

Gouden Rijst

Inhoud	
Samenvatting	3
Feiten en cijfers	4
1. Wanneer eenzijdige voeding ontaardt in ziekte	5
Je bent wat je eet	5
Levensbelangrijk vitamine A	6
Oranje zoete aardappel valt in de prijzen	7
2. Een humanitaire ggo-oplossing	8
Gouden Rijst in ontwikkeling	9
Inkruisen in lokale rijstvariëteiten	13
Veldproeven	13
Onderzoek naar de mogelijke impact van Gouden Rijst	14
3. Van proefveld tot bord	16
Een web van patenten	16
Golden Rice Humanitarian Board	19
Nog niet op de markt	19
4. Rijst in het oog van de storm	21
Het ggo-debat	21
Weerstand tegen Gouden Rijst	22
5. Gezondere voeding door verrijking van landbouwgewassen	24
Ook hoop voor foliumzuur-gebrek	25
6. Besluit	27
7. Referenties	28

Samenvatting

Gouden Rijst is een verzamelnaam voor rijstvariëteiten die genetisch gewijzigd werden om het vitamine A-tekort in ontwikkelingslanden te bestrijden. De eerste Gouden Rijst werd in de jaren 90 ontwikkeld door Europese wetenschappers.

Door een eenzijdig voedingspatroon en een beperkte toegang tot verse groenten, fruit en dierlijke producten kampen veel mensen in ontwikkelingslanden met een vitamine A-tekort. Een blijvend tekort aan deze vitale voedingsstof kan leiden tot blindheid, ziekte en zelfs de dood. Kinderen zijn extra kwetsbaar hiervoor. Wetenschappers schatten dat elk jaar meer dan 100.000 kinderen sterven door een vitamine A-tekort.

Gouden Rijst verschilt van gewone rijst door de aanwezigheid van extra genen. Deze werden met behulp van genetische modificatie toegevoegd en zorgen voor de productie van provitamine A in de rijstkorrels. Hierdoor kleuren de korrels geeloranje, wat de naam 'Gouden Rijst' verklaart. Eens opgenomen in het lichaam wordt provitamine A omgezet naar vitamine A. Provitamine A komt in veel groenten en fruit voor. Het is bijvoorbeeld ook de stof die wortelen oranje kleurt.

Het Gouden Rijst-kenmerk werd vervolgens in veelgebruikte, lokale rijstvariëteiten gekruist met behulp van klassieke veredelingsmethodes. Deze nieuwe rijstvariëteiten worden momenteel getest in proefvelden op verschillende plaatsen in Azië. Ondanks de humanitaire motieven van de ontwikkelaars van Gouden Rijst, woedt er een hevig debat over deze genetisch gewijzigde (ggo-) gewassen en blijft het onduidelijk wanneer Gouden Rijst op de markt komt.

Dit dossier bespreekt Gouden Rijst als een mogelijk onderdeel van de brede strategie tegen het vitamine A-tekort in ontwikkelingslanden. Blijvende inspanningen moeten geleverd worden om wereldwijd armoede te bestrijden en gevarieerde voeding te bevorderen. Maar zolang het tekort aan vitamine A in vele landen een probleem blijft voor de volksgezondheid, kan Gouden Rijst een toegevoegde waarde bieden.

Feiten en cijfers

Vitamine A is een vitamine die essentieel is voor ons lichaam. We halen vitamine A uit dierlijke producten en provitamine A uit bepaalde groenten, fruit en granen. In ons lichaam wordt provitamine A omgezet naar vitamine A.

Een vroeg symptoom van vitamine A-tekort is nachtblindheid. Een blijvend tekort kan leiden tot blindheid en een verzwakt immuunsysteem, wat infecties vrij spel geeft.

Elk jaar wordt een kwart tot een half miljoen kinderen blind als gevolg van vitamine A-tekort. De helft van deze kinderen sterft binnen het jaar aan diarree of mazelen doordat hun weerstand ernstig verzwakt is.

Gouden Rijst bevat extra genen, één van maïs en één van bacteriële oorsprong, die samen instaan voor de productie van provitamine A in de rijstkorrel.

Een kom van 100 à 150 gram gekookte Gouden Rijst zorgt voor 60% van de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid van vitamine A voor kinderen.

Gouden Rijst is niet één rijstras. Het Gouden Rijst-kenmerk werd ondertussen in verschillende populaire rijstrassen uit de Filipijnen, Bangladesh, Indië, Indonesië en Vietnam gekruist via klassieke veredeling. Zo kunnen boeren Gouden Rijst-planten telen die tegelijk de eigenschappen van hun gebruikelijke rijstrassen bevatten. Dat betekent ook dat Gouden Rijst dezelfde smaak en bereidingswijze heeft als de witte rijstsoorten.

De Gouden Rijst-uitvinders stellen de Gouden Rijst-technologie gratis ter beschikking voor arme boeren in ontwikkelingslanden. Dit houdt in dat de prijs van Gouden Rijst-zaad niet hoger zal zijn dan die van witte rijst.



| Wanneer eenzijdige voeding ontaardt in ziekte

Gezonde voeding bevat alle voedingsstoffen die ons lichaam nodig heeft: bouwstenen voor groei, energie voor bewegingen, mineralen en vitaminen om biochemische processen in stand te houden. Voedsel houdt ons niet alleen in leven, ons dieet bepaalt ook hoe we functioneren.

Je bent wat je eet

Een evenwichtige en gezonde voeding is onmisbaar om ons lichaam alle essentiële voedingsstoffen en energie te leveren om goed te functioneren. Wie afwijkt van een gezond dieet, merkt al snel de effecten. Een onvoldoende inname van bepaalde voedingsstoffen kan leiden tot ziektes, een verminderd immuunsysteem of groei- en ontwikkelingsproblemen bij kinderen. Bloedarmoede ontstaat bijvoorbeeld bij een tekort aan ijzer, terwijl gezichtsproblemen het eerste symptoom zijn van een gebrek aan vitamine A. Specifieke tekorten kunnen zelfs leiden tot de dood. Omgekeerd leidt een te grote opname van energie door overconsumptie van voedingsstoffen tot overgewicht, wat een verhoogd risico op hart- en vaatziekten, gewrichtsproblemen en suikerziekte met zich meebrengt.

Ieder jaar sterven meer dan 2,5 miljoen kinderen jonger dan vijf jaar door een onevenwichtig dieet.^{1,2} De beste manier om voedingstekorten te voorkomen, is gevarieerd eten met een dieet rijk aan groenten, fruit en granen, aangevuld met dierlijke producten. Bevolkingsgroepen die een risico lopen op voedingstekorten, hebben dus alle baat bij de teelt en consumptie van meer verschillende voedingsgewassen. Voor mensen die een eenzijdig dieet hebben als gevolg van armoede, ligt dit niet voor de hand. In Bangladesh bijvoorbeeld maakt rijst 80% uit van de dagelijkse calorieopname door de plattelandsbevolking.³ Dat specifieke gewassen zo dominant aanwezig zijn in bepaalde gebieden, heeft zijn redens: ze zijn aangepast aan de lokale omstandigheden – bestand tegen ziektes of droogte – waardoor ze meer oogstzekerheid bieden dan andere. Ook tradities spelen een belangrijke rol: het telen van bepaalde planten is vaak verweven met de culturele identiteit.

Levensbelangrijk vitamine A

Via de voeding moeten we ongeveer vijftig essentiële nutriënten (voedingsstoffen) opnemen.⁴ Dat gaat van water en koolhydraten over aminozuren en vetzuren tot micronutriënten, zoals vitaminen en mineralen. Wanneer een van deze voedingsstoffen niet of in een te kleine hoeveelheid wordt opgenomen, komt ons lichaam in de problemen. Dat geeft aanleiding tot verstoringen van onze stofwisseling en leidt tot ziekte, slechte gezondheid en kan de ontwikkeling van kinderen verstoren. Een van die belangrijke voedingsstoffen is bètacaroteen, het pigment dat in grote hoeveelheden in wortelen zit en dat voor de oranje kleur zorgt. Ook bijvoorbeeld spinazie, meloenen en maïs zijn rijk aan deze voedingsstof. Bètacaroteen is de bekendste vorm van provitamine A en wordt in ons lichaam omgezet in vitamine A.⁵ Een tekort aan vitamine A kan tot gezichtsproblemen en zelfs blindheid leiden. Dierlijke producten die rijk zijn aan vitamine A, zoals eieren, lever, kaas en boter, liggen vaak buiten het bereik van arme families.

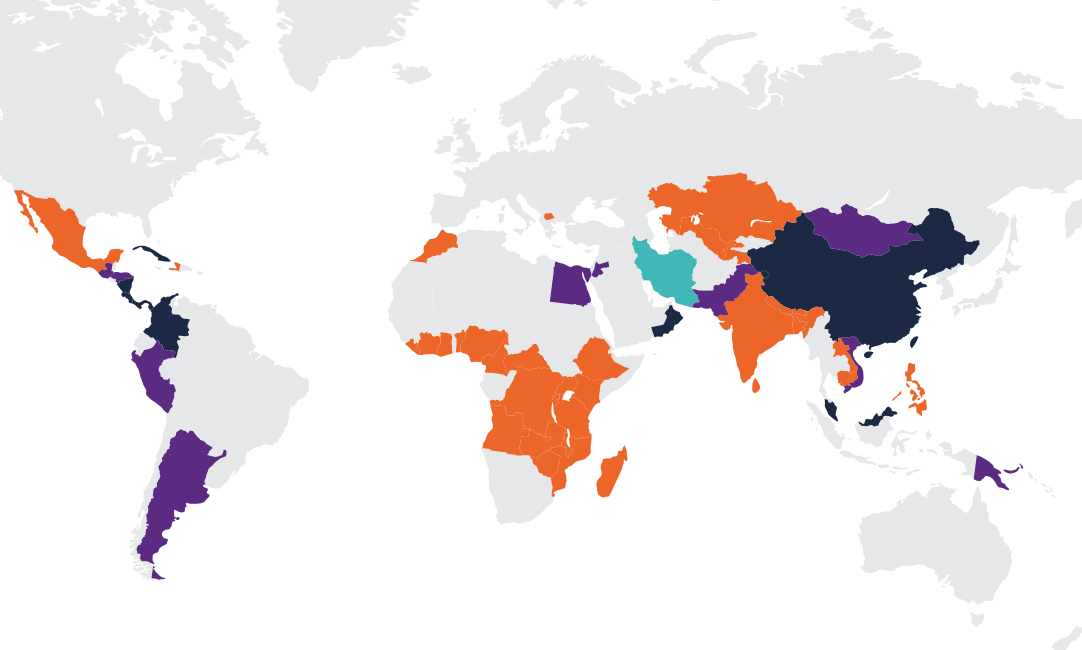
Vitamine A-tekort is een niet te onderschatten gezondheidsprobleem, voornamelijk in ontwikkelingslanden in Afrika en Zuidoost-Azië (zie Figuur 1). Vooral kinderen en zwangere vrouwen worden erdoor getroffen. De Wereldgezondheidsorganisatie geeft aan dat ieder jaar tussen de 250.000 en 500.000 kinderen blind worden door vitamine A-tekort. De helft ervan sterft binnen het jaar.² Vitamine A-tekort hypothekeert namelijk ook het immuunsysteem, waardoor kinderen sterven aan diarree, luchtweginfecties en mazelen. Een studiegroep die zich boog over ondervoeding bij moeders en kinderen, schatte dat er jaarlijks meer dan 100.000 kinderen onder de vijf jaar sterven aan vitamine A-tekort.⁶⁻⁸ Het tekort treft

Figuur 1. Wereldwijd voorkomen van vitamine A-tekort.

De kaart geeft vitamine A-tekorten weer bij kinderen onder de vijf jaar. De gegevens werden verzameld door WHO tussen 1995 en 2005 bij bevolkingsgroepen die risico lopen op vitamine A-tekort. De graad van het vitamine A-tekort werd bepaald op basis van het voorkomen van lage serumwaarden van retinol $< 0,70 \mu\text{mol/l}$.

Graad van vitamine-A tekort

- ernstig ($\geq 20\%$)
- matig ($\geq 10\% - < 20\%$)
- mild ($\geq 2\% - < 10\%$)
- geen ($< 2\%$)
- geen gegevens



vooral bevolkingsgroepen in ontwikkelingslanden, aangezien dit het gevolg is van een slecht dieet en vaak verband houdt met armoede.

Een van de humanitaire oplossingen bestaat uit kunstmatig ontwikkelde voedingsstoffen in de vorm van pillen. Sinds 1998 doneert *Micronutrient Initiative*, een internationale non-profitorganisatie, ieder jaar zo'n 500 miljoen vitamine A-capsules aan UNICEF om ze te verdelen in ontwikkelingslanden onder kinderen tussen zes maand en vijf jaar.⁹ Een andere optie is het voedsel verrijken met bepaalde micronutriënten: granen verrijkt met ijzer, melk met vitamine D en olie of suiker met vitamine A.¹⁰ Maar in beide gevallen – supplementen of verrijkt voedsel – zijn de risicogroepen afhankelijk van import, distributie-infrastructuur en van de welwillendheid van de geïndustrialiseerde wereld. Gezien de blijvende dodentol blijkt deze aanpak tot op heden bovendien onvoldoende^{7,11-13}

Oranje zoete aardappel valt in de prijzen

Een alternatief voor de supplementprogramma's is het ontwikkelen van plantenvariëteiten die

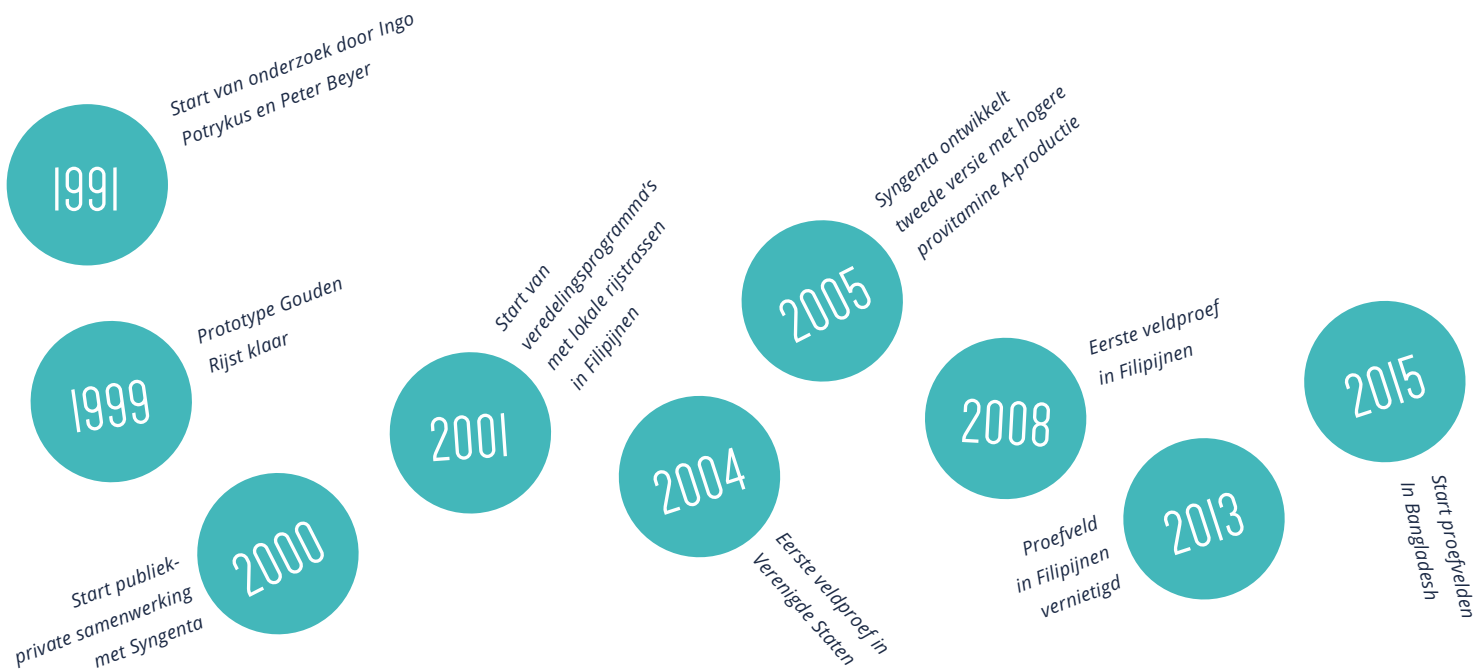
de nodige voedingsstof in grotere hoeveelheid produceren.¹⁴ Een voorbeeld hiervan vinden we in Afrika, waar de oranjevlezige, provitamine A-rijke, zoete aardappelvariant gepromoot wordt ter vervanging van de witvlezige variant zonder provitamine A. Het provitamine A-kenmerk kon in meer Afrikaanse variëteiten van zoete aardappelen binnengebracht worden via klassieke veredeling, door witvlezige zoete aardappel-variëteiten te kruisen met natuurlijke (oranje) varianten die provitamine A produceren.¹⁵ Het gewas bereikte dankzij een uitgekiende campagne succesvol 2 miljoen huishoudens in 10 Afrikaanse landen, en verbetert op die manier de gezondheid van miljoenen Afrikanen.^{16,17} Het werk van de Afrikaanse en Amerikaanse wetenschappers verantwoordelijk voor dit project werd in juni 2016 nog beloond met de prestigieuze World Food Prize.¹⁸

Niet alle gewassen produceren echter provitamine A in de delen die voor ons eetbaar zijn. Een voorbeeld van zo'n gewas is rijst. De rijstplant produceert wel provitamine A in het blad, maar niet in de witte rijstkorrel.¹⁹ Bevolkingsgroepen met een dieet waarin rijst de voornaamste plaats inneemt, lopen dus een risico op vitamine A-tekort.



2 Een humanitaire ggo-oplossing

Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie lijden naar schatting 19 miljoen zwangere vrouwen en 190 miljoen kinderen aan vitamine A-tekort.²⁰ Een rijstvariëteit ontwikkelen die provitamine A aanmaakt in de korrel, kan een belangrijke bijdrage leveren in de strijd tegen ondervoeding.



Gouden Rijst in ontwikkeling

Begin de jaren 90 waren twee universitaire wetenschappers, Ingo Potrykus van het ETH onderzoeksinstituut in Zürich en Peter Beyer van de Universiteit van Freiburg, goed op de hoogte van de problemen rond vitamine A-tekort. Ze namen het initiatief om rijst te ontwikkelen die in de korrel provitamine A produceert. De onderzoekers kregen hiervoor steun van de Rockefeller Foundation, de Europese Commissie, nationale overheden in Azië en later van de Bill en Melinda Gates Foundation. Omdat er geen rijstvariëteiten bestaan die provitamine A aanmaken in de korrel, kon dit kenmerk niet via klassieke veredeling binnengebracht worden, zoals bij de zoete aardappel wel het geval was. Genetische modificatie (zie kaderstuk 'Wat is genetische modificatie?') bood hier een uitkomst: twee genen uit de narcis en één gen van de bacterie *Erwinia uredovora* toevoegen aan het DNA van rijst maakte provitamine A-productie in rijstkorrels mogelijk.²¹⁻²³ Het aanmaken van provitamine A is immers een proces met meerdere productiestappen waarvoor dus meer dan één gen moet ingebouwd worden (zie

kaderstuk 'Genen voor provitamine A-productie in rijstkorrels'). Acht jaar laboratoriumwerk was nodig om zo'n rijstplant te ontwikkelen. In 2000 werd dit baanbrekend onderzoek gepubliceerd in het vakblad Science.²²

De eerste versie van de provitamine A-rijke rijst produceerde iets meer dan 1,6 microgram provitamine A per gram rijst.²² Het was een grote wetenschappelijke doorbraak, omdat men voor de eerste keer de volledige productieweg van een voedingsstof in een plant had binnengebracht. De aanwezigheid van provitamine A in de rijstkorrels was zelfs zichtbaar. Net zoals wortels oranje gekleurd zijn door de grote hoeveelheid provitamine A, zijn ook de ggo-rijstkorrels geeloranje van kleur (zie Figuur 2). De rijst werd daarom 'Gouden Rijst' gedoopt. Maar de concentratie van provitamine A in de eerste Gouden Rijst was mogelijk te laag om effectief te zijn in een normale portie rijst. Er zou immers te veel rijst per dag gegeten moeten worden om de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid vitamine A te kunnen opnemen. Een aantal jaren later werd een verbeterde versie

WAT IS GENETISCHE MODIFICATIE?

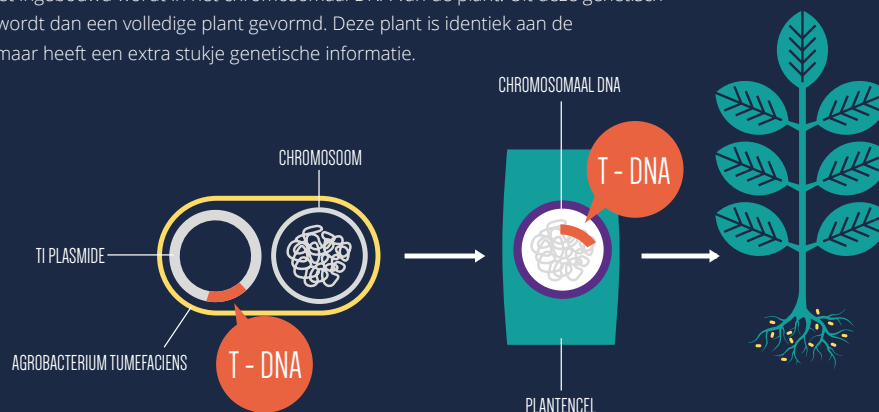
Al duizenden jaren is de mens op zoek naar methoden om planten nieuwe eigenschappen te geven of om interessante eigenschappen te combineren in een enkel gewas. Tijdens de laatste 100 jaar werden verschillende veredelings technieken toegepast zoals selectief kruisen, hybridetechnologie en mutatie-veredeling.²⁴ Deze methoden leiden alle tot DNA-veranderingen in de plant, weliswaar op een ongecontroleerde manier.

Rond 1980 werd een technologie ontwikkeld die toelaat om doelgericht genetische informatie in te bouwen in het DNA van een plant. De methode werd genetische modificatie gedoopt. De producten ervan krijgen de naam genetisch gewijzigde gewassen of ggo-gewassen. Dankzij de nieuwe technieken hoefden nieuwe eigenschappen niet per se uit kruisbare plantensoorten te komen. Zo werd het bijvoorbeeld mogelijk om een tomaat te voorzien van genetische informatie uit paprika's of maïs.

In vergelijking met klassieke verdelingsmethoden, is ggo-technologie meer precies, voorspelbaar en controleerbaar. Bovendien kun je met genetische modificatie eigenschappen toevoegen zonder bestaande raseigenschappen kwijt te raken. Een ggo-bintje-aardappel blijft een bintje-aardappel, alleen heeft de ggo-vorm een extra eigenschap. Bij klassieke veredeling kruist men echter een moeder- en vaderplant zodat een nieuwe variëteit ontstaat.

Een veelgebruikte methode voor genetische modificatie van planten steunt op het natuurlijk DNA-overdrachtsmechanisme van de bodembacterie *Agrobacterium tumefaciens*. Deze bacterie infecteert bepaalde gastheerplanten en bouwt vervolgens een stukje van zijn eigen erfelijk materiaal in het DNA van de plant in. Tijdens de late jaren 70 werd dit mechanisme ontrafeld door de onderzoeksgroepen van Jeff Schell en Marc Van Montagu aan de Universiteit Gent.²⁵ In de bacterie verwisselden ze het stukje bacterieel DNA (dat de bacterie normaal inbouwt in planten-DNA) met de genetische informatie van een landbouwkundig interessante eigenschap. Nadat de genetisch gewijzigde bacterie de plant infecteerde, merkten ze op dat de bacterie op dezelfde manier deze informatie in het planten-DNA inbouwde. Zo zag de eerste genetisch gewijzigde plant het licht in 1982 te Gent.

Schematische voorstelling van het genoverdrachtsmechanisme van *Agrobacterium tumefaciens*. Naast het chromosomaal DNA heeft de bacterie een Ti-plasmide (voorgesteld door grijze cirkel). De genetische informatie vervat in het T-DNA (rood stukje) wordt door de bacterie overgebracht naar een plantencel waar het ingebouwd wordt in het chromosomaal DNA van de plant. Uit deze genetisch gewijzigde plantencel wordt dan een volledige plant gevormd. Deze plant is identiek aan de oorspronkelijke plant maar heeft een extra stukje genetische informatie.



ontwikkeld, waarbij een gen van maïs gebruikt werd in plaats van dat van narcis (zie kaderstuk 'Genen voor provitamine A-productie in rijstkorrels'). De nieuwe Gouden Rijst produceert tot 23 keer meer provitamine A in vergelijking met de eerste versie, waardoor het realistisch werd om Gouden Rijst te gebruiken in de strijd tegen vitamine A-tekort.²³ Om na te gaan of dit ook zou werken in de praktijk, werd de ggo-rijst getest in voedingsexperimenten met kinderen tussen zes en acht jaar in China.²⁶ Daaruit bleek dat Gouden Rijst evenveel vitamine A kan leveren als provitamine A-capsules, en meer dan spinazie. Op basis van deze gegevens werd berekend dat een kom van 100 à 150 gram gekookte Gouden Rijst (wat overeenstemt met 50 gram droge rijst) zorgt voor 60% van de aanbevolen dagelijkse opname van vitamine A voor kinderen.²⁶ Als je weet dat bijvoorbeeld Filipijnen dagelijks ongeveer 330 gram gekookte rijst eten, zou Gouden Rijst voor voldoende vitamine A kunnen zorgen bij bevolkingsgroepen met een dieet waarin rijst de voornaamste plaats inneemt.²⁷

De Gouden Rijst-voedingsstudie met Chinese kinderen oogstte kritiek omdat de ouders en kinderen onvoldoende ingelicht bleken over

alle aspecten van het experiment. Men wist bijvoorbeeld niet dat de kinderen ggo-rijst te eten kregen. Daardoor werd in 2015 de wetenschappelijke publicatie die de uitkomsten van de studie beschrijft teruggetrokken.²⁸ Er werd echter niet getwijfeld aan de veiligheid van de studie en de betrouwbaarheid van de resultaten en de conclusies. Daarnaast toonden ook andere studies aan dat provitamine A uit Gouden Rijst efficiënt opgenomen wordt via de spijsvertering.²⁹⁻³¹

Hoewel de voedingsstudies bemoedigend zijn, moet opgemerkt worden dat het gebruik van Gouden Rijst niet de enige en zaligmakende oplossing is voor het probleem van vitamine A-tekort. Een onevenwichtig dieet met de daaruit voortvloeiende tekorten in bepaalde micronutriënten wordt veroorzaakt door economische, sociale en culturele factoren. Inspanningen op vlak van onderwijs, armoedebestrijding, duurzame landbouwontwikkeling en infrastructuurverbetering zijn nodig om ondervoeding de wereld uit te helpen.³² Als deel van een bredere strategie in Aziatische ontwikkelingslanden, kan Gouden Rijst wel een ondersteunende rol vervullen in het verbeteren van de provitamine A-opname.^{33,34}



Figuur 2. Gouden Rijst (links) en gewone rijst (rechts) Deze foto maakt deel uit van de beeldcollectie van het International Rice Research Institute (www.irri.org)

GENEN VOOR PROVITAMINE A PRODUCTIE IN RIJSTKORRELS

Om tot provitamine A-productie in rijstkorrels te komen, zijn er vier stappen nodig. Die vertrekken van het al aanwezige geranylgeranyl difosfaat, een basisgrondstof voor provitamine A. De vier stappen worden uitgevoerd door de enzymen fytoeensynthase, fytoeendesaturase, zètacaroteendesaturase en lycopencyclase.³⁵ De eerste stap inbouwen in rijst verliep relatief eenvoudig. Het gen voor fytoeensynthase werd uit het DNA van de narcis gehaald.²¹ De ggo-rijstplanten die op die manier ontstonden, produceerden voldoende fytoeen voor de volgende stappen in de provitamine A-productie. De volgende stappen waren echter veel problematischer, tot ontdekt werd dat stap twee en drie uitgevoerd konden worden door een desaturase enzym van *Erwinia uredovora*, een bacterie.²² Voor de laatste stap werd in de eerste versie van Gouden Rijst het lycopencyclase van narcis overgebracht op rijst, maar snel bleek dat het enzym al van nature aangemaakt werd in de rijstkorrel en dat twee genen (synthase en desaturase) voldoende waren om provitamine A te produceren in rijstkorrels.^{22,36} De verbeterde, tweede versie, die in 2005 werd ontwikkeld, bevatte het fytoeensynthase van maïs en het desaturase van *Erwinia uredovora*.²³

	GEWONE RIJST	GOUDEN RIJST VERSIE 1	GOUDEN RIJST VERSIE 2
STAP 1: <i>fytoeensynthase</i>	niet actief in witte rijstkorrels	fytoeensynthase van narcis	fytoeensynthase van maïs
STAP 2: <i>fytoeendesaturase</i>		desaturase uit bacterie voert beide stappen uit	desaturase uit bacterie voert beide stappen uit
STAP 3: <i>zètacaroteendesaturase</i>			
STAP 4: <i>lycopeencyclase</i>		lycopeencyclase van narcis	

Vereenvoudigd overzicht van de provitamine A-productieweg in Gouden Rijst. De stappen in het kader werden toegevoegd door genetische modificatie.

Inkruisen in lokale rijstvariëteiten

Gouden Rijst is bedoeld voor de bevolking in ontwikkelingslanden waar rijst het basisvoedsel is, hoofdzakelijk in Zuid- en Zuidoost-Azië. In de Filipijnen treft vitamine A-tekort ongeveer 4,4 miljoen kinderen met een leeftijd tussen zes maand en vijf jaar. Dat komt neer op 40% van de kinderen in deze leeftijdsgroep. Een op de tien zwangere Filipijnse vrouwen heeft last van vitamine A-tekort.³⁷ In 2001 brachten de Gouden Rijst-ontwikkelaars zaden naar het International Rice Research Institute (IRRI) in de Filipijnen. De onderzoekers van IRRI namen de taak op om de provitamine A-eigenschap in te kruisen in lokale Filipijnse rijstrassen.¹⁹

Het inkruisen in lokale gewasvariëteiten is een belangrijke stap in het proces bij het ontwikkelen en op de markt brengen van een ggo-gewas. Het introduceren van de gewenste eigenschap – en dus het maken van de ggo-plant – is slechts het begin. Daarna volgt er nog veel klassiek veredelingswerk waarmee de ggo-eigenschap in verschillende rijstrassen wordt geïntroduceerd, aangepast aan de lokale noden en teelt- en klimatologische omstandigheden. Het zou weinig steek houden om slechts één Gouden Rijst-ras op de markt te brengen. Het is belangrijk dat er voldoende gewasdiversiteit blijft en dat rassen aangepast zijn aan culturele tradities en geschikt

zijn voor de lokale teeltomstandigheden. De Gouden Rijst-eigenschap wordt dus in zoveel mogelijk rassen gekruist. Eenmaal op de markt zal het klassieke veredelingswerk doorgaan en zullen er nieuwe, aanvullende rassen met de extra eigenschap continu toegevoegd kunnen worden.

Een dergelijk initiatief werd ook ondernomen voor rijstrassen uit India, Vietnam en Bangladesh.¹⁹ In Bangladesh wordt één op de vijf kinderen tussen zes maand en vijf jaar getroffen door een vitamine A-tekort. Van de naar schatting 190 miljoen kinderen die wereldwijd lijden aan een vitamine A-tekort, leven er 78 miljoen in India.³⁷



Veldproeven

De Gouden Rijst-rassen worden getest in serres en op proefvelden. In 2004 en 2005 vonden de eerste veldproeven met Gouden Rijst plaats in Louisiana in de Verenigde Staten.^{38,39} Op een proefveld groeien Gouden Rijst-rassen naast vergelijkbare, niet-ggo-rijstplanten. Op deze manier kunnen de landbouwkundige eigenschappen, zoals opbrengst, zaadkwaliteit en



Figuur 3. Veldproef met Gouden Rijst door IRRI in 2010. Deze foto maakt deel uit van de beeldcollectie van het International Rice Research Institute (www.irri.org)

planthoogte, van de rijstvariëteiten onderzocht en vergeleken worden. Die eigenschappen in kaart brengen is belangrijk: voor de landbouwer telt immers niet enkel de voedingswaarde, maar ook de prestaties – dus zijn winst – op het veld. Verder wordt onderzocht of de teelt van Gouden Rijst effecten heeft op het milieu. Men verwacht niet dat de provitamine A-eigenschap de milieu-impact van rijstteelt zal beïnvloeden, aangezien het een eigenschap is die alom tegenwoordig is in de natuur en geen selectief voordeel voor wilde kruisbare planten met zich meebrengt. Toch vereist de regelgeving inzake ggo's uitgebreide milieurisicoanalyses vooraleer een ggo-gewas op commerciële wijze geteeld mag worden (zie VIB achtergrondossier 'Effect van genetisch gewijzigde gewassen op het milieu').⁴⁰

In 2008 startte IRRI een veldproef met verschillende Gouden Rijst-variëteiten in Los Baños, Filipijnen. Uitgebreide veldproeven op verschillende locaties op de Filipijnen werden vijf jaren later uitgevoerd door IRRI samen met het Philippine Rice Institute.⁴¹ De gegevens die op deze manier verkregen worden, zijn nodig om teelttoelating aan te vragen in het land. In 2015 werden veldproeven opgestart in Bangladesh.⁴²

Onderzoek naar de mogelijke impact van Gouden Rijst

Er werden studies uitgevoerd om na te gaan wat Gouden Rijst kan betekenen voor India en de Filipijnen. In India zou het vitamine A-tekort met 60% kunnen dalen, mocht Gouden Rijst algemeen geteeld en gegeten worden. Dat zou leiden tot 40.000 minder doden per jaar.^{37,43} Bij een beperkte teelt zouden nog steeds duizenden levens per jaar gered kunnen worden. Aangezien vitamine A-tekort verband houdt met armoede, zijn de verwachte positieve effecten van Gouden Rijst het grootst bij kansarme gezinnen. Deze gezinnen wonen doorgaans zeer afgelegen, waardoor de mogelijkheden beperkt zijn om vitamine A-supplementen te pakken te krijgen. Bovendien zou Gouden Rijst een veel kostenefficiëntere manier zijn om het gezondheidsprobleem van vitamine A-tekort aan te pakken. De kosten om de ggo-rijst bij de mensen te krijgen die het nodig hebben, liggen veel lager dan die van andere initiatieven. Zelfs in het meest pessimistische scenario bedraagt de kost van het gebruik van Gouden Rijst een tiende van wat supplementen kosten aan de maatschappij.⁴³

Naast de directe effecten op de volksgezondheid is er aan het verhaal van de Gouden Rijst ook een economisch aspect. De gezondheidsproblemen die veroorzaakt worden door een vitamine A-tekort, wegen op de economie. Door blindheid en ziekte kan een deel van de bevolking niet actief deelnemen aan de maatschappij. Als Gouden Rijst de gezondheid van deze mensen kan verbeteren, wordt verwacht dat de werkzaamheidsgraad en de welvaart van het land gaat stijgen. In China bijvoorbeeld zou het nationaal inkomen door de teelt van Gouden Rijst stijgen met naar schatting 2%.⁴⁴



3 Van proefveld tot bord

In ontwikkelingslanden maakt men veel gebruik van lokale gewassen die eigendom zijn van de gemeenschap. Dit zijn gewassen waarvoor geen innovatieve technologie nodig was om ze te ontwikkelen en zaden die van generatie op generatie worden overgedragen, waardoor bescherming door intellectueel eigendomsrecht niet aan de orde is. De uitvinders van Gouden Rijst wilden dat dit hetzelfde zou zijn voor Gouden Rijst: intellectuele eigendomsrechten, zoals patenten, zullen het gebruik van Gouden Rijst niet beperken in ontwikkelingslanden.

Een web van patenten

Het ontwikkelen van een ggo-gewas is één zaak. Maar de technologie naar het veld brengen waar de mensen het nodig hebben, is een niet te onderschatten taak. Een taak waar trouwens weinig wetenschappers kaas van hebben gegeten. Eén aspect is het omgaan met technologie die beschermd is door een patent (zie kaderstuk 'Wat is een patent?'). Om Gouden Rijst te ontwikkelen, hadden de onderzoekers producten en technologie gebruikt die door anderen met patenten beschermd waren. Afhankelijk van het land was de Gouden Rijst hierdoor onrechtstreeks beschermd door tot wel zeventig verschillende patenten.⁴⁵ De wetenschappers hadden hier initieel niet bij stilgestaan, omdat in de meeste gevallen gepatenteerde technologieën vrij gebruikt mogen worden voor onderzoeksdoeleinden. Met andere woorden: het onderzoekswerk dat leidde tot de ontwikkeling van de Gouden Rijst, kon worden uitgevoerd zonder patentinbreuk te plegen. Dat vrij gebruik van technologie houdt echter op wanneer er plannen zijn om het gewas – hier dus Gouden Rijst – ter beschikking te stellen van rijsttelers. De Gouden Rijst kon dus niet zomaar op de markt worden gebracht zonder toelating van de patenthouders, aangezien het deels intellectueel eigendom van andere spelers was. Het risico bestond dat de patenthouders kosten zouden innen op het gebruik van Gouden Rijst of zelfs het gebruik zouden verbieden. Dit zou de toegang tot zaaigoed voor kleine boeren ernstig beperken of onmogelijk maken. Omdat de ontdekkers de ggo-rijst zonder meerkost bij de mensen wilden krijgen die het nodig hebben, namen ze een patent op de Gouden Rijst-technologie. Deze paradox laat de andere kant van de patentmedaille zien: door intellectueel eigenaar te worden van een uitvinding, heeft men een wisselmunt in hand tijdens onderhandelingen.

Om wegwijs te raken in het kluwen van patenten achter Gouden Rijst en om de wettelijke kant van het Gouden Rijst-verhaal tot een goed einde te brengen, hadden de wetenschappers hulp nodig. Die hulp vonden ze bij de industrie, meer bepaald bij Syngenta⁴⁶ Dat is een Zwitsers bedrijf gespecialiseerd in gewasbeschermingsmiddelen en zaadveredeling. Deze publiek-private samenwerking slaagde erin om het patentprobleem op te lossen en toestemming te krijgen van alle indirect betrokken patenthouders om zonder compensatie Gouden Rijst op de markt te brengen. De wetenschappers hebben met ander woorden gratis licenties verkregen op alle beschermde onderdelen van het productieproces van Gouden Rijst. Syngenta stelde voor dat in ruil voor de commerciële rechten de Gouden Rijst-technologie zonder meerkost aan landbouwers in ontwikkelingslanden gegeven kan worden, als het bestemd is voor humanitaire doeleinden. Dat was enkel mogelijk omdat de onderzoekers een patent op de Gouden Rijst hadden genomen. Bovendien werden bijkomende beperkingen afgesproken: de Gouden Rijst-eigenschap mag enkel binnengebracht worden in rassen die publiek beschikbaar zijn, de prijs van Gouden Rijstzaad mag niet hoger zijn dan bij niet-ggo-rijst en de rijstteler wordt eigenaar van de zaden.⁴⁷ Zo kunnen landbouwers zelf geoogst zaad gebruiken als zaaizaad voor het volgende seizoen. Deze voorwaarden werden vastgelegd voor alle ontwikkelingslanden op de lijst van het FAO (de voedsel- en landbouworganisatie van de Verenigde Naties) en India en voor landbouwers die minder dan 10.000 US dollar per jaar verdienen met hun landbouwpraktijken.⁴⁷ In 2004 verklaarde Syngenta evenwel geen interesse te hebben om Gouden Rijst op commerciële schaal te ontwikkelen, maar ondersteuning te blijven bieden aan de humanitaire doelstellingen.⁴⁸

WAT IS EEN PATENT?

Een patent is een vorm van intellectueel eigendom. Iemand die een bepaalde innovatieve methode, technologie of product ontwikkelt, kan een intellectueel eigendomsrecht aanvragen op de uitvinding. Bij sommige intellectuele eigendomsrechten, zoals auteursrechten op een boek of een cd, gebeurt dat automatisch. Om een patent te verkrijgen, moet de ontwikkelaar of uitvinder een aanvraag indienen bij de bevoegde instanties en haarfijn uitleggen welke uitvinding hij/zij gedaan heeft.

Indien het patent wordt toegekend – en dat gebeurt alleen als de uitvinding nieuw, innovatief en industrieel toepasbaar is – krijgt de uitvinder het recht andere partijen te verbieden om het product na te maken, te gebruiken, te importeren, te verkopen of het te koop aan te bieden. Wie intellectuele eigendomsrechten over een uitvinding heeft, bezit het product dus niet in materiële zin. Deze rechten hebben voornamelijk tot doel om de uitvinder de mogelijkheid te bieden zijn investeringskosten terug te verdienen. Wanneer iemand voor commerciële doeleinden een beschermde technologie of een beschermd product wil gebruiken, kan hij/zij met de patenthouder een overeenkomst sluiten en zo een licentie verkrijgen, waarbij het product, de technologie of een deel van de technologie toch gebruikt mag worden in ruil voor een (financiële) compensatie.

Deze bescherming geldt enkel in de landen waar het patent is toegekend en duurt doorgaans twintig jaar. Als de intellectuele eigendomsbescherming niet zou bestaan, zou iedereen de uitvinding kunnen kopiëren en commercialiseren, zonder ook maar enige investering in de ontwikkeling ervan te hebben gestopt. De bescherming door patenten stimuleert bedrijven om te blijven investeren in het zoeken naar nieuwe oplossingen en het ontwikkelen van nieuwe producten.

Weinig mensen zijn op de hoogte dat ook veredelaars van niet-ggo gewassen hun planten beschermen. Ze doen dit door het aanvragen van patenten of kwekersrecht. Beide vormen van intellectuele eigendom hebben veel gemeen (zie VIB achtergrondossier 'Een schimmelresistente aardappel voor België'⁴⁹). Net zoals een patent, geeft het kwekersrecht een veredelaar de commerciële rechten op het nieuw ontwikkelde ras waardoor hij/zij concurrenten kan verhinderen om deze plant zonder toelating (lees: zonder een financiële return) op de markt te brengen. Het grote verschil met patenten is dat kwekersrecht kwekers en veredelaars onbezoldigd en zonder voorafgaande toestemming toelaat om elkaars rassen te gebruiken om nieuwe kruisingen te maken. Ondanks het verkrijgen van commerciële rechten op nieuw ontwikkelde producten of technologie belangrijk is om innovatie te stimuleren, blijft het nemen van intellectuele eigendom op nieuw ontwikkelde voedingsgewassen een moeilijke discussie. Een goed evenwicht is nodig: bedrijven moeten gestimuleerd worden om nieuwe investeringen te doen, maar het recht op voeding mag in geen enkel geval in het gedrang komen.



Golden Rice Humanitarian Board

Door de samenwerking tussen publieke sector en industrie, kon het Gouden Rijst-project ook voordeel halen uit de ervaring in productontwikkeling van de industriële partner. Om het project te professionaliseren, werd een humanitaire organisatie opgericht, de 'Golden Rice Humanitarian Board'.³⁵ Deze organisatie bouwde een netwerk uit van publieke rijstonderzoeksinstituten in Azië, waaronder het IRRI. Ook publieke instellingen in de Filipijnen, India, Bangladesh, Indonesië, Vietnam en China ontwikkelen Gouden Rijst-variëteiten door provitamine A-productie in te kruisen in lokale rijstrassen. Die onderzoeksinstituten duwen mee aan de kar om Gouden Rijst ter beschikking te stellen van de plaatselijke bevolking.

Nog niet op de markt

Anno 2016 wordt Gouden Rijst nog steeds niet commercieel geteeld. De veldproeven op de Filipijnen met verschillende Gouden Rijst-rassen (zie pagina 13) toonden nochtans aan dat de rijstkorrels voldoende provitamine A bevatten en dat de zaadkwaliteit even goed is als de conventionele variëteiten. Toch werd afgezien van het plan om deze rassen op de markt te brengen. De geteste rassen die allemaal gebaseerd waren op dezelfde versie van Gouden Rijst, vertoonden immers een lagere opbrengst in vergelijking met conventionele rijst.^{35,48,50} Dit werd pas duidelijk toen het gewas werd blootgesteld aan wind en regen in open proefvelden. Om dit verhelpen, werden in 2014 nieuwe veredelingsprogramma's opgestart die een nieuwe Gouden Rijst-versie op het oog hebben met een opbrengst die minstens even goed is als de populaire rijstrassen.⁴² Het is namelijk zo dat wanneer een ggo-gewas wordt

gemaakt, er niet één, maar een aantal verschillende versies wordt gemaakt. Die versies verschillen van elkaar in de plaats waar de extra genen in het genetisch materiaal van de plant zijn terecht gekomen. Die plaats kan soms reeds bestaande eigenschappen van de plant beïnvloeden. De in eerste instantie gekozen versie bleek dus niet optimaal te presteren in termen van opbrengst, waardoor er noodgedwongen moest worden uitgeweken naar een andere versie. Dit heeft tot een aantal jaren vertraging geleid in de ontwikkeling van de Gouden Rijst-rassen.

Naast deze tegenslag, vormt de markttoelatingsregelgeving een enorme drempel voor Gouden Rijst. Die regelgeving is heel strikt voor ggo-gewassen en vereist een enorme hoeveelheid analyses en toetsing van risico's vooraleer een ggo toegelaten wordt op de markt.⁵¹ Door deze regelgeving is de ontwikkeling van een gewas via ggo-technologie erg duur en tijdrovend in vergelijking met voedingsgewassen die ontwikkeld werden via andere veredelingsmethoden. De grondige analyse van veiligheid en werkzaamheid van de nieuwe Gouden Rijst-rassen is nog steeds aan de gang. Het moment waarop Gouden Rijst bij de boeren terecht zal komen, hangt erg af van de regelgevingssituatie in elk land. De veiligheidswetgeving die bepaalt welke testen precies nodig zijn vooraleer een ggo-gewas toegelaten wordt op de markt, kan namelijk van land tot land verschillen. Ondanks alle hindernissen, lijkt het realistisch dat de lokale Filipijnse bevolking vóór 2020 toegang zal krijgen tot Gouden Rijst.⁵² Ook Bangladesh maakt van de teelttoelating een topprioriteit.



GMO

4 Rijst in het oog van de storm

Ondanks de succesvolle voedingsstudies met Gouden Rijst blijven anti-ggo-groepen zich verzetten tegen deze humanitaire ggo-oplossing. Het debat over Gouden Rijst piekte in 2013 toen een proefveld in de Filipijnen werd aangevallen en vernietigd door actievoerders. De wetenschappelijke wereld veroordeelde deze actie streng in een brief ondertekend door meer dan 6.700 wetenschappers.⁵³ Veel van de bezorgdheden van de tegenstanders van Gouden Rijst bestaan al lang en gaan veel breder dan louter Gouden Rijst.

Het ggo-debat

Dat er debat wordt gevoerd over nieuwe technologie en de effecten daarvan is begrijpelijk. Dit hoeft echter geen ja/nee-discussie te zijn. De ggo-technologie is geen mirakeloplossing. Het is slechts een van de technieken die we ter beschikking hebben om de eigenschappen van landbouwgewassen aan te passen aan onze noden en om de duurzaamheid van de landbouw te bevorderen.

Ggo-gewassen worden geassocieerd met groot-schalige landbouw, maar worden evengoed kleinschalig gebruikt: 90% van de boeren die ggo-gewassen telen, werken kleinschalig.⁵⁴ Vaak worden ggo-gewassen voorgesteld als eigendom van machtige zaadmultipationalen, terwijl ggo's ontwikkeld door onafhankelijke onderzoeksinstellingen - zonder industriële inmenging - nauwelijks de media halen. Een voorbeeld daarvan is de ggo-papaja die resistent is tegen het ringspotvirus en ingezet werd om de papajateelt in Hawaï te redden (zie VIB-achtergrondossier 'Virus-resistente papaja in Hawaï').⁵⁵ Daarnaast werken Engelse academische wetenschappers aan een ggo-tarwe die vriesweer overleeft om een antwoord te bieden op langdurige vorstperiodes die de oogst bedreigen.^{56,57} Een ander voorbeeld is het BintjePLUS-project, een initiatief van UGent, VIB en het Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO) (zie VIB achtergrond-dossier 'Een schimmelresistente aardappel voor België'⁴⁹). Het doel van dit project is de ontwikkeling van een bintje-aardappel die resistent is tegen de aardappelziekte. Deze ziekte wordt veroorzaakt door een schimmelachtig organisme en wordt momenteel bestreden met grote hoeveelheden pesticiden. Met genetische modificatie wordt een viertal natuurlijke resistentiegenen afkomstig uit

wilde aardappelrassen ingebouwd, waardoor het BintjePLUS-ras een brede en langdurige bescherming zal hebben tegen de aardappelziekte. Hierdoor zal naar verwachting het pesticidegebruik in de teelt van een dergelijke aardappel 80% lager liggen dan dat van het huidige bintje.

De veiligheid van ggo-gewassen wordt door tegenstanders ook vaak ter discussie gesteld. Het sleutelen aan planten-DNA wordt door sommigen gevoelsmatig als onnatuurlijk en onveilig aanzien. Meer inzicht in plantenveredeling kan dit beeld bijstellen (zie VIB-achtergrondossier 'Van plant tot gewas: Het verleden, heden en de toekomst van plantenveredeling').²⁴ We grijpen immers al duizenden jaren in op de genetische opbouw van onze landbouwgewassen. Tijdens klassieke veredeling treden drastische DNA-herschikkingen op waardoor we nieuwe plantenrassen verkrijgen. Een andere frequent toegepaste techniek is mutatieveredeling: zaden worden blootgesteld aan chemicaliën of straling om willekeurige veranderingen (mutaties) in het DNA te veroorzaken. Meer dan 3.200 gewasvariëteiten die vandaag geconsumeerd worden, zijn het resultaat van dergelijke mutatieprocessen.⁵⁸ In tegenstelling tot de producten van klassieke en mutatieveredeling, worden ggo-gewassen uitvoerig getoetst op risico's voor mens en milieu alvorens ze op de markt komen. In de VIB achtergrond dossiers 'Voedselveiligheid van genetisch gewijzigde gewassen' en 'Effect van genetisch gewijzigde gewassen op het milieu' komen deze risicoanalyses uitgebreid aan bod.^{40,59}

Ondanks het feit dat ggo-gewassen soms in verband worden gebracht met pesticiden, hebben insect-resistente ggo's juist minder chemische gewasbeschermingsmiddelen nodig. Insect-resistente gewassen zijn planten die genetisch zijn aangepast om een insecticide (vaak Bt-toxines) te

produceren. Dat insecticide is giftig voor de belangrijkste plaagsoorten van het gewas. Dankzij de insect-resistentie wordt bespaard op insecticiden: een economisch voordeel voor de landbouwer en een ecologisch voordeel voor het milieu. De teelt van insect-resistent ggo-katoen spaart bijvoorbeeld jaarlijks miljoenen kilogram insecticiden uit.⁶⁰ Een recente studie verzamelde gegevens over pesticidengebruik in Amerikaanse boerderijen gedurende 14 jaar en toonde aan dat de teelt van insect-resistent maïs het gebruik van insecticiden met 11% doet dalen.⁶¹ Ook het BintjePLUS project (zie pagina 20) illustreert hoe biotechnologie in grote mate kan bijdragen tot landbouw met minder pesticiden en meer gericht op biologische pestcontrole.

Ggo-gewassen kunnen de boeren en consumenten voordelen brengen, maar kunnen niet alle problemen oplossen waarmee moderne landbouw kampt. Ggo-technologie is slechts een van de beschikbare technologieën die kan helpen om mensen te voeden op een duurzame manier. Onlangs vroegen meer dan 120 Nobelprijslaureaten in een open brief aan Greenpeace, een van de meest invloedrijke tegenstanders van Gouden Rijst, om hun standpunt over ggo-gewassen te herzien.⁶² In het bijzonder riepen ze de milieuorganisatie op om de strijd tegen Gouden Rijst te staken.

BIOTECHNOLOGISCHE KENNIS VERSNELT KLASSIEKE GEWASVEREDELING

De grens tussen klassieke veredeling en moderne biotechnologische technieken vervaagt steeds meer. Inzichten die vergaard worden door biotechnologisch onderzoek dragen reeds ruime tijd bij aan plantenveredeling. Kruisingsprogramma's kunnen veel efficiënter gemaakt worden door de selectie uit te voeren op DNA-niveau in plaats van op uiterlijke gewassenmerken. Vandaag is selectie op genetisch niveau bijna standaard in het veredelingswerk (op basis van DNA-merkers).²⁴

Tien jaar geleden ontdekte een team wetenschappers het gen Sub1, dat ervoor zorgt dat bepaalde rijstvariëteiten overstromingen kunnen overleven. Miljoenen rijstboeren in Zuid- en Zuidoost-Azië verbouwen rijst in overstromingsgevoelige regio's. De meeste rijstvariëteiten sterven na drie dagen overspoeld te zijn, maar planten die het Sub1-gen dragen kunnen twee weken overstroming overleven.⁶³ Het IRRI gebruikte deze DNA merker in kruisingsprogramma's om Sub1-rijstvariëteiten te ontwikkelen die nu al door bijna vijf miljoen boeren geteeld worden.

Bovendien worden steeds nieuwe methoden ontwikkeld, zoals genbewerking met CRISPR/Cas.²⁴ CRISPR/Cas laat toe om doelgericht en subtiel wijzigingen aan te brengen in DNA, en kan dit zonder DNA uit andere plantensoorten in te bouwen. Die wijzigingen in het DNA gebeuren met chirurgische precisie en zijn niet te onderscheiden van spontaan ontstane genetische veranderingen. Hierdoor is het mogelijk dat het finale product niet verschilt van een plant die via klassieke mutatieveredeling is verkregen. Dit heeft als gevolg dat er onduidelijkheid heerst over de eventuele regelgeving rond gewassen ontwikkeld via genbewerking. Wetenschappelijk gezien zou het steek houden deze planten op vlak van risicoanalyse hetzelfde te evalueren als planten verkregen via de klassieke mutatieveredeling.



Figuur 4. Gouden Rijst-planten (veldproef van IRRI in 2010).

Deze foto maakt deel uit van de beeldcollectie van het International Rice Research Institute (www.irri.org)

Weerstand tegen Gouden Rijst

Veel van de vaak gebruikte argumenten in het ggo-debat gelden niet voor Gouden Rijst. Bij het op de markt brengen van Gouden Rijst voor humanitaire doeleinden zijn bijvoorbeeld geen commerciële belangen gemoeid. Die voorwaarden hadden de ontdekkers namelijk gesteld in de overeenkomst met Syngenta. Bovendien heeft het extra gewassenmerk – verrijking met een micronutriënt – geen impact op het milieu. De kans op verspreiding van de Gouden Rijst-geenen naar andere planten vormt evenmin een probleem. Provitamine A-productie is een eigenschap die alom tegenwoordig is in de natuur en geen direct voordeel voor kruisbare soorten oplevert. Bovendien is rijst een zelfbestuiver, wat inhoudt dat de plant doorgaans niet kruist met andere gewassen.

Evenwel blijft de tegenstand groot. Tegenstanders zien Gouden Rijst als propagandamateriaal van multinationals, in lijn met hun kapitalistische belangen. Volgens die redenering zou de introductie van technologieën en gewassen die eigendom zijn van bedrijven in ontwikkelingslanden arme boeren afhankelijk kunnen maken van de westerse industrie. De ontwikkelaars van Gouden Rijst gaan hier stellig tegenin en zien Gouden Rijst als een humanitair project. Gouden Rijst zal aan dezelfde prijs verkocht worden als vergelijkbare niet-ggo-rijst, en de boeren zijn vrij om de geogoste rijst als zaaigoed voor de volgende teelt te gebruiken. Het eventueel op de markt brengen van Gouden Rijst hoeft overigens niet gezien te worden als een precedent voor de introductie van ggo-gewassen in ontwikkelingslanden. Veel



BRUINE RIJST IS ONTOEREIKEND

Bruine rijst eten wordt vaak als een eenvoudige oplossing voorgesteld voor het vitamine A-tekort. Witte rijst verkrijgt je door de buitenste lagen van de rijstkorrel te verwijderen ('polijsten') tot het zetmeelrijke (witte) gedeelte overblijft. De kleine hoeveelheden provitamine A die in deze buitenlagen zitten, gaan op die manier verloren. Maar in tropische en subtropische klimaten is polijsten essentieel om rijst te kunnen bewaren, omdat de olierijke buitenlagen snel bederven. Een dagelijkse portie bruine rijst eten is dus niet haalbaar in gebieden waar rijst moet gepolijst worden voor bewaring. Sowieso bevat bruine rijst in vergelijking met andere granen slechts lage hoeveelheden provitamine A: slechts 0,1 microgram per gram rijst, wat meer dan 300 keer minder is dan in Gouden Rijst.⁶⁵

ontwikkelingslanden planten reeds ggo-gewassen. Maar liefst 20 van de 28 landen die vandaag ggo-gewassen telen, zijn namelijk ontwikkelingslanden.⁵⁴ Een voorbeeld is de commerciële teelt van ggo-aubergines in Bangladesh sinds 2013.⁵⁴

Tegenstanders van Gouden Rijst argumenteren dat ggo-technologie niet de oplossing is en vitamine A-tekort op andere manieren moet aangepakt worden. Ze pleiten voor inzetten op onderwijs en kennis rond voeding, duurzame landbouw en verbeteren van de infrastructuur, zodat meer mensen toegang krijgen tot verschillende groenten en fruit, om ondervoeding de wereld uit te helpen. Deze pistes zijn inderdaad absoluut noodzakelijk, maar voedsel versterkt met voedingsstoffen kan hierbij helpen op een duurzame

manier. Een mooi voorbeeld uit de praktijk is de oranjevezige, provitamine A-rijke, zoete aardappel (zie pagina 7), die al sinds 2002 in Mozambique en in 2007 in Oeganda op de markt is.⁶⁴ De ontwikkeling van Gouden Rijst is vergelijkbaar als aanvulling van het beschikbare voedselaanbod in Azië. Lokale handel kan de rijstkorrels verdelen zodat bevolkingsgroepen met lage inkomens en de plattelandsbevolking bereikt worden, ook de mensen die afgelegen wonen. Door de zaadjes te planten na de oogst, kan Gouden Rijst een goedkope, zelf-vermenigvuldigende bron van vitamine A zijn. Gouden Rijst kan dus gemakkelijk geïntegreerd worden in de bestaande landbouwsystemen en een steentje bijdragen aan het verhelpen van het vitamine A-tekort op een effectieve, goedkope en duurzame manier.

A close-up photograph of a hand holding a bunch of golden rice stalks. The background is a lush green rice field with tall stalks, and the scene is bathed in warm, golden light, suggesting a sunset or sunrise. The hand is positioned in the lower left, holding the rice stalks which hang down towards the center of the frame.

5 Gezondere voeding door verrijking van landbouwgewassen

Oranjevlezige zoete aardappels verhogen de opname van vitamine A in bepaalde Afrikaanse landen, terwijl Gouden Rijst hulp kan bieden in landen waar rijst het basisvoedsel is. Ondertussen worden ook andere voedingsgewassen ontwikkeld die verrijkt zijn met vitamines of mineralen.

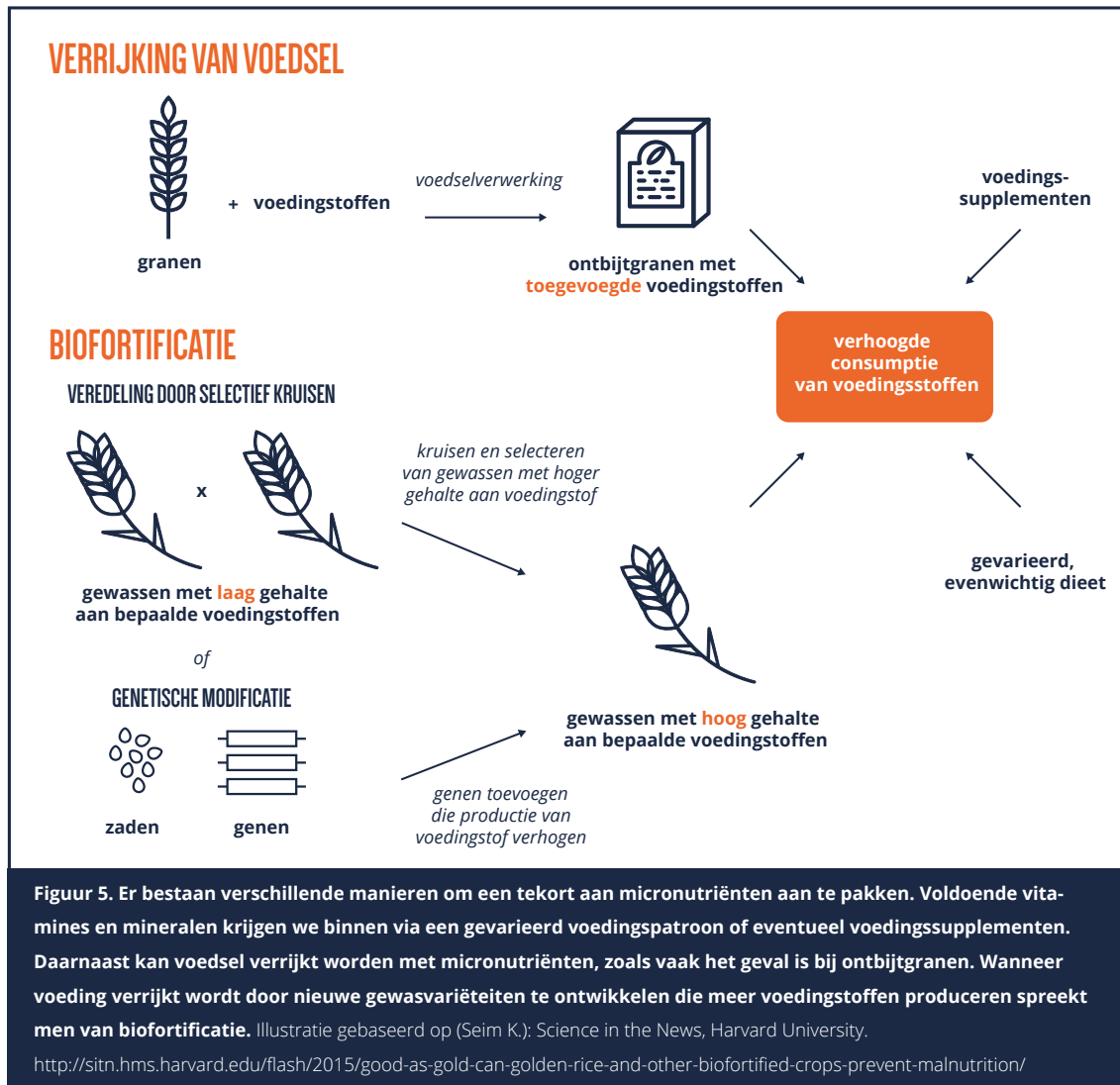


Gouden Rijst en de oranjevlezige zoete aardappel zijn voorbeelden van biofortificatie: het verhogen van het gehalte aan bepaalde stoffen in gewassen, zoals ijzer, zink en vitamines. Via biofortificatie kan de lokale bevolking haar geliefde gewas dus blijven telen, maar dan met een hogere voedingswaarde. Door landbouw en voedselproductie kan men zelfvoorzienend worden en de voedingsproblemen op eigen houtje aanpakken. Dit kan via klassieke veredeling, zoals zoete aardappels, of via genetische modificatie, zoals Gouden Rijst (zie Figuur 5). Via veredeling kon men de hoeveelheid ijzer in Latijns-Amerikaanse bonen bijvoorbeeld optrekken van 50 tot 90 milligram per kilogram.⁶⁶⁻⁶⁸ Veredelingsprogramma's worden ook ingezet om de gehaltes aan provitamine A in maïs en cassave op te krikken, ijzer in parelgierst, en zink in rijst en tarwe.^{64,69} Wanneer het micronutriënt van nature niet

voldoende voorkomt in een bepaald gewas, biedt ggo-technologie uitkomst. Oegandese en Australische wetenschappers werken bijvoorbeeld samen aan een bananenvariëteit die genetisch gewijzigd werd om provitamine A te produceren.⁷⁰ In Oeganda zijn Oost-Afrikaanse hooglandbananen een populaire voedselbron en zouden 'gouden' bananen het vitamine A-tekort kunnen verminderen. Net zoals Gouden Rijst, wordt dit project financieel ondersteund door de Gates Foundation. Het effect van de provitamine A-verrijkte bananen in voeding wordt momenteel getest in de Verenigde Staten.

Ook hoop voor foliumzuur-gebrek

Ook tekorten aan micronutriënten zoals foliumzuur (vitamine B9), ijzer en zink leiden tot problemen. Twintig procent van de Chinese be-



volking heeft een foliumzuurtekort. Tijdens de zwangerschap treden daardoor nefaste effecten op: ieder jaar worden in China 18.000 baby's geboren met een afwijking aan de ruggengraat – spina bifida, in de volksmond gekend als een open ruggetje. Ook hier reikt biotechnologie een oplossing aan. Twee genen die betrokken zijn bij de foliumzuurproductie werden toegevoegd aan het DNA van rijst. Het resultaat is dat de ggo-rijst tot honderd keer meer foliumzuur produceert in vergelijking met de niet-ggo-rijst. Rekening houdend met afbraak door het kookproces en de opneembaarheid door het lichaam, zou een por-

tie van naar schatting 100 gram foliumzuur-producerende ggo-rijst moeten voldoen aan onze dagelijkse behoefte aan foliumzuur.⁷¹

Een louter technologische oplossing zal nooit zaligmakend zijn, maar gewassen – al dan niet ontwikkeld met ggo-technologie – waarin een bepaalde belangrijke voedingsstof in grotere mate beschikbaar is, kunnen deel uitmaken van een meer alomvattende oplossing. Ze kunnen immers een levensreddende bijdrage leveren aan de gezondheidsproblemen die voortvloeien uit een ontoereikend dieet.

6 Besluit

Rijst is het basisvoedsel van meer dan de helft van de wereldbevolking. Rijstkorrels zijn rijk aan koolhydraten en vormen een goede energiebron, maar ontbreken veel essentiële voedingsstoffen, zoals vitamines en mineralen. Bij mensen die dagelijks nauwelijks meer eten dan een portie rijst, kunnen die tekorten leiden tot ernstige gezondheidsproblemen.

Het aanpakken van armoede, tekort aan infrastructuur en gebrek aan educatie zijn de grootste uitdagingen. Op weg naar deze doelen, kan het verrijken van de basisvoedingsgewassen in ontwikkelingslanden een duurzame manier zijn om extra voedingsstoffen toe te voegen aan het dieet. De ontwikkeling van Gouden Rijst is hier het eerste voorbeeld van. Deze rijst bevat provitamine A, een stof die in het lichaam omgezet wordt naar vitamine A.

Gouden Rijst heeft dus veel potentieel om vitamine A-tekort in ontwikkelingslanden te helpen bestrijden. De plant heeft al een lange weg afgelegd en intussen bestaan er al verschillende variëteiten van. De testen op proefvelden en analyses vergen echter de nodige tijd, en de regelgeving op het vlak van ggo-gewassen is streng. Bovendien kampt Gouden Rijst ook met tegenstand die vooral ontstaat uit misverstanden. Door al die factoren is Gouden Rijst nog steeds niet op de markt.

7 Referenties

- 1 WHO. Children: reducing mortality. Fact sheet. (2015).
- 2 WHO. Severe malnutrition. Report of a consultation to review current literature, 6-7 September 2004. (2005).
- 3 Bouis, H. E. & Islam, Y. in *Reshaping Agriculture for Nutrition and Health* (ed Shenggen Fan and Rajul Pandya-Lorch) (International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2012).
- 4 Welch, R. M. & Graham, R. D. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *J Exp Bot* 55, 353-364, (2004).
- 5 Yeum, K. J. & Russell, R. M. Carotenoid bioavailability and bioconversion. *Annu Rev Nutr* 22, 483-504, (2002).
- 6 Black, R. E. *et al.* Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *Lancet* 382, 427-451, (2013).
- 7 Stevens, G. A. *et al.* Trends and mortality effects of vitamin A deficiency in children in 138 low-income and middle-income countries between 1991 and 2013: a pooled analysis of population-based surveys. *The Lancet. Global health* 3, e528-536, (2015).
- 8 Lim, S. S. *et al.* A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 380, 2224-2260, (2012).
- 9 Micronutrient Initiative - Why Vitamin A. Geraadpleegd via <http://www.micronutrient.org/what-we-do/by-micronutrient/micronutrientvitamin-a/>.
- 10 Darnton-Hill, I. & Nalubola, R. Fortification strategies to meet micronutrient needs: successes and failures. *P Nutr Soc* 61, 231-241, (2002).
- 11 Mason, J., Greiner, T., Shrimpton, R., Sanders, D. & Yukich, J. Vitamin A policies need rethinking. *International journal of epidemiology* 44, 283-292, (2015).
- 12 Benn, C. S. *et al.* An enigma: why vitamin A supplementation does not always reduce mortality even though vitamin A deficiency is associated with increased mortality. *International journal of epidemiology* 44, 906-918, (2015).
- 13 Fisker, A. B. *et al.* High-dose vitamin A with vaccination after 6 months of age: a randomized trial. *Pediatrics* 134, e739-748, (2014).
- 14 Ruel, M. T., Alderman, H., Maternal & Child Nutrition Study, G. Nutrition-sensitive interventions and programmes: how can they help to accelerate progress in improving maternal and child nutrition? *Lancet* 382, 536-551, (2013).
- 15 Jones, K. M. & de Brauw, A. Using Agriculture to Improve Child Health: Promoting Orange Sweet Potatoes Reduces Diarrhea. *World Dev* 74, 15-24, (2015).
- 16 Hotz, C. *et al.* A large-scale intervention to introduce orange sweet potato in rural Mozambique increases vitamin A intakes among children and women. *The British journal of nutrition* 108, 163-176, (2012).
- 17 Hotz, C. *et al.* Introduction of beta-carotene-rich orange sweet potato in rural Uganda resulted in increased vitamin A intakes among children and women and improved vitamin A status among children. *The Journal of nutrition* 142, 1871-1880, (2012).
- 18 World Food Prize press release. Biofortification Pioneers Win 2016 World Food Prize For Fight Against Malnutrition. (2016).
- 19 Beyer, P. Golden Rice and 'Golden' crops for human nutrition. *New biotechnology* 27, 478-481, (2010).
- 20 WHO. Guideline: Vitamin A supplementation in infants and children 6-59 months of age. (2011).
- 21 Burkhardt, P. K. *et al.* Transgenic rice (*Oryza sativa*) endosperm expressing daffodil (*Narcissus pseudonarcissus*) phytoene synthase accumulates phytoene, a key intermediate of provitamin A biosynthesis. *The Plant journal: for cell and molecular biology* 11, 1071-1078, (1997).
- 22 Ye, X. *et al.* Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287, 303-305, (2000).
- 23 Paine, J. A. *et al.* Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nature biotechnology* 23, 482-487, (2005).
- 24 VIB Achtergrondossier 'Van plant tot gewas: Het verleden, heden en de toekomst van plantenveredeling'. (2016).
- 25 Zaenen, I., Van Larebeke, N., Van Montagu, M. & Schell, J. Supercoiled circular DNA in crown-gall inducing *Agrobacterium* strains. *Journal of molecular biology* 86, 109-127, (1974).
- 26 Tang, G. *et al.* beta-Carotene in Golden Rice is as good as beta-carotene in oil at providing vitamin A to children. *The American journal of clinical nutrition* 96, 658-664, (2012).
- 27 IRRI. Word rice statistics online query facility. (2013).
- 28 Retraction of Tang G, Hu Y, Yin S-a, Wang Y, Dallal GE, Grusak MA, and Russell RM. beta-Carotene in Golden Rice is as good as beta-carotene in oil at providing vitamin A to children. *Am J Clin Nutr* 2012;96:658-64. *The American journal of clinical nutrition* 102, 715, (2015).
- 29 Tang, G. Bioconversion of dietary provitamin A carotenoids to vitamin A in humans. *The American journal of clinical nutrition* 91, 1468S-1473S, (2010).
- 30 Tang, G., Qin, J., Dolnikowski, G. G., Russell, R. M. & Grusak, M. A. Golden Rice is an effective source of vitamin A. *The American journal of clinical nutrition* 89, 1776-1783, (2009).
- 31 Van Loo-Bouwman, C. A., Naber, T. H. J. & Schaafsma, G. A review of vitamin A equivalency of beta-carotene in various food matrices for human consumption. *Brit J Nutr* 111, 2153-2166, (2014).
- 32 Hawkes, C., Haddad, L., Udomkesmalee, E. & Co-Chairs of the Independent Expert Group. The Global Nutrition Report 2015: what we need to do to advance progress in addressing malnutrition in all its forms. *Public health nutrition* 18, 3067-3069, (2015).
- 33 Dubock, A. in *Achieving sustainable cultivation of rice Volume 1: breeding for higher quality* (ed T. Sasaki) (Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Cambridge, United Kingdom 2016).

- 34 Haskell, M. J. The challenge to reach nutritional adequacy for vitamin A: beta-carotene bioavailability and conversion--evidence in humans. *The American journal of clinical nutrition* 96, 1193S-1203S, (2012).
- 35 Potrykus, I. From the concept of totipotency to biofortified cereals. *Annual review of plant biology* 66, 1-22, (2015).
- 36 Beyer, P. *et al.* Golden Rice: introducing the beta-carotene biosynthesis pathway into rice endosperm by genetic engineering to defeat vitamin A deficiency. *The Journal of nutrition* 132, 506S-510S, (2002).
- 37 WHO. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995-2005. *WHO Global Database on Vitamin A Deficiency*, (2009).
- 38 LSU AgCenter News Release. 'Golden Rice' Could Help Malnutrition. (2004).
- 39 Datta, S. K. *et al.* Golden rice: introgression, breeding, and field evaluation. *Euphytica* 154, 271-278, (2007).
- 40 VIB Achtergrond dossier 'Het effect van genetisch gewijzigde gewassen op het milieu'. (2016).
- 41 IRRI. Multi-location field trials of Golden Rice. (2012).
- 42 IRRI. What is the status of the Golden Rice project coordinated by IRRI?., (2014).
- 43 Stein, A. J., Sachdev, H. P. S. & Qaim, M. Genetic engineering for the poor: Golden Rice and public health in India. *World Dev* 36, 144-158, (2008).
- 44 Anderson, K., Jackson, L. A. & Nielsen, C. P. Genetically modified rice adoption: implications for welfare and poverty alleviation. *Journal of Economic Integration* 20, 771-788, (2005).
- 45 Kryder, D., Kowalski, S. P. & Krattiger, A. F. The Intellectual and Technical Property Components of pro-Vitamin A Rice (Golden Rice™): A Preliminary Freedom-to-Operate Review. *ISAAA Briefs No 20*. ISAAA: Ithaca, NY. 56 p., (2000).
- 46 Potrykus, I. Unjustified regulation prevents use of GMO technology for public good. *Trends in biotechnology* 31, 131-133, (2013).
- 47 Golden Rice and Intellectual Property: Public-Private Partnership and Humanitarian Use. Geraadpleegd via http://www.goldenrice.org/Content1-Who/who4_IP.php.
- 48 Dubock, A. The present status of Golden Rice. *Journal of Huazhong Agricultural University* Vol. 33 69-84, (2014).
- 49 VIB Achtergrond dossier 'Een schimmelresistente aardappel voor België'. (2015).
- 50 Stone, G. D. & Glover, D. Disembedding grain: Golden Rice, the Green Revolution, and heirloom seeds in the Philippines. *Agriculture and Human Values*, 1-16, (2016).
- 51 Potrykus, I. Lessons from the 'Humanitarian Golden Rice' project: regulation prevents development of public good genetically engineered crop products. *New biotechnology* 27, 466-472, (2010).
- 52 James, C. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013. ISAAA Brief No. 46. ISAAA: Ithaca, NY. (2013).
- 53 Alberts, B. *et al.* Standing Up for GMOs. *Science* 341, 1320, (2013).
- 54 James, C. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2015. ISAAA Brief No. 51. ISAAA: Ithaca, NY. (2016).
- 55 VIB Achtergrond dossier 'Virus-resistente papaja in Hawai'. (2015).
- 56 Dhillon, T. *et al.* Regulation of freezing tolerance and flowering in temperate cereals: the VRN-1 connection. *Plant physiology* 153, 1846-1858, (2010).
- 57 Zhu, J. *et al.* Copy number and haplotype variation at the VRN-A1 and central FR-A2 loci are associated with frost tolerance in hexaploid wheat. TAG. Theoretical and applied genetics. *Theoretische und angewandte Genetik* 127, 1183-1197, (2014).
- 58 Joined FAO/IAEA Programme - Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Geraadpleegd via <http://www.naweb.iaea.org/nafa/pbg/>.
- 59 VIB Achtergrond dossier 'De voedselveiligheid van genetisch gewijzigde gewassen'. (2016).
- 60 Brookes, G. & Barfoot, P. Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2013: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM crops & food* 6, 103-133, (2015).
- 61 Perry, E. D., Ciliberto, F., Hennessy, D. A. & Moschini, G. Genetically engineered crops and pesticide use in U.S. maize and soybeans. *Science Advances* 2, (2016).
- 62 http://supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter_rjr.html, 2016
- 63 Xu, K. *et al.* Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. *Nature* 442, 705-708, (2006).
- 64 Saltzman, A. *et al.* Biofortification: Progress toward a more nourishing future. *Global Food Security* 2, 9-17, (2013).
- 65 Lamberts, L. & Delcour, J. A. Carotenoids in Raw and Parboiled Brown and Milled Rice. *J Agr Food Chem* 56, 11914-11919, (2008).
- 66 Petry, N., Boy, E., Wirth, J. P. & Hurrell, R. F. Review: The potential of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) as a vehicle for iron biofortification. *Nutrients* 7, 1144-1173, (2015).
- 67 Haas, J. D. *et al.* Consuming Iron Biofortified Beans Increases Iron Status in Rwandan Women after 128 Days in a Randomized Controlled Feeding Trial. *The Journal of nutrition*, (2016).
- 68 Blair, M. W. & Izquierdo, P. Use of the advanced backcross-QTL method to transfer seed mineral accumulation nutrition traits from wild to Andean cultivated common beans. TAG. Theoretical and applied genetics. *Theoretische und angewandte Genetik* 125, 1015-1031, (2012).
- 69 La Frano, M. R., de Moura, F. F., Boy, E., Lonnerdal, B. & Burri, B. J. Bioavailability of iron, zinc, and provitamin A carotenoids in biofortified staple crops. *Nutrition reviews* 72, 289-307, (2014).
- 70 Mlalazi, B. *et al.* Isolation and functional characterisation of banana phytoene synthase genes as potential cisgenes. *Planta* 236, 1585-1598, (2012).
- 71 Storozhenko, S. *et al.* Folate fortification of rice by metabolic engineering. *Nature biotechnology* 25, 1277-1279, (2007).





Basisonderzoek in de levenswetenschappen, dat is de kernactiviteit van VIB. VIB is een onafhankelijke onderzoeksinstituut waar zo'n 1.500 topwetenschappers uit binnen- en buitenland baanbrekend basisonderzoek verrichten. Ze verleggen hiermee de grenzen van onze kennis over de moleculaire mechanismen die het functioneren van het menselijk lichaam, planten en micro-organismen regelen.

Dankzij een nauwe samenwerking met de Vlaamse universiteiten UGent, KU Leuven, UAntwerpen, Vrije Universiteit Brussel en UHasselt, en een stevig investeringsprogramma bundelt VIB de collectieve wetenschappelijke expertise van al zijn onderzoeksgroepen in één instituut. De resultaten van dat onderzoek worden via technologietransfer vertaald naar concrete toepassingen voor de samenleving zoals nieuwe diagnostica, geneesmiddelen, behandelmethoden en landbouwinnovaties. Deze toepassingen worden vaak ontwikkeld door jonge startbedrijven die ontstaan zijn uit VIB of via een samenwerking met bestaande bedrijven. Op die manier wordt er ook bijkomende tewerkstelling gecreëerd en slaan we de brug tussen onderzoek en ondernemerschap.

VIB neemt ook actief deel aan het publieke debat over biotechnologie door wetenschappelijk onderbouwde informatie te ontwikkelen en te verspreiden.

Meer info op www.vib.be.

VIB

Rijvissechestraat 120
9052 Gent
België
Tel. +32 9 244 66 11
Fax +32 9 244 66 10
info@vib.be
www.vib.be