

Algemene aspecten van de veredeling van eenjarige tropische gewassen

G. A. M. VAN MARREWIIK

General aspects of breeding annual tropical crops

Successes in tropical plant breeding are generally associated with higher yields, but recent research has begun to improve the chemical composition of crops. Results so far indicate that new cultivars with better nutritive composition are attainable.

Landbouwgewassen worden geteeld voor consumptieve of industriële doeleinden. De landbouwkundig interessante of nuttige delen zijn van gewas tot gewas van zeer verschillende aard. Bij vele gewassen zijn dit de generatieve delen (vruchten en zaden), bij andere bepaalde vegetatieve delen of chemische componenten.

De plantenveredelaar stelt zich tot taak aan de boer rassen te verschaffen, waarmee deze op de goedkoopste wijze, met zo weinig mogelijk arbeid en zo eenvoudig mogelijke hulpmiddelen, hoge opbrengsten aan nuttige delen van goede kwaliteit kan krijgen. Ofschoon de genetische grondprincipes van de plantenveredeling steeds gelijk blijven, zal het duidelijk zijn dat de aard van het gestelde veredelingsdoel van invloed is op de te volgen procedures of methodieken. Wij zullen ons daarom in deze bespreking beperken tot gewassen die primair als voedsel voor mens en/of dier worden geteeld. Een verdere beperking stellen wij ons door alleen die aspecten te belichten, die min of meer specifiek zijn voor de veredeling in tropische landen. Want hoewel er geen wezenlijke verschillen in doelstelling bestaan bij de veredeling van tropische versus niet-tropische gewassen, liggen de accenten van het verdelingswerk in de tropen toch duidelijk anders dan bij dat in de gematigde streken.

In de eerste plaats is de gewasvoortbrenging in de tropen meer dan in de gematigde streken gericht op de voorziening in primaire levensbehoeften. De veredeling op verhoging van opbrengst staat daardoor zeer centraal. Daarnaast is ook de verbetering van de chemische samenstelling van hoofdvoedingsgewassen een aandachtvragend punt. In de tweede plaats vragen de teeltomstandigheden van de landbouwer in de tropen (kleinbedrijf, geringe kapitaalsinvestering, traditioneel bepaalde

bedrijfsuitoefening etc.) om geheel andere rassen dan een modern geoutilleerd en gemechaniseerd bedrijf in de gematigde streken. Een oplossing voor deze controverse wordt de laatste jaren evenwel meer gezocht in verbetering van de culturomstandigheden, bedrijfsvergroting e.d., dan in het creëren van aan 'minimumvoorwaarden' aangepaste rassen.

Opbrengstverhoging

De snelle bevolkingsgroei in de meeste ontwikkelingslanden gaat niet gepaard met een evenredige vergroting van het landbouwareaal. Wat door ontsluiting, ontginning en cultuurtechnische maatregelen aan de ene kant wordt gewonnen, gaat door uitbreiding van steden, industriële vestigingen en tal van andere oorzaken goeddeels verloren. Verhoging van de opbrengst per oppervlakte-eenheid van voedingsgewassen is derhalve in vele gebieden een zaak van leven of dood.

Door teeltmaatregelen als irrigatie, kunstmesttoediening, bestrijding van ziekten en plagen enz. worden soms opmerkelijke verbeteringen verkregen. Maar dergelijke maatregelen zijn meestal zeer kostbaar en door infrastructurele omstandigheden lang niet overal uitvoerbaar. Bovendien produceren locale bevolkingsrassen onder verbeterde culturomstandigheden lang niet altijd zoveel meer. Door generaties-lange selectie op geharde vormen, die onder de ongunstigste culturomstandigheden een weliswaar lage, maar stabiele opbrengst leveren, lijken de factoren voor hoge opbrengst uit deze rassen te zijn geëlimineerd.

Tot het verkrijgen van vormen met een hoog opbrengend vermogen staan de veredelaar de volgende mogelijkheden ter beschikking:

- (1) Aanleggen van collecties van lokaal materiaal en selectie van de hoogst producerende rassen of populaties.
- (2) Introductie van uitheems materiaal, gevolgd door selectie.
- (3) Uitvoeren van selectie na kruising binnen en tussen het onder punten (1) en (2) genoemde materiaal.

* Dr. ir. G. A. M. van Marrewijk (Wageningen 1964) is als wetenschappelijk medewerker van het Instituut voor Plantenveredeling gedetacheerd bij het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek (CELOS) in Suriname. Dit artikel is gebaseerd op zijn voordracht voor de 42e Tropische Landbouwdag, op donderdag 28 januari 1971 te Wageningen.

De procedures (1) en (2) zijn verreweg het eenvoudigst en hebben in vele gevallen tot goede resultaten geleid. Wij zullen hierop echter niet nader ingaan. Het succes van de laatstgenoemde procedure is in belangrijke mate afhankelijk van de genetische variabiliteit binnen het gewas in kwestie, de mogelijkheid tot opbouw van additieve genencomplexen, de mate waarin kruisbevruchting mogelijk is en het bevruchttingsrendement.

Vele tropische eenjarige gewassen lenen zich slecht voor kruisingswerk op grote schaal. Bij de meeste graangewassen is emasculatie van de pluimen of aren een tijdrovende en moeizame zaak. Van de knolgewassen is bataat zelfincompatibel en slechts in bepaalde combinaties kruisingscompatibel. Daarbij voegen zich verschillende vormen van mannelijke en vrouwelijke steriliteit (Martin, 1969), terwijl vele cultiviars ook in tropische gebieden slecht bloeien. Cassave vertoont vooral in het laagland zeer beperkte bloei (Koch, 1934) en kunstmatige bestuiving tussen klonen leidt maar bij gemiddeld 14 % tot vruchtzetting (Purseglove, 1968). Volledige mannelijke steriliteit komt niet zelden voor (Magoon, 1969), terwijl ook het voorkomen van incompatibiliteit en van verschillende vormen van vrouwelijke steriliteit zijn gesignaleerd (Bolhuis, 1969). Bij zowel cassave als bataat is het aantal per kruising maximaal verkrijgbare zaden gering, nl. 3 resp. 4, en dit aantal wordt zelden gerealiseerd. De belangrijkste peulvruchtgewassen (*Phaseolus vulgaris*, aardnoot, soja, *Vigna*, enz.) zijn bijna volledige zelfbevruchters. Handemasculatie is moeilijk en bestuiving kan maar op enkele uren van de dag plaatshebben.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat het veredelingswerk bij vele van deze gewassen maar moeizaam op gang is gekomen en dat de resultaten veelal heel bescheiden zijn. Bij aardnoot bijv. heeft jarenlang veredelen nauwelijks geresulteerd in een verhoging van het opbrengend vermogen (Purseglove, 1968). Hoewel incidentele successen zijn geboekt, zijn ook de opbrengsten van de bekende knolvoedingsgewassen jarenlang op nagenoeg hetzelfde peil gebleven.

Hoopgevoller resultaten zijn behaald bij de veredeling van graangewassen. Hierbij zijn verschillende technieken toegepast; de drie belangrijkste hiervan zijn: (a) hybridenveredeling; (b) creëren van synthetische rassen, en (c) kweken van erect- en/of kortstrottypen.

Hybriden. Hybriden danken hun grote betekenis aan het heterose-verschijnsel dat hierbij kan optreden. Dit houdt in, dat door combineren van bepaalde ingeteelde ouderlijnen een F_1 -nakomelingschap kan ontstaan, die de beide ouders voor de gewenste eigenschap verre overtreft. Van de graangewassen leent maïs zich door zijn eenhui-

zige natuur en betrekkelijk hoge zaadopbrengst per plant zeer goed voor kruising. Dit verklaart waarom de hybridenveredeling bij dit gewas veel vroeger op gang is gekomen dan bij andere granen. Een zeer opmerkelijke verbetering van het opbrengend vermogen ten opzichte van de gangbare open bestoven rassen werd daarbij verkregen, aanvankelijk vooral in de Verenigde Staten, maar later ook in verschillende tropische landen, zoals Nigeria, Mexico en Venezuela.

Onder de indruk van de successen bij maïs is men ook bij andere gewassen gaan proberen het opbrengstniveau via hybriden te verhogen, eerst bij sorghum en de laatste jaren ook bij tarwe. In de Verenigde Staten waren sedert het einde van de vorige eeuw door selectie in en onderlinge kruising van uit Afrika geïntroduceerde laatrijpende langstrorassen een groot aantal sorghumrassen met tamelijk hoge opbrengst en vrij korte stengel ontwikkeld. In 1937 leek echter met het ras Martin het opbrengstniveau bereikt.

Geheel anders dan bij maïs kon de hybridenveredeling pas op gang komen nadat methoden waren ontwikkeld, waarbij de tijdrovende en moeilijk uitvoerbare handemasculatie overbodig werd. In 1937 werd door Stephens een commercieel productieschema ontworpen, waarbij gebruik werd gemaakt van een recessieve factor voor mannelijke steriliteit bij de moederplanten. Voordat dit in de praktijk werd toegepast, was echter een op plasmatische grondslag berustende vorm van mannelijke steriliteit verkregen door Stephens en Holland (1954) na kruising tussen Day milo en een kafir-type. Vanaf dat moment was de weg voor hybridenproductie op grote schaal volledig open. Sedertdien zijn dan ook een groot aantal hybride rassen met hoog opbrengend vermogen, sommige tot 10 000 kg/ha of meer, gecreëerd. Al deze hoogwaardige rassen zijn gebaseerd op kruisingen tussen milo en kafir. Kennelijk is de opbrengstverhoging een gevolg van accumulatie van opbrengstgenen uit de beide typen.

In tropische landen met groot sorghumareaal als India en Oost-Afrika beperkte het onderzoek zich door gebrek aan onderzoekers en financiële middelen tot de jaren vijftig tot selectie en kruising binnen het lokale materiaal. Daardoor ontstonden rassen met een zeer goede plaatselijke aangepastheid en een zeer hoge mate van resistentie tegen lokale ziekten en plagen. Het opbrengstniveau van deze rassen was stabiel maar laag.

In India is de laatste vijftien jaren veel veranderd door de intensieve samenwerking tussen de Indian Council of Agricultural Research en de Rockefeller Foundation. Uitheems materiaal werd ingevoerd, vooral uit de Verenigde Staten en Afrika, en talrijke kruisingen werden tot stand gebracht. Het eerste, in 1961 uitgegeven, hybride ras CSH-1

produceerde 60 à 80 % meer korrel dan de lokale standaardrassen. Sindsdien zijn verschillende nieuwe hybriden gecreëerd, evenals CSH-1 geheel gebaseerd op in de Verenigde Staten veredeld Afrikaans materiaal.

In Afrika, met zijn enorme rijkdom aan vormen werd door onderlinge kruising een gestadige zij het weinig spectaculaire vooruitgang geboekt. Combinatie van goede lokale rassen met enkele Amerikaanse introducties leidde in Oeganda tot het ontstaan van hoogproducerende en weinig milieugevoelige hybriden (Doggett, 1970).

Synthetische rassen. De hoge opbrengst en grote uniformiteit maken hybriden zeer aantrekkelijk. Daartegenover staan echter enkele belangrijke nadelen. Het ontwikkelen van geschikte hybriden is een kostbare aangelegenheid en dus alleen verantwoord, wanneer grote arealen met het verkregen produkt zullen worden beteeld. Door het ontbreken van genetische variabiliteit zijn hybriden bovendien zeer kwetsbaar voor ziekten en plagen, en hun adaptatievermogen is beperkt. Het grootste bezwaar voor de tropen is echter, dat de boer telkenjare opnieuw zaaizaad moet kopen, tenzij kosteloze distributie van zaad van regeringswege wordt toegepast.

Om deze bezwaren van hybride rassen te onderwerpen is in de laatste decennia een groeiende interesse ontstaan in het ontwikkelen van zogenaamde synthetische rassen. Deze ontstaan in principe door menging van een aantal meer of minder ingeteelde selecties uit een of meer populaties of rassen, welke vervolgens door open bestuiving in stand gehouden en vermeerderd worden. De componenten van het synthetisch ras zijn vooraf getoetst op hun algemene combinatiegeschiktheid, d.w.z. het vermogen om na kruising met een heterogene bestuiverpopulatie hoge opbrengsten te geven.

Het gebruik van synthetische rassen bij maïs werd in 1919 reeds voorgesteld door Hayes en Garber en enkele pogingen in die richting werden met wisselend succes in de jaren twintig en dertig ondernomen. Door de grote successen met hybride rassen werd aan dit werk echter weinig aandacht geschonken. Eerst in 1943 werd door het Nebraska Agricultural Experiment Station begonnen met een groot opgezet onderzoek naar de mogelijkheden van synthetische rassen en de methoden volgens welke deze het beste kunnen worden gecreëerd. Hierbij dient de naam van J. H. Lonnquist te worden genoemd, aan wie de plantenveredelaars veel kennis over deze materie hebben te danken.

De standaardprocedure ter verkrijging van synthetische rassen zag er aldus uit:

- 1e jaar – Een aantal planten in een populatie selecteren en zelfbestuiven (→ I₁).
- 2e jaar – Van elke I₁ een rij van 25—30 planten uitzaaïen, om en om afgewisseld door een rij planten van een toetsras (de ouderpopulatie of een andere toetsras met brede genetische basis.) I₁ 's kruisbestuiven.
- 3e jaar – Toetskruisingsnakomelingschappen beoordelen in herhaalde opbrengstproeven.
- 4e jaar – Reservezaad van de 10 % bestcombinerende I₁ lijnen uitzaaïen en de lijnen onderling kruisen in een diallel kruisingsprogramma. Van alle kruisingscombinaties gelijke hoeveelheden zaad samenvoegen (→ *syn-1* generatie).
- 5e jaar – *Syn-1* uitzaaïen op isolatieveld en vrij laten bestuiven. Gelijke hoeveelheden zaad van 250 kolven van gezonde planten mengen (→ *syn-2*).
- 6e jaar – *Syn-2* gebruiken voor een volgende selectiecyclus (recurrent selection).

Volgens de bovengeschetste procedure werden populaties verkregen die tot 20 % meer opbrachten dan de ouderpopulatie waaruit ze voortkwamen (Lonnquist, 1949, 1951, 1961; Lonnquist en McGill, 1956). Voortgezette selectiecycli leidden bovendien meestal tot een verdere opbrengstverhoging, terwijl door het wegselecteren van de allerslechtste planten uit latere generaties het opbrengstniveau op peil was te houden.

Lonnquist zette zijn onderzoekingen voort op het Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) te Mexico-Stad. Al dan niet in gemodificeerde vorm werd de bovenbeschreven selectieprocedure door verschillende andere onderzoekers in tropische landen toegepast. Paterniani (1967) in Brazilië ontwierp een methode waarbij per jaar een volledige generatiecyclus (drie generaties) kan worden afgewerkt. Uitgaande van een monsternemsel van het landras 'Paulista Dent' bereikte hij opbrengstverhogingen van 13, 23 en 42 % na respectievelijk 1, 2 en 3 selectiecycli. Van Eynatten (1965) maakte bij zijn veredelingswerk in Nigeria onder meer gebruik van synthetische rassen opgebouwd uit enkele generaties ingeteelde onverwante rassen (multivarietaal synthetische). Een methode ter verkrijging van synthetische rassen bij sorghum werd beschreven door Doggett en Eberhart (1968). Hierbij wordt gebruik gemaakt van mannelijke steriliteit voor het samenstellen van een heterozygote uitgangspopulatie.

Kortstrorassen *. Een geheel andere geschiedenis vinden wij bij de veredeling van rijst. In de jaren dertig werden in Japan rassen van het japonica-type gecreëerd, die op stikstofbemesting reagerden met verhoging van de korrelopbrengst (hoge N-responsie). Daarbij waren de plantkenmerken

* De schrijver wil gaarne ir. C. W. van den Bogaert, plantenveredelaar bij de Stichting voor de Ontwikkeling van Machinale Landbouw, Nickerie, Suriname, bedanken voor de vele hem verstrekte gegevens.

die geassocieerd zijn met hoog opbrengend vermogen, bekend geworden, nl. (1) korte groeiduur (100–120 dagen), (2) daglengte-ongevoeligheid, en (3) korte stevige stengels met rechtopstaande bladeren en matige groei-kracht en uitstoeling.

De vooral in Zuidoost-Azië eeuwenlang gebruikte landrassen van het indica-type hebben in het algemeen een zeer krachtige groei, sterke uitstoeling en lange groeiduur, en zijn daglengtegevoelig. Door hun eigenschappen bezitten ze het vermogen zich in diep water in stand te houden en de onkruiden de baas te blijven. Hun opbrengstniveau is stabiel maar laag. Gebruik van stikstof zou bij deze rassen tot vroegtijdig legeren leiden en niet tot produktieverhoging.

In 1949 werd besloten de inspanningen om tot hogere opbrengsten te komen te laten coördineren door het International Rice Committee. Op grond van de in Japan behaalde successen en elders verworven inzichten werd de aandacht geconcentreerd op het verkrijgen van typen met hoge stikstofresponsie. Het kweken van de nieuwe rassen werd toevertrouwd aan het International Rice Research Institute (IRRI) te Los Baños, Filippijnen, dat in 1962 met zijn activiteiten begon. Allereerst werden uit het wereldrassensortiment die typen verzameld, die reeds gewenste plantkenmerken bezitten, hieronder indica/japonica-kruisingen uit de Verenigde Staten, Taiwan-japonica-rassen, semi-dwergrassen (indica's) uit Taiwan en Surinaamse SML-rassen. Deze werden in talloze kruisingen gecombineerd met in tropisch Azië gewilde bevoelingsrassen. Uit een van deze kruisingen, uitgevoerd door Jennings en Beachell in 1962 tussen het semi-dwergras Dee-geo-woo-gen en het uit Indonesië afkomstige en op de Filippijnen algemeen verbouwde ras Peta, kwam de lijn IR-8-288-3 voort. Deze werd in 1966 uitgegeven onder de naam IR-8. Dit ras kenmerkt zich door een krachtige jeugdgroei, goede uitstoeling, korte, donkergroene, rechtopstaande bladeren, korte stevige stengels van 90 à 105 cm, een vrij korte groei-periode (ca. 120 dagen), legerings-ongevoeligheid en een zeer hoog opbrengend vermogen onder goede cultuuromstandigheden en bij hoge N-giften. Hoewel IR-8 reeds op grote schaal in vele Zuidoostaziatische landen wordt verbouwd, gaat het hier niet in alle opzichten om een 'wonderrijst', zoals het door de populaire pers wordt genoemd. Enkele belangrijke negatieve punten van dit ras zijn: (a) dat de hoge opbrengsten alleen worden verkregen bij goede cultuuromstandigheden en hoge stikstofgiften, en aan die voorwaarden wordt lang niet altijd voldaan, met als gevolg teleurstelling bij vooral de kleine boeren, (b) dat hoge stikstofgiften sterke aantasting veroorzaken door de schimmel *Piricularia oryzae* (blast) en de bacterie *Xanthomonas oryzae* (bacterial blight), en (c) dat

de korrel van IR-8 klein is, bij het pellen veel breuk optreedt en de smaak niet aan de wensen van de Aziatische consument beantwoordt.

Momenteel is men bezig deze tekortkomingen weg te werken met behoud van de positieve eigenschappen van IR-8. Dit heeft geresulteerd in het uitgeven van enkele nieuwe IR-rassen die naast enkele verbeteringen (ziekeresistentie, korreleigenschappen) soms een kleine terugslag in produktiviteit ten opzichte van IR-8 lieten zien.

Het gehele veredelingswerk aan rijst in de tropen wordt sterk beïnvloed door het IRRI, doch specifieke lokale wensen worden niet uit het oog verloren. Zo is het onderzoek bij de Stichting voor de Ontwikkeling van Machinale Landbouw in Nickerie, Suriname er vooral op gericht de opbrengsteigenschappen van kortstrotypen te combineren met de hoge korrelkwaliteit van de eigen rassen. Hierbij zijn reeds belangrijke vorderingen gemaakt.

Ongeveer gelijktijdig met het hier geschetste veredelingswerk bij rijst werd onder leiding van N. E. Borlaug een kortstrotarweprogramma uitgevoerd op het CIMMYT om de produktie van de Mexicaanse tarwe te verhogen. Ook hier was het streven erop gericht rassen te kweken met een hoge stikstofresponsie. In 1962 werd het eerste kortstrotaras uitgegeven en sindsdien kwamen regelmatig nieuwe rassen in het verkeer. Deze rassen hebben een groot produktievermogen en opbrengsten van 5000 tot 7000 kg/ha op Mexicaanse tarwevelden zijn regel geworden. Deze cijfers zijn des te sprekkender, wanneer men weet dat de gemiddelde opbrengsten van Mexicaanse tarwerassen vóór 1943 ongeveer 750 kg/ha bedroegen. Ook buiten Mexico zijn de kortstrotarassen met goed resultaat geteeld, met name in India en Pakistan. In veel andere landen worden deze rassen als geniteurs gebruikt in veredelingsprogramma's. Voor een overzicht van de bereikte resultaten en de toekomstige mogelijkheden wordt verwezen naar het in dit tijdschrift eerder gepubliceerde artikel van Zeven (1969).

Verhoging van het eiwitgehalte en verbetering van de aminozuursamenstelling

In de gematigde luchtstreken komt eiwitondervoeding nauwelijks voor. Eiwitbronnen, zowel dierlijke als plantaardige, zijn in voldoende mate voorhanden en slechts bij onoordeelkundige voeding kunnen problemen ontstaan.

In vele tropische gebieden echter is dierlijk eiwit maar in beperkte mate aanwezig. Bovendien is het aantal voor consumptie gebruikte voedingsgewassen vaak gering. Meestal is er slechts één hoofdvoedingsgewas, dat dan nagenoeg de hele

eiwitbehoefte moet dekken. Het betreffende hoofdvoedingsgewas is meestal een knolgewas (cassave, bataat, yamwortel) of een graan (rijst, maïs, sorghum, e.a.). Speciaal voor de knolgewassen geldt dat het eiwitgehalte erg laag is, bijv. bij de knol van de bataat van minder dan 1 tot 2,5 %, terwijl bij cassave maar zelden een eiwithoeveelheid van 1 % gevonden wordt. Bij de meeste rassen van maïs en sorghum ligt de eiwithoeveelheid in de korrel tussen 10 en 15 %. De aminozuursamenstelling is echter weinig ideaal. Zowel sorghum als maïs vertonen een tekort aan de essentiële aminozuren lysine en tryptofaan en in mindere mate aan methionine.

Ingrepen als introductie van nieuwe, eiwitrijke voedingsgewassen, verhoging van de produktie van dierlijk eiwit, toevoegen van fabriekmatig vervaardigde essentiële aminozuren aan het menu, of gratis verstrekking van eiwitrijk voedsel kunnen plaatselijk en tijdelijk wel enig soelaas bieden. Een definitieve oplossing vormen zij echter niet. Het blijft daarom zeer zinvol aandacht te besteden aan de verhoging van het eiwitgehalte en de verbetering van de aminozuursamenstelling van hoofdvoedingsgewassen.

Beide eigenschappen blijken in hoge mate afhankelijk van het milieu, zodat bepaalde cultuurmaatregelen als stikstoftoediening, juiste keuze van zaai- of planttijd, standplaats en plantdichtheid soms tot een verhoging van het eiwitgehalte leiden (Waggle e.a., 1967; Worker en Ruckmann, 1968; Ruinard, 1969). Echter ook genetisch bepaalde verschillen in eiwitgehalte zijn bij vele gewassen gevonden, onder meer bij maïs (Sauberlich e.a., 1953), sorghum (Deyoe e.a., 1967; Wall, 1967) en bataat (Peters, 1958; Ruinard, 1969). Sarma (in: Wall, 1967) vond bij een aantal Indische sorghumrassen ruw-eiwithoeveelheden tussen 8 en 19 %. Dergelijke waarden werden eerder ook in de Verenigde Staten verkregen.

Aan een aantal lokale en geïntroduceerde bataatcultivars op het voormalig proefstation Manokwari in Westelijk Nieuw Guinea werden ruw-eiwitpercentages tussen 0,63 en 2,45 vastgesteld (Ruinard, 1969). De in de proef opgenomen klonen uit het Wisselmerengebied, waar de bataat nagenoeg 100 % van het dieet uitmaakt, waren verreweg het slechtst. Hoewel het onderzoek niet kon worden voortgezet, wettigen de verkregen gegevens de gevolgtrekking, dat met behulp van de hoogwaardiger introducties een verbetering van de kwaliteit van het bevolkingsdieet zou zijn te verkrijgen.

Pogingen om de voedingswaarde van cassave te verhogen hebben nog weinig resultaat opgeleverd. Reeds in de jaren dertig werden door Koch (1934) en Bolhuis (1953) interklonale en tussensoortse kruisingen met dit doel uitgevoerd, doch zij slaag-

den er niet in landbouwkundig aantrekkelijke vormen met een duidelijk verbeterd eiwitgehalte te creëren. Ook na kruising van cassave met *Manihot melanobasis*, welke soort eiwitrijke knollen bezit, bleek de overdracht van de genoemde eigenschap op de hybride nakomelingen twijfelachtig (Jennings, 1959).

Een zeer ernstige handicap bij de veredeling op eiwitgehalte is, dat verhoging van het percentage van deze component vaak blijkt te gaan ten koste van andere belangrijke bestanddelen, van de totale opbrengst, of van de eiwitbalans. Het laatste betekent, dat het gehalte aan essentiële aminozuren bij vergroting van de eiwithoeveelheid achteruitgaat. Zo vonden verschillende onderzoekers, dat verhoging van het eiwitgehalte bij sorghumgraan ten koste gaat van het essentiële aminozuur lysine (Deyoe e.a., 1967; Waggle e.a., 1967). Eenzelfde tendens werd ook bij verschillende andere gewassen gevonden.

Evenwel is deze relatie niet absoluut. Uit het eerder genoemde onderzoek van Sarma aan Indische sorghumrassen kwam een ras, Cernum-160, naar voren, dat hoog eiwitgehalte paarde aan een hoog gehalte aan lysine (Wall, 1967). Bij maïs zijn mutanten, bekend als opaque-2 en floury-2, gevonden, die tweemaal zoveel lysine in het endosperm bevatten dan de gangbare hybriden, terwijl bij floury-2 ook het methioninegehalte aanzienlijk is verbeterd (Mertz e.a., 1964; Nelson e.a., 1965). Volgens Salamini en Baldi (1969) is bij opaque-2-mutanten het lysinegehalte, in tegenstelling tot de situatie bij normaalzadige rassen, onafhankelijk van de totale eiwithoeveelheid. Dit opent de mogelijkheid van selectie op hoog eiwitgehalte zonder verlies van kwaliteit van dit eiwit. Dergelijke selectieprogramma's worden in verschillende landen uitgevoerd, onder andere in Italië, Mexico en Venezuela.

Conclusie

Het veredelingswerk aan eenjarige tropische gewassen, voor zover in de tropenlanden zelf uitgevoerd, vertoont de laatste decennia een duidelijke groei. Mede door de toenemende internationale samenwerking en de materiële steun van particuliere fondsen als de Rockefeller en Ford Foundations zijn in het bijzonder bij graangewassen eclatante successen behaald.

Bij vele andere gewassen zijn de geboekte resultaten door oorzaken van intrinsieke aard, maar ook door de sterke versnippering van inspanningen, veel minder opvallend. Met name is dit het geval bij knolvormende gewassen als bataat en cassave, welke in vele gemeenschappen nog een overheersende plaats in het voedselpakket inne-

men, en in mindere mate bij peulvruchtgewassen. De behaalde successen liggen vooral op het gebied van de opbrengstverhoging. De verbetering van de chemische samenstelling van tropische voedingsgewassen bevindt zich nog in een beginstadium. De reeds verkregen resultaten wettigen echter de hoop dat door doelgericht veredelingswerk rassen met hogere voedingswaarde dan de huidige gangbare zijn te verkrijgen. Gezien het belang van deze materie en de gebleken mogelijkheden is ook op de Surinaamse vestiging van de Landbouwhogeschool, het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek in Suriname (CELOS) een multidisciplinair eiwitproject ter verbetering van de chemische samenstelling van enkele traditionele voedingsgewassen van start gegaan (Ruinaard, 1969).

Het verlenen van de Nobelprijs voor de vrede aan Norman Ernest Borlaug mag gezien worden als een officiële erkenning van de grote verdiensten, niet alleen van deze 'vader van de groene revolutie' (Mitrasting, 1970), maar ook van de vele anderen die werken aan de oplossing van het wereldvoedselvraagstuk.

Literatuur

- Bolhuis, G. G. : A survey of some attempts to breed cassava-varieties with a high content of proteins in the roots. *Euphytica* 2 (1953) 107—112.
- Bolhuis, G. G. : Intra- and interspecific crosses in the genus *Manihot*. *Proc. int. Symp. trop. Root Crops* (St. Augustine, Trinidad, 2—8 April 1967) Vol. I, Sect. I: 81—88 (1969).
- Deyoe, C. W., Waggle, D. H. & Sanford, P. E. : Protein and amino acid relationships in sorghum grain. In: Grain Sorghum Research and Utilization Conference. Fifth bienn. Grain Sorghum Prod. Ass., Amarillo, Texas, 2—3 March 1967, pp. 26—29.
- Doggett, H. : Sorghum. Longmans, Green & Co., Ltd, London 1970, pp. 118—157.
- Doggett, H. & Eberhart, S. A. : Recurrent selection in sorghum. *Crop. Sci.* 8 (1968) 119—121.
- Eynatten, C. L. M. van; Towards the improvement of maize in Nigeria. *Meded. Landb.Hogesch. Wageningen* 65 (3) (1965) 119 pp.
- Jennings, D. L. : *Manihot melanobasis* Müll. Arg. — A useful parent for cassava breeding. *Euphytica* 8 (1959) 157—162.
- Koch, L. : Cassaveselectie. Proefschr. Landb.Hogeschool Wageningen, 1934, 71 pp. + bijlagen.
- Lonnquist, J. H. : The development and performance of synthetic varieties of corn. *Agron. J.* 41 (1949) 153—156.
- Lonnquist, J. H. : Recurrent selection as a means of modifying combining ability in corn. *Agron. J.* 43 (1951) 311—315.
- Lonnquist, J. H. : Progress from recurrent selection procedures for the improvement of corn populations. *Nebraska agric. Exp. Sta Res. Bull.* 197 (1961) 31 pp.
- Lonnquist, J. H. & McGill, D. P. : Performance of corn synthetics in advanced generations after two cycles of recurrent selection. *Agron. J.* 48 (1956) 249—253.
- Magoon, M. L. : Recent trends in cassava breeding in India. *Proc. int. Symp. trop. Root Crops* (St. Augustine, Trinidad, 2—8 April 1967) Vol. I, Sect. I: 100—116 (1969).
- Martin, F. W. : The sterility-incompatibility complex of the sweet potato. *Proc. int. Symp. trop. Root Crops* (St. Augustine, Trinidad, 2—8 April 1967) Vol. I, Sect. I: 3—15 (1969).
- Mertz, E. T., Bates, L. S. & Nelson, O. E. : Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145 (1964) 279—280.
- Mitrasting, A. I. : Nobelprijs voor de vrede en de 'groene revolutie'. In: *De West. Paramaribo*, 17 nov. 1970.
- Nelson, O. E., Mertz, E. T. & Bates, L. S. : Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. *Science* 150 (1965) 1469—1470.
- Paterniani, E. : Selection among and within half-sib families in a Brazilian population of maize (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 7 (1967) 212—215.
- Peters, F. E. : The chemical composition of South Pacific foods. *South Pac. Comm. techn. Pap.* 115 (1958).
- Purseglove, J. W. : Tropical Crops, Dicotyledons 1. Longmans, Green & Co. Ltd, London 1968, 332 pp.
- Ruinaard, J. : Notes on sweet potato research in West New Guinea (West Irian). *Proc. int. Symp. trop. Root Crops* (St. Augustine, Trinidad, 2—8 April 1967) Vol. I, Sect. III: 88—108 (1969).
- Ruinaard, J. : Verhoging der eiwitwaarde van tropische voedingsgewassen; een multidisciplinair onderzoekproject. Intern Rapport Centrum Landbk. Onderz. Suriname (1969), 10 pp.
- Salamini, F. & Baldi, G. : Nitrogen, protein fractions and amino acid content of opaque-2 and normal kernels in F₂ maize with different genetic backgrounds. *Proc. fifth Congr. Eur. Ass. Res. Pl. Breed.* (Milan 30/9—2/10 1968) 111—114 (1969).
- Sauberlich, H. E., Chang Wan-Yuin & Salmon, W. D. : The amino acid and protein content of corn as related to variety and nitrogen fertilization. *J. Nutr.* 51 (1953) 241—250.
- Stephens, J. C. & Holland, R. F. : Cytoplasmic male sterility for hybrid sorghum seed production. *Agron. J.* 46 (1954) 20—24.
- Waggle, D. H., Deyoe, C. W. & Smith, F. W. : Effect of nitrogen fertilization on the amino acid composition and distribution in sorghum grain. *Crop Sci.* 7 (1967) 367—368.
- Wall, J. : Utilization research on grain sorghum in the U.S.D.A. In: Grain sorghum research and utilization conference. Fifth Bienn. Grain Sorghum Prod. Ass., Amarillo, Texas, 2—3 March 1967, pp. 21—25.
- Worker, G. F. jr. & Ruckmann, J. : Variations in protein levels in grain sorghum grown in the South West desert. *Agron. J.* 60 (1968) 485—488.
- Zeven, A. C. : Het gebruik van Mexicaanse kortstro-tarwes in Midden- en Zuid-Amerika, het Nabije Oosten en andere gebieden. *Landbouwk. Tijdschr.* 81 (1969) 182—189.