

MENS

DOSSIER

Knutselen met plantengenen

Deel 1: Een technologie zoals (g)een andere?



VOORWOORD

Beste MeNS lezer,

Alweer een nieuw MeNS-nummer ligt op jullie te wachten. Bij het lezen van de titel flitsten er waarschijnlijk beelden over vernielde aardappelvelden en boze wetenschappers door uw hoofd. Al snel kwam ook het 'Aardappelproces' in de media. En daar houdt het niet bij op. Ook over GGO-populieren durft het al eens stevig rommelen. Maar waarom al die heisa?

Al van oudsher zijn mensen bezig om het maximale te halen uit hun landbouwactiviteiten. We verkregen grotere oogsten door in de natuur op zoek te gaan naar soorten die een mooie opbrengst genereren of door het ontwerpen van beter en efficiënter landbouwmateriaal. De landbouw kampt echter met tal van problemen. Het telen van gewassen in monocultuur verhoogt het risico op een totale mislukking omwille van ziektes. Op plaatsen waar voedselproductie te beperkt is, lopen mensen het risico door een eentonig dieet tekorten op te bouwen in vitaminen en mineralen. Bovendien is voedsel produceren een ding, het heelhuids tot bij de consument brengen is iets heel anders. We liepen stilaan vast op de grenzen van de landbouwmogelijkheden.

En toen kwamen onderzoekers, u hebt vast al van Prof. Dr. Van Montagu gehoord, met GGO's, ook wel genetisch gemodificeerde organismen, op de proppen. Het wondermiddel tegen de muren waar boeren soms oplopen? Ze bestaan tegenwoordig in alle soorten en maten. Gewassen die beschermd zijn tegen bepaalde ziekten, gewassen die resistent zijn tegen bepaalde herbiciden, gewassen die in hogere concentraties provitaminen produceren, gewassen met een langere houdbaarheidsdatum... Het klinkt bijzonder spectaculair en lijken elk probleem te omzeilen. In sommige contreien zijn ze reeds goed ingeburgerd, andere regionen lijken zich ertegen te verzetten.

Dit MeNS-nummer wil u graag meenemen in deze wereld om te kijken hoe zo een GGO tot stand komt en welke mogelijkheden er reeds bestaan. De discussie of GGO's echt de redding kunnen betekenen van ons globale landbouwsysteem of we toch wat beter op onze hoede moeten zijn, bewaren we voor het volgende nummer.

Nu rest er mij nog u veel leesplezier te wensen en hopelijk raakt u mee gefascineerd door dit technologisch hoogstandje.

Ir Ariane Ooms

Inhoud

		
2	18	25
Variatie en selectie: hoe natuurlijk zijn onze gewassen nog? 4		
Van de akker naar het lab: mutagenese 9		
Gene Silencing 17		
GGO's wereldwijd 19		
Bacillus thuringiensis: live of in uitgesteld relais ? 25		
Golden Rice: wondermiddel of kwakzalverij? 27		

Knutselen met plantengenen

Deel 1: Een technologie zoals (g)een andere?

Prof. Dr. Geert Potters (Hogere Zeevaartschool - Universiteit Antwerpen)

Het maken van transgene planten is een Vlaamse vinding. Onderzoekers Marc Van Montagu en Jeff Schell, tezamen met hun team van medewerkers en studenten aan de Universiteit van Gent, leerden immers in de loop van de jaren 1970 en 1980 hoe een eenvoudige bodembacterie, *Agrobacterium tumefaciens* genaamd, een stukje van haar eigen DNA kan inbrengen in de cellen van een gastheerplant. Die cellen beginnen daarop volop te delen, en zorgen zo voor een omgeving waarin de bacterie zich kan nestelen, en zich met de voorraden van de plant kan voeden. Alleen al het ontsluiten van die interactie was een wetenschappelijke topprestatie. Maar het Gentse team deed meer: het ontdekte immers ook dat dat stukje bacterieel DNA kan worden vervangen door eender welk ander stuk DNA. En ook dat was een vinding van formaat. Daardoor konden planten

nieuwe eigenschappen verkrijgen, zonder langs de tijdrovende weg van klassieke kruisingen en selectie te moeten passeren. De geboorte van het transgeen tijdperk was een feit.

En toch staat Vlaanderen niet echt bol van de planten-biotechbedrijfjes. Meer nog: de Vlaamse, en bij uitbreiding de Europese burger is niet bepaald tuk op al dat genetisch geknutsel. Bedrijven als Bayer investeren dus niet langer in plantenbiotechnologie op het Europese continent. Milieuverenigingen wijzen op de mogelijke ecologische impact van het ongecontroleerd toelaten van genetisch gemodificeerde organismen (GGO's) in de natuur. Andere onderzoekers wijzen op de weerslag die het eten van dergelijke planten zou kunnen hebben op de gezondheid van de consument. Nog anderen betreuren dat de



De professoren Marc Van Montagu en Jeff Schell



gentechnologie vooral een zaak is geworden van big business, en dat de betrokken bedrijven zoals Monsanto en Bayer enkel uit zijn op de winsten die met die planten zijn te behalen, en daarbij geen oog hebben voor een duurzame ontwikkeling van de landbouw, niet in het rijke Westen, en al helemaal niet in ontwikkelingslanden. En af en toe komt het tot een ware “veld”-slag, en ontmoeten voor- en tegenstanders elkaar rond een proef met ziekteresistente aardappelen. Langs de ene kant krijgen we grote beloften van professoren en biotechmultinationals, langs de andere kant stellen andere professoren en ngo's zich vele vragen over de wenselijkheid en de veiligheid van de nieuwe gewassen. En misschien moeten we inderdaad maar paal en perk stellen aan deze technologie.

Maar waar moeten die palen en perken dan wel komen? Wat dacht u dan hiervan... Recentelijk verscheen de zogenaamde Arctic Apple op de markt in de VS. In deze genetisch gemodificeerde appel wordt de werking van polyfenoloxidase (PFO)

onderdrukt, zodat de appel niet bruin verkleurt aan de lucht (kijk zelf op youtu.be/g2-BqBZmVd0)

Deze vrucht mocht van bij aanvang rekenen op een dosis negatieve reclame: tegenstanders claimden dat de effecten van de appel op mensen onduidelijk waren, dat er mensen allergische reacties zouden ontwikkelen op deze appel, dat de bloeiende appelboom naburige boomgaarden zou kunnen bestuiven en zo het gen laten 'ontsnappen'. Ook de ondertussen bekende term Frankensteinvoedsel was niet uit de lucht. Desalniettemin bestaat er een natuurlijke tegenhanger: een variant op de Sultanadruif, ontdekt in 1962, waarin datzelfde PFO-gen op natuurlijke wijze is uitgeschakeld. Niemand stelt zich daar vragen bij. De druif blijft wit, en dient voor de productie van lichtgekleurde rozijnen en wijnen met lage concentraties aan fenolen. Iedereen vindt dit prima, niemand vraagt verder onderzoek, en de druiven staan wellicht ook op biologische wijngaarden.

Dit dossier gaat enkel over genetisch gemodificeerde planten, om goede redenen. Om te beginnen willen we deze discussie op een verantwoorde wijze voeren, en daar trekken we twee dossiers voor uit. Zouden we daar ook nog beginnen over het (nog veel controversiëlere) thema van transgene dieren, dan zouden we beide thema's geen eer aandoen. Bovendien zijn genetisch gewijzigde gewassen in grote delen van de wereld belangrijke landbouwproducten, en gaat de discussie (toch in de EU) vooral over het toelaten van deze gewassen op onze velden. De productie van transgene dieren is niet zo belangrijk, toch niet op dit moment. Genetisch gewijzigde bacteriën zijn dat dan weer wel (bv. voor de productie van therapeutische eiwitten), maar zijn dan weer veel minder het onderwerp van discussie.

Niet dat we niet dromen van een dossier over dieren en mensen en mogelijke wijzigingen aan hun genetisch materiaal. Zo willen we graag schrijven over klonen, stamcelonderzoek, gentherapie bij mensen en designer baby's. En wie weet doen we dat bij leven en welzijn nog wel. En sneller dan u denkt.



De Arctic Apple (rechts) bruint veel trager dan een gewone appel



Genen die veranderen: soms zijn ze een natuurlijke zaak

Een batterij aan termen en woorden

allel	variant van een gen, bv. witte bloemkleur en rode bloemkleur zijn twee allelen voor het gen voor bloemkleur.
gekoppelde genen	genen die tijdens de meiose in (bijna) alle gevallen samen worden overgedragen, omdat ze vlak bij mekaar liggen op een chromosoom en slechts zeer zelden tijdens een crossing-over van mekaar gescheiden worden
gen	stuk DNA dat codeert voor een specifieke erfelijke eigenschap, bv. bloemkleur. Let op - sommige eigenschappen zijn te wijten aan meerdere genen samen.
genoom	verzameling van alle genen en tussenliggend DNA van een organisme (zie ook MeNS 78, Systeembioïologie)
genconstructie	artificieel aangemaakt gen, voor expressie in een transgeen organisme
GGG	genetisch gemodificeerd gewas
GGO	genetisch gemodificeerd organisme
ploidie	aantal kopieën van elk genoom aanwezig in een bepaald weefsel (aangeduid met een cijfer gevolgd door de letter n)
polyploidie	de aanwezigheid van meer dan één kopie van een genoom in een cel of weefsel

En voor wie zijn of haar kennis van mitose en meiose even wil opfrissen:

<http://www.vib.be/nl/mens-en-gezondheid/Pages/Celdeling.aspx>

[youtu.be/JI2NI8XBQS8](https://www.youtube.com/watch?v=JI2NI8XBQS8)

[youtu.be/1QuuCaBYfSI](https://www.youtube.com/watch?v=1QuuCaBYfSI)

[youtu.be/nh_PcTQwENI](https://www.youtube.com/watch?v=nh_PcTQwENI)

In de didactische bijlage (beschikbaar voor abonnees) staat ook nog een korte samenvatting rond DNA, RNA en eiwitten.

Nochtans verzinnebeeldt deze druif alle mogelijke onheil dat door de tegenstanders van GGO's wordt aangehaald om deze technologie met tak en wortel uit te roeien. In deze druiven was immers niet zomaar het PFO uitgeschakeld, maar er was ook effectief een nieuw eiwit gevormd – wat mee aan de basis lag van de kleuromslag van deze vruchten. Door toeval, door willekeurige mutaties. Wanneer dat bewust en met wetenschappelijke precisie gebeurt, zoals bij de Arctic Apple, ontstaat al dan niet terecht een hele heisa. Waar ligt dan de grens tussen een natuurlijk en een laboratoriumproces om aan een nieuw gewas te raken, en waarom duurt het jaren om het ene goedgekeurd te krijgen en seconden voor je het andere mag beginnen te eten? Geef toe, het is tijd dat we ons daar eens over buigen.

MeNS wijdt daarom ook twee nummers aan deze problematiek. In dit eerste deel gaan we in op de technologie om planten genetisch te wijzigen: wat is het verschil tussen een klassieke kruising en een

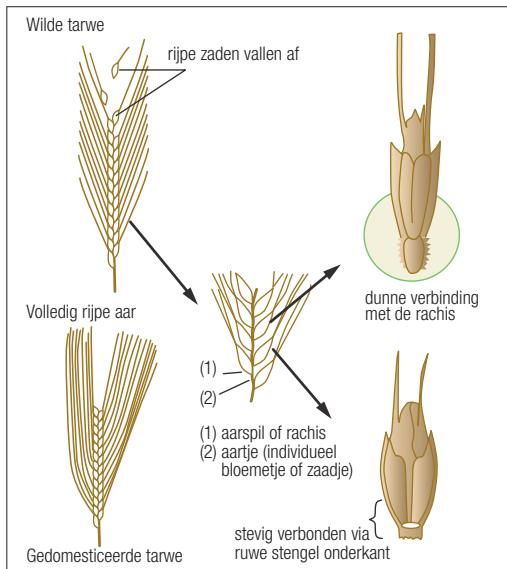
genetische modificatie? Hoe maken we een transgene plant, welke voorbeelden zijn er wereldwijd te vinden, en op welke inzichten is dit gebaseerd? Deel twee gaat dieper in op de argumenten van de tegenstanders: is het veilig om GGO's te eten? Worden effectief meer of minder onkruidverdelgers gebruikt nu we over gewassen beschikken die daarvoor ongevoelig zijn? Hoe staat het met het patentrecht, en persen grote bedrijven nu echt kleine boeren af? En wat met GGO's in de voedselproblematiek voor de toekomst? Wie hoopt op een stevige discussie met argumenten voor en tegen, krijgt zijn zin: op het einde van dit nummer gaat het al over de Gouden Rijst, en volgend nummer gaan we voluit de discussie aan.



Variatie en selectie: hoe natuurlijk zijn onze gewassen nog?

Van jager-verzamelaar naar biotechnoloog-landbouwer

De mens knutselt al duizenden jaren aan de genetische informatie die in het DNA van planten en dieren verscholen ligt. Dit doet hij door planten met gewenste eigenschappen met elkaar te kruisen: grote vruchten, snelle rijping, gemakkelijk te oogsten zaden, resistentie tegen ziekten, koude, ... De mens probeert zo de kweek van een aantal planten volledig naar zijn hand te zetten. Zo zal een rijpe aar van de wilde tarwe vroeg uiteenvallen (en zo zullen de zaden zich verspreiden), maar zullen de zaden langer blijven hangen bij de gedomesticeerde variant (omdat deze zaden langer blijven hangen, dan is de kans groter dat ze door de mens worden geplukt). Ook worden de zaden stelselmatig groter naarmate de plant meer en meer gedomesticeerd wordt door de mens: ook dat is immers een kenmerk waar de landbouwer oog voor heeft.

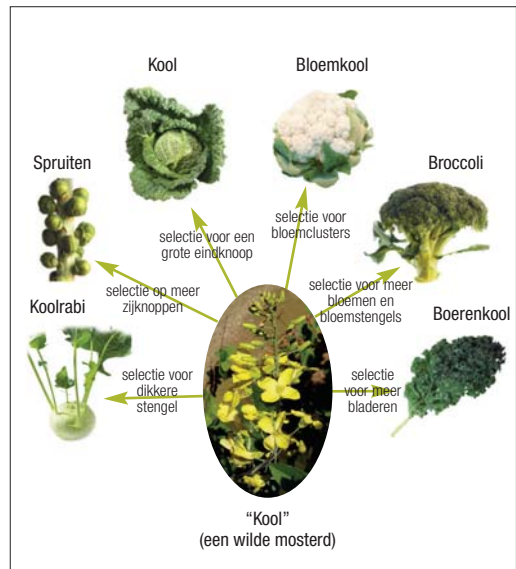


Selectiekenmerken bij gedomesticeerde tarwe

Dat deed (en doet!) de mens niet enkel met planten. Hij selecteerde, kweekte en kruiste ook dieren, hij brouwde bier (en selecteerde daarvoor de juiste gisten), en hij liet zich charmeren door de schimmels in de kaas. Maar we zouden het dus over planten hebben.

In andere gevallen zorgde de ontlukende landbouw voor een grotere variatie aan groenten en fruit. Gekweekte planten zien er niet enkel anders uit dan hun wilde voorouders, in sommige gevallen ondergaan ze een echte metamorfose ten gevolge van de selectie. Zo zijn spruitjes een variant van kool waar er vooral veel zijknoppen op verschijnen, terwijl er bij broccoli is geselecteerd op bloemknoppen.

Heel wat planten worden door die selectie overigens volledig afhankelijk van de mens: in de vrije natuur zouden ze niet meer overleven of zich voortplanten. Commerciële bananen zijn bijvoorbeeld triploïde organismen die geen zaden meer kunnen vormen.



Varianten van kool, geselecteerd door de mens



De pluot (Prunus salicina × armeniaca) is een tussenvorm tussen de Japanse pruim (Prunus salicina) en de abrikoos (Prunus armeniaca). De naam is een samentrekking van de Engelse namen voor pruim (plum) en abrikoos (apricot). Ze smaken als pruimen en hebben de textuur van een abrikoos.

De enige manier waarop die planten zich nog kunnen voortplanten, is via stekken of uitlopers. Andere planten, zoals hennep of wortelen, zijn minder doorgedreven gewijzigd en zouden wel nog kunnen overleven in het wild.

krusing tussen een Hawaïaanse aardbei (*Fragaria chiloensis*) en de gewone aardbei (*Fragaria x ananassa*). Het resultaat van de kruising is kleiner en smaakt wat naar ananas.

In sommige gevallen blijkt de grens tussen soorten niet zo onoverbrugbaar als vaak wordt aangenomen. Sommige plantengeslachten kennen heel wat hybride tussenvormen... en onze koelkast zit vol met hun vruchten! Zo vind je bij de citrusvruchten bv. de minneola of tangelo (een kruising tussen een mandarijn (tangerine in het Engels) en een pomelo of een pompelmoes) en een dekopon (een kruising tussen twee Japanse soorten). Taybessen en loganbessen zijn kruisingen tussen frambozen en braambessen. De rangpur is een tussenvorm tussen een mandarijn en een citroen. En tot slot is er de pineberry, een



Minneola

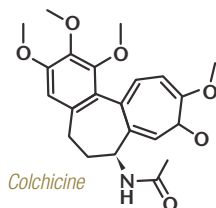
Taybes – Pineberry – Rangpur

Polyploidie: vermenigvuldigen met chromosomen

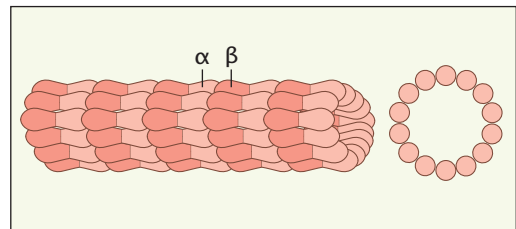
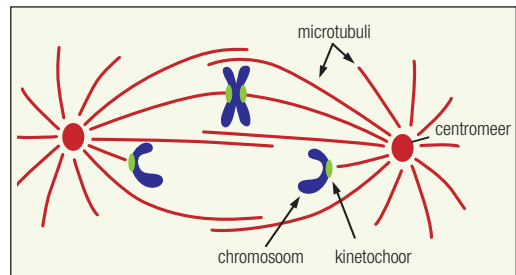
Een tweede manier om aan planten te komen met andere genen dan de moederplanten, is het vinden van polyploïde exemplaren. Normale planten bevatten twee exemplaren van elk chromosoom in elk van hun cellen (en dus ook twee allelen van elk gen). Ze beschikken zo over twee versies van hun hele genoom. Dergelijke cellen zijn diploïd ($2n$). Hun geslachtscellen ontstaan na een meiose of reductiedeling, en bevatten slechts één kopie van elk chromosoom (of gen). Wanneer er tijdens die meiose echter iets fout gaat, en het DNA wordt niet of onevenwichtig over de dochtercellen verdeeld, ontstaan er cellen met een afwijkende ploïdie. Omdat alle DNA van dezelfde oudersoort afkomstig is, spreken we van autopolyploïde planten. Natuurlijke hybridisatie tussen vruchtbare ouderlijke planten met verschillende niveaus van polyploidie kan nieuwe planten produceren met een intermediaire ploïdie: zo kan een triploïde ($3n$) plant ontstaan door kruising tussen een diploïde en tetraploïde ($4n$), of een hexaploïde ($6n$) plant door kruising tussen een diploïde ($2n$) en een octoploïde ($8n$).

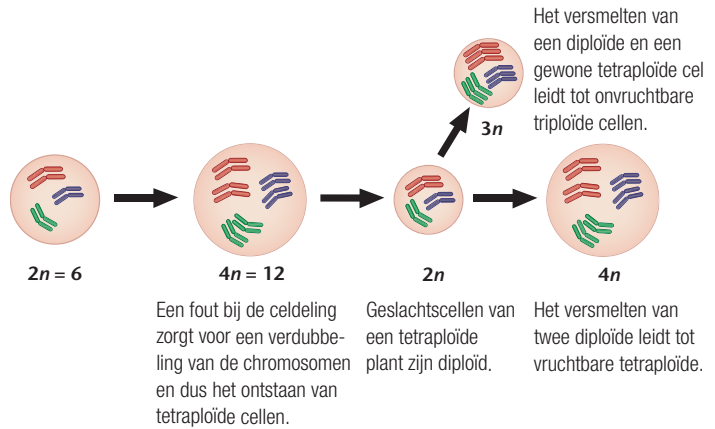


Herfsttijloos



Het is perfect mogelijk om autopolyploidie te veroorzaken in het lab. Hiervoor behandelt de onderzoeker plantencellen met colchicine, een stof die voorkomt in *Colchicum autumnale*, de herfsttijloos. Deze stof blokkeert de vorming van microtubuli, en dus ook van de spoelfiguur van de mitose/meiose. Planten waarvan de geslachtsorganen (meeldraden en vruchtbeginsels) zijn behandeld met colchicine vooraleer de eicellen en pollenkorrels worden gevormd, zullen voor de helft cellen vormen zonder genetisch materiaal, en voor de helft met het dubbel aantal chromosomen. Bij versmelting van dergelijke geslachtscellen leidt dit tot embryo's met twee maal het gebruikelijke aantal chromosomen (en dus tot tetraploïde in plaats van diploïde planten). Wanneer een dergelijke tetraploïde plant wordt gekruist met een diploïde plant, bekomt men triploïde nakomelingen. Deze zijn steriel: een triploïde cel kan immers geen meiose ondergaan, en dus geen geslachtscellen vormen. Triploïde planten zullen ook geen zaden of pollen produceren, en kunnen enkel vegetatief worden vermeerderd (via stekken en uitlopers). In bepaalde gevallen is dit dan weer juist wenselijk. Zo zijn de reeds eerder aangehaalde steriele bananen





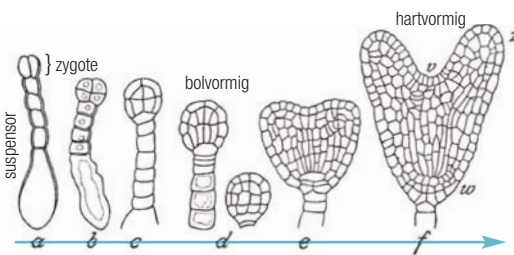
De *loganbes* (*Rubus* × *loganobaccus*) is een hexaploïde hybride die bij toeval ontstaan is door kruising van een octaploïde braambes (*Rubus ursinus* cultivar 'Aughinbaugh') en een diploïde framboos (*Rubus idaeus*) die kan worden vermeerderd door stekken of afleggen.

en pitloze watermeloenen bewust gecreëerd via door colchicine geïnduceerde triploïdie opdat ze geen zaden meer zouden produceren.

Polyploidie wordt vaak toegepast als een techniek om een gewenste hybride plant toch vruchtbaar te maken. Het best bekende voorbeeld hiervan is tritcale (*×Triticosecale*), een kruising van tetraploïde tarwe (*Triticum* spp.) en diploïde rogge (*Secale cereale*). Dit levert in eerste instantie een onvruchtbaar, triploïd gewas op. Een behandeling met colchicine verdubbelt echter deze chromosomen, zodat de plant weer vruchtbaar wordt. De meeste tarwesoorten zijn trouwens zelf allopolyploïde gewassen. Dit wil zeggen dat hun chromosomen afkomstig zijn van meerdere soorten. *Triticum aestivum* (broodtarwe) is een hexa-

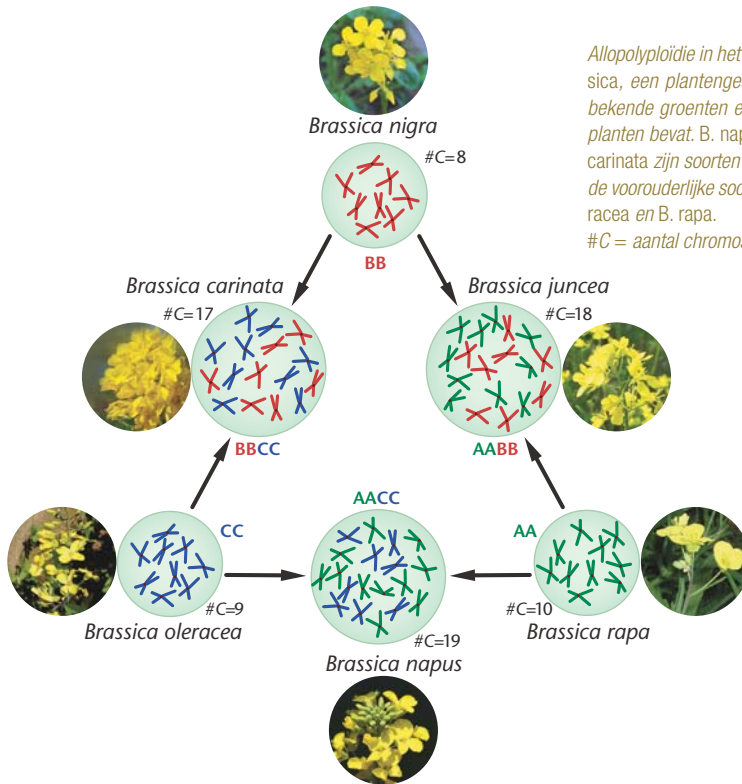
ploïde hybride, ontstaan uit maar liefst drie wilde grassen, en de tarwe die we voor pasta gebruiken (*Triticum durum*) is een tetraploïde hybride.

Al deze gewassen zijn tussen de duizenden en de tientallen jaren geleden ontstaan. Nu willen we niet beweren dat er aan genetische modificatie gedaan werd sinds het begin van de landbouw (die term behouden we het liefst voor transgenese en cisgenese zoals we die in de rest van dit dossier definiëren en bespreken). Maar dat we sinds de eerste domesticaties van planten en dieren aan het jongleren zijn met genen en genomen, kunnen we zeker niet ontkennen. Er liggen behoorlijk wat genetische wijzigingen tussen de wilde appel en de jonagold van de dag van vandaag.

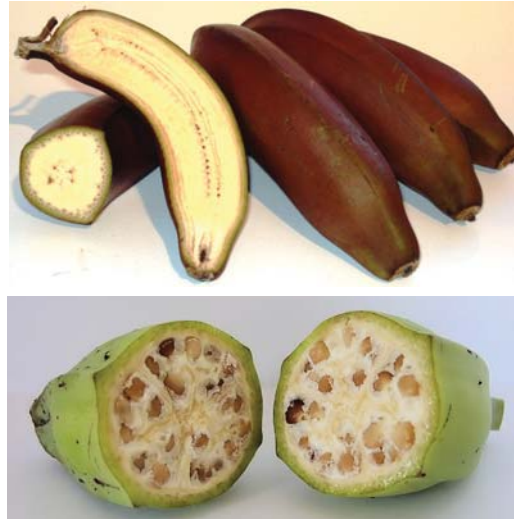
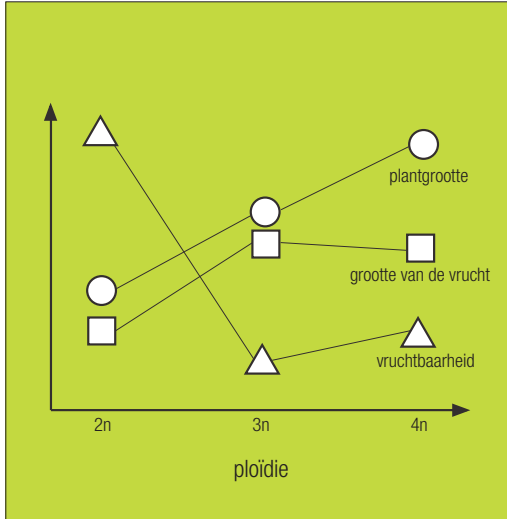


Embryo's van het herderstasje





Allopolyploidie in het plantengeslacht *Brassica*, een plantengeslacht dat heel wat bekende groenten en olieproducerende planten bevat. *B. napus*, *B. juncea* en *B. carinata* zijn soorten die ontstaan zijn uit de voorouderlijke soorten *B. nigra*, *B. oleracea* en *B. rapa*.
#C = aantal chromosomen



Hoe verandert polyploidie de banaan? Uiteraard groeien plant en vrucht. Maar vruchtbaarheid is er niet meer bij...

Wilde banaan



Dr Rutger creëerde in de vroege jaren 1970 deze semi-dwergrijst-mutant (links), met behulp van gammastraling. Deze bleek veel hogere opbrengsten op te leveren dan de oudervariant, omdat de gemuteerde plant meer zaden produceerde, en minder gemakkelijk omviel en daardoor de oogst bedierf. In 1976 werd de gemuteerde rijst op de markt gebracht als Calrose 76. Ruwweg 50% van alle rijstplanten in Californië behoren tot deze dwergvariëteit.



In 1929 ontdekten Texaanse kwekers de natuurlijke pompelmoes-mutant Ruby Red, met felrood vruchtvlees. Dit verbleekte echter na de rijping van de vrucht langzaam tot roze. Dat was niet naar de zin van de kwekers. In 1971 en 1985 werden twee nieuwe lijnen aangemaakt via mutagenese, respectievelijk de Star Ruby en de Rio Red. Hun nakomelingen zijn nu goed voor ongeveer 75% van alle grapefruit geteeld in Texas.

Van de akker naar het lab: mutagenese

Alle bovenstaande procedures vertrekken echter wel nog steeds louter van de planteneigenschappen die de natuur ons aanbiedt en die we in de verdere selectie al dan niet behouden. Bovendien zijn we beperkt in onze mogelijkheden omdat we niet zomaar eender welke soort met eender welke soort kunnen laten kruisen. Een appel kruisen met een tomaat is niet mogelijk via zuivere kruisingen van pollen. We kunnen de natuurlijke variatie binnen één soort wel vergroten, door op grote schaal mutaties te veroorzaken in dat plantenmateriaal. Dit heet mutagenese. Hierbij veranderen we, met behulp van radioactieve straling, UV-straling of bepaalde chemische cocktails, in het wilde weg een aantal basen in het DNA van die plant. De resulterende plant wordt een mutant genoemd. Mutagenese kan ofwel de functie van een gen volledig vernietigen (hieruit resulteert dan

een knock-out-mutant) ofwel enkel de activiteit van het desbetreffende gen verlagen (en dan spreken we van een knock-down).

Het veredelen van planten met mutagenese heet ook wel mutatieveredeling. Er zijn ongeveer 3000 plantenvariëteiten ontstaan op deze manier (waaronder ook enkele sierplanten), of na kruising met gemuteerde lijnen. Hierbij vinden we bv. semi-dwergvariëteiten van rijst, zonnebloemen met hoge olieconcentraties of koolzaad met weinig linoleenzuur. De methode wordt zelden gebruikt voor het veredelen van gewassen. De reden voor dit beperkte gebruik is, dat er daarmee zelden echt gunstige mutaties ontstaan. Ook is het zeer moeilijk tot onmogelijk om snel bepaalde genetische wijzigingen (laat staan schadelijke gevolgen voor de consument) op te sporen.

Van klassiek gegoochel met genen tot modern genengegoochel

Tot slot zijn er de moderne manieren om wijzigingen aan te brengen in het genoom van een plant. Transgenese en cisgenese zijn twee varianten waarbij er nieuwe allelen in een plant worden gebracht. Die kunnen afkomstig zijn van eender welk ander organisme (transgenese), of kunnen reeds aanwezig zijn in andere individuen van dezelfde plantensoort (cisgenese). Zo kan een aardappelvariëteit die gemakkelijk wordt aangetast door de schimmel *Phytophthora infestans*, voorzien worden van genen uit wilde aardappelrassen die nog wel van zich afbijten als ze door die schimmel worden aangevallen. Hoe wetenschappers daarbij technisch te werk gaan, bespreken we in het volgende hoofdstuk.

Ondertussen vatten we de verschillende manieren waarop genetische eigenschappen van planten worden gewijzigd, nog even samen in onderstaande tabel. In het tweede deel van dit dossier vullen we die nog verder aan.



Phytophthora infestans, de aardappelziekte

	Klassieke kruising	Polyploidie	Mutagenese	Kruisingen over de soorten-grens heen	Transgenese	Cisgenese
Voorbeelden in de voeding	zo ongeveer alles	aardbeien, tarwe, bananen, kool, ...	sommige bananen, peren, appels, rijst, munt, ...	pluot, tangelo, tarwe, ...	mais, koolzaad, sojabonen, katoen, papaja, ...	Nog geen
Genen gaan van één soort naar een andere	Soms	Vaak	Nee	Ja	Ja	Nee
Gebeurt in de natuur	Ja	Ja	Ja (mutaties sturen evolutie)	Zelden, en zelden met vruchtbare nakomelingen	Ja (<i>Agrobacterium</i> , horizontale gentransfer)	Niet van toepassing
Menselijke interventie	Ja (selectie stuurt domesticatie)	Soms (kan chemisch gestuurd worden)	Ja (om natuurlijk proces sterk te versnellen)	Ja (voor verbetering van gewassen)	Ja (voor verbetering van gewassen met grote precisie)	Ja (voor verbetering van gewassen met grote precisie)
Aantal betrokken genen	10 000 - 300 000, hangt af van soort	10 000 - meer dan 800 000	onmogelijk vast te stellen	10 000 - 300 000, hangt af van soort	1-3	1-3 (uiteindelijk 1)
Tijd nodig voor nieuwe variëteit op de markt	5-30 jaar	>5 jaar	>5 jaar	5-30 jaar	>5 jaar	>5 jaar



Kroongallen, veroorzaakt door de plantenpathogene bacterie *Agrobacterium tumefaciens*.

Van kruising naar transgenese: de rol van *Agrobacterium tumefaciens*

De grote doorbraak in de genetische modificatie van planten (via transgenese) kwam er dankzij een eenvoudige bodembacterie: *Agrobacterium tumefaciens*. Deze bacterie parasiteert op verschillende bloemplanten (vooral dan uit de rozenfamilie, zoals appel, peer, perzik, kersen, amandelen en rozen, maar ook druiven zijn niet ongevoelig). Ze veroorzaakt bij die planten de vorming van gezwellen op de besmette stengels en stammen.

De bacterie infecteert planten via hun verwondingen. Is een plant ergens beschadigd, dan zullen op die plaats allerlei biochemische stoffen vrijkomen, zoals derivaten van fenol (bv. acetosyringon, vanilline, catechol), of suikermoleculen. De bacterie detecteert deze stoffen, zet zich in beweging naar de plaats van oorsprong van die stoffen (dat noemen we chemotaxis) en raakt zo in de wonde. Daar draagt de bac-



terie een klein stukje DNA (het T-DNA) over aan de plantencellen. De T staat hierbij voor transformerend. De cel ondergaat immers op genetisch vlak, maar ook qua uitzicht een ware transformatie. Dat T-DNA is overigens niet afkomstig van het chromosoom van de bacterie, maar van een klein stukje circulair DNA: het zogenoemde Ti-plasmide. Ti staat hierbij voor tumor-inducerend, en dat is niet meer dan terecht: de plant ontwikkelt plantentumoren, de zogenoemde kroongallen. Het zijn al dan niet grote gezwellen waarin de *Agrobacterium*-bacillen onderdak vinden. Naast het T-DNA zelf bevat dit plasmide ook de andere genen die noodzakelijk zijn om het T-DNA naar de plantencel over te dragen.

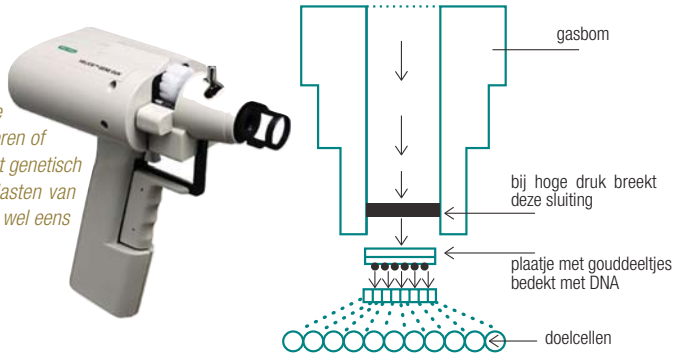
Dat is al een behoorlijk biologisch verhaal. Maar nu komt de kat op de koord: wanneer een onderzoeker het T-DNA vervangt door eender welke andere stuk DNA, dan wordt dat nieuwe stuk even goed als het T-DNA zelf overgedragen naar de plant. Op die manier gebruiken we een natuurlijk systeem om planten transgeen te maken.

Om juist te blijven: tegenwoordig is de bacterie opgenomen in het geslacht *Rhizobium*. De officiële naam is daarbij *Rhizobium radiobacter* geworden. Desondanks is iedereen zo vertrouwd met de naam *Agrobacterium* dat we die naam hier behouden.



Agrobacterium tumefaciens beschikt over flagellen die de bacterie in staat stellen snel door de bodem naar de verwonde plant toe te bewegen, en de wonde te infecteren.

Met deze gene gun kunnen we eender welk type cel (dus niet alleen van planten, maar ook van dieren of mensen) transformeren. Bovendien kunnen we het genetisch materiaal op deze manier ook in bv. de chloroplasten van plantencellen brengen. Het hele proces wordt ook wel eens bioballistiek of biolistiek genoemd. Zie ook youtu.be/VqklR_8YrIA



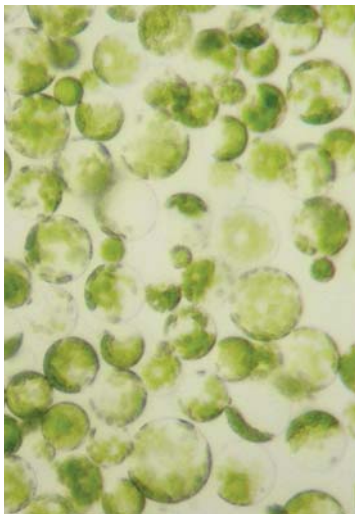
Schiet niet op de onderzoeker: het genenkanon

Jammer genoeg is de methode met de *Agrobacterium*-bacterie niet bruikbaar bij alle planten. Eigenlijk zijn enkel dicotyle (tweezaadlobbige) planten geschikt om via deze weg te worden getransformeerd. Monocotylen (eenzaadlobbigen, waaronder palmen, orchideeën, rijst, maïs en alle andere graangewassen) zijn veel moeilijker te transformeren met behulp van deze bacterie, en vaak moeten onderzoekers tevreden zijn met hele lage transformatie-efficiënties.

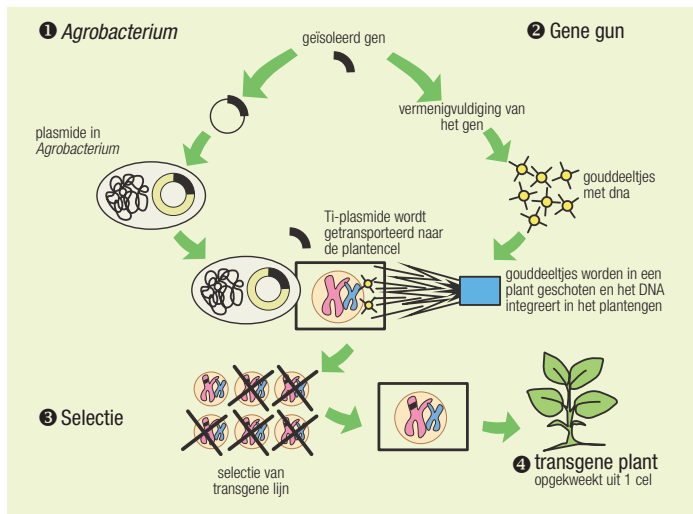
Een eerste alternatief om toch nieuwe genen in een eenzaadlobbige plant te krijgen, is de gene gun. Hierbij worden kleine deeltjes uit goud of wolfram

bedekt met naakt DNA met de gewenste gensequentie. Die deeltjes worden onder hoge druk in een plantenweefsel geschoten, waar het DNA dan (in beperkte mate) kan worden opgenomen in het plantengenoom.

Een tweede alternatief is het gebruik van elektroporatie. Hiervoor gebruikt men voornamelijk plantenprotoplasten: cellen waar de celwand van afgehaald is. Die worden blootgesteld aan een elektrisch veld (van verschillende honderden volt per mm), waardoor een naakte DNA-streng gemakkelijk kan worden opgenomen. Daarna worden die cellen zeer voorzichtig verder gekweekt tot ze een nieuwe celwand hebben gevormd, en opnieuw beginnen te delen en zich ontwikkelen tot een nieuwe plant.



Protoplasten



Van gen tot transgene plant

EXTRA

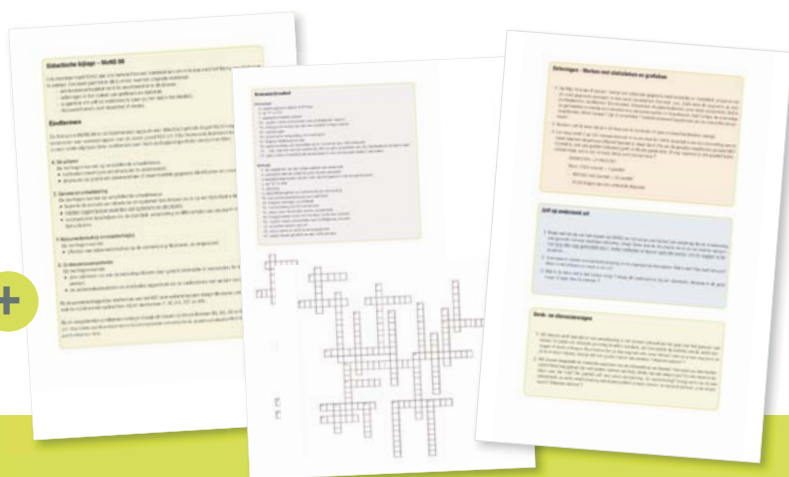
EEN AANVULLEND STUKJE **MENS**,

SPECIAAL VOOR GEBRUIK IN DE KLAS!

**OVER 'GENETISCH GEMODIFICEERDE ORGANISMEN'
VALT NATUURLIJK NOG VEEL MEER TE VERTELLEN.
EN DAT DOEN WE DAN OOK.**

Leerkrachten die geabonneerd zijn op MeNS kunnen op www.acco.be/mens91 nog een extra katern vinden, met bijkomend didactisch materiaal aansluitend op de vooropgestelde eindtermen voor wetenschappen:

- + Een kruiswoordraadsel
- + Suggesties om zelf op onderzoek te gaan
- + Discussiethema's voor klasdebat of essays



DE JONGE BAEKELAND

PRIX DE LA JEUNESSE 2014

BAEKELAND

Op 9 mei vond de finale van De Jonge Baekeland/ Prix de la Jeunesse Baekeland plaats in de Plantentuin Meise. In de voormiddag mochten de finalisten van de Franstalige editie hun inzending verdedigen, de namiddag was het de beurt aan de finalisten van de Nederlandstalige tegenhanger.

De wedstrijd stond dit schooljaar in het teken van het thema 'Biomimicry, de natuur als laboratorium voor duurzame innovaties'. De finalisten presenteerden niet alleen hun inzendingen, ze debatteerden ook rond verschillende stellingen rond biomimicry.



De leerlingen van 'BioBac' van Collège Saint-Michel uit Brussel stelden hun 'groene cement' voor.

De jongens van 'Bellevue' van Collège Notre-Dame de Bellevue uit Dinant bedachten een heus dorp in de woestijn.



De twee finalistengroepen debatteerden met de jury rond het thema van de wedstrijd.



De Nationale Loterij schonk 5000 euro aan prijzengeld.



De jury riep Collège Notre-Dame de Bellevue uit tot winnaar van de tweede editie van de Prix de la Jeunesse Baekeland.



De twee finalisten met de jury.



Botanic Garden
Meise





De 'Bezige Bijen' van het Virgo Sapiensinstituut uit Londerzeel stelden hun 'Honeycomb wall' voor, een muur gebaseerd op de honingraat van een bij.



'Puur Natuur' van Sint-Bavohumaniora uit Gent experimenteerde met een eutectisch oplosmiddel waarmee bv. planten in de toekomst op pauze zouden gezet kunnen worden.



Het 'AntiBacSlakteam' van het Heilige-Drievuldigheidsschool Leuven inspireerde zich op de eitjes van de purperslak om een antibacterieel oppervlak te ontwikkelen.



De 'Busy B'sss' van het Heilige-Drievuldigheidsschool Leuven bedacht een bestuivingsmechanisme, geïnspireerd op de bij.

Ellen Droogné van het Heilige-Drievuldigheidsschool Leuven werd uitgeroepen tot winnares van het debat.



'De Speurneuzen' van Sint-Maarten Bovenschool uit Beveren baseerden zich op het reukorgaan van de hond voor de ontwikkeling van hun CO-horloge.



De receptie vond plaats in het Plantenpaleis



De 6de editie van De Jonge Baekeland werd gewonnen door de meisjes van Sint-Bavohumaniora uit Gent. Op de 2de en 3de plaats eindigden de Busy B'sss en het AntiBacSlakteam van het Heilige-Drievuldigheidsschool Leuven. Virgo Sapiensinstituut en Sint-Maarten Bovenschool eindigden op een gedeelde 4de plaats.

BEWUST ETEN

KIEZEN, KOPEN EN KLAARMAKEN

LOES NEVEN, ERIKA VANHAUWAERT EN KRISTA MORREN

In dit boek kom je te weten wat gezond eten volgens de actieve voedingsdriehoek precies inhoudt. Maar om een goede keuze te maken uit het gamma aan voedingsmiddelen in de winkel is er meer nodig! Daarom zoomen we ook in op het voedingsetiket. Hierop is een schat aan informatie te vinden. E-nummers, zoetstoffen en omega-3 vetzuren: wat betekenen deze termen, en hoe onderscheid je sluwe verkooptrucs van wettelijk verplichte informatie? Deze gids helpt je om in de jungle van merken en producten een gezonde en bewuste keuze te maken. Tot slot komt ook het samenstellen van evenwichtige maaltijden aan bod.

ISBN 978 90 334 8636 4 // 2012 // 144 blz. // 19,50 EUR



START TO KNOW - EVOLUTIE - KOSMOS – GENETICA

EOS

Deze box met drie boeken maakt je wegwijz in belangrijke wetenschapsdomeinen.

START TO KNOW – EVOLUTIE

Hoe ontstaan nieuwe soorten? Hoe is het leven op aarde geëvolueerd? En welke weg hebben we zelf afgelegd?

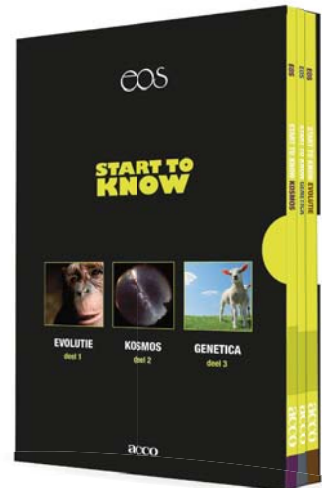
START TO KNOW – KOSMOS

Ontdek welke toekomst het heelal tegemoet gaat, wat er vlak na de oerknal gebeurde en hoe reusachtige deeltjesversnellers de mysteries van het heelal helpen ontrafelen.

START TO KNOW – GENETICA

Wat maakt ons uniek? Hoe beïnvloeden onze genen wie we zijn en welke ziektes we kunnen krijgen? Welke mogelijkheden bieden genetisch gewijzigde gewassen? Een kennismaking met de wondere wereld van het DNA en de genen.

ISBN 978 90 334 8334 9 // 2010 // 232 p. // 19, 95 EUR



Bestel deze boeken via www.uitgeverijacco.be of mail uw bestelling, naam en adres naar bestelling@acco.be, met vermelding van de referentie "tijdschrift Mens" of kom naar één van onze boekhandels.

Acco Leuven
Maria-Theresiastraat 2-4
3000 Leuven
016/26 11 00

Acco Antwerpen
Prinsstraat 21
2000 Antwerpen
03/226 64 02

Acco Gent
Sint-Pietersnieuwstraat 105
9000 Gent
09/235 73 00

Gene silencing

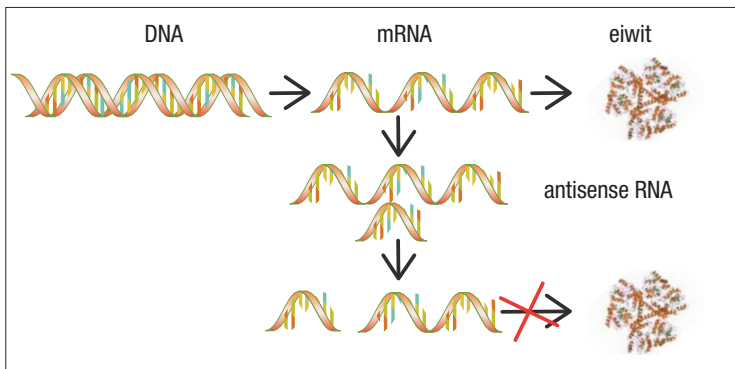
Meestal denken we dat transgene planten een gen hebben bijgekregen, waardoor de plant er een voor-dien niet aanwezige functie verkrijgt. Zo zijn er genen die de plant in staat stellen om een bepaalde dosis van een onkruidverdelger te overleven ("herbicide-resistentie"). Andere genen zijn insecticiden, bv. de insectendodende Bt-eiwitten die we verderop nog onder de loep nemen. Bij *gene silencing* wordt de activiteit van een welbepaald gen echter juist sterk verlaagd (minstens 70% minder dan normaal; zoals gezegd spreken we ook over knockdown-genen).

Dit kan gebeuren op drie manieren:

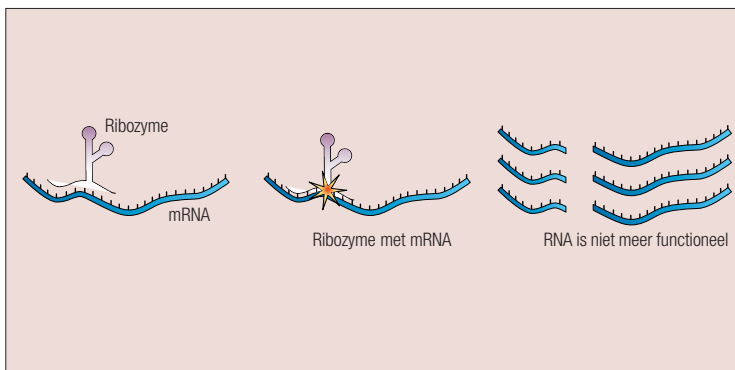
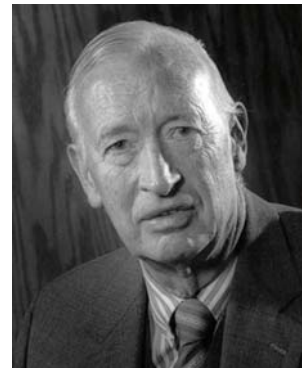
Antisense-RNA verkrijgt men door de complementaire versie van een gen in een nieuwe cel te loodsen. Wanneer dit gen tot expressie komt, ontstaat er een

complementaire (antisense) RNA-streng, die kan binden aan het normaal georiënteerde (sense) RNA (van het gen dat men wil afzwakken). Dan kunnen er twee dingen gebeuren: ofwel is de binding van dit stukje voldoende om de binding van het RNA op de ribosomen te verhinderen, ofwel breekt een RNase (een enzym) deze dubbelstrengige RNA-structuur af. Vooral dit laatste leidt tot een afname met 80 tot 95% van het ongewenste eiwit

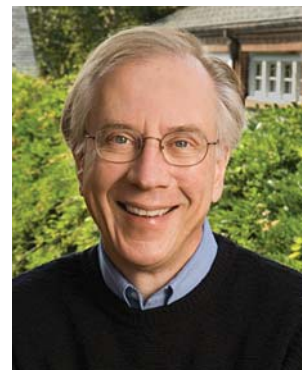
Een tweede methode steunt op de zogenaamde **ribozymen**. Anders dan gewone enzymen, die behoren tot de eiwitten in de cel, bestaan ribozymen uit RNA. Ook deze ribozymen kunnen reacties verzorgen in de cel. Zo zijn er ribozymen die zich binden aan hun complementaire versie en deze daarna doorknippen. Onderzoekers kunnen in het laboratorium nu zelf ribozymen ontwerpen die een gewenst stuk mRNA (boodschapper-RNA) kunnen verknippen.



Antisense oligonucleotides: ontdekt in 1978 door Paul Zamecnik (rechts) en Mary Stephenson



Algemeen mechanisme van de werking van ribozymen, ontdekt door Thomas Cech (Nobelprijs, 1989).



Bij planten zal echter vooral de derde methode goed werken. Deze is immers gebaseerd op een natuurlijk proces, de **RNA-interferentie**. Deze werd in 1998 door Andrew Fire en Craig Mello ontdekt. Beide onderzoekers kregen er in 2006 de Nobelprijs voor.

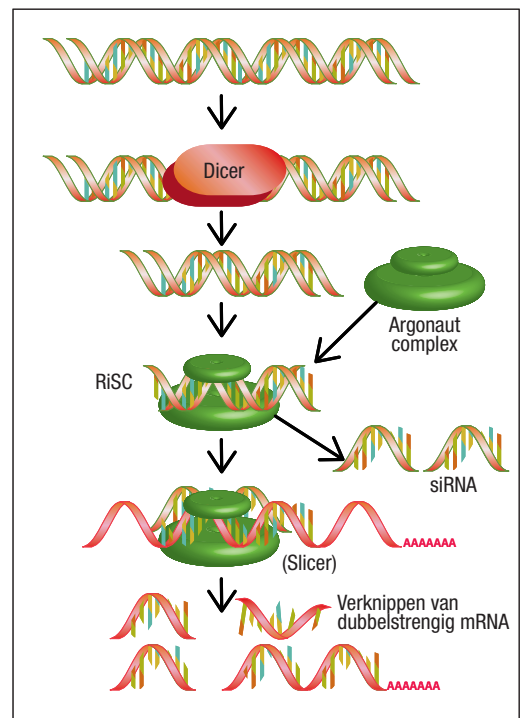
RNAi zou in planten ontstaan zijn als een verdediging tegen RNA-virussen (met een genoom dat uit dubbelstrengig RNA bestaat). Normaal gesproken bestaat RNA enkel als enkelstrengige molecule. Wanneer er in een plantencel toch eens een dubbelstrengige RNA-molecule voorkomt, dan is dat meestal het teken dat die cel door een RNA-virus is besmet. Een virus van dit type heeft geen DNA als genetisch materiaal, maar gebruikt enkel- of dubbelstrengig RNA. En het is tegen dit laatste dat de plant zich met behulp van zijn RNAi-machine verdedigt.

Het stuk dubbelstrengig RNA wordt daarbij eerst in kleine fragmenten geknipt (van 21-23 basen lang) door het enzym *Dicer*. Deze fragmenten worden aangeduid met de naam *small interfering RNA* (siRNA) en *microRNA* (miRNA). Eén streng van de siRNAs en de miRNAs wordt vervolgens opgenomen in een groot enzymencomplex met de naam *RNA induced silencing complex* (RISC); de andere wordt afgebroken. Elk complementair stuk mRNA (dus van het beoogde gen waarvan de activiteit verlaagd moet worden) kan nu gebonden raken aan de kleine stukjes siRNA of miRNA. Hierbij komen in het eerste geval de zogenoemde Argonaut-eiwitten in actie: dit zijn enzymen

die het beoogde mRNA in stukken snijden (ze noemen dit eiwit dan ook wel eens Slicer). In het tweede geval blokkeert de binding van het miRNA op het messenger-RNA de vertaling tot eiwitten.

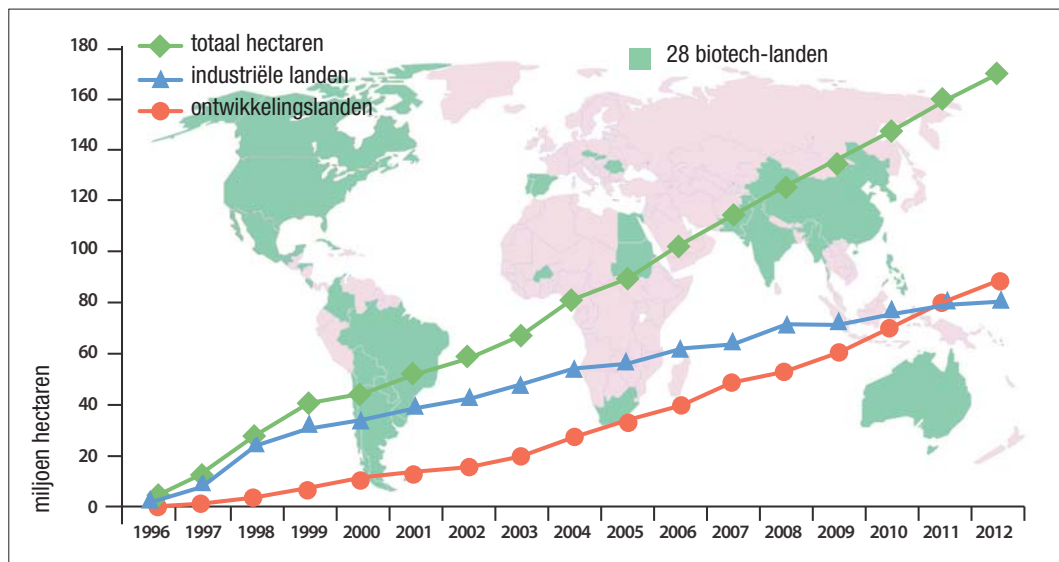
Om de RNA-interferentie te kunnen gebruiken, wordt er in de cel een DNA-constructie gebracht, die bestaat uit een sense-streng en een antisense-streng van het doelwitgen, enkel gescheiden door een intron (een inactieve, niet overgeschreven DNA-sequentie). Wanneer deze genconstructie tot expressie komt, ontstaat weer een dubbelstrengige RNA-molecule.

Samengevat: door (1) een antisense-constructie, (2) een gen dat codeert voor het juiste ribozym of (3) een sense-antisense-constructie in het genoom van een plant te brengen, kunnen we een specifiek gen van die plant stilleggen. Hierbij wordt geen extra eiwit aangemaakt – integendeel, we blokkeren de aanmaak van bepaalde eiwitten. De constructies die we hiervoor nodig hebben, worden ook gemaakt met stukken DNA van de plant zelf.



RNAi-interferentie

GGO's wereldwijd



Enkele cijfers? In 2012 waren er 17,3 miljoen landbouwers in 28 landen die GGO's teelden. In totaal betekende dit in 2012 een oppervlakte van 170,3 miljoen hectaren met GGO's, 6% of 10,3 miljoen hectare meer ten opzichte van 2011.

Totaal areaal

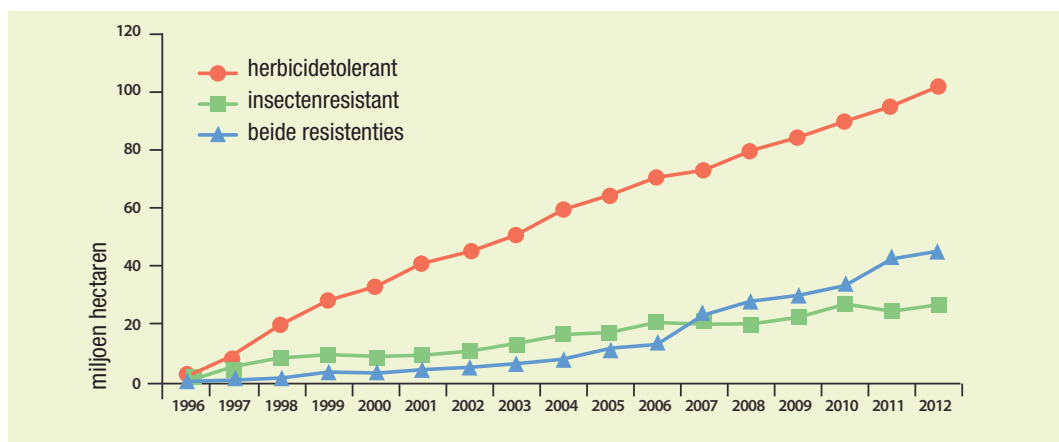
Waar kweken we nu juist al die gewassen? En welke variëteiten zijn er juist op de markt? Laten we eerst eens kijken hoeveel oppervlakte er door die genetisch gewijzigde planten wordt ingenomen. Daarna bekijken we enkele voorbeelden van wat er zoal op die velden te vinden is.

De eerste genetisch gewijzigde gewassen (GGG's) kwamen op de markt in 1996. Sindsdien steeg de oppervlakte waarop deze planten worden geteeld van 1,7 miljoen hectare in 1996 tot 170,3 miljoen hectare in 2012. Hiermee is hun areaal verhonderdvoudigd in een periode van 17 jaar (zie figuur). GGG's worden momenteel geteeld door een recordaantal landbouwers (17,3 miljoen) in 28 landen, waarvan 20 ontwikkelingslanden. In 2012 werden trouwens voor het eerst meer transgene gewassen geteeld in ontwikkelingslanden (52%) dan in industrielanden (48%). De VS, Brazilië, Argentinië, Canada en India telen elk 10 miljoen hectare of meer, goed voor

152,4 miljoen hectare of 89% van het wereldareaal. De VS is hierbij het land met het grootste areaal, 69,5 miljoen hectare.

De Europese Unie laat GGG's pas toe na een omstandige procedure. Een gewas dat wordt goedgekeurd, kan daarna normaal gesproken in de hele Unie verbouwd worden, maar iedere lidstaat afzonderlijk kan de teelt van GGG's verbieden. Dit is ondertussen het geval in Oostenrijk, Hongarije, Frankrijk, Griekenland, Duitsland, Luxemburg, Italië, Bulgarije en Polen. Tot dusver gaat het daarbij enkel over de *Bt*-maïs (zie verderop). De eerder toegelaten aardappel Amflora (zie verderop) verdween van de markt in 2011.

In de EU werd in 2012 een record van 129.071 hectare *Bt*-maïs geteeld, een stijging van 13% ten opzichte van 2011. In vergelijking met de rest van de wereld is dit slechts 0,00075% van het totale GGG-areaal. Het grootste gedeelte bevindt zich in Spanje met 116.307 hectare. Voor de rest groeien er nog



Wereldwijde areaal van transgene gewassen volgens eigenschap in miljoen hectare

GGG's in Portugal, Tsjechië, Roemenië en Slowakije. Daarnaast mag een beperkt aantal gewassen in de EU worden geïmporteerd. Momenteel heeft de EU 46 GGG's goedgekeurd voor import (26 maïs, 3 koolzaad, 8 soja, 8 katoen, 1 suikerbiet). Eén van de belangrijkste voorbeelden hiervan is de import van soja als proteïnerijk product bestemd voor veevoer. In de EU wordt jaarlijks 40 miljoen ton soja ingevoerd waarvan 90% afkomstig van GGG's.

Wat schaft de GGG-pot ?

Gedurende de 17 jaar commerciële teelt van GGG's, nemen herbicidetolerante gewassen een dominante

plaats in, gevolgd door insectenresistente teelten, en gewassen met gecombineerde eigenschappen. In 2012 namen herbicidetolerante gewassen (soja, maïs, canola, katoen, suikerbiet en luzerne) 100,5 miljoen hectare voor hun rekening. In contrast daarmee werden slechts 26,1 miljoen hectare met insectenresistente *Bt*-gewassen geteeld. Katoen en maïs met gemengde insecten- en herbicidetolerante eigenschappen waren goed voor 43,7 miljoen hectare.

Het gewas dat het meest geteeld wordt (genetisch gemodificeerd of niet), is suikerriet. Niet moeilijk – deze plant dient niet alleen voor de productie van

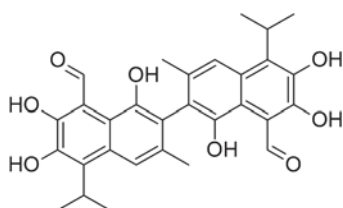
Top tien van de landbouwgewassen op Aarde (Productie in miljoen ton)		Top tien van basisvoedsel op Aarde (Productie in miljoen ton)	
Suikerriet	1794	Maïs	822
Maïs	883	Tarwe	690
Rijst	722	Rijst	685
Tarwe	704	Aardappelen	314
Aardappelen	374	Maniok	233
Suikerbiet	271	Soja	231
Soja	260	Zoete aardappel	110
Maniok	252	Sorghum	66
Tomaten	159	Yams	52
Gerst	134	Bakbanaan	34

Bron: FAO (2011)

Bron: Business Insider (2008)



Katoen



Gossypol

rietsuiker, maar ook voor de aanmaak van bio-ethanol, de benzinevervanger in Brazilië. Het belangrijkste gewas in de VS, en tegelijkertijd het belangrijkste basisvoedsel voor mens en dier is maïs. Van alle in de VS geteelde maïs is 88% genetisch gemodificeerd.

Minstens even belangrijk is de genetische modificatie van soja: 93% van de oogst is genetisch gemodificeerd. Sojabonen zijn een basis voor tal van industriële processen, zoals de productie van lecithine (een mengsel van vetten), eiwitten, tocoferolen (vitamine E) en geharde plantaardige olie (zoals margarine).

Ook van de katoenplant is 94% in de VS genetisch aangepast, voornamelijk via het *Bt*-construct tegen insectenvraat (zie verderop). Waar de vezels van de vrucht uiteraard gebruikt worden in de textielproductie dienen de zaden van de plant ook als bron van (katoenzaad-)olie, die wordt gehard tot margarines, of gebruikt bij de productie van aardappelchips, saladedressings of mayonaise. Het polyfenol gossy-



GGO-plantage in Afrika

pol, ook een product van de katoenplant, zou dienen als ontstekingsremmer, antimalaria-middel, antikan-kermiddel of zelfs als mannelijk oraal in te nemen voorbehoedsmiddel. Geen van deze zaken is echter al voldoende bewezen. Krijgen mens of dier er te veel van binnen, dan is het bovendien schadelijk voor de gezondheid. Natuurlijke katoenolie moet dus eerst gezuiverd worden. Om dit te vermijden, hebben onderzoekers nu een katoenplant op de markt gebracht, waarbij de aanmaak van gossypol in de zaden wordt uitgezet via RNAi. In de bladeren en de stengel van de katoenplant blijft de stof wel actief, en dient daar als natuurlijk insecticide.

Wie niet genoeg krijgt van MeNS en genetische modificatie, kan op www.biomens.eu de volgende dossiers raadplegen:

- 26. Gentechnologie op ons bord
- 31. Het transgene tijdperk
- 32. De jacht op ziektegenen
- 34. Genetisch volmaakt ?
- 78. Systeembioïologie

Flavr Savr en andere tomaten

Een van de eerste gewassen die bestemd was voor de Amerikaanse markt was de zogenoemde Flavr Savr-tomaat, gecreëerd door de firma Calgene en op de markt gebracht in 1994. Het bedrijf wilde een vrucht maken die trager zou rijpen. Het moleculaire doelwit van de modificatie was het enzym polygalacturonase. Dit breekt immers een van de polysacchariden in de celwand van planten af (het pectine), waardoor de tomaten zachter worden, en gemakkelijker door een schimmelinfectie kunnen worden aangetast. Calgene had dit enzym in een antisense-constructie in het genoom van de tomatat gestopt. Het bedrijf hoopte dat de tomaten zo langer aan de plant konden rijpen, meer smaak konden krijgen en toch nog als stevige vruchten verkocht konden worden. De tomaten konden deze verwachtingen echter niet waarmaken: hoewel ze minder snel begonnen te rotten, werden ze nog steeds redelijk snel zacht, zodat ze toch onrijp moesten worden geplukt. De Flavr Savr werd uiteindelijk een commerciële flop en werd in 1997 uit de handel gehaald.

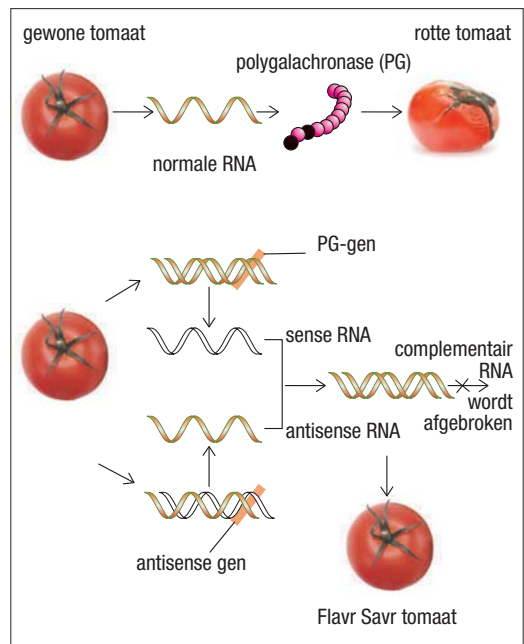
Een andere genetisch gemodificeerde tomatenvariëteit is de Fish Tomato. Deze tomaten bevatten een gen uit de Amerikaanse winterschol. Deze vissen leven in een koude omgeving en beschikken over eiwitten die de vorming van ijskristallen in hun bloed tegengaan, zoals een antivriesmiddel. Ook in planten

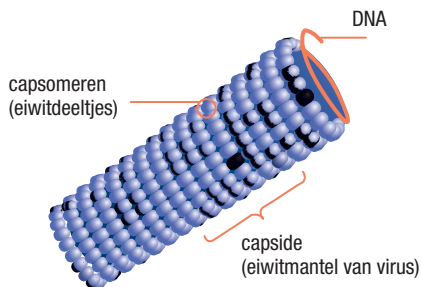


Amerikaanse winterschol

(bv. bessen en vruchten) kunnen ijskristallen veel schade toebrengen. Hun textuur verandert, en de kristallen breken de celmembranen waardoor er heel wat sap verloren gaat en ook de smaak verandert – denk maar aan diepvriesaardbeien of -frambozen. Bij wijze van test werd dan ook het gen voor een van deze eiwitten ingebracht in het genoom van de tomatenplant. Wanneer de planten werden blootgesteld aan vriestemperaturen, bleken ze inderdaad weinig ijsschade op te lopen.

Ook deze tomaten zijn nooit op de markt gebracht. Het onderzoek was niet commercieel van aard, en diende enkel om uit te maken of het idee achter de vinding correct was. Het werk kreeg echter te kampen met een scherpe publieke verontwaardiging rond de ethische aspecten: het combineren van genetisch materiaal van organismen die evolutionair zo ver van mekaar verwijderd zijn, is niet meteen iets waar de samenleving voor te vinden is. Voor wie zich zorgen maakt: er is in de VS nooit enige plant op de markt geweest waarin een menselijk of dierlijk gen was aangebracht.





Papaja-ringspotvirus

De papaja en zijn ringspotvirus

In de late jaren 1980 ontwikkelde de Universiteit van Hawaii een papajavariëteit die resistent is tegen het papaja-ringspotvirus, een ziekte die de opbrengst van de papajateelt sterk liet dalen. Dit bedreigde de welvaart van heel wat papajatelers. Hiervoor brachten ze een gen in de plant aan, dat codeert voor een eiwit dat normaal thuisheert in het capsid (de eiwitmantel) van het virus (zie figuur). Door de aanwezigheid van dit eiwit wordt er een afweerreactie bij de plant opgewekt. De genetisch gemodificeerde papaja is daardoor niet langer gevoelig voor het virus.

De eerste virusresistente papaja's werden commercieel gekweekt in Hawaii in 1999. Transgene papaja's bestrijken nu ongeveer duizend hectare, oftewel driekwart van het totale Hawaïaanse areaal voor papaja's. Transgene papaja's mogen zowel in de VS als in Canada worden gegeten. In Europa zal je ze niet vinden: er is zelfs geen vraag ingediend om toelating



Geïnfecteerde papajaplant en –vrucht

te verkrijgen op de Europese markten. Wellicht was de lange procedure te veel werk voor de zeer beperkte markt voor deze vruchten op ons continent.

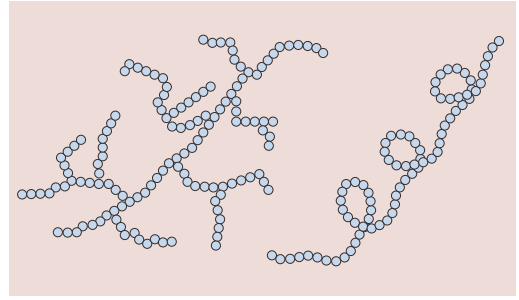
De Amflora aardappel

Normaal zetmeel bestaat uit twee componenten: amylose en amylopectine. De Amflora is een aardappel die zo is gemodificeerd dat het zetmeel in de knollen enkel uit amylopectine bestaat. Het amylose in de aardappel wordt immers aangemaakt door polymerisatie van suikers door het enzym GBSS (granule-gebonden zetmeelsynthase). In de Amflora verhindert antisensetechnologie dat dit GBSS wordt aangemaakt. De planten maken dus ook geen amylose meer aan. Het grote voordeel van dit zuivere amylopectine is dat het onmiddellijk bruikbaar is in de papier-, textiel- en lijndindustrie, terwijl het gewone zetmeel eerst moet gezuiverd worden (daar zit ongeveer 20% amylose in).



De Amflora

Deze aardappel zou niet dienen voor consumptie: niet omdat hij giftig zou zijn, maar de knol heeft nogal een melige textuur. Daardoor is hij culinair van weinig waarde. Voor de industrie zou de plant een bijzondere meerwaarde opleveren: tot meer dan 100 miljoen euro per jaar – zeker in de Europese Unie, die tekent voor 80% van de wereldproductie van zetmeelaardappelen, vooral dan in Duitsland, Nederland, Frankrijk, Denemarken, Polen en Zweden. In 2010 besliste de Europese Commissie om die aardappel toe te laten in de Europese bodem, met als voornaamste argument dat het een plant was die niet voor menselijke consumptie was bedoeld. In 2011 trok Bayer echter de productie van de Amflora al terug uit de EU omwille van de voortdurende publieke en politieke

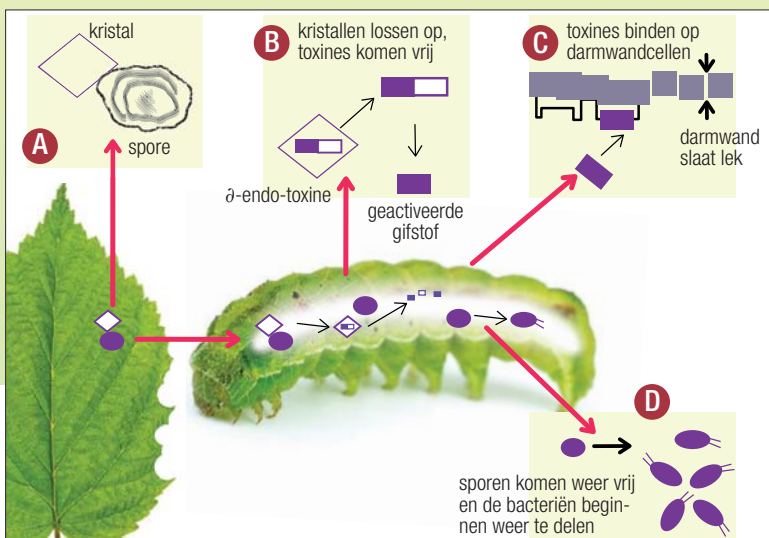


Twee vormen van zetmeel. Beide zijn polymere vormen van glucose. Amylose is niet vertakt, amylopectine wel.

tegenstand. In 2013 verwierp het Europees Hof uiteindelijk de beslissing van de Commissie om de Amflora toe te laten, omwille van procedurefouten.

Zo pakt een plant een rups aan

Waarom denken we dat *Bt*-gewassen veilig zijn voor mensen en waarom zijn ze zo efficiënt tegen insecten? Het antwoord ligt in de biochemie van de *Bt*-toxines. De kristallen waarin de eiwitten zitten moeten namelijk eerst oplossen. Dat gebeurt enkel in een basische omgeving. Meer nog – de pH moet goed zijn (tussen de 8 en de 11). Is de pH te laag, dan lossen de kristallen op, maar breken ook de *Bt*-toxines meteen mee af. Is de pH te hoog, dan lossen de kristallen niet eens op en komen de giftige eiwitten niet vrij. Daarna moeten de eiwitten nog worden verknipt vooraleer hun giftige kant werkzaam wordt, en dat gebeurt pas tijdens de spijsvertering zelf. Voordien zijn ze niet actief. Eens geknipt, kunnen de gifstoffen binden op receptoren in de darmwand. Daardoor wordt de darmwand geperforeerd, en dit doodt het dier. Bij zoogdieren zoals wij zijn de omstandigheden er helemaal niet naar: om te beginnen hebben wij een te zuur maag- en darmstelsel. Ook passen de toxines, mochten ze dan toch gevormd worden, op geen enkele receptor in de darmwand.



Bacillus thuringiensis: live of in uitgesteld relais ?

Bacillus thuringiensis (Bt) is een natuurlijk voorkomende bodembacterie, met een speciale eigenschap: zodra de omgevingscondities te slecht worden voor de bacterie, vormt zij een spore waar ze haar DNA in verpakt, om te wachten op betere tijden. Daarnaast maakt ze ook kristallen aan, die voor minstens 20% bestaan uit delta-endotoxines, de eiwitten Cry en Cyt. De Cry-eiwitten zijn giftig voor bepaalde insecten, maar zijn onschadelijk voor de mens en andere diersoorten. Er zijn vele *B. thuringiensis*-stammen, elk met een andere inhoud aan Cry-eiwitten, zodat er ondertussen meer dan 100 verschillende van die eiwitten gekend zijn. Elk Cry-eiwit is actief tegen een klein aantal insectensoorten, meestal binnen dezelfde insectenorde. Deze kristallijne Cry-endotoxines behoren tot de meest specifieke en krachtigste insecticiden die er zijn. Wanneer we de bacterie in het lab kweken, produceren deze hun Bt-toxines, die wij als insecticide sproeistof kunnen gebruiken. Het Bt-pesticide stond bekend als belangrijkste biopesticide op de markt, met 90% van de verkoop. Alleen, binnen de grotere groep van alle insecticiden zijn de biologische pesticiden nauwelijks

van enige betekenis. Hoewel Bt het meest gebruikte biopesticide is, neemt het slechts 1% van de totale insecticidenmarkt in.

Daar zijn een aantal redenen voor. Om te beginnen worden de Cry-proteïnen snel afgebroken door UV-straling afkomstig van de zon. Daarom moet de landbouwer meerdere keren sproeien. Daarnaast is een bepaalde Bt-stam maar actief tegen een paar plaagsoorten. Eén enkel product is daarom nooit voldoende tegen alle plagen die voorkomen in het veld. Ten slotte zijn vele belangrijke plagen ongevoelig voor de gekende Bt-stammen.

Al gauw kwam er echter een revolutionair alternatief voor deze sproeistoffen op de markt: een plant die zijn eigen insecticide aanmaakte. De eer gaat naar het Belgische bedrijf Plant Genetic Systems (nu onderdeel van Bayer CropScience). Dit was het eerste bedrijf (in 1985) om genetisch gemodificeerde gewassen (tabak) te ontwikkelen die dankzij de cry-genen van *B. thuringiensis* resistent werden tegen bepaalde insecten. Deze Bt-tabak werd nooit



De monarchvlinder



Rups van de monarchvlinder



gecommercialiseerd; deze experimenten dienden voornamelijk om het idee zelf uit te testen in een gemakkelijk genetisch te modificeren plant die bovendien niet gegeten wordt. In 1995 werd voor het eerst een *Bt*-plant op het veld toegelaten: een *Bt*-aardappelgewas. In 1996 volgde de *Bt*-maïs.

Van een maïs en een vlinderken

De *Bt*-planten hebben ook hun dosis kritiek te verwerken gekregen. Zo behandelen we in het volgende nummer van MeNS het begrip resistentie, de verspreiding van transgenen via de bestuiving van niet-transgene soortgenoten, en het effect van selectiegenen.

Twee foutieve verhalen willen we nu al wel geschrapt zien. Het eerste gaat over de monarchvlinder. Volgens onderzoek uit 1999 zouden rupsen van deze vlinder gestorven zijn na het eten van pollenkorrels van *Bt*-maïs, die op andere planten waren terechtgekomen. Bovendien zouden de wijfjes van die vlinder de met *Bt*-pollen bedekte planten negeren. De resultaten van

dit onderzoek konden echter later niet bevestigd worden. Integendeel, Rick Hellmich, een van de betrokken onderzoekers, liet achteraf aan National Geographic weten: “(...) *butterflies are safer in a Bt cornfield than they are in a conventional cornfield, when they're subjected to chemical pesticides that kill not just caterpillars but most insects in the field.*” Verder weten we ondertussen dat ook *Bt*-katoen niet schadelijk is voor de monarchvlinder. De vlinder legt haar eitjes niet op katoenplanten, zodat de bladeren van *Bt*-katoenplanten dus ook geen voedsel zijn voor deze rupsen. De concentraties van het Cry-eiwit in de nectar van de bloemen zijn veel te laag om toxische effecten te hebben. En voor wie het zich – weerom niet onterecht – afvraagt: de *Bt*-toxines die we nu gebruiken hebben geen effect op bijen. Ondertussen is de monarchvlinder echter wel een symbool geworden van het verzet tegen GGG's – maar daarover meer in het volgende nummer.

Maar er was nog een tweede verhaal. Volgens sommige milieuactivisten in India hebben de activiteiten van multinational en zaadfabrikant Monsanto op de Indiase

markt gezorgd voor de zelfmoord van 270 000 Indi-
sche landbouwers. Sommigen gaan zelfs zo ver om
van een genocide te spreken. De schuldige plant?
Bt-katoen. De verklaring? In eerste instantie wees
men op de prijs van de zaden. Die zouden vijfmaal
meer kosten dan die van de lokale katoenvariëteiten,
en dit zou sommige lokale handelaren ertoe hebben
aangezet om ze te mengen met lokale soorten, aan
lagere prijzen. Uiteraard lag ook het verlies door
insectenvraat een pak hoger, zodat de boer uitein-
delijk bedrogen uitkwam, en geld moest gaan lenen
bij lokale weekeraars. Wie dat uiteindelijk niet kon
terugbetalen, kwam in grote ellende te zitten. Som-
migen pleegden uiteindelijk zelfmoord. Allemaal
te wijten aan het *Bt*-katoen. Nochtans bleek uit een
studie van de Universiteit van Göttingen dat tussen
2002 en 2008 de katoenoogst in Centraal- en Zuid-
India met 24% was toegenomen, en dat de winst van
de landbouwers met 50% was gestegen.

De bewering over het aantal zelfmoorden steunt
overigens nergens op, zoals bijgevoegde grafiek
aantoont. Hoewel er inderdaad al jarenlang te veel
landbouwers een eind aan hun leven maken (en dat
zonder twijfel een maatschappelijke ramp is), hebben
de GG-katoenplanten er hoegenaamd niets mee te
maken.



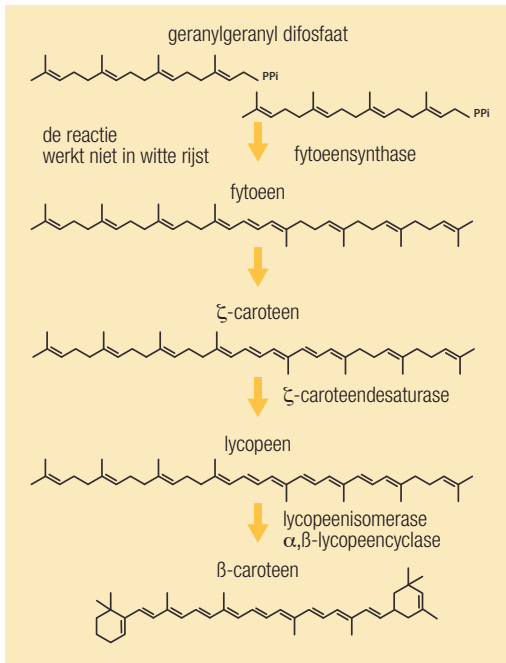
Golden Rice: wondermiddel of kwakzalverij?

Rijst tegen blindheid

Tekorten aan micronutriënten (zoals ijzer, vitamine A, jood en zink) zijn wereldwijd een bron van ziekte en ellende. Vitamine A-tekort is een aandoening van arme mensen met een eenzijdig, vooral koolhydraat-rijk dieet, gebaseerd op rijst en arm aan micro-nutriënten. In een gevarieerde voeding zit voldoende bèta-caroteen (provitamine A), wat in ons lichaam wordt omgezet in vitamine A. Rijst bevat echter geen bèta-caroteen, en wie vooral rijst eet, zal dus te weinig vitamine A aanmaken. Vermits deze vitamine de voorloper is van het pigment retinal in onze ogen, zijn de gevolgen van een gebrek aan vitamine A schrijnend: een verminderd gezichtsvermogen en in extreme gevallen onomkeerbare blindheid. Daarnaast lijden de patiënten ook aan een verminderde immuunrespons, verminderde aanmaak van rode bloedcellen (en dus ook minder zuurstoftransport in het bloed) en een verstoring van de ontwikkeling van het skelet. Vooral kinderen en vrouwen lijden onder dit gebrek. In 2012 meldde de Wereldgezondheidsorganisatie dat ongeveer 250 miljoen kleuters te kampen hebben met een tekort aan vitamine A.



Golden Rice, in een vergelijking met gewone witte basmatirijst.



Golden Rice werd gecreëerd door rijst uit te rusten met slechts twee extra genen voor bèta-caroteenbiosynthese: psy (fytoeensynthase) van narcis (Narcissus pseudonarcissus) en crt1 (caroteendesaturase) uit de bodembacterie Erwinia uredovora.



Rijstveld in Thailand

Jaarlijks wordt een half miljoen onder hen blind, en de helft van deze groep sterft binnen het jaar. Het louter uitdelen van extra vitaminen blijkt niet in staat om dit op te lossen.

Rijst die meer provitamine A bevat, kan deze problemen verminderen en vermijden. Golden Rice werd dus ontworpen om bèta-caroteen te produceren in het eetbare gedeelte van rijst, het endosperm. Normaal gesproken produceert de rijstplant het plantenpigment bèta-caroteen enkel in de groene gedeelten van de plant, waar de stof een rol speelt in de fotosynthese. Doordat in de Golden Rice het bèta-caroteen ook in de rijstzaden wordt aangemaakt, bevat het dieet van wie deze rijst eet een direct beschikbare bron van provitamine A.

Provitamine A wordt normaal geproduceerd in de groene weefsels van elke plant en omgezet in

vitamine A in het menselijk lichaam. In de rijstkorrel bestaat die synthese niet, doordat een cruciaal enzym ontbreekt. De onderzoekers, Ingo Potrykus van het Zwitserse Federale Instituut voor Technologie en Peter Beyer van de Universiteit van Freiburg, zagen in dat ze dit tekort konden oplossen door rijstplanten te transformeren met een fytoeensynthasegen (*psy*) samen met een desaturasegen (*crt1*). Op die manier getransformeerde rijst is in staat om lycopene aan te maken (de rode kleurstof uit tomaten), wat daarna tot bèta-caroteen wordt omgezet door een cyclase dat al in de rijstkorrel aanwezig was.

Dit GGG werd voor het eerst voorgesteld in een publicatie in *Science* in 2000. In 2005 werd er zelfs een tweede variant van aangemaakt, met 25 maal meer bèta-caroteen, zodat al wie van deze rijst at, dagelijks voldoende provitamine A zou binnenkrijgen.

Blind debat?

Wie het bovenstaande verhaal leest, kan niet anders dan besluiten dat Golden Rice een meerwaarde betekent voor de menselijke samenleving, en een waardevolle poging is om met goede wetenschap een menselijk drama op te lossen. Niets is minder waar. Voor we deze plant beginnen te verbouwen, moeten enkele vragen beantwoord worden. Zonder te twijfelen aan de goede bedoelingen van de betrokken wetenschappers, maar hoe luidt het spreekwoord... de weg naar de hel is met diezelfde goede bedoelingen geplaveid. Kritisch blijven is de boodschap.

De belangrijkste kritiek op Golden Rice is dat het tekort aan vitamine A vooral een kwestie is van een niet-uitgebalanceerd dieet. Door een rijstvariant met meer provitamine A in ontwikkelingslanden op de markt te brengen, bestrijden we enkel dit symptoom, en verbetert het globale welzijn van de mensen ter plekke niet. Dat is zeker juist. Alleen, initiatieven ter bevordering van een meer gevarieerde voeding hebben tot nog toe weinig succes gehad. Ook kunnen mensen die getroffen zijn door vitamine A-tekort zich meestal niet veroorloven om gevarieerde voeding te kopen. Rijst is bovendien een gemakkelijk te bewaren basisvoedsel, in tegenstelling tot alternatieve provitamine A-rijke gewassen. Dit neemt echter aan de andere kant weer niet weg dat die gezonde uitga-

lanceerde voeding het einddoel moet zijn, en dat Golden Rice enkel een tussentijdse oplossing kan zijn, bedoeld om het ergste leed te verhelpen.

Er zijn ook andere vragen, die rond GGG's de ronde doen. Veroorzaken ze geen schade aan het milieu? Verspreiden ze hun transgene eigenschap naar naburige velden waar hun niet-gemodificeerde soortgenoten groeien? En – misschien wel de belangrijkste vraag – zitten voor- en tegenstanders niet te zeer in hun loopgraven, te blind om tot een consensus te komen over wat er wel en niet kan met planten. Die vragen reserveren we voor deel twee van dit dossier. Tot dan geldt: wat men ook over andere gewassen kan zeggen – en misschien is Golden Rice wel een uitzondering die de regel bevestigt – dit GGG is geenszins een bedreiging, noch voor het milieu, noch voor de menselijke gezondheid. De plant is ontwikkeld door een Europese universiteit en leidt dus niet tot woekerwinsten voor een multinational op de kap van de armen van deze wereld (meer nog, de planten worden in ontwikkelingslanden licentievrij verdeeld aan alle landbouwers die minder dan 10 000 dollar per jaar verdienen, én ze mogen hun zaden bij zich houden en herplanten). En in afwachting van betere oplossingen draagt de plant bij aan het bestrijden van een reëel, wereldwijd vitaminetekort, dat miljoenen kinderen en volwassenen wereldwijd bedreigt.



© 2014 Uitgeverij Acco
MeNS wordt uitgegeven door Uitgeverij Acco,
de inhoud, wetenschappelijke correctheid en
popularisatie wordt verzorgd door Bio-MENS vzw.

www.uitgeverijacco.be
www.biomens.eu

Academische begeleiding

Prof. Dr. Roland Caubergs, Universiteit Antwerpen
roland.caubergs@uantwerpen.be
Hoofredactie
Dr. Ing. Joeri Horvath, Universiteit Antwerpen
joeri.horvath@uantwerpen.be

Kernredactie

Lic. Karel Bruggemans, VRT
Prof. Dr. Roland Caubergs, Universiteit Antwerpen
Dr. Guido François, Universiteit Antwerpen
Prof. Dr. Geert Potters, Hogere Zeevaartschool
Dr. Lieve Maesele, Hogeschool Gent
Lic. Els Grieten, Universiteit Antwerpen
Lic. Chris Thoen, middelbaar onderwijs
Ir. Marjolein Vanoppen, Universiteit Gent
Ir. Ariane Ooms, middelbaar onderwijs en Universiteit
Antwerpen
Prof. Dr. Diane Van Strydonck, Universiteit Antwerpen
Ludwig Callaerts, ActUA vzw/UA

Communicatiecoördinator Bio-MENS

Kaat Vervoort
Herrystraat 8b, 2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 609 52 30
Fax +32 (0)3 609 52 37
contact@biomens.eu

Algemene coördinatie

Dr. Sonja De Nollin
Tel. +32 (0)495 23 99 45
sonja.denollin@uantwerpen.be

Abonnementenadministratie

Voor België en Nederland:
Uitgeverij Acco
Blijde Inkomststraat 22, 3000 Leuven
Tel. 016 62 80 00
Fax 016 62 80 01
uitgeverij@acco.be
Abonnementen worden stilzwijgend voor één jaar-
gang verlengd. Opzeggen doet u uitsluitend via mail
naar uitgeverij@acco.be, uiterlijk op 31 januari van
de lopende jaargang.

Abonnementsprijzen (4 nummers):

Gewoon jaarabonnement: €35 incl. btw
Educatief jaarabonnement: €25 incl. btw
Losse nummers: €9,95 incl. btw per nummer

Advertentietarief:

Voor meer informatie neemt u contact op met
uitgeverij Acco.

Omslagontwerp en vormgeving:

Peter Faes - www.odevie.com
Uitgeverij Acco

Losse nummers

t.e.m. MeNS 81 te bestellen bij Bio-MENS vzw.

MeNS komt naar je school of vereniging met 9 wetenschappelijke lezingen rond verschillende thema's:

- Biodiversiteit in de knoei!
- Eet je gezond!
- Exoten in opmars
- Bijenzaken aan ons hoofd
- Technologie voorbij de grenzen van het kleine (bio- en nanotechnologie)
- Eerlijk eten
- Kanker
- Biomimicry
- De verschrikkingen van het klimaatdebat

Doelgroep: publiek vanaf 15 jaar
 Kostprijs: 125 euro per lezing (excl. verplaatsingskosten)
 Datum: vrij te kiezen in functie van beschikbaarheid
 Duur: 2 uur
www.biomens.be

De verschrikkingen van het klimaatdebat Nieuwe lezing!

De nieuwste lezing in de reeks MeNS komt naar je toe! wil weerwerk bieden aan de grootste flaters die over global change verteld worden. Anderzijds geeft deze lezing ook een educatieve en wetenschappelijke steun in de rug voor iedereen die een eerlijke poging wil doen om het klimaatverhaal in het juiste perspectief te zien.

"Moet ik nu wakker liggen van het feit dat het hier misschien enkele graden warmer wordt? Ik zie echt het probleem niet." Nodig MeNS uit om het probleem 'echt te zien'.

Deze lezing sluit perfect aan bij de 7de editie van De Jonge Baekeland!



DE JONGE BAEKELAND 2015

Klimaat

De gemiddelde temperatuur op aarde neemt toe, poolkappen smelten, het zeeniveau stijgt.

We krijgen te maken met droogte en verwoestijning. Landbouwgrond wordt vernietigd door overstromingen. Dieren en planten komen onder druk en sterven uit.

Wat doe JIJ eraan?

De 7de editie van De Jonge Baekeland staat in het teken van het thema klimaat. Zit jij in het schooljaar 2014-2015 in de derde graad secundair onderwijs (aso, tso, bso of kso)? Schrijf je dan samen met je klasgenoten in! Inschrijven kan t.e.m. 15 februari 2015. De finale vindt plaats op vrijdag 8 mei 2015 in de Plantentuin in Meise.

Meer info: www.biomens.eu



MeNS 92

Dossier op komst: Genetisch Gemodificeerde Organismen - deel 2

- ...
- 57 Brein
 - 58 Illusies te koop
 - 59 Je sigaret of je leven
 - 60 Luchtvervuiling
 - 61 Griep, een doderoep op de loer?
 - 62 Vaccinatie, reddingslijn of dwaallicht?
 - 63 Boordevol energie
 - 64 Een graadje warmer. Quo vadis, Aarde?
 - 65 Energie in het zonnetje
 - 66 ADHD, als chaos overheerst
 - 67 Duurzaam... met kunststoffen
 - 68 Aspecten van evolutie
 - 69 Seksueel overdraagbare aandoeningen
 - 70 Groene Chemie
 - 71 Invasieve soorten
 - 72 Jongeren durven innoveren
 - 73 Op weg naar Mars
 - 74 Waarheen leidt het spoor?
 - 75 Als het bloed niet meer stroomt
 - 76 PVC: harmonie van duurzaamheid en design
 - 77 Mariene biodiversiteit
 - 78 Systeembio

- 79 Bijen
- 80 (Over)Bevolking
- 81 Overbevissing
- 82 Eerlijk eten
- 83 Bamboe
- 84 Kanker, de vijand binnenin
- 85 Biomimicry
- 86 Gehoor en gehoorproblemen
- 87 Geneesmiddelen
- 88 Kankerbehandeling
- 89 Kwantummechanica
- 90 De valstrikken van het klimaatdebat



Dossiers nrs 1 - 90 nog verkrijgbaar zolang de voorraad strekt, zie www.biomens.eu