

Genetische modificatie – toepassingen

Clemens van de Wiel, Jan Schaart & Bert Lotz



Voorbeelden van toepassingen – teelt



Wereldwijde teelt van GM gewassen, vooral Amerika's (meeste ha, vooral maïs & soja) en ZO Azië. In Europa alleen maïs, vooral in Spanje, en verder Portugal, Tsjechië en Slowakije.

Herbicidetolerantie

- Meest geteelde GM sinds 1996, vooral in VS en Zuid Amerika: tolerantie voor herbicide glyfosaat (Roundup, RR)
- Transgen uit bacterie maakt gewas ongevoelig voor Roundup: Roundup Ready (RR) gewas
- Roundup Ready (RR) in koolzaad, soja, maïs en katoen

Herbicidetolerantie (HT)

- Vergemakelijkt onkruidbestrijding
 - Doordat gewas resistent is, hoeft er niet met hoge precisie of op speciale momenten gespoten te worden
 - Kostenbesparingen door vermindering van arbeid

- Kan behulpzaam zijn bij verminderen van ploegen
 - Vermindering van erosie
 - Andere mogelijke voordelen voor de bodem, zoals meer organische stof

Vermindering erosie: serieus probleem in VS ("dust bowl" uit jaren 1930), maar ook in voorjaar verwaaiende bovengrond die bietenzaai verstoort, of afspoelen van grond op hellingen in Z Limburg.

Herbicidetolerantie (HT)

- Glyfosaat heeft minder negatieve effecten dan veel andere herbiciden
 - Veel discussie in de media over veiligheid voor mens en milieu
 - Door Europese beoordelingsinstantie EFSA recent aangemerkt als veilig te gebruiken in landbouw

EFSA = European Food Safety Authority.

Herbicidetolerantie (HT)

- Verantwoord gebruik van herbicidetolerantie vergt goede landbouwpraktijk (GLP)
 - Afwisselen met andere maatregelen tegen onkruid
 - Vruchtwisseling met andere gewassen, bijv. tarwe (geen HT) en/of groenbemesters,
 - andere herbiciden, er zijn ook GM gewassen voor andere herbiciden ontwikkeld
 - In de VS teveel (continu) gebruik van Roundup
 - Vruchtwisseling van alleen RR soja en RR maïs: enorme toename van glyfosaat-resistente onkruiden

In gangbare gewassen ook toename herbicidengebruik in VS. Afwisselen met andere herbiciden tegen glyfosaat-resistente onkruiden heeft nadeel dat deze een negatiever profiel dan Roundup hebben (en ook daartegen bestaan resistente onkruiden, onkruid resistent tegen herbiciden ook aanwezig in Europa, bijv. in Duist in NL).

Insectenresistentie: Bt

- Geteeld sinds 1996:
 - resistentie tegen de maïsstengelboorder, rups van mot (*Ostrinia nubilalis*),
 - later ook tegen de maïswortelboorder, rups van kever (*Diabrotica virgifera*)
- Transgen geeft een eiwit, Bt, dat giftig is voor bepaalde insecten
 - Bt werd al gebruikt als spuitmiddel
- Bt in maïs, katoen en recent ook in soja, en zelfs in een groente, aubergine (tegen vrucht- & stengelboorder)

 WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

7

Maïswortelboorder wordt af en toe gesignaleerd in NL (meegekomen met transport, vliegtuig), waarna strenge maatregelen ter uitroeiing getroffen worden. Stengelboorder geleidelijk aan het toenemen, vooral in Limburg, waarschijnlijk door warmer wordend klimaat. Bt als spuitmiddel zelfs in biologische landbouw toegelaten (als laatste redmiddel). Bespuiting tegen stengelboorder moeizaam doordat hij een groot deel van de tijd in de plant verborgen zit. Alternatief voor Bt is zaadcoating met insecticide (neonicotinoïden). Neonicotinoïden liggen momenteel onder vuur vanwege effecten op insecten in de natuur, i.h.b. bloembestuiers, zoals bijen. Er is een voorbeeld in ZW Duitsland in 2008 geweest van aantasting van bijen door een ongelukkige samenloop van omstandigheden. Stof met insecticide uit een te makkelijk loslatende zaadcoating met relatief hoog gehalte tegen wortelkever was vrijgekomen en bij het zaaien met pneumatische zaaimachines weggeblazen. De situatie werd verergerd door uitgesteld zaaien door weersomstandigheden, waardoor zaaien samenviel met bloei van koolzaad en fruitbomen in de omgeving waar bijen op afkomen, in combinatie met droog winderig weer waardoor meer stof van de ingezaaide maïsakkers werd weggeblazen (Forster 2009). Daarna zijn voorschriften voor deze toepassing direct verscherpt.

Bt in aubergine (brinjal) ontwikkeld in India, maar daar niet toegelaten wegens maatschappelijk debat, teelt wel opgepakt in naburige Bangladesh.

Insectenresistentie: Bt

- Verbetert oogstzekerheid
 - Vermindert gebruik van chemische insecticiden
 - Verbetering van opbrengst, vooral waardevol in jaren met veel plaaginsecten
 - Kostenbesparingen door vermindering van arbeid

Aanwijzingen dat pestinsectpopulaties afgenomen zijn door grootschalige Bt toepassing, bijv. in VS, waardoor ook gangbare telers een zekere bescherming tegen vraat hebben.

Insectenresistentie: Bt

- Verantwoord gebruik van insectenresistentie vergt goede landbouwpraktijk (GLP)
 - Plaaginsect kan weerstand ontwikkelen tegen Bt waardoor dit onbruikbaar wordt
 - Te vertragen door klein deel van akker aan te planten met gewone maïs, waardoor gevoelige insecten in stand gehouden worden
 - Er zijn recente praktijkvoorbeelden van plaaginsecten die resistentie tegen Bt ontwikkeld hebben, mede door verkeerd gebruik

Net als bij herbiciden kan resistentie bij insecten vermeden worden door afwisselen met andere Bt (Cry) eiwitten. Voorbeelden van plaagresistentieontwikkeling door verkeerd management (geen refugium voor gevoeligheid insect behouden) en/of te weinig sterke aanwezigheid van Bt in de plant (bijv. bij maïs wortelboorder slechter werkend Bt (Cry) eiwit gebruikt). Het kan ook raadzaam zijn om te letten op ontwikkeling van andere insecten die ongevoelig zijn voor Bt en die profiteren van het wegvallen van insecticidenbehandelingen (zogen. “secundaire plagen”).

Virusresistentie: papaja

- Geteeld sinds 1998 op Hawaii (China sinds 2007):
resistentie tegen papaja ringspot virus (PRSV)
- Transgen zorgt voor het stilleggen van de vermeerdering
van het virus in de plant
- Virusresistentie ook ontwikkeld voor bijv. aardappel,
boon, pompoen, tomaat, paprika, pruim

Transgen gebaseerd op DNA van virus zelf, gemaakt tot een construct dat expressie van een virusgen (bijv. voor manteleiwit) stillegt.

Virusresistentie: papaja

▪ Verbeterd oogstzekerheid aanzienlijk

- Redding van papajateelt op Hawaii
- Indien geen resistentie in de gewassoort zelf gevonden kan worden, vrijwel enige alternatief
- Andere optie is luizen bestrijden die virus overbrengen, maar dat leidt weer tot gebruik van chemische insecticiden (tenzij resistentie tegen luizen gevonden kan worden)

Papajateelten waren op Hawaii in korte tijd ernstig bedreigd door opkomst van het virus (eerder was al de teelt op een ander eiland opgegeven); zo is bijv. ook buitenteelt van tomaat in delen van Z Italië opgegeven door CMV (komkommer mozaïek virus).

Droogtetolerantie: maïs

- Op kleine schaal geteeld sinds 2013 in VS
- Transgen uit een bacterie geeft enige bescherming van de plantencel tegen stress, bleek in veldproeven plant beter bestand te maken tegen droogte
- In maïs (Monsanto MON87460, op markt als DroughtGard™)

Transgen voor koudeschok-eiwit cspB in bacterie, heeft functie van RNA “chaperonne” (beschermt RNA tegen stress).

Droogtetolerantie: maïs

- Verbetert oogstzekerheid in droogtegevoelige gebieden, zoals het Middenwesten van de VS
 - Hogere opbrengsten gemeld uit veldproeven en praktijk
 - Droogtetolerantie ook interessant in Europa & Afrika
 - Bijv. Middellandse Zeegebied, hogere zandgronden in NL
 - WEMA programma in Afrika

Droogtetolerantie complexe eigenschap (meerdere genen betrokken), daarom ook hybriden uit klassieke veredeling (met DNA merkers): AQUAmax (Pioneer) verbeterde opbrengst op basis van dataset uit teelt gerapporteerd. WEMA = Water Efficient Maize for Africa.

Droogtetolerantie: maïs

- Kan efficiëntie van watergebruik in landbouw verbeteren

- Zou ook mogelijk maken om teelten te verschuiven naar nu nog marginale gebieden voor landbouw
 - Dit zou ten koste kunnen gaan van natuur

Opbrengstverschillen niet zo hoog dat het waarschijnlijk is dat teelten verschuiven naar andere gebieden. Daarvoor zijn ook extra stimulansen door vraag vanuit de markt nodig.

Hybride rassen: mannelijke steriliteit

- Geteeld in VS & Canada
- Gebaseerd op genen uit bacterie
 - Een transgen bar dat productie van stuifmeel in meeldraden verstoort in de moederlijn;
 - een ander transgen dat het bar remt in de vaderlijn zodat na kruising van moeder- en vaderlijn de hybride weer vruchtbaar is
- In koolzaad (Bayer MS8 x RF3, op markt als InVigor™)

Hybride rassen: mannelijke steriliteit

- Flexibel systeem om hybride rassen te maken
 - Zelfbestuiving van moederlijn voorkomen ter bevordering van bestuiving met vaderlijn
 - Herstel vruchtbaarheid door remmer in vaderlijn
 - In praktijk moeilijk te maken, mede daarom nog beperkt toegepast
 - In andere soorten in ontwikkeling (mosterd in India) of niet commercieel toegepast (cichorei, maïs)

Zie ook Hybriden ppt.

Voorbeelden van toepassingen – ontwikkeling

Resistentie tegen plantenziekten: aardappelziekte (*Phytophthora*)

- Resistentiegenen (R genen) uit wilde aardappelsoorten tegen *Phytophthora*
 - Efficiëntere overbrenging van R genen in rassen van hoge kwaliteit dan via gangbare kruisingsveredeling
 - Vermindert gebruik van fungiciden
 - Minder opbrengstverlies in situaties waar bespuitingen onvoldoende effectief (natte zomers)
 - Recent aardappelrassen met één R gen toegelaten in VS

Fungicidegebruik zou kunnen verminderen met 75% volgens onderzoek van WUR DuRPh project.

Resistentie tegen plantenziekten: aardappelziekte (*Phytophthora*)

- Verantwoord gebruik van *Phytophthora*-resistentie vergt bij uitstek goede landbouwpraktijk (GLP)
 - *Phytophthora* snelle doorbreker van resistentiegenen
 - Meerdere resistentiegenen of afwisseling van verschillende genen maken het *Phytophthora* moeilijk weerstand tegen de R genen te ontwikkelen

Meest optimaal om rassen met verschillende combinaties van R genen af te wisselen. Doorbreking van R genen kan ook uitgesteld door een ondersteuning met fungicidebespuiting waar nodig (met mate). Zo begeleidt AVEBE momenteel een enkelvoudige resistentie in hun conventionele zetmeelras Avito met spuitvoorschriften. Dit kan uiteraard niet in biologische teelten.

Resistentie tegen plantenziekten: aardappelziekte (Phytophthora)



Van voor naar achteren: Desiree, Desiree met 1 R gen, 2 R genen, 3 R genen. Links: ondersteuning van resistentie met fungicidenbespuiting; rechts: geen bespuiting.

Productkwaliteit: ligninegehalte

- Laag gehalte aan lignine (houtstof)
- Uitschakelen van expressie van plantengenen betrokken bij lignineproductie (met transgene versies van die genen)

Productkwaliteit: ligninegehalte

- Maakt hout geschikt voor biobrandstofproductie: suikers voor alcoholproductie kunnen makkelijker worden vrijgemaakt uit de celwanden

- Populier veldproeven in België door VIB

- Maakt veevoer beter verteerbaar

- Luzerne (alfalfa, Monsanto KK179 HarvXtra™, toegelaten VS 2014)

VIB = Vlaams Instituut voor Biotechnologie

Productkwaliteit: fytaatgehalte

- Laag gehalte aan fytaat in zaden
- Transgen (phyA) uit een schimmel produceert fytase in zaden dat fytaat kan afbreken
- In koolzaad (BASF Phytaseed™)
 - Toegelaten VS, maar nooit geteeld
- In maïs in ontwikkeling China

Productkwaliteit: fytaatgehalte

■ Fosfaat in zaden vooral in de vorm van fytaat

- Slecht afbreekbaar voor dieren zoals varkens en kippen
- Daardoor komt veel fosfaat in mest terecht, in milieu kan dat leiden tot watervervuiling (algenbloei)

■ Transgene fytase maakt fosfaat beschikbaar in veevoer

- Anders fytase toevoegen aan veevoer (relatief duur)
- Alternatief van onderdrukken vorming van fytaat geeft meestal slecht groeiende planten

Fytaat bijv. van belang voor ontwikkeling van zaailing.

Productkwaliteit: vetzuursamenstelling

- Laag gehalte aan meervoudig onverzadigde vetzuren
- Uitschakelen van plantengenen die betrokken zijn bij vetzuurproductie (met transgene versies van die genen)
- In soja (Pioneer Treus/Plenish™, Monsanto Vistive Gold™)

Productkwaliteit: vetzuursamenstelling

- Maakt olie minder bederfelijk
 - Anders chemisch proces nodig (hydrogeneren) waarbij transvetten ontstaan met ongunstige effecten op gezondheid

- Maakt olie ook aantrekkelijker voor industriële producten en/of biobrandstof

Transvetten geassocieerd met hartziekten.

Productkwaliteit: vetzuursamenstelling

- Hoog gehalte aan omega-3 vetzuren
- Gebaseerd op twee genen betrokken bij vetzuurproductie uit een plant, resp. een schimmel

- In soja (Monsanto MON87769)
- Omega-3 vetzuren worden als gezondheid bevorderend gezien (visolie)

Productkwaliteit: Gouden Rijst

- Verhoging hoeveelheid pro-vitamine A (β -caroteen) in korrels
- Gebaseerd op twee genen betrokken bij caroteenproductie uit mais, resp. een bacterie

- In rijst ontwikkeld door publiek-privaat consortium met Syngenta
 - Veldproeven door IRRI
 - Ook ontwikkeld in bijv. cassave, aardappel, ...

De trage voortgang bij de introductie van Gouden Rijst heeft te maken met het GM debat & regelgeving, maar momenteel ook door het nog niet beschikbaar zijn in optimale rassen voor telers (deels ook weer door regelgevingskosten waardoor het goedkoper is door te kruisen met één event dan om nieuwe transformaties in andere rassen te doen). IRRI = International Rice Research Institute (Philippines).

Productkwaliteit: Gouden Rijst

- Vitamine A gebrek serieus probleem in Zuid Azië & Sub-Sahara Afrika
 - Vitamine A vooral belangrijk voor ontwikkeling van de ogen
 - Rijst zou veel gemakkelijker en goedkoper beschikbaar zijn dan bestaande vitamine A bronnen (groenten zoals peen)

Economen hebben voordelen van Gouden Rijst berekend met een concept genaamd “disability-adjusted life years” (DALY) als behoorlijk hoog (bijv. Wesseler & Zilberman 2017).