

Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

OPBRENGST, EIWITGEHALTE EN EIWITSAMENSTELLING VAN
TIEN MAISCULTIVARS
(onderzoekproject 70/31)

Marijcke J. Consen-Kaboord

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding
van Dr. Ir. G.A.M. van Marrewijk

april 1973

I N H O U D

	Blz.
1. <u>Samenvatting</u>	5
2. <u>Voorwoord</u>	5
3. <u>Inleiding</u>	6
3.1. Algemeen	6
3.2. Eiwitten en aminozuren	7
4. <u>Het graangewas mais</u>	8
4.1. Plantbeschrijving	8
4.2. Oorsprong en verspreiding	9
4.3. Samenstelling van de korrel	9
4.4. Enkele correlaties	12
5. <u>Opbrengst, eiwitgehalte en</u> <u>eiwitsamenstelling van</u> <u>tien maiscultivars</u>	13
5.1. Probleemstelling	13
5.2. Materiaal, methoden en uitvoering	13
5.3. Resultaten en bespreking	15
6. <u>Slotopmerkingen</u>	21
7. <u>Literatuur</u>	21

1. SAMENVATTING

Mais, *Zea mays* L., komt bijna overal op de wereld voor en behoort met rijst en tarwe tot de drie belangrijkste granen. Het wordt in de tropen vooral als voedingsgewas voor de mens gebruikt, in de gematigde streken vooral als veevoer.

De voedingswaarde van mais is niet hoog; het eiwit is arm aan de essentiële aminozuren lysine, methionine en tryptofaan. De verdelaar moet dus bij zijn streven de kwaliteit van mais te verbeteren, niet alleen aandacht schenken aan een hoog eiwitgehalte, maar ook aan een verbetering van de eiwitsamenstelling.

Ten einde verschillen in opbrengst, eiwitgehalte en eiwitsamenstelling op te sporen, werden tien maisrassen waarin opaque-2 en flourey-2 genen ingekruist zijn, vergeleken in een rassenproef. Het experiment werd opgezet als een gewarde volledige blokkenproef.

Uit het onderzoek bleek dat de twee Italiaanse rassen zich anders manifesteerden dan de Mexicaanse en Venezolaanse. Ze gaven kleine, schriële planten die weliswaar vroeg in bloei kwamen, maar waarvan de pluimen klein en nauwelijks samengesteld waren. De kolfproductie was laag, evenals de kolfgrootte en -bezetting; ook het 100-korrelgewicht was gering. Als gevolg hiervan werd een zeer lage opbrengst verkregen. Echter, het eiwitgehalte was betrouwbaar hoger dan dat van de andere rassen. Het gehalte aan lysine, tryptofaan en methionine moet nog bepaald worden.

Het Mexicaanse en één van de Venezolaanse rassen brachten in de proef betrouwbaar meer op dan drie van de overige Venezolaanse rassen; in eiwitgehalte werden geen betrouwbare verschillen gevonden.

2. VOORWOORD

De in dit verslag beschreven proef is gedaan om verschillen in opbrengst, eiwitgehalte en eiwitsamenstelling tussen tien lysinerijke maisrassen op te sporen. De proef werd uitgevoerd op het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek in Suriname in de periode augustus tot en met december 1972.

De uitvoering was in handen van Marijcke J. Cohsen-Kaboord, studente in de Plantenveredeling aan de Landbouwhogeschool te Wageningen. De leiding van het onderzoek had Dr. Ir. G.A.M. van Marrewijk.

3. INLEIDING

3.1. ALGEMEEN

In de voeding van mens en dier zijn koolhydraten, vetten, eiwitten, vitamines, mineralen en water van grote betekenis. Koolhydraten (zetmeel en suikers) zijn energieleveranciers; ze worden in het lichaam door verbranding omgezet in energie. Vetten zijn van belang als dragers voor de in vet oplosbare vitamines (A, D en E) en voor de lipofiden als fosfatiden en lecithine (hersensweefsel). Daarnaast is een aantal onverzadigde vetzuren essentieel voor de voeding. Eiwitten zijn van belang voor de opbouw en instandhouding van het organisme. Vitamines zijn onontbeerlijk bij de omzetting van voedsel en de opbouw van weefsel terwijl mineralen onmisbare bouwstoffen zijn voor het skelet en voor de groei. Tevens zijn ze de bouwstenen van rode bloedkleurstof, fermenten en hormonen. Tenslotte is water nodig voor een normaal celmetabolisme (DEN HARTOG, 1969).

Miljoenen mensen lijden honger; grote aantallen moeten zich met weinig tevreden stellen en vertonen de gevolgen van tekorten in de voeding. Calorieëntekort kan een goed gevoed mens wel enige tijd verdragen en later aanvullen. Eiwittekort is veel gevaarlijker en heeft ernstige ziekteverschijnselen tot gevolg (kwashiorkor). Ook gebrek aan vitamines en mineralen geeft aanleiding tot ziekteverschijnselen.

Men kan de voedingstoestand verbeteren door meer grond in cultuur te nemen en door de produktie per ha te verhogen. Dit laatste wordt bereikt door: (i) het treffen of verbeteren van maatregelen (meestal opbrengstverhoging, maar weinig kwaliteitsverbetering), (ii) het tegengaan van gewasverliezen voor en na de oogst, (iii) betere verwerkings- en bereidingstechnieken.

Andere mogelijkheden ter verbetering van de voedingstoestand zijn het samenstellen van een doelmatig menu, het verrijken van voedingsstoffen (toevoeging van lysine aan meel) en het introduceren van geheel nieuw, hoogwaardig voedsel (Incaparina in Midden Amerika: mengsel van maismee, katoenzaadewit, sorghum, gist, ijzer, vitamines en sinds kort lysine).

Het is duidelijk dat de genoemde veranderingen niet gerealiseerd kunnen worden zonder een goede organisatie en een uitgebreide en goede voedingsvoorlichting. Immers, er heerst veel onwetendheid, er zijn vele taboes en vooroordelen die overwonnen moeten worden.

Een oplossing die nog niet is genoemd, is het verbeteren van de kwaliteit van een bestaand voedingsgewas. Een dergelijke verandering is te bewerkstelligen via de plantenveredeling en wel door het kweken van nieuwe rassen die de gewenste eigenschappen bezitten. Het zal enige tijd vergen om deze rassen te verkrijgen. Het voordeel is echter dat de teelt van het gewas als zodanig al bekend is. Het verbeterde ras

zal gemakkelijker in te passen zijn in het plaatselijke teeltschema en in de plaatselijke eetgewoonten dan een totaal nieuw gewas of consumptieprodukt.

3.2. EIWITTEN EN AMINOZUREN

3.2.1. Inleiding

Eiwitten zijn reeds lang bekend. Het zijn groot-moleculaire verbindingen die de voornaamste bouwstoffen zijn van het protoplasma en van grote betekenis zijn voor de regeling van de osmotische processen. Verder zijn ze een onmisbaar bestanddeel van enzymen, terwijl ook verschillende hormonen eiwitten zijn.

Eiwitten zijn opgebouwd uit aminozuren; met zekerheid zijn thans 24 aminozuren vastgesteld. De meeste hiervan kunnen in de lichaamscellen worden gesynthetiseerd. Een aantal aminozuren is echter essentieel, dat wil zeggen de mens moet deze met de voeding opnemen, omdat hij ze niet zelf kan opbouwen. Deze zijn: lysine, fenylalanine, tryptofaan, methionine, threonine, leucine, isoleucine en valine. Het zal duidelijk zijn dat een voedingseiwit dat het rijkst is aan essentiële aminozuren en deze in een verhouding bevat die het dichtst het lichaamseiwit benadert, voor de voeding de hoogste waarde heeft (DEN HARTOG, 1969).

THOMAS voerde in 1909 de term biologische waarde (BW) in om de voedingswaarde van eiwitten aan te duiden. Indien aan een eiwit een essentieel aminozuur ontbreekt is de BW 0.

De FAO/WHO Joint Study Group 1965 heeft het referentie eiwit geïntroduceerd (dat is het eiwit met een aminozuurpatroon dat volledig gebruikt wordt voor de synthese en het onderhoud van de lichaamseiwitten voor hun primaire fysiologische functies en voor het adequaat onderhouden van de andere levensprocessen). Dit eiwit heeft een NPU (= net protein utilization) van 100 (THIELEBEIN, 1969). De NPU is dus een maat voor de biologische waarde en de verteerbaarheid.

3.2.2. Eiwittekort

Eiwittekort staat min of meer centraal in het wereldvoedselprobleem. Volgens THIELEBEIN (1969) zou met berekeningen aan te tonen zijn dat er geen eiwittekort in de wereld bestaat, maar hij stelt dat een dergelijke konklusie zeer misleidend is. Er is wel genoeg eiwit, maar het is ongelijk verdeeld over de wereldbevolking. Van de voedingsstoffen blijkt eiwit nl. het meest inkomensafhankelijk. En zodoende is er een kloof tussen ontwikkelde en ontwikkelingslanden en tussen rijk en arm binnen een land, hetgeen vooral tot uiting komt in ontwikkelingslanden waar de eiwitvoorziening van de laagste inkomensklassen beperkt is tot slechts één of enkele hoofdvoedingsgewassen.

Eiwittekort heeft ernstige ziekteverschijnselen tot gevolg. Deze zijn het eerst waar te nemen aan het groeiende individu. Kinderen die aan een ernstig eiwittekort, kwashiorkor, lijden blijven achter in groei, worden apatisch en krijgen oedeem. Daar waar de voeding weinig dierlijk eiwit bevat en als hoofdvoedsel cassave, mais, rijst of andere granen worden gebruikt, heerst de ziekte endemisch. Is naast sterke eiwitondervoeding ook het aantal gebruikte calorieën laag, dan gaat men aan marasmus lijden (symptomen: uitdroging, vel over been, achterblijven in geestelijke ontwikkeling).

3.2.3. Eiwitproductie

Eiwitproducten kunnen van zowel dierlijke als plantaardige oorsprong zijn. Dierlijke eiwitten hebben een hogere BW dan plantaardige doordat ze een beter patroon aan essentiële aminozuren bezitten. Plantaardige hebben echter het voordeel dat ze goedkoper zijn en beter houdbaar.

De granen vormen één van de belangrijkste groepen onder de eiwitproducerende gewassen. De wereldproductie aan plantaardig eiwit was in 1968 volgens de FAO 153,85 miljoen ton, waarvan 105,49 miljoen ton (68,5%) voor rekening van de granen kwam. Andere eiwitleveranciers zijn peulvruchten (18,0%), wortels, knollen, oliehoudende zaden, vruchten, groenten en noten (tezamen 13,5%).

De NPU van granen is i.h.a. niet hoog. Dit komt omdat ze arm zijn aan vooral lysine en zoals vermeld is dit een essentieel aminozuur. De verdelaar zal dus bij zijn streven het eiwitgehalte te verhogen, de aminozuursamenstelling niet uit het oog mogen verliezen. Door deze zo te veranderen dat de beperkende aminozuren in een betere verhouding komen te staan tot de andere, wordt de kwaliteit van het eiwit beter.

4. HET GRAANGEWAS MAIS

4.1. PLANTBESCHRIJVING

Zea mays L. behoort tot de orde der Glumiflorae, de familie der Gramineae en het geslacht *Zea*. De maisplant is éénjarig, wordt tot ca. 3 m hoog en stoelt nagenoeg niet uit. De stengel is stevig en rechtopstaand; de bladeren zijn breed, lang, met een enigszins gegolfde bladrand en aan de bovenkant licht behaard; er is een duidelijke hoofdnerf.

Mais is éénslachtig en éénhuizig. De mannelijke bloeiwijze is een eindstandige pluim, die in grootte varieert bij verschillende rassen. De vrouwelijke bloeiwijzen ontstaan in de bladoksels; ze zijn omhuld door bladscheden, waaruit de lange stijlen hangen. De stempel is receptief zodra de stijlen naar buiten komen. Bij mais treedt protandrie op, maar er is enige overlapping zodat tot 5% zelfbestuiving kan

optreden. De stuifmeelproduktie is overvloedig: een pluim levert 2-5 miljoen stuifmeelkorrels. De bestuiving geschiedt door de wind.

De vrucht is een caryopsis; binnen de vruchtwand die met de zaadhuid vergroeid is, vinden we het endosperm en het embryo. Het endosperm bestaat uit een eiwitrijk en een zetmeelrijk gedeelte; de verhouding varieert met het type. Het embryo bevat eiwitten, vetten en mineralen.

Er zijn vele variëteiten van mais bekend; de belangrijkste zijn: pofmais, parelmais, "flint mais", "dent mais", suikermis en "waxy mais" (PURSEGLOVE, 1972).

4.2. OORSPRONG EN VERSPREIDING

De ontstaanswijze van de maisplant is niet met zekerheid bekend; de plant is nooit in het wild gevonden. Het gewas is inheems in tropisch Amerika, het genencentrum is vermoedelijk Mexico.

Mais was het belangrijkste gewas in de Nieuwe Wereld in de pre-Columbiaanse tijd. Na de ontdekking van de Amerika's vond het snel verspreiding over de rest van de wereld. Het wordt tegenwoordig ook in de gematigde klimaatzones algemeen verbouwd en is met rijst en tarwe één van de drie belangrijkste granen. Het wordt gebruikt als hoofdvoeding voor de mens (vooral in de tropen), als veevoer (vooral in de gematigde streken) en voor industriële doeleinden (produktie van zetmeel, suikers, spijsolie).

Mais is tot nu toe het belangrijkste gewas in de U.S.A. het neemt ongeveer een kwart van het beplante areaal in beslag (Corn Belt). In een aantal Afrikaanse landen verving het gedeeltelijk de traditionele gewassen als sorghum en de giersten. In Zuidoost Azië, waar rijst het hoofdvoedingsgewas is, is het niet erg belangrijk geworden. Het is wel belangrijk als voedingsgewas in het Middellandse Zeegebied, Zuidoost Europa en het Midden Oosten.

De belangrijkste productiegebieden zijn de U.S.A. (de helft van de wereldproduktie), China, Brazilië, de Sovjet Unie, Mexico, Roemenië, Joegoslavië, India en Zuid-Afrika (PURSEGLOVE, 1972).

4.3. SAMENSTELLING VAN DE KORREL

Men is reeds lang bezig met de veredeling van mais; bijna altijd was het doel hoog-producerende rassen te verkrijgen. Pas de laatste jaren is men ook aandacht gaan besteden aan kwaliteitsverbetering, hoger eiwitgehalte en betere aminozuursamenstelling. De voedingswaarde van granen in het algemeen en van mais in het bijzonder is niet hoog doordat het eiwit arm is aan essentiële aminozuren (bij mais: lysine, tryptofaan en methionine).

4.3.1. De opaque-2 en floury-2 mutanten

In 1964 ontdekten MERTZ en medewerkers het effect dat de mutant opaque-2 heeft op de aminozuursamenstelling van de endosperm-eiwitten. Kort daarop ontdekten ze dat ook de mutant floury-2 een dergelijk effect gaf. De korrels van de mutanten zijn fenotypisch niet van elkaar te onderscheiden; bij beide zijn ze dof en missen het hoornachtige zetmeel dat rond de periferie van normale korrels ligt. Er werden nog meer mutanten onderzocht die een dergelijke fenotype hebben, maar geen daarvan gaf verandering in aminozuursamenstelling (NELSON et al, 1965).

De genen voor opaque-2 en floury-2 liggen op verschillende chromosomen. Het eerste gen ligt op chromosoom 7 en erft recessief over, het tweede ligt op chromosoom 4 en is onvolledig dominant.

Hoewel opaque-2 (o_2) en floury-2 (fl_2) mutanten gewoonlijk beschreven worden als zijnde lysinerijk, moet opgemerkt worden dat ook van andere aminozuren het gehalte veranderd is. Zo is bv. in opaque-2 ook het gehalte aan tryptofaan, histidine, arginine, asparaginezuur en glycine hoger geworden, van enkele andere (o.a. alanine, leucine) echter lager. Bij floury-2 neemt ook het methioninegehalte aanzienlijk toe (NELSON, 1969; zie Tabel 1).

4.3.2. Oorzaak van de veranderde aminozuursamenstelling

Volgens de Osborne-Mendel methode kunnen vijf groepen eiwitten onderscheiden worden, nl. (i) albumine (oplosbaar in water), (ii) globuline (oplosbaar in NaCl), (iii) prolamine, bij mais zeïne genaamd (oplosbaar in ethanol), (iv) gluteline (oplosbaar in NaOH) en (v) een onoplosbaar deel.

In mais nemen de zeïne en glutelinefractie samen ca. 70-80% van het oplosbaar eiwit in het endosperm in. De zeïne-fractie (ca. 50% in normale zaden) bevat weinig lysine, terwijl de glutelinefractie er rijk aan is. Nu blijkt dat in de opaque-2 en floury-2 mutanten deze laatste fractie toegenomen is en de eerste afgenomen (MERTZ et al, 1964; NELSON, 1969). Bovendien vond JIMENEZ (1968; vermeld door NELSON, 1969), dat in de o_2 en fl_2 mutanten een hoger percentage lysine aanwezig is² in de glutelinefractie vergeleken met normale mais (in zijn onderzoek 4,5 resp. 4,4 t.o.v. 3,2 g/100 g eiwit). De lagere verhouding zeïne/gluteline in de o_2 en fl_2 mutanten is dus gunstig.

Volgens MERTZ et al (1966) is er nauwelijks verschil in aminozuursamenstelling in embryo's van normale en opaque-2 zaden. Echter het lysinegehalte in het embryo is hoger dan in het endosperm (verg. Tabel 1). Wanneer alleen het lysinegehalte beschouwd wordt, zou een groter embryo leiden tot een hoger gehalte aan dit aminozuur van de gehele korrel. NELSON (1969) vermeldt dat er door Bauman opaque-2 hybriden gevonden zouden zijn met grotere embryo's dan in de niet-mutante versies.

Tabel 1. Aminozuursamenstelling van resp. het ontvette endosperm (NELSON et al, 1965), de ontvette kiem en de gehele ontvette korrel (NELSON, 1969) voor het mais-ras W64A en opaque-2 en floury-2 mutanten, uitgedrukt in grammen per 100 gram eiwit

Aminozuur	endosperm			kiem		gehele korrel		
	W64A+	W64Ao ₂	fl ₂	+	o ₂	+	o ₂	fl ₂
Lysine*	1,6	3,7	3,3	6,1	5,9	3,0	5,0	4,8
Tryptofaan*	0,3	0,7	0,8	2,9	2,9	0,7	1,3	-
Histidine	2,9	3,2	2,2	2,2	2,1	2,6	3,5	2,9
Arginine	3,4	5,2	4,5	9,1	9,2	4,9	7,2	6,3
Asparaginezuur	7,0	10,8	8,1	8,2	9,2	9,2	8,8	10,5
Glutaminezuur	26,0	19,8	19,1	13,1	13,9	22,6	17,2	18,5
Threonine*	3,5	3,7	3,3	3,9	3,7	4,1	3,8	4,1
Serine	5,6	4,8	4,8	5,5	5,0	5,6	4,7	5,2
Proline	8,6	8,6	8,3	4,8	5,3	9,6	8,4	8,8
Glycine	3,0	4,7	3,7	5,4	5,5	4,7	5,1	4,7
Alanine	10,1	7,2	8,0	6,0	5,8	9,2	6,7	8,0
Valine*	5,4	5,3	5,2	5,3	4,4	5,7	5,2	5,7
Cystine	1,8	0,9 ^a	1,8	1,0	0,9	1,7	2,0	1,6
Methionine*	2,0	1,8	3,2	1,7	1,5	1,3 ^b	2,2	2,7
Isoleucine*	4,5	3,9	4,0	3,1	2,5	4,2	3,4	4,0
Leucine*	18,8	11,6	13,3	6,5	5,6	14,6	9,3	12,0
Tyrosine	5,3	3,9	4,5	2,9	2,2	5,2	4,2	4,6
Fenylalanine*	6,5	4,9	5,1	4,1	3,6	5,8	4,4	5,2
		% eiwit					% eiwit	
	12,7	11,1	13,6			9,0	10,5	17,0

* essentieel aminozuur

a andere analyses van opaque-2 materiaal gaven waarden even groot of groter dan van normaal materiaal

b lager dan verwacht, waarschijnlijk is een deel verloren gegaan tijdens hydrolyse

Opmerking bij Tabel 1. We moeten er rekening meer houden dat W64A+ en + waarschijnlijk niet isogeen zijn. Dit geldt mutatis mutandis ook voor W64A₂ en o₂. Zeker is dat de genetische achtergrond van fl₂ anders is dan die van W64A. Men moet dan ook voorzichtig zijn met het vergelijken van de gegevens.

4.4. ENKELE KORRELATIES

4.4.1. Eiwit-aminozuur

DUMANOVIC en DENIC (1969) vonden dat er samenhangen bestaan tussen de aminozuurhoeveelheden onderling en tussen eiwitgehalte en -samenstelling. Aan de hand van de gevonden korrelatiecoëfficiënten maakten ze een indeling in twee groepen.

De aminozuren van groep I nl. lysine, histidine, arginine, asparaginezuur, threonine, glycine, valine en methionine zijn positief met elkaar gekorreleerd en vertonen een negatieve korrelatie met het eiwitgehalte. De overige aminozuren (groep II) zijn negatief gekorreleerd met die uit groep I en hebben meestal een positieve korrelatie tot het eiwitgehalte. Tryptofaan was niet in de vergelijking opgenomen.

De bovenvermelde negatieve korrelatie tussen lysine- en eiwitgehalte doet de vraag rijzen of het mogelijk is lijnen te ontwikkelen met zowel een hoog lysine- als een hoog eiwitgehalte.

NELSON (1969) ging na wat er gebeurde als opaque-2 ingekruist werd in materiaal met een hoog eiwitgehalte, waarvoor hij de selectie Illinois High Protein (IHP) gebruikte. Hij vond dat het mogelijk was om hoog eiwitgehalte te combineren met de karakteristieke aminozuursamenstelling van opaque-2.

4.4.2. Eiwit-opbrengst

In Illinois werd in 1896 een selectie-experiment begonnen. Eén van de selectieprodukten is IHP, een selectie die na 65 generaties een eiwitgehalte van 25% heeft, maar waarvan de eiwitkwaliteit helaas laag is. Bovendien bleek dat eiwitgehalte en opbrengst negatief gekorreleerd waren.

HAYES en GARBER (1919), EAST en JONES (1920) en FREY (1951), allen vermeld door SREERAMULU en BAUMAN (1970), vonden een negatieve korrelatie tussen het eiwitgehalte en de korrelopbrengst. ALEXANDER et al (1969) vermelden dat ze betrouwbare verschillen vonden in gemiddelde opbrengst tussen opaque-2 hybriden en hun isogene normale hybriden; er waren echter ook hybriden die niet betrouwbaar van elkaar verschilden wat de opbrengst betreft. Ook SALAMINI et al (1970) vonden dit, terwijl LAMBERT et al (1969) zelfs een enkele opaque-hybride vonden die betrouwbaar meer opbracht dan de normale.

WOODWORTH en JUGENHEIMER (1948; in SREERAMULU en BAUMAN, 1970) vonden geen statistisch betrouwbare correlatie tussen eiwitgehalte en opbrengst. En uit een onderzoek van SREERAMULU en BAUMAN (1970) bleek eveneens dat de correlaties tussen eiwitgehalte, korrelgewicht en opbrengst laag zijn en niet statistisch betrouwbaar. Die tussen lysinegehalte en opbrengst was evenmin duidelijk.

Het moet dus mogelijk zijn opaque-2 selecties te ontwikkelen die een hoog eiwitgehalte paren aan een hoog lysinegehalte en bovendien een hoge opbrengst geven.

NELSON (1969) wijst er nog op dat men bij de selectie op hoog eiwitgehalte de eiwithoeveelheid per korrel niet uit het oog moet verliezen. De kans bestaat anders dat men op genotypen selekteert die weliswaar een hoog eiwitgehalte hebben, maar waarvan de absolute hoeveelheid eiwit per korrel laag is. In zo'n geval wordt het hoge gehalte bereikt ten koste van de opbrengst.

SALAMINI et al (1970) vermelden dat de verschillen in opbrengst tussen lysinerijke mutanten en hun normale isogenen grotendeels zijn terug te voeren op een lager korrelgewicht van de mutanten.

Uit onderzoek van ALEXANDER et al (1969) bleek dat het 100-korrelgewicht van opaque-2 hybriden positief gekorreleerd was met de korrelopbrengst per plant.

5. OPBRENGST, EIWITGEHALTE EN EIWITSAMENSTELLING VAN TIEN MAISCULTIVARS

5.1. PROBLEEMSTELLING

Alvorens voor een gewas kan worden begonnen aan de opstelling en uitvoering van een veredelingsprogramma gericht op verhoging van eiwitgehalte en/of verbetering van eiwitsamenstelling, dienen de in dit opzicht aanwezige verschillen tussen de beschikbare cultivars van het gewas te worden opgespoord en gekwantificeerd.

5.2. MATERIAAL, METHODEN EN UITVOERING

Ten einde verschillen in opbrengst, eiwitgehalte en eiwitsamenstelling tussen een tiental lysinerijke maiscultivars (Tabel 2) op te sporen, werd een rassenproef uitgevoerd.

Tabcl 2. Gebruikte lysinerijke maiscultivars en hun herkomst

Introductie	Cultivar	Herkomst	o ₂	fl ₂
70157	Comp. KC2	Mexico (CIMMYT)	+	+
70275	Sineto	Venezuela	+	-
70276	Sicarigua Mcjarado	Venezuela	+	-
70277	Foremaíz-1	Venezuela	+	-
70278	Tunapuy	Venezuela	+	-
70279	Venezuela-1	Venezuela	+	-
70280	Compuesto Opaco-2 No. 1	Venezuela	+	-
70281	Comp. op.-2 No. 2	Venezuela	+	-
70271	W64A	Italië	-	+
70272	W182B	Italië	-	+

Het experiment werd opgezet als een gewarde volledige blokkenproef in 6 herhalingen. De blokken lagen verdeeld over drie 7 m brede bedden van ongelijke lengte. De overblijvende ruimte werd opgevuld met een instandhoudingsaanplant van alle nog voorradige lysinerijke maisrassen (totaal 20) en kleine schermstroken van de selectie CS2. Elk veldje omvatte zeven in de lengterichting van de bedden verlopende rijen van acht planten in verband 90 x 30 cm; de veldjeslengte bedroeg 2,10 m, de bruto breedte, exclusief de treuzen, 6,10 m. Alleen de vijf binnenrijen werden voor de proef gebruikt.

Op 11 augustus werden de proefbedden machinaal gespit en op 21 augustus met de rotorkoep bewerkt. Om een optimaal zaaibed te krijgen werd de dag daarop gefreesd, gepatjold en bol-gelegd.

Op 22 en 23 augustus werd met de hand ingezaaid. Op 31/8 en 8/9 werd ingeboet, terwijl op 18/9 besloten werd herhaling 6 te laten vervallen en goede planten daaruit over te planten naar de overige herhalingen. Op 20/9 werden alle planten op één gezet.

Bemest werd op 14/9 met 300 kg NPK Mg (10+15+20+2); de meststof werd geplaatst in voren die langs de plantrijen waren gemaakt. Drie weken daarna werd eenzelfde bemesting toegediend, aangevuld met 150 kg/ha ureum.

Regelmatig werd met Dipterex gespoten tegen Spodoptera. Gedurende de groei werden planttellingen uitgevoerd en waarnemingen gedaan over tijdstip van in bloei komen, bloeisynchronisatie, pluimontwikkeling en stuifmeelproductie.

Begin december begon de oogst die over een periode van drie weken liep. De kolven werden kunstmatig gedroogd bij 40°C en daarna gedorst. Opbrengst, 100-korrelgewicht, vochtgehalte en eiwitgehalte (volgens methode KJELDAHL) werden bepaald. Het lysinegehalte moet nog bepaald worden, hetgeen in Wageningen (Nederland) zal gebeuren.

5.3. RESULTATEN EN BESPREKING

5.3.1. Opkomst

De opkomst na eerste inzaai was slecht; het gemiddelde varieerde van 11 tot 39% (Tabel 3), terwijl binnen de rassen een grote variatie optrad. Aangezien het vermoeden bestond dat deze geringe opkomst te wijten was aan onvoldoende zorgvuldig uitlezen van het zaaizaad dat ernstig door klanders was aangetast, werd het reservezaad opnieuw uitgelezen. De opkomst van de inboetelingen was aanzienlijk beter dan die na eerste inzaai en varieerde van 28 tot 67% (Tabel 3).

Tabel 3. Opkomstpercentages na eerste inzaai en van de inboetelingen

Opkomst	70157	70275	70276	70277	70278	70279	70280	70281	70271	70272
1 ^e inzaai	24	21	26	13	39	29	30	24	11	26
inboetelingen	55	31	52	39	67	48	56	36	28	34

Hoewel ook na de tweede en derde inboetrunde (8/9 resp. 18/9) niet op alle veldjes het maximale aantal planten stond (40 exclusief de randrijen), was de uiteindelijke bezetting toch redelijk te noemen; een uitzondering vormde het ras 70271; zie Tabel 4.

Tabel 4. Aantal bezette plantplaatsen op 2 oktober 1972;
max. = 40

Ras	Herhaling					
	1	2	3	4	5	6
70157	39	32	38	40	39	(23)
70275	38	26	37	33	32	(13)
70276	39	37	38	40	40	(22)
70277	32	32	38	38	40	(14)
70278	38	37	40	40	38	(35)
70279	38	39	36	38	40	(30)
70280	38	38	39	40	40	(27)
70281	40	39	31	37	39	(22)
70271	15	23	25	18	14	(9)
70272	37	40	37	38	39	(22)

De gewasstand was zeer onregelmatig als gevolg van het vele inboeten. Het was echter duidelijk te zien dat het planttype van de rassen 70271 en 70272 verschilde van dat van de overige; de planten waren klein en schriël. Dit zal het gevolg geweest zijn van een minder goede aanpassing aan Surinaamse omstandigheden.

5.3.2. Bloei

Verschillende rassen begonnen in de eerste week van oktober te bloeien. De twee Italiaanse cultivars (70271 en 70272) waren duidelijk vroeger dan de CIMMYT composite (70157) en de Venezolaanse rassen (alle overige). De eerste kwamen in de eerste week van oktober in bloei, de overige in de derde week.

↑ Bij alle rassen was de synchronisatie tussen ♂ (kolf-) en ♀ (pluim-) bloei goed. De pluimomvang en stuifmeelproduktie waren echter van ras tot ras zeer uiteenlopend. De rassen 70271 en 70272 ontwikkelden zeer kleine, nauwelijks samengestelde pluimen met geringe stuifmeelproduktie. Ook bij de Venezolaanse cv's liet de pluimomvang en/of stuifmeelproduktie te wensen over. Volle pluimen werden alleen bij 70157 en 70276 gevonden.

De verwachting is echter dat de omvang van de stuifmeelproduktie weinig invloed op de mate van zaadzetting heeft gehad. Alle veldjes zullen wel door de goede stuifmeelleveranciers bestoven zijn.

5.3.3. Kolfproduktie

Na de oogst werd van elk veldje apart de kolfproduktie bepaald; Tabel 5. De Italiaanse rassen gaven gemiddeld minder dan één kolf per plant, de andere rassen gemiddeld meer dan één. De kolven waren doorgaans vrij goed ontwikkeld en gevuld; echter ook in dit opzicht verschilden de Italiaanse rassen van de overige; ze gaven zeer kleine en zeer slecht bezette kolven.

Tabel 5. Gemiddeld aantal kolven per plant en gemiddelde opbrengst per kolf (berekend over zes herhalingen)

	70157	70275	70276	70277	70278	70279	70280	70281	70271	70272
gem. aantal kolven per plant	1,02	1,16	1,21	1,13	1,22	1,16	1,06	1,03	0,97	0,97
gem. opbr. per kolf (g)	82	75	57	74	66	55	69	66	41	41

5.3.4. Opbrengst

Na het kunstmatig drogen van de kolven en het dorsen werden vochtmonsters genomen. Het gemiddelde vochtgehalte was laag en liep uiteen van 7,6 tot 15,1%. Daarna werd de korrelopbrengst, omgerekend op 15% vocht, bepaald (Tabel 6).

Tabel 6. Korrelopbrengst (15% vocht) in grammen per veldje, gemiddelde opbrengst per ras (g) en 100-korrelgewicht (g)

Ras	Herhaling					gem.	100-korrelgewicht
	1	2	3	4	5		
70157	2879	3158	3522	3610	3348	3303	26,3
70275	3479	2200	3403	3394	2754	3046	25,3
70276	1758	3424	2435	2833	3086	2707	24,1
70277	1905	2998	3522	3417	2935	2956	25,3
70278	3220	3176	3588	3563	2741	3258	23,4
70279	2150	2710	2256	2758	2857	2546	25,3
70280	2449	3436	2752	2827	3773	3047	24,9
70281	2191	2433	1718	2893	3257	2498	22,7
70271	354	1537	823	973	445	826	18,2
70272	329	981	667	1618	1104	940	19,2

Wegens het geringe aantal planten werden ras 70271 en herhaling 0 buiten beschouwing gelaten bij de statistische verwerking van de opbrengstgegevens. Hetzelfde geldt voor 70272, gezien de zeer lage opbrengst vergeleken met de andere rassen.

Omdat niet alle veldjes maximaal bezet waren (Tabel 4), werd een korrektiefactor voor ontbrekende planten in berekening gebracht. Bij het berekenen van deze factor werd een correctieformule gebruikt die wordt aanbevolen door de F.A.O. en het U.S.D.A. (HINDI, 1962):

$$CW = FW + \frac{FW}{N} \times 0,7 \times n ,$$

waarin: CW = gekorrigeerde opbrengst per veldje
 FW = gevonden opbrengst
 N = aantal aanwezige planten
 n = aantal ontbrekende planten

Tabel 7. Gekorrigeerde opbrengst per veldje in kg en per ha in ton

Ras	Herhaling					gcm.	Opbrengst per ha (ton)
	1	2	3	4	5		
70157	2,9	3,7	3,7	3,6	3,4	3,46 (a)*	3,2
70275	3,6	3,0	3,6	3,9	3,2	3,46 (a)	3,2
70276	1,8	3,6	2,5	2,8	3,1	2,76 (bc)	2,6
70277	2,2	3,5	3,7	3,5	2,9	3,16 (abc)	3,0
70278	3,3	3,4	3,6	3,6	2,8	3,34 (ab)	3,1
70279	2,2	2,8	2,3	2,8	2,9	2,60 (c)	2,4
70280	2,5	3,5	3,0	2,9	3,8	3,14 (abc)	2,9
70281	2,2	2,5	2,1	3,1	3,3	2,64 (bc)	2,4
gem.	2,59 (b)	3,25 (a)	3,06 (ab)	3,28 (a)	3,18 (a)		

* Overeenkomstige letters geven gemiddelden aan die niet betrouwbaar van elkaar verschillen.

Variantie-analyse tabel:

Oorzaak	dim.	$ \text{proj} ^2$	$ \text{proj} ^2/\text{dim}$	F
Niveau	1	376,9960		
Ras	7	4,4600	0,6371	3,72 $F_{28}^7(\alpha=0,05)=2,36$
Blok	4	2,5465	0,6366	3,72 $F_{28}^4(\alpha=0,05)=2,71$
Toeval	28	4,7975	$s_x^2=0,1713$	$(s_x = 0,41)$
Totaal	40	388,8000		

Uit de analyse blijkt dat er een ras-effekt en een blok-effekt aanwezig is. Met de "New Multiple-Range Test" van Duncan werd vervolgens bepaald welke rassen en blokken betrouwbaar van elkaar verschillen; zie Tabel 7.

Het volgende werd gevonden: de rassen 70157 en 70275 brengen betrouwbaar meer op dan rassen 70276, 70279 en 70281 en het ras 70278 brengt betrouwbaar meer op dan ras 70279. De overige opbrengstverschillen zijn niet betrouwbaar. De blokken 2, 4 en 5 brengen betrouwbaar meer op dan blok 1, terwijl blok 3 vangsen van de andere blokken betrouwbaar afwijkt.

5.3.5. 100-korrelgewicht

Van elk der rassen werd het 100-korrelgewicht bepaald. Ook in deze eigenschap verschilden de rassen van elkaar en ook nu bleek weer dat de Italiaanse rassen een aparte plaats innemen (Tabel 6).

5.3.6. Eiwitgehalte

Het gehalte aan ruw-eiwit (stikstofgehalte 16%, eiwitfaktor $100/16 = 6,25$) in de verschillende rassen is vermeld in Tabel 8. Uit de variantie-analyse kwam naar voren dat er geen blokeffect aanwezig is, maar wel een duidelijk ras-effekt. Na toepassing van de Duncan-toets werd gevonden dat het ras 70271 een betrouwbaar hoger eiwitgehalte bezit dan de overige rassen. Ras 70272 heeft eveneens een hoger eiwitgehalte dan de overige, met uitzondering van het ras 70279.

Het is opvallend dat de beide Italiaanse rassen wat deze eigenschap betreft de rassen uit Mexico en Venezuela overtroeven, terwijl ze qua opbrengst en korrelgewicht voor hen onderdoen.

Tabel 8. Gehalte aan ruw eiwit (eiwitfactor 6,25)

Ras	Herhaling					gem.
	1	2	3	4	5	
70157	10,94	12,19	9,94	10,85	12,06	11,20 (c)*
70275	9,56	11,38	11,38	10,75	10,81	10,78 (c)
70276	11,25	10,35	11,13	10,50	10,63	10,77 (c)
70277	10,63	11,38	10,50	10,56	11,06	10,83 (c)
70278	10,50	10,44	11,13	10,06	12,19	10,86 (c)
70279	11,31	11,16	11,69	11,56	12,00	11,54 (bc)
70280	11,63	11,00	10,63	10,69	11,31	11,05 (c)
70281	10,81	10,50	11,56	11,44	10,69	11,00 (c)
70271	14,00	12,63	13,88	13,06	12,38	13,19 (a)
70272	13,16	11,56	12,81	11,63	12,00	12,23 (b)

* Overeenkomstige letter geven gemiddelden aan die niet betrouwbaar van elkaar verschillen.

Variantie-analyse tabel:

Oorzaak	dim	$ \text{proj} ^2$	$ \text{proj} ^2/\text{dim}$	F
Niveau	1	87,8078		
Ras	9	29,1856	3,2428	8,24 $F_{36}^9 (\alpha=0,05) = 2,18$
Blok	4	0,7094	0,1774	0,45 $F_{36}^4 (\alpha=0,05) = 2,67$
Toeval	36	14,1634	$S_x^2 = 0,3934$	$(s_x = 0,63)$
Totaal	50	131,8662		

Om een indruk te krijgen van het eiwitgehalte van lokale mais, is het percentage ruw eiwit van enkele CELOS-selekties bepaald. Gevonden werd dat de cyclische selekties 68054CS1 en 68054CS2 11,59% resp. 9,00% eiwit bevatten en het synthetisch ras SR1 10,90%.

6. SLOTOPMERKINGEN

De veredeling levert een grote bijdrage aan het verbeteren van de voeding van de mens door het ontwikkelen van rassen met aan de ene kant een hoog opbrengend vermogen en aan de andere kant een goede kwaliteit. Men is reeds lang bezig met de veredeling van mais; bijna altijd was het doel hoger opbrengende rassen te verkrijgen. Pas de laatste jaren is men meer aandacht gaan schenken aan kwaliteitsverbetering via een hoger eiwitgehalte en een betere aminozuursamenstelling.

Echter, ook bij de veredeling op hoger eiwitgehalte mag men de opbrengst niet uit het oog verliezen. Men loopt dan de kans te selecteren op hoog eiwitgehalte maar tevens op lage opbrengst (4.4.2), en de hoeveelheid eiwit/ha wordt evenzeer bepaald door de hoeveelheid geproduceerd zaad/ha. Ook een hoger eiwitgehalte zonder een daarmee samengaan hoog lysinegehalte is bij mais, om eerder genoemd redenen niet erg zinvol.

De maisrassen die in de proef bakken werden, bleken niet tot een hoge opbrengst te komen. Ook hun eiwitgehalte bleek niet bijzonder hoog. Helaas is het lysinegehalte nog niet bepaald en dit is nu juist de eigenschap waardoor deze rassen gekenmerkt zouden zijn, op grond van de aanwezigheid van het o_2 en/of fl_2 gen.

Mocht het lysinegehalte in de buitenlandse rassen hoger zijn dan van lokale populaties en selecties dan kan met deze rassen een terugkruisingsprogramma worden uitgevoerd ten einde deze gunstige eigenschap in het lokale materiaal in te bouwen.

7. LITERATUUR

- ALEXANDER, D.E., R.J. LAMBERT & J.W. DUDLEY, 1969. Breeding problems and potentials of modified protein maize. In: New approaches to breeding for improved plant protein. IAEA, Vienna: 55-67.
- ALEXANDER, D.E., J.W. DUDLEY & R.J. LAMBERT, 1971. The modification of protein quality of maize by breeding. Proc. 5th. Meeting Maize and Sorghum Section of Eucarpia: 33-43.
- BÁLINT, A., 1970. Improvement of the chemical composition of maize kernels by breeding. In: Protein growth by plant breeding, ed. A. Bálint. Akadémiai Kiadó, Budapest: 9-74.
- DUMANOVIC, J. & M. DENIC, 1969. Variation and heritability of lysine content in maize. In: New approaches to breeding for improved plant protein. IAEA, Vienna: 109-116.

- FAO, 1970. Production Yearbook 1969. FAO, Rome.
- HARTOG, C. DEN, 1969. Nieuwe voedingsleer. Aula-boeken 23, 4e druk, Utrecht: 399 pp.
- HARTOG, C. DEN en S. IWEMA, 1968. De betrekkelijkheid van lysinetoevoegingen in de voeding van mens en landbouwhuisdier. Landbouwk. Tijdschr., 80: 342-347.
- HINDI, L.H.A., 1962. The effects of skips on the grain yield of the adjacent hills in trials with maize hybrids under different conditions. Proefschrift, Landbouwhogeschool Wageningen. Veenman & Zonen, Wageningen: 33 pp.
- HOFSTEDÉ-VAN DER MEER, S. e.a., 1971. Eiwit in enkele voedselgewassen. Ingenieursscriptie Plantenveredeling, Landbouwhogeschool, Wageningen: 151 pp.
- JUGENHEIMER, R.W., 1961. Breeding for oil and protein content in maize. Euphytica, 10: 152-156.
- LAMBERT, R.J., D.E. ALEXANDER & J.W. DUDLEY, 1969. Relative performance of normal and modified protein (opaque-2) maize hybrids. Crop Sci., 9: 242-243.
- MERTZ, E.T. et al., 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. Science, 145: 279-280.
- NELSON, O.E. et al., 1965. Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. Science, 150: 1469-1470.
- NELSON, O.E., 1969. The modification by mutation of protein quality in maize. In: New approaches to breeding for improved plant protein. IAEA, Vienna: 41-54.
- PAEZ, A.V. et al., 1969. Lysine content of opaque-2 maize kernels having different phenotypes. Crop Sci., 9: 251-252.
- PURSEGLOVE, J.W., 1972. Tropical Crops. Monocotyledons I. Longmans, Group Ltd, Londen etc.: 300-334.
- REDDY, G.M. & B.V. RAMASASTRI, 1967. Amino acid composition of Indian maize varieties. Ind. J. Genet. Pl. Breed., 27: 461-464.
- SALAMINI, F., B. BORGHINI & C. LORENZONI, 1970. The effect of the opaque-2 gene on yield in maize. Euphytica, 19: 531-538.
- SREERAMULU, C. & L.F. BAUMAN, 1970. Yield components and protein quality of opaque-2 and normal diallels of maize. Crop. Sci., 10: 262-265.
- THIELEBEIN, M., 1969. The world's protein situation and crop improvement. In: New approaches to breeding for improved plant protein. IAEA, Vienna: 3-6.