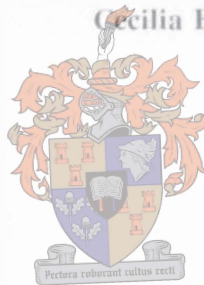


**GENETIESE POLIMORFISME IN DIE
SUID-AFRIKAANSE KIEMPLASMAVERSAMELING
VAN VERBOUDE PATATS, *IPOMOEA BATATAS* (L.) LAM.**

Cecilia Bester



**Tesis ingelewer ter gedeeltelike voldoening aan die vereistes vir die graad van
Magister in Natuurwetenskappe aan die Universiteit van Stellenbosch.**

Februarie 1991

Studieleier: Dr. J.H. Louw

Verklaring

Ek die ondergetekende verklaar hiermee dat die werk in hierdie tesis vervat, my eie oorspronklike werk is wat nog nie vantevore in die geheel of gedeeltelik by enige ander Universiteit ter verkryging van 'n graad voorgelê is nie.



20 Februarie 1991

OPSOMMING

Hierdie tesis bestaan uit twee artikels vir publikasie. Die eerste artikel is 'n oorsig van patats as landbougewas en die teling daarvan in Suid-Afrika voor 1950, tussen 1950 en 1980, en na 1980. Dit sluit die omskrywing in van die polikruis en massaseleksie metodes wat na 1980 onderneem is, asook 'n kritiese oorsig van gepubliseerde oorerflikhede en genetiese korrelasies. Die tweede artikel handel oor die resultate van waarnemings in proewe wat onderneem is om genetiese polimorfisme in stoorworteleienskappe te ondersoek, voorspelde seleksieresponsie en genotipe-omgewing wisselwerking.

SUMMARY

This thesis consists of two articles for publication. The first is a review of sweet potato as agricultural crop and a review of breeding in South Africa before 1950, between 1950 and 1980, and after 1980. This includes a description of the polycross and mass selection methods introduced after 1980, and a critical review of published heritabilities and genetic correlations. The second article deals with results of analyses of observations in trials undertaken to investigate genetic polymorphism in tuber characteristics, predicted selection response and genotype-environment interaction.

BEDANKINGS

Ek betuig graag my opregte dank en waardering aan die volgende persone en instansies:

Dr. J.H. Louw vir sy waardevolle hulp en leiding met hierdie studie.

Mnr. J.J.B. van Zijl vir sy hulp, raad en aanmoediging met hierdie studie.

Dr. J.T. Meynhardt vir die geleentheid en die fasiliteite van N.I.G.S. wat ek kon gebruik het.

Mnr. A.A. van den Berg vir die versorging van die proewe en hulp met die insameling van data.

Mej. M.H. Kis'ner vir al haar hulp en die deurlees van die tesis.

Al my kollegas van Groenteseksie wat behulpsaam was met die insameling van data, alle ander hulp en belangstelling.

Dr. B. Eisenbergh van Bio- en Datametriesse Dienste vir sy hulp.

Alle personeel van die Universiteit van Stellenbosch wat 'n bydrae met hierdie studie gelewer het.

Die Departement Landbou-Ontwikkeling vir die geleentheid en fasiliteite wat ek kon gebruik het.

Al my kollegas, vriende en familie vir hulle belangstelling.

INHOUDSOPGAWE

INHOUD

BLADSY

OPSOMMING/SUMMARY

(i)

BEDANKINGS

(ii)

OORSIG VAN PATATS AS LANDBOUGEWAS EN DIE TELING DAARVAN IN SUID-AFRIKA

SAMEVATTING

A1

SUMMARY

A2

INLEIDING

A3

ONTSTAAN EN GENETIESE AGTERGROND

A4

TELING VAN PATATS IN SUID-AFRIKA

A5

Voor 1950

A5

1950 tot 1980

A5

Die jare na 1980

A7

OORERWINGSSTUDIES

A8

LITERATUURVERWYSINGS

A11

TABELLE EN FIGURE

A15

**ONDERSOEK NA GENETIESE VARIASIE IN STOOR-
WORTELEIENSKAPPE VAN DIE SUID-AFRIKAANSE
PATATKIEMPLASMAVERSAMELING**

SAMEVATTING	B1
SUMMARY	B3
INLEIDING	B4
PROSEDURES	B7
Plantmateriaal en proefontwerp	B7
Waarnemings	B7
Statistiese ontledings	B9
RESULTATE EN BESPREKING	B11
Genetiese verskille tussen lyne en groepe van lyne	B11
Verskille tussen lyne in die saamgevoegde steekproef	B12
Oorerflikheid (h^2) van kwantitatiewe kenmerke	B12

Herhaalbaarheid van waarnemings
vir die waarnemings in kategorie
eienskappe

B14

Kovariansies en korrelasies
tussen aantal, massa, persentasie
droë massa en TOS

B15

Voorspelling van seleksieresponsie
vir seleksie tussen lyne

B16

Evaluering van geselekteerde lyne
met hoë massa teenoor die standaard
cultivar Bosbok

B18

Genotipe-omgewing wisselwerking

B19

LITERATUURVERWYSINGS

B21

TABELLE EN FIGURE

B24

OORSIG VAN PATATS AS LANDBOUGEWAS EN DIE TELING DAARVAN IN SUID-AFRIKA

C Bester¹ en J H Louw²

¹ Navorsingsinstituut vir Groente en Sierplante, Privaatsak X293, Pretoria, 0001.

² Departement Genetika, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch, 7600.

SAMEVATTING

Patats is 'n groentegewas wat in baie lande kommersieel as 'n relatiewe goedkoop hoë energie voedselbron verbou word. Patats is 'n heksaploïede plant met 90 chromosome. Die presiese oorsprong asook die filogenetiese verband van patats kon nog nie vasgestel word nie, alhoewel verskeie teorieë bestaan. Reeds kort na die kolonisasie van die Kaap in 1652 is, volgens aangetekende rekords, patats in Suid-Afrika verbou en in 1952 is met 'n teelprogram by die Navorsingsinstituut vir Groente en Sierplante begin. Telers het aanvanklik verskeie probleme soos geen blomvorming, swak saadset en onverenigbaarheid ondervind. Ten spyte hiervan is sedertdien reeds 12 cultivars aan die bedryf vrygestel. Daar is ook vasgestel dat van hierdie cultivars in vier onverenigbaarheidsgroepe verdeel kan word. Waar vroeër hoofsaaklik van handkruisings gebruik gemaak is, word daar sedert 1980 hoofsaaklik van natuurlike oopbestuiwing gebruik gemaak. Hierdie nuwe teelprogram berus op die samestelling van polikruise gevolg deur massaseleksie. Vir die suksesvolle uitvoer van 'n teelprogram is dit ook belangrik om oorerwingsstudies te onderneem. Die kontinue variasie van morfologiese eienskappe word verklaar en bestudeer met die metodes van kwantitatiewe genetica, waar oorerflikheid die sentrale begrip is.

SUMMARY

Sweet potato is a vegetable tuber crop that is grown in several countries as a relative cheap high energy food. The genome of sweet potato is hexaploid with 90 chromosomes. Knowledge on the origin and phylogenetic relationships of cultivated strains is incomplete but the first cultivations of the crop in South Africa were recorded shortly after the colonization of the Cape in 1652. Organized breeding of the crop in South Africa commenced in 1952 at the Vegetable and Ornamental Plant Research Institute at Roodeplaat. Several problems in the available breeding material had first to be dealt with, such as paucity of flowering, poor seedset and the identification and classification of incompatibility groups. However, 12 cultivars have been released since the start of the programme. Prior to 1980, crossing and seed propagation relied on artificial pollination by hand. Natural open pollination by the so-called polycross method is currently used, followed by mass selection. Studies on the inheritance of major traits, including estimation of genetic variance and heritability of quantitative traits in the available germplasm, is being undertaken.

INLEIDING

Die patat, *Ipomoea batatas* (L.) Lam., is 'n groentegewas wat vegetatief voortplant en wat in baie lande kommersieel verbou word. Naas aartappels is patats die wêreld se belangrikste wortel- of knolgewas, hoewel die verbouing tot tropiese en subtropiese gebiede beperk is weens sensitiwiteit teenoor lae temperature en die vereiste aan 'n lang groeiseisoen. Patats is sedert die agttiende eeu die belangrikste groentegewas wat in Japan verbou word waar dit ook 'n belangrike bron van industriële stysel en alkohol is (Villareal, 1982; Agata, 1982). Dit is hoofsaaklik die stoorwortels van patats wat geëet word, maar die bognondse ranke en blare word ook soms as groente en veevoer gebruik. Die stoorwortels word ook op 'n groot skaal in Japan na industriële stysel en alkohol verwerk en die potensiaal van die gewas as bron van brandstof word tans in verskeie lande ondersoek (Jones, Dukes en Schalk, 1986).

Die waarde van patats as hoë energie voedselbron, met 113/100 g teenoor 75/100 g kalorieë in aartappels (Winaro, 1982), word nie altyd besef nie. Patats bevat ongeveer 20% stysel, maar is ook ryk aan karoteen, vitamien A, B en C asook verskeie minerale (Salunke, 1976). Patats produseer in Suid-Afrika tussen 30 tot 40 ton ha⁻¹ bemarkbare stoorwortels. Nieteenstaande hierdie voortreflike eienskappe van patats kleef daar ongelukkig nog ietwat van 'n stigma daaraan wat waarskynlik spruit uit sy algemene verbruik as primêre voedselbron in onderontwikkelde gebiede en minder geboede gemeenskappe. Hierdie verskynsel word deur Villareal (1982) uitgewys bywyse van 'n opname wat toon dat die verbruik van patats as voedsel in Taiwan na die Tweede Wêreldoorlog van 40% na ongeveer 6.8% gedaal het, soos die ekonomie in hierdie land verbeter het.

Die verbouing van patats in Suid-Afrika dateer terug na ongeveer 1652. In 1952 is daar met 'n teelprogram by die Navorsingsinstituut vir Groente en Sierplante begin en in 1970 'n plantverbeteringskema wat die bedryf in 'n

mate op 'n meer georganiseerde stelsel plaas. Die bedryf is egter nog relatief klein met 'n jaarlikse produksie van ongeveer 56 000 ton en met 'n totale waarde van ongeveer R8 miljoen in vergelyking met die jaarlikse produksie van groente van ongeveer 2,5 miljoen ton en 'n totale waarde van meer as R500 miljoen (Du Plooy, 1989). Daar bestaan nietemin groot potensiaal vir verhoogde produksie van patats as relatief goedkoop voedselbron.

Patats word in al vier provinsies van Suid-Afrika verbou met die Transvaalse Laeveld, die Transvaalse Middelveld en die Verre Noord-Transvaal as die vernaamste gebiede van verbouing.

ONTSTAAN EN GENETIESE AGTERGROND

Die presiese oorsprong van patats is tans nog onbekend, maar dit blyk dat die gewas in die suide van Mexiko ontstaan het en daarna na Sentraal Amerika en noord Suid-Amerika versprei het (Yen, 1974; Jones *et. al.*, 1986). Volgens Nishiyama (1982) het daar waarskynlik drie verskillende lyne oor die wêreld versprei nl. Kamote, Batata en Kumara.

Patats is lid van die familie Convolvulaceae. King en Bamford (1937) het vasgestel dat patats 90 chromosome met 'n basiese aantal van 15 besit. Meiotiese studies deur Ting en Kehr (1954) toon aan dat bivalente paring voorkom en dat meiose normaal is. Martin (1982) meen dat patats waarskynlik 'n outoheksaploïed is, terwyl Nishiyama (1982) dit definitief as 'n outoheksaploïed klassifiseer. Die meeste spesies in hierdie familie is egter diploïed, sommige is tetraploïed en in enkele gevalle is selfs 'n triploïed gevind. Jones *et. al.* (1986) meen dat patats die enigste natuurlike heksaploïede purperwinde is. Volgens Nishiyama (1982) is in 1955 vir die eerste keer nog 'n natuurlike heksaploïede plant in Mexiko ontdek nl. *Ipomoea trifida* (HBK) Don.

Tot 1953 kon geen filogenetiese verwantskap tussen patats en ander *Ipomoea*

spesies gevind word nie, maar na die ontdekking van *I. trifida* (HBK) Don. meen Nishiyama (1982) dat *I. trifida* (HBK) Don. een van die voorouers van patats kan wees, alhoewel *I. trifida* (HBK) Don. geen eetbare wortels vorm nie. Daar word egter dikwels gevind dat sommige patatlyne ook nie eetbare wortels vorm nie. *I. trifida* (2x, 4x, 6x), *I. leucantha* (2x) en *I. littoralis* (4x) is filogeneties die naaste aan patats verwant. Tans is daar nog geen uitsluitel oor die presiese ontstaan van patats nie, alhoewel verskeie hipoteses bestaan.

TELING VAN PATATS IN SUID-AFRIKA

Die teling van patats in Suid-Afrika kan in drie hoof fases verdeel word, naamlik die tydperk voor 1950, 1950 tot 1980 en die jare na 1980.

VOOR 1950

Patats is vir die eerste keer in Suid-Afrika kort na die kolonisasie van die Kaap deur Nederland in 1652 aangeplant. Uit beskikbare bewyse in argiewe blyk dit dat patats vanaf Brasilië na Suid-Afrika versprei het (Meynhardt en Joubert, 1982). Geen formele teling is op patats gedoen nie, maar 'n paar tradisionele cultivars het deur die jare ontstaan. Die bekendste van hierdie cultivars is Borrie, Drie Maande Wit en Ses Maande Wit wat vandag nog deur sommige boere op klein skaal verbou word. Hoenderspoor en Virovsky is twee van die ou cultivars wat heeltemal uit die bedryf verdwyn het.

1950 TOT 1980

Gedurende 1952 is met 'n teelprogram vir patats by die Navorsingsinstituut vir Groente en Sierplante (N.I.G.S.) op Roodeplaat begin. Die telers het verskeie probleme gehad om te oorbrug waarvan die belangrikste swak saadset en blomvorming, onverenigbaarheid en 'n beperkte genetiese variasie was. Enting op eenjarige *Ipomoea* spesies wat maklik blomme vorm het hierdie probleem tot 'n mate oorkom. Daar is gevind dat enting op *Ipomoea*

setosa die beste resultate lewer.

Teellyne is vervolgens van Louisiana Agricultural Experiment Station in die V.S.A. ingevoer. Hierdie teellyne het die cultivar Porto Rico en die teellyn L-240, wat ook as Early Port bekend is, ingesluit. Twee belowende teellyne is van saad van L-240 geselekteer naamlik 4-95 en 4-126. Saad is ook van die Edisto Experiment Station in Suid-Carolina, V.S.A., ingevoer waarvan teellyne 6-27, 7-3, 7-42 en 7-59 die belowendste was. Kruisings is met die hand gemaak en kombinasies van bogenoemde ses teellyne, L-240 en die plaaslike cultivar Ses Maande Wit het gelei tot die vrystelling van verskeie nuwe cultivars. Tien van die cultivars wat vrygestel is, het een of meer van die bogenoemde lyne as ouers gehad.

Ses jaar na die aanvang van die teelprogram is die eerste cultivar vrygestel. Hierdie cultivar, Mafutha, word vandag nog geplant en is veral onder swart Suid-Afrikaners baie gewild. Vier jaar later is die drie cultivars Impala, Wildebees en Griekwa, en nog drie jaar later die cultivars Koedoe, Eland en Hartebees, vrygestel. Daar is in die begin hoofsaaklik van spesifieke kruisings gebruik gemaak, maar latere jare is saad ook van oopbestuifde cultivars verkry. Dit het gelei tot verdere vrystelling van cultivars. Hierdie vrystellings van cultivars deur die N.I.G.S. word in Tabel 1 opgesom.

Die tegniek van handkruising word deur 'n lae frekwensie van suksesvolle bestuiwings gekenmerk en is 'n beperkende faktor in die teelprogram. Die probleem is gedeeltelik geneties, te wyte aan onverenigbaarheid tussen sekere lyne en cultivars, en gedeeltelik te wyte aan omgewingsfaktore wat stuifmeelontkieming beïnvloed. Du Plooy (1983, 1986) het gevind dat plaaslike cultivars in vier onverenigbaarheidsgroepe verdeel kan word (Tabel 2) en ook dat temperatuur, daglengte en humiditeit 'n belangrike invloed op stuifmeelontkieming het. Volgens Nishiyama (1982) kan patats in 15 verskillende onverenigbaarheidsgroepe verdeel word en hou die groepering met die oorsprong verband.

DIE JARE NA 1980

Gedurende 1980 word daar met 'n nuwe teelprogram begin, wat op die voorstelle van Jones (1965) berus. Dit behels die sogenoemde polikruis, wat op natuurlike oopbestuiwing berus, gevolg deur massaseleksie (Fig. 1). 'n Polikruis bestaan uit 'n beperkte aantal ouers (30 of minder) wat ewekansig op 'n isolasieperseel met natuurlike bestuifing deur insekte bestuif word, waar die doel is om nuwe cultivars of gevorderde lyne te ontwikkel. Volgens Jones *et. al.* (1986) is hierdie metode die effektiëste teelmetode vir patats in vergelyking met tradisionele teeltegnieke. Martin (1982) meen ook dat oopbestuiwing en massaseleksie die beste teelmetode vir patats is. Die metode is duidelik goedkoper in terme van tyd en arbeid as die maak van kruisings deur handbestuiwing, soos ook aangedui deur ongepubliseerde waarnemings van 1984 waar in een polikruis met ongeveer 20 oopbestuifde lyne 3 016 sade geoes is waarvan 2 111 saailinge uitgeplant is. Hierteenoor is vanaf 2 000 handbestuiwings slegs 217 saailinge verkry.

Die teelprogram van 1980 is met ongeveer 10 000 sade vanaf die V.S.A., Taiwan, die Filippynse Eilande en Japan begin. Daar het 278 lyne die seleksie van die eerste jaar oorleef en, van hierdie lyne 53 in die tweede jaar. In 1984 word die eerste polikruis op Nelspruit uitgevoer op die aanbevelings van Du Plooy (1983, 1986) in verband met die optimale klimaatstoestand vir maksimale suksesvolle bestuiwing en blomvorming. Uit hierdie eerste polikruis, en na verdere toetsing en seleksie, is een nuwe cultivar gedurende 1989 vrygestel.

In hierdie program word tans jaarliks vier polikruise op Nelspruit aangeplant, elkeen met 'n spesifieke teeldoelende as volg:

Polikruis 1 word met die doel van cultivarontwikkeling vir die varsmark van Transvaal aangeplant, met nadruk op seleksie vir rooi skil- en wit vleiskleur van stoorwortels.

Polikruis 2 word met die doel van cultivarontwikkeling vir bevriesing van

stoorwortels aangeplant, met nadruk op seleksie teen nadelige verbruining van stoorwortels deur oksidasie.

Polikruis 3 word vir die doel van cultivarontwikkeling vir die ontwateringsbedryf, hier met nadruk op seleksie vir hoë droëstof persentasie, aangeplant.

Polikruis 4 word met die doel van ontwikkeling van cultivars met die oranje vleiskleur en hoë betakaroteen inhoud (Wang, 1982) aangeplant.

Die program soos dit nou staan verskaf jaarliks 'n oes van meer as 10 000 saadjies waarvan 4 000 saailinge geëvalueer word. Hiervan word 100 tot 150 geselekteer vir die volgende fases van evaluering en seleksie.

Geen teling van 'n gewas kan doeltreffend gedoen word indien daar geen oorerflikheidstudies gedoen is nie. Dit is vir enige teler van uiterste belang om te weet hoe verskillende eienskappe oorgeërf word. Aangesien daar al reeds amper 40 jaar teling op patats in Suid-Afrika gedoen word en geen oorerflikheidstudies nog op die Suid-Afrikaanse kiemplasmaversameling gedoen is nie, is dit noodsaaklik dat aandag in hierdie verband gegee moet word.

Verskeie studies is reeds in ander lande gedoen om die oorerwing van eienskappe te bepaal. Hierdie inligting kan nuttig gebruik word vir verdere beplanning in 'n teelprogram.

OORERWINGSSTUDIES

Poole (1955) het die oorerwing van eienskappe ondersoek nadat hy 'n plant gevind het wat vrugbaar was na selfbestuiwing. Die oorerwingspatrone van eienskappe soos blomvorming en rankkleur het geblyk om enkelvoudig te wees, maar eienskappe soos ranklengte en massa van stoorwortels het op kwantitatiewe oorerwing gedui. Hammett, Hernandez en Miller (1966) het gevind dat die oorerwing van veselinhoud kwantitatief is en dat veselgrootte

deur 'n paar gene met gedeeltelike dominansie beheer word.

Kontinue variasie van morfologiese eienskappe word verklaar en bestudeer met die metodes van kwantitatiewe genetica, gebaseer op statistiese beraming van gemiddeldes en komponente van variansie. Die sentrale begrip in die studie van kwantitatiewe variasie is die van die oorerflikheid, h^2 , van 'n eienskap, dit is, die proporsie van die waarneembare fenotipiese variansie, σ_p^2 , te wyte aan die gemiddelde effekte van gene in die populasie (Falconer, 1983), waar die oorblywende variansie, $(1-h^2)\sigma_p^2$, toe te skryf is aan dominansie en wisselwerking van gene, en aan omgewingsfaktore. Die oorerflikheid word eksperimenteel beraam deur analise van variansie van waarnemings in halfsib families of deur die regressie van nageslag op ouer. Wanneer die populasie uit verskillende stamme of lyne bestaan, het die oorerflikheid betrekking tot die totale genetiese variansie tussen lyne, ook beraambaar deur die standaard analise van variansie. Die oorerflikheid van die kenmerk is dan die maatstaf van die akkuraatheid van rangordeplasing van lyne op grond van die betrokke kenmerk en kan gebruik word vir die voorspelling van die genetiese meerderwaardigheid van geselekteerde lyne.

Vordering wat met herhaalde seleksie vir meer as een eienskap gemaak word, is afhanklik van hul verwantskap met mekaar. Daarom is dit van belang dat die korrelasies, veral genetiese korrelasie, tussen die eienskappe bekend is. Die genetiese korrelasie is die korrelasie van teelwaardes en die omgewingskorrelasie is die korrelasie van omgewingsafwykings en nie-additiewe genetiese afwykings. Die fenotipiese korrelasie is die assosiasie tussen twee eienskappe wat waargeneem kan word (Falconer, 1983). Die korrelasies tussen eienskappe kan deur kovariansie analise beraam word.

Die bestaande kennis in verband met genetiese komponente van variansie in kwantitatiewe eienskappe van patats is onlangs deur Jones (1986) in 'n oorsig saamgevat en bestaan uit 307 beramings vir 'n verskeidenheid van kenmerke

(Tabel 3). Beramings van oorerflikheid van die kwantitatiewe eienskappe, aantal stoorwortels per plant, massa en droë massa, wissel tussen 0.25 en 0.89 wat dui op goeie moontlikhede vir positiewe responsie deur seleksie vir enkele kenmerke, hetsy seleksie tussen lyne gegrond op veldproefwaarnemings of massa, enkelplant, seleksie in populasies wat deur kruisings met die betrokke materiaal geskep word. Empiriese resultate van seleksie in die materiaal is deur Jones (1969a en b), Jones (1972a en b) en Jones, Steinbauer en Pope (1969) gepubliseer, en fenotipiese of genetiese korrelasies wat sou dui op moontlike gekorreleerde responsies in eienskappe onderwerp aan seleksie, is slegs deur Jones (1970) gepubliseer.

Beramings van oorerflikhede van kwasi-kwantitatiewe waarnemings wat op 'n nominale of ordinale skaal gemeet word, soos byvoorbeeld kleur en stoorwortelvorm, moet egter versigtig geïnterpreteer word, veral wanneer dit kom by voorspelling van direkte en gekorreleerde seleksieresponsies, want hierdie waarnemings besit nie die vereiste onderliggende normale (Gaussian) verdeling nie. Berekenings van oorerflikhede op konvensionele maniere in hierdie gevalle (skilkleur, vleiskleur en stoorwortelvorm) gee ten beste 'n aanduiding slegs van die herhaalbaarheid van die waarneming met herhaalde beoordelings binne die betrokke genetiese groepe. Hoewel hierdie beramings almal oënskynlik vanaf 1.0 afwyk is dit nietemin algemene ondervinding dat cultivars en teellyne konsekwent vir die eienskappe beskryfbaar is. Hierdie teenstrydigheid dui op die tekortkominge van subjektiewe beoordeling van enkele stoorwortels vir hierdie kenmerke en die noodsaaklikheid vir verdere navorsing op die onderwerp wat sal mik na die ontwikkeling van meer objektiewe skale vir die meting van die variasie teenwoordig in kiemplasmaversamelings. Dit is 'n algemene probleem in die teling van groente en vrugte waar kwaliteitseienskappe dikwels van primêre belang is, maar slegs deur subjektiewe beoordeling meetbaar is.

LITERATUURVERWYSINGS

- AGATA W. 1982. The characteristics of dry matter and yield production in sweet potato under field conditions. Sweet Potato Proceedings of the First International Symposium: 119-128.
- DU PLOOY C.P. 1983. Die invloed van temperatuur en humiditeit op stuifmeelontkieming en groei by die patat, (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Agroplantae 15: 57- 60.
- DU PLOOY C.P. 1986. Progress and limitations in breeding of the sweet potato (*Ipomoea batatas*) in South Africa. Acta Horticulturae 194: 77-82.
- DU PLOOY C. P. 1989. Stoorwortelmorfogenese by die patat *Ipomoea batatas* (L.) Lam. DSc- tesis. Universiteit van Pretoria.
- FALCONER D.S. 1983. Introduction to quantitative genetics. 2nd Ed. Longman. London and New York.
- HAMMETT H.L., HERNANDEZ T.P. & J.C. MILLER. 1966. Inheritance of fiber content in the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Proceedings of the American Society for Horticultural Science 88: 486-490.
- JONES A. 1965. A proposed breeding procedure for sweetpotato. Crop Science 5: 191-192.
- JONES A. 1969a. Quantitative inheritance of Fusarium wilt resistance in sweetpotatoes. Journal of the American Society for Horticultural Science 94(3): 207-208.
- JONES A. 1969b. Quantitative inheritance of ten root traits in sweetpotatoes. Journal of the American Society for Horticultural Science 94(3): 271-275.

- JONES A. 1970. Phenotypic, genotypic, and environmental correlations in sweetpotatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 95(3): 326-330.
- JONES A. 1972a. Sweetpotato population changes during six random crossing generations. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97(1): 102-107.
- JONES A. 1972b. Mass selection for low oxidation in sweet potato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97(6): 714-718.
- JONES A. 1977. Heritabilities of seven sweetpotato root traits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102(4): 440-442.
- JONES A. 1986. Sweet potato heritability estimates and their use in breeding. *HortScience* 21(1): 14-17.
- JONES A., DUKES P.D. & J.M. SCHALK. 1986. Sweet potato breeding. In: *Breeding Vegetable Crops*. M.J. BASSETT (Editor). Bl. 1-35. AVI Publishing Company, inc. Westport Connecticut.
- JONES A., HAMILTON M.G. & P.D. DUKES. 1976. Heritability estimates for fiber content, root weight, shape, cracking, and sprouting in sweetpotato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103(3): 374-376.
- JONES A., STEINBAUER C.E. & D.T. POPE. 1969. Quantitative inheritance of ten root traits in sweetpotatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 94(3): 271-275.
- KING J.R. & R. BAMFORD. 1937. The chromosome number in *Ipomoea* and

related genera. The Journal of Heredity 28: 279-282.

MALUF W.R., MIRANDA J.E.C. & P.E. FERREIRA. 1983. Broadsense heritabilities of root and vine traits in sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Revista Brasileira de Genetica 6(3): 443-451.

MARTIN F.W. 1982. Analysis of the incompatibility and sterility of sweet potato. Sweet Potato Proceedings of the First International Symposium: 275-284.

MEYNHARDT J.T. & T.G. JOUBERT. 1982. The development of sweet potato varieties in South Africa. Sweet Potato Proceedings of the First International Symposium: 285-290.

NISHIYAMA I. 1982. Autohexaploid evolution of the sweet potato. Sweet Potato Proceedings of the First International Symposium: 263-274.

POOLE C.F. 1955. Sweet potato genetic studies. Technical Bulletin No. 27. University of Hawaii.

SALADAGA F.A. & T.P. HERNANDEZ. 1981. Heritability and expected gain from selection for yield, weight loss in storage and sprouting in field bed of sweet potato. Annals of Tropical Research 3(1): 1-7.

SALUNKE D.K. 1976. Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables. CRC Press, Inc. Cleveland. Ohio.

SHIGA T., KATO S. & H. ISHIKAWA. 1985. Utilization of K_2O/N ratio as selection character in tuber yield of sweet potato. Japanese Journal of Breeding 35(1): 41-49.

TING Y.C. & A.E. KEHR. 1954. Meiotic studies in the sweet potato

(*Ipomoea batatas* Lam.). Journal of Heredity 44: 207-211.

VILLAREAL R.L. 1982. Sweet potato in the tropics - progress and problems.
Sweet Potato Proceedings of the First International Symposium: 3-16.

WANG H. 1982. The breeding of sweet potatoes for human consumption.
Sweet Potato Proceedings of the First International Symposium: 297-312.

WINARO F.G. 1982. Sweet potato processing and by-product utilization in
the tropics. Sweet Potato Proceedings of the First International Symposium:
373-384.

YEN D.E. 1974. The sweet potato and Oceania. Bernice P. Bishop Museum
Bulletin 236: 1-389.

TABELLE EN FIGURE

Tabel 1. Die jaar en oorsprong van cultivars wat deur die Navorsingsinstituut vir Groente en Sierplante vrygestel is.

Cultivar	Oorsprong	Jaar
Mafutha	Seleksie no. 4-95 uit bron	1958
Impala	(7-3 x 7-42) x 4-126	1962
Wildebees	7-42 x 4-126	1962
Griekwa	Seleksie no. 6-27 uit bron	1962
Eland	7-59 x 4-126	1965
Hartebees	(7-42 x (L-240 x SMW)) x (7-59 x 4-126)	1965
Koedoe	6-27 x Wildebees	1965
Brondal	(7-42 x (L-240 x SMW)) x (7-59 x 4-126)	1970
Ribbok	♀ Impala (Oopbestuif)	1978
Steenbok	♀ Impala (Oopbestuif)	1978
Bosbok	♀ Eland (Oopbestuif)	1980
Blesbok	♀ 81-27-1204 (Oopbestuif)	1989

SMW - Ses Maande Wit

Tabel 2. Die verenigbaarheid van agt plaaslike cultivars en die vier onverenigbaarheidsgroepe waarin hulle verdeel.

	Groep 1				Groep 2		Groep 3	Groep 4
	Koedoe	Ribbok	Steenbok	Bosbok	Kenia	Impala	Brondal	Mafutha
Koedoe	O	O	O	G	V	V	V	V
Ribbok		G	O	G	V	V	V	V
Steenbok			O	G	V	V	V	V
Bosbok				G	V	V	V	V
Kenia					O	O	V	V
Impala						O	O	V
Brondal							O	V
Mafutha								V

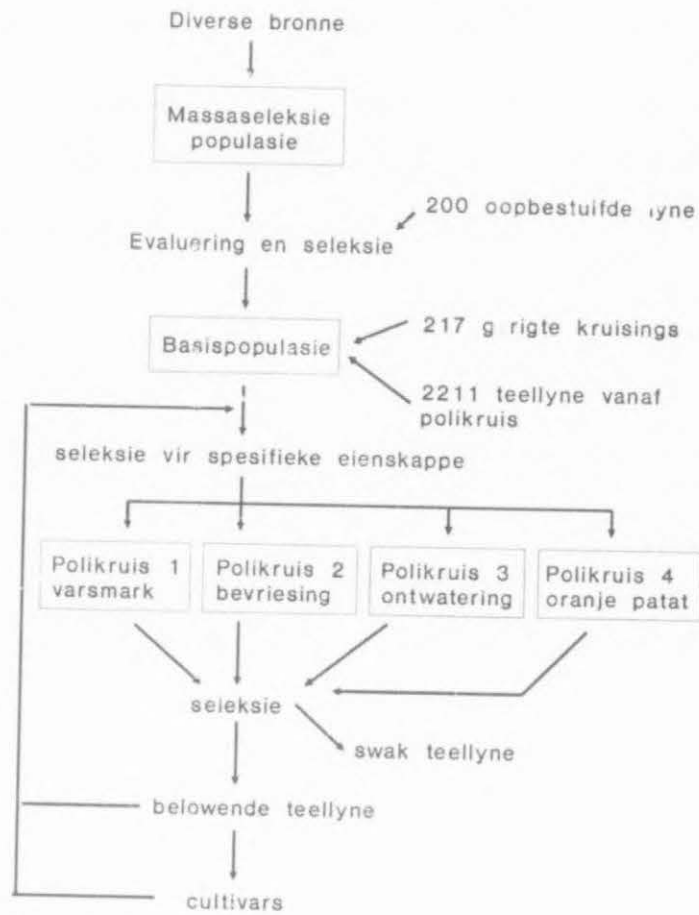
O - Onverenigbaar

V - Verenigbaar

G - Gedeeltelik verenigbaar

Tabel 3. Opsomming van reeds gepubliseerde beramings van die oorerflikheid, h^2 , van kwantitatiewe stoorworteienskappe en herhaalbaarheid, t, van geskaalde kategorieëse eienskappe.

Eienskap	h^2/t	Analitiese metode	Verwysing
Aantal	0.32	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Aantal	0.60	var	Maluf,Miranda,Ferreira,1983
Aantal	0.69	ar	Shiga,Kato,Ishikawa,1985
Droë massa	0.65	var-kov	Jones,1977
Droë massa	0.89	var	Shiga,Kato,Ishikawa,1985
Massa	0.41	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Massa	0.25	var-kov	Jones,1977
Massa	0.41	var-kov	Jones,Hamilton,Dukes,1976
Massa	0.24	var-kov	Saladaga,Hernandez,1981
Massa	0.76	var	Shiga,Kato,Ishikawa,1985
Oksidasie	0.64	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Oksidasie	0.24	var-kov	Jones,1977
Skilkleur	0.81	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Vleiskleur	0.66	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Vleiskleur	0.53	var-kov	Jones,1977
Vorm	0.62	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Vorm	0.50	var-kov	Jones,Hamilton,Dukes,1976



Figuur 1. 'n Uiteensetting van die pataatteelprogram wat sedert 1980 by N.I.G.S. gevolg word.

ONDERSOEK NA GENETIESE VARIASIE IN STOORWORTELEIENSKAPPE VAN DIE SUID-AFRIKAANSE PATATKIEMPLASMAVERSAMELING

C Bester¹ en J H Louw²

- ¹ Navorsingsinstituut vir Groente en Sierplante, Privaatsak X293, Pretoria, 0001.
² Departement Genetika, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch, 7600.

SAMEVATTING

As deel van die lopende patatteelprogram by die Navorsingsinstituut vir Groente en Sierplante te Roodeplaat is 'n groot steekproef van lyne uit die beskikbare patatkiemplasmaversameling met vegetatiewe voortplanting in veldproewe, met blokke en randomisasie, geëvalueer om die omvang van die genetiese variasie in opbrengs en ander stoorworteleienskappe te bepaal, asook om 'n basis vir seleksie te voorsien. 'n Inisiële groepering van lyne, volgens bestaande rekords, op stamboom het geen betekenisvolle effek op die meetbare variasie in aantal stoorwortels en massa per plant, persentasie droë massa en totale oplosbare stowwe gehad nie. 'n Inisiële groepering gebaseer op vleiskleur het 'n matige betekenisvolle effek op die variasie in stoorwortelmassa gehad. Beramings van genetiese variasie in die volle steekproef van lyne met behulp van die genetiese koëffisiënt van variasie (C_G) het waardes tussen 0.26 (vir stoorwortelmassa) en 0.08 (vir totale oplosbare stowwe) gegee. Beramings vir oorerflikheid (h^2) het waardes tussen 0.67 (vir persentasie droë massa) en 0.12 (vir massa per plant) gegee. Hierdie beramings lei tot die voorspelling van die maksimum potensiaal vir verbetering deur seleksie van die ekstreme lyne vir elke eienskap in die versameling. Ses van die beste lyne gebaseer op

stoorwortelmasa is geselekteer en in 'n veldproef geëvalueer. Hier is gevind dat vier van hierdie geselekteerde lyne beter as 'n standaard kommersiële cultivar, wat as kontrole ingesluit is, presteer het. 'n Onafhanklike studie op die voorkoms van genotipe-omgewing wisselwerking in stoorwortelopbrengs, wat verskillende verbouingsstreke insluit, het betekenisvolle verskuiwings in die genetiese rangorde van cultivars en lyne in elk van drie groeiseisoene tot gevolg gehad, wat impliseer dat prestasietoetsing en seleksie op streeksbasis gedoen moet word en nie tot een toetsentrum beperk moet word nie.

SUMMARY

As part of the ongoing sweet potato breeding programme of the Vegetable and Ornamental Plant Research Institute at Roodeplaat, a large sample of lines from the available germplasm collection was evaluated by vegetative propagation in field trials with replication and randomization to determine the extent of genetic variability in yield and other tuber characteristics, and to provide a basis for selection. An initial grouping of lines according to records on ancestry was found to have no significant effect on the measured variability in tuber number, mass per plant, dry mass and total soluble solids. An initial grouping based on flesh colour had a moderately significant effect on the variability in mass per tuber only. Estimation of genetic variability in the full sample of lines by means of genetic coefficient of variability (C_G) gave values in the range between 0.26 (for mass per tuber) and 0.08 (for total soluble solids). Estimates of heritability (h^2) per plot gave values in the range between 0.67 (for percentage dry mass) and 0.12 (for mass per plant). These estimates lead to prediction of the maximum potential for improvement by selection of extreme lines for each characteristic in the collection. Actual selection of six high ranking lines based on tuber mass were evaluated in subsequent field trials in which four of the selected lines were found to be superior to a standard commercial cultivar entered in the trial as control. An independent study on the incidence of genotype-environment interaction in tuber yield involving different regions of cultivation showed significant shifts in the genetic ranking of cultivars and lines in each of three growing seasons, implying that performance testing and selection should be carried out on a regional basis and not confined to one testing station.

INLEIDING

Patats, *Ipomoea batatas* (L.) Lam., word in baie lande kommersieel as voedsel vir mense en diere en ook as bron van industriële stysel en brandstof verbou. Natuurlike voortplanting van die gewas is vegetatief sowel as deur saad en albei hierdie metodes van voortplanting is maklik beheerbaar vir die doeleindes van gerigte teling.

Verskeie cultivars is alreeds in Suid-Afrika uit kruisings tussen ingevoerde kiemplasma ontwikkel en word in al die provinsies verbou (Bester, 1991). Die verskeidenheid van cultivars wat tans verbou word kan aan die voorkeure en vereistes van verbruikers in die verskillende streke toegeskryf word. So byvoorbeeld verkies verbruikers in Transvaal die pers of rooi uitwendige kleure van die skil en die room of wit inwendige kleure van die vleis. Hierteenoor verkies verbruikers in die Kaapprovinsie uitwendige en inwendige kleure van geel, room of wit. Die prosesseringsbedrywe van patats stel verder ook spesifieke vereistes ten opsigte van die vorm, grootte en houvermoë van stoorwortels.

In die geheel kan die belangrikste kommersiële stoorworteleienskappe van patats as volg opgesom word:

Die uitwendige kleur van die stoorwortelskil varieer van pers tot rooi, koper, pienk, oranje, geel, vaal, room en wit. Graad verskille in skilkleur is soms binne cultivars waarneembaar en dui op sensitiwiteit van hierdie kenmerk teenoor omgewingsfaktore. Die inwendige vleiskleur van die stoorwortel varieer vanaf pers tot oranje, geel, room en wit, weereens soms met graad verskille binne cultivars. Soos alreeds genoem, speel hierdie twee kleureienskappe weens verbruikersvoorkeur 'n rol in die bemarking van stoorwortels as vars groente.

Die vorm van die stoorwortel speel 'n belangrike rol in die verwerking en verpakking daarvan. Die silindriese vorm, teenoor die spoel- of tolvorm, is tans verkiesbaar want die verwerkte produk het dan 'n meer uniforme voorkoms.

Die vorm van die stoorwortel is ook tot 'n mate 'n oorerflike cultivar eienskap maar ook nie sonder graad verskille binne cultivars en oorvleueling tussen cultivars te wyte aan omgewingsfaktore nie.

Verbruining van die stoorwortelvleis weens oksidasie is 'n nadelige eienskap waarvoor 'n laboratorium prosedure vir die klassifikasie van stoorwortels deur Jones (1972) ontwikkel is. Soos in die geval van kleur en vorm, is die uiteindelijke maatstaf egter ook kategorieë op 'n nominale skaal en berus op subjektiewe beoordeling.

'n Bekende en gesogte eienskap van patats vir gebruik as vars groente is die soet smaak van die stoorwortelvleis wat deur die konsentrasie van gestoorde suikers bepaal word. Soos by verskeie ander vrugte en groente soorte is soetheid meetbaar in terme van die konsentrasie van oplosbare vaste stowwe (TOS) (Tigchelaar, 1986). Volgens Tigchelaar (1986) is die oplosbare vaste stowwe by tamaties hoofsaaklik vrye suikers en organiese sure. Die persentasie droë massa van die stoorwortels van patats is ook van belang in die ontwateringsbedryf en word bepaal deur oonddroging.

Die totale opbrengs van stoorwortels is meetbaar in terme van aantal en massa, of op perseel of op enkelplant basis, waar die massa ook as maatstaf van grootte gebruik word. Verbruikersvoorkeur is tans ten gunste van stoorwortels van medium grootte en die prosesseringsbedryf verkies 'n deursnit van nie groter as 75 mm nie.

Verskeie ander eienskappe soos houvermoë, rankgroei, smaak, aanpasbaarheid, vroegheid en siektebestandheid is ook van belang in die teling van patats en word gewoonlik op teel- of cultivarvlak gemeet of beoordeel. Seleksie teen lyn met swak houvermoë vind outomaties reeds vroeg plaas gedurende die eerste oorwintering van stoorwortels van lyn wat geëvalueer word. Skade deur siektes en insekte kon nog tot dusver in Suid-Afrika bevredigend met chemiese behandelings op cultivarvlak in die land beheer word.

Bykomstig tot die bestaande verboude cultivars het die Navorsingsinstituut vir Groente en Sierplante (N.I.G.S.) op Roodeplaat ook oor 'n groot versameling van eksperimentele teellyne beskik, onder andere afkomstig van ongeveer 10 000 sade uit die V.S.A., Japan en Taiwan. Gedurende 1980 is 'n massaseleksieprogram begin waaruit 278 lyne die eerste seleksie oorleef het, en 53 lyne in die daaropvolgende seisoen. Hierdie stel van 53 lyne, plus nog 200 lyne afkomstig van plaaslike oopbestuifde saad en 217 lyne afkomstig van gerigte kruisings, is gebruik in 'n reeks polikruisproewe tot 1986 (Bester, 1991). Seleksies uit hierdie proewe, asook seleksies uit ander beskikbare teellyne, en die bestaande verboude cultivars, vorm die huidige N.I.G.S. kiemplasmaversameling en het die basismateriaal vir hierdie studie verskaf. Die doel van die studie was om lyne ten opsigte van die belangrikste oorerflike eienskappe te karakteriseer en om oorerfliknede en genetiese korrelasies van kwantitatiewe eienskappe te bepaal. Die moontlike voorkoms van genotipe-omgewing wisselwerking vir opbrengs is ook op 'n beperkte skaal ondersoek met behulp van data uit proewe wat in verskillende streke van verbouing herhaal is.

PROSEDURES

PLANTMATERIAAL EN PROEFONTWERP

Vir die doeleindes van hierdie ondersoek is die N.I.G.S. versameling van lyne op grond van bestaande rekords in vier groepe volgens stoorwortelkleur, en in vier groepe volgens stamboom, ingedeel. Agt lyne is ewekansig uit elke groep gekies vir evaluering in standaard veldproewe (Tabel 1). Die kleur- en stamboomgroepe, elk met 32 inskrywings, is in 1987 in aparte proewe geplant (P1 en P2) met randomisasie in vier volledige herhalings. Seleksies op grond van stoorwortelwaarnemings in hierdie proewe is in die volgende seisoen (1988) in proewe met agt herhalings (P3 en P4) weer geëvalueer. In die daaropvolgende seisoen (1989) is ses van die lyne van proef 3 saam met die standaard cultivar Bosbok in 'n proef (P5) met agt herhalings geëvalueer. Die standaard cultivar Bosbok is drie maal in elke blok herhaal.

Die veldproewe vir patats op Roodeplaat bestaan uit blokke van walle 1 m uit mekaar waarop ranke 0.3 m van mekaar in rye van 12 geplant word. Grond van die betrokke proefferrein is van die Huttan tipe en word vooraf met 3:1:5 teen 800 kg per hektaar bemes. Vier weke na planting van ranke word K.A.N. teen 200 kg per hektaar toegedien. Gedurende die groeiseisoen word die hele terrein volgens gewasfaktore by 'n onttrekkingspeil van 60 persent besproei.

Na 'n groeiseisoen van ongeveer vyf maande is die proewe geoes. Die stoorwortels van elke plant is versigtig met vurke uit die grond gelig om beskadiging van stoorwortels tot die minimum te beperk. Waarnemings op die stoorwortels is op dieselfde dag wat geoes is, gemaak.

WAARNEMINGS

In hierdie proewe is geen waarnemings op plante aan die kante van rye gemaak nie en verdere verliese van plante gedurende die groeiseisoen het gelei tot die

uiteindelike aantal plante waarop waarnemings gemaak is soos in Tabel 2 aangedui. Na die oes van stoorwortels is die volgende waarnemings aangeteken:

Aantal stoorwortels per plant: die totale aantal stoorwortels per perseel, omgesit na die gemiddelde aantal per plant wat oorleef het.

Massa per plant: die totale massa per perseel, ook omgesit na die gemiddelde per plant wat oorleef het.

Massa per stoorwortel: die totale massa per perseel omgesit na die gemiddelde per stoorwortel.

Totale oplosbare stowwe (TOS): vier stoorwortels van die opbrengs van elke perseel is ewekansig gekies en die totale oplosbare stowwe in °Brix met 'n elektroniese refraktometer bepaal.

Persentasie droë massa: vier stoorwortels van die opbrengs van elke perseel is ewekansig gekies en die massa daarvan is voor en na oonddroging by 60°C bepaal. Die persentasie droë stof word dan as die verhouding ($\times 100$) van droë tot vars massa bereken.

Oksidasie: een stoorwortel van elke perseel is ewekansig gekies en die oksidasie volgens die metode van Jones (1972) gemeet. Die metode behels die plasing van 'n gesnyde stoorwortel in 'n 0.25 M katesjoplossing ($C_{15}H_{14}O_6$) vir 10 minute waarna die graad van verbruining van die stoorwortel op 'n ordinale skaal van 1 (donker) tot 5 (lig) beoordeel word.

Stoorwortelvorm: die vorm van die stoorwortel kan slegs op 'n nominale skaal beskryf word, soos deur Yen (1974) en deur Jones, Steinbauer en Pope (1969). In hierdie proewe is sewe klasse onderskei, naamlik langwerpig, spoelvormig, ovaal, peervormig, tolvormig, silindries en rond (Fig. 1). Die totale opbrengs van 'n perseel is ooreenkomstig deur subjektiewe beoordeling geklassifiseer.

Skilkleur: die kleur van die skil van stoorwortels word in ses klasse onderskei, naamlik pers, rooi, oranje, geel, vaal en room (Fig. 2). Die skilkleur van stoorwortels was homogeen binne persele en die beoordeling was dus ook op 'n perseelbasis.

Vleiskleur: die vleiskleur van stoorwortels word in vier klasse onderskei, naamlik oranje, geel, room en wit (Fig. 3). Die vleiskleur van stoorwortels in hierdie proewe is ook op 'n perseelbasis beoordeel.

Genotipe-omgewing wisselwerking: Die omgewing het 'n belangrike invloed op die prestasie van 'n sekere teeltn of kultivar. Om te bepaal of daar 'n betekenisvolle verskil tussen genotipes en verskillende lokaliteite is, is data wat verkry is van Fase II proewe wat jaarliks deur N.I.G.S. gedoen word, gebruik.

Hierdie Fase II proewe word op ses lokaliteite in die R.S.A. uitgevoer, naamlik Roodeplaat (25°35'S 28°21'O), Friedenheim (25°27'S 30°58'O), Glen (28°57'S 26°20'O), Elsenburg (33°51'S 18°50'O), Outeniqua (33°57'S 22°30'O) en Addo (33°57'S 25°37'O). Aangesien daar verskillende verbruikersvoorkeure bestaan in die verskillende verbouingsstreke soos in die Inleiding genoem, word verskillende teellyne vir die verskillende lokaliteite in die proewe ingesluit, maar van die belowendste teellyne word soms op al die lokaliteite geëvalueer. 'n Variansie analise is op die data van teellyne wat op al die lokaliteite geëvalueer is vir drie verskillende seisoene gedoen. Twaalf teellyne is vir die 1986/87 seisoen, nege teellyne vir die 1987/88 seisoen en dertien teellyne vir die 1988/89 seisoen ingesluit. Hierdie teellyne is heeltemal onafhanklik van die teellyne wat vir die res van die studie gebruik is, maar kom ook uit die oorspronklike kiemplasmaversameling wat in 1980 begin is.

STATISTIESE ONTLEDINGS

Standaard analise van variansie (ANOVA) van kwantitatiewe kenmerke is gebruik vir die opsporing van genetiese verskille tussen lyne en vir die beraming van die onderliggende komponente van variansie in P1 en P2 soos in Tabel 3 aangedui. Die analise van variansie tussen kleur- en herkoms-groepe is op proefgemiddeldes van lyne uitgevoer met verwagte gemiddelde kwadrate soos in Tabel 4, waar die koëffisient van die omgewingskomponent van variansie, σ_E^2 (Tabel 3), die resiprook is van die aantal blokke. Die totale genetiese variansie tussen lyne, σ_G^2 (Tabel 3), word dan in twee beraambare komponente van tussen groepe, σ_{GB}^2 , en binne groepe, σ_{GW}^2 , onderverdeel

(Tabel 4).

Genetiese assosiasies tussen eienskappe is deur die analise van kovariansie (ANOCOVA) ondersoek wat ook lei tot beraming van die onderliggende komponente te wyte aan omgewing, cov_E , en aan genetiese faktore, cov_G (Tabel 5).

Statistiese verwerkings is op 'n mikrorekenaar hoofsaaklik met behulp van die rekenaarprogram Statgraphics (vers. 2.6) uitgevoer. Die program beskik nie oor 'n roetine vir die ontleding van kovariansie van gegroepeerde waarnemings nie en gevolglik is die nodige somme van produkte vir die ontleding bereken deur die gebruik van die identiteit

$$\Sigma xy = 1/2[\Sigma(x + y)^2 - \Sigma x^2 - \Sigma y^2]$$

waar x en y die twee waarnemings voorstel (as afwyking vanaf die gemiddelde) en waar die somme van kwadrate aan die regter kant van die vergelyking deur die gewone ANOVA bereken word.

RESULTATE EN BESPREKING

GENETIESE VERSKILLE TUSSEN LYNE EN GROEPE VAN LYNE

Resultate van die analise van variansie (Tabel 3) van alle waarnemings word in Tabel 6 vir die twee proewe gegee, ook vir die kategorieëse eienskappe wat op nominale skale beoordeel is, alhoewel die gewone statistiese toetse vir heterogeniteit in die laasgenoemde eienskappe egter nie toepaslik is nie. Resultate van die F-toets vir die opsporing van genetiese heterogeniteit tussen lyne vir die kwantitatiewe eienskappe dui op betekenisvolle heterogeniteit ($P < 0.01$) in alle gevalle, met uitsondering van massa per plant in die lyne van proef 1.

Resultate van die analise van variansie vir verskille tussen groepe en tussen lyne binne groepe (Tabel 4) word in Tabel 7 vir die twee proewe apart gegee, ook met resultate van die toepaslike F-toets vir genetiese heterogeniteit. In die laasgenoemde analise is slegs verskille tussen kleurgroepe vir stoorwortelmasse in proef 1 en droë massa in proef 2 statisties betekenisvol ($P < 0.05$). Aan die ander kant, verskille tussen lyne binne groepe is vir alle eienskappe hoogs betekenisvol ($P < 0.01$), weereens met die uitsondering van stoorwortelmasse in proef 1.

In die lig van hierdie geringe getuienis vir betekenisvolle genetiese gevolge van die inisiële groeperings van lyne op grond van stoorwortelkleur en oorsprong, en in die lig van die positiewe getuienis vir genetiese verskille tussen lyne vir alle eienskappe (met die een genoemde uitsondering van massa per plant in proef 1) is die volledige data van die twee stelle vir verdere ontledings saamgevoeg, na gepaste korreksie vir die verskil in proefgemiddeldes, en na samevoeging van die betrokke foutvariëansies (σ_E^2 , Tabel 3). Die volledige stel van 57 lyne (7 lyne was gemeenskaplik tot albei proewe) is gevolglik as 'n enkele steekproef uit die oorspronklike kiemplasmaversameling verder ontleed.

VERSKILLE TUSSEN LYNE IN DIE SAAMGEVOEGDE STEEKPROEF

Resultate van die analise van variansie op afsonderlike kwanitatiewe eienskappe vir die saamgevoegde steekproef van lyne word in Tabel 8 opgesom. In hierdie tabel is die opsomming in terme van koëffisiënte van variasie, C_G en C_E , bereken vanaf die beramings van σ_G^2 en σ_E^2 uit die analise van variansie vir die saamgevoegde data. Stoorwortelmassa vertoon die grootste mate van genetiese variasie in hierdie stel lyne ($C_G=0.26$) en TOS die kleinste ($C_G=0.08$). Die potensiaal van benutting van hierdie genetiese variasie deur seleksie word te volgens behandel.

OORERFLIKHEID (h^2) VAN KWANTITATIEWE KENMERKE

Die oorerflikheid (h^2) van 'n kwantitatiewe eienskap is 'n koëffisiënt wat die genetiese variasie (σ_G^2) uitdruk as 'n proporsie van die totale waarneembare fenotipiese variasie ($\sigma_E^2 + \sigma_G^2$). In enige stel lyne soos dié van hierdie studie is die verhouding 'n maatstaf van die akkuraatheid van rangordeplasing van lyne op grond van waargenome prestasie. Dit is ook die regressie van nageslag-prestasie op ouerprestasie in die geval van vegetatiewe voortplanting soos in hierdie materiaal van toepassing is. Beramings van oorerflikheid word dus gebruik vir die beraming van seleksieresponsie in eienskappe wat die normale (Gaussian) verdeling volg (Falconer, 1973).

In Tabel 9 word die beramings van σ_G^2 en σ_E^2 vir die verskillende eienskappe gegee, met verwante h^2 vir die volle stel lyne. Die h_n^2 in hierdie tabel is die verhouding $\sigma_G^2 / (\frac{1}{4}\sigma_E^2 + \sigma_G^2)$, soos toepaslik vir rangordeplasing en seleksie gegrond op gemiddeldes oor $n=4$ herhalings. Die ekwivalente verhouding word

ook vir die kategorieëse eienskappe skilkleur, vleiskleur, stoorwortelvorm en oksidasie in hierdie tabel gegee, maar slegs as aanduiding van die herhaalbaarheid van die metings in hierdie eienskappe. Figuur 4 gee die standaardfoute van h^2 vir $n=4$, $N=32$ en $N=57$, bereken volgens die standaard formule (Falconer, 1983). Beramings wat reeds vir dieselfde eienskappe van patats gepubliseer is, word in Tabel 10 gegee.

Verskille in beramings van h^2 van 'n eienskap is nie net te wyte aan steekproefneming (sampling) nie, waarvan die standaardfout die maatstaf is, en waar die proefgrootte van kritiese belang is, maar ook te wyte aan die sisteem van voortplanting van die gewas en die mate van heterogeniteit in die lokale omgewing van die proef, soos gemeet deur σ_E^2 . Dit moet dan beklemtoon word dat die huidige beramings spesifiek vir die betrokke kiemplasmaversameling wat gemonster is geld, en wat vegetatief in proewe met die betrokke lokale agronomiese spesifikasies voortgeplant is. Dit is egter opmerklik dat die beraming van die oorerflikheid vir aantal per plant in hierdie proewe hoër is as vir massa per plant en dat dit ook die geval is vir die gemiddeldes van reeds gepubliseerde beramings vir hierdie eienskappe (Tabel 10). Hierdie relatiewe orde van genetiese variasie in die twee eienskappe van die huidige materiaal word ook in die C_G beramings van Tabel 8 weerspieël.

Binne die konteks van bespreking van vergelykings tussen eienskappe en tussen verskillende bronne van teelmateriaal, is dit gepas om die voordele van die genetiese koëffisiënt van variasie (C_G) as maatstaf weer te beklemtoon, naamlik dat die maatstaf onafhanklik is van die skaal van meting en onafhanklik van heterogeniteit in die lokale omgewing (perseel tot perseel binne blokke) van die proef. Die laasgenoemde eienskap geld mits behoorlike randomisasie in die betrokke proefherhalings (blokke) toegepas word. Ongelukkig verkies sommige plantetelers nog die parameter h^2 as algemene beskrywende maatstaf vanweë die regressie eienskappe van die parameter en die rol van die parameter in voorspellingsformules van seleksieresponsie.

HERHAALBAARHEID VAN WAARNEMINGS VIR DIE WAARNEMINGS IN KATEGORIESE EIENSKAPPE

Beramings van oorerflikhede van kategorieëse data wat op 'n nominale of ordinale skaal gemeet word, soos byvoorbeeld kleur en stoorwortelvorm, moet egter versigtig geïnterpreteer word, veral wanneer dit kom by voorspelling van direkte en gekorreleerde seleksieresponsies, want hierdie waarnemings besit nie die vereiste onderliggende normale (Gaussian) verdeling nie. Berekenings van oorerflikhede op konvensionele maniere in hierdie gevalle (skilkleur, vleiskleur en stoorwortelvorm) gee ten beste slegs 'n aanduiding van die herhaalbaarheid van die waarneming met herhaalde beoordelings binne die betrokke genetiese groepe. Hoewel hierdie beramings almal oënskynlik vanaf 1.0 afwyk is dit nietemin algemene ondervinding dat cultivars en teellyne konsekwent vir die eienskappe beskryfbaar is. Hierdie teenstrydigheid dui op die tekortkominge van subjektiewe beoordeling van enkele stoorwortel... vir hierdie kenmerke en die noodsaaklikheid vir verdere navorsing op die onderwerp wat sal mik na die ontwikkeling van meer objektiewe skale vir die meting van die variasie teenwoordig in kiemplasmaversamelings. Dit is 'n algemene probleem in die teling van groente en vrugte waar kwaliteitseienskappe dikwels van primêre belang is, maar slegs deur subjektiewe beoordeling meetbaar is.

In hierdie studie is dan ook die probleem ondervind dat alhoewel kategorieëse eienskappe oor die algemeen konsekwent beskryf kan word, daar wel gevalle was waar die gemiddeld oor die blokke onbeslis was. Hier is byvoorbeeld gevalle gevind waar die gemiddeld 3.5 was, wat dan die probleem geskep het om te bepaal in watter klas die gemete eienskap val. In gevalle waar waardes soos byvoorbeeld 3.25 of 3.75 gevind is, kan benaderings gemaak word. In totaal is daar 10 onbesliste gevalle by oksidasie, 16 by stoorwortelvorm, 7 by skilkleur en 5 by vleiskleur gevind.

KOVARIANSIES EN KORRELASIES TUSSEN AANTAL, MASSA, PERSENTASIE DROË MASSA EN TOS

Moontlike assosiasie tussen eienskappe is 'n belangrike oorweging in die beplanning en uitvoering van programme in planteteelt en word deur die konvensionele koëffisiënt van korrelasie, r , gemeet. Betekenisvolle assosiasies tussen twee eienskappe (positief of negatief) impliseer moontlike gekorreleerde responsie in een eienskap na seleksie vir die ander.

Kwantitatiewe genetika maak dan 'n onderskeid tussen die onderliggende korrelasie, r_G , tussen twee eienskappe wat ontstaan as gevolg van gemeenskaplike genetiese effekte (pleiotropiese effekte en koppeling van gene) aan die een kant, en die korrelasie, r_E , wat ontstaan as gevolg van gemeenskaplike omgewingseffekte aan die ander. Die funksionele verband met die waarneembare fenotipiese korrelasie, r_P , vir twee eienskappe x en y is dan as volg (Falconer, 1983):

$$r_P = h_x h_y r_G + (1 - h_x^2)^{1/2} (1 - h_y^2)^{1/2} r_E$$

waar $r_P = \text{cov}_P / \sigma_{Px} \cdot \sigma_{Py}$, $r_G = \text{cov}_G / \sigma_{Gx} \cdot \sigma_{Gy}$ en $r_E = \text{cov}_E / \sigma_{Ex} \cdot \sigma_{Ey}$

Die betrokke kovariansies en standaardafwykings word op die standaard manier vir analise van variansie en kovariansie soos in die Prosedures van hierdie artikel beskryf, beraam.

In Tabel 11 word genetiese (cov_G) en omgewingskovariansies (cov_E) en die beraamde genetiese (r_G), fenotipiese (r_P) en omgewingskorrelasies (r_E) vir aantal per plant, massa per plant, persentasie droë massa en TOS van die saamgevoegde stel, gegee. Die korrelasies tussen aantal en massa is positief, maar die genetiese korrelasie is relatief klein teenoor die fenotipiese en omgewingskorrelasies.

Die hoë korrelasies van meer as 0.7 wat Jones (1970) en Li volgens Jones

(1970) gekry het tussen massa en aantal is nie in hierdie studie gevind nie. Die fenotipiese en omgewingskorrelasies is egter positief en r_E is relatief hoog. Die persentasie droë massa en TOS blyk positief gekorreleerd te wees (Tabel 11), maar die hoë waardes wat in die geval van geelwortels deur Peterson en Simon (1986) verkry is, is nie in hierdie eksperiment gevind nie.

Enige interpretasie en gevolgtrekkings uit korrelasie koëffisiënte wat deur die analise van variansie en kovariansie beraam word, soos hier die geval is, moet in ag neem dat die beramings relatief groot standaardfout (groter as die beramings van die verwante oorerflikhede uit dieselfde data) as gevolg van die feit dat elkeen 'n funksie van verskeie gemiddelde kwadrate en gemiddelde produkte van die analise van variansie en kovariansie is. Formules vir die standaardfout van r_G is kompleks en nog nie plaaslik behoorlik gerekenariseer vir direkte toepassing nie. In die langeduur word onafhanklike gepubliseerde beramings van verskillende bronne geakkumuleer en statisties saamgevoeg (sien byvoorbeeld Wricke en Weber, 1986). Die enigste gepubliseerde korrelasies van 'n soortgelyke studie was dié van Jones (1970), maar die korrelasies vir aantal en massa ($r_G=0.89$ en $r_E=0.88$) is baie groter as wat in hierdie studie gevind is.

VOORSPELLING VAN SELEKSIERESPONSIE VIR SELEKSIE TUSSEN LYNE

Bo en behalwe die suiwer natuurwetenskaplike belangstelling in die oorerflikheid van kwantitatiewe eienskappe en die genetiese korrelasie tussen eienskappe in verskillende plantsoorte, vind die beraming van hierdie parameters ook 'n nuttige inslag in die voorspelling van seleksierespensie en in die beplanning van seleksieprogramme in planteteelt, waarvoor 'n omvattende teoretiese raamwerk reeds bestaan (sien byvoorbeeld Mayo, 1980, en Wricke en Weber, 1986). In terme van reeds gedefinieerde parameters is die voorspellingsformule vir seleksierespensie, ΔG , na seleksie van ekstremes

(hoogste of laagste) in 'n eienskap wat die normale verdeling volg

$$\Delta G = i \cdot h_n \cdot \sigma_G$$

$$h_n = \sqrt{\frac{n \cdot h^2}{1 + (n-1)h^2}}$$

en i gelyk is aan die standaard, getabuleerde, seleksiedifferensiaal vir die gegewe proporsie wat geselekteer word, en n gelyk is aan die aantal herhalings van die meting op elke eenheid (lyn, kloon of familie). Uitgedruk as 'n verhouding van die gemiddelde, M , van die eienskap in die groep waaruit geselekteer word kry ons dan

$$\frac{\Delta G}{M} = i \cdot h_n \cdot C_G$$

Die betroubaarheid van die voorspelling is dan totaal afhanklik van die betroubaarheid van die beramings van h^2 en C_G (in die sin van die standaardfout en statistiese onsydigheid van die beramings) vir die betrokke materiaal. Aangesien $h_n \rightarrow 1$ as $n \rightarrow \infty$ word die maksimum moontlike responsie vir 'n gegewe intensiteit (proporsie) van seleksie gegee deur die produk $i \cdot C_G$. Die aanname van 'n normale (Gaussian) verdeling van die eienskap moet hier beklemtoon word.

In Tabel 12 word die voorspelde seleksieresponsie vir die verskillende kwantitatiewe eienskappe vir $i = 1.655$ gegee. Die seleksiedifferensiaal, i , is bereken uit die standaard Hartertabelle (Harter, 1961) vir ordestatistieke van die normale verdeling vir 'n seleksie intensiteit van $7/57$, d.w.s., seleksie van die hoogste sewe na plasing van lyne in rangorde vir elke eienskap afsonderlik. Die getal sewe is gekies as die aantal lyne wat in 'n opvolgproef geplant sou word vir 'n empiriese kontrolering van die voorspelde responsies in Tabel 12, met die sewe laagste lyne as kontrole.

Die eksperimentele werk van Jones (1969) en Jones, Steinbauer en Pope (1969) het aangetoon dat die voorspelde prestasie in die meeste gevalle in hulle

materiaal met 10 persent seleksie gerealiseer is. Die empiriese kontroliering van voorspelde seleksieresponsies vir seleksies wat in die huidige materiaal uitgevoer is, moet nog uitgevoer word. Die seleksie was op stoorwortelmassa gebaseer, die hoogste en laagste sewe uit die totale stel van 57 lyne, en die seleksies is alreeds in aparte proewe met agt herhalings elk geëvalueer (proef 3 en proef 4).

Resultate van die analise van variansie word in terme van C_G en C_E in Tabel 13 gegee, vir vergelyking met die beramings vir die oorspronklike volle stel lyne van proef 1 en proef 2 in Tabel 8. Onverwags blyk dit dat die betrokke seleksie op massa geen invloed op genetiese variasie van die oorspronklike stel lyne gehad het nie, 'n bevinding wat verder opgevolg moet word.

EVALUERING VAN GESELEKTEERDE LYNE MET HOË MASSA TEENOR DIE STANDAARD CULTIVAR BOSBOK

Die resultate en bespreking van die studie sover het betrekking tot die ondersoek na die omvang van genetiese variasie in die kiemplasmaversameling vir eienskappe verwant aan die kommersiële waarde van patats, en die voorspelling van seleksieresponsie gegrond op waarnemings in veldproewe. Die eindelike sukses van 'n planteteeltprogram word egter gemeet deur die tempo van vervanging van bestaande kommersiële cultivars deur nuwe lyne uit die program. Ses van die seleksies vir hoë stoorwortelmassa in die vorige ondersoek is dus in 'n veldproef met die standaard cultivar Bosbok op Roodeplaat geëvalueer. Die resultate word grafies in Figure 5 tot 9 opgesom, waar die gemiddelde prestasies van lyne in rangorde met 95% vertrouensintervalle geplot word. In hierdie proef is die standaard cultivar drie maal herhaal in elke blok volgens Finney se reël vir die aantal herhalings van die standaard cultivar in vergelykende proewe van hierdie aard.

In Figuur 6 kan gesien word dat die geselekteerde lyne almal 'n hoër massa per plant as Bosbok gelever het, maar nie almal was betekenisvol nie. Teellyn

84-17-43 het vir al die gemete eienskappe, behalwe vir die aantal per plant, betekenisvol beter as Bosbok presteer. Hierdie lyn, en moontlik ander in die stel, kan nou vir verdere evaluering in streeksproewe oor al die gebiede van verbouing beskikbaar gestel word.

GENOTIPE-OMGEWING WISSELWERKING

'n Belangrike probleem in planteteelt van gewasse wat oor breë spektrums van omgewingstoestande verbou word, is om te besluit of betekenisvolle variasie in aanpasbaarheid van teelmateriaal bestaan al dan nie en, indien wel, om te besluit watter seleksieprosedure gevolg moet word. Die basiese maatstaf wat hier nodig is, is 'n maatstaf van herhaalbaarheid van die rangorde van genotipes vir 'n bepaalde eienskap oor die spektrum van betrokke omgewings. Die algemene verskynsel van verskuiwings in die rangorde van genotipes veral in eienskappe verwant aan opbrengs (gewoonlik saadopbrengs), word histories na verwys as genotipe-omgewing wisselwerking, kortliks, GxE wisselwerking. Die verwante komponent van variansie is beraambaar in die gesamentlike analise van variansie van waarnemings in proewe wat in die verskillende omgewings herhaal is (sien byvoorbeeld, Wricke en Weber, 1986).

In die afwesigheid van GxE wisselwerking in die basiese bronne van 'n teelprogram kan die program en die evaluering van sy eindprodukte tot een enkele lokaliteit beperk word. Aan die ander kant, die voorkoms van GxE wisselwerking impliseer dat afsonderlike programme in elke omgewing (verbouingsstreek) onderneem moet word of, ten minste, moet die finale evaluering van nuut geteelde lyne in alle omgewings onderneem word. So ver afgelei kan word, het slegs Janssens (1984) en Bacusmo, Collins en Jones (1988) al studies in verband met hierdie onderwerp vir stoorworteleienskappe van patats onderneem. Lokale materiaal en proefresultate beskikbaar vir so 'n ondersoek is in die Prosedures van hierdie artikel beskryf.

Resultate van die toepaslike analise van variansie vir die opsporing van GxE

wisselwerking in die opbrengs van stoorwortels word in Tabel 14 vir drie verskillende seisoene gegee. Verskille tussen genotipes, omgewings en die GxE wisselwerking was elke keer hoogs betekenisvol vir al drie seisoene, in ooreenstemming met die bevindings van Janssens (1984), wat 27 genotipes op ses lokaliteite in die Sentrale Hooglande van Afrika geëvalueer het. Bacusmo, Collins en Jones (1988) wat 14 genotipes op 4 lokaliteite geëvalueer het, het ook betekenisvolle genotipe-omgewing wisselwerking gevind.

Die teel van cultivars wat wyd aanpasbaar is of 'n cultivar vir elke klimaatsstreek afsonderlik is dus 'n belangrike oorweging vir toekomstige beplanning van die huidige teelprogram. Die verskillende verbruikersvoorkeure wat in Suid-Afrika in die verskillende streke ondervind word, impliseer ook die teel van spesifieke cultivars vir die verskillende streke.

LITERATUURVERWYSINGS

- BACUSMO J.L., COLLINS W.W. & A. JONES. 1988. Comparison of methods of determining stability and adaptation of sweet potato. *Theoretical and Applied Genetics* 75: 492-497.
- BESTER C. 1991. Oorsig van patats as landbougewas en die teling daarvan in Suid-Afrika. In: Genetiese polimorfisme in die Suid-Afrikaanse kiemplasmaversameling van verhoude patats, *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Bl. A1-A18. MSc tesis. Universiteit van Stellenbosch.
- FALCONER D.S. 1983. Introduction to quantitative genetics. 2nd Ed. Longman. London and New York.
- HARTER H.L. 1961. Expected values of normal order statistics. *Biometrika* 48: 151-165.
- JANSSENS M.J.J. 1984. Genotype by environment interactions of the yield components in sweet potato. *Proceedings of the Sixth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*: 543-551.
- JONES A. 1969. Quantitative inheritance of ten root traits in sweetpotatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 94(3): 271-275.
- JONES A. 1970. Phenotypic, genotypic, and environmental correlations in sweetpotatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 95(3): 326-330.
- JONES A. 1972. Mass selection for low oxidation in sweet potato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97(6): 714-718.
- JONES A. 1977. Heritabilities of seven sweetpotato root traits. *Journal of the*

- American Society for Horticultural Science 102(4): 440-442.
- JONES A., HAMILTON M.G. & P.D. DUKES. 1976. Heritability estimates for fiber content, root weight, shape, cracking, and sprouting in sweetpotato. Journal of the American Society for Horticultural Science 103(3): 374-376.
- JONES A., STEINBAUER C.E. & D.T. POPE. 1969. Quantitative inheritance of ten root traits in sweetpotatoes. Journal of the American Society for Horticultural Science 94(3): 271-275.
- MALUF W.R., MIRANDA J.E.C. & P.E. FERREIRA. 1983. Broadsense heritabilities of root and vine traits in sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Revista Brasileira de Genetica 6(3): 443-451.
- MAYO O. 1980. The theory of plant breeding. Clarendon Press. Oxford.
- MONTGOMERY D.C. 1976. Design and analysis of experiments. John Wiley & Sons. New York.
- PETERSON C.E. & P.W. SIMON. 1986. Carrot breeding. In: Breeding Vegetable Crops. M.J. BASSETT (Editor). Bl. 322-335. AVI Publishing Company, inc. Westport Connecticut.
- SALADAGA F.A. & T.P. HERNANDEZ. 1981. Heritability and expected gain from selection for yield, weight loss in storage and sprouting in field bed of sweet potato. Annals of Tropical Research 3(1): 1-7.
- SHIGA T., KATO S. & H. ISHIKAWA. 1985. Utilization of K_2O/N ratio as selection character in tuber yield of sweet potato. Japanese Journal of Breeding 35(1): 41-49.
- TIGCHELAAR E.C. 1986. Tomato breeding. In: Breeding Vegetable Crops.

M.J. BASSETT (Editor). Bl. 135-166. AVI Publishing Company, inc.
Westport Connecticut.

WRICKE G. & W.E. WEBER. 1986. Quantitative genetics and selection in
plant breeding. Walter de Gruyter. Berlin. New York.

YEN D.E. 1974. The sweet potato and Oceania. Bernice P. Bishop Museum
Bulletin 236: 1-389.

TABELLE EN FIGURE

Tabel 1(a). Ewekansige steekproefneming met behulp van ewekansige getalle (Montgomery, 1976) het gelei tot die volgende inskrywings in die vier kleur kategorieë vir Proef 1.

Oranje	Geel	Room	Wit
Impala	85-8-4	86-3-9	84-5-74
86-39-3	86-38-1	Ribbok	86-28-2
81-27-537	86-17-1	86-6-1	96-37-2
85-3-2	86-15-3	84-7-27	84-2-447
84-5-93	85-7-2	85-7-1	84-61-6
86-32-3	84-1-573	86-3-7	86-42-6
81-27-285	86-10-2	Brondal	86-4-1
85-6-2	85-5-2	84-10-367	86-45-5

Tabel 1(b). Dieselfde prosedure vir die steekproefneming het gelei tot die volgende inskrywings volgens herkoms in Proef 2.

79-5-2	81-27-167	84-2-447	P.N. USA
84-17-238	84-10-223	86-3-9	81-27-285
84-17-52	84-10-16	86-3-8	81-27-305
85-7-2	84-10-126	86-3-3	81-27-1204
84-17-175	84-10-208	86-3-10	81-27-930
85-7-1	84-10-119	86-3-11	81-27-725
84-17-43	84-10-340	86-3-7	81-27-537
85-7-3	84-10-359	86-3-5	81-27-994
84-17-236	84-10-367	86-3-6	81-27-932

Tabel 2(a). Die aantal plante wat by elke herhaling van proef 1 geoes is.

Teclyn	Herh. 1	Herh. 2	Herh. 3	Herh. 4
86-38-1	10	10	10	10
Impala	10	10	8	8
86-17-1	9	9	10	6
84-7-27	9	10	10	10
85-5-2	8	8	9	6
86-3-9	10	6	9	9
86-39-3	8	6	10	9
Brondal	9	9	7	10
86-45-5	7	10	10	9
85-8-4	10	9	7	8
85-6-1	10	10	8	10
84-61-6	10	10	8	9
84-10-367	10	9	10	10
85-7-2	10	10	8	10
85-3-2	9	9	8	9
86-3-7	10	10	10	8
86-10-2	10	9	10	10
86-42-6	10	9	9	10
85-7-1	9	8	9	10
81-27-537	10	10	10	9
86-32-2	9	8	6	10
86-15-3	10	10	9	10
84-5-9	10	8	9	8
85-6-2	8	9	10	8
86-37-2	8	9	9	10
81-27-285	9	9	10	5
84-1-573	10	9	9	8
86-4-1	10	9	10	10
84-5-74	9	9	10	8
Ribbok	9	9	10	10
84-2-447	9	9	9	10
86-28-2	9	9	10	10

Tabel 2 (b). Die aantal plante wat by elke herhaling van proef 2 geoes is.

Teeltn	Herh. 1	Herh. 2	Herh. 3	Herh. 4
84-10-223	9	8	10	10
84-17-238	10	10	8	10
84-10-16	10	10	10	10
86-3-10	10	9	10	10
84-10-359	10	10	9	8
86-3-9	10	10	10	9
84-17-52	10	8	10	9
86-3-5	10	8	9	9
81-27-932	10	10	9	10
84-10-367	10	10	10	10
86-3-3	10	9	10	8
81-27-537	10	8	7	10
86-3-6	10	10	8	10
84-10-208	9	10	10	10
85-7-2	10	10	10	10
86-3-7	10	8	7	7
84-10-340	10	10	10	10
81-27-725	9	10	10	10
86-3-11	9	9	10	8
84-17-236	10	9	8	6
85-7-1	10	10	8	10
84-10-126	10	8	10	10
84-17-175	10	6	8	7
85-7-3	10	10	10	9
81-27-1204	9	10	8	10
84-17-43	7	8	10	5
84-10-119	9	10	9	10
81-27-994	9	9	10	10
81-27-285	9	10	10	10
86-3-8	10	10	10	9
81-27-930	10	9	9	9
81-27-305	10	9	10	10

Tabel 2(c). Die aantal plante wat by elke herhaling van proef 3 geoes is, waar byvoorbeeld 7+3 beteken dat data van sewe plante geneem is en dat die ander drie plante of vrot of onbemarkbaar klein was.

Teellyn	Herh. 1	Herh. 2	Herh. 3	Herh. 4	Herh. 5	Herh. 6	Herh. 7	Herh. 8
81-27-1204	10	10	10	10	7+3	9	7+3	7+3
85-7-1	9	7+1	8	9	7+3	9	5+4	9
86-37-2	10	10	9	9	9	4+5	7+3	10
Impala	9+1	9	8+2	8+2	9	10	9	9
84-17-3	10	10	10	10	8	10	9+1	7+2
84-7-27	10	9	8	9	10	10	8+1	10
86-4-1	8	10	8	9	9+1	9	9+1	9

Tabel 2(d). Die aantal plante wat by elke herhaling van proef 4 geoes is, waar byvoorbeeld 7+3 beteken dat data van sewe plante geneem is en dat die ander drie plante of vrot of onbemarkbaar klein was.

Teellyn	Herh. 1	Herh. 2	Herh. 3	Herh. 4	Herh. 5	Herh. 6	Herh. 7	Herh. 8
84-2-447	8	9+1	8	10	8	9	10	10
86-3-6	9	9	9	10	9	8	8	9
86-3-10	10	8	9	10	7+3	9	9	9
84-10-119	9	8	7	7	8	6	9	9
86-3-8	9	7	8	7	6+3	10	10	8
86-3-11	10	8	10	9	10	10	9	10
85-7-2	9	8	9	9	10	10	8	10

Tabel 2(e). Die aantal plante wat by elke herhaling van proef 5 geoes is, waar byvoorbeeld 7+3 beteken dat data van sewe plante geneem is en dat die ander drie plante of vrot of onbemarkbaar klein was.

Teellyn	Herh. 1	Herh. 2	Herh. 3	Herh. 4	Herh. 5	Herh. 6	Herh. 7	Herh. 8
Bosbok1	9	10	10	10	10	10	10	10
86-4-1	10	10	10	10	10	10	10	9
Bosbok3	10	10	10	8+2	10	10	10	10
Bosbok2	10	10	10	10	10	10	10	10
85-7-1	10	10	10	9	10	10	10	10
84-7-27	10	10	10	10	10	10	10	10
Impala	8+2	9+1	10	8+2	9+1	10	8	9+1
84-17-43	8	10	10	10	10	10	10	10
81-27-1204	10	10	10	10	10	10	10	10

Tabel 3. Analise van variansie vir die opsporing van heterogeniteit tussen lyne en vir beraming van genetiese en omgewingskomponente van variasie, σ_G^2 en σ_E^2 . a is die aantal blokke (herhalings) en b die aantal lyne.

Faktor	Vryheidsgrade	Verwagte gemiddelde kwadrate
Herhaling	a-1	
Lyne	b-1	$\sigma_E^2 + a\sigma_G^2$
Residueel	(a-1)(b-1)	σ_E^2

Tabel 4. Analise van variansie op gemiddeldes vir die opsporing van heterogeniteit tussen groepe, σ_{GB}^2 , en tussen lyne binne groepe, σ_{GW}^2 . c is die aantal groepe en d die aantal lyne per groep.

Faktor	Vryheidsgrade	Verwagte gemiddelde kwadrate
Tussen Groepe	c-1	$\frac{1}{a}\sigma_E^2 + \sigma_{GW}^2 + d\sigma_{GB}^2$
Binne Groepe	c(d-1)	$\frac{1}{a}\sigma_E^2 + \sigma_{GW}^2$

Tabel 5. Analise van kovariansie vir die beraming van genetiese en omgewingskomponente, cov_G en cov_E . a en b is die aantal blokke (herhalings) en lyne respektiewelik.

Faktor	Vryheidsgrade	Verwagte gemiddelde produkte
Herhaling	a-1	
Lyne	b-1	$\text{cov}_E + a \text{ cov}_G$
Residueel	(a-1)(b-1)	cov_E

Tabel 6. Gemiddelde kwadrate in die analise van variansie van stoorworteieenskappe met resultate van die statistiese toets vir heterogeniteit tussen lyne vir kwantitatiewe eienskappe.

Eienskap	Tussen lyne		Residueel	
	proef 1	proef 2	proef 1	proef 2
Aantal per plant	5.3269**	5.3213**	1.3304	1.2809
Massa per plant	0.4203	0.2994**	0.3548	0.0764
Stoorwortelmasa	0.0328**	0.0228**	0.0112	0.0051
% Droë massa	25.6715**	20.4257**	3.3554	1.7748
TOS	2.3718**	1.6733**	0.8689	0.2666
Oksidasie	2.5320	0.6469	0.5024	0.1456
Vorm	6.5139	3.6442	1.9534	2.5689
Skilkleur	8.2336	12.9909	0.0401	0.3189
Vleiskleur	-	3.2961	-	0.1691

** P < 0.01

Tabel 7. Gemiddelde kwadrate in die analise van variansie op gemiddeldes vir die opsporing van verskille tussen kleurgroepe (proef 1) en tussen herkoms-groepe (proef 2).

Eienskap	Groepe		Lyne binne groepe	
	proef 1	proef 2	proef 1	proef 2
Aantal per plant	1.5886	1.2319	1.3030**	1.3408**
Massa per plant	0.1009	0.0841	0.1054	0.0740**
Stoorwortelmasa	0.0230*	0.0140	0.0065**	0.0049**
% Droë massa	12.4460	13.5295*	5.8141**	4.2165**
TOS	0.0844	0.7070	0.6482**	0.3876**

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

Tabel 8. Komponente van variansie vir kwantitatiewe eienskappe in die saamgevoegde steekproef, uitgedruk as koëffisiënte van variasie (%) vir genetiese verskille tussen lyne, C_G , en vir residuele omgewingsafwykings, C_E , per perseel.

Eienskap	C_G	C_E
Aantal per plant	16.38	19.64
Massa per plant	12.49	34.04
Stoorwortelmasa	25.81	34.50
% Droë massa	12.60	8.84
TOS	8.28	10.72

Tabel 9. Genetiese en omgewingskomponente van variansie, σ_G^2 en σ_E^2 , vir die saamgevoegde steekproef, die verwante oorerflikheid, h^2 , oorerflikheid van proefgemiddeldes, h_n^2 , vir kwantitatiewe eienskappe en herhaalbaarheid, t, vir kategorieëse eienskappe.

Eienskap	σ_G^2	σ_E^2	h^2/t	h_n^2
Aantal per plant	0.9090	1.3056	0.4105	0.7358
Massa per plant	0.0290	0.2156	0.1186	0.3498
Stoorwortelmassa	0.0046	0.0080	0.3651	0.6970
% Droë massa	5.2178	2.5652	0.6704	0.8905
TOS	0.3389	0.5676	0.3739	0.7049
Oksidasie	0.3273	0.3240	0.5025	
Vleiskleur*	0.7817	0.1691	0.8221	
Skilkleur	4.0423	0.1796	0.9575	
Vorm	0.7413	2.0212	0.2683	

* proef 2 alleen

Tabel 10. Opsomming van reeds gepubliseerde beramings van die oorerflikheid, h^2 , van kwantitatiewe stoorworteleienskappe en herhaalbaarheid, t , van geskaalde kategorieëse eienskappe

Eienskap	h^2/t	Analitiese metode	Verwysing
Aantal	0.32	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Aantal	0.60	var	Maluf,Miranda,Ferreira,1983
Aantal	0.69	var	Shiga,Kato,Ishikawa,1985
Droë massa	0.65	var-kov	Jones,1977
Droë massa	0.89	var	Shiga,Kato,Ishikawa,1985
Massa	0.41	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Massa	0.25	var-kov	Jones,1977
Massa	0.41	var-kov	Jones,Hamilton,Dukes,1976
Massa	0.24	var-kov	Saladaga,Hernandez,1981
Massa	0.76	var	Shiga,Kato,Ishikawa,1985
Oksidasie	0.64	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Oksidasie	0.24	var-kov	Jones,1977
Skilkleur	0.81	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Vleiskleur	0.66	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Vleiskleur	0.53	var-kov	Jones,1977
Vorm	0.62	var-kov	Jones,Steinbauer,Pope,1969
Vorm	0.50	var-kov	Jones,Hamilton,Dukes,1976

Tabel 11. Genetiese en omgewingskovariansie komponente, cov_G en cov_E , en ooreenstemmende korrelasie koëffisiënte, r_G en r_E , asook fenotipiese korrelasie, r_P , vir geselekteerde kwantitatiewe eienskappe.

Eienskap	cov_G	cov_E	r_G	r_P	r_E
Aantal / Massa	-0.0002	0.0583	-0.0015	0.1814	0.4397
Aantal / % Droë massa	0.0515	0.1317	0.0236	0.2878	0.2878
Massa / % Droë massa	-0.3651	0.0045	-0.9387	-0.5178	0.0241
% Droë massa / TOS	0.3885	0.1954	0.3479	0.3479	0.6478

Tabel 12. Voorspelde maksimum seleksieresponsie, $\Delta G = i \cdot C_G$ (%), vir seleksie in kwantitatiewe eienskappe, met seleksie intensiteit 7/57 ($i = 1.65$).

Eienskap	C_G	$\Delta G(\%)$
Aantal per plant	16.38	27.03
Massa per plant	12.49	20.61
Stoorwortelmasa	25.81	42.59
% Droë massa	12.60	20.79
TOS	8.28	13.66

Tabel 13. Komponente van variansie vir kwantitatiewe stoorwortel-eieenskappe in die opvolgproewe, uitgedruk as koëffisiënte van variasie (%) vir genetiese verskille tussen lyne, C_G , en vir residuele omgewingsafwykings, C_E , per perseel.

Eienskap	Tussen lyne		Residueel	
	Proef 3	Proef 4	Proef 3	Proef 4
Aantal per plant	19.31	12.78	21.34	22.78
Massa per plant	16.46	14.58	26.40	27.51
Stoorwortelmasa	20.97	10.18	18.75	21.86
% Droë massa	11.73	11.72	9.86	6.62
TOS	11.38	14.67	7.37	12.51

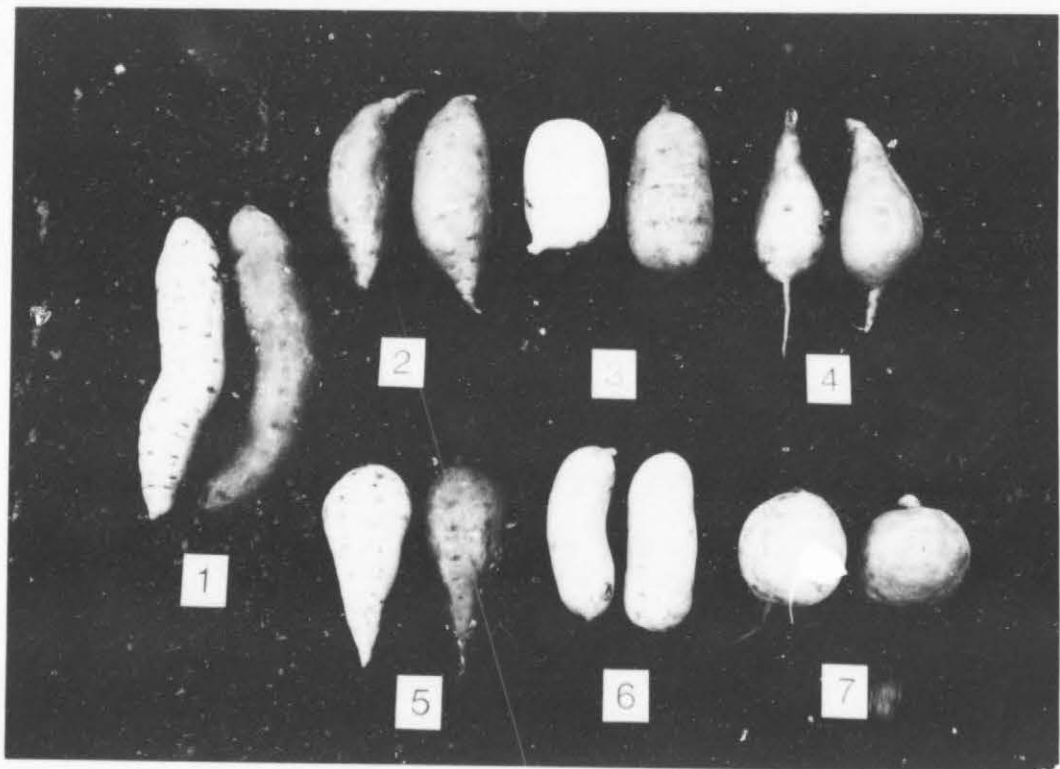
Tabel 14. Analise van variansie vir die opsporing van genotipe-omgewing wisselwerking (GxE) in opbrengs (massa) met betrokke vryheidsgrade.

Jaar	Gemiddelde kwadraat en vryheidsgrade							
	Genotipes	vg	Omgewing	vg	GxE	vg	Fout	vg
1986/87	332.4	11	271.0	5	95.2**	53 ¹⁾	30.6	132
1987/88	505.2	8	209.1	5	54.5**	38 ¹⁾	22.5	96
1988/89	329.1	12	1129.4	5	94.0**	59 ²⁾	20.3	144

** $P < 0.01$

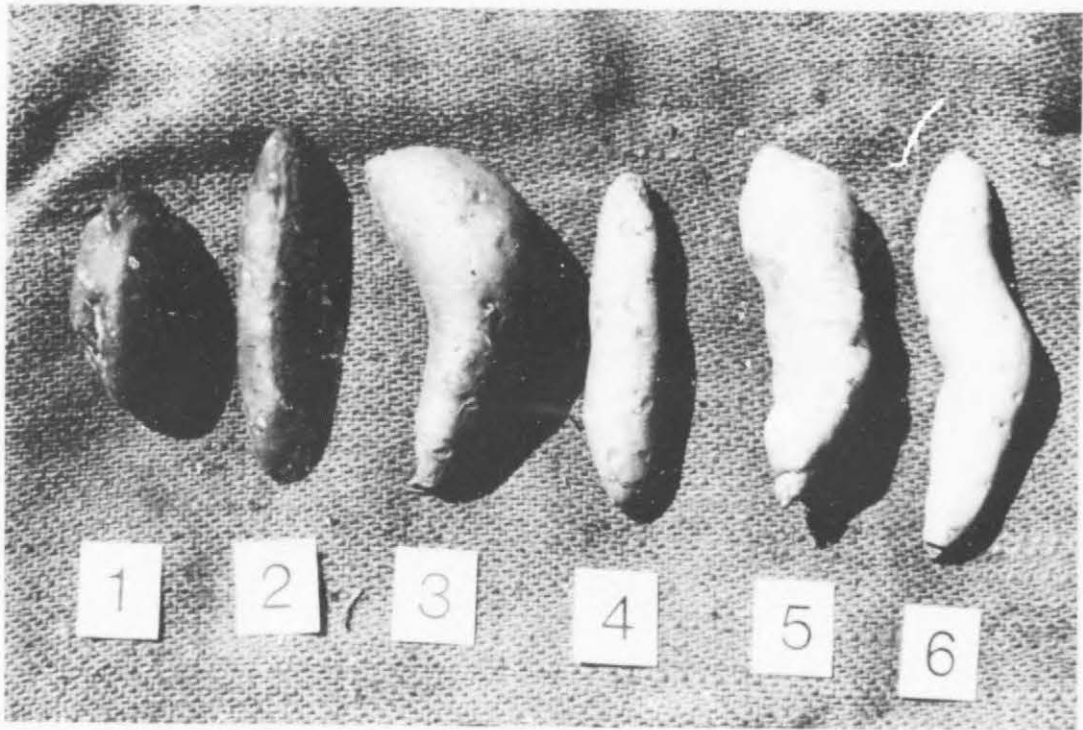
¹⁾ 2 vermiste waardes uitgesluit

²⁾ 1 vermiste waarde uitgesluit



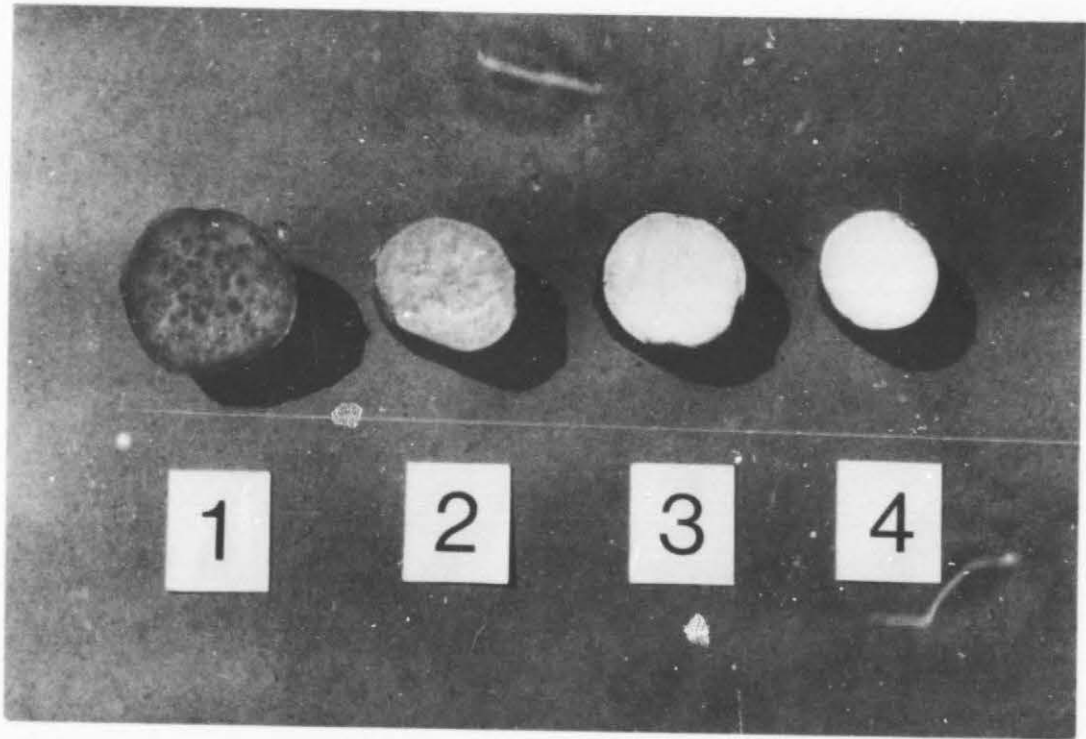
Figuur 1. Die verskillende klasse waarin stoorwortelvorm verdeel is.

- | | |
|---------------|---------------|
| 1. Langwerpig | 2. Spoel |
| 3. Ovaal | 4. Peer |
| 5. Tol | 6. Silindries |
| 7. Rond | |



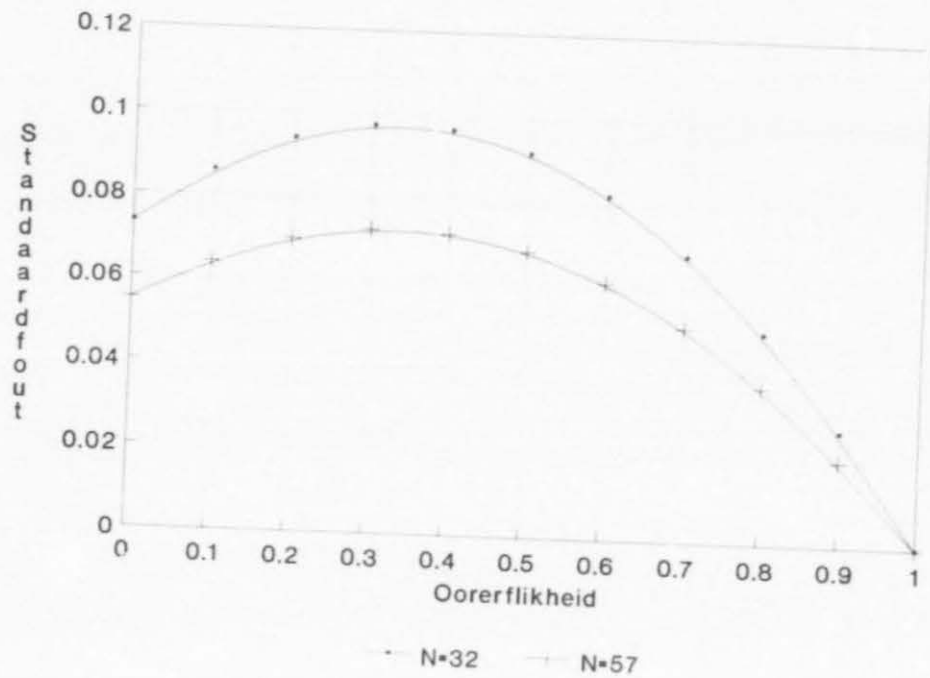
Figuur 2. Die verskillende klasse waarin skilkleur verdeel kan word.

- | | |
|-----------|---------|
| 1. Pers | 2. Rooi |
| 3. Oranje | 4. Geel |
| 5. Vaal | 6. Room |

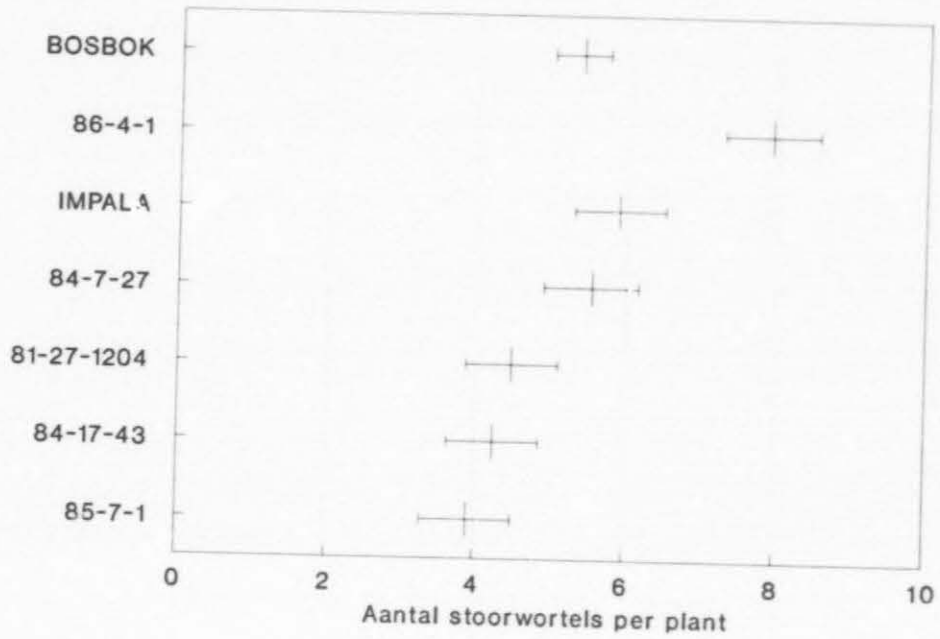


Figuur 3. Die verskillende klasse waarin die vleiskleur verdeel kan word.

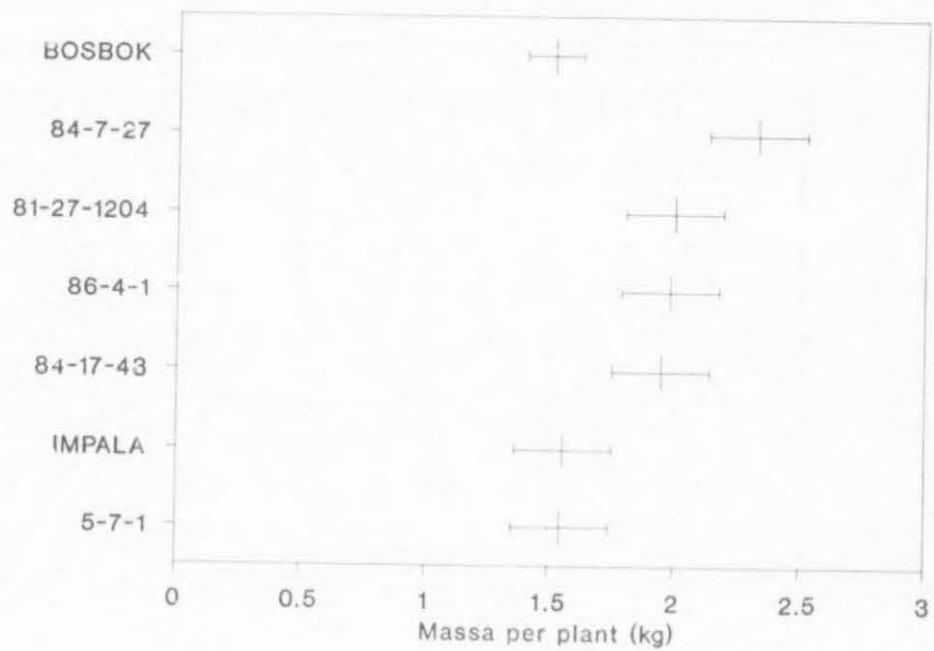
- | | |
|-----------|---------|
| 1. Oranje | 2. Geel |
| 3. Room | 4. Wit |



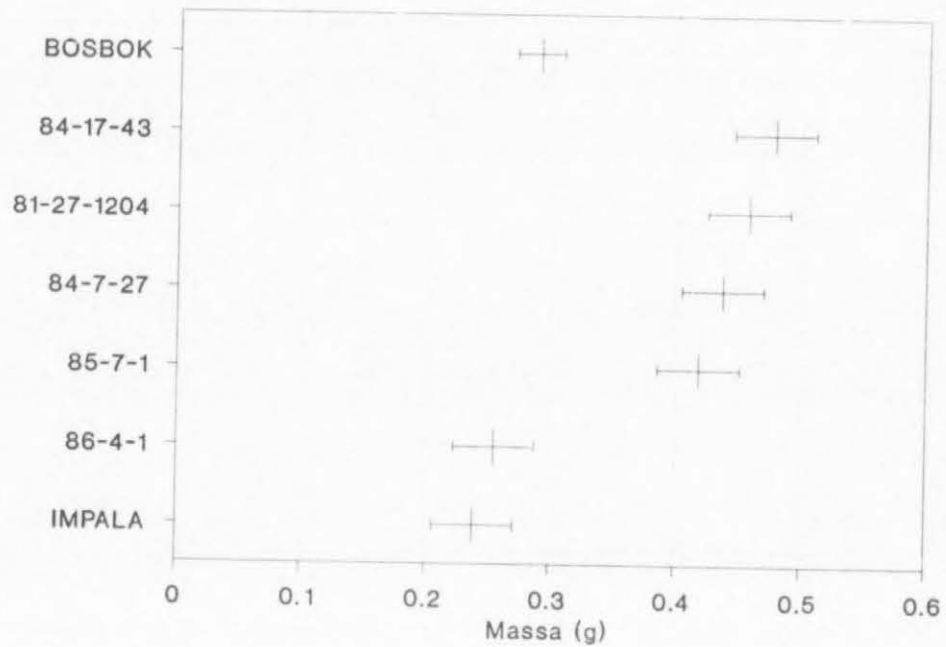
Figuur 4. Standaardfoute van beraamde oorerflikhede vir $n=4$, $N=32$ en $N=57$.



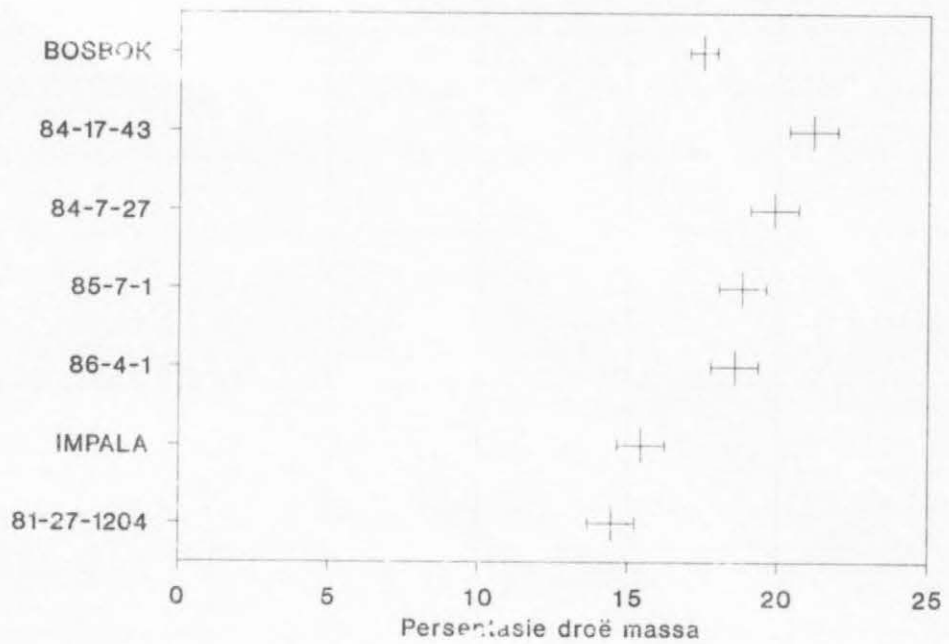
Figuur 5. Analise van aantal stoorwortels per plant in geselekteerde lyne met die standaard cultivar Bosbok.



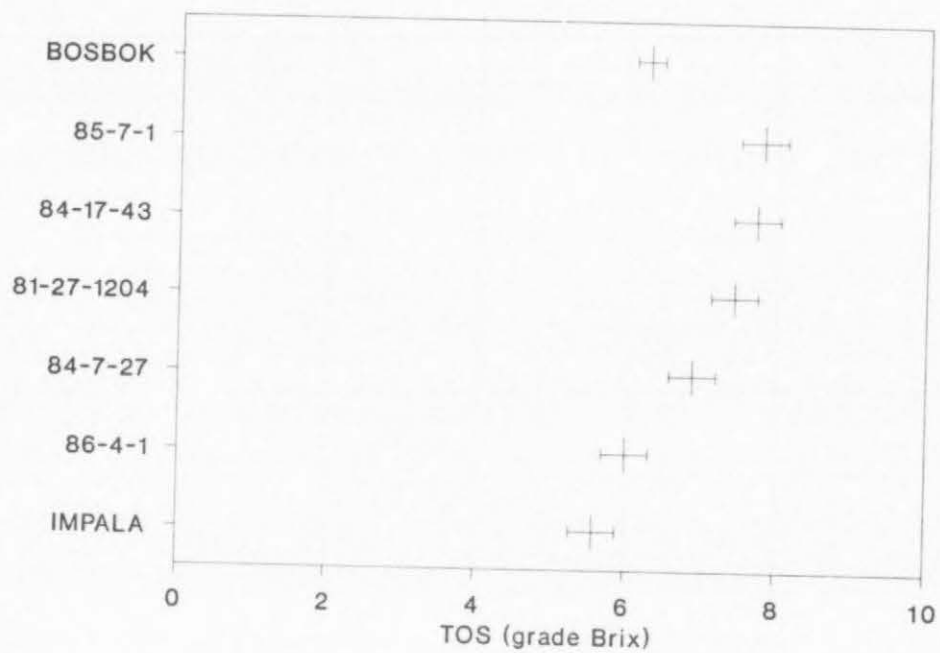
Figuur 6. Analise van massa per plant in geselekteerde lyne met die standaard cultivar Bosbok.



Figuur 7. Analise van stoorwortelmassa in geselekteerde lyne met die standaard cultivar Bosbok.



Figuur 8. Analise van persentasie droë massa in geselekteerde lyne met die standaard cultivar Bosbok.



Figuur 9. Analise van TOS (totale oplosbare stowwe) in geselekteerde lyne met die standaard cultivar Bosbok.