

Fokken met voorkennis is legaal (slot)

In deze laatste aflevering passeren een aantal uitzonderingsgevallen de revue, die net even anders werken dan een 'normale' eigenschap. Als voorbeelden blijven we bij de kleuren, maar de principes gelden ook voor alle andere eigenschappen.

Tekst, foto's en illustraties: Quido Valent (tenzij anders vermeld)

Uiteraard is er niet de ruimte om alles te behandelen

Maar ik hoop dat er met de informatie in deze miniserie toch een goede basis is gelegd om zelf verder mee te gaan. Op het eind geef ik ook wat tips voor verdere studie.

Kleur en patroon

Onze dieren zijn lang niet altijd eenkleurig, maar bezitten vaak een patroon. Het is dan ook van belang om bij het fokken rekening te houden met de kleur/patrooncombinatie. Hierdoor kijk je dus al snel naar minimaal twee eigenschappen, die ook nog eens elk uit een kleinere of grotere reeks aan allelen bestaan. Uiteraard wordt het hier niet eenvoudiger door, maar wel weer leuker en interessanter! Het mooie is, dat je met de kennis die je in de afgelopen afleveringen hebt opgedaan, prima uit de voeten kan om systematisch de uitkomsten van kruisingen te bepalen, mits je maar even opzoekt op wat voor manier de eigenschappen vererven.

Bij de duif, bijvoorbeeld, zijn de *basiskleuren* geslachtsgebonden (zoals in de vorige aflevering besproken) en zijn er drie allelen met een dominantie volgorde van $B^A > b^+ > b$ (dominant rood > blauw > bruin). De *basispatronen* zijn geband (met twee banden op het schild en één in de staart, dit is het wildtype patroon); ongeband (zonder banden op het schild, wel met staartband) en kras (een patroon van gekleurde vlekken op het schild, met staartband). Kras kan nog verder worden opgesplitst in meerdere gradaties, van lichtkras tot donkerkras (T-patroon = vrijwel zwart schild). Hier beperk ik het tot twee gradaties kras. De patronen presenteren zich in de pigmentkleur die hoort bij de basiskleur, ze zijn niet geslachtsgebonden en hebben een volgorde van dominantie van donkerkras (C^+) > lichtkras (C) > geband (c^+) > ongeband (c).

In de kleur blauw doet zich de situatie voor dat de banden niet blauw zijn, maar zwart. Dit komt, doordat de pigmentkleur van blauw (voornamelijk) zwart is. Pigment kan je



Links een blauwe Voorburgse schildkropper met krastekening, rechts een zwarte, wat eigenlijk een blauwe is met donkerkrastekening (T-patroon). Het wit bedekt de rest van het patroon.

zien als kleine kleurpixels, waarmee de veer wordt ingekleurd. In elke cel waar de veer uit wordt opgebouwd zitten deze pixels. In de blauwe veergedeeltes zitten de zwarte pigmenten echter wat samengeklonterd, waardoor de cellen niet egaal zwart gekleurd worden. Hierdoor nemen wij geen zwart maar een blauwgrijs waar. In de onderdelen van het patroon (banden, krastekening) worden de pigmentkorrels wel egaal verdeeld in de cellen, waardoor de zwarte kleur ontstaat. Een dominant rode of een bruine duif bevat veel meer rood/bruin pigment (naast wat zwart), wat de andere kleur oplevert. Het schildpatroon kleurt in de intensieve vorm van de basiskleur.

Een blauwe duivin met banden zal bijna altijd het genotype $b^+/\bullet\ c^+//c^+$ hebben, omdat ongeband een patroon is dat in niet veel rassen voorkomt. Is ongeband wel aanwezig, dan kan het genotype uiteraard ook $b^+/\bullet\ c^+//c$ zijn. Van de kleuren is bruin redelijk zeldzaam, waardoor een blauwe doffer met donker kraspatroon meestal $b^+//b^+ C^T//?$ zal zijn. Het vraagteken geeft aan dat het tweede allel voor het patroon C^T kan zijn of elk van de allelen die recessief zijn ten opzichte van C^T . Is bruin wel in het ras voorhanden, dan is $b^+//b\ C^T//?$ ook een optie, en zouden we $b^+//? C^T//?$ kunnen schrijven.

Schrijf als oefening eens alle opties voor het genotype op van een dominant rode lichtkras doffer en van een bruine gebande duivin. Werk vervolgens de kruising tussen deze twee uit met behulp van het vierkant van Punnett, waarbij je onzekere allelen als een vraagteken vermeldt. Bekijk dan eens welke jongen (op basis van het uiterlijk) je de mogelijkheid geven om één of meer vraagtekens bij de ouder(s) in te vullen.

Verbergen van eigenschappen

We hebben gezien dat patroon en kleur in de duif naast elkaar kunnen bestaan. Er zijn echter ook eigenschappen die andere eigenschappen in het uiterlijk geheel verbergen. In deftige bewoording noemen we dit epistatische effecten. Twee epistatische effecten zijn we al tegengekomen in de eerdere afleveringen: zwart en recessief rood.

Bij de patronen hierboven hebben we gezien dat zwart pigment wat kan klonteren in de cel, waardoor wij de blauwige kleur zien. Het kan zich ook netjes verspreiden in de cel, waardoor wij zwart zien. Het verspreiden in de cel van het zwarte pigment wordt veroorzaakt door de eigenschap 'Spread' (S). De patronen worden veroorzaakt door een lokaal acterend soort spread, waar ik het verder niet over ga hebben. Spread (S) is een autosomale, dominante eigenschap. S is dus niet-geslachtsgebonden en overheerst niet-spread (s).

Fenotypisch zien wij dat in een blauwe duif met Spread (S//S of S//s) de kleur van de staartband verder over de duif wordt uitgesmeerd. De blauwe duif wordt hierdoor dus geheel zwart. Dit verbergt zowel het blauw als ook het patroon. Een bruine duif met Spread wordt geheel bruin en verliest dus de lichtere bruine kleuren en het patroon wordt onzichtbaar. De factor Spread is dus epistatisch ten opzichte van kleur en patroon.

Dominant rood reageert iets anders dan je wellicht zou verwachten op Spread, want de kleur van de staartband is niet rood, maar zilverig. Hierdoor wordt een dominant rode



Koppel American Giant Homer, oude duivin in recessief geel en de jonge doffer in recessief rood. (Foto Barry Croes)

duif met Spread een grijze duif, asilver genaamd. Ook hier wordt het originele uiterlijk van kleur en patroon verborgen door Spread.

Ook een recessieve eigenschap kan epistatisch werken. Het niet-geslachtsgebonden recessief rood (e), waarmee we eerder in de serie wat oefeningen hebben gedaan, verbergt nog meer. Het kan namelijk zowel de basiskleur en het basispatroon, als ook Spread (en nog enkele eigenschappen die ik niet bespreek) verbergen. Doordat het een recessieve eigenschap is, dient het tweemaal aanwezig te zijn (als e//e) alvorens het epistatische effect zichtbaar wordt. Een recessief rode duif kan dus alle basiskleuren, inclusief zwart en alle patronen herbergen. Kruisingen van en met rode duiven kunnen dus veel verrassingen opleveren, waardoor het soms 'toverballen' lijken te zijn.

Gekoppelde erfelijke factoren

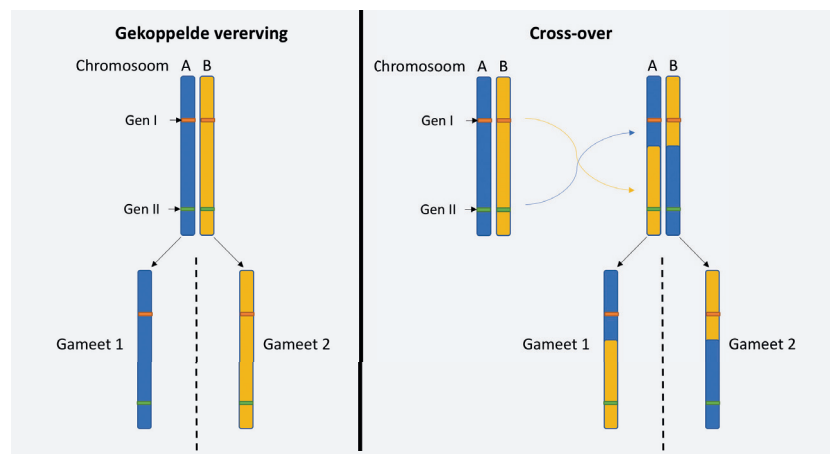
Zoals besproken in aflevering 2, bevat elk chromosomenpaar een hele reeks aan erfelijke eigenschappen in tweevoud (behalve het XY paar). Het kan dus voorkomen, dat je wilt kijken naar twee of meer eigenschappen die allen op hetzelfde chromosoom liggen. Zo liggen de in de serie besproken factoren verdunning (d) en basiskleur beiden op een andere plek op het X chromosoom. Het zijn dus burens. Dit noemen wij gekoppelde factoren. In principe overerven gekoppelde factoren samen als één factor. Liggen blauw (b+) en verdund (d) samen op één X chromosoom van de man, dan worden die in principe altijd tegelijk overgedragen. In onderstaande voorbeeld wordt deze koppeling aangegeven door de eigenschappen samen naast het chromosoomteken "/" te plaatsen:

	$B^A, D/$	$/d, b^+$
$B^A, D/$	$B^A, D//D, B^A$	$B^A, D//d, b^+$
$\bullet$	$B^A, D/\bullet$	$b^+, d/\bullet$

Het valt op dat door deze situatie de combinatie B^A met d niet mogelijk is (om een dominant rode duivin met verdunning (dominant geel) te krijgen, bijvoorbeeld), wat bij de onafhankelijke overerving wel kan. Wel wordt een blauwe

duivin met verdunning (blauwzilver) geboren uit de twee dominant rode ouders.

Toch is hiervoor weer een 'escape' mogelijk. Voor het maken van ei- en zaadcellen (gameten genoemd), worden de chromosomenparen gescheiden, zodat chromosoom A uit één paar naar gameet 1 gaat, en chromosoom B uit hetzelfde paar naar gameet 2. Echter, soms gaat het ook wat 'slordiger', waardoor chromosoom A en B wat gemengd raken. Als gevolg van een dergelijke 'cross-over' komen er hybride chromosomen in de gameten terecht, die deels uit A en deels uit B bestaan. Dit is hieronder geïllustreerd.



Door de cross-over worden gekoppelde genen dus ontkoppeld. De cross-over is niet een heel zeldzame gebeurtenis, die op elke willekeurige plek in het chromosoom kan voorkomen – waardoor je dus grotere of kleinere stukken chromosoom uitwisselt. Het is ook makkelijk te begrijpen, dat genen die dicht bij elkaar liggen minder vaak 'ontkoppeld' zullen worden dan genen die ver uit elkaar liggen. Voor de besproken gekoppelde genen voor basiskleur en verdunning geldt dat ze relatief ver uit elkaar liggen, waardoor de kans op een cross-over circa 40% is. Hierdoor vererven deze eigenschappen nagenoeg als niet-gekoppelde genen (waar de kans 50% is). Een ander, hier niet besproken, gen is het Stipper gen (St). Dit is verantwoordelijk voor fenotypes als de sprenkel en de almond/veelkleur. Het St gen ligt héél dicht op het gen voor de basiskleur. Deze genen zijn dus zeer sterk gekoppeld met een kans van circa 2% op een cross-over. Doorgaans zit het St gen stevig gekoppeld aan de wildtype kleur (b+).

Meer variatie

Het zal je niet verbazen dat nog niet alle variaties zijn besproken in deze korte serie. Er kan nog veel meer gebeuren, zoals eigenschappen die elkaar versterken of eigenschappen die je alleen kunt zien als andere eigenschappen ook aanwezig zijn. Uiteraard zijn er een heleboel meer soorten eigenschappen dan enkel kleuren. Er is al heel veel bekend, dus ga hier gerust naar op zoek. Bedenk wel dat er nog véél meer *niet* bekend is. Veel eigenschappen komen in gradaties voor die waarschijnlijk weer te wijten zijn aan niet nader gedefinieerde eigenschappen die van invloed zijn op het fenotype, vaak als 'modifiers' aangeduid. Deze kan je aan het werk zien in kleuren (die vaak van dof tot intens kunnen variëren), maar ook in zaken als kopvorm, snavellengte, aantal staartpenningen, ga zo maar door. Veruit

de meeste eigenschappen waar wij als fokkers naar kijken zijn opgebouwd uit meerdere factoren. Voor veel eigenschappen weten we de 'hoofdspelers' wel en daar kunnen we mee werken. De finetuning vraagt dan weer om dat fokkersgevoel en de praktijkervaring. Daarmee zet je de puntjes op de 'i'.

Voordelen en noodzaak

Het mag duidelijk zijn dat enige kennis van hoe eigenschappen vererven van nut is voor het veredelen van de dieren. Een ander belangrijk aspect is dat je hiermee onnodige experimenten kunt voorkomen. Veel experimenten zijn op papier uit te voeren, waarmee je de meest efficiënte weg naar het fokdoel kunt uitstippelen. Dit voorkomt de productie van onnodig veel dieren op deze route. Zo ben je als fokker sneller waar je wilt zijn, tegen minder kosten. Tevens is het een diervriendelijker aanpak, omdat overbevolking wordt voorkomen en minder uitselectie van dieren nodig is, iets zeer positiefs in tijden van veel aandacht voor dierenwelzijn. Er zijn naast dat het leuk is dus best nog meer goede redenen om serieus met deze materie aan de slag te gaan!

Meer ontdekken?

In de eerdere afleveringen heb ik al gewezen op enkele Facebookgroepen waar je terecht kunt voor de vererving bij kleindieren: 'Vererving bij duiven', 'Genetica en kleurvererving konijnen', 'Konijnen Genetica en Kleurvererving', 'Vererving bij kippen' en 'CaviaWereld KleurEnGenetica'. Hieronder volgen nog een aantal suggesties per diersoort (er zijn er vast meer te vinden):

Voor duiven: een NBS uitgave (boek): Genetica bij duiven door Hein van Grouw (met illustraties van Jan de Jong), ISBN: 978-90-813589-1-0; de website en het laatste boek van duivengeneticus Prof. Sell: www.taubensell.de (Duits- en Engelstalig) en Pigeon Genetics door Prof. Dr. Axel Sell, ISBN: 978-3-9812920-3-9 (Engelstalig).

Voor kippen: het boek: Genetica van de Kippenkleuren door Sigrid van Dort (geen ISBN); de Nederlandstalige websites: <https://kippenjungle.nl/basisNL.htm>, www.kippenencyclopedie.nl/php/index.php?title=Erfelijkheidsleer en https://nl.wikipedia.org/wiki/Vererving_van_kleur_en_tekening_bij_kippen; en de Engelstalige websites: <http://chickengenetics.edelras.nl> en <http://sellers.kippenjungle.nl/pageo.html>

Voor konijnen: de Nederlandstalige websites www.rabbitgenetics.jaapvantuyt.nl en www.catootjeskonijntjes.nl/NHD%20nuttig%20leeswerk%208.htm; en de Engelstalige website <http://yellowbrookrabbity.com/complete-rabbit-colour-genetics-guide>.

Voor cavia's: de Nederlandstalige websites www.cavia breeding.nl en www.degrotecavia.nl/caviagenetica.html; en het Nederlandse caviaforum www.caviaforum.nl, met ook topics specifiek over genetica.

Ik hoop van harte dat duidelijk is geworden dat de genetica niet zo ingewikkeld is als het lijkt. Hopelijk zijn er een paar fokkers geïnspireerd door deze serie die zich verder gaan verdiepen in de vererving van de belangrijkste eigenschappen van hun diersoort en ras. Met een goed begrip van de genetica kom je met de fokkerij sneller van vermeerdering naar veredeling – en dat is mooi voor de fokker en beter voor de dieren! ●