine beuk. Waarschijnlijk is ook de witte veerkleur bij onze hoenders een mutant. Vaak zijn mutaties niet levensvatbaar. Als ze al levensvatbaar zijn, zijn deze gemuteerde eigenschappen meestal recessief, dus duurt het dan een aantal generaties voor deze nieuwe eigenschappen naar buiten komen.

Mutaties kunnen ontstaan door bestraling, plotselinge temperatuursverandering of door chemische stoffen.

15 Scheikuikens



Koekoekpatrijs kuikens. Links de haan met gele kopvlek, rechts de hen.

Scheikuikens zijn kuikens waarbij het geslacht direct bij de geboorte is te onderscheiden. Dit kan bij bepaalde rassen of kleurslagen. We noemen deze dan autosexend. Koekoekpatrijs en koekoekzilverpatrijs zijn zulke kleurslagen. Ook de Bielefelder is een autosexend ras. De hanekuikens hebben bij deze kleurslagen een duidelijk lichtere donskleur dan de hennekuikens, vooral op de kop is dit duidelijk te zien.

Dit verschil in donskleur komt door de koekoekfactor die bij de haan 2 maal voor komt en bij de hen 1 maal, omdat deze gelachts gebonden is. Dit is ook het geval bij koekoek of gestreepte dieren. Ook hier hebben de haantjes meestal een gele kopvlek, die de hennekuikens missen. Toch is het bij deze laatste kleurslagen minder duidelijk.

Ook kunnen we scheikuikens krijgen bij kruisingen. Een voorbeeld is de kruising tussen een goudpel haan met een zilverpel hen. De hanen die hier uit komen zijn allemaal zilverpel en de hennen goudpel.



Kuikens uit de kruising haan met leiblauwe benen, hen met gele benen.

Als we zilverpel voorstellen als S en goudpel als s ziet het schema er als volgt uit. (zilverpel is dominant en geslachtsgebonden)

		Goudpel haan	
		s	s
Zilverpel hen	S	Ss	Ss
	-	s-	s-

De haantjes zijn Ss. Omdat zilverpel dominant is over goudpel zijn ze dus zilverpel. De hennetjes zijn s- en zijn dus goudpel.

Andere kruisingen die scheikuikens leveren zijn patrijs haan X zilverpatrijs hen, zwarte haan X koekoek hen, goudzwart gezoomde haan X zilverzwart gezoomde hen, haan met leiblauwe benen X hen met gele benen.

16 Inteelt / degeneratie

Inteelt is het fokken met verwante dieren. Die verwantschap kan van verschillende graad zijn. Zo is de verwantschap tussen ouders en kinderen verwantschap in de 1e graad, tussen grootouders en kleinkinderen of tussen broer en zus verwantschap in de 2e graad, etc.

Degeneratie is het aan het licht treden van een ongunstige eigenschap.

Vaak krijgt inteelt de schuld van degeneratie. Toch is dat niet juist. Deze ongunstige eigenschappen zijn al sluimerend aanwezig. Door de inteelt krijgt het de kans naar buiten te komen. Dit is voor het opbouwen van een stam alleen maar gunstig. Nu weet je dat deze ongunstige eigenschap in de stam aanwezig is en kan men maatregelen nemen door hier streng op te selecteren.

Bij het opbouwen van een stam is inteelt noodzakelijk, toch moet je erg waakzaam zijn bij het toepassen van inteelt. We letten als fokkers van tentoonstellingen dieren heel erg op het uiterlijk en dan kunnen ongunstige eigenschappen die niets met uiterlijk te maken hebben naar buiten komen. Een voorbeeld is bijvoorbeeld slechte leg. Als je deze eigenschap in je stam hebt gefokt, kun je nog zulke mooie dieren hebben maar zit je op een dood spoor.

7.1.5 Populatiegenetica, de regel van Hardy en Weinberg

Tot nu toe hebben we ons bezig gehouden met allerlei erfelijke zaken binnen een individu. Deze tak van genetica wordt meestal aangeduid met de term Mendel-genetica. Een andere tak — de populatiegenetica — bestaat uit twee delen:

populatiegenetica (in engere zin)

bestudeert het 'gedrag' van genen binnen een groep individuen.

kwantitatieve genetica

bestudeert de erfelijkheid van allerlei eigenschappen die niet door een of een paar genen bepaald worden.

Populatiegenetica (in engere zin)

Bij alle berekeningen en beredeneringen in de populatiegenetica wordt in principe uitgegaan van een populatie (een groep dieren) waarvan de leden willekeurig met elkaar gekruist worden. In de huisdierenwereld is dit echter niet een realistische situatie. Aan de ene kant is er de fokker die bepaalde combinatie selecteert en aan de andere kant zijn er bijvoorbeeld geografische beperkingen (de kans dat ik een haan afkomstig uit Australië gebruik is aanmerkelijk kleiner (bijna nul) dan de kans dat ik een haan afkomstig uit Nederland gebruik).

In de praktijk blijken echter de resultaten vaak zeer goed samen te vallen met voorspellingen die van zo'n "random-mating"-populatie uitgaan. Bedenk echter wel vooraf of deze benadering zinnig is!

De regel van Hardy en Weinberg

Deze twee onderzoekers hebben onafhankelijk van elkaar het verband beschreven tussen de frequentie van bepaalde allelen (allelfrequentie) en de frequentie van bepaalde genotypen in

een populatie. Hierbij wordt uitgegaan van twee eisen aan de populatie: er wordt willekeurig gekruist en de populatie is groot.

Als we uitgaan van een gen met de allelen A en a, waarbij de allelfrequentie van A wordt voorgesteld door p en de frequentie van a door q , dan geldt:

$$AA : Aa : aa = p^2 : 2pq : q^2$$

Het belang van deze formule kan ik het beste illustreren met een erfelijke aandoening. Indien je alleen de homozygoot recessieve dieren kunt vinden (de lijders), dan kun je met deze formule het aantal dragers uitrekenen. Stel 1% van de populatie lijdt aan zo'n enkelvoudig recessieve, autosomale aandoening. aa is dan 0,01 en derhalve is q^2 ook 0,01. Hieruit volgt dat q gelijk is aan de wortel hiervan, dus $q=0,1$. Als 10% van de genen in de populatie a is, dan moet 90% A zijn; dus $p=0,9$. De verhouding $AA : Aa : aa = 0,9^2 : 2 \times 0,9 \times 0,1 : 0,1^2 = 0,81 : 0,18 : 0,01$

Hier staat in andere woorden dat 81% compleet gezond is, 18% drager is en 1% lijder is. Eigenlijk wil je niet met dragers fokken, wat zou betekenen dat 19% van je populatie niet te gebruiken is!.

Bij een ander deel lijders zijn de getallen bijvoorbeeld:

Gezond Drager Lijder		
74%	24%	2%
68%	29%	3%
64%	32%	4%
60%	35%	5%

Mutatie en selectie

De frequentie van de diverse allelen wordt op allerlei manieren beïnvloed. Een aantal manieren zullen we kort bespreken.

Mutatie

Bij de **biologische aspecten** hebben we al gezien dat de informatie in genen met behulp van chemische stoffen gecodeerd is. Soms verandert die informatie doordat de 'verkeerde' stof op een bepaalde plaats wordt ingebouwd. Deze veranderingen kunnen spontaan optreden (bijvoorbeeld doordat er bij een celdeling een incorrecte kopie wordt gemaakt) of kunstmatig (door bijvoorbeeld radio-actieve straling) worden veroorzaakt.

Doordat de genen coderen voor bepaalde eiwitten zullen ook deze eiwitten ietwat gewijzigd zijn. Meestal zijn dit soort wijzigingen ongunstig, maar in een enkel geval ook gunstig waardoor de cel beter functioneert. Indien de mutatie in geslachtscellen plaatsvindt wordt het gehele individu dat uit deze cellen voortkomt beïnvloed.

Selectie

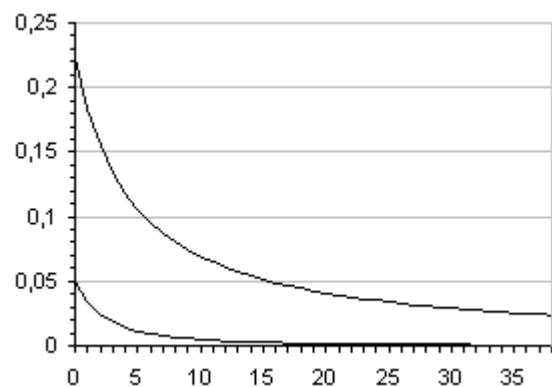
Dit kan zowel door de invloeden van de omgeving (natuurlijke selectie) als door het ingrijpen van de mens (kunstmatige selectie) geschieden. Natuurlijke selectie treedt op als een (erfelijke) eigenschap het functioneren van het dier in zijn omgeving positief of negatief beïnvloedt. We spreken van kunstmatige selectie als een eigenschap wordt bevoordeeld door de mens (we fokken alleen met individuen met een bepaalde eigenschap).

Laten we eens verder kijken hoe kunstmatige selectie (dat doen we tenslotte bij het fokken) van invloed is op het voorkomen van bepaalde genen.

Selectie tegen een recessief allel

Stel dat we geen verschil tussen AA en Aa dieren kunnen zien, maar alleen de aa dieren kunnen onderscheiden van de rest. Bij de selectie hebben we als enig middel het niet gebruiken van aa individuen. Deze situatie doet zich vaak voor bij allerlei erfelijke aandoeningen.

Laten we eens gaan rekenen; Stel 5% heeft aa (lijders), dan volgt uit de Regel van Hardy en Weinberg de verhouding AA:Aa:aa = 60%:35%:5%. Als we de aa (5%) uitsluiten (van 100 kippen) houden we over 60 AA en 35 Aa. De frequentie van het A-allel wordt dan $(60 + 35/2)/(60+35) = 82\%$. Frequentie van het a-allel is dus 18%, waaruit de verhoudingen in de nieuwe generatie volgen: AA:Aa:aa=67%:30%:3%. Het aantal lijders is dus verminderd tot 3%. We kunnen dit proces doorvoeren, waaruit de grafiek volgt. We hebben geen rekening gehouden met het feit dat de vorige generatie nog meedoet in het fokproces en de werkelijke percentages dus ietwat afwijken. De grafiek laat frequenties van de volgende generaties zien.

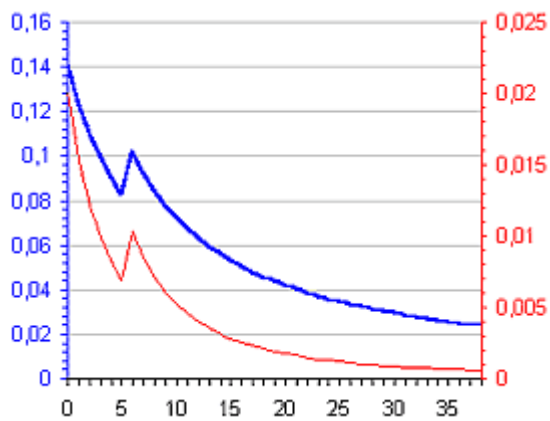


Frequentie van het a-allel (bovenste lijn) en frequentie van het aa-genotype (onderste lijn) na een aantal generaties selectie. De grafiek is begonnen met 5% aa genotypes.

De invloed van een 'foutje'

In het echte leven zijn er zo af en toe fantastische bloedlijnen waar heel veel fokkers op af vliegen. Zo'n bloedlijn komt dan voor in een relatief groot deel van de populatie. Nu is het helemaal niet zeker dat dit alleen maar gunstige gevolgen heeft. Het is menigmaal voorgekomen dat zo'n bloedlijn nu net drager is van de afwijking die we met onze selectie proberen te bestrijden. De gevolgen later zich raden: de helft van zijn nakomelingen is ook drager en bij een deel van de kruisingen met andere bloedlijnen - waaronder ook weer dragers zitten - komen er zelfs lijders voor onder de verkregen kuikens.

Als we nu doorgaan zoals we gewend waren met de selectie, dan is ons fokprogramma op een achterstand gezet. In de grafiek is te zien wat de gevolgen zijn voor het selectieprogramma.



Frequentie van het a-allel (blauwe lijn) en frequentie van het aa-genotype (rode lijn) na een aantal generaties selectie. De grafiek is begonnen met 2% aa genotypes. Na 5 generaties is er een drager gekomen (Aa) die 10% van de henen populatie gedekt heeft.

Inteelt

Dit onderwerp wordt door sommigen als een 'eng' begrip gezien, terwijl we in feite allemaal bezig zijn met inteelt! Inteelt wil alleen maar zeggen: het kruisen van individuen met een verwantschap die nauwer is dan de gemiddelde verwantschap van een populatie. Als we de kippen in Nederland als populatie zien, is het fokken met ras kippen inteelt; kippen binnen een ras zijn onderling immers nauwer verwant dan twee willekeurige kippen. We moeten inteelt dus niet als een zwart-wit begrip zien, maar als een begrip met verschillende gradaties.

Inteeltcoëfficiënt

Inteelt zal over het algemeen leiden tot minder heterozygoten in de populatie en tot minder heterozygote genen in een individu. De mate van inteelt is dan ook uit te drukken in de (te verwachten) afname van heterozygoten. Dit inteeltcoëfficiënt is afhankelijk van de verwantschapsgraad van beide ouders; in feite is het de helft van deze verwantschapsgraad. Nu is de inteeltcoëfficiënt eenvoudig te berekenen: stel de (of een) gemeenschappelijke voorouder vast in een stamboom, tel het aantal stappen van de ene ouder naar de andere via de gemeenschappelijke voorouder, vermenigvuldig nu zo vaak $1/2$ met zichzelf en deel dit door twee (halfbroer en halfzus: 1 stap aan elke kant, dus $0,5 \times 0,5 / 2 = 0,125 = 12,5\%$). Om het iets complexer te maken, moet dit getal vermenigvuldigd worden met $1 +$ inteeltcoëfficiënt van de voorouder. Indien er meerdere gemeenschappelijke voorouders zijn, moeten de individueel berekende coëfficiënten opgeteld worden (bijvoorbeeld bij volle broer en zus zijn zowel vader als moeder een gemeenschappelijke voorouder!).

Voor de wiskundig aangelegden onder ons kan dit in een mooie formule samengevat worden.

$$F = \sum \left(\frac{1}{2} \right)^{(n_m + n_v + 1)} \cdot (1 + F_A)$$

n_m : aantal generaties aan moeders kant

n_v : aantal generaties aan vaders kant

F_A : inteeltcoëfficiënt van de gem. voorouder

Voor de niet wiskundig aangelegden onder kunnen we beter een voorbeeld geven van een eenvoudige formule om tot exact hetzelfde resultaat te komen. Eén van zulke formules werd opgesteld door de Prager zooloog Frantisek Horak. De werking is als volgt.

Voor de berekening van de inteeltgraad heeft de fokker dan volgende gegevens nodig:

De som van de generaties van de gemeenzame voorouders verminderd met 1.

Tabel 1

Is dit 2	Dan bedraagt de inteeltcoëfficiënt	25 %
Is dit 3	Dan bedraagt de inteeltcoëfficiënt	12.5 %
Is dit 4	Dan bedraagt de inteeltcoëfficiënt	6.25 %
Is dit 5	Dan bedraagt de inteeltcoëfficiënt	3,125 %
Is dit 6	Dan bedraagt de inteeltcoëfficiënt	1,56 %
Is dit 7	Dan bedraagt de inteeltcoëfficiënt	0,80 %
Is dit 8	Dan bedraagt de inteeltcoëfficiënt	0,40 %
Is dit 9	Dan bedraagt de inteeltcoëfficiënt	0,20 %
Is dit 10	Dan bedraagt de inteeltcoëfficiënt	0,10 %

Johansson en Lush zijn de mening toegedaan dat dieren met een inteeltcoëfficiënt van minder dan 6,25 % niet meer als inteeltproducten moeten beschouwd worden. Voor de praktische fokker komt het er dus op aan om beneden deze coëfficiënt te blijven.

Hoe de berekening in zijn werk gaat wordt aan de hand van 4 voorbeelden uitgelegd.

Voorbeeld 1

De stamboom van een dier die voorkomt van een paring tussen nestgenoten:

1 ste generatie	2de generatie	3de generatie
A	C	
	D	
B	C	
	D	

De gemeenzame voorvader C is bij de vader in de 2de generatie en ook bij de moeder in de 2de generatie aanwezig.

De som van de generaties geeft dus $2 + 2 = 4$ vermindert met 1 geeft 3

Volgens “tabel 1” geeft getal 3 een inteeltcoëfficiënt 12,5 %.

Voor de gemeenzame voorouder D krijgen we eveneens $2 + 2 = 4$ vermindert met 1 geeft 3 wat ook een inteeltcoëfficiënt 12,5 % geeft.

Tellen we deze coëfficiënten samen dan krijgen we voor een broer-zusterparing een inteeltcoëfficiënt van 25 %. Dit getal geeft de gemiddelde verhoging van homozygote genparen aan ten opzichte van niet ingeteelde dieren.

Voorbeeld 2

De stamboom van een dier dat voorkomt uit een vader-dochter of een moeder-zoon paring;

1 ste generatie	2de generatie	3de generatie
A	C	
	D	
B	A	
	E	

De vader aan vaderszijde is de 1ste generatie, aan moederszijde is het de 2de generatie.

De som: $1 + 2 = 3$ vermindert met 1 geeft $3 - 1 = 2$

Volgens “tabel 1” geeft dit een inteeltcoëfficiënt van 25 %.

Een vader-dochter of moeder-zoon paring geeft dus dezelfde inteeltcoëfficiënt als broer-zusterparing.

Voorbeeld 3

Stamboom van een dier met meerdere gemeenzame voorouders:

1 ste generatie	2de generatie	3de generatie
A	C	G
		H
	D	I
		J
B	E	C
		K
	F	I
		L

De gemeenzame voorvader C aan vaderzijde in de 2de, en aan moederzijde in de 3de generatie aanwezig.

Dat geeft $2 + 3 = 5$ vermindert met 1 geeft $5 - 1 = 4$.

Dit geeft een inteeltcoëfficiënt van 6,25 %.

De voorouder I komt bij beide ouders in de 3de generatie voor dit geeft

$3 + 3 = 6$, vermindert met 1 geeft $6 - 1 = 5$.

Volgens de tabel een coëfficiënt van 3,125 %.

Samen bedraagt de inteeltcoëfficiënt $6,25 + 3,125 = 9,375$ %

De nakomelingen uit deze combinatie hebben dus een kleinere inteelt coëfficiënt als uit de voorbeelden 1 en 2.

Voorbeeld 4

1 ste generatie	2de generatie	3de generatie
A	C	F
		G
	D	C
		I
B	A	C
		D
	E	N
		I

De inteeltcoëfficiënt voor vader A met gemeenzame voorvader C in de vaderlijn en in de moederlijn geeft $2 + 3 = 5$, vermindert met 1 geeft $5 - 1 = 4$, dus een coëfficiënt van 6,25 %.

Uit de verbinding van vader A met dochter B komt vader A in de 1ste generatie aan vaderskant en in de 2de generatie aan moederszijde voor: $1 + 2 = 3$, verminderd: $3 - 1 = 2$.

Dus een coëfficiënt van 25%.

Een verdere gemeenzame voorouder is de hen I die bij beide ouders in de 3de generatie voorkomt: $3 + 3 = 6$, verminderd $6 - 1 = 5$ en een coëfficiënt van 3,125%.

Het totaal van de gevonden coëfficiënten bedraagt:

$6,25\% + 25\% + 3,125\% = 34,375\%$

De inteeltgraad uit zulke paring is dus wel zeer hoog.

Komt er in de 4de generatie een gemeenzame voorouder voor, dan wordt de berekening $4 + 4 = 8$, verminderd $8 - 1 = 7$ en zou de coëfficiënt 0,80% worden wat minder is dan 1%. Men kan dan in dit geval niet meer spreken van inteelt.

Deze manier van berekening van inteelt is relatief eenvoudig, men mag alleen niet vergeten telkens 1 af te trekken.

Eerder hebben we al vastgesteld dat bij het fokken van ras kippen inteelt een niet te vermijden fenomeen is. Nu is het fokdoel van veel rassen (= voldoen aan de rasstandaard) dusdanig dat een uniform uiterlijk en dus meer homozygote genen nagestreefd wordt.

We zien dus dat selectie ook inteelt bevordert. Nu is inteelt in beperkte mate niet schadelijk voor de populatie. Bij een eventuele registratie in een stamboek zou bovendien de voorouders van een aantal generaties vast te stellen, waardoor het mogelijk wordt om niet verwante individuen te gebruiken bij de fok. Door deze laatste maatregel is de inteeltcoëfficiënt bovendien te halveren!

Tot slot kan ik melden er ook computerprogramma's zijn die de inteeltcoëfficiënt kan berekenen!!