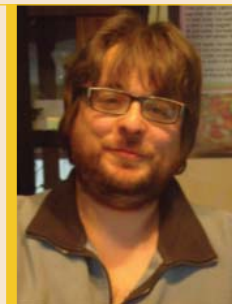


MENS

DOSSIER

Knutselen met plantengenen

Deel 2: Van technologie tot wereldbeeld



VOORWOORD

In deze jaargang van MeNS raken we drie zeer gevoelige thema's aan. Zo hadden we eerst de discussie over het klimaat, leest u nu in het tweeluik rond genetisch gewijzigde organismen, en volgt er binnenkort een dossier over eten en diëten. Stuk voor stuk zijn dit thema's waar heel wat controverses over bestaat, en waar zelfs wetenschappelijk geschoolde mensen geregeld hun weg in verliezen. Hoe komt dit?

Uiteraard is er de complexiteit van het onderwerp. Het is voor onderzoekers al een dagtaak geworden om binnen een specialisme bij te blijven met alle nieuwe gegevens die verschijnen in de vakbladen; voor het brede publiek dat op de hoogte wil blijven van verschillende maatschappelijk belangrijke thema's, is het vaak onbegonnen werk.

Bovendien zijn ook de spreekwoordelijke kapers op de kust. Gesteund door het alomtegenwoordige internet, waar parels naast mestballen worden tentoongespreid

onder dezelfde noemer ("Ik weet het – beter"), plempst zowat iedereen een eigen visie en mening op allerlei websites. Van enige kwaliteitscontrole is geen sprake, en de grootste nonsens worden door een onvoorbereide lezer dan ook geslikt als zoete koek.

In de drie thema's van deze jaargang is heel wat van de "informatie" sterk gekleurd: ontkenners van *global warming* vertrekken vaak uit een eng economisch gezichtspunt, en tegenstanders van GGO's zweren bij een louter ecologische benadering van het vraagstuk. Gelukkig is er ook de duurzame benadering, die economie, ecologie en het welzijn van de mens blijft afwegen... en dat blijkt de wetenschappelijke manier van denken te zijn. Een manier van denken die MeNS alleen maar kan ondersteunen.

Prof. Dr. Geert Potters
Hogere Zeevaartschool

Inhoud



Risicoloos eten	4
Risicoloos kweken	10
Insectresistente planten	18
En wat als het transgen ontsnapt?	20
Wie heeft er nood aan een GGG?	23
Gentechnologie, geen technologie als een andere?	27

Knutselen met plantengenen

Deel 2: Van technologie tot wereldbeeld

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

In het vorige dossier (nr. 91) zette MeNS het thema van de genetisch gewijzigde organismen (GGO's) in de schijnwerpers. U leest daar hoe de mens al 8000 jaar lang bepaalde plantenvariëteiten selecteert, kruist en later zijn beschikbare palet via polyploidie en mutagenese nog uitbreidt. Sinds een jaar of dertig behoort het rechtstreeks ingrijpen in het DNA, via transgenese en cisgenese, tot de technische mogelijkheden. De tekst illustreert dit met een aantal voorbeelden. We staan in het nummer bv. stil bij de Bt-gewassen (die hun eigen insecticide produceren) en bij de Golden Rice, een transgene rijstvariëteit die provitamine A aanmaakt, en die bedoeld is om blindheid en kindersterfte in ontwikkelingslanden een halt toe te roepen.

Uit dat laatste voorbeeld blijkt dat GGO's heel wat stof doen opwaaien. Niet iedereen is ervan overtuigd dat deze planten echt de mensheid vooruithelpen – integendeel, wie even rondkijkt op het internet of in zijn omgeving rondvraagt, krijgt al gauw een aantal argumenten te verwerken die stellen dat GGO's een verkeerd antwoord zijn op de uitdagingen voor de toekomst van onze planeet. En wie erop rekent om snel een eenduidig besluit te vinden van het debat pro of contra GGO's, komt al gauw bedrogen uit: argumenten voor en tegen het inzetten van deze planten in de mondiale landbouw wisselen mekaar af, en echt duidelijker wordt het verhaal er niet op. Niet voor de MeNS-redactie, die een behoorlijke kluihf heeft gehad aan het thema, en zeker niet voor de gemiddelde Europese burger.



*GGO's lokken heel wat protest uit.
Terecht of onterecht?
Lees het antwoord in dit dossier.*



Diezelfde burger heeft al bij voorbaat geen hoge dunk van GGO's en staat eerder huiverig tegenover het gebruik van deze planten. Dat is niet zo vreemd. De eerste commerciële transgene gewassen kwamen immers op de Europese markt in de jaren 1990, op een moment dat we al heel wat voedselschandalen moesten verwerken: salmonellabesmettingen, de gekkekoeienziekte (BSE), en in eigen land was er de dioxinecrisis. Die schandalen gingen telkens gepaard met een slechte communicatie tussen de overheid en de burger, en deze laatste verloor zijn vertrouwen in diezelfde overheid. Tegelijk bleek het landbouwbeleid van de EU helemaal niet efficiënt te zijn: we produceerden boterbergen, melkplassen en wijnzeeën en verspilden zo tonnen voedsel. Op wereldvlak zagen we de eerste grote protesten tegen de globalisering van de wereldeconomie. Multinationals deden aan schaalvergroting, verhuisden hun productie naar *sweatshops* in lageloonlanden, zochten manieren om te *mergen* met andere multinationals en probeerden zich via quasi-monopolies aan de nationale wetge-

vingen te onttrekken. Namen van vele multinationals kregen al dan niet terecht een bijzonder slechte bijklank en vermits zij net GGO's wilden promoten, bleef die reputatie ook aan de planten zelf kleven. In een dergelijke context sloeg ook de onafhankelijke wetenschap de plank volledig mis: wetenschappers vertrouwden erop dat ze nog steeds gezag uitstralen en probeerden de mensen wel gerust te stellen, maar slaagden er niet in om het publiek te overtuigen dat naar hun verzuchtingen werd geluisterd. Het waren niet bepaald onze beste tijden.

Maar het onderzoek bleef wel voortgaan. Verschillende pertinente vragen lagen voor: zijn GGO's wel gezond? Zijn GGO's wel veilig voor het milieu? Wat is de meerwaarde van GGO's? En op basis van de wetenschappelijke antwoorden op die vragen, na een studieperiode van 25 jaar en op basis van onderzoeksresultaten van 130 projecten door 500 onafhankelijke groepen, stelt vandaag nu ook de Europese Commissie:



Een batterij termen

allel	variant van een gen, bv. het gen voor witte bloemkleur en dat voor rode bloemkleur zijn twee allelen voor het gen voor bloemkleur.
Bt	Eiwit afkomstig van de bacterie <i>Bacillus thuringiensis</i> . Het is giftig voor specifieke insectensoorten. Bt-planten zijn planten die het gen voor dit eiwit dragen.
cisgenese	techniek waarbij er nieuwe allelen in een plant worden gebracht. Die allelen waren reeds aanwezig in andere individuen van dezelfde plantensoort.
gen	stuk DNA dat codeert voor een specifieke erfelijke eigenschap, bv. bloemkleur. Let op - sommige eigenschappen worden veroorzaakt door meerdere genen samen (bv. huidskleur of kleur van de iris).
genoom	verzameling van alle genen en tussenliggend DNA van een organisme (zie ook MeNS 78, Systeembioologie)
genconstructie	artificieel aangemaakt gen voor expressie in een transgeen organisme
GGG	genetisch gewijzigd gewas
GGO	genetisch gewijzigd organisme (vroeger ook wel eens genetisch gemanipuleerd organisme genoemd)
ploïdie	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
transgen	genconstructie voor transgenese of cisgenese; vreemd gen, dat in het genoom van een GGO terechtgekomen is via gentechnologie
transgeen	voorzien van een transgen
transgenese	techniek waarbij er nieuwe allelen in een plant worden gebracht. Die kunnen afkomstig zijn van eender welk ander organisme.

“Er is, tot op vandaag, geen wetenschappelijk bewijs dat GGO's verbindt met grotere risico's voor het milieu of voor voedsel en voedselveiligheid dan klassieke gewassen en organismen.”

Meer nog, een Italiaanse studie van 2013 analyseerde maar liefst 1783 gepubliceerde studies, alle beoordeeld via het typische wetenschappelijke systeem van *peer review* (zie ook MeNS 87 en 90) en verschenen in topvakbladen. Ook hier volgt dezelfde conclusie: die hele stapel wetenschappelijk onderzoek heeft geen risico's aangetoond die specifiek verbonden zijn met het gebruik van GGO's.

Dat wil niet zeggen dat de gestelde vragen onterecht waren, zoals de aandachtige lezer snel zal merken, of dat we de aangedragen antwoorden niet kritisch mogen bekijken. Het is altijd goed dat de wakkere

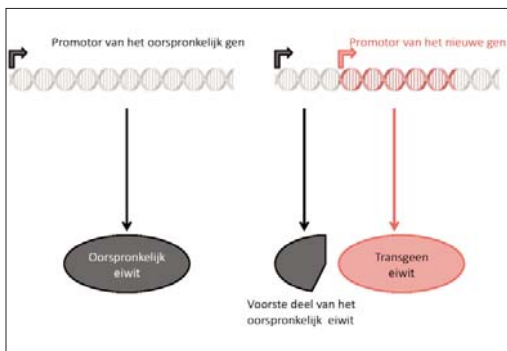
burger de juiste vragen stelt en voldoende zekerheid eist over wat er op zijn bord terechtkomt. Maar we weten heel wat meer dan tien, vijftien jaar geleden. In dit dossier van MeNS analyseren we daarom de stand van het debat over GGO's. Met voors en tegens.

Let wel – debat moet debat blijven. Het “platgooien” van een proefveld met genetisch gemanipuleerde aardappelen in Wetteren in mei 2011 is een stuitend voorbeeld van hoe het niet moet. Of je nu voor of tegen het inzetten van GGO's bent, vernieling is géén optie in een democratisch debat – en dat is alvast de mening van de rechtbank die over de feiten moest oordelen. En vindt u dat dit wel moet kunnen, dan mag u zich even voorstellen dat een GGO-voorstander uw bureau vol aardappelen komt storten, omdat uw visie nu eenmaal anders is.

Risicoloos eten

GGO's en allergieën

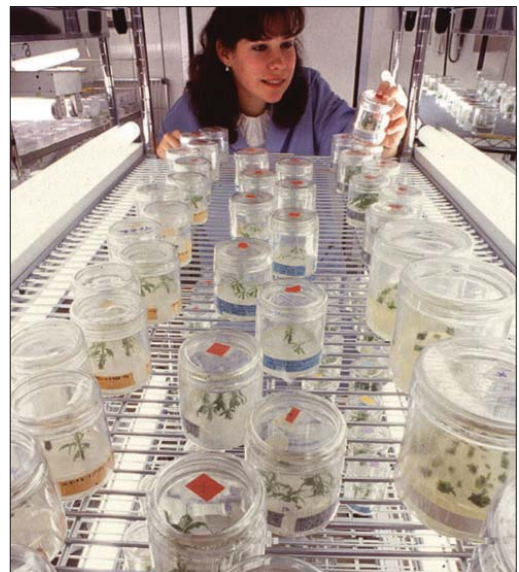
Een eerste bezorgdheid rond het consumeren van GGO's gaat over de aanwezigheid van extra allergenen in de planten. Die kunnen op twee manieren verschijnen. Om te beginnen - wanneer we een plant nieuwe eiwitten laten aanmaken, kunnen deze eventueel allergische reacties uitlokken, ook bij mensen die tevoren nog geen enkele andere allergie vertoond hadden. Daarnaast is het zo dat we bij een transformatie van een plant niet kunnen voorspellen waar dit nieuwe construct juist in het genoom van die plant zal terechtkomen. Zo kan het construct zich midden in een bestaand eiwit nestelen en daar de structuur van overhoop gooien. Ook dit kan weer leiden tot het ontstaan van onbekende en soms allergene structuren. (zie figuur onderaan)



Theoretisch gezien kunnen er zo nieuwe allergene eiwitten ontstaan in transgene planten.



Om te beginnen is dit theoretisch gezien inderdaad een risico. Wanneer we een nieuw gen invoegen in een bestaand genoom, zijn er twee eiwitten die gewijzigd worden: het eiwit dat door het nieuwe gen wordt bepaald en het eiwit dat overeenkomt met het gen waar dat nieuwe gen zich heeft ingenesteld. De gebruikelijke methoden om een plant te transformeren zijn immers niet in staat om te bepalen waar het nieuwe gen ergens in het genoom terechtkomt. Meer nog, we zijn tot nu toe niet in staat om te voorspellen wat er gebeurt wanneer een nieuw gen plots terechtkomt in een complexe omgeving als een genoom, dat door miljoenen jaren evolutie in evenwicht is gebracht. Onderzoeker David Suzuki gebruikt weleens deze metafoer: een gen invoegen in een bestaand genoom, dat is alsof je Mick Jagger bij een symfonisch orkest zet en dan om muziek vraagt. Je weet niet waar je aan begint.

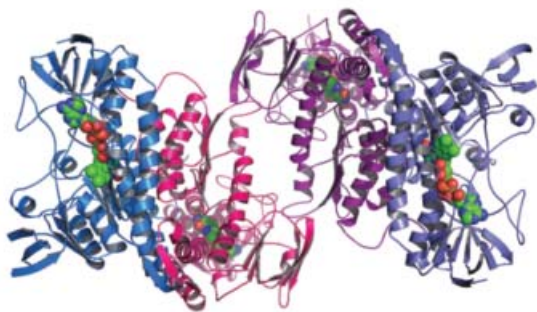


De regels voor een evaluatie van de voedselveiligheid van GGO's, opgelegd door de Europese Unie, vind je hier: www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2150.htm. Hierbij moet men niet enkel aantonen dat het GGO geen allergene eiwitten bevat, maar ook dat de transgene plant geen giftige stoffen aanmaakt.



Papaja – ananas – kiwi : voor sommige mensen is dit een gevaarlijk trio. Alle drie bevatten ze namelijk het eiwit antinidine. Voor de lekkerbekken onder u: dit enzym tast melkeiwitten aan zodat melk bitter gaat smaken, en breekt gelatine af (zodat je geen bavarois met kiwi kan maken zonder de vruchten te koken).

Zie ook www.piethuysentruyt.com/bavarois/... of in Kookkunst & wetenschap (uitg. De Boeck) p.44.



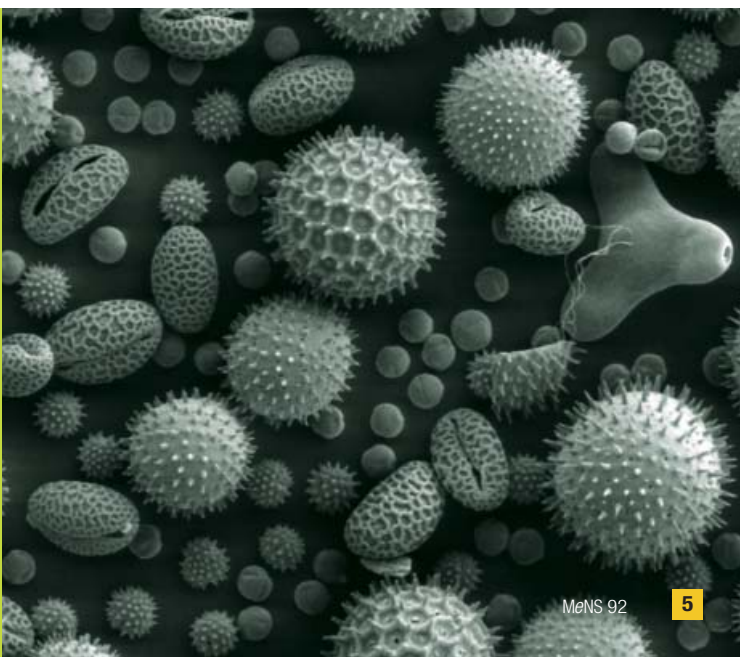
Ook de kracht van de (bio-)informatica wordt ingeschakeld om allergene en giftige eiwitten te vermijden. De nieuwe eiwitten worden via computerprogramma's vergeleken met bekende allergenen en gifstoffen.

Langs de andere kant hebben we wel degelijk de technologie om te controleren waar een nieuw gen terechtgekomen is in het plantengenoom (zie kader en figuur). We kunnen dus vrij snel uitzoeken welk ander gen (en bijbehorende eiwit) potentieel voor problemen zou kunnen zorgen. Bovendien is de productie van extra eiwitten nog nooit waargenomen, noch bij planten, noch bij andere gentiche-toepassingen. Bacteriën die via transgene weg gewijzigd zijn en sinds 1982 menselijk insuline produceren, maken netjes alleen dit eiwit aan. Ook bij planten vinden we geen andere eiwitten terug dan degene die we verwachtten. Deze metingen maken trouwens integraal deel uit van de verplichte evaluatie van een genetisch gewijzigde plant voor die op de markt mag worden gebracht.

Overigens is het risico groter dat je aan een allergeen eiwit wordt blootgesteld bij het eten van niet-transgene planten dan bij het eten van GGO's. Denk maar aan de vele mensen die allergisch reageren op pinda's of aardbeien! Verder vinden we ook allergenen in melk, schaaldieren, gluten, vis, Een interessant voorbeeld is de kiwi. Deze smakelijke vrucht is afkomstig uit China en werd voor het eerst gekweekt bij het begin van de vorige eeuw in Nieuw-Zeeland. De kiwi werd in de jaren 1960, in de Verenigde Staten voor het eerst op de markt gebracht, en niet lang daarna ook in Europa. Niemand stelde zich toen de vraag in hoeverre deze nieuwe vrucht ook ongezonde nevenwerkingen zou kunnen hebben, maar vandaag de dag moeten we vaststellen dat kiwi's wel degelijk vervelende allergische reacties teweeg kunnen brengen.

Wat zijn allergenen?

Een allergeen is een stof die ons immuunsysteem zo sterk prikkelt dat er een abnormaal hevige reactie volgt: niezen, een astma-aanval, huiduitslag... en zelfs een anafylactische shock (een scherpe bloeddrukval). Dit gebeurt zodra onze witte bloedcellen, de bewakers van ons lichaam, vreemde eiwitten opmerken. Voor meer achtergrond verwijzen we graag naar MeNS-dossier 37, Allergie in opmars, te downloaden op www.biomens.eu.

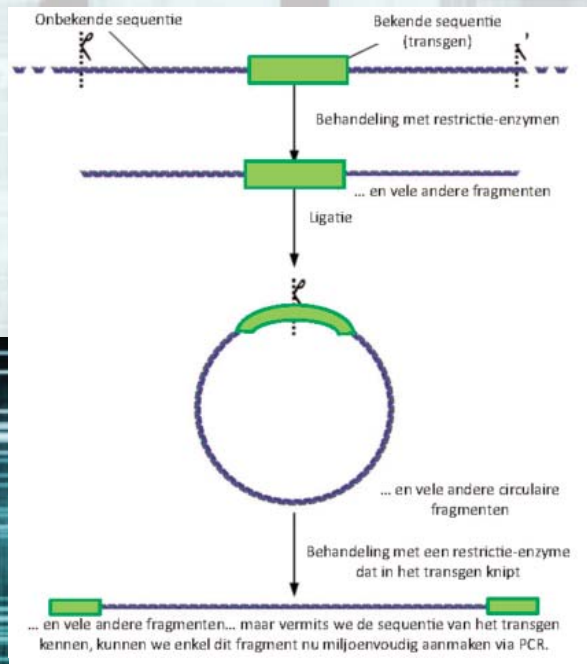
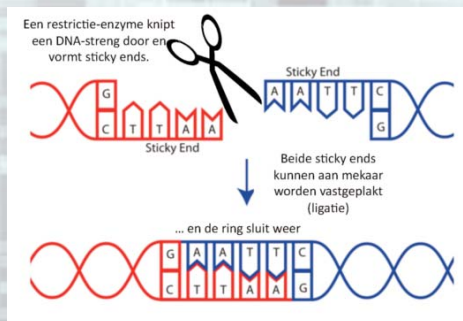


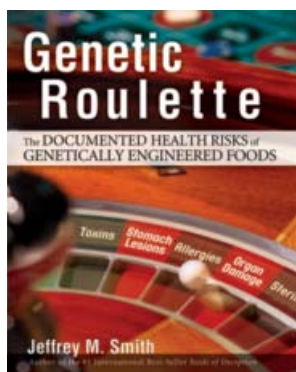
Uitzoeken waar een gen zit, gebeurt met een inverse PCR-reactie. PCR (*polymerase chain reaction* of de polymerasekettingreactie) is een techniek waarbij we heel specifiek een stuk DNA kunnen vermenigvuldigen, als we maar de basensequentie aan de randen van dat stuk DNA kennen.

Bij inverse PCR wordt het genoom eerst in stukken geknipt met behulp van restrictie-enzymen. Die knippen het DNA op een plaats met een heel specifieke sequentie van vier tot acht basenparen. Een tweede eigenschap van heel wat restrictie-enzymen is dat ze het DNA niet rechtdoor knippen, maar zogenaamde *sticky ends* overlaten: “overhangende eindjes” in het Nederlands.

Vermits elk genoom tientallen keren een dergelijke korte sequentie bevat, knippen die enzymen dat genoom dan ook in vele verschillende stukken. In één van die stukken zal ook het transgen zitten (op de tweede figuur in het groen aangeduid). Dankzij die *sticky ends* kunnen al deze stukken zich op zichzelf terugplooiën en cirkelvormige DNA-strengen maken.

Wanneer we nu het juiste restrictie-enzym loslaten op deze cirkelvormige strengen, knippen we die cirkels opnieuw open, maar dan nu dwars doorheen de transgene sequentie. Daardoor krijgen we opnieuw een lineair stuk DNA, maar wat eerst binnenin zat (het transgen), zit nu langs buiten. Met een gewone PCR kunnen we nu het gedeelte tussen de fragmenten van het transgen vermenigvuldigen. Daarna bepalen we de juiste sequentie en met behulp van de vrij beschikbare databanken vol DNA-sequenties komen we dan te weten op welke plaats het nieuwe gen zit.





Zelfverklaard expert Jeffrey M. Smith lijst heel wat bekende argumenten op in zijn werken 'Genetic Roulette' en 'The Seeds of Deception'. Een groep wetenschappers maakt er op de website academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/ simpelweg brandhout van. Maar lees dit rustig zelf even na. De film van de heer Smith is eenvoudig online te vinden en zijn stellingen worden op het internet kritiekloos herhaald, bv. op responsibletechnology.org/gmo-dangers/65-health-risks/1notes#allergies.

Maar er zijn toch studies die aantonen dat GGO's allerlei vreselijke effecten hebben op onze gezondheid?

Ja, die zijn er, al kunnen we er behoorlijk wat kanttekeningen bij maken. Zo is er een studie waarbij muizen werden gevoerd met aardappelen met daarin het Bt-gen (en dus ook het eiwit). De dieren vertoonden abnormale celgroei in hun darmstelsel. Alleen... datzelfde gold ook voor muizen die gewone aardappelen te eten kregen, waaraan het Bt-toxine was toegevoegd. Bovendien was dit toxine bij nader inzien van een andere bacteriesoort (dus niet *Bacillus thuringiensis*) afkomstig, en dus niet representatief voor het Bt-insecticide. En er was nog wel meer mis mee – maar dat leidt ons hier te ver.

Een ander verhaal claimt dat arbeiders uit India, die moesten werken met Bt-katoen, daar allergische symptomen aan overhielden. Dit blijkt bij navraag echter een gerucht te zijn dat geen enkele niet-gou-

vernementele organisatie wil bevestigen. Het verslag over dit valse gerucht staat beschreven in *Nature Biotechnology* van 2009. Nog weer andere studies bleken bij herhaling geen enkel effect meer aan te tonen. Ze waren slecht opgezet en misten zo de juiste controles, of worden tegengesproken door tal van andere studies die wel goed werden uitgevoerd. Wat wel klopt, is het verhaal van een transgene sojaplant die een gen van de paranoot bevatte. De sojaplanten maakten daarmee het eiwit aan waarop heel wat mensen van nature allergisch reageren (bij het eten van deze noten). Maar deze plantenlijn werd inderdaad tijdig opgemerkt, lang voordat de sojaplanten op de markt zouden komen en de ontwikkeling werd gestopt. Blijkbaar werken de regels die de consument moeten beschermen toch niet slecht.

Kort en goed: we kunnen inderdaad niet 100% uitsluiten dat GGO's allergenen bevatten, net zo min als we dat kunnen voor de traditionele landbouwgewas-



sen. Zonder toelating komen GGO's echter niet op de markt. Bovendien eten mensen ondertussen al twintig jaar voedsel waarin GGO's verwerkt zijn, en zijn er nog nooit problemen vastgesteld. Dat is met de kiwi of de pinda wel anders.

Hebben GGO's dezelfde voedingswaarde als gewone gewassen?

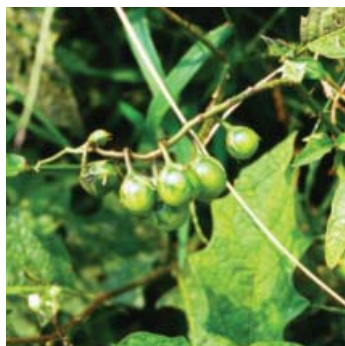
Laten we zoals goede wetenschappers even naar een paar studies kijken om die vraag te beantwoorden. Om te beginnen is er een uitgebreide studie uit 1996, naar de voedingswaarde van Roundup Ready® soja (sojabonen die resistent zijn tegen de onkruidverdelger Roundup – zie verder). De onderzoekers keken naar zowat elk mogelijk aspect: de voedende bestanddelen (zoals vezels, olie, eiwitten, koolhydraten, de mineralen en de samenstelling van de aminozuren en de vetzuren in de zaden), maar ook naar een aantal schadelijke stoffen (trypsine-inhibitoren en lectines). Voor de niet-specialisten: trypsine-inhi-

bitoren zijn eiwitten die de afbraak van eiwitten tijdens de vertering blokkeren. Lectines zijn eiwitten uit bonen, granen, aardappelen, noten, ... die onze darmwerking kunnen verstoren en een giftige (soms zelfs dodelijke) bijwerking hebben. Het enige verschil tussen de transgene variant en de gewone sojaboon bleek een lichte verhoging in de hoeveelheid trypsine-inhibitor, maar dat bleek te wijten aan de manier waarop een aantal van de zaden waren verwerkt. Ook een studie uit 1999, die zich boog over de iso-flavonen in deze sojabonen, kon geen duidelijke verschillen aantonen. Er is dus geen verschil in voedingswaarde tussen deze herbicidetolerante soja en gewone soja.

Dat is natuurlijk niet het hele verhaal. Er zijn immers planten die speciaal zijn ontworpen om een hogere voedingswaarde aan te bieden. Zo bespraken we in het vorige deel reeds de Golden Rice, die de consument meer provitamine A biedt. Een recentere ontwikkeling (uit 2008) is een tomaat die meer



Tomaat en ...



...oertomaat! Heel wat verschillen met de foto links, door klassieke kruisigen.

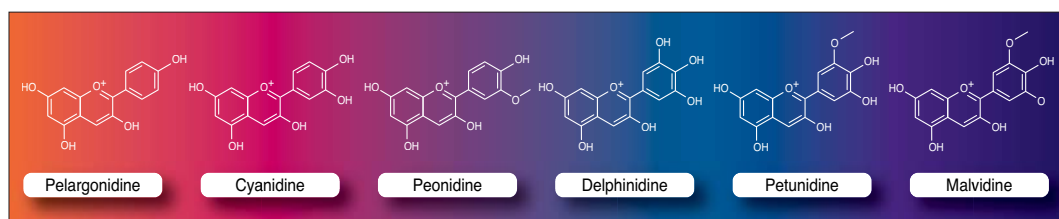
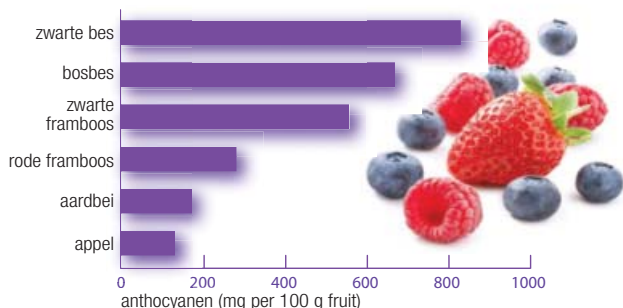


Bacterievuur bij appels





Purperen tomaat: beter tegen kanker? Grote leeuwenbek



Anthocyanen zijn paarse plantaardige kleurstoffen die ons helpen beschermen tegen heel wat ziekten. Jammer genoeg bevatten de meeste vruchten te weinig van deze stoffen. Door de juiste genen (van de grote leeuwenbek) aan het genoom van tomaat toe te voegen bekwamen onderzoekers tomaten met concentraties anthocyanen die vergelijkbaar zijn met deze in bramen en bosbessen. Tegelijk kreeg de vrucht een intens paarse kleur in zowel schil en vruchtvlees. Bij een test met kanker gevoelige muizen kon een dieet met deze tomaten het leven van de diertjes behoorlijk verlengen.

anthocyanen bevat (zie kader). Andere planten bevatten dan weer meer calcium, foliumzuur (vitamine B11) of ijzer. Voedsel dat gemaakt is met GGO's moet trouwens als dusdanig gelabeld worden.

Opmerkelijk is dat er tussen (niet-transgene) landbouwgewassen vroeger en nu wel degelijk grote verschillen in voedingswaarde kunnen worden vastgesteld. Volgens Dr. Donald Davis van de Universiteit van Texas bevatten onze groenten vandaag de dag 10 tot 25 procent minder ijzer, zink, eiwit, calcium, en vitamine C in vergelijking met 1950. Zomertarwe bevat volgens een studie van Washington State University 11% minder ijzer, 16% minder koper, 25% minder zink en 50% minder seleen. Ook hier moeten we dus besluiten dat het belangrijk is om de juiste vergelijkingen te maken. Het transformeren van planten verandert niet per se iets aan de voedingswaarde.

Integendeel, het is het jarenlang kruisen en selecteren voor meer opbrengst dat gezorgd heeft voor die veranderingen (zie figuur p.8). Met de gerichte aanpak van de gentechologie zouden we dit in de toekomst misschien wel kunnen verhinderen en terugdraaien.

En voor wie het zich mocht afvragen: er is geen duidelijk verschil tussen producten uit biologische landbouw en gewone landbouwproducten, wat betreft hun voedingswaarde.

Zin om de data zelf te bekijken?

- jn.nutrition.org/content/126/3/702.long
- www.riordanclinic.org/research/articles/89024122_pub.pdf
- pediatrics.aappublications.org/content/130/5/e1406.full.pdf

Risicoloos kweken

In het vorige dossier bespraken we al dat vele genetisch gewijzigde planten ofwel extra tolerant gemaakt zijn tegen onkruidverdelgers (herbiciden), ofwel tegen insectenverdelgers (insecticiden). In dit luikje beantwoorden we de vraag of het inzetten van deze planten ons leefmilieu bedreigt.

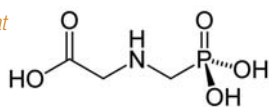
Weg met het onkruid!

Hoe gesofisticeerd onze landbouw tegenwoordig ook is – onkruid blijft alomtegenwoordig. Gelukkig maar, want wat voor de ene persoon onkruid is, is voor de andere gewoon natuurlijke plantengroei, die getuigt van een divers leven op en langs de akkers, met belangrijke ecologische waarde. Toch houden landbouwers dat onkruid liever weg van de akkers. Vele van deze planten zouden de gewassen overgroeien (denk maar aan bramen of aan kleeftkuid) en zo de voedsel-productie verlagen. Hiervoor bestaan verschillende oplossingen. Er is het trage wieden met de hand en de schoffel, er is het gebruik van zware landbouwmachines (die de bodem beschadigen en de vruchtbare toplaag laten eroderen), en er is de chemische methode: het inzetten van onkruidverdelgers (herbiciden). Dit is wel doeltreffend, maar er komen zo heel wat vreemde en schadelijke stoffen terecht in het milieu.

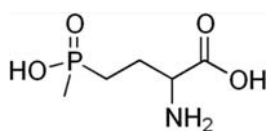
In wat volgt hebben we het vooral over twee bekende herbiciden met een breed actiespectrum (dit wil zeggen dat ze een zeer diverse groep planten kunnen doden): de stoffen glyfosaat (bekend als Roundup, geproduceerd door Monsanto®) en glufosinaat (bv. Basta, Challenge en Liberty van Bayer®). Beide stoffen blokkeren in plantencellen de aanmaak van aminozuren en dus ook van eiwitten. Glufosinaat inhibeert de synthese van het aminozuur glutamine en glyfosaat doet hetzelfde met tyrosine, tryptofaan en fenylalanine. Glyfosaat dringt de plant enkel binnen via de bladeren en is enkel actief in de groeiende stengeltoppen (meristemen). Dit betekent dat een landbouwer moet wachten tot het onkruid begint te kiemen en niet op voorhand al zijn akkers kan besproeien.

In beide gevallen zijn er planten via gentechnologie tot stand gekomen die een behandeling met deze stof gemakkelijk kunnen overleven: de herbicidetolerante gewassen. Door het inzetten van deze gewassen (en het bijbehorende herbicide zelf) kan de landbouwer een groot aantal van de onkruidplanten bestrijden zonder het gewas te schaden. Herbicidetolerante gewassen laten landbouwers bovendien toe om maar één herbicide te gebruiken in plaats van een cocktail van meerdere herbiciden.

glyfosaat

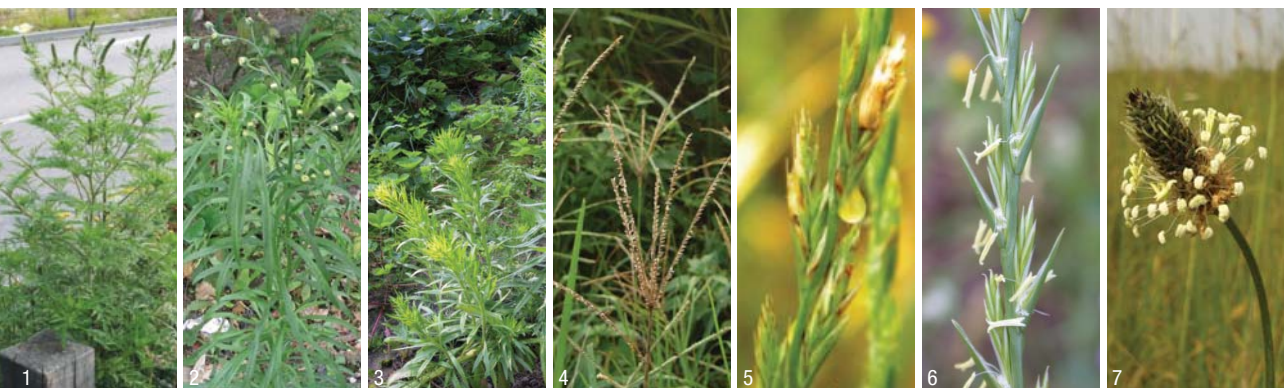


glufosinaat



Glyfosaatresistente onkruiden

	Onkruid	Nederlandse naam	Waar?
1	<i>Ambrosia artemisifolia</i>	Alsemambrosia	VS
2	<i>Conyza bonariensis</i>	Gevlamde fijnstraal	Zuid-Afrika, Spanje
3	<i>Conyza canadensis</i>	Canadese fijnstraal	VS
4	<i>Eleusine indica</i>	Plat handjesgras	Maleisië
5	<i>Lolium multiflorum</i>	Italiaans raaigras	Brazilië, Chili, VS
6	<i>Lolium rigidum</i>	Australisch raaigras	Australië, VS, Zuid-Afrika
7	<i>Plantago lanceolata</i>	Smalle weegbree	Zuid-Afrika

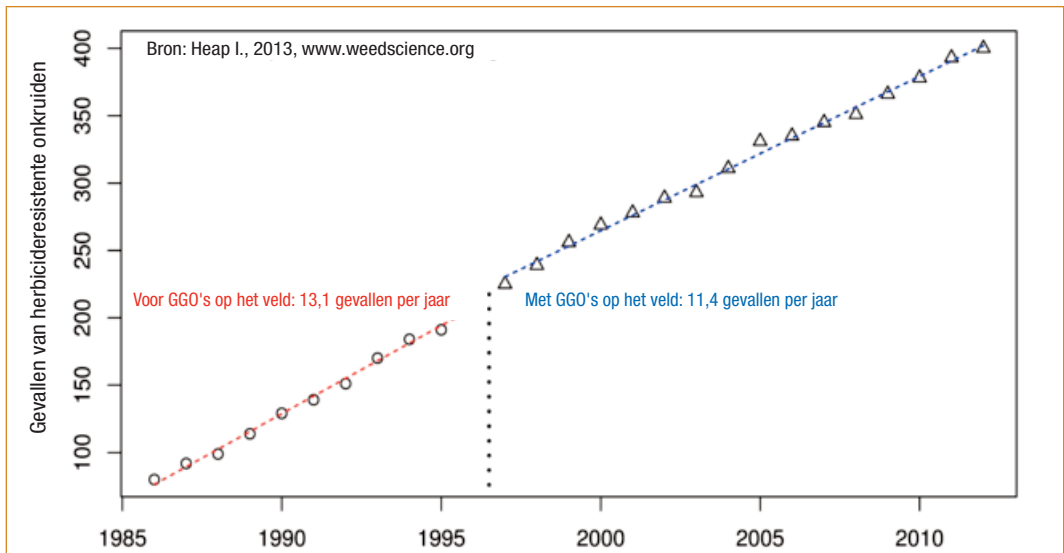


Het best bekend zijn de soja-, maïs- en koolzaadplanten die via genetische modificatie resistent werden tegen glyfosaat. Deze transgene planten bevatten een enzym dat de functie overneemt van het aanwezige enzym dat door glyfosaat wordt geblokkeerd. Enkel de gewijzigde landbouwgewassen dragen dit extra enzym en blijven in leven wanneer ze worden besproeid met glyfosaat. De onkruiden beschikken niet over deze extra bescherming en sterven af. Glyfosaat stuitte op weinig weerstand in de Amerikaanse landbouw en ook de later door Monsanto geïntroduceerde glyfosaat-resistente gewassen konden op bijval rekenen. In 2007 was glyfosaat het meest gebruikte herbicide in de landbouw in de Verenigde Staten (met een jaarverbruik van zo'n 80 000 ton) en het tweede meest gebruikte door particulieren (2300 tot 3600 ton). Ook Bayer bracht herbicidetolerante planten op de markt onder het label Liberty Link. Deze planten (soja en maïs) zijn ongevoelig voor glufosinaat doordat ze een extra gen bevatten dat codeert voor een enzym dat het glufosinaat onschadelijk kan maken.



Het regelmatig veranderen (roteren) van de plantensoorten die je op je velden kweekt, draagt ook al veel bij aan het vermijden van onkruiden. Dat wist zelfs Karel De Grote (750-816) al, die deze procedure, het drieslagstelsel, bij wet verplichtte.





Deze grafiek geeft weer hoeveel herbicideresistente onkruiden er de laatste 30 jaar in de VS werden ontdekt. De helling van de rechte door de gegevenspunten is een schatting van het aantal nieuwe gevallen die er elk jaar worden vastgesteld. In de periode van elf jaar voor er GGO's op grote schaal werden geteeld, vonden onderzoekers ongeveer 13 nieuwe gevallen per jaar terug. Vanaf het moment waarop er GGO's verschenen op de Amerikaanse velden, daalde dit getal tot gemiddeld 11,4 gevallen per jaar. Niet dat dat een betekenisvol verschil is, maar het is zeker niet zo dat het inzetten van GGO's op zich heeft geleid tot meer superonkruiden.

Voordelen en nadelen

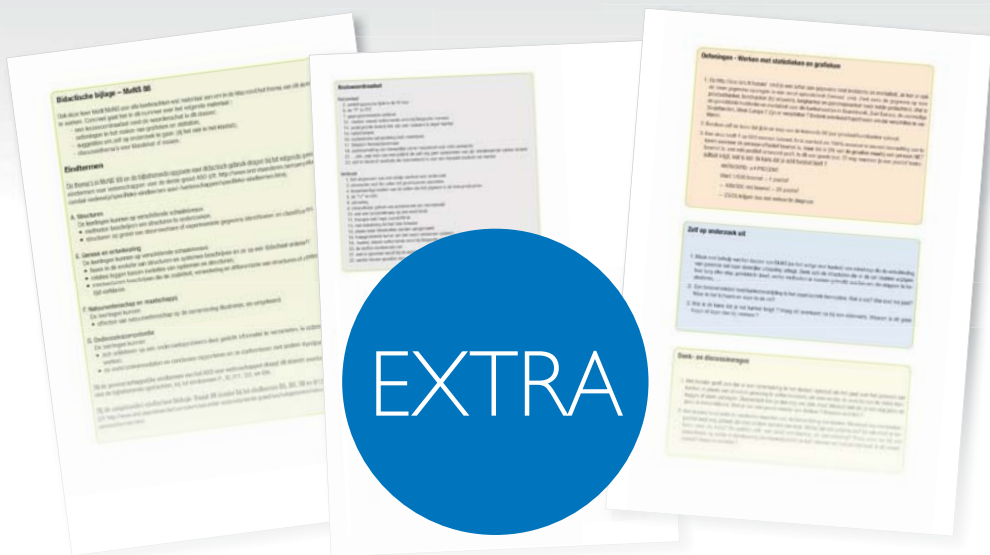
Het grote voordeel voor een landbouwer die herbicideresistente planten kweekt, is dat hij minder moet uitgeven aan onkruidverdelger. Een keer sproeien met een hogere dosis volstaat immers om de onkruiden te doden, terwijl het gewas zelf rustig verder groeit. Bij de conventionele landbouw moet de landbouwer meerdere keren een lagere dosis sproeien omdat anders zijn gewassen ook te lijden hebben onder de herbicidebehandeling. In 1996 had 80% van de Noord-Amerikaanse landbouwers die glyfosaattolerant koolzaad teelden maar één sproei-behandeling nodig voor de controle van onkruid. De opbrengst lag hierdoor 9% hoger dan bij conventionele soorten. De totale hoeveelheid herbiciden op de velden daalde tot 1 kg per hectare.

Meer nog, bij het telen van een herbicidenresistent gewas kan de behandeling met herbiciden uitgesteld worden tot de te bestrijden onkruidsoorten beginnen

op te komen. Tot dan kunnen alle planten blijven staan en zijn ze nog ter beschikking van insecten en grazers. Herbicidetolerante gewassen leveren daarvoor niet enkel voordelen op voor de boer, maar ook voor het milieu.

Langs de andere kant kan het sproeien van een verkeerd herbicide een oogst laten mislukken. Verwarring bij landbouwers kan leiden tot een verkeerd gebruik van herbiciden. Indien er immers gesproeid wordt op gevoelige gewassen resulteert dit in het afsterven ervan. Bovendien heeft de natuur zo haar eigen methode om te overleven: evolutie, gestuurd door natuurlijke selectie (zie didactische bijlage).

Door voortdurend te sproeien met één en hetzelfde herbicide bevordert de landbouwer het ontstaan van herbicideresistente planten. En dat zien we ook gebeuren. In 2012 hadden meer dan twintig onkruidsoorten een tolerantie voor glyfosaat ontwikkeld (zie tabel en figuren p.11 voor enkele voorbeelden).



EEN AANVULLEND STUKJE **MENS** SPECIAAL VOOR GEBRUIK IN DE KLAS!



Over 'Knutselen met plantengenen'
valt natuurlijk nog veel meer te vertellen.
en dat doen we dan ook.

Leerkrachten die geabonneerd zijn op MeNS kunnen
op www.acco.be/mens92 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

2015

Prijzenpot van
2500 euro
geschonken door de
Nationale Loterij



Klimaat in de knoop Wie koelt de aarde af?

*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?*



Rijden we binnenkort allemaal met een wagen op zonne-energie? Hebben alle douchekeuranks straks een ingebouwde timer? Maken we stookolie tien keer zo duur? Of laten we de boel maar draaien, laten we onze kust verdrinken en vervangen we binnenkort Dikketruiendag door Kom-in-je-badpakdag?

Voor de 7de editie van De Jonge Baekeland zoekt Bio-MENS vzw leerlingen met innovatieve ideeën uit de **3de graad secundair onderwijs** (aso, tso, bso, kso). Zet je brein aan het werk en bedenk iets dat de wereld kan wapenen tegen de klimaatverandering. Pak je het mondiaal aan of spits je je toe op een lokaal gebied waar de nood het hoogst is? Het kan allemaal! Let wel op dat het **wetenschappelijk** verantwoord blijft.

Werk een krachtige argumentatie uit of maak een praktisch werkstuk rond het thema en overtuig de jury. Word je samen met je klasgenoten finalist, dan debatteer je mee met de professionals! **Inschrijven als klasgroep kan t.e.m. 15 februari 2015.** Deelname is gratis.



MENS

MILIEU EDUCATIE NATUUR SAMENLEVING

MeNS komt naar je school, vereniging of instelling met een bundeling van 9 lezingen. De lezingen worden gegeven door Christiaan Thoen, bioloog, ondervoorzitter van Bio-MENS vzw, coauteur van MeNS en wetenschappelijk medewerker van de Universiteit Antwerpen.

Biodiversiteit in de knoei: Overall krijgt de biodiversiteit zware klappen door klimaatopwarming, uitheemse soorten, habitatfragmentatie, vervuiling en overexploitatie. Deze lezing schetst een beeld van al deze bedreigingen die het leven op aarde zwaar hypothekeren.

Eet je gezond!: Deze lezing geeft een wetenschappelijk antwoord op de nieuwste inzichten rond cholesterol en het hele atheroscleroseverhaal en bespreekt hierbij de actuele voedingsadviezen.

Exoten in opmars: Landbouwgewassen en vee verhuizen al decennia mee met de mens, maar ook allerlei andere vreemde soorten en ziekteverwekkers. Gelukkig worden er in ons land duurzame initiatieven opgezet om de meest agressieve invasieve soorten een halt toe te roepen.

Bijenzaken aan ons hoofd: Bijen spelen een cruciale rol in de voedselvoorziening van mens, plant en dier. De bijenpopulatie gaat echter aanzienlijk achteruit. Deze lezing geeft aan waarom dit insect zo belangrijk is in onze voedselketen en wat we kunnen ondernemen om de bijenpopulatie te behouden.

Technologie voorbij de grenzen van het kleine: Spelen met atomen en genen? Nano- en biotechnologie op volle toeren. Nieuwsgierig? Nodig MeNS uit en we nemen je mee naar een fascinerende technowereld in 2030 met talrijke innovatieve, duurzame en verrassende toepassingen.

Eerlijk eten: In 2010 waren bijna een miljard mensen ondervoed, tegelijkertijd worden we geconfronteerd met de welvaartsziekte obesitas en met een enorme verspilling van voedsel en water. In deze lezing tonen we aan hoe voedselproductie duurzaam moet worden, hoe we verantwoord omgaan met voedsel en hoe we daar zelf kunnen toe bijdragen.

Kanker: Kanker is de belangrijkste doodsoorzaak in de westerse wereld. Deze lezing geeft aan dat er echter ook goed nieuws is. Er wordt gezocht naar nieuwe inzichten in tumorgroei, opsporingsmethoden en behandelingen. Hierdoor worden de ontstaansmechanismen van kanker verder ontrafeld.

Biomimicry: Biomimicry probeert de slimheidjes in de natuur op te sporen en te vertalen naar technische innovaties. Klittenband, zelfhelende plastics, bionische auto's: drie van de ontelbare voorbeelden waarvoor de mens inspiratie zocht in de natuur.

De verschrikkingen van het klimaatdebat: Deze lezing wil weerwerk bieden aan de grootste flaters die over *global change* verteld worden. Ze geeft ook een educatieve en wetenschappelijke steun in de rug voor al wie een eerlijke poging willen doen om het klimaatverhaal in het juiste perspectief te zetten.

Doelgroep: publiek vanaf 15 jaar

Kostprijs: 125 euro per lezing (excl. verplaatsingskosten)

Datum: vrij te kiezen in functie van beschikbaarheid

Duur: 2 uur

Info en inschrijvingen: www.biomens.eu | contact@biomens.eu



Bioproductie en zijn impact op mens en milieu Bio-ingenieurswetenschappen in perspectief

ELS MOYSON

Vertrekpunt van dit boek is de primaire productie van plant en dier. Wat volgt is een historisch overzicht van de ontwikkelingen, de problemen en duurzame oplossingen voor het gebruik van levende organismen en de verwerking van deze grondstoffen tot voeding of andere bio-industriële toepassingen.

Bioproductie en zijn impact op mens en milieu toont aan hoe verschillende wetenschappelijke disciplines gebruikt worden in de levenscyclus van biologische grondstoffen. Het schetst een kader voor een maatschappelijk debat, enerzijds over de zin en onzin van economische, technische en ethische bezwaren bij de bio-productietechnologie, anderzijds over een duurzame milieuzorg met aandacht voor biodiversiteit.

Dit boek is een aanrader voor wie een brede wetenschappelijke interesse heeft voor de biologische processen op aarde en hun toepassingen. Het wordt ingezet als verplicht studiemateriaal in de opleiding tot academische bachelor in de bio-ingenieurswetenschappen.

ELS MOYSON is deeltijds docent en praktijklector aan de Expertisecel Onderwijsverstrekking en -ondersteuning van de faculteit Bio-ingenieurswetenschappen van de KU Leuven. Zij is actief betrokken bij de onderwijsontwikkeling en -implementatie van de bacheloropleiding.

Dit boek kwam tot stand op initiatief van de Onderwijscommissie van de Bachelor Bio-ingenieurswetenschappen van de KU Leuven.

ISBN 978 90 334 98152 // oktober 2014 // ca. 240 blz. // ca. 29,50 EUR

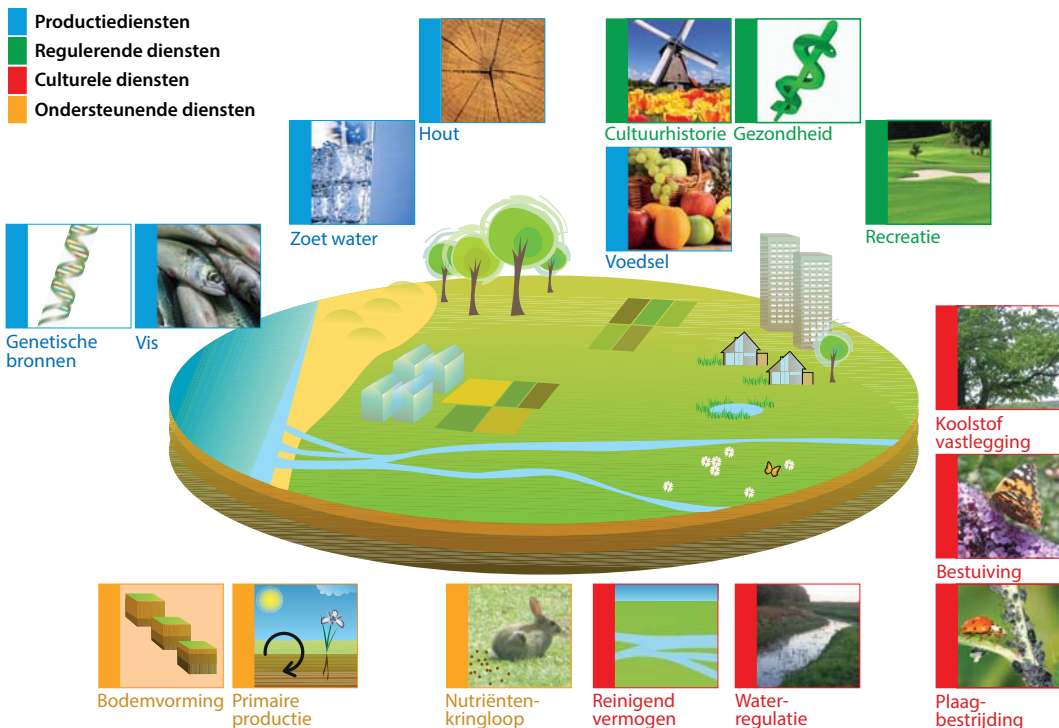


Bestel dit boek via **www.uitgeverijacco.be** of mail uw bestelling,
naam en adres naar **bestelling@acco.be**,
met vermelding van de referentie **“Tijdschrift Mens”**
of kom naar een van onze boekhandels.

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



Ecosysteemdiensten: alle mogelijke functies die in een ecosysteem plaatsvinden, waar wij ook mee van genieten.

Om te vermijden dat onkruiden ook resistent werden tegen de gebruikte onkruidverdelger (en dan gaat het vooral over Roundup) begonnen landbouwers meer en meer te sproeien. Maar door jaar in jaar uit telkens weer dat ene product te gebruiken in plaats van een cocktail van producten en methoden, is resistentie langzamerhand een feit geworden... en sproeit men nog meer! Wil een landbouwer het ontstaan van herbicideresistente onkruiden vermijden, dan moet hij zijn gewassen laten roteren en geregeld van herbicide veranderen. Hierdoor zullen onkruiden minder selectie ervaren en dus minder snel herbicidetolerant worden. Wat men ook plant, als men velden volzet met éénzelfde plant (een monocultuur, heet dat) en die velden jarenlang op dezelfde manier behandelt, dan passen de onkruiden zich aan en worden ze ongevoelig voor het gebruikte sproeimiddel. Intensief gebruik levert altijd problemen op. Herbicideresistentie is dus een gevolg van onze landbouwmethoden, en niet van de GGO's op zich.

Daarvoor is overigens niet de GGO-industrie verantwoordelijk (want die waarschuwde daar jaren geleden al voor), maar wel de landbouwer, die plots zijn eigen kunde niet meer nodig achtte.

Bovendien moeten we opnieuw de juiste vergelijkingen maken. Als genetisch gewijzigde gewassen in het algemeen in belangrijke mate hebben bijgedragen aan de ontwikkeling van herbicideresistente onkruiden, zouden we verwachten dat dergelijke onkruiden meer en meer voorkomen zodra er herbicideresistente GGO's worden gekweekt. Dat dit niet het geval is, toont de figuur (p.12) aan. Roundup-resistente onkruiden komen even goed voor in GGO-velden als op andere plaatsen waar wel met Roundup gewerkt wordt maar waar geen GGO's gekweekt worden. Meer nog: metingen in Vlaanderen (waar er geen GGO's te vinden zijn in de landbouw) laten zien dat er zeer hoge concentraties Roundup voorkomen doordat particulieren er... hun oprit mee behandelen.



Insecten spelen in de natuur een zeer belangrijke rol als leveranciers van ecosystemediensten. Dat zijn organismen die levensnoodzakelijk zijn voor de goede werking van ecosystemen... en meteen ook van de menselijke economie (zie figuur pagina 17). Kijk maar naar de bijen (MeNS 79).

Insectresistente planten

Insectresistentie wordt bij planten ingebouwd door gebruik te maken van een eiwit (Cry) uit de bacterie *Bacillus thuringiensis*. Dat vertelden we reeds in het eerste deel. Bt-toxines zijn specifiek voor insecten omdat ze pas actief worden in de insectendarm. Zoogdieren en vogels zijn daarom veilig. Insecten zijn dat echter niet: en daar zijn er dan heel wat soorten bij die we liever kwijt zijn, maar ook een aantal zeer nuttige dieren, waarvan we de medewerking best kunnen gebruiken. Zo zijn er om te beginnen insecten zoals de honingbij, de hommelt of de solitaire bijen, die wilde bloemen bestuiven en zo niet alleen

GGO's zijn NIET de schuld van de bijensterfte

Het tegenovergestelde staat nochtans op heel wat websites die biologische landbouw promoten, gesterkt door wetenschappelijke literatuur. Wat is hier aan de hand?

Zoals je kan nalezen in MeNS 79, kampen onze bijenpopulaties met heel wat problemen. Heel wat van de diertjes sterven voortijdig en daar zijn verschillende verklaringen voor mogelijk. Recente studies wijzen echter consequent in de richting van de neonicotinoïden, een groep insecticiden die in de jaren 1980 en 1990 werd ontwikkeld door Shell en Bayer. De stoffen zijn minder toxisch voor zoogdieren (en dus ook voor de mens) dan de tot dan toe gangbare alternatieven. Dit heeft geleid tot een wijd gebruik van deze nieuwe stoffen in de landbouw en zo ook bij de teelt van GGO's. De EU heeft deze stoffen ondertussen vanaf 1 december 2013 voor minstens twee jaar verboden.

Maar moeten we nu ook GGO's om deze reden verbieden? Of is dit eerder een geval van "schuldig zijn door associatie"?

Voor alle duidelijkheid: "schuldig door associatie" is een gekende denkfout, die ervan uitgaat dat wanneer twee zaken met elkaar verbonden zijn, dan ook alle kwaliteiten van het ene voorwerp overgaan op het andere voorwerp. Dat dit leidt tot absurditeiten, mag blijken uit een voorbeeld: alle honden hebben vier poten en mijn kat heeft vier poten. Mijn kat is dus een hond. Of nog één: het is niet omdat de ideeën van Galileo in de zeventiende eeuw niet aanvaard werden (maar ondertussen wel correct gebleken zijn), dat alle theorieën die nu worden afgewezen, op dezelfde manier binnen enkele eeuwen te boek zullen staan als grote doorbraken in de wetenschappen.

Diezelfde redeneerfout doet zich hier voor: neonicotinoïden zijn wellicht de belangrijkste oorzaak voor de bijensterfte en daarom is het goed om ze te verbieden. Maar het is niet omdat die stof ook op GGO's wordt gesproeid, dat die GGO's daardoor inherent zelf bijen vergiftigen.



De gegevens zijn juist. De conclusie om GGO's te verbieden is dat niet.



Maiswortelboorder

*Eén van de meest schadelijke insecten voor de maïsogst in de VS is de maiswortelboorder *Diabrotica virgifera virgifera*. De larven van deze kever vreten de wortels van de planten aan. Ook bij de Bt-planten beginnen echter de eerste resistenties de kop op te steken. Bij één van de Bt-maïslijnen werden recentelijk de eerste resistente keverlarven gevonden. Weliswaar gaat het hier over de lijn met de laagste productie van het Bt-eiwit, maar toch...*



Coloradokever



Bladluis

bijdragen tot een diverse flora, maar ook onze landbouwgewassen zelf helpen.

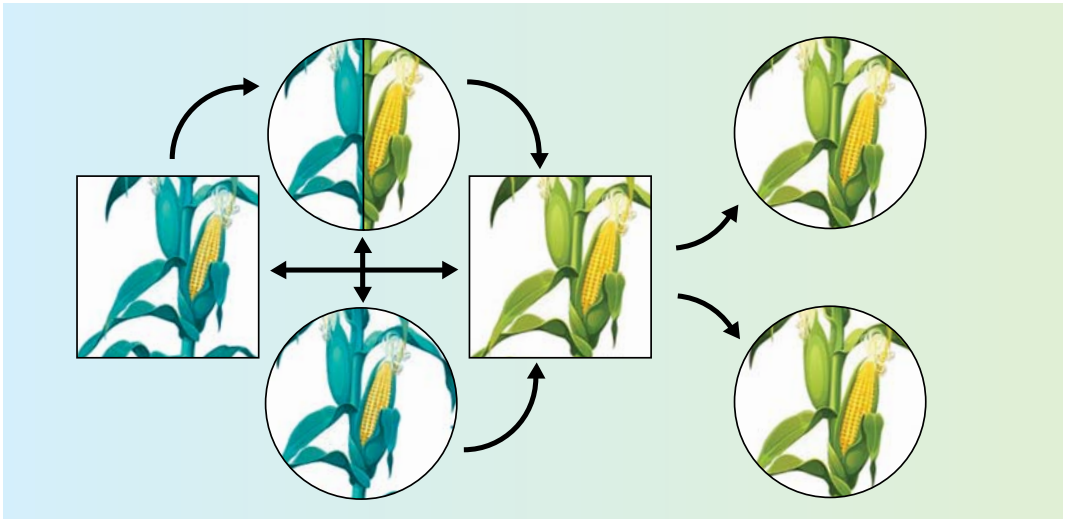
Maar schaden insectresistente GGO's die nuttige dieren ook? Om te beginnen zijn die Bt-eiwitten specifiek gericht op een welbepaalde groep dieren. Een Bt-eiwit dat dient om een mot uit te schakelen, zal geen effect hebben op een hommelt. Overigens zijn Bt-maïs en Bt-katoen de enige twee insectresistente GG-gewassen die vandaag op grote schaal commercieel geteeld worden. Bijen zouden vooral Bt-toxines binnen kunnen krijgen door het eten van stuifmeel van die planten. Nu is stuifmeel inderdaad hun belangrijkste bron van eiwitten, alleen... noch maïs, noch katoen zijn planten die door bijen worden bestoven. Enkel in de zomer, wanneer de meeste bloemen uitgebloeid zijn, moeten ze het stellen met maïsstuifmeel. Larven van hommels en solitaire bijen daarentegen zijn wel afhankelijk van grote hoeveelheden stuifmeel in hun ontwikkeling. Gelukkig zijn deze laatste dieren dan weer niet zo tuk op maïsstuifmeel zodat ook zij geen risico lopen. Ook vlinders kunnen sterven wanneer ze het Bt-eiwit binnenkrijgen – vooral dan hun rupsen, als die zich voeden met bladeren waarop stuifmeel van Bt-planten is terechtgekomen. Wel bleek dit niet op te gaan voor de

monarchvlinder... hoewel dat lang het belangrijkste (enige?) voorbeeld was waarmee geschermd werd. Maar dat vertelden we al in deel 1.

En er is nog meer goed nieuws. Een nieuw Bt-gewas, de NewLeaf aardappel, verdedigt zich probleemloos tegen de coloradokever. De natuurlijke vijanden van de kever worden ongemoeid gelaten, wat niet zo is bij het sproeien met chemische middelen. Op die manier draagt het gebruik van Bt-planten bij tot het behoud van de biodiversiteit.

Overigens blijft de wetenschap niet stilstaan. Onderzoekers van Rothamsted Research (Verenigd Koninkrijk) hebben een tarweplant genetisch gewijzigd zodat deze nu de stoffen produceert die werken als alarmsysteem voor bladluizen. De onderzoekers haalden hun idee bij wilde planten, die deze stoffen hebben leren aanmaken tijdens hun evolutie. Wanneer de bladluizen die stoffen opvangen, vluchten ze spontaan. Zo sterven er geen insecten door een onselectieve bestrijding, en blijven de planten ongemoeid. De wetenschappers hopen nu dat dit ook voor andere insecten werkt. Meteen een mooi voorbeeld van biomimicry (zie ook MeNS 85 en de bijbehorende lezing).

En wat als het transgen ontsnapt?



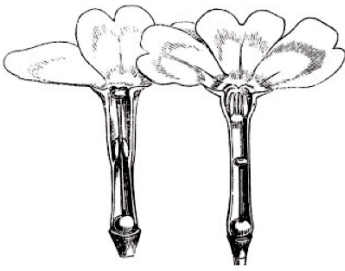
Nu op het veld: *The Return of the Superweeds!*

We bespraken al eerder het ontstaan van herbicide-resistente onkruiden door het veelvuldig sproeien met één en hetzelfde herbicide. Dat is echter niet de enige manier waarop de gevreesde superonkruiden kunnen ontstaan.

Biologen kennen al langer het begrip “horizontale gentransfer”. Dit verwijst naar de overdracht van genetisch materiaal tussen organismen, zelfs van verschillende soorten, buiten de eigenlijke voortplanting om. Vooral bij bacteriën en virussen treedt dit geregeld op. Bacteriën kunnen genen opnemen van andere (dode) bacteriën via bacteriële virussen (bacteriofagen) of gewoon als los stuk DNA. Bovendien kunnen ze genen uitwisselen met levende bacteriën, en zelfs hele plasmiden en stukken chromosoom worden zo verspreid door een bacteriepopulatie.

Ook tussen plantensoorten vindt soms een dergelijke genenuitwisseling plaats, al gaat dit dan wel samen met de voortplanting. Hier komt de vorming van hybriden het meest voor: organismen die ontstaan door vermenging van genetisch materiaal van twee verschillende soorten. Meestal zijn deze organismen steriel, maar af en toe zijn ze in staat om zich verder voort te planten, al dan niet met behulp van één van de oorspronkelijke oudersoorten. Onderzoekers schatten dat 2-4% van alle bloemplanten en 7% van alle varensorten ontstaan zijn door hybridisatie.

Meer nog: gentransfer tussen gewassen en hun wilde verwanten is een natuurlijk biologisch fenomeen. Het is pas bij de invoering van GGO's op onze velden dat er meer dan enkel fundamenteelwetenschappelijke aandacht geschonken wordt aan het fenomeen. Want wat als de transgenen die in die GGO's zijn ingebracht, onbedoeld worden overgedragen naar het genoom van hun wilde verwanten? Wat als deze planten bv. hun resistentie tegen onkruidverdelgers overdragen aan de onkruiden in de buurt?



Heterostylie bij de sleutelbloem

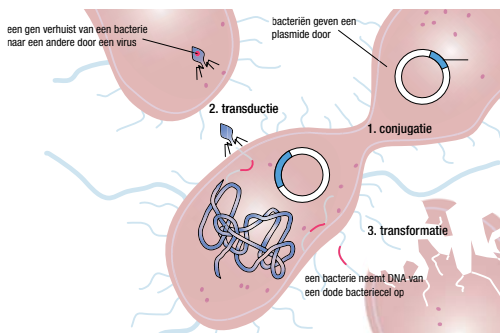
Heterostylie is een verschijnsel waarbij er binnen eenzelfde plantensoort twee bloemvormen bestaan, gekenmerkt door een verschillende lengte van stijl en meeldraden. Vooral de sleutelbloem staat hierom bekend door het onderzoek dat Darwin aan het fenomeen wijdde. Doordat het stuifmeel ofwel helemaal vooraan ofwel achteraan op het bestuivende insect blijft hangen, kan enkel de andere bloemvorm succesvol bestoven worden.

Deze zouden dan veel sneller ongevoelig worden voor deze herbiciden en veranderen in moeilijk te bestrijden “super” onkruiden in de landbouw. Niet dat je daar GGO's voor nodig hebt: suikerbieten hebben het ons in de jaren 1980 al eens voorgedaan.

Bij de verspreiding van transgenen naar wilde planten denkt men wel eens dat het dan eenvoudigweg gaat over transgeen stuifmeel dat op de stamper van de wilde plant terechtkomt. Het proces is echter een pak ingewikkelder. Of er echt een hybride plant ontstaat uit de kruising van een wilde en een transgene plant, hangt immers af van bijzonder veel omstandigheden. Zo moeten de transgene gewassen en hun wilde verwanten in mekaars buurt groeien, ze moeten op hetzelfde ogenblik bloeien en nog compatibel zijn ook. Heel wat planten, ook binnen dezelfde soort,

zijn namelijk incompatibel met mekaar: ze verhinderen dat ze door mekaar worden bevrucht, door hun uitzicht of door hun biochemie. Bovendien moet het zaad van de plant die met het transgene stuifmeel bevrucht is, nog levenskrachtig zijn. Tot slot moet de plant die zich uit dat zaad ontwikkelt, zelf ook nog kunnen kruisen met de wilde ouderplant, zodat het transgen stevig kan worden verankerd in het genoom van de wilde verwant.

Hoe moeilijk het proces ook mag verlopen, toch bestaan er al voorbeelden waarbij genen van een transgeen gewas zijn overgedragen naar verwante wilde planten. Zo stelde men in 2001 en 2009 vast dat er genconstructies uit GG-maïs hun weg hadden gevonden naar wilde maïsvariëteiten in Mexico. In de VS houdt men er rekening mee dat er gentransfer



Horizontale gentransfer in bacteriën



Hybride planten: Pepermunt, Saxifraga osloensis



Hybride dieren: Een dzo is een hybride van een yak en een rund. Het woord dzo verwijst naar een mannelijke hybride, terwijl een vrouwelijk exemplaar dzomo of zhom heet. De wijfjes zijn altijd vruchtbaar.



De wolphin is een kruising tussen een vrouwelijke tuimelaar en een mannelijke zwarte zwaardwalvis. Voor zover we weten zijn ook hier enkel de wijfjes vruchtbaar.

kan optreden van een transgene variant van de gewone rijst (*Oryza sativa*) naar wilde rode rijst (*Oryza rufipogon*), een onkruid. En niet onterecht, want uit onderzoek blijkt dat 2,2% van deze rode rijstplanten reeds een transgen in het genoom draagt. Wat de ecologische gevolgen zijn op lange termijn, is nog niet onderzocht. Eenzelfde soort onderzoek is trouwens uitgevoerd voor de insectendodende Bt-gewassen die vandaag de dag worden gekweekt. Ook voor deze plantenlijnen is het belangrijk dat de gewone kruiden in de omgeving niet plots dodelijk worden voor insecten.

Gelukkig is dit probleem gemakkelijker onder controle te krijgen. Om dit risico in te perken, is immers de zogenoemde co-existentieregeling ontworpen. Als de kans op dergelijke genoverdracht bestaat, moeten de GGO's ver genoeg staan van de planten die het transgen zouden kunnen ontvangen. Zowel in het geval van katoen als dat van maïs komen er in de VS geen verwante soorten voor die door de Bt-planten kunnen worden bestoven. De enige uitzondering zijn de wilde katoenplanten in Hawaï, Florida en het

Caraïbisch gebied. De VS hebben dan ook, in het kader van de co-existentie, wijselijk de verkoop of distributie van Bt-katoen in deze gebieden verboden.

Overigens is die co-existentie niet enkel van kracht tussen GGO's en hun wilde verwanten. We willen ook vermijden dat er stuifmeel van een GGO op een niet-GGO van dezelfde soort terecht komt. Er moet daarom een bufferzone bestaan tussen een veld GGO's en een ander veld, zoals in de tabel is aangegeven. Die afstand is nog groter als het gaat over een veld waarop biologische landbouw wordt bedreven.

Resistentie tegen antibiotica

Een bijkomende vraag gaat over het gebruik van antibiotica. Tijdens het ontwikkelen van een GGO scheiden de onderzoekers vaak de getransformeerde plantenlijnen van de niet-getransformeerde door alle plantjes bloot te stellen aan een antibioticum tijdens het opkweken. De plantjes die tijdens de transformatie het gewenste transgen ingeplant kregen, ontvangen daarbij ook een gen dat helpt te overleven

Plant	Afstand tot conventioneel veld	Afstand tot biologisch veld
Suikerbiet	1,5 meter	3 meter
Aardappel	3 meter	10 meter
Maïs	25 meter	250 meter



Teveel aan voedsel?

aanwezigheid van dit antibioticum. Dit helpt de onderzoekers om snel de getransformeerde planten te identificeren zonder elke plant individueel aan een duurdere test te onderwerpen.

Hoewel er geen aanwijzingen zijn dat dergelijke selectiegenen in GGO's ooit hebben bijgedragen tot het probleem van de antibioticumresistentie (zie ook MeNS 54) hebben gntechnologen ondertussen het zekere voor het onzekere genomen. Ze gebruiken nu niet langer genen die toelaten te selecteren met behulp van antibiotica, maar eerder genen die de transgene cel tijdens de selectie een metabool voordeel geven. Ze kunnen een bepaalde exotische suikermolecule afbreken, waar de niet-getransformeerde cellen geen blijf mee weten. Zo groeien de transgene lijnen en planten sneller dan de gewone en kan de betrokken onderzoeker nog steeds de juiste planten selecteren. Andere onderzoekers hebben methoden uitgewerkt om de ongewenste genen opnieuw te verwijderen door klassieke genetische kruisingen. De allernieuwste methode om transgene planten te maken, vermijdt dan weer de hele selectieprocedure.

Wie heeft er nood aan een GGO?

Meer voedsel: ggo's zijn niet noodzakelijk

Laten we even terugblikken op een van de grote beloften van de GGO's. Ze zouden de honger uit de wereld helpen en niets is noodzakelijker dan dat. Het aantal mensen op onze planeet stijgt nog steeds angstwekkend (zie MeNS 80), en volgens de Voedsel- en Landbouworganisatie (*Food and Agriculture Organization, FAO*) van de Verenigde Naties moeten we tegen 2050 in staat zijn om 70% meer voedsel te produceren. Die doelstelling zal niet zonder slag of stoot gehaald worden. De beste gronden zijn al lang ingenomen (dus zullen we groenten moeten telen op minderwaardige bodems en die via een goed management langzaam verbeteren), zoet water wordt een schaars goed en er is de oprukkende verwoestijning. Planten die op een drogere bodem kunnen gedijen, planten die meer eetbaar materiaal opleveren, planten die extra voedzaam zijn, eiwitrijke planten die het vlees uit onze voeding (ten dele) kunnen vervangen... het zijn een handvol nuttige toepassingen waar de gntechnologie aan bijdraagt.



En toch moeten we daar een aantal kanttekeningen bij plaatsen.

Om te beginnen zijn de belangrijkste GGO-teelten soja, maïs en koolzaad – en die dienen grotendeels als veevoer. Bovendien gaat er veel te veel energie naar de vleesproductie. 90% van de maïs die overal in Vlaanderen op de velden staat, dient voor de vee-teelt. Als je dan beseft dat er (ruwweg) 10 kg plantenmateriaal nodig is om 1 kg vlees te produceren, dan weet je dat elke strategie om meer mensen volwaardig te voeden zal moeten uitgaan van een vermindering van de vleesconsumptie. Niet dat we allemaal vegetarisch of veganistisch moeten gaan leven, maar we zouden al een heel eind ver raken als iedereen elke week een worst en een broodje martino minder zou eten. Om over de andere voordelen nog maar te zwijgen: onze gezondheid, minder dierenleed, minder broeikasgassen die door de vee-teelt worden uitgestoten, ... maar dat leidt ons ook weer te ver.

Daarnaast kunnen we ons afvragen of we echt wel eten te kort zullen komen in 2050. Internationale schattingen geven aan dat onze planeet reeds 22 biljoen kilocalorieën (kcal) produceert – meer dan 3000 kcal per persoon en per dag. Meer dan we nodig hebben, als je weet dat de gemiddelde mens dagelijks 2000-2500 kcal nodig heeft. Alleen gaat hier vreselijk veel van verloren (in de VS alleen al gaan er 215 maaltijden per jaar en per persoon de vuilnisbak in, en in Europa een totaal van 90 miljoen ton voedsel) en is het voedsel bijzonder slecht verdeeld over de planeet.

En stel dat we toch meer produceren om te voldoen aan de vraag in 2050... zijn we dan zeker dat het voedsel dan wel bij de juiste mensen aankomt? Is dat niet eerder de vraag, in plaats van ons af te vragen op welke manier we dat voedsel gaan produceren? Op zijn minst moeten we beide vragen tegelijk

Blijft het bij voedsel ?

GGO's hebben ook potentieel in andere sectoren. We kweken al volop katoen (voor kleding), natuurlijk. Maar daar zal het niet bij blijven.

- Heel wat planten worden genetisch gewijzigd om ze gemakkelijker te kunnen omzetten tot biobrandstoffen. Het Vlaams Instituut voor Biotechnologie doet bv. veldproeven met populieren die minder lignine (houtstof) bevatten, zodat bacteriële enzymen de cellulose in het hout gemakkelijker kunnen omzetten tot bio-ethanol. Ook eencellige wieren worden genetisch gewijzigd, om meer olie te maken, die dan kan dienen als brandstof.
- Andere planten krijgen genen mee die ervoor zorgen dat ze gezondere oliën produceren. Olie van genetisch gewijzigde *Camelina sativa* zou dezelfde gezonde eigenschappen hebben als visolie (en spaart daardoor een deel van de vissen in de oceaan).
- Bij maniok is het gen uitgeschakeld dat zorgt voor de aanmaak van giftige cyanogene glycosiden.
- Wetenschappers hebben bananen ontwikkeld die al wie ze eet, immuun maakt tegen hepatitis B. Voor de runderen is voorzien in een luzerneplant die de dieren beschermt tegen bovine virale diarree.
- Anderen zijn dan weer bezig met het creëren van planten die organische vervuiling kunnen aanpakken: benzeen, toluen en het explosieve trinitrotoluene (TNT) staan op het verlanglijstje.





stellen: hoe organiseren we de landbouw op wereld-schaal, en hoe de verdeling van haar producten?

Bovendien hoeft een vergroting van de opbrengst niet per se via het pad van de GGO's te lopen. We kunnen ook massaal inzetten op een grotere genetische variatie in de gewassen die we kweken. Sommige genetische varianten lenen zich nu eenmaal beter om in bepaalde, minder evidente gebieden te worden verbouwd. En via uitgekiende landbouw-managementssystemen (zoals het *System of Rice Intensification*) kunnen we de opbrengst van gewassen als rijst meer dan verdubbelen en tegelijk tot 50% van het waterverbruik uitschakelen. Zonder één gen te wijzigen. Kijk zelf op sri.ciifad.cornell.edu/index.html.

Samengevat: GGO's zijn nuttig, maar ze zijn niet de enige oplossing voor het voedselprobleem. Zoals het spreekwoord zegt: "Als je enkel een hamer hebt, lijkt elk probleem op een spijker." Het inzetten van lokale variëteiten van gewassen en het gebruik van innovatieve en, met het oog op een duurzame voedselproductie, ecologisch verantwoorde landbouwmethoden, zijn minstens even belangrijk als het gebruik van gentechnologie. En zo komen we vanzelf uit bij de biologische landbouw.

Naar een kruising van biolandbouw en GGO's?

Wellicht klinkt het velen als een vloek in de oren: aan biologische landbouw doen met behulp van genetisch gewijzigde gewassen. Volgens verschillende experts in biologische landbouw verschillen beide benaderingen te veel van mekaar. Volgens hen verhogen GGO's de druk op gezondheid en milieu, tasten ze de biodiversiteit aan en verminderen ze de keuzemogelijkheden van de consument. Dag Falck, manager bij *Nature's Path Foods* zegt het zo: "*Biologische landbouw is altijd op zoek naar antwoorden in de natuur; het is een zeer doordachte manier om te leren van de natuur en deze na te bootsen, terwijl genetische manipulatie de benadering volgt dat de natuur een tekort vertoont, wat we moeten repareren. Die mentaliteit is niet compatibel met biologische landbouw.*" Jim Riddle van de Universiteit van Minnesota en voormalig voorzitter van de *National Organic Standards Board*, springt hem bij: "*Biologische landbouw is gebaseerd op de vaststelling van een harmonieuze relatie tussen het agrarische ecosysteem van landbouw en de natuur. Genetische manipulatie is gebaseerd op precies het tegenovergestelde - een poging om de natuur te beheersen op het meest intieme niveau - de genetische code.*"



*Rijstselectie via goede technologie?
BASF/Crop Design*

Alleen – waarom zouden GGO's en kleinschalige landbouw mekaars tegenpolen moeten zijn? Omdat we vastzitten in onze ideologie en ons eigen grote gelijk?

De hele discussie waarbij biologische landbouw en het gebruik van GGO's tegenover mekaar komen te staan, vertrekt van de verkeerde uitgangspunten. Meer dan 90 percent van de landbouwers die GGO-gewassen verbouwen, wonen in ontwikkelingslanden en hebben vaak niet eens een tiental hectaren ter beschikking. Acht landen uit de top tien van producenten van biotech gewassen zijn ontwikkelingslanden (zie de cijfers in deel 1). Maar we kunnen ons in die landen niet eender wat veroorloven. Teveel is al fout gegaan in het verleden, door bv. het gebruik van zaaigoed dat geoptimaliseerd was voor westerse landbouw, en de bijbehorende technieken. Bovendien zullen de klimaatvoorwaarden deze eeuw ten gevolge van global warming sterk veranderen (iets wat we nu al opmerken). GGO's kunnen een bijdrage

leveren om die knoop te ontwarren, zonder dat we de lokale landbouwmethoden moeten terzijde schuiven.

Neem bv. het gebruik van het Bt-eiwit. Wanneer we de bacterie kweken (in een lab) en het Bt-eiwit uit die cultuur halen en op de planten sproeien, is het gewas te verkopen als een organisch gekweekt product. Meer nog - het Bt-eiwit is al vijftig jaar het favoriete middel om insecten te verdelgen in de biologische landbouw, omdat het geen kwaad kan voor zoogdieren. Maar wanneer de plant datzelfde eiwit zelf aanmaakt, moet die van onze velden geweerd worden. Begrijpe wie begrijpen kan. Wanneer de biologische landbouwer in staat is om onkruidverdelgers te vermijden en door een goed management van het onkruid de bodem jaar na jaar vruchtbaarder te maken, is dat een prima zaak voor iedereen. Maar waarom zou dat niet lukken met een plant die in eerste instantie op drogere, minder

geschikte gronden kan groeien, zodat ook die bodems langzaam maar zeker voor allerlei vormen van landbouw ter beschikking komen?

En er is meer. Droogteresistente planten kunnen het waterverbruik in de landbouw verlagen (in tijden van schaars zoet water zeer welkom). Andere planten kunnen we zo wijzigen dat ze efficiënter omgaan met stikstof en fosfor (zodat ze minder bemesting vragen en zo helpen om onze productie van het broeikasgas N_2O te verlagen). We vermeldde al eerder dat het inzetten van insectresistente GGO's beter is voor de biodiversiteit dan het gebruik van pesticiden.

Laten we dus op zoek gaan naar net die toepassingen van gentechnologie die antwoord bieden op de lokale vragen. Ook Pamela Ronald van het Genome Center van de University of California (Davis) is die mening toegedaan. Haar onderzoeksteam creëerde een rijstplant die langer in leven blijft in overstroomde gebieden. Het gebruik van een dergelijke plant laat boeren toe om een rijstveld onder water te zetten om de onkruiden te doden. De rijstplanten blijven in leven en zodra het water zich verder terugtrekt, hebben ze een voorsprong op het onkruid. Simpel, goedkoop en volledig zonder chemicaliën. Een prima voorbeeld van hoe het wel kan.

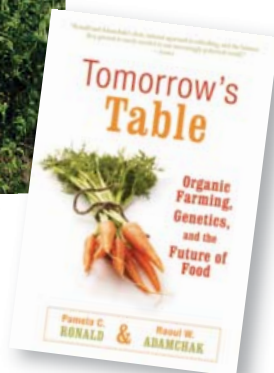
Gentechnologie, geen technologie als een andere?

En zo komen we bij de beginvraag uit, tevens de ondertitel van het eerste deel van dit dossier. Is gentechnologie een logische stap in de ontwikkeling van de voedselproductie of iets geheel nieuws?

Niets nieuws onder de zon, zeggen de voorstanders. Vanaf de eerste planten die door de neolithische mens werden geselecteerd en verder gekweekt tot de allernieuwste transgene aardappel: geen enkele van die planten zou ooit tot stand gekomen zijn in de natuur. Meer nog, ze zouden het wellicht niet meer overleven in de vrije natuur. Maar bij elke klassieke kruising wordt slechts de helft van alle genen van elk van beide ouderplanten overgedragen naar de jongere generatie. Het kan dus goed zijn dat de kweker moet kiezen: grotere appels, maar met minder smaak? Of verkiest hij toch liever vruchten met veel smaak, maar die wel aan planten groeien die zeer virusgevoelig zijn? Met gentechnologie kunnen we veel gericht ingrijpen: we kunnen een plant creëren die zeer smakelijke vruchten draagt en bovendien ongevoelig is voor allerlei ziekteverwekkers.



Pamela Ronald schreef haar ideeën bij mekaar samen met haar echtgenoot Raoul Adamchak, een specialist biologische landbouw in het boek Tomorrow's Table.



Camelina sativa (huttentut in het Nederlands, uit de familie van de kruisbloemen)



Niets van aan, zeggen de tegenstanders. Door met je planten het laboratorium in te trekken, overschrijd je wel degelijk een cruciale grens: welke planten kunnen WEL en welke NIET ontstaan in de vrije natuur? Meer nog, gewone kruisingen zullen genetische informatie tussen individuen van dezelfde soort vermengen (en heel af en toe ook eens tussen sterk verwante soorten). Zo kunnen wilde tomatenrassen gekruist worden met de typische tomaten uit onze supermarkten en kunnen we zelfs tarwe (*Triticum aestivum*) kruisen met de nauw verwante rogge (*Secale cereale*). Maar met gentechnologie zijn alle remmen los. Wil ik een gen van een kwal inbrengen in een muis of een appel, dan kan ik dat. Aan DNA hangt niet direct een naamplaatje. En daar knelt het schoentje. Als je het zo bekijkt, is gentechnologie inderdaad een heel andere manier van omgaan met planten.

Maar zo zwart-wit is de discussie nu ook weer niet. Denk maar aan de Bt-maïs, waarbij een gen van een bacterie in het genoom van een plant is geïntegreerd en daar zorgt voor de aanmaak van een bacterieel eiwit. Hoe fundamenteel anders is het, wanneer we ditzelfde toxine in fermentatoren laten produceren door bacteriën en dit dan op onze landbouwgewassen sproeien? Overigens, wat doen we dan met

andere producten van de biotechnologie? Houden we op met het gebruik van insuline, geproduceerd met transgene bacteriën waar een menselijk gen in zit? Of stoppen we met kaas eten, omwille van het gebruikte chymotrypsine (het eiwit waarmee melk gestremd wordt tot kaas – vroeger haalden we het uit de magen van kalveren, nu uit transgene bacteriën)?

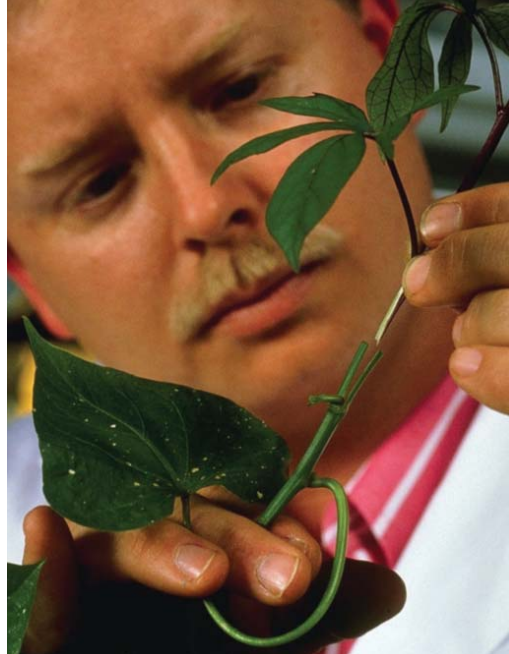
Zijn dat allemaal gevaarlijke ontwikkelingen?

Daarnaast wordt die groentensoep niet altijd zo heet gegeten als zij wordt opgediend. Zoals we al beschreven in het vorige nummer, zijn er een aantal GGO's waarbij onderzoekers geen nieuw eiwit hebben ingebracht, maar met een antisense-constructie juist een eiwit hebben "uitgezet". Hier gaven we in het vorige nummer ook al een voorbeeld: de Arctic Apple (waarin door *gene silencing* het polyfenoloxidase niet langer actief is, zodat de appel minder snel bruint). Bovendien bestaat er een natuurlijke vorm van dit GGO. In een variant van de Sultanadruif, bekend sinds de jaren 1960 en overal ten eerste genoten, is datzelfde gen via een natuurlijke mutatie uitgeschakeld met hetzelfde resultaat. Is deze plant ook onaanvaardbaar als voedsel?

De knoop ligt hem net in het feit dat mensen GGO's in een hokje proberen te proppen: "goed" versus "slecht", "zwart" tegen "wit". GGO's zijn niet van nature een goede of een slechte ontwikkeling, het is aan ons om te bepalen welke toepassingen we wel en niet willen. Zo kan het intelligent inzetten van GGO's in een biologische landbouwcontext wellicht helpen om tot een milieuvriendelijke vorm van voedselproductie te komen, die in staat is om effectief 9 miljard mensen te voeden. Het gebruik van GGO's in de biobrandstofproductie kan ons helpen om sneller van fossiele brandstoffen af te raken. Kortom, GGO's zijn een hulpmiddel op weg naar een duurzame wereld. En was het daar niet allemaal om te doen?

Ongemanipuleerd (lees)voer

- www.broederlijkdelen.be/wat-we-doen/duurzame-rurale-ontwikkeling/item/3736-gaan-we-een-debat-uit-het-verleden-voeren
- www.mo.be/artikel/de-smaak-van-GGO-aardappelen
- www.argusactueel.be/internationaal-nieuws/het-grote-GGO-debat-deel-1-argumenten-contra-GGOs
- www.argusactueel.be/internationaal-nieuws/het-grote-GGO-debat-deel-2-argumenten-pro-GGOs
- gmoanswers.com/sites/default/files/GMO_Safety_Table_V12.pdf geeft een overzicht van wat er zoal aan GMO's geteeld wordt in de wereld.



- www.marklynas.com is een blog van een voormalig anti-GGO-activist, die de wetenschappelijke kennis bespreekt.
- www.growingvoices.eu/ geeft ook heel wat antwoorden op vragen rond GGO's.
- Doubts surround link between Bt cotton failure and farmer suicide, *Nature Biotechnology* 27, p. 9-10 www.nature.com/nbt/journal/v27/n1/full/nbt0109-9.html

We voorzien nog een hele lijst achtergrondliteratuur en achtergrondinfo op de website:

- acco.be/mens.



© 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

Hoofdreductie

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, FSC & environmental officer, Greenheart group Suriname
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 jaargang 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.

Klimaat in de knoop! Wie koelt de aarde af?

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. Organisator Bio-MENS vzw is op zoek naar creatieve en innovatieve leerlingen uit de derde graad secundair onderwijs (aso, tso, bso, kso). Schrijf je samen met je klasgenoten in vóór 16 februari 2015 en wie weet staan jullie op 8 mei 2015 in de finale van De Jonge Baekeland in de Plantentuin in Meise. In de prijzenpot zit o.a. 2500 euro, geschonken door de Nationale Loterij.

Begin je graag met een stevige basis aan je werkstuk? Lees dan zeker MeNS 90 en nodig MeNS uit in je school voor een lezing. Meer info? www.biomens.eu



Dossier op komst: Door maag en darm

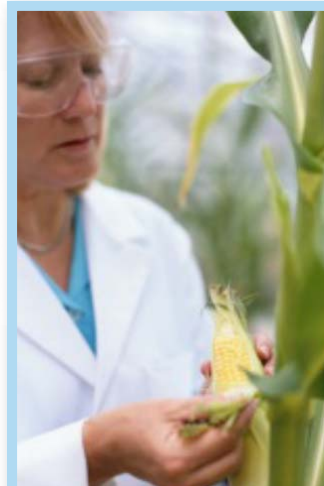
- 57 Brein
- 58 Illusies te koop
- 59 Je sigaret of je leven
- 60 Luchtvervuiling
- 61 Griep, een doder op de loer?
- 62 Vaccinatie, reddingslijn of dwaallicht?
- 63 Boordevol energie
- 64 Een graadje warmer. Quo vadis, Aarde?
- 65 Energie in het zonnetje
- 66 ADHD, als chaos overheerst
- 67 Duurzaam... 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
- 91 Knutselen met plantengenen



Be part of #mybiotech

Tell us how your research project in your school is contributing to a more sustainable future. Tweet this using the hashtag #mybiotech. By sharing this you will inspire others to do so and redress the balance of the debate online.

For more information and resources please go to growingvoices.eu/mybiotech



growingvoices.eu/mybiotech