

# Kruisingsexperimenten met Fast Plants

Practicumhandleiding



Ontwikkeld door:  
Irene Hanenburg

# Kruisingsexperimenten met Fast Plants

Practicumhandleiding

Juli 2008

Ontwikkeld door:  
Irene Hanenburg

In samenwerking met Wageningen Universiteit

Gefinancierd door Stichting Broekema Fonds

Dit experiment dient altijd uitgevoerd te worden onder begeleiding van een docent of toa. Wageningen Universiteit aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade die voortvloeit uit het verrichten van dit experiment buiten de campus van Wageningen Universiteit.

## Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Doelstellingen	
1.2	Practicumhandleiding	
1.3	Waarom planten?	
1.4	Meer experimenten en ideeën voor een profielwerkstuk	8
2.	Vertical farming	9
2.1	Plantenveredelaar	
2.2	Fast plants	11
2.3	Onderzoeksopzet	12
2.4	Verdiepende vragen	16
3.	Kamerplanten	17
3.1	Onderzoeksteam	
3.2	Fast Plants	19
3.3	Onderzoeksopzet	20
3.4	Verdiepende vragen	23
4.	Witte vlekken	25
4.1	Voedselreellen	
4.2	Fast Plants	27
4.3	Onderzoeksopzet	28
4.4	Verdiepende vragen	32
5.	Sierplanten	33
5.1	Tuinbouwbedrijf	
5.2	Fast Plants	34
5.3	Onderzoeksopzet	35
5.4	Verdiepende vragen	39
6.	Fast Plants	41
6.1	Inleiding	
6.2	De levenscyclus van Fast Plants	42
6.3	Fast Plants kweken	43
6.4	Fast Plants zaaien	44
6.5	Fast Plants kruisen	45
6.6	De planten water geven en ondersteunen	47
6.7	Zaden oogsten	48
	Referenties	49

# 1. Inleiding

## 1.1 Doelstellingen

Je hebt de practicumhandleiding voor experimenten met Fast Plants in handen. Deze planten kan je in vier verschillende kruisingsexperimenten gebruiken. Door middel van de kruisingsexperimenten ga je begrippen en processen uit de genetica en plantkunde leren. Je gaat de experimenten in een groepje van voornamelijk zelfstandig uitvoeren, en dus zo leren om taken te verdelen en verantwoordelijkheid te dragen voor jullie gezamenlijke opdracht. De kruisingsexperimenten hebben een onderzoeksopzet zoals een echt wetenschappelijk onderzoek. Je zult deze onderzoeksopzet grotendeels zelf opstellen, en zo beter begrijpen hoe een wetenschappelijk onderzoek is opgebouwd. Aan het eind van elk kruisingsexperiment staan verdiepende vragen, waarvoor je informatie op moet zoeken in andere bronnen. Zo zal je ervaring opdoen met het zoeken van informatie, en de betrouwbaarheid daarvan beoordelen. Je gaat de planten zelf kweken en kruisen. Daarmee zul je leren welke factoren er allemaal belangrijk zijn bij het kweken van planten, en hoe planten zich ontwikkelen gedurende hun levenscyclus.

Na afloop van de kruisingsexperimenten kan je jullie resultaten en conclusies in een presentatie aan de rest van de klas bekendmaken. Je docent zal je vertellen hoe je de antwoorden op de verdiepende vragen en eventuele andere zaken moet verwerken.

## 1.2 Practicumhandleiding

Deze practicumhandleiding bevat vier verschillende kruisingsexperimenten. Je docent zal je vertellen of je met de hele klas hetzelfde experiment gaat doen, of dat je per groepje zelf een experiment mag uitkiezen. Voor elk experiment is eerst een situatie uit een beroep uitgewerkt. Vervolgens staan de Fast Plants die je gaat gebruiken beschreven. Je kunt met je groepje het uit te voeren onderzoek opzetten aan de hand van de gegeven richtlijnen. Ook zijn er richtlijnen gegeven voor het verwerken van de onderzoekgegevens van het kruisingsexperiment.

Fast Plants hebben verzorging nodig. Als je de planten in een groeisysteem onder goede condities kweekt, hebben ze echter maar weinig verzorging nodig. Je kunt alles lezen over de planten in hoofdstuk 6.

Om de kruisingsexperimenten goed te kunnen begrijpen, is het belangrijk dat je veel begrippen uit de genetica kent. Deze begrippen heb je al eens gehad op school, of ze worden in lessen parallel aan de kruisingsexperimenten behandeld. De begrippen worden niet in de practicumhandleiding uitgelegd, je kan ze opzoeken in je tekstboek.

## 1.3 Waarom planten?

Je vraagt je misschien af na het voorgaande te hebben gelezen, waarom er planten worden gebruikt in de kruisingsexperimenten, en waarom het belangrijk is om wat van planten af te weten.

Ten eerste zijn planten zeer geschikt om genetische begrippen te illustreren. Ze zijn veel makkelijker te verzorgen dan dieren, en hebben duidelijke

eigenschappen zoals hoogte en kleur waarmee je de achterliggende overerving kunt leren begrijpen. In het echte wetenschappelijke onderzoek worden planten dan ook veelvuldig gebruikt voor met name celbiologisch en genetisch onderzoek. Dit omdat er aan het gebruik van dieren voor zulk onderzoek allerlei morele bezwaren zitten. Daarom zijn er wettelijk ook minder soorten experimenten toegestaan met dieren dan met planten.



*Afbeelding 1: een plant die groen licht uitzendt. De plant bevat een gen dat uit een kwal afkomstig is, en codeert voor een lichtgevend molecuul. Dit soort experimenten wordt vaak uitgevoerd om genactiviteit te onderzoeken.*

Behalve in het onderzoek, worden planten op vele andere manieren gebruikt. Je weet vast wel dat planten erg belangrijk zijn voor de voedselproductie. Veel etenswaren zijn planten of van planten gemaakt. Hierbij kan je denken aan brood, koek, fruit, pasta, rijst, groente maar ook pinda's, chips, bier en wijn. Planten zijn ook essentieel in de productie van hele andere zaken, waar je misschien niet zo snel aan denkt. Bijvoorbeeld aan katoen, waar veel kleding van wordt gemaakt. Kijk maar eens naar wat je vandaag aan hebt. Als je een spijkerbroek aan hebt, is die van katoen. Veel T-shirts en sweaters zijn ook van katoen. Een andere stof die ook veel wordt gebruikt voor kleding, gordijnen, lakens e.d. is linnen, wat van vlas wordt gemaakt. Verder kan textiel ook van planten worden gemaakt waarvan je het niet meteen zou verwachten, zoals hennep.

Planten zijn ook erg belangrijk in de farmaceutische industrie. Er zijn veel medicijnen waarin plantaardige producten zijn verwerkt. Planten bevatten stoffen die geneeskrachtige werking hebben, en worden ook al eeuwenlang als medicijn gebruikt. Een voorbeeld van een hedendaags medicijn op basis van planten is morfine, afkomstig van doosvruchten van de papaver plant. Onze Hollandse klaprozen horen tot de papaverfamilie.

Planten worden voor allerlei toepassingen gebruikt: hennep wordt o.a. gebruikt ter versterking van plastics zoals het dashboard in auto's. In luiers met zogenaamde superslurpkwaliteit, waarin billetjes langer droog blijven, is aardappelzetmeel verwerkt.

Ook onze olie en benzine is afkomstig van planten die hier miljoenen jaren geleden hebben gegroeid. Omdat olie en benzine zo belangrijk zijn voor onze economie en de oliebronnen uitgeput raken, teelt men nu op grote schaal planten die rijk zijn aan oliën of waar men ethanol van kan maken: de zogenaamde biobrandstoffen.



Afbeelding 2: benzinepompen met bio- brandstoffen.

Zoals je uit het voorgaande hebt kunnen opmaken, zijn planten erg belangrijk op allerlei gebieden van onze dagelijkse behoeften. Daarom is het belangrijk om goed te begrijpen hoe planten functioneren, en hoe ze zo goed mogelijk aangepast kunnen worden aan het gebruik voor specifieke doeleinden. De wetenschap die zich bezig houdt met het kweken van planten die zo veel mogelijk geschikt zijn voor menselijk gebruik heet plantenveredeling. Al sinds de mens landbouw bedrijft, worden planten met de meest gunstige eigenschappen met elkaar gekruist om zo een beter gewas te krijgen. Dit is plantenveredeling in een notendop. Door deze selectie en kruising zijn door de eeuwen heen allerlei nieuwe varianten van een soort ontstaan. Deze varianten kunnen er allemaal heel anders uit zien, maar toch van dezelfde soort zijn, en dus onderling te kruisen. Een voorbeeld hiervan is de koolplant met de latijnse naam *Brassica oleracea*. Voor de voedselproductie is deze plant veredeld in veel verschillende types, die je in afbeelding 2 kunt zien. Maar hoe verschillend deze planten er ook allemaal uitzien, ze behoren toch tot één soort.



*Afbeelding 3: allerlei types planten behorende tot dezelfde soort: Brassica oleracea.*

In de laatste jaren heeft zich naast de traditionele manier van plantenveredeling nog een andere ontwikkeld op basis van biotechnologie. Door nieuwe inzichten en technologische ontwikkelingen is het nu mogelijk om een gen van de ene plant in het genoom van de andere in te bouwen. Hierdoor kan je dus elke gewenste eigenschap eenvoudig aan een gewas toevoegen. Dit is een vrij snel proces: in ongeveer 4 jaar kan er een nieuwe variant van een bepaald gewas worden ontwikkeld. Met traditionele plantenveredeling kan een eigenschap alleen door middel van kruisingen in een gewas worden geïntegreerd. Dit proces duurt veel langer, wel 10 tot 15 jaar. Een voorbeeld van een bedrijf dat die door middel van biotechnologie bepaalde eigenschappen in planten hebben ingebouwd is Monsanto. De planten hebben voornamelijk genen ingebouwd gekregen die resistentie tegen ziekteverwekkers of insecten veroorzaken, of resistentie tegen een herbicide (onkruidverdelger). Deze planten zijn daardoor ongevoelig geworden voor deze ziekteverwekker, insect of herbicide. Monsanto handelt wereldwijd in deze planten.

Plantenveredeling door middel van biotechnologie wordt nog niet op grote schaal toegepast. Dit komt omdat de gevolgen van het inbouwen van een vreemd gen over de langere termijn nog niet bekend zijn. Ook zijn er verschillende levensbeschouwelijke- en milieuorganisaties die bezwaren hebben tegen deze manier van plantenveredeling. Hierdoor zijn er veel wettelijke beperkingen, met name binnen de Europese Unie.

Door middel van de kruisingsexperimenten die in deze practicumhandleiding staan beschreven zul je meer leren over planten. Je zult ontdekken dat ze belangrijk zijn op verschillende gebieden. Je zult de werkingen van een plantenhormoon of een kleurstof ontdekken, of je verdiepen in de fotosynthese. En je zult met je groepje je eigen planten kweken. Alles wat je moet weten over het kweken en kruisen van de planten kun je lezen in hoofdstuk 6.

#### **1.4 Meer experimenten en ideeën voor een profielwerkstuk**

In deze handleiding zijn, zoals al eerder vermeld, vier verschillende kruisingsexperimenten opgenomen. Er zijn echter nog veel meer kruisingsexperimenten mogelijk met types Fast Plants die niet in deze handleiding staan beschreven. Ook zijn er veel experimenten mogelijk op het gebied van plantfysiologie, plantanatomie en ecologie. Je docent zal je misschien enkele van deze experimenten laten uitvoeren.

Omdat er zo veel mogelijkheden zijn om experimenten met Fast Plants uit te voeren, zou je ze heel goed voor je profielwerkstuk kunnen gebruiken. Je kunt eens op de website van Fast Plants kijken om inspiratie en ideeën op te doen voor je profielwerkstuk.



## 2. Vertical farming

### 2.1 Plantenveredelaar

Je bent een plantenveredelaar en werkt voor de landbouwkundige dienst van de EU. Je hebt plantenveredeling gestudeerd, wat inhoudt dat je hebt geleerd hoe je de genetische eigenschappen van planten aan kan passen, zodat deze beter gebruikt kunnen worden in de landbouw.

Tijdens je studie heb je onderzoek gedaan naar de sojaplant. Je hebt toen meegeholpen in een groter onderzoeksproject, waarin de sojaplant werd veredeld om zo goed mogelijk gebruikt te kunnen worden in de landbouw. In je huidige baan bij de EU ben je vooral bezig met voedselvoorziening, en de optimalisering van gewassen voor bepaalde landbouw methodes.

### EU congres

In het jaarlijkse congres van de EU maakte men zich erg veel zorgen over de voedselvoorziening. De landbouwgronden van de EU kunnen niet voldoende voedsel produceren om alle burgers van voedsel te voorzien. Daarom wordt er al jaren lang voedsel geïmporteerd uit Azië. De Aziatische afgevaardigden die ook op de conferentie aanwezig waren lieten echter weten dat ze geen voedsel meer naar de EU wilden exporteren, omdat ze al het voedsel zelf nodig hebben om hun eigen volken te voeden. De Aziatische landen hadden namelijk te maken met een ware bevolkingsexplosie, en hebben zelf al moeite om alle mensen van voedsel te voorzien, dus laat staan dat ze nog vele tonnen per jaar aan de EU zouden kunnen afstaan.

Daarom zit er voor de EU niks anders op dan zelf het nodige voedsel te produceren. Er wordt heftig gedebatteerd, omdat de oplossing snel moet worden kunnen gerealiseerd; anders zal er over een aantal jaar al te weinig voedsel zijn. Verschillende mogelijkheden worden besproken. De hoeveelheid beschikbare landbouwgrond wordt nagegaan. Het blijkt dat er veel ruimte is in Europa om landbouw te bedrijven, maar dat de grond vaak niet geschikt is. Veel grond is te rotsachtig of te droog. Grote delen van Spanje bijvoorbeeld zijn erg droog, en het zou jaren van irrigatie kosten om deze geschikt te maken voor landbouwgebruik. Daarom zou dit geen geschikte oplossing zijn die binnen korte termijn gerealiseerd kan worden.

Dan komt er een klimatoloog aan het woord, die veel onderzoek heeft gedaan naar klimaatsverandering. Volgens hem zal het klimaat in de komende decennia ingrijpend veranderen, en zijn de precieze effecten van deze veranderingen nog niet geheel te overzien. Hij zegt dat de landbouw ook zeer sterk kan worden beïnvloed door deze klimaatsveranderingen, en dat maatregelen en plannen die nu worden gemaakt over een paar decennia misschien wel helemaal niet meer functioneel zijn. Daarom pleit hij voor een landbouwkundige verandering die zo min mogelijk wordt beïnvloed door het klimaat.

Na afloop van de conferentie denk je in je hotelkamer in Brussel nog eens na over het probleem. Hoe kan er een hoge landbouwproductie worden gerealiseerd op weinig ruimte, die zo min mogelijk wordt beïnvloed door omgevingsfactoren? Ineens schiet je iets te binnen. Als expert op het gebied

van gewasinnovatie ben je op een eerder congres uit de VS in aanraking gekomen met het zogenaamde Vertical Farming ([www.verticalfarm.com](http://www.verticalfarm.com)). Enige experts hadden gezamenlijk een soort landbouwsysteem ontwikkeld dat geheel binnen een groot glazen complex plaatsvond. De condities in dit complex werden geheel door mensen beheerst, en daardoor worden daardoor vrijwel niet beïnvloed door het klimaat van de buitenwereld. De oogst van zulk een landbouwsysteem wordt dus niet meer verwoest door natuurinvloeden zoals orkanen, overstromingen of droogte. Ook allerlei ziekteverwekkers kunnen buiten de deur gehouden worden waardoor er slechts een minimale hoeveelheid pesticiden gebruikt hoeft te worden. Er gaan ook erg weinig planten verloren door ziekte en plagen, in tegenstelling tot traditionele landbouw. Door het geringe verlies aan ziekte en de gecontroleerde condities is de opbrengst van een Vertical Farming systeem erg hoog: per oppervlakte eenheid brengt een Vertical Farm 4-6 keer meer op dan traditionele landbouw.

Het complex is ook vele verdiepingen hoog, waardoor er veel gewassen op slechts een kleine grondoppervlakte boven elkaar gekweekt kunnen worden. Een voorbeeld van een ontwerp voor een Vertical Farm kan je zien in afbeelding 4. Je denkt nog eens na over Vertical Farming, en denkt dat een goede mogelijkheid is om het benodigde voedsel voor de EU te produceren.



*Afbeelding 4: voorbeeld van een ontwerp voor een Vertical Farming complex.*

De volgende dag gaat de conferentie verder, en leg je de mogelijkheid van Vertical Farming voor aan de andere EU-functionarissen. Ze zijn erg enthousiast, en na de nodige bureaucratische rompslomp wordt besloten om een Vertical Farm te bouwen waarin voorlopig vooral sojabonen zullen worden geproduceerd. Er wordt voor dit gewas gekozen omdat er een toenemende vraag is naar sojabonen door allerlei voedselabrikanten. De sojabonen zijn het hoofdingrediënt zijn in een groeiend aantal producten zoals vleesvervangers, yoghurt, ijs dranken. Deze producten worden normaal uit zuivel bereid, maar kunnen in plaats daarvan ook op basis van soja worden gemaakt. De groeiende productie van producten uit sojabonen wordt voornamelijk gestuurd door de consumenten: steeds meer consumenten kiezen voor duurzame producten in plaats van producten uit de bio-industrie. Verder worden deze producten op soja- in plaats van zuivelbasis ook veel geconsumeerd door mensen met een lactose intolerantie, waardoor ze geen zuivel kunnen verdragen.

### **Onderzoek naar de sojaplant**

Aangezien jij ervaring hebt opgedaan met de veredeling van de sojaplant tijdens je studie, krijg jij de taak om een variëteit van de sojaplant te zoeken die geschikt is voor het gebruik in Vertical Farming. Je hebt gedurende je loopbaan de sojaplant veredeld tot deze goed is te gebruiken voor voedselproductie. Je bent er in je onderzoek achter gekomen dat de hoogte van deze plant wordt bepaald door een gen dat *ROS* heet. Dit gen stuurt de productie van het groeihormoon gibberellinezuur aan. Gibberellinezuur zorgt er onder andere voor dat stengel zich verlengt. Omdat het voor Vertical Farming van belang is dat er zoveel mogelijk verdiepingen boven elkaar in een complex gaan, is het handig dat een plant zo klein mogelijk is. Hoe kleiner de plant, hoe meer verdiepingen er boven elkaar in een Vertical Farm kunnen worden gerealiseerd. Daarom ga je op zoek naar een manier om een kleine sojaplant te kweken.

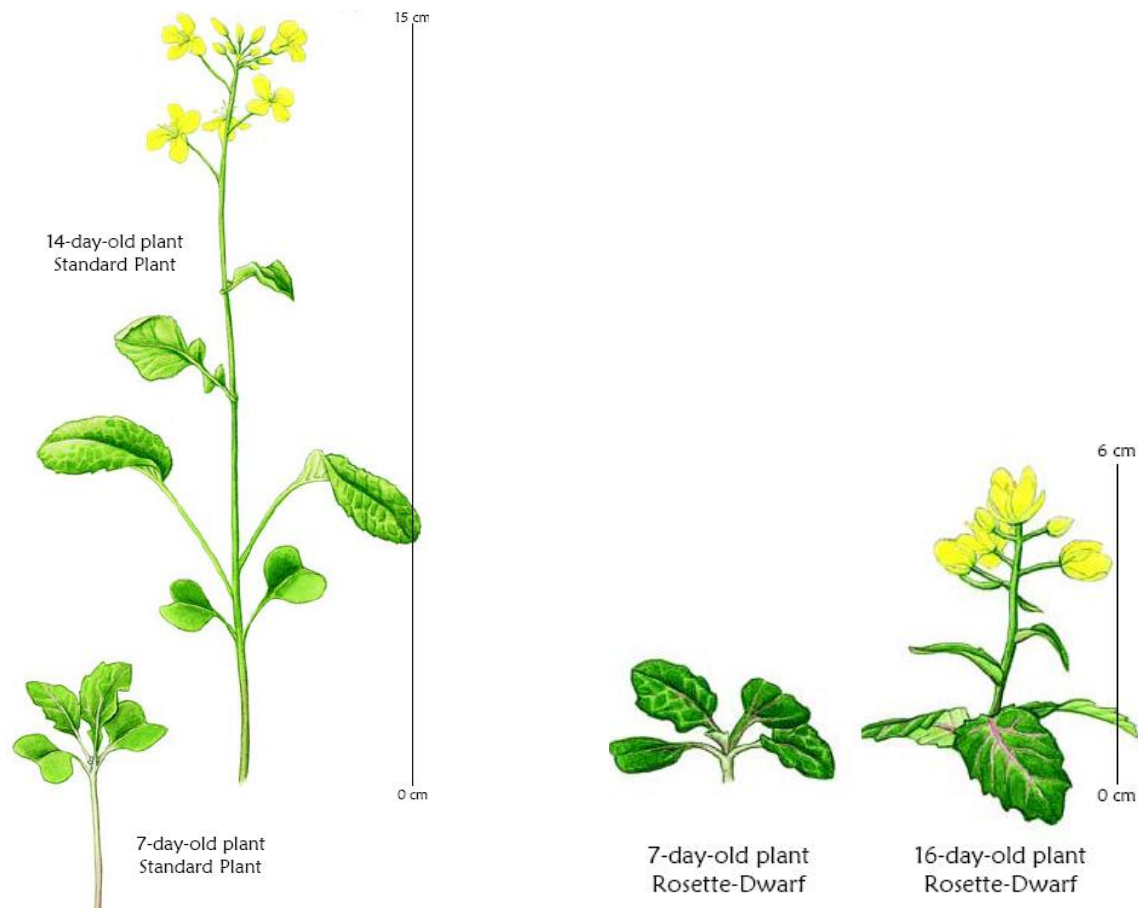
Uiteindelijk krijg je van een bevriende onderzoeker te horen dat deze een sojaplant heeft gevonden die een stuk kleiner is dan de standaard plant. Hij stuurt enkele zaden naar je toe zodat jij deze plant kunt onderzoeken. Hij vertelt je dat deze kleinere sojaplant een mutatie heeft in het *ROS* gen, waardoor er 10 keer minder gibberellinezuur wordt aangemaakt dan normaal. Hierdoor verlengt de stengel van de plant zich dus ook veel minder. Onbekend is hoe deze mutatie overerft: dominant of recessief. Voor het kweken van de kleine soja planten is het erg belangrijk om te weten hoe de mutatie in het *ROS* gen overerft. Daarom besluit je door enkele kruisingsexperimenten uit te zoeken hoe deze mutatie overerft.

## **2.2 Fast Plants**

Omdat sojaplanten wat moeilijk te kweken zijn in een school, kan je de kruisingsexperimenten die nodig zijn om te onderzoeken hoe het *ROS* gen overerft uitvoeren met Fast Plants.

Normale Fast Plants, Standard (STD) geheten, hebben een vrij korte levenscyclus; ongeveer 37 dagen van zaad tot zaad, met bloei na 14 dagen. Normale Fast Plants zijn ongeveer 15 cm hoog. Er zijn ook Fast Plants die

een stuk kleiner zijn dan de normale Fast Plants, ongeveer 6 cm. Deze planten worden Rosette genoemd (RS). De stengel van deze planten verlengt zich zeer weinig, en daardoor zijn alle bladeren en bloemen erg dicht op elkaar geplaatst. Deze planten zijn ook veel meer dondergroen van kleur. Dit afwijkende fenotype van de Rosette planten wordt veroorzaakt door een mutatie in het gen *ROS*, net als bij de sojaplanten. Omdat de Rosette planten (RS) minder groeihormoon aanmaken, groeien ze ook een stuk langzamer dan normale Fast Plants (STD). De totale levenscyclus van Rosette duurt ongeveer 45 dagen, en de planten bloeien na 20 dagen. In afbeelding 5 kan je de fenotypes van STD en RS planten op 7 en 14 dagen na het zaaien zien.



Afbeelding 5: fenotypes van de Standard en Rosette planten 7 en 14-16 dagen na het zaaien.

Door Rosette en Standard met elkaar te kruisen en de overerving van hoogte in de F1 en de F2 te observeren kun je er achter komen of het gen *ROS* dominant of recessief overerft. Je kunt meer lezen over Fast Plants in hoofdstuk 6.

### 2.3 Onderzoeksopzet

Je gaat met je groepje een onderzoeksopzet maken volgens onderstaand voorschrift. Per groepje nemen jullie een schrift om jullie onderzoeksopzet, observaties en conclusies in op te schrijven. Voordat je begint met de

experimenten, moet je de onderzoeksopzet- en planning laten controleren door je docent.

Door zelf een onderzoeksopzet te maken leer je de verschillende stappen die hiervoor nodig zijn. Verder leer je hoe een wetenschappelijk onderzoek is opgebouwd, want de onderzoeksopzet heeft de opbouw zoals die ook bij echt wetenschappelijk onderzoek wordt gebruikt. Deze onderzoeksopzet is dus niet specifiek voor dit kruisingsexperiment, maar algemeen toepasbaar voor allerlei vormen van onderzoek.

Het onderzoek is opgedeeld in drie delen: de inleiding, waarin je je inleest in het onderwerp, de onderzoeksvragen en hypothesen formuleert, de werkwijze waarin je de praktische zaken van het onderwerp uitwerkt en de afsluiting waarin je conclusies trekt naar aanleiding van je resultaten.

## **Inleiding**

Geef hier een beknopte omschrijving van de aanleiding van het onderzoek en het onderwerp van je onderzoek.

### Onderzoeksvraag: hoofd- en deelvragen

De hoofdvraag die je met dit onderzoek wilt beantwoorden is: erft het *ROS* gen voor planthoogte dominant of recessief over?

De deelvragen die je met het onderzoek wilt beantwoorden zijn:

- Als het *ROS* gen dominant overerft, welke verhoudingen tussen planten met een normaal of Rosette fenotype zul je dan verwachten in de F1 en F2 generatie?
- Als het *ROS* gen recessief overerft, welke verhoudingen tussen planten met een normaal of Rosette fenotype zul je dan verwachten in de F1 en F2 generatie?

### Hypothesen

De antwoorden op de onderzoeksvragen hebben dus betrekking op de verhoudingen van de fenotypes in de F1 en F2 generatie.

Om de verhoudingen tussen de fenotypes voor de dominante en recessieve overerving van het *ROS* gen te voorspellen, moet je eerst een voorspelling kunnen maken van de verhouding tussen de genotypes. Hiervoor kan je kruisingsschema's maken voor beide vormen van overerving, tot de F2 generatie. In deze kruisingsschema's kan je de allelen invullen die de gameten van de ouderplanten voor een bepaalde eigenschap hebben.

Je kunt eerst de verwachtingen uitschrijven die je naar aanleiding van de uitkomsten van de kruisingsschema's hebt. Dit kan je doen in de vorm van "als... dan...". Een voorbeeld: 'Als het *ROS* gen .... overerft, dan zal in de F1 de fenotypes normale lengte : kleine lengte een verhouding van... te observeren zijn'. Je kunt een zelfde verwachting opschrijven voor de F2 generatie.

Uit de verwachtingen die je hebt uitgeschreven, kan je nu hypothesen formuleren.

Licht de hypothesen kort toe. Voor het overzicht is het het beste als je de hypothesen, verwachte fenotypische verhoudingen en daaraan verbonden

conclusies in een schema verwerkt. Voor elke soort overerving kan je een apart schema maken. Een voorbeeld van zulk een schema kun je hieronder vinden:

Soort Overerving	Verhouding genotypes	Verhouding fenotypes
F1		
F2		

### **Werkwijze**

Beschrijf de onderzoeken die je uit wilt voeren om de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag te beantwoorden. Beschrijf het soort onderzoek, wat je hiermee wilt onderzoeken en welke handelingen hiervoor nodig zijn. Denk hierbij aan kruisingen uitvoeren, fenotypische verhoudingen observeren e.d. Gebruik onderstaand schema.

Soort onderzoek	Wat ga ik onderzoeken	Welke handelingen moet ik uitvoeren

### Benodigdheden:

Maak een lijst van benodigdheden. Je kunt alle informatie over de verzorging en bestuiving van Fast Plants vinden in hoofdstuk 6. Denk hierbij aan de hoeveelheid planten die je gaat zaaien, om de fenotypische verhoudingen goed te kunnen observeren!

Omdat planten met een mutatie in het *ROS* gen 10 keer minder gibberellinezuur aanmaken dan normale planten, hebben zaden van bepaalde kruisingen met Rosette planten een kiemrust. Dit betekent dat de zaden niet zullen kiemen, behalve als ze hiertoe worden gestimuleerd. F2 zaden die je oogst van eigen kruisingen met Rosette planten hebben zo'n kiemrust. Ze kunnen uit de kiemrust gehaald worden door ze met het groeihormoon gibberellinezuur te behandelen.

Dit kan gedaan worden door een filtreerpapiertje in een petrischaal te leggen, en dit filtreerpapiertje te verzadigen met een 100 ppm gibberellinezuur oplossing. Je kunt de zaden hier enkele minuten inleggen, en ze vervolgens laten drogen op een ander filtreerpapiertje in een ander petrischaaltje. Nu zijn de zaden klaar om gezaaid te worden. Het is hierbij belangrijk om de zaden niet door elkaar te halen. Daarom kun je het beste de bodem van het petrischaaltje merken met een stift, en het filtreerpapier waar de zaden op liggen met potlood.

Rosette planten hebben zeer kleine bloemen. Ga je de Standaard en Rosette ouderplanten met elkaar kruisen dan zul je merken dat het moeilijker is om stuifmeel van Rosette planten op te nemen. Je moet erg precies te werk gaan en de bloem eventueel handmatig wat spreiden. Ook moet je de stamper

goed vrijmaken als je stuifmeel van een Standaard op een Rosette plant wilt aanbrengen.

#### Onderzoekslokatie(s) en gemaakte afspraken:

Waar kan je de planten laten groeien? Op welke tijdstippen heb je toegang tot deze ruimte? Welk gedeelte van de plantverzorging doet de TOA, en wat moet je zelf doen?

#### Tijdsplanning:

Maak een tijdsschema van je experimenten. Geef hierin aan wanneer je de planten gaat zaaien, bestuiven, uitdrogen en de nieuwe zaden oogsten. Houd bij alle onderdelen van je tijdsplanning rekening met vakanties en feestdagen. Om recessieve eigenschappen waar te nemen, is het nodig om tot de F2 generatie door te kruisen. Als de docent ervoor heeft gekozen om de ouderplanten Standaard en Rosette te gebruiken, duurt het experiment ongeveer 90 dagen; een keer een levenscyclus van Rosette of een nakomeling daarvan, en ongeveer 7 dagen om de F2 te laten groeien en hun fenotype te observeren.

Je docent kan er ook voor hebben gekozen om direct de F1 generatie te gebruiken, die voortkomt uit een kruising tussen Standaard en Rosette. In dat geval duurt het experiment ongeveer 47 dagen; 40 dagen voor de levenscyclus van een Rosette nakomeling en nog ongeveer 7 dagen om de F2 te laten groeien en hun fenotype te observeren.

Houd ook rekening met het feit dat Rosette een langere levenscyclus heeft dan Standaard, en dus ook later bloeit. Om te voorkomen dat dit problemen gaat veroorzaken bij de bestuivingen, kun je de Standaard planten beter vijf dagen later dan de Rosette planten zaaien. Verder is het belangrijk om te beseffen dat de planten maar 2-3 dagen na het openen van de bloemen geschikt zijn voor bestuivingen. Zorg ervoor dat deze tijdsplanning duidelijk in jullie schrift staat.

#### Taakverdeling:

Verdeel de taken onderling in je groepje. Maak duidelijke afspraken met elkaar over wie welke taak wanneer doet. Zorg ervoor dat deze taakverdeling duidelijk in jullie schrift staat, en dat ieder van jullie het ook in de agenda opschrijft. Houd hierbij ook rekening met vakanties en feestdagen.

Jullie moeten de volgende taken verdelen:

- Het maken van de groeiopstelling.
- Het zaaien van de ouderplanten, F1 en F2 generaties. Bij het zaaien van de F2 moet je ook aan de behandeling met gibberellinezuur denken.
- Het water in de onderste compartimenten bijvullen, en hier ook anti-algenmiddel aan toevoegen.
- Het observeren van de fenotypes en de observaties duidelijk noteren. Bij het observeren van de fenotypes is het belangrijk om de volgende punten te noteren: datum, soort plant, leeftijd en hoogte van de plant.
- De planten kruisen.

- De planten verder verzorgen: planten met minder goede fenotypes verwijderen, de planten ondersteunen met stokjes, de hoogte van de stapel gidsen waar de flessensystemen opstaan aanpassen aan de hoogte van de planten.
- Het water moet tijdig uit de onderste compartimenten worden verwijderd om de zaden te laten uitdrogen. Over het algemeen kan dit 20 dagen na de laatste bestuiving gebeuren.

### **Afsluiting**

Na afloop van de experimenten kun je terugblikken op de schema's die je voor de twee soorten overerving hebt gemaakt, en deze vergelijken met de observaties die in jullie schrift zijn genoteerd. Welke fenotypes heb je in welke verhoudingen geobserveerd? Met welke genotypes en dus soort overerving komt dit overeen? Verwerk je resultaten en conclusies in een korte presentatie. Je licht kort de eigenschappen van de normale en Rosette planten toe. Verder leg je uit hoe het *ROS* gen, en genetische eigenschappen in het algemeen, overerven. Je kan hiervoor de volgende begrippen gebruiken: genen, gameten, fenotype en genotype. Geef duidelijke definities van deze andere begrippen die je nodig hebt om goed uit te leggen wat jullie hebben gedaan. Je zult in je presentatie ook ingaan op het gebruik van de kleinere Rosette planten in Vertical Farming. Je zult hierbij vertellen hoe de Rosette planten het beste gekweekt kunnen worden: moeten ze onderling gekruist worden of heb je de standaard plant nog nodig?

Je docent zal je vertellen hoe je verder getoetst zal worden op je begrip van de genetische en plantkundige begrippen en processen die in dit kruisingsexperiment aan bod zijn gekomen.

### **2.4 Verdiepende vragen**

Verder kan je ter verdieping nog enkele vragen beantwoorden. Je docent zal je vertellen hoe je de antwoorden op deze vragen kunt verwerken.

1. Je hebt gedurende de groei van Rosette ouderplanten telkens hun fenotypes geobserveerd, en gezien dat een lagere concentratie van het hormoon gibberellinezuur de hoogte van planten beïnvloed. Je hebt ook kunnen zien dat de lagere concentratie gibberellinezuur ook andere uiterlijke kenmerken van de planten beïnvloed. Benoem deze uiterlijke kenmerken, en geef een verklaring voor het feit dat deze worden beïnvloed door de concentratie gibberellinezuur.
2. De F2 zaden die je van een kruising met Rosette hebt geoogst, heb je met een 100 ppm gibberellinezuur oplossing uit hun kiemrust moeten halen. Kiemrust is een verschijnsel dat in de natuur bij veel meer planten voorkomt. Het houdt kort gezegd in dat de plantenzaden niet zomaar kiemen. Er zijn extra prikkels of omgevingsfactoren nodig om het zaad tot kieming te stimuleren. Zonder deze stimulatie zal het zaad niet uit zichzelf gaan kiemen. Wat zijn deze prikkels en omgevingsfactoren precies, en hoe stimuleren ze het zaad tot kieming? Zoek je antwoord op Wikipedia ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)) of met de zoekmachine van Kennisnet ([www.davidini.kennisnet.nl](http://www.davidini.kennisnet.nl)).



3. De meeste Fast Plants kan je ongeveer 4 dagen na het zaaien boven het substraat uit zien steken, dan zijn de zaadjes dus gekiemd. Beschrijf hoe het proces van kieming stapsgewijs verloopt. Tip: een Fast Plant is een zogenaamde dicotyle of tweezaadlobbige plant.
4. Na de laatste bestuivingen heb je de niet- bestoven bloemen en overige bloemknoppen afgeknipt. Waarom denk je dat dit nodig was?

### 3. Kamerplanten

#### 3.1 Onderzoeksteam

Je bent werkzaam in het onderzoeksteam van een tuinbouwbedrijf. Je doet onderzoek naar de veredeling van de planten die het bedrijf produceert. Het bedrijf produceert voornamelijk kamerplanten, die worden geleverd aan tuincentra, bloemisten en ook supermarkten. Het bedrijf is gespecialiseerd in de productie van groene bladplanten. Deze planten worden door de klanten gewaardeerd om hun mooie kleuren en vormen. De meeste van deze planten bloeien ook, maar de bloemen zijn niet erg lang aanwezig, en ook niet de hoofdreden waarom mensen de planten kopen. Voorbeelden van de planten die het bedrijf produceert kan je zien in afbeelding 6.



Afbeelding 6: voorbeelden van de kamerplanten die het bedrijf produceert.

A: *Heliconia*  
B: *Aglaonema*

De winter is net afgelopen, en het bedrijf bereid zich voor op de lente. In de lente worden over het algemeen de meeste kamerplanten verkocht. Met de reclameleus: "Kerstboom eruit, kamerplant erin" worden de klanten geprikkeld om kamerplanten te kopen om hun huis op te frissen. Om uit te zoeken wat voor soort kamerplanten de consumenten dit jaar graag zouden willen kopen, wordt een marktonderzoek uitgevoerd. Door dit marktonderzoek is men erachter gekomen dat de klanten graag kamerplanten zouden willen hebben die meer dan alleen een groene kleur hebben. Daarom gaat het

onderzoeksteam waar je lid van bent op zoek naar mogelijkheden om aan deze wens te voldoen.

Normaal maakt het onderzoeksteam gebruik van traditionele plantenveredeling om nieuwe plantenvariëteiten te verkrijgen. Ook deze keer besluiten jullie om het op deze manier aan te pakken. Daarom wordt er hard gezocht naar een natuurlijke variant van een groene plant, die ook andere kleuren heeft. Zo komen jullie op een plant die paarse kleuringen heeft op de stengel en aan de onderkant van de bladeren. Deze plant geven jullie de codenaam PSH. Er wordt onderzocht wat deze paarse kleuring veroorzaakt. Het blijkt de kleurstof anthocyaan te zijn, die wel in meer planten voorkomt. Deze kleurstof veroorzaakt een rode tot paarse kleur, afhankelijk van de soort plant waarin het zich bevindt en de heersende omstandigheden.

Om deze paarse kleuring ook in andere planten te kunnen krijgen, is het belangrijk om te weten hoe de aanmaak van de kleurstof genetisch geregeld is. Daarom wordt het genoom van de plant onderzocht, en wordt er een gen gevonden dat de aanmaak van anthocyaan reguleert. Dit gen wordt *ANL* genoemd.

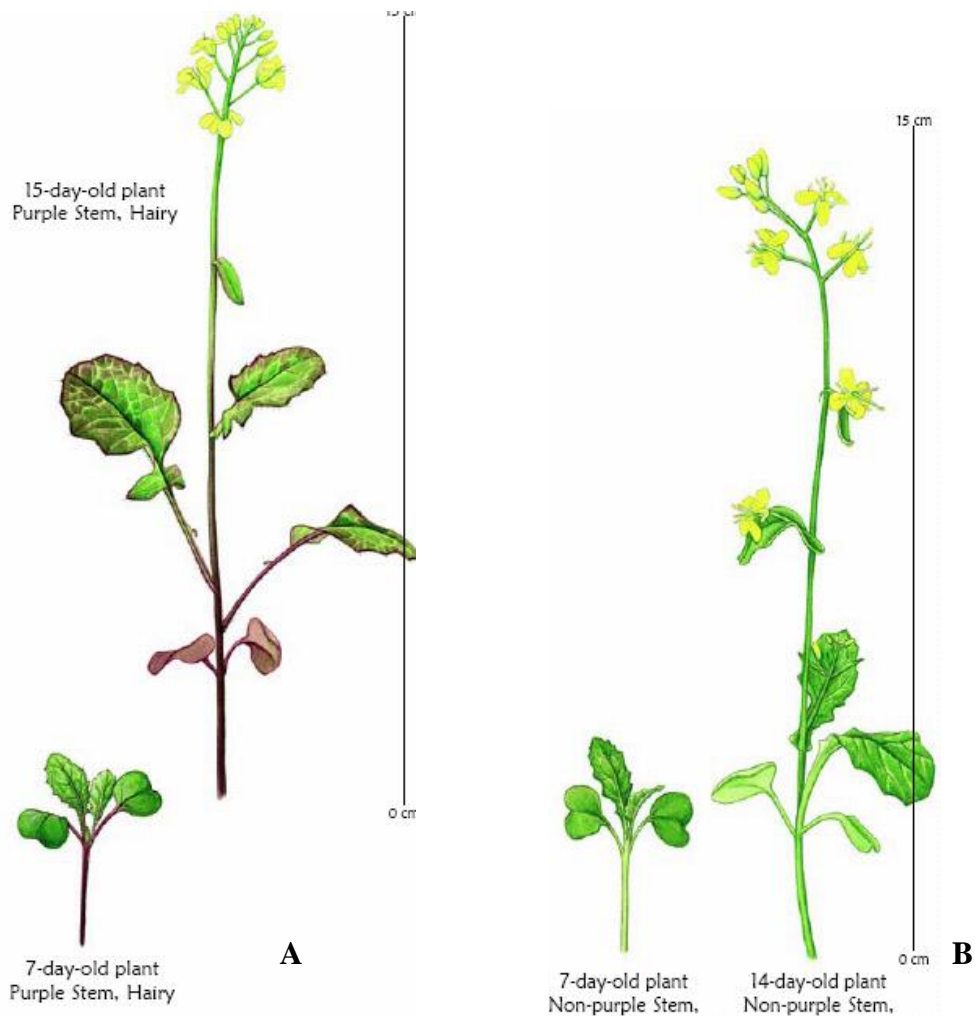
Het is nog niet bekend hoe dit gen overerft: dominant of recessief. Om dit te onderzoeken, wordt er besloten om de PSH plant met de plant te kruisen die tot nu toe altijd wordt verkocht, ANTH. De ANTH plant heeft nergens paarse kleuring, en maakt dus geen anthocyaan aan.

### **3.2 Fast Plants**

Omdat kamerplanten wat moeilijk te telen zijn in een school, kan je de kruisingsexperimenten die nodig zijn om te onderzoeken hoe het *ANL* gen overerft uitvoeren met Fast Plants.

Normale Fast Plants, Standard (STD) geheten, hebben een vrij korte levenscyclus; ongeveer 37 dagen van zaad tot zaad, met bloei na 14 dagen. Normale Fast Plants zijn ongeveer 15 cm hoog. Zowel de anthocyaan vrije plant (ANTH) als de plant met paarse stengel en bladdelen (PSH) hebben dezelfde hoogte als de standaard planten (STD), ze verschillen alleen van de STD planten in de hoeveelheid paarse kleuring. De PSH planten hebben zeer veel paarse kleuring op stengel en bladeren, en de ANTH planten hebben nergens paarse kleuring. De PSH planten hebben een levenscyclus van 37 dagen, net zoals de STD planten. De ANTH planten hebben een iets kortere levenscyclus van 34 dagen, en bloeien na 12 dagen.

In afbeelding 7 kan je de fenotypes van ANTH en PSH planten op 7 en 14-15 dagen na het zaaien zien. Je kunt in deze afbeelding duidelijk het verschil in de intensiteit van paarse kleuring bij beide planten zien.



Afbeelding 7: fenotypes van de PSH (A) en ANTH (B) planten 7 en 14-15 dagen na het zaaien.

Door PSH en ANTH met elkaar te kruisen en de overerving van paarse kleuring in de F1 en de F2 te observeren kun je er achter komen of het gen *ANL* dominant of recessief overerft. Je kunt meer lezen over Fast Plants in hoofdstuk 6.

### 3.3 Onderzoeksopzet

Je gaat met je groepje een onderzoeksopzet maken volgens onderstaand voorschrift. Per groepje nemen jullie een schrift om jullie onderzoeksopzet, observaties en conclusies in op te schrijven. Voordat je begint met de experimenten, moet je de onderzoeksopzet- en planning laten controleren door je docent.

Door zelf een onderzoeksopzet te maken leer je de verschillende stappen die hiervoor nodig zijn. Verder leer je hoe een wetenschappelijk onderzoek is opgebouwd, want de onderzoeksopzet heeft de opbouw zoals die ook bij echt wetenschappelijk onderzoek wordt gebruikt. Deze onderzoeksopzet is dus niet specifiek voor dit kruisingsexperiment, maar algemeen toepasbaar voor allerlei vormen van onderzoek.

Het onderzoek is opgedeeld in drie delen: de inleiding, waarin je je inleest in het onderwerp, de onderzoeksvragen en hypothesen formuleert, de werkwijze waarin je de praktische zaken van het onderwerp uitwerkt en de afsluiting waarin je conclusies trekt naar aanleiding van je resultaten.

### **Inleiding**

Geef hier een beknopte omschrijving van de aanleiding van het onderzoek en het onderwerp van je onderzoek.

#### Onderzoeksvraag: hoofd- en deelvragen

De hoofdvraag die je met dit onderzoek wilt beantwoorden is: erft het *ANL* gen voor paarse kleuring dominant of recessief over?

De deelvragen die je met het onderzoek wilt beantwoorden zijn:

- Als het *ANL* gen dominant overerft, welke verhoudingen tussen planten met en zonder paarse kleuring zul je dan verwachten in de F1 en F2 generatie?
- Als het *ANL* gen recessief overerft, welke verhoudingen tussen planten met en zonder paarse kleuring zul je dan verwachten in de F1 en F2 generatie?

#### Hypothesen

De antwoorden op de onderzoeksvragen hebben dus betrekking op de verhoudingen van de fenotypes in de F1 en F2 generatie.

Om de verhoudingen tussen de fenotypes voor de dominante en recessieve overerving van het *ANL* gen te voorspellen, moet je eerst een voorspelling kunnen maken van de verhouding tussen de genotypes. Hiervoor kan je kruisingsschema's maken voor beide vormen van overerving, tot de F2 generatie. In deze kruisingsschema's kan je de allelen invullen die de gameten van de ouderplanten voor een bepaalde eigenschap hebben.

Je kunt eerst de verwachtingen uitschrijven die je naar aanleiding van de uitkomsten van de kruisingsschema's hebt. Dit kan je doen in de vorm van "als... dan...". Een voorbeeld: 'Als het *ANL* gen .... overerft, dan zal in de F1 de fenotypes paarse kleuring : geen paarse kleuring een verhouding van...te observeren zijn'. Je kunt een zelfde verwachting opschrijven voor de F2 generatie.

Uit de verwachtingen die je hebt uitgeschreven, kan je nu hypothesen formuleren.

Licht de hypothesen kort toe. Voor het overzicht is het het beste als je de hypothesen, verwachte fenotypische verhoudingen en daaraan verbonden conclusies in een schema verwerkt. Voor elke soort overerving kan je een apart schema maken. Een voorbeeld van zulk een schema kun je hieronder vinden:

Soort Overerving	Verhouding genotypes	Verhouding fenotypes
F1		
F2		

## **Werkwijze**

Beschrijf de onderzoeken die je uit wilt voeren om de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag te beantwoorden. Beschrijf het soort onderzoek, wat je hiermee wilt onderzoeken en welke handelingen hiervoor nodig zijn. Denk hierbij aan kruisingen uitvoeren, fenotypische verhoudingen observeren e.d. Gebruik onderstaand schema.

Soort onderzoek	Wat ga ik onderzoeken	Welke handelingen moet ik uitvoeren

### Benodigdheden:

Maak een lijst van benodigdheden. Je kunt alle informatie over de verzorging en bestuiving van Fast Plants vinden in hoofdstuk 6. Denk hierbij aan de hoeveelheid planten die je gaat zaaien, om de fenotypische verhoudingen goed te kunnen observeren!

### Onderzoekslokatie(s) en gemaakte afspraken:

Waar kan je de planten laten groeien? Op welke tijdstippen heb je toegang tot deze ruimte? Welk gedeelte van de plantverzorging doet de TOA, en wat moet je zelf doen?

### Tijdsplanning:

Maak een tijdschema van je experimenten. Geef hierin aan wanneer je de planten gaat zaaien, bestuiven, uitdrogen en de nieuwe zaden oogsten. Houd bij alle onderdelen van je tijdsplanning rekening met vakanties en feestdagen. Om recessieve eigenschappen waar te nemen, is het nodig om tot de F2 generatie door te kruisen. Als de docent ervoor heeft gekozen om de ouderplanten PSH en ANTH te gebruiken, duurt het experiment ongeveer 87 dagen; een keer een hele levenscyclus, en ongeveer 7 dagen om de F2 te laten groeien en hun fenotype te observeren.

Je docent kan er ook voor hebben gekozen om direct de F1 generatie te gebruiken, die voortkomt uit een kruising tussen PSH en ANTH. In dat geval duurt het experiment ongeveer 47 dagen; 40 dagen voor de gehele levenscyclus en nog ongeveer 7 dagen om de F2 te laten groeien en hun fenotype te observeren.

Hou ook rekening met het feit dat ANTH ouderplanten een iets kortere levenscyclus dan PSH planten hebben. ANTH planten hebben een levenscyclus van 34 dagen en bloeien na 13 dagen.

Verder is het belangrijk om te beseffen dat de planten maar 2-3 dagen na het openen van de bloemen geschikt zijn voor bestuivingen. Zorg ervoor dat deze tijdsplanning duidelijk in jullie schrift staat.

### Taakverdeling:

Verdeel de taken onderling in je groepje. Maak duidelijke afspraken met elkaar over wie welke taak wanneer doet. Zorg ervoor dat deze taakverdeling duidelijk in jullie schrift staat, en dat ieder van jullie het ook in de agenda opschrijft. Houd hierbij ook rekening met vakanties en feestdagen.

Jullie moeten de volgende taken verdelen:

- Het maken van de groeiopstelling.
- Het zaaien van de ouderplanten, F1 en F2 generaties.
- Het water in de onderste compartimenten bijvullen, en hier ook anti – algenmiddel aan toevoegen.
- Het observeren van de fenotypes en de observaties duidelijk noteren. Bij het observeren van de fenotypes is het belangrijk om de volgende punten te noteren: datum, soort plant, leeftijd en kleuring van de plant.
- De planten kruisen.
- De planten verder verzorgen: de planten ondersteunen met stokjes en de hoogte van de stapel gidsen waar de flessensystemen opstaan aanpassen aan de hoogte van de planten.
- Het water moet tijdig uit de onderste compartimenten worden verwijderd om de zaden te laten uitdrogen. Over het algemeen kan dit 20 dagen na de laatste bestuiving gebeuren.

### **Afsluiting**

Na afloop van de experimenten kun je terugblikken op de schema's die je voor de twee soorten overerving hebt gemaakt, en deze vergelijken met de observaties die in jullie schrift zijn genoteerd. Welke fenotypes heb je in welke verhoudingen geobserveerd? Met welke genotypes en dus soort overerving komt dit overeen? Verwerk je resultaten en conclusies in een korte presentatie. Je licht kort de eigenschappen van de PSH en ANTH planten toe. Verder leg je uit hoe het ANL gen, en genetische eigenschappen in het algemeen, overerven. Je kan hiervoor de volgende begrippen gebruiken: genen, gameten, fenotype en genotype. Geef duidelijke definities van deze andere begrippen die je nodig hebt om goed uit te leggen wat jullie hebben gedaan. Hoe kan je het beste de kamerplanten met de paarse kleur kweken? Je docent zal je vertellen hoe je verder getoetst zal worden op je begrip van de genetische en plantkundige begrippen en processen die in dit kruisingsexperiment aan bod zijn gekomen.

### **3.4 Verdiepende vragen**

Verder kan je nog ter verdieping enkele vragen beantwoorden. Je docent zal je vertellen hoe je de antwoorden op deze vragen kunt verwerken.

1. Waarom zouden de bloemen van de planten geel zijn?
2. De paarse kleuring op de onderkant van de bladeren en de stengel wordt veroorzaakt door de kleurstof anthocyaan (in het Engels anthocyanin geheten). Naast deze kleurstof hebben planten nog vele andere kleurstoffen.
  - A. Wat is de functie van anthocyaan in de Fast Plants?

- B. Zoek op Wikipedia of [www.natuurinformatie.nl](http://www.natuurinformatie.nl) minstens drie andere kleurstoffen, en beschrijf kort hun functie in de planten.
  - C. Waar zijn anthocyaan en de andere kleurstoffen zoal gelokaliseerd in de plant? Bij de beantwoording van deze vraag moet je rekening houden met zowel de lokalisatie in de cel als in de gehele plant.
  - D. Worden deze kleurstoffen ook gebruikt door mensen, en zo ja, hoe?
3. In het tuinbouwbedrijf worden de planten door middel van onderlinge kruisingen veredeld, dat wil zeggen: door planten met de juiste genetische eigenschappen met elkaar te kruisen kan je een plant verkrijgen die de gewenste eigenschappen heeft. Tegenwoordig worden deze eigenschappen ook wel via genetische modificatie aan planten toegevoegd. Dit wordt via speciale biotechnologische technieken gedaan. Het gebruik van biotechnologie in plantenveredeling heeft zowel voor- als nadelen. Ook zijn er verschillende milieu- levensbeschouwelijke organisaties die geen voorstanders van biotechnologie in plantenveredeling zijn. Om zelf een goed gefundeerd standpunt over de toepassing van biotechnologie in plantenveredeling te kunnen innemen, is het belangrijk dat je voldoende kennis hebt van het onderwerp. Kijk op [www.natuurinformatie.nl](http://www.natuurinformatie.nl), bij biotechnologie. Je kunt onder de link Toepassingen specifieke planten- onderwerpen selecteren. Lees de informatie goed door. Geef daarna 3 argumenten voor het gebruik van biotechnologie in plantenveredeling, en 3 argumenten hier tegen. Zorg ervoor dat je argumenten goed onderbouwd zijn met feitelijke informatie die je hebt gelezen.
4. Voor het kweken van je planten heb je bolletjes die nutriënten bevatten toegevoegd aan het substraat. Deze nutriënten zijn essentieel voor de plant. De bolletjes bevatten drie elementen in ongeveer gelijke concentraties: stikstof, fosfor en kalium (In het Engels: nitrogen, phosphorus en potassium). Zoek van deze drie elementen uit waarom de plant deze nodig heeft. Wat is hun functie in de plant, hoe worden ze gebruikt? Je kunt dit kort beschrijven, je hoeft niet alle chemische omzettingen te vermelden.



## 4. Witte vlekken

### 4.1 Voedselrellen

Steeds vaker melden de media over rellen in arme landen waar voedseltekorten bestaan. Er zijn intussen al tientallen slachtoffers gevallen. Op Haïti, in Egypte en in een aantal Afrikaanse landen. En het ziet er niet naar uit dat het daarbij zal blijven. Miljarden arme mensen hadden al de grootste moeite om hun dagelijkse maaltijd bij elkaar te schrapen. En nu rijzen de prijzen van basisvoedsel als rijst, graan, tarwe en maïs de pan uit. *Agflatie* heet dit: agrarische inflatie. De gemiddelde wereldprijs van voedsel is in de laatste helft van 2007 met 45 procent gestegen. Geschat wordt dat zeker 30 tot 40 landen met steeds grotere sociale onrust te maken krijgen.

Als oorzaken van de nu bestaande tekorten worden genoemd:

- De hoge olieprijs, die op zijn beurt weer een gevolg is van grote extra vraag uit sterk groeiende economieën als China en India; deze hoge olieprijs maakt het transport van voedsel duurder en stimuleert bovendien het gebruik van alternatieve brandstoffen zoals biobrandstof.
- Het gebruik van granen en maïs voor biobrandstoffen, een rampzalige ontwikkeling. Biobrandstoffen zouden alleen uit afval moeten worden gemaakt, zoals men in Brazilië het afval van de suikerproductie gebruikt. Maar Brazilië produceert ook extra soja voor biobrandstof, wat ten koste gaat van de Amazonewouden.
- In snel rijker wordende landen als China en India stijgt de vraag naar voedsel, vooral naar vlees, wat veel extra graan kost.
- Een belangrijke voedselproducent als Australië kampt met grote droogtes;
- Voedselproducenten houden hun aanbod vast omdat ze weten volgende week meer te kunnen ontvangen.



*Afbeelding 8: één van de miljoenen slachtoffers van ondervoeding.*

(uit: Volkskrant, 14-04-2008)

### **Op zoek naar een oplossing...**

Zoals uit het voorgaande stuk valt op te maken, is het hard nodig om manieren te vinden om meer voedsel te produceren om zo de bestaande voedseltekorten te compenseren. Daarom zijn plantenwetenschappers over de hele wereld bezig om gewassen te ontwikkelen die een hogere opbrengst dan normaal hebben. Dit kan op verschillende manieren worden gerealiseerd, en hier is veel onderzoek voor nodig. Sommige onderzoeken richten zich op

het gebruik van biotechnologische technieken, zoals genetische modificatie, om planten te produceren die minder bespoten hoeven te worden, hogere opbrengsten geven of goed in een zout milieu kunnen groeien. Hoewel deze technieken veelbelovend zijn, is er ook een hele hoop kritiek op. Zo beweren milieu-organisaties als Greenpeace dat aan deze technieken risico's verbonden zijn die schadelijk kunnen zijn voor het milieu. Zij vrezen bijvoorbeeld dat een gen dat in een plant is ingebracht zich via stuifmeel kan verspreiden naar andere planten, waardoor deze plant 'vervuild' raakt met vreemd DNA.

De onderzoeksgroep waarbij jijzelf werkt als pas afgestudeerde plantwetenschapper, kiest daarom voor een andere aanpak. Er worden planten geselecteerd die extra veel opbrengst hebben, deze worden gekruist en de best groeiende nakomelingen geselecteerd. Zo wordt er geprobeerd om een plant te ontwikkelen die een hogere opbrengst heeft dan andere normaal. Deze aanpak wordt ook wel klassieke plantenveredeling genoemd.

### **Mysterieuze witte vlekken**

Je bent dus druk bezig met het kruisen van veelbelovende planten. Je komt steeds dichterbij de ontwikkeling van een plant met een veel hogere opbrengst dan normaal. Maar ineens gebeurt er iets wat je totaal niet had verwacht: bij een kruising die je hebt uitgevoerd tussen twee planten, ontstaan er mysterieuze witte vlekken op de nakomelingen. Je merkt dat deze nakomelingen een stuk minder goed groeien dan je eigenlijk had gehoopt. Daarom vraagt het hoofd van de onderzoeksgroep aan je om dit verschijnsel verder te onderzoeken. Als men erachter komt waar deze vlekken vandaan komen, kan deze fout in het vervolg worden voorkomen.

Je weet dat de groene kleur in planten wordt veroorzaakt door de stof chlorofyl dat in de chloroplasten (bladgroenkorrels) zit. Deze bladgroenkorrels spelen een belangrijke rol in de fotosynthese, zij absorberen zonlicht waardoor de plant energie krijgt om te groeien.

Je hebt een vermoeden dat de witte vlekken veroorzaakt worden door een mutatie in het DNA van de planten, waardoor minder chlorofyl wordt aangemaakt. Dit kan een mutatie zijn in het DNA in de celkern, waardoor op één of andere manier het chlorofyl of de chloroplasten negatief worden beïnvloed. Maar bladgroenkorrels hebben zelf ook DNA, zodat een mutatie zich ook in dit chloroplast DNA kan bevinden.

Als de mutatie zich in het kern-DNA bevindt, kan deze dominant of recessief overerven. Als de mutatie zich in de chloroplasten bevindt, erft deze over via *maternale overerving*.

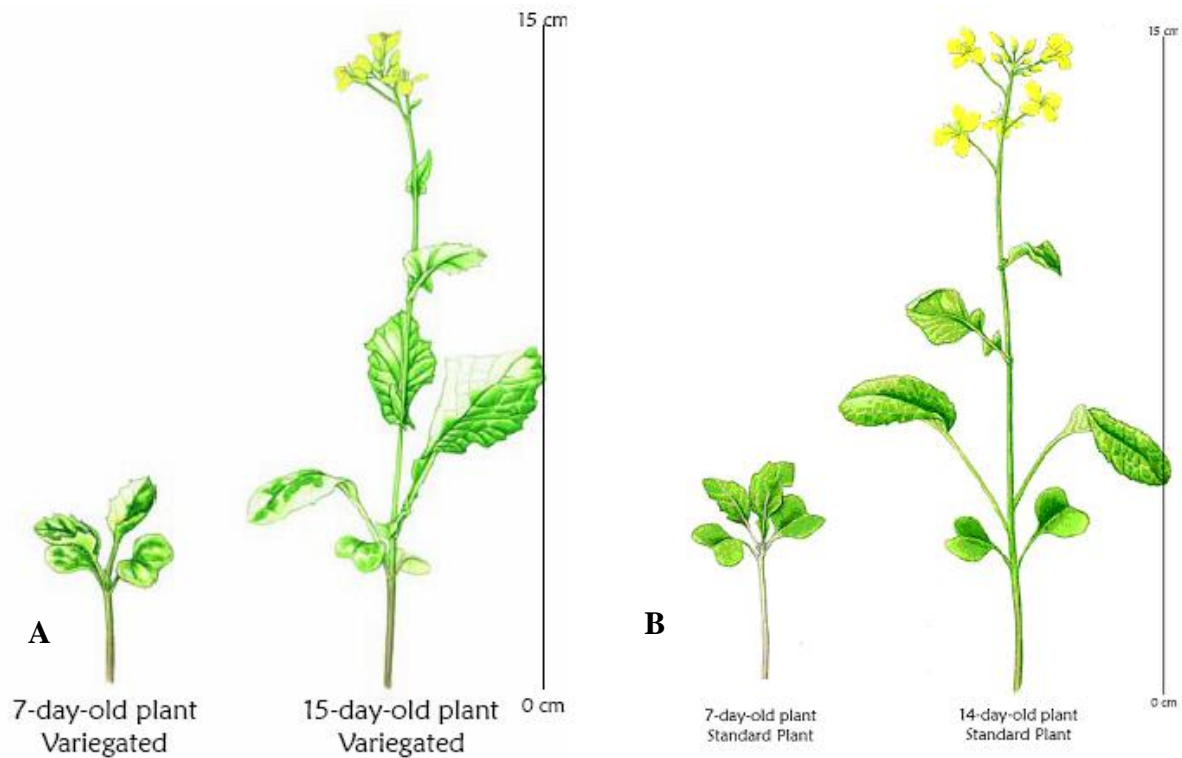
Je hebt geleerd dat erfelijke informatie op het DNA in de celkern is gelokaliseerd. Maar de celkern is niet het enige organel dat DNA bevat. Mitochondrien en chloroplasten bevatten ook DNA, ook al is dit maar weinig vergeleken met de grote hoeveelheid DNA in de celkern. Dit DNA buiten de celkern erft alleen via de moeder over. Dit komt door de eigenschappen van de gameten. De eicel is een vrij grote cel, compleet met alle celorganellen, en dus ook mitochondrien en in het geval van planten, chloroplasten. De zaadcel daarentegen bevat geen andere organellen dan de celkern. Als de eicel en zaadcel versmelten bij de bevruchting, zal de zygote een combinatie bevatten van de erfelijke informatie uit beide gameten. Maar de mitochondrien en chloroplasten van de zygote zullen alleen van de eicel en dus van de moeder afkomstig zijn. De erfelijke eigenschappen die door het DNA van de mitochondrien en chloroplasten zijn gecodeerd, erven dus ook alleen via de moeder over. Dit verschijnsel wordt ook wel *maternale overerving* genoemd: de overerving van bepaalde eigenschappen alleen via de moeder.

Je wilt gaan onderzoeken waar de mutatie is gelokaliseerd, in de celkern of in de chloroplast. Als de mutatie in de chloroplast is gelokaliseerd, verwacht je dat deze matернаal zal overerven, dus alleen via de moederplant. Om te onderzoeken waar de mutatie is gelokaliseerd en hoe deze overerft, besluit je om verschillende kruisingen uit te voeren tussen planten met witte vlekken onderling, en ook met planten zonder witte vlekken. Je wilt de overerving via de celkern bestuderen door planten met witte vlekken met elkaar en met normale planten te kruisen. Je hebt bedacht dat je van de planten eerst het percentage witte vlekken kan schatten, en dit dan te vergelijken met het percentage witte vlekken van de nakomelingen. Op deze manier hoop je een verband te ontdekken tussen de percentages witte vlekken op de ouders en nakomelingen, en dit te koppelen aan dominante of recessieve overerving. Om de maternale overerving te bestuderen, besluit je om planten met witte vlekken met normale planten te kruisen, en beide typen zowel als vader en als moeder te gebruiken.

## 4.2 Fast Plants

Omdat graanplanten wat moeilijk te houden zijn in een school, kan je de kruisingsexperimenten die nodig zijn om te onderzoeken hoe het gen voor witte vlekken overerft, uitvoeren met Fast Plants.

Normale Fast Plants, Standard (STD) geheten, hebben een vrij korte levenscyclus; ongeveer 37 dagen van zaad tot zaad, met bloei na 14 dagen. Normale Fast Plants zijn ongeveer 15 cm hoog. De andere stam Fast Plants die je gaat gebruiken hebben witte vlekken op blad en stam, en hebben dezelfde mutatie als de graanplanten. De codenaam van deze planten is VC. Je kunt de fenotypes van de STD en VC planten zien in afbeelding 9.



Afbeelding 9: fenotypes van de VC (A) en STD (B) planten 7 en 14-15 dagen na het zaaien.

De verhouding tussen witte en groene kleur verschilt aanzienlijk per plant. Ook de mate van verschil tussen de twee kleuren verschilt aanzienlijk; bij sommige VC planten is er geen wit maar lichtgroen weefsel. Je kunt meer lezen over Fast Plants in hoofdstuk 6.

### 4.3 Onderzoeksopzet

Je kunt met je groepje een onderzoeksopzet maken aan de hand van wat hieronder staat beschreven. Je kunt per groepje een schrift nemen om jullie onderzoeksopzet, observaties en conclusies in op te schrijven. Voordat je begint met de experimenten, kun je de onderzoeksopzet- en planning laten controleren door je docent.

#### Inleiding

Maak in je schrift een korte samenvatting van de aanleiding van dit experiment. Waarom wil je weten hoe het gen voor witte vlekken in de VC plant overerft? Welke achtergrondinformatie heb je beschikbaar?

#### Hoofd- en deelvragen

De hoofdvraag die je gaat beantwoorden is:

Op welke manier erft de mutatie die witte vlekken veroorzaakt over?

De deelvragen die je wil gaan beantwoorden zijn:

- Als de mutatie dominant overerft, welke verhoudingen tussen planten met witte vlekken en zonder witte vlekken verwacht je dan bij de F1 en de F2 generatie in het geval van een kruising tussen VC en STD en in het geval van een kruising van VC en VC?

- Als de mutatie recessief overerft, welke verhoudingen tussen planten met witte vlekken en zonder witte vlekken verwacht je dan bij de F1 en F2 generatie in het geval van een kruising tussen VC en STD en in het geval van een kruising van VC en VC?
- Als de mutatie matернаal overerft, welke relatie tussen de hoeveelheid witte vlekken van ouder- en F1- planten verwacht je dan bij een kruising tussen twee VC planten?
- Als de mutatie matернаal overerft, welke relatie tussen de hoeveelheid witte vlekken van ouder- en F1- planten verwacht je dan bij een kruising van een VC- moederplant en STD- vaderplant?
- Als de mutatie matернаal overerft, welke relatie tussen de hoeveelheid witte vlekken van ouder- en F1- planten verwacht je dan bij een kruising van een STD- moederplant en een VC- vaderplant?

### Hypotheses

De antwoorden op de onderzoeksvragen hebben dus betrekking op de verhoudingen van de fenotypes van de planten in de F1 en F2 generatie, die voortkomen uit verschillende kruisingen.

In principe heb je drie mogelijke vormen van overerving in dit experiment: als de mutatie in celkern zit dominant en recessief, en maternale overerving als de mutatie in de chloroplast zit.

Om de verhoudingen van de fenotypes van de F1 en F2 generatie te voorspellen in het geval van de drie mogelijke vormen van overerving, moet je eerst een voorspelling kunnen maken van de verhouding tussen de genotypes.

Je kan kruisingsschema's maken voor beide vormen van overerving via de celkern. In deze kruisingsschema's kan je de combinaties van allelen van de twee genen invullen die de gameten van de ouderplanten voor een bepaalde eigenschap hebben. Je kunt eerst de verwachtingen die je hebt naar aanleiding van de uitkomsten van de kruisingsschema's uitschrijven. Dit kan je doen in de vorm van een "Als ... dan...." beschrijving. Een voorbeeld: 'Als het de mutatie voor witte vlekken ... overerft, dan zal in de F1 de fenotypes paarse kleuring : geen paarse kleuring een verhouding van .... in de percentages witte vlekken te zien zijn'. Je kunt een zelfde verwachting opschrijven voor de F2 generatie.

Uit de verwachtingen die je hebt uitgeschreven, kan je nu hypothesen formuleren.

Licht de hypothesen kort toe. Voor het overzicht is het het beste als je de hypothesen, verwachte fenotypische verhoudingen en daaraan verbonden conclusies in een schema verwerkt. Je kunt voor zowel dominante als recessieve overerving een apart schema maken. Een voorbeeld van zulk een schema kun je hieronder vinden:

Soort Overerving	Verhouding genotypes	Verhouding fenotypes
F1		
F2		

Voor de maternale overerving hoef je geen kruisingsschema te maken; door logisch na te denken kan je beredeneren hoe de mutatie dan zal overerven. Ook kan je zo beredeneren dat je om deze vorm van overerving waar te nemen, alleen een F1 en geen F2 generatie nodig hebt. Je kunt wel in een schema weergeven welke fenotypes je verwacht als je een gewone of een plant met witte vlekken gebruikt als vader of moeder.

Voor het overzicht is het het beste als je de hypothesen, fenotypes en genotypes van de nakomelingen en daaraan verbonden conclusies in een schema verwerkt. Een voorbeeld van zulk een schema kun je hieronder vinden:

Vader- en moederplant	Genotype F1	Fenotype F1

### **Werkwijze**

Beschrijf de onderzoeken die je uit wilt voeren om de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag te beantwoorden. Beschrijf het soort onderzoek, wat je hiermee wilt onderzoeken en welke handelingen hiervoor nodig zijn. Denk hierbij aan kruisingen uitvoeren, fenotypische verhoudingen observeren e.d. Gebruik onderstaand schema.

Soort onderzoek	Wat ga ik onderzoeken	Welke handelingen moet ik uitvoeren

Bij alle kruisingen is het belangrijk om op te schrijven welke kleur de takjes hadden waar de bloemen aan zaten die je voor de kruisingen hebt gebruikt. Doe dit voor elke kruising, en voor zowel de moeder- als de vader bloem. Markeer de bloemen met een stickertje of touwtje, en nummer ze om het geheel overzichtelijk te houden. Houd ook goed bij voor welke kruisingen je de desbetreffende bloemen gebruikt.

### Benodigdheden:

Maak een lijst van benodigdheden. Je kunt alle informatie over de verzorging en bestuiving van Fast Plants vinden in hoofdstuk 6. Denk hierbij aan de hoeveelheid planten die je gaat zaaien, om de fenotypische verhoudingen goed te kunnen observeren.

### Onderzoekslokatie(s) en gemaakte afspraken:

Waar kan je de planten laten groeien? Op welke tijdstippen heb je toegang tot deze ruimte? Welk gedeelte van de plantverzorging doet de TOA, en wat moet je zelf doen?

### Tijdsplanning:

Maak een tijdsschema van je experimenten. Geef hierin aan wanneer je de planten gaat zaaien, bestuiven, uitdrogen en de nieuwe zaden oogsten. Houd bij alle onderdelen van je tijdsplanning rekening met vakanties en feestdagen. Om recessieve eigenschappen waar te nemen, is het nodig om tot de F2 generatie door te kruisen. In dit geval duurt het experiment ongeveer 80 dagen; twee keer een levenscyclus van een VC-plant of een nakomeling daarvan, en ongeveer 7 dagen om de F2 te laten groeien en hun fenotype te observeren.

Bij maternale overerving is het voldoende om alleen de F1 te gebruiken. In dit geval duurt het experiment ongeveer 54 dagen, de levenscyclus van een VC-plant, plus ongeveer 14 dagen om de nakomelingen van de kruising te laten ontkiemen en hun fenotypes goed te kunnen observeren.

Zorg ervoor dat deze tijdsplanning duidelijk in jullie schrift staat.

### Taakverdeling:

Verdeel de taken onderling in je groepje. Maak duidelijke afspraken met elkaar over wie welke taak wanneer doet. Zorg ervoor dat deze taakverdeling duidelijk in jullie schrift staat, en dat ieder van jullie het ook in de agenda opschrijft. Houd hierbij ook rekening met vakanties en feestdagen.

Jullie moeten de volgende taken verdelen:

- Het maken van de groeiopstelling.
- Het zaaien van de ouderplanten, F1 en F2 generaties.
- Het water in de onderste compartimenten bijvullen, en hier ook anti – algenmiddel aan toevoegen.
- Het observeren van de fenotypes en de observaties duidelijk noteren. Bij het observeren van de fenotypes is het belangrijk om de volgende punten te noteren: datum, soort plant, leeftijd en het geschatte percentage witte vlekken van de plant.
- De planten kruisen.
- De kleuren van de takjes waaraan de moeder- en vaderbloemen zitten noteren, en deze bloemen markeren. Ook moet er bijgehouden worden voor welke kruisingen deze bloemen worden gebruikt.
- De planten verder verzorgen: de planten ondersteunen met stokjes en de hoogte van de stapel gidsen waar de flessensystemen opstaan aanpassen aan de hoogte van de planten.
- Het water moet tijdig uit de onderste compartimenten worden verwijderd om de zaden te laten uitdrogen. Over het algemeen kan dit 20 dagen na de laatste bestuiving gebeuren.

### **Afsluiting**

Na afloop van de experimenten kun je terugblikken op de kruisingsschema's die je voor de soorten overerving hebt gemaakt, en deze vergelijken met de observaties die je in jullie schrift hebben genoteerd. Welke fenotypes heb je in welke verhoudingen geobserveerd? Met welke genotypes en dus soort overerving correspondeert dit? Verwerk je resultaten en conclusies in een korte presentatie. Je licht kort de eigenschappen van de STD- en VC-planten

toe. Verder leg je uit hoe het gen voor witte vlekken, en genetische eigenschappen in het algemeen, overerven. Je kan hiervoor de volgende begrippen gebruiken: genen, gameten, fenotype en genotype. Geef duidelijke definities van deze andere begrippen die je nodig hebt om goed uit te leggen wat jullie hebben gedaan.

Je hebt ook voor elke kruising die je hebt uitgevoerd, de kleuren van de takjes waaraan de moeder- en vader bloemen zaten genoteerd, en de bloemen zelf gemarkeerd. Welke verbanden zie je tussen de kleuren van de takjes en de hoeveelheid witte vlekken op de nakomelingen? Welke verklaring heb je hiervoor?

Je docent zal je vertellen hoe je verder getoetst zal worden op je begrip van de genetische en plantkundige begrippen en processen die in dit kruisingsexperiment aan bod zijn gekomen.

#### **4.4 Verdiepende vragen**

Verder kan je nog ter verdieping enkele vragen beantwoorden. Je docent zal je vertellen hoe je de antwoorden op deze vragen kunt verwerken.

1. In dit practicum heb je geleerd dat DNA niet alleen in de celkern voorkomt, maar ook in bepaalde organellen. Wetenschappers hebben een theorie geformuleerd over hoe dit zo gedurende de evolutie ontstaan zou kunnen zijn. Deze theorie geldt als de meest gangbare verklaring voor dit fenomeen. Hoe heet de theorie, en hoe verklaart deze het feit dat enkele organellen hun eigen DNA bevatten?
2. Tijdens het practicum is het je misschien opgevallen dat planten met veel witte vlekken minder snel groeien dan de standaardplanten. Geef hiervoor een verklaring. Denk hierbij aan de functie van bladgroenkorrels in de groei van planten.
3. Wetenschappers bij het Amerikaanse biotechnologiebedrijf Monsanto hebben planten ontwikkeld die herbicide- tolerant zijn. Deze planten zouden hogere opbrengsten moeten geven, en zouden een bijdrage kunnen leveren aan vermindering van het voedseltekort. Zoek op wat herbicide- tolerant betekent, en beschrijf in het kort hoe ze deze eigenschap aan deze planten hebben gegeven.
4. In het krantenartikel aan het begin van deze handleiding worden biobrandstoffen genoemd als een van de oorzaken van het groeiende voedseltekort. Zoek enkele artikelen over dit onderwerp op. Zoals met bijna alle ontwikkelingen, zijn er verschillende standpunten over het gebruik van bio- brandstoffen. Probeer om artikelen te lezen die zijn geschreven door mensen met verschillende standpunten. Schrijf na het lezen van de artikelen op wat jouw standpunt is over het gebruik van bio- brandstof in relatie tot de voedseltekorten. Geef minstens drie goed onderbouwde argumenten die je standpunt ondersteunen.
5. Het DNA dat zich in de chloroplasten bevindt, codeert voor specifieke eigenschappen. Noem enkele van deze eigenschappen, en leg uit waarom het logisch is dat deze genen op het chloroplast DNA liggen, gezien de functie van de chloroplast (fotosynthese). Raadpleeg de bron <http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/C/C.html> voor je antwoord.



## 5. Sierplanten

### 5.1 Tuinbouwbedrijf

Je hebt Plantenwetenschappen gestudeerd, en je hebt je tijdens je studie gespecialiseerd in het kweken van sierplanten. Deze sierplanten werden voornamelijk in tuinbouw kassen gekweekt. Na je studie ben je bij een tuinbouw bedrijf gaan werken, waar je projecten voor de productie van specifieke planten hebt opgezet en geleid. Na enkele jaren bij dit bedrijf te hebben gewerkt, was het tijd voor een nieuwe uitdaging. Met je opgedane ervaring besloot je om een eigen bedrijf te beginnen. Je vond een gat in de markt voor de productie van sierplanten, waar je je tijdens je studie ook op hebt toegelegd. De sierplanten die je bedrijf produceert worden gebruikt in parken en tuinen of als aankleding bij evenementen. Je start met de productie van enkele plantensoorten, die ofwel kleurige bloemen of bladeren en stengel hebben en daarom zeer geschikt zijn als sierplant.



*Afbeelding 10: een tuinbouw kas waarin sierplanten worden gekweekt.*

De zaken gaan goed: er worden veel planten verkocht en de winst is hoog. Je bedrijf groeit, en je neemt steeds meer werknemers aan.

Na enkele jaren zit er nog steeds een stijgende lijn in de groei van je bedrijf. Er worden echter nog steeds dezelfde planten geproduceerd als in het begin. Je denkt dat het goed is om het bedrijf te moderniseren, en laat daarom een marktonderzoek uitvoeren. Naar aanleiding van de uitkomsten van het marktonderzoek wordt je geadviseerd om andere variaties van de sierplanten te produceren. De adviseurs verwachten dat er over enige tijd een grote vraag naar andere variaties gaat komen. Als er nu al begonnen gaat worden met het ontwikkelen van deze variaties, kunnen ze op de markt gebracht worden als de vraag daarnaar ontstaat.



Afbeelding 11: een voorbeeld van de toepassing van sierplanten in een pretpark.

Je geeft daarom je onderzoeks- en ontwikkelteam de opdracht om te onderzoeken hoe er nieuwe variaties veredeld kunnen worden. Het team brengt na wat onderzoek verslag uit: ze hebben twee planten gevonden die verschillende kleurencombinaties hebben van stengel en bladeren. Ze denken dat als ze deze twee planten kruisen, de nakomelingen misschien een andere combinatie van stengel- en bladkleur zullen hebben dan de ouderplanten. Op deze manier kunnen er op een eenvoudige manier veel verschillende kleurencombinaties van dezelfde plant gekweekt worden. De ene plant hebben ze de codenaam ANTH gegeven, de andere plant de codenaam YGL. De ANTH plant heeft donkergroene bladeren en is verder geheel groen. De YGL plant heeft geel- groene bladeren die ook een sterke paarse kleuring op de onderkant hebben, die verder op de stengel zichtbaar is. Deze paarse kleuring wordt veroorzaakt door de kleurstof anthocyaan. Het onderzoeksteam wil uitzoeken wat de genetische achtergronden zijn van de verschillen tussen de twee planten. Zodoende vinden ze twee genen. Het ene gen noemen ze *ANL*, wat codeert voor de paarse kleuring. Het andere gen noemen ze *YGR*, wat codeert voor de bladkleur. Het is van deze beide genen nog niet bekend of ze dominant of recessief overerven. De onderzoekers besluiten om de beide planten te kruisen, om zo te zien of de genen dominant of recessief overerven. Verder willen ze zo ook ontdekken welke andere combinaties van stengel- en bladkleur er verkregen kunnen worden.

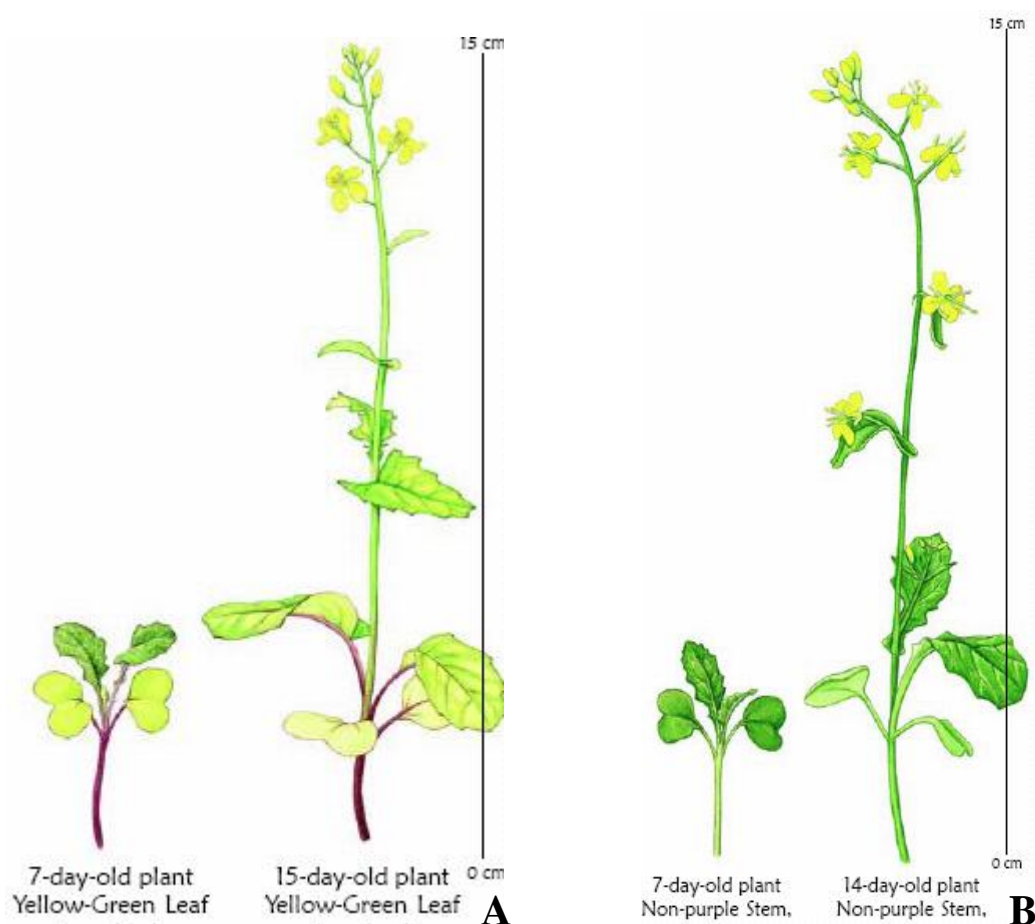
## 5.2 Fast Plants

Omdat sierplanten wat moeilijk te telen zijn in een school, kan je de kruisingsexperimenten die nodig zijn om te onderzoeken hoe de genen *ANL* en *YGR* overerven en welke andere combinaties van stengel- en bladkleur er verkregen kunnen worden, uitvoeren met Fast Plants.

Normale Fast Plants, Standard (STD) geheten, hebben een vrij korte levenscyclus; ongeveer 37 dagen van zaad tot zaad, met bloei na 14 dagen. Normale Fast Plants zijn ongeveer 15 cm hoog. Er zijn twee types Fast Plants beschikbaar die dezelfde eigenschappen hebben als de sierplanten. De ANTH plant heeft nergens paarse kleuring, en groene bladeren. De YGL plant heeft juist veel paarse kleuring om stengel en bladeren, maar geen groene maar groen- gele bladeren.

De YGL planten hebben een levenscyclus van 37 dagen, net zoals de STD planten. De ANTH planten hebben een iets kortere levenscyclus van 34 dagen, en bloeien na 12 dagen.

In afbeelding 12 kan je de fenotypes van ANTH en YGL planten op 7 en 14-15 dagen na het zaaien zien. Je kunt in deze afbeelding duidelijk het verschil in de intensiteit van paarse kleuring en bladkleur bij beide planten zien.



Afbeelding 12: fenotypes van de YGL (A) en ANTH (B) planten 7 en 14-15 dagen na het zaaien.

Door YGL en ANTH met elkaar te kruisen en de overerving van paarse kleuring in de F1 en de F2 te observeren kun je er achter komen of de genen *ANL* en *YGR* dominant of recessief overerven. Ook kun je ontdekken welke andere combinaties van blad- en stengelkleur de nakomelingen hebben. Je kunt meer lezen over Fast Plants in hoofdstuk 6.

### 5.3 Onderzoeksopzet

Je gaat met je groepje een onderzoeksopzet maken volgens onderstaand voorschrift. Per groepje nemen jullie een schrift om jullie onderzoeksopzet, observaties en conclusies in op te schrijven. Voordat je begint met de

experimenten, moet je de onderzoeksopzet- en planning laten controleren door je docent.

Door zelf een onderzoeksopzet te maken leer je de verschillende stappen die hiervoor nodig zijn. Verder leer je hoe een wetenschappelijk onderzoek is opgebouwd, want de onderzoeksopzet heeft de opbouw zoals die ook bij echt wetenschappelijk onderzoek wordt gebruikt. Deze onderzoeksopzet is dus niet specifiek voor dit kruisingsexperiment, maar algemeen toepasbaar voor allerlei vormen van onderzoek.

Het onderzoek is opgedeeld in drie delen: de inleiding, waarin je je inleest in het onderwerp, de onderzoeksvragen en hypothesen formuleert, de werkwijze waarin je de praktische zaken van het onderwerp uitwerkt en de afsluiting waarin je conclusies trekt naar aanleiding van je resultaten.

### **Inleiding**

Geef hier een beknopte omschrijving van de aanleiding van het onderzoek en het onderwerp van je onderzoek.

#### Onderzoeksvraag: hoofd- en deelvragen

De hoofdvraag die je met dit onderzoek wilt beantwoorden is: erven de genen *ANL* voor paarse kleuring en *YGR* voor bladkleur dominant of recessief over?

De deelvragen die je met het onderzoek wilt beantwoorden zijn:

- Als het *ANL* gen dominant overerft, welke verhoudingen tussen planten met en zonder paarse kleuring zul je dan verwachten in de F1 en F2 generatie?
- Als het *ANL* gen recessief overerft, welke verhoudingen tussen planten met en zonder paarse kleuring zul je dan verwachten in de F1 en F2 generatie?
- Als het *YGR* gen dominant overerft, welke verhoudingen tussen planten met groene en geel-groene bladeren zul je dan verwachten in de F1 en F2 generatie?
- Als het *YGR* gen recessief overerft, welke verhoudingen tussen planten met groene en geel-groene bladeren zul je dan verwachten in de F1 en F2 generatie?
- Welke verhoudingen tussen planten met verschillende combinaties van groene of geel-groene bladeren en wel of geen paarse kleuring verwacht je in de F1 en F2 generaties in het geval van dominante of recessieve overerving?

#### Hypothesen

De antwoorden op de onderzoeksvragen hebben dus betrekking op de verhoudingen van de fenotypes in de F1 en F2 generatie.

Om de verhoudingen tussen de fenotypes voor de dominante en recessieve overerving van de *ANL* en *YGR* genen te voorspellen, moet je eerst een voorspelling kunnen maken van de verhouding tussen de genotypes. Hiervoor kan je kruisingsschema's maken voor beide vormen van overerving, tot de F2 generatie. In deze kruisingsschema's kan je de allelen invullen die de gameten van de ouderplanten voor een bepaalde eigenschap hebben.

Je kunt eerst de verwachtingen uitschrijven die je naar aanleiding van de uitkomsten van de kruisingsschema's hebt. Dit kan je doen in de vorm van "als... dan...". Een voorbeeld: 'Als het *ANL* gen.... overerft en het *YGR* gen ... overerft, dan zal in de F1 de fenotypes een verhouding tussen de fenotypes paarse stengel, groene bladeren : paarse stengel, geel-groene bladeren : groene stengel, groene bladeren : groene stengel, geel-groene bladeren zijn te observeren van...'

Je kunt een zelfde verwachting opschrijven voor de F2 generatie.

Uit de verwachtingen die je hebt uitgeschreven, kan je nu hypothesen formuleren.

Licht de hypothesen kort toe. Voor het overzicht is het het beste als je de hypothesen, verwachte fenotypische verhoudingen en daaraan verbonden conclusies in een schema verwerkt. Voor alle vier de eerder genoemde combinaties van overerving kan je een apart schema maken. Een voorbeeld van zulk een schema kun je hieronder vinden:

Combinatie van overerving	Verhouding genotypes	Verhouding fenotypes
F1		
F2		

### **Werkwijze**

Beschrijf de onderzoeken die je uit wilt voeren om de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag te beantwoorden. Beschrijf het soort onderzoek, wat je hiermee wilt onderzoeken en welke handelingen hiervoor nodig zijn. Denk hierbij aan kruisingen uitvoeren, fenotypische verhoudingen observeren e.d. Gebruik onderstaand schema.

Soort onderzoek	Wat ga ik onderzoeken	Welke handelingen moet ik uitvoeren

### Benodigdheden:

Maak een lijst van benodigdheden. Je kunt alle informatie over de verzorging en bestuiving van Fast Plants vinden in hoofdstuk 6. Denk hierbij aan de hoeveelheid planten die je gaat zaaien, om de fenotypische verhoudingen goed te kunnen observeren!

### Onderzoekslokatie(s) en gemaakte afspraken:

Waar kan je de planten laten groeien? Op welke tijdstippen heb je toegang tot deze ruimte? Welk gedeelte van de plantverzorging doet de TOA, en wat moet je zelf doen?

### Tijdsplanning:

Maak een tijdsschema van je experimenten. Geef hierin aan wanneer je de planten gaat zaaien, bestuiven, uitdrogen en de nieuwe zaden oogsten. Houd bij alle onderdelen van je tijdsplanning rekening met vakanties en feestdagen. Om recessieve eigenschappen waar te nemen, is het nodig om tot de F2 generatie door te kruisen. Als de docent ervoor heeft gekozen om de ouderplanten YGL en ANTH te gebruiken, duurt het experiment ongeveer 87 dagen; een keer een hele levenscyclus, en ongeveer 7 dagen om de F2 te laten groeien en hun fenotype te observeren.

Je docent kan er ook voor hebben gekozen om direct de F1 generatie te gebruiken, die voortkomt uit een kruising tussen YGL en ANTH. In dat geval duurt het experiment ongeveer 47 dagen; 40 dagen voor de gehele levenscyclus en nog ongeveer 7 dagen om de F2 te laten groeien en hun fenotype te observeren.

Hou ook rekening met het feit dat ANTH ouderplanten een iets kortere levenscyclus dan YGL planten hebben. ANTH planten hebben een levenscyclus van 34 dagen en bloeien na 12 dagen.

Verder is het belangrijk om te beseffen dat de planten maar 2-3 dagen na het openen van de bloemen geschikt zijn voor bestuivingen. Zorg ervoor dat deze tijdsplanning duidelijk in jullie schrift staat.

### Taakverdeling:

Verdeel de taken onderling in je groepje. Maak duidelijke afspraken met elkaar over wie welke taak wanneer doet. Zorg ervoor dat deze taakverdeling duidelijk in jullie schrift staat, en dat ieder van jullie het ook in de agenda opschrijft. Houd hierbij ook rekening met vakanties en feestdagen.

Jullie moeten de volgende taken verdelen:

- Het maken van de groeiopstelling.
- Het zaaien van de ouderplanten, F1 en F2 generaties.
- Het water in de onderste compartimenten bijvullen, en hier ook anti – algenmiddel aan toevoegen.
- Het observeren van de fenotypes en de observaties duidelijk noteren. Bij het observeren van de fenotypes is het belangrijk om de volgende punten te noteren: datum, soort plant, leeftijd en kleuring van de plant.
- De planten kruisen.
- De planten verder verzorgen: de planten ondersteunen met stokjes en de hoogte van de stapel gidsen waar de flessensystemen opstaan aanpassen aan de hoogte van de planten.
- Het water moet tijdig uit de onderste compartimenten worden verwijderd om de zaden te laten uitdrogen. Over het algemeen kan dit 20 dagen na de laatste bestuiving gebeuren.

### **Afsluiting**

Na afloop van de experimenten kun je terugblikken op de schema's die je voor de twee soorten overerving hebt gemaakt, en deze vergelijken met de observaties die in jullie schrift zijn genoteerd. Welke fenotypes heb je in welke verhoudingen geobserveerd? Met welke genotypes en dus soort overerving

van de twee genen komt dit overeen? Verwerk je resultaten en conclusies in een korte presentatie. Je licht kort de eigenschappen van de YGL en ANTH planten toe. Verder leg je uit hoe de genen *ANL* en *YGR*, en genetische eigenschappen in het algemeen, overerven. Je kan hiervoor de volgende begrippen gebruiken: genen, gameten, fenotype en genotype. Geef duidelijke definities van deze andere begrippen die je nodig hebt om goed uit te leggen wat jullie hebben gedaan. Denk je dat deze manier van planten kweken geschikt is om nakomelingen met andere kleurencombinaties te verkrijgen? Hoe adviseer je het onderzoeksteam om verder te gaan met kweken, welke planten van de F2 kunnen ze het beste met elkaar kruisen om zoveel mogelijk variatie te krijgen?

Je docent zal je vertellen hoe je verder getoetst zal worden op je begrip van de genetische en plantkundige begrippen en processen die in dit kruisingsexperiment aan bod zijn gekomen.

#### 5.4 Verdiepende vragen

Verder kan je nog ter verdieping enkele vragen beantwoorden. Je docent zal je vertellen hoe je de antwoorden op deze vragen kunt verwerken.

1. De YGL planten hebben geel- groene bladeren. Wat is de oorzaak van deze afwijkende bladkleur, denk je? Verwacht je dat de lichtere bladkleur invloed heeft op de groei van de plant?
2. Je hebt tijdens de lessen geleerd dat sommige genen gekoppeld overerven. Denk je dat de *ANL* en *YGR* genen gekoppeld overerven, of juist niet? Geef argumenten voor je antwoord.
3. Je hebt de Fast Plants gekweekt met een constante blootstelling aan licht van TL- buizen. Dit is vrij uniek, de meeste planten kunnen niet zo gekweekt worden, maar hebben eens in de 24 uur ook een donkere periode nodig. Dit is bijvoorbeeld te zien in de tuinbouw: over het algemeen staan de lampen in de kassen niet 24 uur per dag aan. De meeste planten hebben dus een dag- en nacht ritme, net als veel andere organismen. Dit wordt ook wel een circadiaan ritme genoemd (circadian rhythm in het Engels). Veel organismen slapen of rusten op een bepaalde tijd in de 24 uur, en hebben dit ook nodig om goed te functioneren. Planten slapen niet, maar toch hebben veel soorten een dus een donkere periode nodig.
  - A. Waarom denk je dat dit zo is, wat wordt er gereguleerd in de plant door de donkere periode?
  - B. Planten moeten op één of andere manier het verschil tussen licht en donker kunnen waarnemen als ze daarop reageren. Hoe werkt dit "waarnemen"?

Zoek je antwoorden op de websites die bij de referenties zijn gegeven. Tip: het dag- nacht ritme in planten wordt ook wel de fotoperiode genoemd (photoperiod in het Engels).

4. Je hebt misschien wel eens gehoord van milieu- organisaties die bomen aanplanten om het broeikaseffect tegen te gaan. Een voorbeeld van zo'n organisatie is Trees For Travel. Wat is grootste oorzaak van de toename van het broeikaseffect, en wat heeft dit met planten te

maken? Op welke manier zouden bomen het broeikaseffect kunnen verminderen?

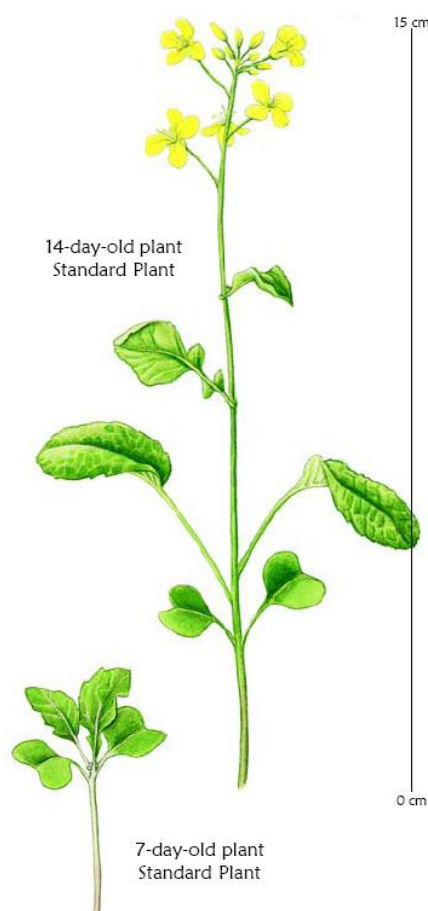


## 6. Fast Plants

### 6.1 Inleiding

Fat Plants zijn planten die familie van koolzaad zijn. Hun wetenschappelijke naam is *Brassica rapa*. Ze zijn ontwikkeld door een universiteit in de Verenigde Staten, met als doel om genetische concepten te illustreren op scholen. Ze zijn dan ook voor dit doel geoptimaliseerd, wat betekent dat ze zeer makkelijk te houden en te verzorgen zijn, en ook duidelijke eigenschappen hebben. Deze eigenschappen zijn kenmerken als de hoogte en vorm van de plant, en de kleur van bladeren en stengels. Elke eigenschap wordt door één enkel gen bepaald, en hierdoor is de overerving van zo'n eigenschap over verschillende generaties goed te volgen.

Er zijn verschillende typen Fast Plants beschikbaar, die elk hun eigen specifieke eigenschappen hebben. Er is echter ook een Fast Plant, Standard geheten die voor al deze eigenschappen een normaal fenotype heeft. De Standard plant heeft een levenscyclus van 37 dagen van zaad tot zaad, en bloeit na ongeveer 14 dagen. De plant is ongeveer 15 centimeter hoog na 14 dagen. De plant heeft donkergroene bladeren en een iets lichter groene stam. Ook heeft de plant paarse kleuring op de stam, met name dicht bij de grond, en op de onderkant van de bladeren. De Standard plant is afgebeeld in afbeelding 13.



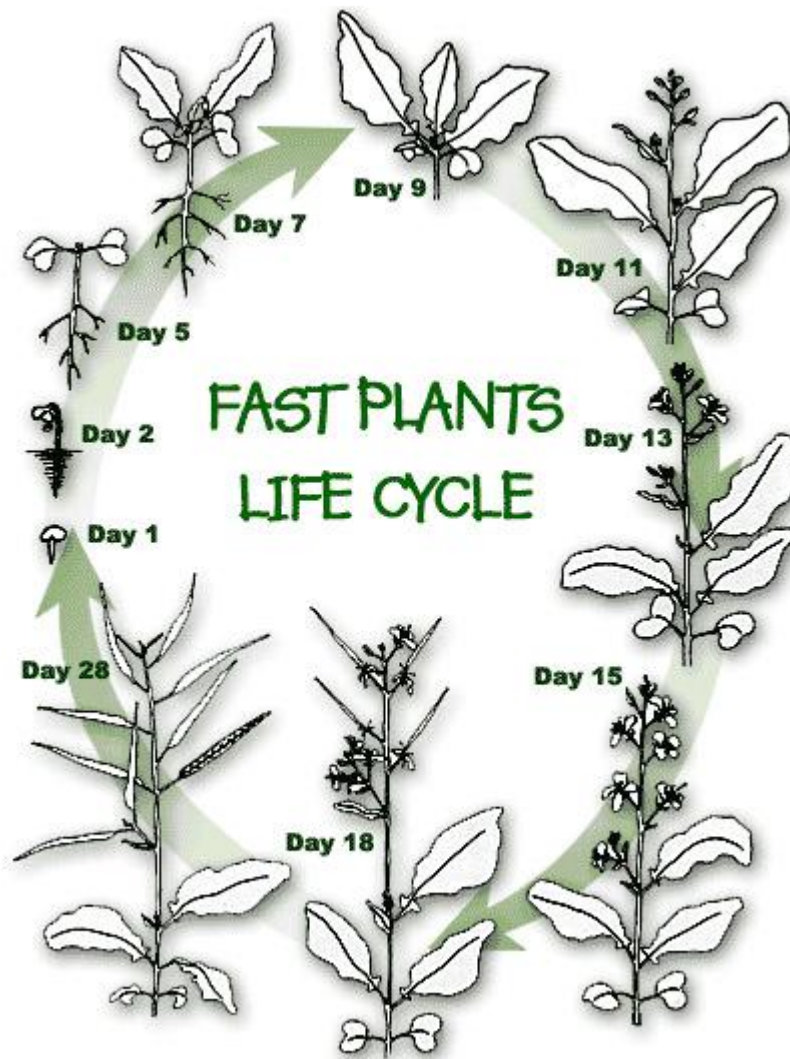
Afbeelding 13: de Standard Fast Plant, 7 en 14 dagen na het zaaien.

## 6.2 De levenscyclus van Fast Plants

De meeste Fast Plants hebben een levenscyclus van ongeveer 37 dagen. Er zijn echter ook typen Fast Plants die door mutaties langzamer groeien en dus een langere levenscyclus hebben. Het leven van een Fast Plant bestaat simpel gezegd uit kiemen uit een zaadje, groeien en bloemen ontwikkelen, bestoven worden en zaad ontwikkelen en vervolgens afsterven. Deze levenscyclus staat beschreven in tabel 1, waarin je ook kunt zien wat voor activiteiten er moeten worden uitgevoerd op bepaalde dagen. Dit schema kun je dus gebruiken in de planning van je experimenten. Verder staat de levenscyclus ook afgebeeld in afbeelding 14.

Dag	Fase in levenscyclus	Activiteiten
1	Kiemen van zaad.	
4-5	Eerste bladeren worden zichtbaar, fenotype van bladeren en stengel kan waargenomen worden.	Planten met minder goed fenotype verwijderen. Ongeveer 6 planten per fles overhouden.
7	Meer bladeren worden zichtbaar.	
9	Bloemknopjes ontwikkelen zich.	
11	Stengel verlengt zich tussen de aanhechtingsplaatsen van de bladeren. Bloemknoppen zullen meer boven bladeren gaan uitsteken.	
13-17	Bloemen openen zich, meeldraden en stamper kunnen duidelijk onderscheiden worden.	Planten kunnen bestoven worden. Het stuifmeel kan tot 4-5 dagen na opening van de bloem worden gebruikt. De stampers kunnen tot 2-3 dagen na opening van de bloemen bestoven worden.
18-22	De bloemblaadjes zullen afvallen, en de peulen zullen zwellen en groeien.	Als de bestuiving van bepaalde planten niet is gelukt, zullen de peulen zich niet ontwikkelen. Deze planten kunnen worden verwijderd.
23-36	De zaden ontwikkelen zich. De onderste bladeren worden geel en drogen uit.	20 dagen na de laatste bestuiving kunnen de planten worden uitgedroogd; het water kan uit de onderste compartimenten worden verwijderd. Dit zal ongeveer op dag 36 gebeuren.
36-40	De planten drogen uit en de peulen worden geel.	Op dag 40, of als de peulen genoeg gedroogd zijn, kunnen de zaden geogst worden.

*Tabel 1: levenscyclus van de meeste typen Fast Plants. Er zijn ook Fast Plants die langzamer groeien en een langere levenscyclus hebben. De activiteiten die op bepaalde dagen moeten worden uitgevoerd zijn ook beschreven.*



Afbeelding 14: levenscyclus van de meeste typen Fast Plants.

### 6.3 Fast plants kweken

Fast Plants zijn goed te kweken op school; ze hebben geen speciale faciliteiten nodig. Als een goed groeisysteem wordt gemaakt, is de verzorging van de planten minimaal.

De volgende factoren zijn essentieel in het kweken van Fast Plants:

- 24 uren belichting door TL lampen.
- Constante toediening van nutriënten.
- Constante toevoer van water
- Genoeg lucht bij wortels
- Temperatuur tussen de 22 en 28 °C

Fast plants hebben dus geen dag- en nacht ritme zoals de meeste planten. De planten kunnen ook niet snel overbelicht worden; ze kunnen een zeer grote hoeveelheid licht aan. Als één van deze factoren afwijkt van wat is

aanbevolen, kunnen de planten nog steeds groeien, maar zullen ze zich een stuk langzamer ontwikkelen.

Je docent beslist of jullie zelf of de TOA dit groeisysteem zal bouwen. Een voorbeeld van hoe zo'n groeisysteem er uit zal zien, staat in afbeelding 15. Door gebruik van dit groeisysteem zullen de planten voorzien worden in alle benodigdheden om goed te kunnen groeien. Ze krijgen veel licht door de TL-buizen. Het licht wordt ook weerspiegeld door het aluminiumfolie aan de binnenkant van het krat, zodat de planten nog meer licht zullen ontvangen. De planten worden gekweekt in doorgezaagde frisdrankflessen, waarvan het bovenste gedeelte, met de dop, ondersteboven in het onderste is gezet. In het bovenste gedeelte wordt het substraat gedaan, en in het onderste water. Dit water wordt van het onderste naar het bovenste gedeelte gebracht door water geleidend materiaal. Dit materiaal absorbeert water, en verspreidt dit in het substraat in het bovenste compartiment. De planten hebben genoeg lucht bij de wortels door het gebruik van een luchtig substraat. In dit substraat zijn ook bolletjes met nutriënten toegevoegd, waardoor de planten constant een toevoer van nutriënten hebben, je hoeft deze niet apart toe te dienen.



Afbeelding 15: groeisysteem voor de Fast Plants.

#### 6.4 Fast Plants zaaien

Als jullie of de TOA groeisystemen voor de Fast Plants hebben gebouwd, kunnen jullie de planten gaan zaaien. Je hebt in je onderzoeksofzet bedacht hoeveel planten je van bepaalde types nodig hebt om je experimenten uit te voeren. Je kunt het beste 3 keer meer planten van elk type zaaien, dan je nodig hebt. Dit omdat niet alle zaden zullen kiemen, en de fenotypes van de planten verschillen. Je kunt 4-5 dagen na het zaaien de planten observeren. De planten met de beste fenotypes, dat wil zeggen, die het meeste voldoen

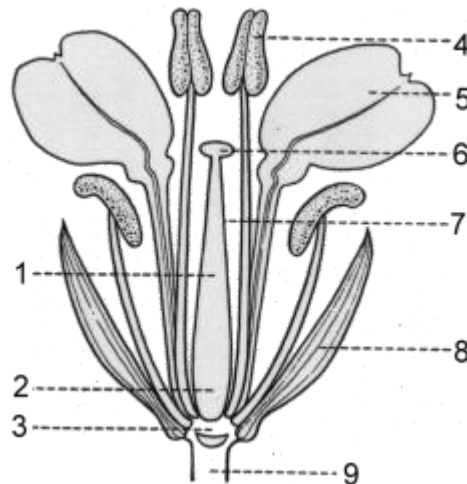
aan de fenotypische beschrijvingen kun je laten groeien. De planten die wat meer afwijken van de fenotypische beschrijving verwijder je. Je kunt het beste 6-7 planten per fles overhouden.

De zaden kunnen bij het zaaien enigszins bedekt worden met substraat, en ook een beetje bewaterd. Dit bewateren moet voorzichtig gebeuren, zodat de zaden niet weggespoeld worden. Als het mogelijk is, kun je het beste planten van één type per fles zaaien. Je kunt het type aangeven door een labeltje in het substraat te steken.

### **6.5 Fast Plants kruisen**

Als de planten bloemen beginnen te ontwikkelen, is het belangrijk om regelmatig te controleren of je de planten al kunt kruisen. Je kunt dit zien aan de ontwikkeling van de bloem: als deze ver genoeg is geopend, en je de meeldraden en de stamper duidelijk kunt onderscheiden, is de bloem klaar om kruisingen mee uit te voeren. Een schematische weergave van de opbouw van een bloem kan je vinden in afbeelding 16. De verschillende onderdelen zijn hierin ook benoemd.

De stamper zit in het midden van de bloem. Dit is het vrouwelijke deel van de bloem, waarin zich de eicellen bevinden. De meeldraden zijn het mannelijke deel van de bloem, die stuifmeelkorrels afgeven. Deze stuifmeelkorrels worden in de natuur door insecten meegenomen naar een andere bloem van dezelfde plantensoort. Als het insect dan op een andere bloem komt, kunnen de stuifmeelkorrels op de stamper terecht komen. In dat geval begint er een pollenbuis vanuit de stuifmeelkorrel te groeien. Deze pollenbuis zal bij de eicellen in de basis van de stamper komen, en zo zal er bevruchting van de eicellen plaatsvinden.



Afbeelding 16: opbouw van een bloem van Fast Plants. De volgende onderdelen zijn hierin aangegeven:

- Stamper (7), bestaande uit stijl (1), stempel (6) en vruchtbeginsel (2).  
De stuifmeelkorrels komen neer op de stempel, vanwaar een pollenbuis naar beneden zal groeien, naar het vruchtbeginsel (2). Daar bevinden zich de eicellen.
- Meeldraden, die bestaan uit een helmdraad met bovenop een helmhokje (4), waarin de stuifmeelkorrels (pollen) zitten.
- Kroonbladeren (5), bij Fast Plants geel van kleur.
- Kelkbladeren (8)
- Bloembodem (3) en bloemsteel (9)

Je kunt de planten bestuiven met bestuivingstaafjes die bij de zaden worden geleverd. Deze merk je met zelfklevende labels. De planten moeten enige dagen achtereenvolgend bestoven worden en dus kunnen de bestuivingstaafjes ook een aantal maal voor dezelfde kruisingen gebruikt worden. Op de labels dienen de moeder- en vaderplant van de kruising aangegeven te worden, en de bestuivingstaafjes mogen ook alleen precies voor die kruising gebruikt te worden. Je pakt dan een beetje stuifmeel van de vaderplant met een bestuivingstaafje. Vervolgens breng je dit stuifmeel op de stamper van de moederplant aan. Hierbij is het belangrijk om goed te kijken of er wel genoeg stuifmeel aan het bestuivingstaafje blijft hangen, en vervolgens of dit ook wel echt op de stamper terecht komt. Verder is het belangrijk om goed bij te houden welke planten je met stuifmeel van andere planten hebt bestoven. Daartoe kan je een label op de fles plakken waar de bestoven plant in groeit, of op het stokje dat de plant ondersteunt. Op dit label kan je aangeven tot wat voor types de moeder- en vaderplant behoren. Je kunt de planten 2-3 dagen achter elkaar bestuiven.

Een opmerking over het bestuiven van Fast Plants is dat ze, in tegenstelling tot veel andere planten, niet in staat zijn tot zelfbestuiving. Dit betekent dat je een bloem nooit kan bestuiven met stuifmeel dat van dezelfde plant afkomstig is. Je moet dus in alle gevallen stuifmeel van de ene naar een andere plant overbrengen.

Na de laatste bestuivingen kan je de niet - bestoven bloemen en de bloemknoppen die zich nieuw gaan ontwikkelen afknippen.

Je weet of een bestuiving succesvol is geweest als er enkele dagen na de bestuiving peulen gaan groeien. Wat belangrijk is om te weten, is dat Fast Plants in tegenstelling tot veel andere planten niet geschikt zijn voor zelfbestuiving. Je kunt een bloem dus niet bestuiven met stuifmeel afkomstig van dezelfde plant, dit zal geen zaden opleveren.

### **6.6 De planten water geven en ondersteunen.**

De Fast Plants hebben een constante toevoer van water nodig. Dit water wordt vanuit het onderste compartiment van het flessensysteem vervoert door het water geleidend materiaal.

Omdat er intens belicht zal worden, is het belangrijk dat de groei van algen in dit onderste compartiment wordt tegengegaan. Hiervoor kunnen anti- algen vierkantjes gebruikt worden (kan met de zaden meebesteld worden), of algenbestrijdingsmiddel van Velda.

De dosering van deze beide anti- algen middelen is belangrijk, om schade aan de planten te voorkomen. Een half anti – algen vierkantje per water compartiment heeft een goede werking. Voor het algenbestrijdingsmiddel van Velda moet de dosering zoals beschreven in het bijgeleverde voorschrift worden gehanteerd. Het is belangrijk om bij elke water verversing weer na te gaan of er nog genoeg algenbestrijdingsmiddel aanwezig in het watercompartiment. Als er anti- algen vierkantjes gebruikt worden, kan men dit nagaan door de blauwe kleur op deze vierkantjes te controleren. De werkzame stof is blauw, en als deze is verbruikt zal de blauwe kleur zijn verdwenen. Er kan dan een nieuw, gehalveerd anti- algen vierkantje worden toegevoegd. Als het algenbestrijdingsmiddel van Velda wordt gebruikt, moet dit bij elke waterverversing weer in de juiste dosering aan het water worden toegevoegd. Het is het beste om hierbij een oplossing van ongeveer 6 liter water te maken en hier 1,33 ml anti- algenmiddel aan toe te voegen, en dit daarna over verschillende watercompartimenten te verdelen. Het algenbestrijdingsmiddel moet goed worden geschud alvorens het wordt toegediend.

Als de planten eenmaal groeien zullen de meeste na enige tijd extra ondersteuning nodig hebben. Hiervoor kunnen stokjes en dun ijzerdraad gebruikt worden. Het is aan te raden om stokjes te gebruiken die op maat gezaagd kunnen worden, aangezien er bepaalde types Fast Plants zijn die behoorlijk langer zijn dan andere, maar toch allemaal in hetzelfde krat en dus op dezelfde verhoging staan. Verder is het aan te raden om dun ijzerdraad te gebruiken dat makkelijk is te buigen en knippen.

Verder is het ook belangrijk om de top van de planten ongeveer 5-10 centimeter van de lichtbron verwijderd te houden. Je kunt de afstand van de planten tot de lichtbron regelen door de verhoging waar de planten op staan te vergroten of te verkleinen. Gedurende de ontwikkeling van de planten is het dus erg belangrijk om af en toe de verhoging te verkleinen, zodat de planten op een goede afstand van de lichtbron zullen blijven.

## **6.7 Zaden oogsten**

Na de bevruchting zal de stamper zich vervolgens gaan verlengen en uitgroeien tot een peul. In deze peul zullen de bevruchte eicellen zich tot zaden ontwikkelen. De peul van een Fast Plant lijkt sterk op een soort kleine sperzieboon.

Ongeveer 20 dagen na de laatste bestuivingen zijn de zaden genoeg ontwikkeld. Sommige types Fast Plants hebben echter 24 dagen nodig voor zaad ontwikkeling, dit zijn de types die een levenscyclus van 40 of meer dagen hebben. Je kunt dan het water uit de onderste compartimenten verwijderen. De planten zullen nu uitdrogen, en hier zijn ongeveer 4 dagen voor nodig.

Als de peulen voldoende zijn uitgedroogd, kunnen de zaden geoogst worden. Dit kan gedaan worden door de peulen voorzichtig tussen de vingers te rollen, boven een papiertje. De zaden kunnen dan vanaf dit papiertje in een zakje worden gedaan, waarop de ouder planten kunnen worden aangegeven. De zaden kunnen op een koele, donkere plaats worden bewaard, of opnieuw worden gezaaid.



## Referenties

- Biologische begrippen: [www.digischool.nl/bi/pbb/index.php](http://www.digischool.nl/bi/pbb/index.php)
- Coordinating photosynthetic activity:  
<http://www.tiem.utk.edu/bioed/webmodules/circadianrhythm.html>
- Fast Plants: <http://www.fastplants.org>
- Kimball's Biology Pages:  
<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/>
- Natuur, wetenschap en techniek: [www.natutech.nl](http://www.natutech.nl)
- Natuurinformatie: [www.natuurinformatie.nl](http://www.natuurinformatie.nl)
- Plantaardigheden: [www.plantaardigheden.nl](http://www.plantaardigheden.nl)
- Wikipedia: [www.wikipedia.nl](http://www.wikipedia.nl) of [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

*Al deze websites zijn in juni en juli 2008 bekeken.*

### **Bronnen van gebruikte afbeeldingen:**

1. <http://www.ars-grin.gov/ars/SoAtlantic/fp/hb/niedz/gfp/>
2. <http://blufiles.storage.msn.com/y1p>
3. <http://serc.carleton.edu/details/images/9073.html>
4. <http://www.verticalfarm.com/Designs.aspx>
5. <http://www.fastplants.org>
6. A: <http://www.dolaplant.nl>  
B: <http://www.groen.net>
7. <http://www.fastplants.org>
8. <http://anastamosis.blogspot.com/2008/01/ethical-eating.html>
9. <http://www.fastplants.org>
10. [http://www.archives.gov.on.ca/english/exhibits/agriculture/big/big\\_73\\_flower\\_greenhouse.htm](http://www.archives.gov.on.ca/english/exhibits/agriculture/big/big_73_flower_greenhouse.htm)
11. <http://zuid-korea.reisvormen.nl/top10-hoogtepunten-zuid-korea.htm>
12. <http://www.fastplants.org>
13. <http://www.fastplants.org>
14. <http://www.fastplants.org>
15. Foto uit eigen archief
16. <http://www.wikipedia.org>