



PLANTKRACHT
GENETICA
WERKBOEK HAVO/VWO

Inhoud

Inleiding	4
Hoe krijg je juiste kleur gerbera's?	5
Practicum: Tomaat op de tekentafel	10
Moderne veredeling met Crispr	16
Drie casussen van genginegewassen	20
Twee toetsvragen over veredeling	22



Colofon

Auteurs

Tycho Malmberg (NIBI) en Martine Kalisvaart (biologiedocent op het Pax Christi College in Druten)

Vormgeving

Merlijn van Bijsterveld en Elies Thijs

Copyright

Utrecht, september 2021. Tekst, beeld en opdrachten mogen niet zonder toestemming worden overgenomen. Neem hiervoor contact op met het NIBI (malmberg@nibi.nl).



**PLANT
KRACHT**
zaden en planten voor de toekomst

Leerdoelen

Na dit hoofdstuk kun je antwoord geven op de volgende vragen:

1. Je snapt hoe veredelaars nieuwe eigenschappen in een plant kunnen krijgen door middel van veredeling.
2. Je kunt uitleggen welke technieken er zijn om genen aan te passen in planten.
3. Je begrijpt hoe de techniek CRISPR-Cas werkt en je kunt uitleggen welke mogelijkheden de CRISPR-techniek geeft voor veredelaars.
4. Je snapt het verschil tussen genotype en fenotype.
5. Je weet wat het verschil is tussen dominante en recessief overervende eigenschappen.
6. Je kunt uitleggen wat incomplete dominantie is.



Inleiding

Felrode rozen, tweekleurige tulpen, stevige gerbera's die lang mooi blijven in de vaas. Net als in de fashion industrie komen er op de bloemenmarkt jaarlijks nieuwe variëteiten bij die er net weer anders uit zien dan de bestaande soorten. Neem de gerbera, een populaire snijbloem die je vast wel kent. Wat iemand een mooie bos bloemen vindt, verschilt over de hele wereld. Zo zijn Nederlanders dol op mini-gerbera's die vaak in gemengde boeketten zitten en vinden Zuid-Amerikanen bossen met alleen grote gerbera's mooi.

Ook bij de groenteafdeling in de supermarkt is de keuze reuze. Kijk maar eens naar de tomatenafdeling: cherrytomaten, trostomaten, gele tomaten, vleestomaten. Er is meestal keuze uit meer dan tien soorten tomaten!

Hoe komen we eigenlijk aan al deze variëteiten en hoe zorg je dat deze eigenschappen in alle bloemen of vruchten terugkomen? Het uitpuzzelen van deze vragen is het werk van veredelaars. Grote bloemen-, fruit- en groentezaadbedrijven in Nederlands hebben veel veredelaars in dienst. Deze onderzoekers selecteren bepaalde eigenschappen van een plant en zorgen dat daar meer nakomelingen van komen. Om dit te kunnen doen hebben ze veel kennis van de genetica nodig.

In deze module nemen we je mee in de kennis die toegepast wordt in de wereld van de veredeling.

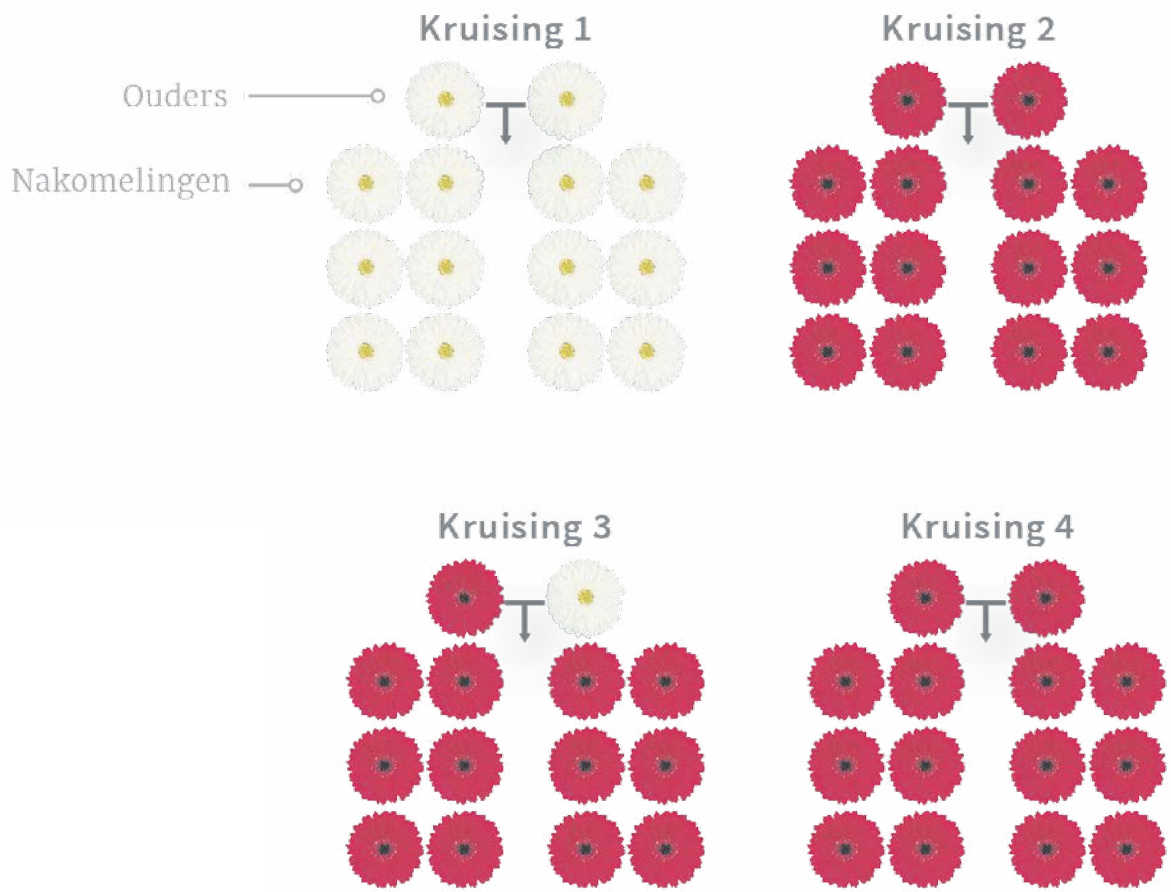


Hoe krijg je juiste kleur gerbera's?

In de sierteelt vindt de veredeling van een eigenschap, zoals bloemkleur, nog op de klassieke manier plaats. Dat betekent dat de veredelaar planten met de gewenste eigenschappen uitkiest en die als ouders gebruikt om nakomelingen te produceren. In deze nieuwe populatie nakomelingen wordt dan wederom geselecteerd op de gewenste eigenschappen. Dit worden de nieuwe ouderplanten. Door dit proces te herhalen blijven uiteindelijk alleen bloemen met de gewenste kleur over.

Bij opdracht 1 kruip je in de huid van veredelaar Martin (zie foto). Hij maakt gebruik van de klassieke veredelingsmethode om de gewenste bloemkleuren in zijn gerbera's te krijgen. Lukt het jou om aan de hand van zijn informatie het overervingsmysterie te ontrafelen?

Veredelaar Martin checkt de kwaliteit van de rode gerberavariëteit.



Voorbeeld van de eerste vier proefveldjes met 12 bloemen (de nakomelingen).

Opdracht 1

Vraag je docent om de kaarten met kruisingen voor je aan deze opdracht begint.

Je hebt een gerberaveredelingsbedrijf en je wilt een nieuwe variëteit ontwikkelen. Daarvoor ga je kruisingen maken met verschillende gekleurde ouderplanten. Je weet namelijk niet hoe de kleuren overerven. Om er achter te komen welke erfelijke eigenschappen dominant, recessief of intermediair zijn, heb je 22 kruisingen uitgevoerd, de zaden vermeerderd en opgekweekt tot proefveldjes met 12 bloemen per veldje. Bij de kruisingen maakt het niet uit welke plant de eicellen en welke plant het stuifmeel leverde. De omgekeerde (reciproke) kruising gaf dezelfde resultaten.

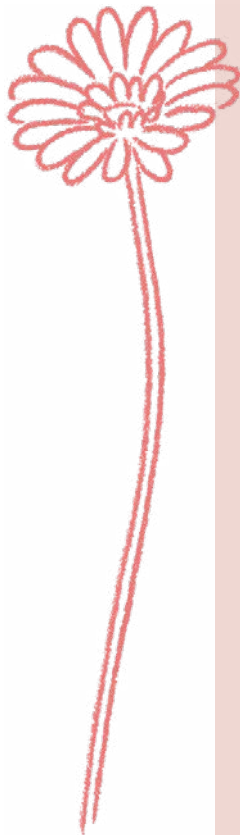
- 1a Welke conclusie kun je trekken uit de laatste zin van de alinea hierboven als het gaat om de manier van overerven van de eigenschap bloemkleur?

Je moet nu gaan uitzoeken:

1. Hoe de erfelijke eigenschappen voor de verschillende bloemkleuren overerven (dominant, recessief, co-dominant of intermediair) en welke combinatie van erfelijke eigenschappen welk uiterlijk geeft.
2. Welke planten je moet gaan kruisen zodat je nakomelingen krijgt met dezelfde bloemkleur (alleen oranje, alleen witte, alleen gele of alleen rode bloemen).

Uitvoering

- b Bekijk de vier kaarten met daarop de 22 verschillende kruisingen. Noteer de genotypes van de ouders en nakomelingen die je meteen zeker weet in tabel 1.
- c Welke conclusie kun je nu al trekken over dominante, recessieve, co-dominante of intermediaire allelen? Vul dit in bij tabel 2.
- d Kijk nu nogmaals naar de kruisingen die je niet meteen kon opschrijven en puzzel de rest van tabel 1 bij elkaar.
- e Maak ten slotte je conclusie compleet in tabel 2.



Vind je bovenstaande opdracht lastig? Gebruik dan het volgende stappenplan:

1. Bekijk kruisingen 1 tot en met 6 (kaart 1). Bij welke kruising ontstaan er nakomelingen met een nieuwe kleur? Wat betekent dat?
2. Bekijk nu kruisingen 7 tot en met 12 (kaart 2). Wat is de overeenkomst tussen de kruisingen op kaart 2 en kaart 1? Leid hieruit de overerving.
3. Noteer je waarnemingen en conclusies over rode, gele en witte bloemen nu in tabel 1 en 2.
4. Bekijk kruisingen 13 tot en met 16 (kaart 3). Hoe kun je het ontstaan van de oranje kleur van de bloemen verklaren? Vul dit in bij tabel 1.
5. Bekijk ten slotte kruising 17 t/m 22 (kaart 4). Hier spelen alle vier de kleuren een rol. Combineer je antwoorden van stap 1 t/m 4 en maak tabel 1 af. Verwerk daarna alle conclusies in tabel 2.

Tabel 1

Invulblad voor kruisingen gerbera's. Noteer ? als een allel niet bekend is.

	Ouders fenotype	Ouders genotype	Nakomelingen fenotype	Nakomelingen percentage genotype
1.	Wit x Wit		100% Wit	
2.	Rood x Rood		100% Rood	
3.	Rood x Wit		100% Rood	
4.	Rood x Rood		100% Rood	
5.	Rood x Rood		75% Rood - 25%Wit	
6.	Rood x Wit		50% Rood - 50% Wit	
7.	Wit x Wit		100% Wit	
8.	Geel x Geel		100% Geel	
9.	Geel x Wit		100% Geel	
10.	Geel x Geel		75% Geel - 25%Wit	
11.	Geel x Wit		50% Geel - 50% Wit	
12.	Geel x Geel		100% Geel	
13.	Rood x Geel		100% Oranje	
14.	Oranje x Oranje		25% Rood - 25% Geel - 50% Oranje	
15.	Rood x Oranje		50% Rood - 50% Oranje	
16.	Geel x Oranje		50% Geel - 50% Oranje	
17.	Geel x Rood		25% Rood - 25% Geel - 25% Wit - 25% Oranje	
18.	Rood x Geel		50% Oranje - 50% Geel	
19.	Rood x Oranje		50% Rood - 25% Oranje - 25% Geel	
20.	Wit x Oranje		50% Rood - 50% Geel	
21.	Geel x Oranje		50% Oranje - 50% Geel	
22.	Geel x Oranje		25% Rood - 50% Geel - 25% Oranje	

Tabel 2

Conclusies kruisingen

Fenotype	Wit	Rood	Geel	Oranje
Geconcludeerd uit kruising				
Gen				
Dominant/Recessief/Codominant/Intermediair				
Genotypes mogelijk				

Practicum

Tomaat op de tekentafel



Inleiding

Iedere tomaat heeft unieke eigenschappen zoals smaak en grootte die zijn vastgelegd in de genen van de tomaat. In deze opdracht ben jij een tomatenveredelaar. Jij vormt met een paar klasgenoten een veredelingssteam dat een nieuw tomatenras gaat ontwikkelen.

Als onderzoeksteam krijgen jullie de volgende opdracht:

Een producent van maaltijdsalades wil een geschikte tomaat om te verwerken in kant-en-klaar salades. De salades moeten makkelijk eetbaar en lekker zijn, maar ook lang houdbaar en er aantrekkelijk uitzien. In de supermarkt liggen cherrytomaatjes, vleestomaten, romatomaten, trostomaten, gewone tomaten en nog veel meer.

Kortom een heleboel tomaten. Om een goede tomaat te veredelen die aan de wensen van de producten van maaltijdsalades voldoet ga je eerst onderzoek doen aan tomaten die nu al te verkrijgen zijn.

Voor het ontwikkelen van jullie nieuwe tomatenras gebruik je verschillende tomatenrassen die overal te koop zijn. Deze rassen onderzoeken jullie op een aantal eigenschappen.



Opdracht 2

2a Onderzoek je hierbij het fenotype of het genotype?

Eigenschappen-onderzoek

Bepaal van elk tomatenras de volgende eigenschappen door onderstaand stappenplan te volgen. Noteer je waarnemingen in tabel 3.

Gewicht

1. Weeg de tomaat.

Grootte

2. Maak een dwarsdoorsnede van de tomaat, zoals te zien is op de afbeelding hiernaast. Meet de diameter. Tomaten met een diameter kleiner dan 5 centimeter worden klein genoemd.



Tweehokkig



Meerhokkig

Hokkigheid

3. Noteer of de tomaat tweehokkig of meerhokkig is. Zie de afbeeldingen hiernaast.

Lekgewicht

4. Weeg een tissue en noteer het gewicht. Leg de tomaat op een tissue op een snijplank. Snijd de tomaat in acht even grote stukken. Doe dit door één dwars- en twee lengtedoorsnedes te maken.

Keer de partjes na 30 seconden om. Haal na nog eens 30 seconden de partjes weg. Bewaar de partjes voor de smaakproef. De prut die achterblijft wordt meegewogen als lekgewicht.

Weeg de tissues nog een keer. Het extra gewicht is het lekgewicht. Deel het uitlekgewicht door het gewicht van de tomaten en vermenigvuldig dit met 100. Je hebt nu het percentage lekgewicht.

Smaak

5. Vorm een smaakpanel met jouw groepje door geblinddoekt tomaten te proeven. Je mag hiervoor een nieuwe tomaat nemen als de partjes te klein geworden zijn. Probeer de tomaten te sorteren op volgorde van zoetheid. Gebruik voor het gemak de volgende aanduidingen: matig zoet (1), zoet (2), en zeer zoet (3).

Tabel 3

Resultaten fenotype onderzoek van diverse tomaten.

Ras	Gewicht (gram)	Grootte (diameter) (cm)	Hokkigheid (check bij een ander groepje) (2 / meer)	Tissue gewicht (gram)		Lekgewicht/tomaat-gewicht (%)		Zoete smaak (1/2/3)
				Voor	Na	Groepje	Klassen-gemiddelde	

b Welke relatie is er waar te nemen in tabel 3 tussen hokkigheid en lekgewicht?

Ok. Terug naar de vraag van de producent. Je bent dus opzoek naar een nieuwe tomaat die wat betreft smaak, vochtigheid en formaat goed in een kant-en-klaar maaltijd past.

c Omcirkel in tabel 4 de eigenschappen die gunstig zijn voor het nieuwe tomatenras en licht je antwoord toe.

Tabel 4

Eigenschap	Omschrijving		
		Klein	Groot
Grootte			
	Tweehokkig	Meerhokkig	
Hokkigheid			
	Matig zoet	Zoet	Zeer zoet
Smaak			

Toelichting

Van fenotype naar genotype

De drie belangrijkste eigenschappen van de tomaatrassen (formaat, hokkigheid en suikergehalte) worden door verschillende allelen bepaald. Welke dat zijn zie je in tabel 5 hieronder.

Tabel 5

Allelen van eigenschappen van tomaten

Eigenschap	Allelen	Dominantie
Formaat	F = klein (<5 cm diameter) f = groot	Klein (F-) is dominant over groot (ff)
Hokkigheid	H = tweehokkig h = meerhokkig	Tweehokkig (H-) is dominant over meerhokkig (hh)
Suikergehalte	S ^L S ^L = laag suikergehalte S ^L S ^H = matig suikergehalte S ^H S ^V = hoog suikergehalte	Incomplete dominantie: heterozygoten hebben een intermediair fenotype

- d Vul tabel 6 in met behulp van tabel 4 waarin je de fenotypes (eigenschappen) hebt beschreven en met tabel 5 waarin de allelen en het bijbehorende fenotype staan beschreven. Als het fenotype 'dominant' is in tabel 6, ga er dan van uit dat het genotype heterozygoot is.

Tabel 6

Rassen	Eigenschap	Fenotype	Genotype
Ras 1: _____	Formaat		
	Hokkigheid		
	Suikergehalte		
Ras 2: _____	Formaat		
	Hokkigheid		
	Suikergehalte		
Ras 3: _____	Formaat		
	Hokkigheid		
	Suikergehalte		
Ras 4: _____	Formaat		
	Hokkigheid		
	Suikergehalte		
Ras 5: _____	Formaat		
	Hokkigheid		
	Suikergehalte		

- e Arceer of omcirkel in tabel 6 alle fenotypes die gunstig zouden zijn voor jullie nieuwe tomatenras. Zorg dat dit in overeenstemming is met je antwoorden in tabel 4.
- f Welk genotype heeft jullie ideale tomaat (gebruik tabel 6)?

- g Welke tomatenrassen zou jij gebruiken als ouderplanten, zodat je de gewenste eigenschappen kunt inkruisen voor jullie ideale tomaat? Schrijf de rassen en hun genotype op.

Kruisingsschema

Je gaat een kruisingsschema maken om na te gaan of je met de gekozen ouderplanten de ideale tomaat als nakomeling kunt krijgen.

- h Schrijf in de rode hokjes alle mogelijke gameten van elke ouder. Bijvoorbeeld: FhS^H of fHS^L .
- i Schrijf in de witte hokjes komen alle mogelijke allelcombinaties van de nakomelingen. In het hokje rechtsonder staat een voorbeeld. Tip: gebruik een potlood.
- j Kleur in tabel 7 de hokjes waarin het gewenste fenotype zit.
- k Hoeveel procent van het zaad zal het gewenste fenotype hebben? Maak een berekening gebaseerd op je bovenstaande antwoorden.

- l Het veredelingsbedrijf dat de trostomaat heeft ontwikkeld, wil aan zijn klanten zaden verkopen die nagenoeg voor 100% dezelfde eigenschappen hebben. Bedenk of de ouderplanten van deze zaden homozygoot of juist heterozygoot zouden moeten zijn voor de gewenste eigenschappen. Licht je antwoord toe.

Moderne veredeling met Crispr Nobelprijs voor Crispr-Cas-technologie

De Nobelprijs voor Chemie ging in 2020 naar de Franse microbioloog Emmanuelle Charpentier en de Amerikaanse moleculair geneticus Jennifer Doudna voor de 'ontwikkeling van een methode voor genomredigeren', de Crispr-Cas-technologie.

Crispr-Cas maakt het mogelijk om erfelijk materiaal van planten en dieren op relatief eenvoudige wijze, zeer nauwkeurig en efficiënt te veranderen. Hoofdrospelers in de CRISPR/Cas methode zijn nuclease-enzymen, een soort moleculaire knipscharen.

1. Het Cas-enzym knipt heel gericht een stuk dubbelstrengs DNA open.
2. Wanneer het DNA doormidden geknipt wordt, zal het Het natuurlijk herstellingsmechanisme van een organisme de breuk proberen te herstellen. Er kunnen nu twee dingen gebeuren (zie Figuur 3-2)
3. In het eerste geval worden de eindjes terug aan elkaar gezet via een proces dat in wetenschappelijk jargon niet-homologe versmelting van de uiteinden wordt genoemd (non-homologous end joining). Tijdens dit proces worden echter vaak fouten gemaakt waardoor een of meerdere DNA-bouwstenen verdwijnen of toegevoegd worden. Met andere woorden: er worden één of meerdere mutaties veroorzaakt. Op deze wijze kun je een bepaald gen uitschakelen (beter bekend als knock-out). Knock-out mutanten worden gebruikt om de functie van bepaalde genen te onderzoeken.

4. In het tweede geval kan de breuk hersteld worden met een stuk DNA dat aan de uiteinden een grote sequentie-overeenkomst (homologie) met de breuk vertoont. Dit wordt homologiegestuurd DNA-herstel (homology directed repair) genoemd. Via deze methode kan dus een nieuw DNA-fragment ingebouwd worden of kan een fragment ingevoegd worden zodat de oorspronkelijke sequentie hersteld wordt maar met een of meerdere doelbewuste fouten. Bij beide herstellingsmechanismen wordt de originele DNA-code op een specifieke plaats veranderd.



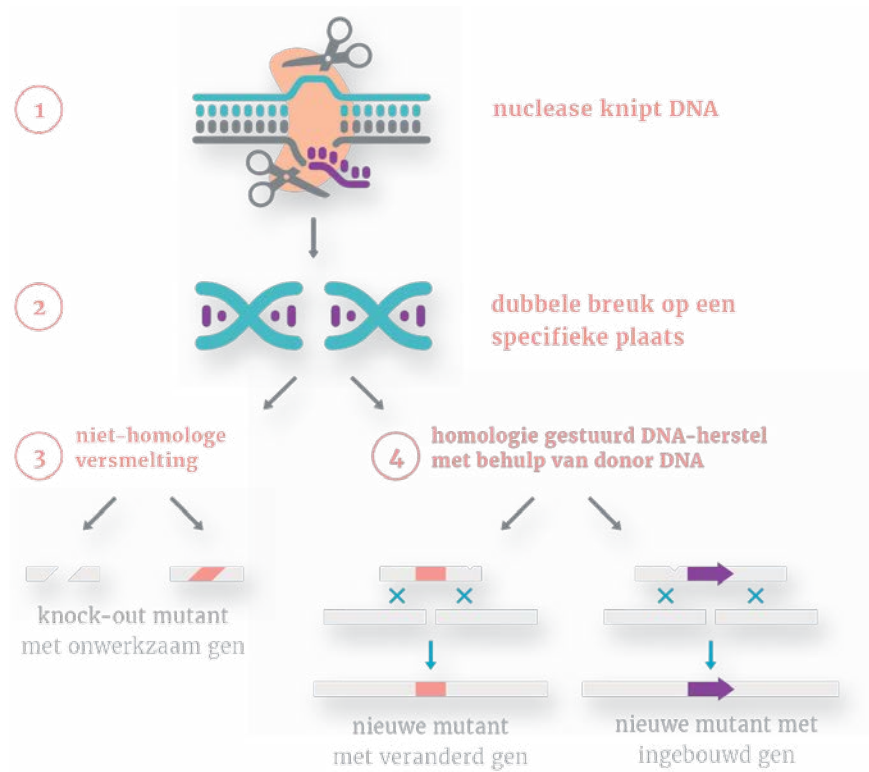
Emmanuelle Charpentier & Jennifer Doudna

Samengevat kunnen er met CRISPR/Cas drie typen mutaties worden verkregen in de plant:

1. Een gen wordt uitgeschakeld en er ontstaat een zogeheten knock-out mutant.
2. Een mutant met een spontaan veranderd gen. Deze nieuwe mutant kán een nieuwe variëteit opleveren met een nieuwe eigenschap, maar dat is niet zeker
3. Een nieuwe mutant met een ingebouwd gen waarvan je de functie van tevoren al weet. Met deze techniek kan je bijvoorbeeld een resistentiegen inbouwen tegen een plantenziekte.

In CRISPR/Cas staat CRISPR voor Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats en Cas voor CRISPR-associated. Het CRISPR/Cas systeem biedt van nature een bescherming tegen virussen doordat het Cas-enzym het virus DNA kapot knipt

Figuur 1:
Genredigeren met
Crispr-Cas



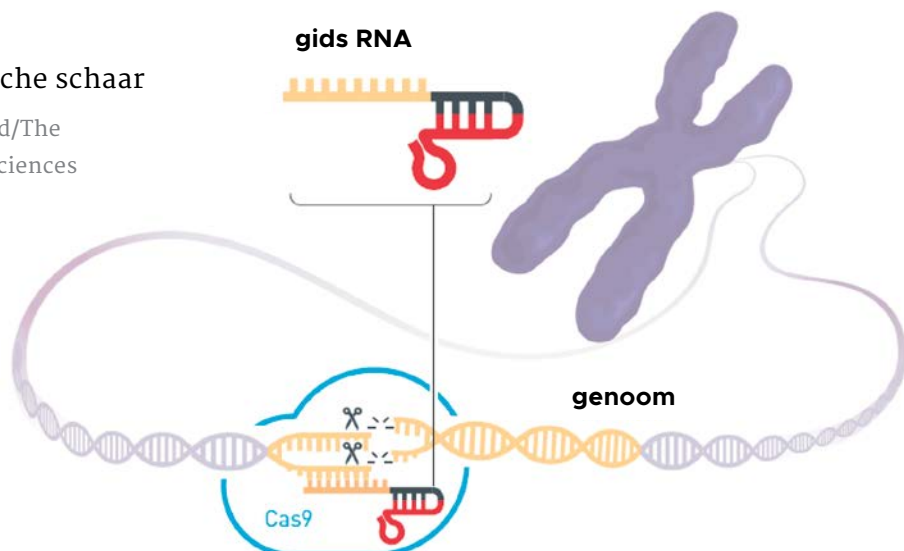
Opdracht 3

Bekijk dit plaatje (figuur 2) dat bij het persbericht van de Nobelprijs werd verspreid. Het Cas-enzym kan heel gericht het DNA openknippen. Zoals je op het plaatje ziet is er een stukje ‘gids-RNA’ ingebouwd aan het Cas-eiwitcomplex.

Leg uit wat de functie is van dit gids RNA

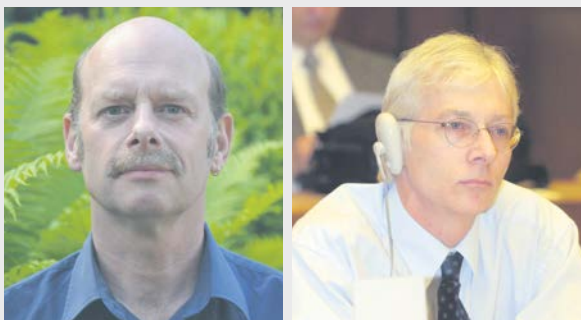
Figuur 2:
De Crispr/Cas9 genetische schaar

Illustratie: © Johan Jarnestad/The
Royal Swedish Academy of Sciences



De Europese Commissie stelt in een nieuw rapport dat het beleid voor GGO's (genetisch gemodificeerde organismen) is ingehaald door de opkomst van nieuwe technieken voor modificatie zoals Crispr-Cas. Ook staat er in dat deze nieuwe technieken net zo veilig of zelfs veiliger zijn dan gangbare en geaccepteerde veredelings technieken. De techniek zou hiermee zelfs een interessante bijdrage kunnen leveren aan de Green Deal van de EU die inzet op minder bestrijdingsmiddelen, meer bio-logische landbouw en teelt van ziekte en klimaatbestendige gewassen.

Microbioloog, Crispr-expert en Spinozaprijswinnaar John van der Oost van Wageningen Universiteit 'Het rapport heeft me toch wel opgelucht, dus ik zal niet al te zuur reageren. Het lijkt er toch echt op dat ze nu ook bij de EU inzien dat Crispr fantastische mogelijkheden biedt en een belangrijke bijdrage kan leveren aan verduurzaming van de landbouw en voedselproductie. De kwestie van veiligheid blijft altijd een punt en het is ook goed dat we daar scherp op blijven toezien.



John van der Oost & Kevin Stairs

Aan wetenschappers viel het al lang niet meer uit te leggen dat relatief zorgvuldig

genredigeren, waarin je nauwkeurig in de gaten houdt wat je doet, aan strengere regels moest voldoen dan vrij lukraak mutaties opwekken en hopen op iets beters. Het rapport kan best een kantelpunt worden, en ik hoop dat ze nu doorpakken en binnen vijf jaar de regelgeving tot op een acceptabel niveau aanpassen. Qua wetenschap zijn we in Europa net zo ver als andere landen. China en de VS zitten misschien qua toepassingen in de kopgroep, maar de Tour is nog niet halverwege en er komen nog bergetappes. Sommige mensen zijn huiverig dat je de nieuwe ggo gewassen niet meer van gangbare kunt onderscheiden. Maar ik vind dat alleen maar mooi: het toont dat de producten van de Crispr-technologie ook in de natuur kunnen ontstaan, alleen gaat het nu veel sneller.'

Greenpeace EU ggo-beleidsadviseur Kevin Stairs. 'Nieuwe genetische modificatietechnieken maken het biotechbedrijven mogelijk veranderingen in organismen aan te brengen die niet in de natuur voorkomen en fundamenteel verschillen van traditionele veredelings technieken. Het bewijs groeit dat nieuwe ggo-technieken onbedoelde mutatie-effecten teweegbrengen, naast de door de ontwikkelaars gewenste veranderingen. De EU heeft de verantwoordelijkheid de rechten te beschermen van boeren om te bepalen wat ze planten en voor burgers wat ze willen eten, en ze moet het milieu en de biodiversiteit beschermen tegen mogelijke gevaren van ggo's. De Europese Commissie en nationale overheden dienen het voorzorgsbeginsel te respecteren en de uitspraak van het Europese Hof van Justitie: ggo's met een andere naam zijn nog steeds ggo's en moeten wettelijk ook zo behandeld worden. Greenpeace roept daarom op om ggo's geproduceerd met nieuwe technieken onderhevig te laten zijn aan dezelfde regels als oudere ggo's.'

Bron: Bionieuws

Opdracht 4

- 4a Lees bovenstaand artikel waarin twee verschillende meningen staan over welke koers de EU moet varen als het gaat over de regelgeving voor het op de markt brengen van GGO gewassen. Onderzoeker John van der Oost is voorstander en Kevin Stairs van Greenpeace is tegenstander.

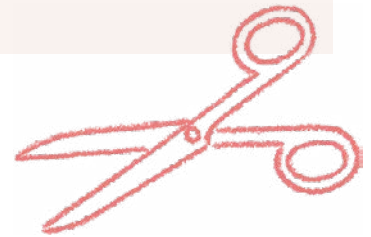
Welke argumenten gebruiken John en Kevin om hun standpunt te verdedigen?

John van der Oost

Lined area for writing arguments for John van der Oost.

Kevin Stairs

Lined area for writing arguments for Kevin Stairs.



Drie casussen van gentechgewassen

Casus 1

Paarse tomaat

Onderzoekers van het John Innes Centre in Engeland, hebben, ondersteund door Wageningse onderzoekers, extra gezonde, paarse tomaten ontwikkeld. Dat schrijven zij in Nature Biotechnology. De tomaten zijn met behulp van genetische modificatie voorzien



Foto: Andrew Davies & Sue Bunnywell, John Innes Centre, UK

van twee genen uit een leeuwenbekje die nodig zijn om anthocyanen te maken. De tomaten bevatten daardoor anthocyanen, paarskleurige antioxidanten die we ook uit fruit kennen. De anthocyanen zijn een waardevolle aanvulling op de andere gezonde stoffen in tomaat, zoals lycopene. Het onderzoek liet zien dat de nieuwe paarse tomaten bij bepaalde kanker gevoelige muizen inderdaad een extra bescherming bieden tegen de ontwikkeling van kanker.

Bron: Plant Research International, WUR

Casus 2

Round Up Ready gewassen en glyfosaat

Al jaren worden in de VS en Zuid-Amerika Round Up ready gewassen zoals mais en soja verbouwd. Deze gewassen bevatten een gen dat ervoor zorgt dat de plant immuun is tegen het onkruidbestrijdingsmiddel glyfosaat (merknaam Round Up). In Nederland is de teelt van deze GM-gewassen nooit toegestaan. Wel wordt glyfosaat gebruikt om de akkers onkruidvrij te maken zodat de akker niet in zijn geheel omgeploegd hoeft te worden. In veel landen is het gebruik van glyfosaat nu verboden. In 2022 vind er een herbeoordeling plaats in de EU om te kijken of glyfosaat verboden moet worden ook in Nederland.

Casus 3

Gouden rijst

Het IRRI, het internationale rijst onderzoeks instituut, werkt aan een rijstvariant dat veel bètacaroteen bevat, een pigment dat de voorloper is van vitamine A. In veel arme landen is vitamine A tekort nog een serieus probleem wat zelf kan leiden tot blindheid. De onderzoekers denken dat een dieet van gouden rijst kan helpen dit vitamine A tekort op te lossen. Het onderzoek naar gouden rijst loopt al meer dan 20 jaar. De eerste versie van het gouden rijst had een narcisgen. Later in 2005 ontwikkelde Syngenta een variant met een

maisgen dat wel 23 keer meer bètacaroteen bevat. Syngenta heeft het IRRI toestemming gegeven om de nieuw gouden rijst door te ontwikkelen zonder daarvoor extra patentkosten te betalen (royalty free). Greenpeace is fel tegenstander van gouden rijst en vindt dat er voor dit probleem veel duurzamere oplossingen zijn die zich in de praktijk al hebben bewezen. Gouden rijst is daarom een peperdure oplossing die risico's oplevert voor het milieu, voor de menselijke gezondheid en voor de voedselzekerheid.



Bron: Vlaams Instituut voor Biotechnologie / Greenpeace.nl

Links gewone rijst, rechts gouden rijst dat veel geler is vanwege het bètacaroteen. Foto: Wikimedia

4b Lees hierboven de drie casussen en schrijf argumenten op die voor en tegen de techniek pleiten.

Argumenten voor GM-gewassen

Blank writing area for arguments in favor of GM crops, consisting of ten horizontal lines.

Argumenten tegen GM-gewassen

Blank writing area for arguments against GM crops, consisting of ten horizontal lines.

c Lees (nogmaals) de informatie over Crispr-Cas bij opdracht 3 en bekijk alle argumenten die je bij opdracht 4a en 4b hebt verzameld over het inzetten van biotechnologie om gewassen te veredelen. Wat vind jij? Moet de EU Crispr-Cas goedkeuren of verbieden? Licht je antwoord toe.

Blank writing area for the answer to question c, consisting of two horizontal lines.

Twee toetsvragen over veredeling

Dankzij een innovatieve techniek, ontwikkeld door een Nederlands planten-veredelingsbedrijf, kunnen boeren verbeterde aardappels telen uit zaad in plaats van uit pootaardappels.

Aardappelplanten (*Solanum tuberosum*) krijgen bloemen die na bestuiving uitgroeien tot bessen met honderden zaden. Beter bekend is de voortplanting door ondergronds gevormde zetmeelrijke knollen: de aardappels (figuur 3). De teelt van consumptieaardappels in Nederland is vooral gebaseerd op het gebruik van de knollen: een teler koopt ze als pootaardappels bij een vermeerderingsbedrijf en zet ze in de grond. Uit elke pootaardappel groeit een aardappelplant die weer nieuwe knollen produceert.



Bron: Cito VWO examen 2021

Opdracht 5

- 5a** Gebruik van pootaardappels heeft voor een aardappelteler het voordeel dat de aardappelplanten die daaruit groeien, aardappels vormen van een constante kwaliteit. Verklaar waardoor de aardappels uit pootaardappels over het algemeen een constante kwaliteit hebben.

- b** Noteer een oorzaak waardoor er toch verschillen kunnen zijn.

- c** Tetraploïde ($4n$) aardappelplanten zijn vaak groter en produceren grotere knollen dan de diploïde planten. Doordat de rassen die in de landbouw worden gebruikt vrijwel allemaal tetraploïd zijn, is aardappelveredeling lastig. Hoeveel verschillende genotypen zijn bij tetraploïde aardappelplanten mogelijk voor één eigenschap met twee allelen?

A 2 **B** 3 **C** 4 **D** 5 **E** 6 **F** 8

d Aardappelveredelaars hebben eeuwenlang getracht door kruising en selectie gewenste eigenschappen homozygoot in de tetraploïde planten te krijgen, zoals resistentie tegen het aardappelvirus PVS. Een recessief allel r codeert voor deze resistentie. Twee tetraploïde aardappelplanten met genotype $RRrr$ worden met elkaar gekruist. Bij tetraploïde planten ontstaan na meiose diploïde geslachtscellen.

1. Noteer de genotypenverhouding van de mannelijke geslachtscellen en licht je antwoord toe.

Blank area for writing the answer to question 1.

2. Noteer de kans op PVS-resistentie voor een nakomeling uit deze kruising. Tip! Gebruik het kruisingsschema hiernaast als je er niet zo makkelijk uitkomt.

Blank area for writing the answer to question 2.

Tabel 8

Kruisingsschema PVS resistentie

Moeder				

Verdachte chrysanten

De van oorsprong gele chrysant wordt in Nederland volop gekweekt. Er zijn witte (afbeelding 1), roze, rode en paarse variëteiten. Sommige hebben grote bloemen, andere juist kleine.

De verschillende chrysanten-rassen zijn ontwikkeld door klassieke veredeling: dit is veredeling door middel van kruisingen waarbij wordt geselecteerd op gewenste kleuren en vormen. Bij klassieke veredeling spelen net als bij evolutie selectie en isolatie een rol.



Afbeelding 1

Opdracht 6

6a Verklaar dat klassieke veredeling niet mogelijk is zonder isolatie.

Blank area for writing the answer to question 6a.

Het kost jaren voordat gewenste eigenschappen uiteindelijk via klassiek veredelen in de planten vóórkomen en er sprake is van een nieuw ras. Bij het veredelen van chrysanten wordt gebruikgemaakt van de genetische variatie van de planten. Om het veredelingsproces te versnellen, bestralen veredelaars plantendelen met radioactieve straling. Cellen van bladeren en stengels worden vervolgens op voedingsbodems opgekweekt tot volledige planten.

- b** De radioactieve straling leidt tot extra variatie in het erfelijk materiaal. Hoe noemen we deze eigenschap van radioactieve straling?
- A** emergent **B** modifierend **C** mutageen **D** persistent
- c** Bij weefselkweek worden hormonen toegevoegd waardoor de cellen andere organen vormen, zoals wortels. Op welke wijze veroorzaken plantenhormonen differentiatie van cellen tot wortelcellen?
- A** Ze beïnvloeden in cellen de expressie van bepaalde genen.
B Ze bevorderen de deling van cellen.
C Ze laten cellen de benodigde voedingsstoffen opnemen.
D Ze stimuleren de cellen tot opslag van reservestoffen.

Om als nieuw ras te worden geregistreerd moet een variëteit aan drie eisen voldoen:

1. Zij moet zich onderscheiden van andere rassen.
2. Alle planten moeten op elkaar lijken.
3. De kenmerkende eigenschappen blijven na vermeerderen behouden.

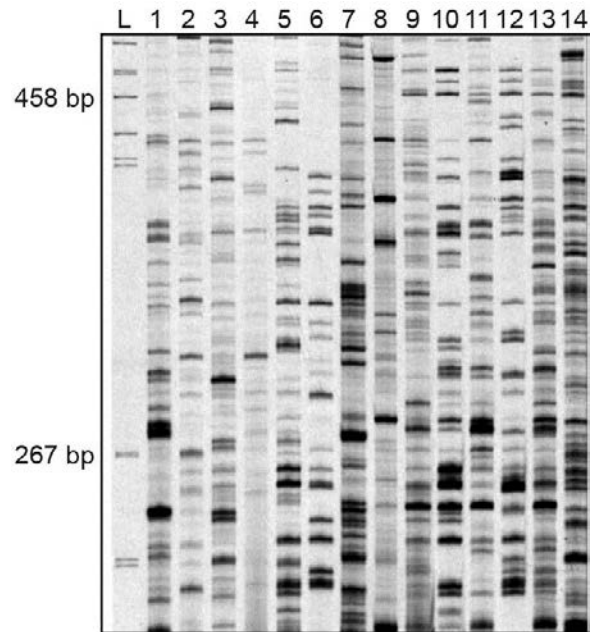
Als hieraan is voldaan krijgt de veredelaar kwekersrecht. Hiermee kan hij gedurende 25 jaar beslissen wie het ras mag telen.

Kwekerij Flowi heeft ter gelegenheid van de Olympische Spelen de helderrode chrysant 'Tokio' gekweekt en hiervoor het kwekersrecht gekregen. Chrysanten van het ras Tokio worden ongeslachtelijk vermeerderd.

- d** Over het ras Tokio worden drie uitspraken gedaan. Omcirkel achter elke uitspraak of deze juist of onjuist is.
1. Tokio moet voor alle kenmerkende eigenschappen homozygoot zijn. **juist / onjuist**
2. Tokio heeft alleen maar dominant overervende eigenschappen. **juist / onjuist**
3. Tokio kan niet worden gekruist met planten van een ander chrysantenras. **juist / onjuist**

Na enige tijd verschenen vrijwel identieke chrysanten onder de naam 'Red Sun' op de markt. Om te onderzoeken of dit echt een ander ras is dan de Tokio klopte Flowi aan bij Naktuinbouw (Stichting Nederlandse Algemene Kwaliteitsdienst Tuinbouw). Deze dienst kan onderzoeken of een kweker planten teelt waarop een andere kweker het kwekersrecht heeft.

Om na te gaan of Tokio en Red Sun tot hetzelfde ras behoren, worden ze in kassen opgekweekt en vervolgens vergeleken op de kenmerkende eigenschappen. Daarnaast worden genetische verschillen in kaart gebracht door middel van DNA-onderzoek. Hiermee wordt van elk ras een unieke DNA-fingerprint verkregen. In afbeelding 2 zijn de fingerprints van verschillende rassen weergegeven.



Afbeelding 2

- e Licht toe waarom Naktuinbouw alleen een goede conclusie kan trekken over kwekersrechten als de planten onder dezelfde omstandigheden zijn opgekweekt.

- f Door welk verschil in DNA heeft elk chrysantenras een unieke DNA-fingerprint?

- A Door een verschil in de nucleotidenvolgorde van het DNA
- B Door een verschil in de volgorde van de genen op de chromosomen
- C Door een verschil in het aantal chromosomen

Van een tiental andere chrysantenrassen is ook een DNA-fingerprint gemaakt. Deze rassen worden gebruikt als referentierassen. Dat is nodig om te bepalen in welke mate chrysantenrassen normaal gezien van elkaar verschillen.

Uit het onderzoek van Naktuinbouw bleek dat het kwekersrecht van Flowi was geschonden: De verschillen tussen de referentierassen bleken ... (1) ... de verschillen tussen Tokio en Red Sun. Dit resultaat bevestigt dat Tokio en Red Sun tot ... (2) ... behoren.

- g Wat moet worden ingevuld bij 1 en 2?

Bij 1

- A groter dan
- B groter dan
- C kleiner dan of gelijk aan
- D kleiner dan of gelijk aan

Bij 2

- hetzelfde ras
- verschillende rassen
- hetzelfde ras
- verschillende rassen

Ruimte voor aantekeningen



A large rectangular area with a light beige background and horizontal white lines, intended for taking notes.

