Genetica muizen

Kleuren, uitmonstering, aftekening en vachtstructuren

Kleurmuizen, de naam zegt het al zijn er in vele kleuren, uitmonsteringen en aftekeningen. Ook kunnen ze verschillende vacht type hebben, van lange haren tot mooie krullen. De genetica achter alle deze kleurtjes en vachtjes is nog knap ingewikkeld! Op deze pagina is geprobeerd om een zo’n simpel maar volledig mogelijke samenvatting te geven over de genetica.

Basis genetica

Om het ontstaan van de verschillende kleuren te kunnen begrijpen en te kunnen voorspellen wat voor kleuren er uit bepaalde combinatie komen is een basis kennis over genetica nodig. Hieronder een korte cursus genetica.

Het erfelijke materiaal ligt bij muizen net als bij andere dieren en planten in de celkern. In de celkern liggen de chromosomen die de erfelijke informatie van de muis bevatten. Muizen hebben net als mensen 46 chromosomen. Deze chromosomen komen in paren voor een muis heeft dus 23 chromosomen paren. De chromosomen van één paar zijn gelijk aan elkaar, ze bevatten genen over dezelfde erfelijke eigenschappen. Het bekendste chromosoompaar zijn de geslachtshorm. x en y.

Een klein stukje van een chromosoom noemen we een gen. Dit gen bevat informatie over één erfelijke eigenschap, bijvoorbeeld de oogkleur of vachtkleur. De genen van een genenpaar worden een allelen genoemd. Voor elke eigenschap kunnen er dus meerdere allelen bestaan. Bijvoorbeeld een allel voor rode ogen en een voor zwarte ogen.

Bij muizen is er niet één gen dat de kleur bepaald maar 5. Namelijk het A, B, C, D en P gen. Dit zorgt ervoor dat er heel veel verschillende combinaties mogelijk zijn en er dus ook veel verschillende vachtkleuren zijn. Daarnaast zijn er ook nog verschillende genen die aftekeningen en vacht structuur bepalen.

Fenotype en genotype

Niet alle erfelijke eigenschappen zijn terug te zien in een muis. Het uiterlijk van de muis, dus alle zichtbare eigenschappen worden het fenotype genoemd. Alle erfelijke eigenschappen die in de celkern van de muis aanwezig zijn worden het genotype genoemd. Het fenotype en het genotype kunnen dus van elkaar verschillen.

Homozygoot en heterozygoot

De genen van muizen komen in paren voor bestaande uit twee allelen. Het gen voor bijvoorbeeld oogkleur heeft allelen voor rode en zwarte ogen. Als een muis een genen paar heeft met twee allelen voor rode ogen noemen we deze muis homozygoot (homo = hetzelfde) voor de eigenschap oogkleur. Als een muis een genen paar heeft met één allel voor rode ogen en één allel voor zwarte ogen, noemen we deze muis heterozygoot (hetero = verschillend) voor de eigenschap oogkleur.

Dominant, recessief en co-dominant

Muizen kunnen homozygoot of heterozygoot voor een bepaalde eigenschap zijn. In het vorige stukje hebben we gezien dat een muis heterozygoot kan zijn voor de eigenschap oogkleur. De muis heeft een allel voor rode en een allel voor zwarte ogen. Er komt echter maar één allel tot uiting in het fenotype, dit is het dominante allel. Het andere allel is het recessieve allel en komt niet tot uiting als het andere allel van het genenpaar een dominant allel is. Het recessieve allel komt alleen tot uiting als er geen dominant allel in het genen paar aanwezig is. In het geval van oogkleur is het allel voor zwarte ogen dominant en het allel voor rode ogen recessief. De muis heeft dus zwarte ogen. In hele uitzonderlijke gevallen komen beide genen tot uiting en ontstaat er een combinatie, het allel dat naast een ander dominant allel altijd tot uiting komt in het fenotype, wordt co-dominant genoemd.

Drager

Als het genotype van een muis heterozygoot is voor de eigenschap oogkleur, is alleen het dominante allel zichtbaar in het fenotype; de muis zal in dit geval zwarte ogen hebben. In zijn genotype is wel het recessieve allel (rode ogen) aanwezig. We noemen deze muis dan een drager van het recessieve allel, in dit geval drager van de eigenschap rode ogen. Aan het fenotype van de muis kan echter niet worden afgeleid of een muis een drager is.

Lethaal

Sommige allelen bij muizen zijn in homozygote vorm lethaal (dodelijk). Dit wil zeggen dat een muis met twee van deze allelen zullen overlijden. In de meeste gevallen zal de muis niet eens geboren worden en tijdens de zwangerschap weer door het lichaam van de moeder muis opgenomen worden.  In een bijzonder geval ligt het lethale allel op het x-chromosoom waardoor niet alleen de homozygote vrouwtjes maar ook alle mannetjes na een aantal weken komen te overlijden.

Kruisingen

Als twee muizen met elkaar gekruist worden, geven de ouder dieren ieder de helft van hun chromosomen paren met erfelijke eigenschappen mee aan hun nakomelingen. Elk muisje uit het nest krijgt dus één chromosoom van de vader en één van de moeder, zodat er 23 nieuwe paren ontstaan.

Het is mogelijk om te bekijken welke eigenschappen de nakomelingen mee krijgen. Bij het volgende voorbeeld wordt er weer gekeken naar de eigenschap oogkleur. Hierbij is één genen paar betrokken. Bij kleuren zijn in veel gevallen meerder genenparen betrokken, dit is dan ook een stuk ingewikkelder.

Om makkelijk te beginnen gebruiken we in dit voorbeeld twee muizen waarvan de één homozygoot is voor zwarte ogen en de ander homozygoot is voor rode ogen. De dominante allel wordt aangegeven met een hoofdletter (bijv. A) en de recessieve allel met dezelfde kleine letter (bijv. a). Om overzichtelijk te maken hoe de nakomelingen eruit komen te zien, wordt er gebruik gemaakt van een kruisingsschema. In een kruisschema worden de allelen uit het genotype van beide ouders tegen elkaar uitgezet.

Er zijn dus uiteindelijk vier verschillende genen combinatie mogelijk.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Allel vader | Allel vader |
| Allel moeder | Allel paar | Allel paar |
| Allel moeder | Allel paar | Allel paar |

In het boven genoemde voorbeeld ziet het kruisingsschema er ingevuld als volgt uit:

Vader homozygoot dominant (zwarte ogen) AA

Moeder homozygoot recessief (rode ogen) aa

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | A | A |
| a | Aa | Aa |
| a | Aa | Aa |

De genotype van de nakomelingen is (100%) heterozygoot en dus dragers van het allel rode ogen. Het  fenotype van de nakomelingen is zwarte ogen.

Wanneer deze nakomelingen met elkaar worden gekruist ontstaat de volgende kruising:

Vader heterozygoot (zwarte ogen en drager rode ogen) Aa

Moeder heterozygoot (zwarte ogen en drager rode ogen) Aa

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | A | a |
| A | AA | Aa |
| a | Aa | aa |

De genotype van de nakomelingen zijn als volgt te verdelen: 25% is homozygoot dominant (zwarte ogen), 50% is heterozygoot (zwarte ogen en drager rode ogen) en 25% is homozygoot recessief (rode ogen). Het fenotype van de nakomelingen ziet er als volgt uit: 75% zwarte ogen en 25% rode ogen.Wanneer we een heterozygote nakomeling uit de eerste kruising weer terug kruizen op de homozygoot recessieve moeder, ontstaat de volgende kruising:

Vader heterozygoot (zwarte ogen en drager rode ogen) Aa

Moeder homozygoot recessief (rode ogen) aa

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | A | a |
| a | Aa | aa |
| a | Aa | aa |

De genotype van de nakomelingen is dan als volgt verdeeld: 50% heterozygoot (zwarte ogen en drager rode ogen), 50% homozygoot recessief (rode ogen). Het fenotype van de nakomelingen ziet er als volgt uit: 50% zwarte ogen en 50% rode ogen.

De verschillende genen

De vachtkleur van muizen ligt vast op 5 verschillenden genen. Deze genen worden in het onderstaande stuk beschreven.

Verklaring Genen

Hoofdletter is dominant (A)

Kleine letter is recessief (a)

De allelen staan gerangschikt van dominant naar recessief.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| De allelen van het A gen | | |
| Ay | rood | De rode kleur ontstaat door aanwezigheid van alleen maar geel pigment in de haren van de vacht.  Gaat vaak samen met obesitas (vetzucht), onvruchtbaarheid en een vorm van diabetes |
| A | agouti | Ticking van de vacht die ontstaat door gele banden op de zwarte haren |
| at | tan | de haren van de rug zijn eenkleurig zwart, de haren op de buik hebben geel pigment waardoor de buik  oranje kleurt. In combinatie met agouti blijven de haren op de rug agouti maar de buikharen hebben  weer geel pigment waardoor de buik weer oranje kleurt |
| a | Non-agouti | de haren van het hele lichaam hebben zwart pigment zonder band. Alleen rond de oren,  geslachtsopeningen en tepels hebben de haren in meer of mindere maten geel pigment |
| ae | Extreem non-agouti | alle haren van het lichaam hebben alleen zwart pigment (extreem zwart) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| De allelen van het B gen | | |
| B | Normale kleur | Geen verlichting van vacht en ogen, alle blijft oorspronkelijke kleur |
| bc | cordovan | Het zwarte pigment in de haren verlicht tot donkerbruin van agouti, non-agouti enz |
| b | bruin | Het zwarte pigment in de haren verlicht tot bruin van agouti, non-agouti enz. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| De allelen van het C gen  De c allelen zijn zeer ingewikkeld en hebben een wissel werking op elkaar.  Eerst worden de allelen opzich besproken en daarna de combinaties van de allelen | | |
| C | Normale kleur | Geen verlichting van vacht en ogen, alles blijft oorspronkelijke kleur |
| c | albino | Geen pigment in vacht (wit) en ogen (rood) |
| cch | chinchilla | Verlicht het zwart of bruin in de vacht tot een donkerbruin-grijze kleur (sepia) en verlicht het  geel tot wit.  Gele bandjes worden wit (zilveragouti/chinchilla) en gele tan buik wordt wit in zilvervos.  De ogen blijven donker. |
| ch | himilayan | Verlichting van de vacht tot licht gele crème kleur met donkere lichaamsuiteinde  zogenaamde points. De ogen verlichten naar een robijnrode kleur. |
| ce | Extreme verlichting | Al het pigment van de haren wordt verlicht maar de ogen blijven donker. |
| Combinaties van de verschillende c allelen | | |
| chc | Rus | Verlichting van de vacht tot bijna wit met donkere lichaamsuiteinde, points.  De ogen verlichten naar rood. |
| cchch | Burmees | Verlichting van de vacht tot een bruinige kleur met donkere lichaamsuiteinde, points.  De ogen blijven donker. Points zijn lang niet altijd goed zichtbaar. |
| chce | Colour Point beige | Verlichting van de vacht tot licht gele crème kleur met donkere lichaamsuiteinde, points.  Ogen blijven donker |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| De allelen van het D gen | | |
| D | Normale kleur | Geen verlichting van vacht en ogen, alles blijft oorspronkelijke kleur. |
| d | blauw | De zwarte of bruine haren worden verlicht naar een grijs blauwe kleur.  De gele haren van een tan buik worden ook verlicht tot licht geel. De ogen blijven donker. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| De allelen van het P gen | | |
| P | Normale kleur | Geen verlichting van vacht en ogen, alles blijft oorspronkelijke kleur. |
| p | duifgrijs | Het zwart of bruin in de haren wordt zeer sterk verlicht tot licht grijs blauw.  De gele haren worden niet verlicht. Agouti’s worden oranje geel (bandjes blijven geel) met  een blauwe andervacht (zwart wordt verlicht). De ogen worden verlicht tot rood. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Aftekeningen** | |
| Wsh | Lakenvelder; dominant, homozygoot geeft een witte muis met wat vlekjes. |
| w | geen aftekening |
| W | Schimmel; dominant, homozygoot is lethaal. |
| w | geen aftekening |
| Rw | Rumpwhite; dominant, homozygoot is lethaal. |
| rw | geen aftekening |
| S | geen aftekening |
| s | Bont en Hollander; recessief. |
| Mobr | Brindle of schildpad; dominant bij homozygoot een neurologische afwijking en vroegtijdig sterven.  Mannen hebben deze afwijking altijd en sterven altijd vroegtijdig. (op geslachtschromosoom). |
| mo | Geen aftekening |
| U | Umbrous; dominant, geeft een sable effect in combinatie met Ay. Agouti’s A worden vaak donkerder op de  rug en lichter naar de zijkant. Effen a worden vaak helemaal donkerder van kleur. |
| u | Geen sable verkleuring. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Vachtstructuren**; combinaties van verschillende vacht structuren zijn mogelijk. | |
| Re | Astrex; dominant, krullen die op latere leeftijd geheel of gedeeltelijk verdwijnen. |
| re | normaal haar. |
| Fr | normaal haar. |
| fr | Frizzy/Teddy; recessief, krullen die op latere leeftijd ook nog zichtbaar blijven. |
| Go | normaal haar. |
| go | langhaar; recessief. |
| Fz | normaal haar. |
| fz | rex; recessief, korte krullen van dunne haartjes. |
| Sa | normaal haar. |
| sa | satijn; recessief, extra glans. |
| Rst | normaal haar. |
| rst | borstel; recessief, kruintjes op de achterhand. |

Enkele kleuren en hun genen

|  |  |
| --- | --- |
| **Effen**  De basis kleuren; dit zijn de kleuren die mogelijk zijn in combinatie met effen, agouti en uitmonsteringen. | |
| Zwart | aa |
| Chocolade | aa bb |
| Blauw | aa dd |
| Duifgrijs | aa pp |
| Lilac | aa bb dd |
| Champagne | aa bb pp |
| Lavendel | aa bb dd pp |

|  |  |
| --- | --- |
| **De uitzonderingen**  Rood (Ay) domineert over alle andere genen. Muizen met dit gen worden altijd rood. Alleen pp beïnvloed de oog kleur en  zorgt ervoor dat het rood crème wordt. | |
| Rood | Ay\* (oranje met zwarte ogen) |
| Oranje | Ay\*pp (oranje met rode ogen) |
| Creme donker oog | Ay\*cchcch |
| Creme rood oog | Ay\*cchcch pp |

|  |  |
| --- | --- |
| Ticking  Dit zijn de meest voorkomende kleuren met een ticking maar in princiepen zijn alle basis kleuren mogelijk in ticking. | |
| Goudagouti | A\* |
| Cinnamon | A\* bb (een chocolade agouti) |
| Argente | A\* pp (een duifgrijs agouti) |

|  |  |
| --- | --- |
| Uitmonstering  Ook hier zijn de basis kleuren mogelijk in combinatie met de onderstaande uitmonsteringen. De kleuren kunnen wel worden beïnvloed door de Ay, cch, ch, c, genen, waardoor ze er ander uit zien. | |
| Tan | atat of ata effen tan |
| agouti tan | Aat |
| sommige kleuren kunnen de tan kleur beïnvloeden zoals o.a. blauw. | |
| Zilvervos | atat cchcch of ata cchcch |
| Chinchilla | Aat cchcch |
| ook nog mogelijk in combinatie met siamees, rus of burmees. | |
| Sable | Ayat |
| Marten sable | Ayatcchcch |
| Rus of Himalayan | aa chc |
| Agouti point rus | A\* chc |
| Siamees | aa chch |
| Agouti point siamees | A\* chch |
| Donker oog siamees | aa chce |
| Agouti Point siamees do | A\* chce |
| Burmees | aa cchch |
| Silvered burmese | A\* cchch |

|  |  |
| --- | --- |
| Geen uitmonstering maar wel C-genen | |
| Wit rood oog | cc (albino) |
| Wit donker oog | ce\*\* |
| Sepia | aa cchcch |
| Zilveragouti | A\* cchcch |

\* = a of A

\*\* = het is niet geheel duidelijk welke genen wit do veroorzaken.

Ontbreekt er nog wat of zie je iets wat niet klopt, mail me dan zodat ik mijn stukje aan kan vullen of verbeteren!