



B9

Biblioteek

U.O.V.S.

Library

U.O.F.S.

BLOEMFONTEIN

Besorg terug op:

Return on:

1993 -06- 28

30 NOV 1993

30 JUN 1994

30 MAR 1995

01 NOV 2000

UOVS - SASOL-BIBLIOTEK



19920938490209000015

DIE INVLOED VAN RYWYDTE OP DIE
VOORSPELLINGSWAARDE VAN DIE CERES-MAIZE
MIELIEGROEISIMULASIEMODEL IN DIE WES-TRANSVAAL

DEUR

A S DU TOIT

VERHANDELING VOORGELê OM TE VOLDOEN AAN DIE GRAAD
MAGISTER SCIENTIAE AGRICULTURAE IN DIE FAKULTEIT LANDBOU,
DEPARTEMENT AGRONOMIE, AAN DIE
UNIVERSITEIT VAN DIE ORANJE VRYSTAAT

NOVEMBER 1991

STUDIELEIER: PROF J J HUMAN

MEDESTUDIELEIER: PROF J BOOYSEN

INHOUDSOPGAWE

Bladsy

HOOFSTUK 1. INLEIDING.....	1
LITERATUURVERWYSINGS.....	5
HOOFSTUK 2. LITERATUURSTUDIE.....	6
INLEIDING.....	6
AFDELINGS.....	7
KRITIESE OORSIG T.O.V. DIE INSETTE VAN CERES- MAIZE.....	8
Genetiese parameters.....	8
Weerdata insette.....	9
Gronddata.....	10
Bestuursinsette.....	12
DIE EVALUERING VAN REKENAARMODELLE.....	12
MIELIEVERBOUINGSVERSKILLE TUSSEN WES-TRANSVAAL EN NOORD-AMERIKA.....	22
BLAARGROEISIMULASIE.....	25
FOTOSINTESE.....	34
OPSOMMING.....	39
LITERATUURVERWYSINGS.....	44

Universiteit van die
Oranje-Vrijstaat
BLOEMFONTEIN
22 APR 1993

UOVS SASOL BIBLIOTEEK

L 633.1509682401 TOI

HOOFSTUK 3. NIE-LINEÊRE REGRESSIE AS ALTERNATIEWE METODE	
METODE OM GENETIESE PARAMETERS VAN CERES-	
MAIZE TE BEPAAL.....	52
INLEIDING.....	53
MATERIAAL EN METODES.....	54
Kalibrasieprogram.....	54
Simulasieprogram.....	55
Statistiek.....	57
Toepassing.....	57
RESULTATE EN BESPREKING.....	58
GEVOLGTREKKING.....	60
LITERATUURVERWYSINGS.....	62

HOOFSTUK 4. DIE EVALUERING EN KALIBRERING VAN CERES-	
MAIZE T.O.V. GROEISTADIA VOORSPELLINGS.....	
INLEIDING.....	64
MATERIAAL EN METODES.....	65
Veldproef.....	66
Gewasgroeisimulasie.....	66
Modelveranderings.....	67
Statistiese metodes.....	68
RESULTATE EN BESPREKINGS.....	68
Veldproef.....	69
Simulasieprogram.....	69
GEVOLGTREKKING.....	70
LITERATUURVERWYSINGS.....	72
AANHANGSEL A	74
	76

AANHANGSEL B	77
--------------------	----

HOOFSTUK 5. DIE EVALUERING EN KALIBRERING VAN CERES-

MAIZE T.O.V. SES RYWYDTES IN DIE WESTLIKE-

HOëVELD.....	99
INLEIDING.....	100
MATERIAAL EN METODES.....	101
Veldproef.....	101
Simulasieprogram.....	103
Statistiek.....	104
Modelmodifikasies.....	104
Verifiëring.....	106
RESULTATE EN BESPREKING	106
Veldproef.....	106
Uitdowingskoëffisiënt.....	107
Grondwatersimulasie.....	107
Plantgroeisimulasie.....	108
Opgrengssimulasie.....	109
Verifiëring.....	109
GEVOLGTREKKING.....	110
LITERATUURVERWYSINGS.....	112
AANHANGSEL A.....	114

HOOFSTUK 6. ALGEMENE BESPREKKING EN GEVOLGTREKKING.....123

INLEIDING.....	123
LITERATUURSTUDIE.....	124
NIE-LINEêRE OPTIMISERING.....	124

PLANTDATUMPROEF.....	125
RYWYDTEPROEF.....	126
SAMEVATTEND.....	127
LITERATUURVERWYSINGS.....	129
 HOOFSTUK 7 OPSOMMING.....	 130
 DANKBETUIGINGS.....	 132

HOOFSTUK 1

INLEIDING

"The influence of computers on our lives grows with each new technological advance. Whether or not we use this influence to our advantage depends a great deal on our understanding of the computers abilities and limitations" (Etter, 1984).

Wes-Transvaal met sy periodieke droogtes, gevolg deur goeie seisoene en die stygende insetkoste in die mieliebedryf plaas geweldige druk op die bestuursvermoë van die produsent. Volgens Piper & Weiss (1990) bemoeilik die groot verskeidenheid faktore wat betrokke is, die maak van korrekte boerderybestuursbesluite. Om bestaande kennis en navorsingsvelde te evalueer kan 'n verklarende meganistiese model gebruik word om te bepaal wat die invloed is van:

- Wes-Transvaal se warm, droë klimaat gekombineer met die verbouing van mielies onder wye rye met lae plantpopulasies, op die fisiologie van die mielieplant;
- die hoë ligintensiteit en maksimum temperature op die fenologiese ontwikkeling van die mielieplant;
- die grondfisiese eienskappe en die hoë atmosferiese wateraanvraag op die plantbeskikbare water in 'n gebied waar reënval die grootste beperkende faktor is;
- wye ry en lae plantpopulasies op die mikroklimaat; en
- tot watter mate bestaande kennis ontoereikend is. Hierdeur

kan leemtes en navorsingsprioritiete geïdentifiseer word. Dit sal navorsers in staat stel om modeluitsette te optimiseer vir akkuraatheid op verskillende aspekte. Vir mielienavorsing in Suid-Afrika word hoofsaaklik van twee gewasgroeisimulasiemodelle gebruik gemaak, naamlik PUTU (De Jager, 1989) en CERES-Maize (Jones & Kiniry, 1986).

By die keuse van 'n gewasgroeisimulasiemodel vir navorsing is daar sekere riglyne waaraan voldoen moet word, voordat daar besluit kan word op 'n spesifieke model (Carberry, Muchow & McCown 1989; Piper & Weiss, 1990).

- Moet alle fenologiese, fisiologiese en genetiese plantwaardes aanspreek.
- Omvattend die grondeienskappe oorweeg.
- Al die insette moet relatief maklik verkrygbaar wees.
- Die model moet rekenaareffektief wees.
- Die model moet in so mate gestruktureerd wees dat afsonderlike afdelings getoets kan word, soos bv. 'n groeisubroetine.
- Die model moet oor 'n wye reeks van omgewingstoestande, bestuurspraktyke en verskillende cultivars redelike akkurate voorspellings gee.
- Dokumentasie moet bruikbaar en omvattend wees.
- Oor 'n wye reeks van omgewingstoestande getoets wees.
- Redelike aanvaarbare voorspellings gee.

CERES-Maize voldoen aan die kriteria (Du Pisani, 1987; De Vos &

Mallett, 1987; Carberry et al., 1989; Piper & Weiss, 1990).

Jones, Mishoe & Boote (1987) wys daarop dat die meeste gewas-produksiemodelle nie alle faktore insluit wat met 'n gewas op die land plaasvind nie. Die empiriese gedeeltes van sodanige model sal dus vir 'n spesifieke omgewing herkalibreer moet word.

CERES-Maize vereis spesifieke aandag om verskeie simulasietekorte in die Wes-Transvaalse konteks aan te spreek. Die eerste oorweging moet geskenk word aan genetiese parameters van die meeste kommersiële cultivars wat nie algemeen beskikbaar is nie (De Vos & Mallett, 1987; Piper & Weiss 1990). Indien die genetiese parameters nie beskikbaar is nie, word die gemete waardes (fenologies) gebruik om die genetiese parameters af te lei, wat fenologiese evaluering nie moontlik maak nie (De Vos & Mallett 1987). Tweedens, volgens De Vos & Mallett (1987) sal die rywydte aspek van CERES-Maize aangepas moet word vir die Wes-Transvaal.

Die drieledige doel van die studie was om die wenslikheid te ondersoek om genetiese parameters d.m.v. nie-lineêre optimisering te bepaal. Tweedens, CERES-Maize fenologies te evalueer en derdens die invloed van rywydtes op die voorspellingswaarde van die model te bepaal. Die GROSUB en PHENOL subroetines is gemodifiseer om die model se voorspellingswaarde te verbeter vir die Wes-Transvaal.

Met die implimentering van die studie word nie alleen gepoog om

die model se voorspellingswaarde te verhoog nie maar die model se sensiwiteit t.o.v. die faktore te ondersoek.

LITERATUURVERWYSING

- DU PISANI, A.L., 1987. The CERES-Maize model as a potential tool for drought assessment in South Africa. Water SA, 13(3): 159-163.
- CARBERRY, P.S., MUCHOW, R.C. & McCOWN, R.L., 1989. Testing the Ceres maize simulation model in a semi-arid tropical environment. Field Crop Research, 20: 297-315.
- DE VOS, R.N. & MALLETT, J.B., 1987. Preliminary evaluation of two maize (Zea mays L.) growth-simulation models. S. Afr. J. Plant Soil. 1987, 4(3): 131-135.
- ETTER, D.M. , 1984. Problem solving with structured FORTRAN 77. Benjamin/Cumming Publishing Co., 1 st Ed., California.
- JONES, C.A. & KINIRY, J.R., 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas A & M University press, College Station.
- JONES, J.W., MISHOE, J.W. & BOOTE, J.K., 1987. Introduction to simulation and modelling. Technical bulletin no. 100
- PIPER, E.L. & WEISS, A., 1990. Evaluation of CERES-Maize for reduction in plant population on leaf area during the growing season. Agric. Systems, 33: 199-213.

HOOFSTUK 2

LITERATUURSTUDIE

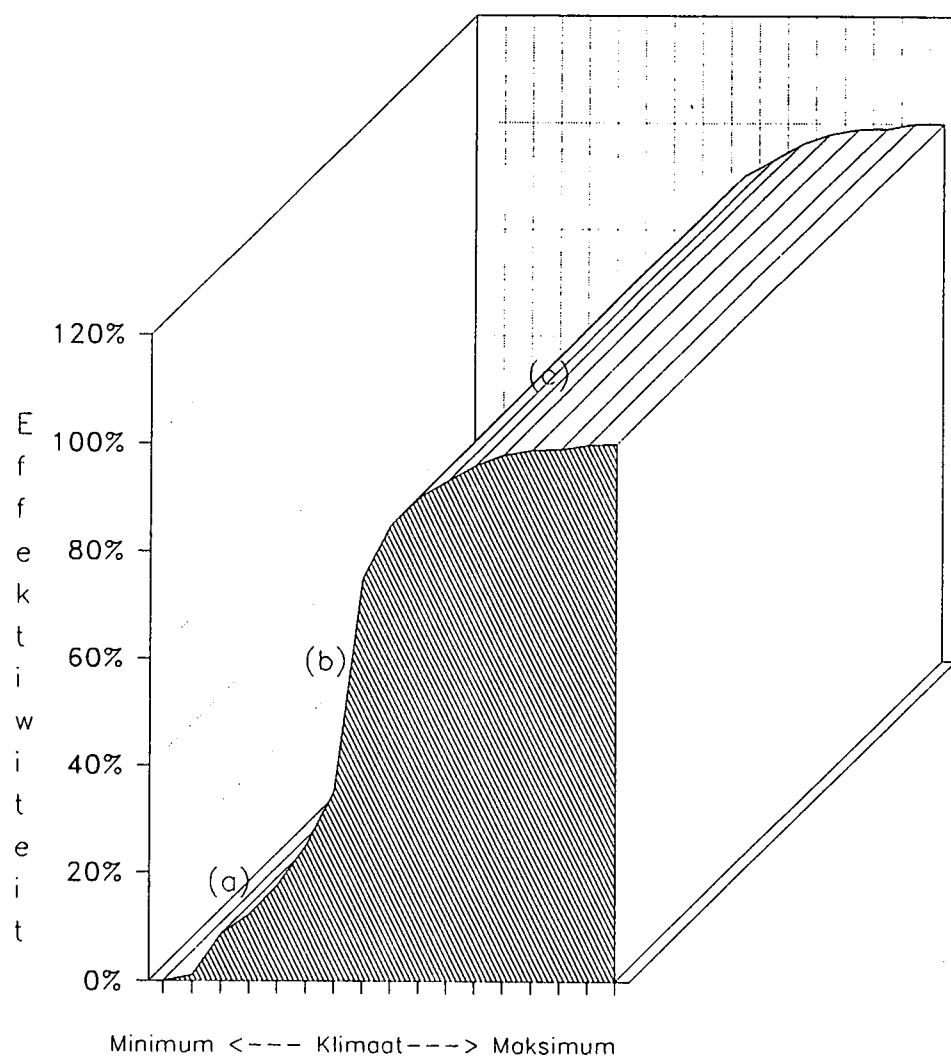
INLEIDING

Die doel van die hoofstuk is om met 'n kritiese oorsig te kyk na veral CERES-Maize se afdelings wat beïnvloed mag word deur die unieke landboupraktyke t.o.v. mielies in die Wes-Transvaal.

Wes-Transvaal se effektiewe reënval is relatief laag (a) en temperatuur en straling weer besonder hoog (c). Die toestande verskil van die optimale toestande (b) waaronder CERES-Maize in Noord-Amerika ontwikkel is. Figuur 1 toon dat die plant nie-lineêr reageer t.o.v. die klimaat, wat moontlik die voorspellingswaarde van CERES-Maize t.o.v. die Wes-Transvaal kan beïnvloed.

Die literatuurstudie word in vyf onderafdelings ingedeel.

- Kritiese oorsig ten opsigte van die insette van CERES-Maize.
- Die evaluering van rekenaarmodelle.
- Mielieverbouingsverskille tussen Wes-Transvaal en Noord-Amerika.
- Blaargroeisimulasie.
- Fotosintese.
- Opsomming.



FIGUUR 1 Die effek van klimaat op plantgroei. Aangepas uit Devlin & Witham (1984)

AFDELINGS

In die eerste afdeling word krities gekyk na die insette wat CERES-Maize benodig om te simuleer.

In die tweede afdeling word gekyk na die verskillende metodes om 'n model te toets en die verskillende stadia van toetsing. Dit dek 'n wye veld van biologiese simulasiemodelle en dui op algemene agtergrondkennis wat nodig is vir 'n persoon wat rekenaar-modelle wil toets.

In die derde afdeling word gekyk na die verbouingspraktyke in die Wes-Transvaal en hoe dit verskil met die praktyke waar CERES-Maize in Noord-Amerika ontwikkel is. Daar word uitgewys dat wyer rywydtes 'n definitiewe verskil lewer en daar sal gekyk moet word na wat die effek van rywydtes op die voorspellingswaarde van CERES-Maize sal wees. Die effek wat verskillende rywydtes op die blaarsisteem het, blyk 'n moontlike probleemgebied te wees.

In die vierde afdeling word gekyk na die GROSUB subroetine, omdat dit blaargroei simuleer. Die vergelykings wat betrokke is by blaargroeisimulasie word bestudeer en konstantes word ondersoek. Verder word moontlike probleme uitgewys.

In die vyfde afdeling word fotosintese ondersoek soos gesimuleer deur GROSUB subroetine. Die afdeling word in dieselfde konteks as die derde afdeling behandel.

In die sesde afdeling word al vyf afdelings saamgevat en moontlike proewe word aanbeveel vir die oplossing van die probleem.

Dit dien geen doel om onwillekeurig konstantes in vergelykings te verander nie. Konstantes wat betekenisvol sal verskil met velddata moet geïdentifiseer word en die redes daarvoor bepaal word. Daar moet egter gewaak word teen interne kompenserende foute wat onder verskillende omgewingstoestande kan lei tot 'n afname in die voorspellingswaarde van die model. Deur die ontleding van die model intern in konteks met proefdata te sien, kan grys areas geïdentifiseer word. Hierdie identifikasie sal nie alleen help met die verbetering van simulasiemodelle nie, maar navorsingsvelde kan ook aangedui word.

KRITIESE OORSIG T.O.V. DIE INSETTE VAN CERES-MAIZE

Ten einde 'n beter beeld te kry wat die CERES-Maize se insette behels, volg nou 'n kritiese bespreking.

Genetiese parameters

CERES-Maize benodig vyf genetiese parameters om die model te laat loop.

P1 - Hitte-eenhede benodig van opkoms tot einde blaarinisiasie.

P2 - Fotoperiodiese koëffisiënt (0,00-1,00).

P5 - Hitte-eenhede benodig van blom tot fisiologies

volwasse.

G2 - Totale aantal pitte wat optimaal kan vorm per plant.

G3 - Graanvultempo (mg/pit/dag).

Drie van die parameters, P5, G2 en G3 kan onder optimale verbouingsomstandighede, bepaal word. Om P1 te bereken word die totale hitte-eenhede tot begin pluiminisiasie vasgestel en vier dae teruggetel. P2 word as 'n teoretiese syfer gegee en kan onder glashuistoestande bepaal word. Indien P2 hoog is beïnvloed dit die aantal hitte-eenhede tot met pluiminisiasie, wat die aantal blare bepaal en so ook die blomdatum. G3 word bereken deur, driemalig tydens die graanvulperiode pitte van die middel van die kop te verwyder en die droëmassa te bepaal. Daaropvolgend word lineêre-regressie gebruik om G3 te bepaal (Ritchie, Kiniry, Jones & Dyke, 1986).

Van die genetiese parameters is dit P1 en P2 wat moeilik onder veldtoestande bepaal word. Piper & Weiss (1990) lei dit af van bestaande velddata. G2 lewer 'n probleem in die Wes-Transvaal omdat die Amerikaanse cultivars hoofsaaklik eenkoppig is en nie voorsiening maak vir meerkoppige cultivars nie.

Weerdata insette

Die minimum weerdata wat CERES-Maize benodig om te loop is as volg.

SOLRAD - Totale daaglikse straling in Mj/m^2

- Xtmax - Maksimum daaglikse temperatuur °C
- Xtmin - Minimum daaglikse temperatuur °C
- Xrain - Totale daaglikse reënval in mm/dag (IBSNAT, 1990).

Straling word nie algemeen in Suid-Afrika gemeet nie, as alternatief word dit bereken van daaglikse sonskynure (De Vos & Mallett, 1987).

CERES-Maize benodig straling vir daaglikse droëmassaproduksie. Xtmax en Xtmin word gebruik om die hitte-eenhede te bepaal wat noodsaaklik is by die berekening van die groeistadiums. Die waardes word ook gebruik as temperatuurgrense by groeibeheer. Xrain gekoppel aan die grondfisiese-eienskappe en die grondwaterinhoud (by plant) word gebruik om die vogstremming-indeks te bereken.

Gronddata

Die insette wat CERES-Maize ten opsigte van gronddata benodig om te kan loop is as volg:

- SALB - Kaal grond aldebo, geen eenhede.
- U - Eerste fase grondverdamping.
- SWCON - Grondwaterdreineringskonstante.
- CN2 - Kurwe nommer om daaglikse afloop te bereken.
- TAV - Gemiddelde jaarlikse grondtemperatuur.
- AMP - Jaarlikse amplitude vir gemiddelde maandelikse temperatuur.

- DMOD - Die faktor wat die tempo van mineralisasie van die humusstoer in die grond beheer.
- SWCON(N)-Koëffisiënt van grondwater konduktiwiteit. (N=1-3)
- RWUMX - Maksimum daaglikse wateropname per eenheid wortel lengte.
- DLAYR - Diepte van elke grondlaag.
- LL - Laagste limiet van plant onttrekbare water per grondlaag.
- DUL - Boonste grens grondwaterinhoud per grondlaag.
- SAT - Grondwaterversadigingsinhoud per grondlaag.
- SW - Grondwaterinhoud per grondlaag.
- WR - Geweegde faktor vir wortelgroeiverspreiding.
- BD - Bruto digtheid (nat) per grondlaag.
- OC - Organiese koolstofkonsentrasie per grondlaag.
- NH4 - Grond NH4 per grondlaag (IBSNAT, 1990).

LL, WR en SWCON is seker die belangrikste faktore t.o.v. die Wes-Transvaal met sy periodieke droogtes, omdat die faktore veral van belang is onder stremmingstoestande. Volgens Ritchie et al. (1986) kan 'n ondervoorspelling van $0,02 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ (LL), in alle grondlae, 'n oorvoorspelling van 2,3 ton veroorsaak. Indien die waardes van toepassing is in die Wes-Transvaal, is dit van kardinale belang dat die waardes akkuraat bepaal word.

Bestuursinsette

CERES-Maize se stikstofsubroetine kan afgeskakel word en onder die opsie genoegsame stikstof loop.

- ISIM - Dag van die jaar wat simulاسie begin.
- ISOW - Die dag van die jaar wanneer geplant.
- PLANTS - Plantpopulasie, (plante per m²).
- ROWSPC - Rywydte in meter.
- SDEPTH - Plantdiepte in cm.
- IIRR - Besproei, of besproei nie.
- EFFIRR - Besproeiingseffektiwiteit.
- DSIOL - Besproeiingsbestuursdiepte (IBSNAT, 1990).

Van al die insette is die bestuursinsette die maklikste om te verkry en lewer oor die algemeen die minste probleme. Indien die begin simulاسiedatum en die plantdatum in twee verskillende jare val beïnvloed dit slegs die rekenaartyd van CERES-Maize.

DIE EVALUERING VAN REKENAARMODELLE

Voor die ontleding van 'n rekenaarmodel moet 'n toetsprosedure daargestel word, sodat daar sistematies en georden te werk gegaan kan word.

Die primêre doel van enige kwantitatiewe simulاسiemodel is om 'n opsomming en 'n voorspelling van beskikbare data te maak. Indien

die model nie 'n akkurate voorspelling gee nie, moet dit nie sondermeer verwerp word nie. Die model se simulasievermoë kan verbeter word deur die wetenskaplike prosesse van toetsing en eksperimentering (Brockington, 1979).

Simulasiemodelle is ideaal om hipoteses te toets. Die modelle besit 'n versameling van hipoteses wat in die model geïnkorporeer word en die korrektheid van die hipoteses kan dus ondersoek word (Innis, 1975). Meganistiese modelle van biologiese en landbou-sisteme is meestal ingewikkelder as hipoteses, hoofsaaklik omdat die modelle baie ingewikkeld is (Brockington, 1979). Die meganistiese filosofie word gebruik in die "top down" benadering. Dis waar die model in een totale sisteem geskryf word, en met verbeterings en veranderings word subeenhede bygevoeg. Die subeenhede word in 'n empiriese karakter behandel (Van Dyne & Abramsky, 1975), maar by meeste landbousisteme is hoofsaaklik hipoteses betrokke en dit moet aan die gewone proses van evaluering onderwerp word (Brockington, 1979).

'n Model word werklik getoets slegs wanneer voorspelde waardes vergelyk word met onafhanklike data. Onafhanklike data is data wat nie gebruik is in die formulering van die model nie (Norman, 1989). Die toetsing of evaluering van die voorspelde waardes van 'n model, is 'n belangrike element van die modeltoetsingsprojek en moet in die regte konteks gesien word (Brockington, 1979).

By die voorspelling van data en by die evaluering van 'n model moet gekyk word na moontlike foute in die parameters, weerdata

en eksperimentele foute in die velddata. Foute in modelparameters kan wees as gevolg van genetiese variasie wat nie in berekening gebring is nie, of data wat die model gebruik om parameters te bereken vir modelkalibrasie. Groeidata deur die seisoen kan vir parameterkalibrasie gebruik word om die akkuraatheid te verhoog. Weerdata kan soms 'n probleem skep indien daar nie genoegsame weerdata beskikbaar is nie en die betrokke data dan voorspel moet word, of daar kan selfs foute in die data wees. Die effek van eksperimentele foute is gewoonlik klein wanneer voorspelde data vergelyk word met werklike data, maar wanneer parameters gemodifiseer word as gevolg van foutiewe data, sal dit lei tot onakkurate parameters (Swaney, Jones, Mishoe & Backer, 1986).

Dit is belangrik om op 'n vroeë stadium die submodelle te definieer. Dit is veral 'n praktiese wenk by die toets van 'n model, aangesien sodanige submodel onafhanklik behandel kan word. Daar moet in gedagte gehou word dat die model sekere insetwaardes mag benodig of van 'n ander submodel se uitsette afhanklik kan wees (Van Dyne & Abramsky, 1975).

Alle meganistiese modelle kan en moet geëvalueer word by beide die vlak van totale sisteemuitsette en die vlak van interne komponente en prosessering. Die voorspelling van beskikbare water by grondwater/gewasproduksiemodelle moet deeglik ondersoek word en is 'n belangrike intermediêre stap vir die berekening van oesopbrengs. Toetsing van die data sowel as die uitsette is ook belangrik, want die moontlikheid bestaan dat 'n goeie

voorspelling afkomstig kan wees van kompenserende interne foute. Verder kan die voorkoms van 'n negatiewe terugvoersiklus in die biologiese sisteem die effek van foutiewe data verberg as die model slegs geoordeel word op sy uitsette. Die doel waarvoor 'n model gebruik word, sowel as die vlak van betroubaarheid wat verwag word, bepaal óf 'n model óf empiries óf meganisties ontwikkel moet word. Indien die interne meganistiese sisteem nie betroubaar simuleer nie, kan dit óf verbeter word óf vervang word deur 'n inset/uitset formule, wat die bruto in-en-uitsette as 'n opsomming saamvat (Brockington, 1979). Byvoorbeeld, waar oesdata, klimaat en weerdata bekend is vir 'n gebied, kan 'n lineêre vergelyking met koëffisiënte, wat gegenereer is van meervoudige regressie-analise, vir voorspellings gebruik word. Daar is gevind dat oesopbrengsvoorspellings binne 3% korrek was, waar data oor 'n tydperk van 43 jaar gebruik is (Olsen & Olsen, 1986).

Voor kwantitatiewe toetse gedoen word, is dit goeie praktyk om die voorspelling van 'n model met toetsdata uit die sisteem te vergelyk. Daar moet veral gelet word op die verwerkingstyd van die model en ook na die interne variasie op die moontlike grense. Kwalitatiewe vergelykings word gerieflikheidshalwe in 'n grafiese vorm gedoen, wat moontlike probleemgebiede kan uitwys, waarop spesifieke toetse dan gedoen kan word (Brockington, 1979). Die grafieke kan gebruik word om die funksie van 'n vergelyking te omskryf. Eerstens die konstante koëffisiënt benadering, waar die inset net met 'n koëffisiënt vermenigvuldig word om 'n uitset te lewer. Tweedens die tydvariërende benadering, waar die funksie 'n gedeelte van die tydperk toeneem en dan weer op

'n latere stadium afneem, soos by 'n groeikromme. Derdens die sisteemafhanklike benadering, wat 'n funksie is van al die afhanklikes en insette. Deur gebruik te maak van die maksimum reduksiebenadering in 'n grafiekvorm, word 'n ideale toestand gebruik en toestande geleidelik verminder. By die beperkende faktorbenadering word een faktor per toetsessie altyd beperkend gemaak. Beide benaderings moet deur grafiese uitbeelding vergesel word (Van Dyne & Abramsky, 1975).

In die geval van kwantitatiewe vergelyking is dit belangrik om vas te stel wat presies met mekaar vergelyk word, soos ware data met voorspelde data. By betekenisvolle vergelykings en effektiewe gebruik van navorsingsdata, is 'n balans nodig tussen toetsdata en die modelvoorspelling. Indien daar nie genoegsame ooreenkoms is nie, is die eerste prioriteit die verkryging van nog toetsdata. Die keuse van statistiese prosedure en kwalitatiewe toetse hang af van die eienskappe wat vergelyk gaan word (Brockington, 1979), bv. waar klimaatindekse gebruik word om die kompleksiteit te verminder t.o.v. die klimaatinteraksies, moet beide gewas en geografie spesifiek wees (Melde & Hollinger, 1989).

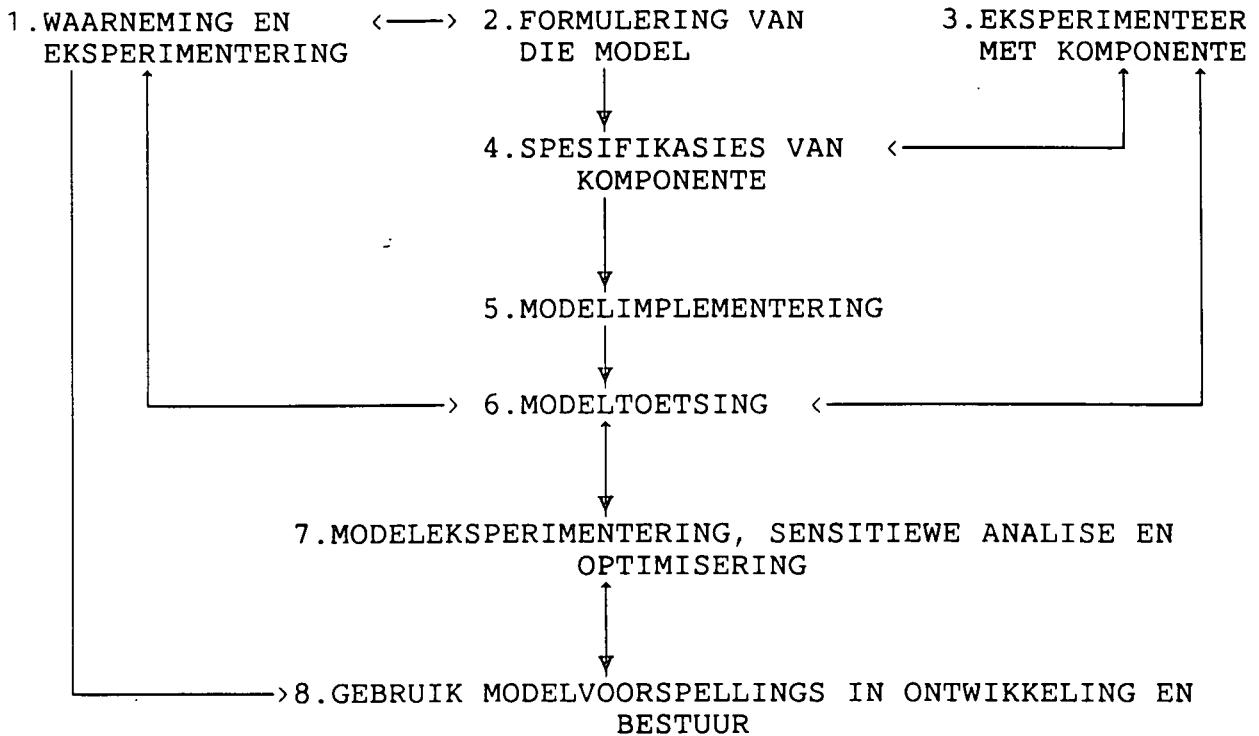
Voor modelevaluasie moontlik is moet daar seker gemaak word dat die model presies doen waarvoor dit ontwerp is. Geen foute mag in die numeriese data wees nie, die dimensies van die veranderlikes regdeur konstant wees, en die gedetailleerde strukture ooreenstem met die oorspronklike spesifikasies. Dit is 'n moeilike, tydrowende taak, ongeag die kompleksiteit van die model

(Brockington, 1979). Foute in modelstrukture kan nie heeltemal vermy word nie want elke model is slegs 'n voorspelling van die werklike kompleksiteit wat in gewasse voorkom. Die bepaling van gewasgroeidata onder verskeie klimaatstoestande is nodig om te bepaal of die strukture wat gebruik is, effektief voorspel (Swaney et al., 1986).

Indien daar sistemiese oneweredigheid voorkom, kan dit verlaag word deur die resolusies van die model te vermeerder en die verhoging van die konstante waardes, wat sal lei tot die verhoging van die aantal parameters wat deur die model voorspel word (Van Dyne & Abramsky, 1975). Sommige logiese foute in die modelkonstruksie mag voorkom by die vertolker, wat hoofsaaklik by spesialiteitssimulasietale voorkom. Daar is egter nie 'n sistemiese metode om die meerderheid van sulke foute op te spoor nie. Dit kan nie oorbeklemtoon word nie, dat die modelkonstruksie besondere aandag benodig (Brockington, 1979).

In Figuur 2 word die stappe aangetoon wat gevolg moet word by modelontwikkeling en evaluering. Individuele modelleringsprojekte sal nie al die dele uit Figuur 2 bevat nie. Stappe 3 en 4 is byvoorbeeld slegs van belang by meganistiese modelle. Stappe 1 tot 6 is normaalweg die minimum vir enige modelleerprojek in 'n biologiese landbousisteem. Wanneer punt 6 bereik word, moet besluit word of dit nodig is om na stap 1 terug te keer vir die regstel van enige foute wat onthul is deur die toetsprogram. M.a.w. die hipotese in die model word geëvalueer en daarvolgens, indien nodig, vind herformulasie van die hipotese plaas, opgevolg

deur verdere evaluasie. In die proses word gedeeltes met te min data en kennis uitgewys, en kan dus as navorsingshulpmiddel gebruik word (Brockington 1979). Onvoldoende data kan deur eksterne en interne bepalingberekenings bereken word.



Figuur 2 Strategie vir modellering en modelgebruik.

Interne bepaling is wanneer data tussen twee gegewe stelle punte gegenereer en eksterne bepalingwaardes buite die punte deur ortogonale polinome en differensiële vergelykings gegenereer word. Die polinome is die basis van 'n hoeveelheid van statistiese roetines (Innis, 1975).

'n Belangrike stadium in die toetsproses is om die model se voorspellingswaarde te toets, om foute op te spoor en regstellings te doen (Brockington, 1979), deur bv. die

oesopbrengs te simuleer van beskikbare data soos o.a. weerdata, veldspesifieke en veranderlike parameters. Vergelyk die velddata met die voorspelde data en indien hul nie ooreenstem nie, verander dan een of meer parameters en simuleer weereens die oesopbrengs (Swaney et al., 1986).

Indien alle parameters verander moet word van komplekse simulasies, word dit voorgestel as 'n nie-lineêre optimiseringsprobleem. Beide die maksimum waarskynlikheid of die veralgemene minimum kwadratiese skepping, afhanklik van lineêre of nie-lineêre begrensing, kan toegepas word. Die proses van parameterbepaling is soortgelyk aan die van nie-lineêre regressie van 'n statistiese punt, maar die beraming van 'n parameter mag 'n gesofistikeerde optimiseringsalgoritme benodig, veral vir groot en komplekse modelle met verskillende simulasierewantskappe, wat beskryf word as verskillende stelle verbandhoudende parameters. Die probleem is egter meer kompleks wanneer die parameters deel is van 'n groot sisteem van nie-lineêre tydvariërende vergelykings. Die integrasie van tyd met verskillende vergelykings is moontlik deur numeriese simulasiëprosesse. Die gebruik van 'n kragtige nie-lineêre optimiseringspakket bied 'n effektiewe en maklike manier om die nodige parameters te bepaal (Talpaz, Da Roza & Hearn, 1987).

Die verfyning of herformulasie van 'n model hang af van die tipe formulering, naamlik 'n empiriese model of meganistiese model. Foute met die empiriese model word reggestel deur die hipoteses te herskryf. In die geval van 'n meganistiese model sal die

modifisering van een of meer interne komponente verdag wees en verander die oorspronklike doel vir die gebruik van 'n meganistiese model. Die enigste werklike oplossing is om meer en betroubare data te verkry van komponente wat verdag mag voorkom. Alternatiewelik kan dit na 'n empiriese sisteem omgesit word. 'n Prioriteitslys sal, soos met die meeste navorsingsprojekte, help met geordende navorsingswerk (Brockington, 1979).

Met behulp van die rekenaar kan landboukundige navorsing gehelp word met die oplos van komplekse probleme. Wanneer basiese gedragspatrone van gewasse vasgestel en ten volle verstaan is, kan wiskundige modelle gebruik word om verskeie stalle omgewings- en grondomstandighede te simuleer. Dit genereer vinnig resultate, wat gewoonlik, jare se duur en arbeidsintensiewe veldeksperimente kan spaar (Mallett, 1972).

Kiniry & Jones (1986) gebruik regressie om die voorspellingssukses van CERES-Maize te bepaal. Volgens Harrison (1990) is regressie 'n gewilde metode by modelevaluering omdat dit redelik maklik verstaanbaar is. Maar omdat ware en gesimuleerde data binne 'n nou reeks varieer en die parameters gewoonlik nie altyd tot dieselfde rangorde behoort nie, gebeur dit dikwels dat tydens die proses van verfyning, alhoewel dit beter voorspellings gee, die regressievergelykings die teenoorgestelde tendens toon. Willmott (1982) wys dat r dikwels misleidend kan wees, omdat r ongekorreleer is met die verskil tussen die ware en voorspelde waardes. Die rede volgens Harrison (1990) is die komplekse omskrywing van die korrekte nul hipotese.

Die aanbevole tegniek is om die statistiese ontleding en grafieke te kombineer en sodoende met spesialiskennis te bepaal of een model beter is as 'n ander.

De Vos & Mallett (1987) gebruik Willmott (1982) om modelprestasie aan te dui. Die D-indeks (indeks van ooreenkoms), vierkantswortel van die kwadraatfout (RMSE), RMSEs(sistemies) en RMSEu(nie-sistemies) is gebruik. Die D-indeks van 'n goeie model is een en 'n RMSEs van nul (Willmott, 1982). Hoe kleiner die verskil tussen RMSEu en RMSE, hoe hoër is die potensiele akkuraatheid van die model (Willmott, 1982, De Vos & Mallett, 1987). Die waardes word soos volg bereken:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 \right]^{0,5}$$

$$RMSEs = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (\hat{P}_i - O_i)^2 \right]^{0,5}$$

$$RMSEu = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (P_i - \hat{P}_i)^2 \right]^{0,5}$$

$$D = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P'_i + O'_i|)^2} \right]$$

RMSE = Gemiddelde kwadraat van die vierkant fout

MAE = Gemiddelde absolute fout

P_i = Gesimuleerde data

O_i = Ware data

$\hat{P}$ = a + bO_i

P'_i = P_i - O(gemiddeld)

O'_i = O_i - O(gemiddeld)

MIELIEVERBOUINGSVERSKILLE TUSSEN WES-TRANSSVAAL EN NOORD-AMERIKA

CERES-Maize is hoofsaaklik ontwikkel in Noord-Amerika (Jones et al., 1986). Ten einde die model oor 'n wyer verskeidenheid omgewings te ondersoek, moet die evalueringsproses ook na die Wes-Transvaal uitgebrei word. Deur die verskille in verbouingspraktyke uit te wys tussen die twee streke, kan simulasietekorte voorlopig geïdentifiseer word.

Die verbouing van mielies in die Wes-Transvaal is uniek ten opsigte van ander mielieproduserende gebiede van die wêreld. Plantpopulasies wissel van 10 000 tot 40 000 plante per hektaar (Möhr, 1974) in vergelyking tot Noord-Amerika, waar 76 000 plante per hektaar as 'n lae plantpopulasie beskou word (Hodges & Evans, 1990). Die verskil kom ook by die omskrywing van 'n wye ry onder andere 2,00 en 0,76 meter. Die produksiepraktyke in die gebied se primêre doel is om 'n konserwatiewe waterverbruikspatroon te volg, weens die jaarlikse reënval wat kan wissel tussen 400 tot 710 mm. Moontlike modifikasies moet aan CERES-Maize gedoen word om wye rywydtes in die westelike mielieproduserende streke te inkorporeer (De Vos & Mallett, 1987).

Die verskillende verbouingspraktyke is hoofsaaklik plantpopulasies en rywydtes. Die effek van verskillende verbouingspraktyke op die ontwikkeling en groei van die mielieplant kan 'n aanduiding wees waarom CERES-Maize die effek van wye rye nie kan simuleer nie. Daar is 'n direkte afname van interrrysasiëring

met 'n toename in rywydtes, by konstante plantpopulasies (Möhr, 1974). Numez & Kamprath (1969) toon dat by konstante plantpopulasies in rywydtes van 1,06 en 0,53 m die wyer plantrye 'n groter blaaroppervlakte het as die nouer rye, maar rywydte het geen invloed op die blaaroppervlakte indeks (BOI) gehad nie. Rywydtes beïnvloed die geometrie van die plant- en blaarverspreiding. Dit mag 'n invloed hê op ligpenetrasie en CO₂ verspreiding in die blaarkoepel sowel as wateropnametempo (Alessi & Power, 1974). Onder toestande van (0,46 m) nou rye en hoë plantpopulasies (70 000 plante per hektaar) is die blaaroppervlakte groter as die wyer rywydtes (0,91 m) en die blaargetal bly konstant, BOI is hoër by nouer rye (Hunter, Kannenberg & Gamble, 1970). Blaaroppervlakte neem per dag vinniger toe hoe kleiner die binneryspasiëring raak. Onder wye rye (1, 1,5 en 2,0 m) en laer plantpopulasies is die blaaroppervlakte per plant effens hoër by nouer rywydtes, hoewel nie betekenisvol nie. Tussen 0,39 m en 0,5 m binneryspasiëring word 'n drumpelwaarde gekry waar groter spasiëring tussen plante nie 'n ooreenstemmende toename in blaaroppervlakte toon nie. Die BOI is eerder 'n funksie van plantpopulasie en nie van rywydtes nie (Müller, 1988).

Onder lae populasies (20 000) en nou rywydtes (0,91 m) word daar 'n afname in opbrengs, stamgewig en koppe verkry, teenoor wye rye (1,83 m). Nouer rye is meer geneig om spruitvorming te bevoordeel as gevolg van die laer interry kompetisie (Grimbeek, 1967). Spruitvormende plante het 'n groter blaaroppervlakte as 'n spruitlose plant. Dieselfde effek word met droëmassa ondervind.

Afsonderlik verskil die hoofplant en die spruit t.o.v. blaaroppervlakte en opbrengs (Verwey & Hammes, 1989). Die vraag wat ontstaan is, of die model die hoofplant en spruit as 'n enkelplant moet beskou of die spruit as 'n individuele plant en die plantpopulasie daarvolgens aangepas moet word.

Bogronde groei, ouderdom van die plant en grondsoort beïnvloed wortelontwikkeling (Robbertson, Hamond, Johnson & Prime, 1979).

Dit blyk dat faktore wat blaaroppervlakte beïnvloed, asook hoë en lae plantpopulasies, die opbrengsvoorspellingswaarde van CERES-Maize beïnvloed (Piper & Weiss, 1990). Indien BOI laer is as 1,5 het CERES-Maize 'n optimistiese voorspelling gegee (De Vos & Mallett, 1987).

Onder Australiese toestande het die volgende tekortkominge by die oorspronklike CERES-Maize program tevoorskyn getree.

- Vertraagde ontkieming kan nie deur CERES-Maize gesimuleer word nie.
- Die totale biomassa voorspelling is optimisties.
- Die optimistiese voorspelling van opbrengs by lae potensiaal gebiede.
- Die foutiewe voorspelling van die blomdatum.

-Die ondervoorspelling van blaaroppervlakte.

-Die afwesigheid van 'n hoë temperatuur spanningsfunksie (Carberry et al., 1989).

Aangesien die Wes-Transvaal ook 'n semi-ariëde gebied is, kan die tekortkominge waarskynlik ook hier voorkom.

Om korrekte genetiese parameters te verkry moet die cultivar onder lae stremmingstoestande gegroei word (Carberry et al., 1989).

Dit blyk uit die literatuur dat faktore wat blaaroppervlakte beïnvloed veral ten opsigte van BOI, die voorspellingsvermoë van CERES-Maize kan beïnvloed. Lae opbrengspotensiaal, lae plantpopulasies, wye rywydtes, hoë temperature, lae reënval en spruitvorming is ook moontlike oorsake.

BLAARGROEISIMULASIE

Simulasiemodelle vir mieliegroei is afhanklik van die akkurate voorspelling van blaaroppervlakte (Hesketh & Warrington, 1989). CERES-Maize simuleer op 'n daaglikse basis die ontwikkeling van die blaaroppervlakte. Die berekening is die som van die maksimum oppervlakte van elke blaar om die kumulatiewe waarde van die volwasse blare (CUMPH) te gee, plus die waarde van die huidige groeiende blaar ($XN = CUMPH + 1$) (Carberry et al., 1989). Die ander benadering is om 'n logistiese funksie in terme van GDD (Growing

Degree Days) te gebruik by die berekening van die plant se blaarontwikkeling, want volgens De Jager (1989) is daar min voordeel om soos by CERES-Maize die individuele blaartempo te simuleer.

Hitte-eenhede bepaal die ontwikkelingstempo van blare by CERES-Maize waar die eerste twee blare elk 20 hitte-eenhede benodig die daaropvolgende blare 38 hitte-eenhede en die laaste blaar 76 hitte-eenhede benodig om te verskyn (Jones et al., 1986). PUTU gebruik 'n logistiese funksie in terme van geakkumuleerde hitte-eenhede vir blaaroppervlakte-ontwikkeling (De Jager, 1989). Om blaarverskyning akkuraat te voorspel is navorsingswerk op hitte-eenhede nodig (Hesketh & Warrington, 1989). Daar mag egter 'n probleem ondervind word by die gebruik van hitte-eenhede, want volgens die nasionale cultivarproewe van 1984/85, het geweldige variasie voorgekom tot en met 50% blom (Coetzee & Koen, 1985). Aangesien hitte-eenhede die tydmeganisme is van blaargroeisimulasie in modelle, kan die model, a.g.v. bogenoemde, die voorspellingswaarde beïnvloed.

CERES-Maize gebruik 10°C as basistemperatuur by berekening van hitte-eenhede (DTT), vanaf ontkieming tot opkoms, waarna dit verander word na 8°C . 'n Maksimum temperatuur (TMAKS) van 34°C word gebruik. Buite die grense word gebruik gemaak van agt invoegings, om die hitte-eenhede te bereken, met behulp van 'n drie-uurlikse korreksiefaktor (TMFAC(I)) as volg.

$$\text{TMFAC}(I) = 0,931 + 0,114 \times I - 0,0703 \times \text{EXP}(2 \times \text{LOG}(I)) + 0,0053 \times \text{EXP}(3 \times \text{LOG}(I)) \quad (1)$$

$$\text{Lugtemperatuur (TTMP)} = \text{TEMPMIN} + \text{TMFAC}(I) \times (\text{TEMPMX} - \text{TEMPMN}) \quad (2)$$

$$\text{Dan word hitte-eenhede DTT} = \text{TTMP} - \text{TBASE} \quad (3)$$

DTT is 0 as die gemiddelde temperatuur (TTMP) minder is as die basistemperatuur (TBASE) of groter is as 44°C. Wanneer TTMP tussen 34,0 en 44,0°C is dan word DTT as volg bereken.

$$\text{DTT} = (34 - \text{TBASE}) \times (1 - (\text{TTMP} - 34)/10) \quad (4)$$

Die agt drie-uurlikse berekening van DTT word dan gebruik om die gemiddelde daaglikse waarde van DTT te bereken (Jones, Ritchie, Kiniry & Godwin, 1986). Wanneer hitte-eenhede gebruik word met 'n drumpelwaarde van 25°C en 'n basistemperatuur van 10°C is redelike akkurate voorspellings verkry en vir Potchefstroom is 50% blomsyfer van 6 cultivars binne vier dae akkuraat voorspel (Eicker, 1979).

PUTU gebruik hitte-eenhede tussen die grense van 10 en 30°C, terwyl vir temperature buite hierdie grense, die grenswaardes gebruik (De Jager, 1989). Daar is egter 'n optimum vir blaar-verskyning by 28°C, bokant hierdie waarde neem die tempo af (Hesketh & Warrington, 1989). Werk wat in Kanada gedoen is, het aangetoon dat die basistemperatuur op hitte-eenhede, as 'n veranderlike by elke lokaliteit ingebring moet word (Major,

Brown, Bootsma, Du Puis, Fairey, Grant, Green, Hamilton, Langille, Sonmor, Smeltzer & White, 1979). Die gemiddelde maksimum temperatuur oor die mieliegroeiseisoen van Potchefstroom is ongeveer 29°C en varieer tussen 26 en 37°C terwyl die gemiddelde minimum temperatuur 15°C is, met 'n variasie van 0 tot 17°C en dit toon duidelik die groot variasie wat plaaslik voorkom. Verder is aangetoon dat lesings van tussenrytemperatuur en die van die weerstasie tot 7% kan verskil, afhangend van tyd van dag en jaar (Baier, 1963). Daar moet dus met groot omsigtigheid gekyk word na die invloed van temperatuur op die plant, aangesien dit nie deur 'n lineêre funksie beskryf word nie, maar eerder deur 'n kromme (Devlin & Witham, 1984). Die vraag wat nou ontstaan is of die grense wat PUTU en CERES-Maize tydens die berekening van hitte-eenhede gebruik, wel realisties is, veral met betrekking tot die hoë temperatuur in Wes-Transvaal.

Straling is belangrik vir die produksie van droëmassa, omdat 50% van die straling gebruik word vir fotosintese. By die vorming van droëmassa word vogtekort, minimum en maksimum temperatuur gebruik. By temperatuur bo 26°C sal daar nie 'n verhoging in fotosintese tempo plaasvind met 'n toename in temperatuur nie (Jones et al., 1986).

Die benadering van Grand (1989a) is egter meer ingewikkeld, en word gegrond op die uurlikse vorming van koolwaterstofverbindinge en respirasiebehoeftes per plantorgaan om die droëmassa te bepaal. Voor pluiminisiasie word grondtemperatuur gebruik en lug-

temperatuur daarna.

Waar CERES-Maize (Jones et al., 1986) op 'n individuele blaar werk, gebruik PUTU die grootblaar-teorie om blomdatum te simuleer. Straling, water en temperatuur is faktore wat gebruik word om droëmassavorming by beide modelle daaglik te simuleer.

In CERES-Maize word die blaaroppervlakte bereken as die som van die volgroeide blare en die blaar wat besig is om te ontwikkel.

$$\text{CUMPH} = \text{CUMPH} + \text{DTT}/(38,9 \times \text{PC}) \quad (5)$$

CUMPH = Kumulatiewe getal volgroeide blare

DTT = Daaglikse hitte-eenhede

PC = Veranderlike

Wanneer die aantal volgroeide blare van die vorige dag groter of gelyk is aan 5 dan is $\text{PC} = 1$, meer as 5 blare word PC as volg bereken.

$$\text{PC} = 0,66 + 0,068 \times \text{CUMPH} \quad (6)$$

Indien daar 5 of meer blare teenwoordig is, word blaarverskyning per dag (TI) bereken as $(\text{DTT}/38,9)$. Die tempo van blaarverskyning is vinniger vir die eerste vier blare, wanneer (7) gebruik word.

$$\text{TI} = \text{DTT}/(38,9 \times \text{PC}) \quad (7)$$

Die blaarnommer van die oudste volgroeide blaar (XN) is

(CUMPH+1). Daaropvolgend word die daaglikse toename in blaaroppervlakte en droëmassa van die verskillende plante bereken. Die berekenings verskil tussen die groeistadia (Jones et al., 1986).

Grand (1989a) gebruik droëmateriaal om die blaaroppervlakte te bereken. Die droëmassa is bereken na die respirasiebehoeftes van die plant in berekening gebring word. Die uurlikse blaargroei word omgesit na blaaroppervlakte.

$$SLA = 1/(250 + 150,0 \times GROSHT/PP) \quad (8)$$

SLA = Spesifieke blaaroppervlakte (m^2/g)

PP = Plantpopulasie

GROSHT = Droë massa van bogrondse dele

GROSHT/PP = Bogrondse groeitempo ($g/plant \times h$)

Hierdie vergelyking lewer egter optimistiese waardes by faktore wat lae groeitempo bevoordeel, soos vroeg in die seisoen, klein blaaroppervlakte, lae bestraling of hoë populasies (Grand, 1989a).

PUTU gebruik daaglikse toename in blaaroppervlakte, waar die plant as 'n enkelblaar voorgestel word.

$$L_p = F_w \cdot f_{Lo} / f_H \cdot H \quad (9)$$

F_w = Waterspanning

H = Termiese periode

L = Blaaroppervlakte

Waar H die termiese periode is tussen die grense van 10°C en 30°C. Buite die grense word die minimum en maksimum waardes gebruik (De Jager, 1989).

Grand (1989b) toon aan dat die tydperk van ± 9 dae voor pluim-inisiasie baie belangrik is om die finale aantal blare te bepaal. Elke cultivar het tydens die stadium 'n spesifieke aantal blaarprimordia (TLIjuv). Een van die faktore wat die aantal blare bepaal wat gevorm gaan word, is fotoperiode.

$$PPD = 0,1 \times (TLIjuv - 10) \times (DAYLN - 12,5) \quad (10)$$

PPD = Addisionele blaargetal geïnduseer

DAYLN = Daglengte in ure

Net so kan temperatuur ook 'n rol speel by die aantal blare wat gevorm gaan word.

$$TMP = 13,6 - 1,89 \times T + 0,081 \times T^2 - 0,001 \times T^3 \quad (11)$$

TMP = Addisionele blaargetal geïnduseer

T = Grondtemperatuur

Die geskatte blaargetal (DLNO) word bereken aan die einde van elke dag.

$$DLNO = TLIjuv + PPD + TMP \quad (12)$$

'n Gemiddelde waarde word dan oor die periode gekry (Grand, 1989b).

CERES-Maize gebruik egter die tydperk van opkoms tot en met pluiminisiasie om die aantal blare te bepaal. Fotoperiode en die cultivar se sensiwiteit daarvoor beïnvloed die tydperk. Die volgende vergelyking bepaal aantal blare:

$$TLNO = (SUMDTT/21 + 6,0) \quad (13)$$

TLNO = Totale hoeveelheid blare

SUMDTT = Kumulatiewe hitte-eenhede na opkoms

21 Hitte-eenhede inisieer die eerste blaar en 6 blaar primordia is teenwoordig by opkoms (Jones et al., 1986).

CERES-Maize bereken die blaaroppervlakte van die droëmassa. Van opkoms tot 4 dae voor pluiminisiasie gebruik die plant saadreserwes, maar daarna word aangeneem dat die saadreserwes uitgeput is. Na pluiminisiasie waar daar minder as 12 blare teenwoordig is (XN) word die volgende vergelykings gebruik.

$$PLAG = 3,5 \times XN^2 \times TI \times SWDF2 \quad (14)$$

$$GROLF = 0,00116 \times PLAG \times \exp(0,25 \times \log(PLA)) \quad (14a)$$

GROLF = Blaar groeitempo

PLAG = Blaaroppervlakte(groei) (cm²/plant)

PLA = Totale blaaroppervlakte

TI = Blaarverskyningstempo per dag

SWDF2 = Grondwater spanningsfaktor vir vermindering van plantselgroei

As XN 'n waarde tussen 12 en (TLNO - 3) aanneem word die volgende

vergelyking gebruik.

$$\text{PLAG} = 35 \times 170 \times \text{TI} \times \text{SWDF2} \quad (15)$$

$$\text{GROLF} = 0,00116 \times \text{PLAG} \times \text{PLA}^{0,25}$$

Vir laaste drie blare word die volgende vergelyking gebruik:

$$\text{PLAG} = 170 \times 3,5 / ((\text{XN} + 5 - \text{TLNO})^{0,5}) \times \text{TI} \times \text{SWDF2}$$

$$\text{GROLF} = 0,00116 \times \text{PLAG} \times \text{PLA}^{0,25} \quad (16)$$

Blaargroei staak wanneer die mielie begin blom (Jones et al., 1986). Dit blyk dat PUTU die begin van die blomstadium bepaal deur die aantal hitte-eenhede te gebruik, maar weens die groot-blaarteorie maak die aantal blare nie saak nie (De Jager, 1989).

Samevattend uit die afdeling kan die volgende vrae gevra word.

-Is hitte-eenhede as biologiese horlosie effektief?

-Het fotoperiode 'n invloed op die hoeveelheid blare wat gevorm gaan word?

-Is daaglikse simulاسie net so akkuraat soos uurlikse simulاسie?

-Is die grootblaar-teorie effektief in die simulاسieproses?

-Sal die fisiologiese verandering wat die plant ondergaan

in verskillende rywydtes 'n invloed hê op die simulasië-proses?

-Is die verskil tussen grondtemperatuur en lugtemperatuur van so 'n aard dat dit gedurende die plant se lewenssiklus 'n invloed sal hê?

FOTOSINTESE

Fotosintese, soos enige ander fisiologiese proses, word deur omgewingsfaktore beheer. Daar is drie stadia van die effektiwiteit op 'n fisiologiese proses nl. 'n minimum, optimum en maksimum. So het elke plant 'n minimum temperatuur waaronder geen fotosintese plaasvind nie, 'n maksimum waarbo geen fotosintese plaasvind nie en 'n optimum temperatuur waar die fotosintese teen sy maksimum tempo plaasvind. Die faktor wat die grootste beperking is sal die tempo van fotosintese bepaal, soos lig, suurstof, koolstofdioksied, temperatuur en vog (Devlin & Witham, 1984).

In CERES-Maize word foto-aktiewe straling (PAR) MJ/m²/dag vanaf daaglikse straling (SOLRAD in langleys of cal/cm²/dag) bereken.

$$\text{PAR} = 0,02 \times \text{SOLRAD} \quad (17)$$

0,02 Is die omsettingsfaktor na MJ/m²/dag van cal/cm²/dag

Die aanname word gemaak dat 50% van die gemete SOLRAD is PAR (Jones et al., 1986). Ander outeurs verskil, want op 'n daaglikse

basis is PAR ongeveer 47% van SOLRAD, maar op uurlikse basis is die syfer 45% vir wolklose dae tot 54% tydens bewolkte toestande (Blackburn & Prockter, 1983).

Potensiële droëmassaproduksie (PCARB g/plant) by optimale temperatuur en grondwater, word bereken van PAR, plantpopulasie (PLANTS) en blaaroppervlakte-indeks (BOI).

$$PCARB = 5,0 \times PAR/PLANT \times (1 - \exp(-0,65 \times BOI)) \quad (18)$$

Beers se wet verduidelik die konstantes soos volg, 0,65 is die uitdowingskoëffisiënt en 5,0 is die droëmassa (g) wat geproduseer word per MJ van die onderskepte PAR onder geen stremmingstoestande, soos gebruik in (18) (Jones et al., 1986). Die syfer is heelwat groter as die 1,2 tot 1,7 g/MJ vir eenjarige gewasse. Die laer waardes kan die gevolg wees van stralingsversadiging en omgewingspanning. Die waardes is egter vir C3 plante, maar C4 plante mag 'n hoër waarde besit. Die waarde het egter ook tussen verskillende mieliegenotipes verskil (Russell, Jarvis & Monteith, 1987). PUTU gebruik 1 J om 100 mikrogram koolhidrate te vorm, met 'n uitdowingskoëffisiënt van 0,7 (De Jager, 1989). Terwyl Van den Berg (1987) aantoon dat die uitdowingskoëffisiënt deur die rywydtes, tyd van die dag en ry-oriëntasie beïnvloed word.

By CERES-Maize word plantpopulasie, temperatuur en suboptimale grondwater in berekening gebring in die beraming van droëmateriaal produksie (Jones et al., 1986), terwyl PUTU straling, water

en temperatuur as groeibeperkende faktore in berekening bring (De Jager, 1989). Nog 'n faktor wat 'n effek op fotosintese tempo mag hê is die ouderdom van die blaar, en die tyd wanneer die blaar in die groeiseisoen verskyn het (Dwyer, Stewart, Balchin, Houwing, Marur & Hamilton, 1989).

'n Punt van stralingsversadiging word bereik waar 'n toename in straling nie meer 'n toename in fotosintese veroorsaak nie (Devlin & Witham, 1983). Slegs sowat 25% van die sonlig is nodig vir maksimum fotosintese in 'n enkele normale mielieblaar (2500 voetkerse) (Verduin & Looms, 1944). Die syfer word beaam deur (Böhning & Burnside, 1954) dat sonplante se versadigingspunt in die omgewing van 2000 tot 2500 voetkerse is. Die verhouding tussen toenemende straling (E) en fotosintese tempo (P) vorm 'n hiperbool.

$$P = P_{\text{maks}} \times kE / (1 + kE) \quad (\text{McCee, 1971}) \quad (19)$$

Deur twee hiperbole daar te stel, een vir lae ligintensiteit en een vir hoë ligintensiteit, word 'n beter passing met velddata verkry.

$$\text{Lae ligintensiteit } P(I) = aI - (a^2/P_m)I^2 \quad (20)$$

$$\text{Hoë ligintensiteit } P(I) = (P_m - (P_m^2/a))/I \quad (21)$$

$$P_m = P_{\text{maks}}$$

$$I = E \quad (\text{Lappi \& Smolander, 1988})$$

Die feit dat CERES-Maize nie 'n stralingsversadigingspunt besit

nie, mag onder hoë stralingsintensiteite lei tot die oorvoorspelling van droëmassa, wat weer 'n effek sal hê op opbrengsvoorspelling.

Die teenwoordigheid van 'n blaardak het 'n groot invloed op temperatuur, vogkonsentrasie en straling in die plantomgewing. Sodra individuele plante begin oorvleuel word 'n blaardak verkry (Campbell & Norman, 1989). Onderskepping, deurlaatbaarheid of verspreiding van sonstrale en grondtemperatuur word deur die vorm van die blaredak beïnvloed. Blaredak kan indirekte prosesse soos fotosintese, transpirasie en selvergroting beïnvloed. Nouer rye (0,38 m) vorm vinniger 'n blaardak as wyer rye (0,76 m) en het ook regdeur die seisoen beter ligonderskepping ondervind, waar die plantpopulasie 7 plante per m^2 was (Hodges & Evans, 1990). In die Wes-Transvaal met sy laer plantpopulasies (Möhr, 1974) sal die fotosintese kompetisie afneem, weens die lae beskaduings-effek (Hammes, Kriel & Beyers, 1987). In die streek mag plantpopulasies baie langer neem voor 'n blaarkoepel gevorm word, indien wel. Die individuele ry sal eerder neig om 'n koepel op sy eie te vorm, veral as die rye al hoe wyer word.

Na 'n blaardak gevorm is, kan die mielieland beskryf word deur 'n eendimensionele teorie (Campbell & Norman, 1989). In CERES-Maize word ligonderskepping bereken van die mielie met 'n eksponensiële vergelyking wat BOI en die uitdowingskoëffisiënt insluit. Die vergelykings kan vervang word deur 'n submodel, wat ligonderskepping by individuele plante bereken wat gebaseer is op plantspasiëring en grootte, met veranderlikes soos plantgrootte,

plantblaaroppervlakte, rywydtes en tussenplantspasiëring (Hodges & Evans, 1990).

Die opdeling van die blaardak in verskillende lae en die straling in direkte en indirekte dele, kan deur komplekse vergelykings en matrikse gesimuleer word. Die simulاسie van 'n multilaag blaredak sal egter baie tyd in beslag neem (Jialin, 1984). Om modelle meer te vereenvoudig en rekenaarberekeningspoed te verhoog, moet die volgende paar punte in gedagte gehou word.

Geen onderskeiding tussen direkte en verspreide lig nie.

Onderskepping van die lig wat van die grond weerkaats, te ignoreer.

Die verskil in ligintensiteit op verskillende hoogtes in die blaredak te ignoreer.

Beskou die plant as 'n silinder, dus homogeen.

Die effek van blaarhoek word geïgnoreer.

Blare is eweredig versprei langs die plantstam.

Individuele blaarvormverskille word geïgnoreer (Hodges & Evans, 1990).

Komplekse modelle kan gebruik word om vereenvoudigde programme te

toets. Die rekenaar se berekeningsvermoë is nie die probleem nie, maar 'n gebrek aan wetenskaplike kennis (Norman, 1989).

Die afdeling het die volgende eienskappe aangetoon wat na gekyk sal moet word.

Die omsetting van onderskepte PAR na droëmassa.

Die afwesigheid van 'n stralingsversadigingspunt by CERES-Maize.

Die beskrywing van die blaardak by wye rye.

Die gebrek om optimum temperatuurwaardes te gebruik, soos bv indien die temperatuur bo 26°C is, word 26°C as maksimum en optimum biologiese waarde gebruik.

OPSOMMING

Volgens CERES-Maize V2.01 en Hodges & Evans (1990) sal die effek van verskillende rywydtes 'n effek hê op die GROSUB subroetine van CERES-Maize. Deur die verskillende subroetines onafhanklik te hanteer mag die werk vergemaklik word (Van Dyne & Abramsky, 1975). Dit is waarom GROSUB as die subroetine gebruik is met die verskillende rywydtes om die effek van rywydtes op die voorspellingswaarde van CERES-Maize te bepaal.

Deur die komponente wat verdag voorkom in die model te identifiseer, moet betroubare data verkry word om die komponente te ondersoek. Daar moet by meganistiese modelle daarop gelet word dat die verandering nie die doel van die vergelykings verander nie (Brockington, 1979).

Die eerste faktor wat verdag voorkom is die gebruik van hitte-eenhede as biologiese horlosie. Eicker (1979), De Jager (1989) en Jones et al., (1986) gebruik al drie verskillende grense vir die bepaling van hitte-eenhede wat gebruik moet word (Tabel 1).

TABEL 1 : Temperatuurgrense vir hitte-eenhede soos deur verskillende outeurs aanbeveel.

Outeur	Temperatuurgrense	
	Maksimum	Minimum en basis
De Jager(1989)	30°C	10°C
Jones et al., (1986)	34°C	10°C en 8°C
Eicker (1979)	25°C	10°C

Die probleem kan hanteer word deur die hitte-eenhede van die velddata te gebruik en te vergelyk met die teoretiese waardes. Indien die waardes soos verwag word verskil, kan 'n voorlopige aanpassing aan die basistemperatuur gemaak word. Die rede hiervoor is dat Major et al., (1979) die basistemperatuur as 'n omgewingsveranderlike beskou. Dit is egter die maklike uitweg en daar moet eerder in die geheel na die probleem gekyk word. Die effek wat temperatuur buite die maksimum en minimum temperatuurgrense op die plant het, moet in gedagte gehou word en verdien verdere aandag. Brockington (1979) beveel aan dat

van grafieke gebruik gemaak word om moontlike oorsake van die probleem uit te wys.

Blaargetal, saam met hitte-eenhede, speel 'n belangrike rol by die bepaling van die begin van die blomstadium (Jones et al., 1986), PUTU gebruik slegs hitte-eenhede (De Jager, 1989). Volgens Jones et al., (1986) gebruik CERES-Maize hitte-eenhede saam met die totale aantal blare om die begin van die blomperiode te bepaal en die hoeveelheid blare wat gevorm gaan word, word deur die temperatuur in die jeugstadium bepaal. Grand (1989b) verskil en beweer dat totale aantal blare, 'n funksie is van die cultivar, fotoperiode en gemiddelde daaglikse grondtemperatuur. Omdat die aantal blare wat gevorm word, bepaal word in die tydperk van opkoms tot pluiminisiasie en weens die verskil in die literatuur oor die presiese begin van die jeugstadium, moet die feit nagevors word wat die effek van temperatuur en ligperiode op die aantal blare het.

Die hoofdoel is om die effek van rywydtes op die voorspellingswaarde van CERES-Maize onder semi-ariëde toestande te bepaal. Die invloed van rywydtes op CERES-Maize word slegs deur een vergelyking beïnvloed. In die eerste uitgawe van CERES-Maize is die invloed van rywydte as 'n konstante beskou, soos die volgende vergelyking aantoon.

$$PCARB = 5,0 \times PAR/PLANT \times (1 - \exp(-0,65 \times BOI)) \quad (21)$$

Die jongste uitgawe van CERES-Maize, CERES-Maize V2.1, beskou

rywydte as 'n veranderlike.

$$TT = 0,92 \times \exp(-0,82355 \times \text{ROWSPC}) \quad (22)$$

$$Y1 = \exp(-0,65 \times \text{BOI}) \quad (23)$$

$$Y2 = 0,7 \times \exp(-TT \times \text{BOI}) \quad (24)$$

$$\text{PCARB} = 5,0 \times \text{PAR/PLANT} \times (1 - \text{AMAX1}(Y1, Y2)) \quad (25)$$

PCARB = Potensiële droëmassaproduksie

ROWSPC= Ryspasiëring

BOI = Blaaroppervlakte-indeks

AMAX1 = Kies die grootste een

TT, Y1, Y2 = Veranderlikes

Die vergelyking ondersteun wat Van den Berg (1987) beweer dat die uitdowingskoëffisiënt 'n funksie is van rywydte. Hodges & Evans (1990) en Van den Berg (1987) beweer dat faktore soos planthoogte ook nog 'n rol speel. Hodges & Evans (1990) het 'n subroetine geskryf om die PCARB vergelyking t.o.v. rywydtes te verbeter. Dit is dus noodsaaklik dat die subroetine ondersoek moet word om te help met die daarstelling van 'n verbetering op die PCARB vergelyking.

Vir die doel is 'n rywydte proef uitgevoer soos in hoofstuk 3 bespreek sal word.

Die data wat geneem is is die uitdowingskoëffisiënt, blaarlengte, blaaroppervlakte, blaaroppervlakte-indeks, droëmassa en klimaatsfaktore soos temperatuur, straling en reënval. Die lesings is vier keer die seisoen geneem.

Die BOI speel 'n belangrike rol in CERES-Maize en die bogrondse biomassa is al massa wat werklik gemeet kan word, daarom moet na die volgende twee vergelykings gekyk word en geëvalueer word.

$$\text{BOI} = (\text{PLA} - \text{SENLA}) \times \text{PLANTS} \times 0,0001 \quad (26)$$

$$\text{BIOMAS} = (\text{LFWT} + \text{STMWT} + \text{EARWT}) \times \text{PLANTS} \quad (27)$$

BOI = Blaaroppervlakte-indeks

PLA = Blaaroppervlakte geproduseer

SENLA = Blaaroppervlakte verskyn

PLANTS = Plantpopulasies

BIOMAS = Bogrondse droëmassa

LFWT = Blaarmassa (droë)

STMWT = Stammassa (droë)

EARWT = Kopmassa (droë)

Die evaluering is hoofsaaklik gegrond op die bogrondse deel van GROSUB tot vegetatiewe groei gestaak word. Die studie van die reprodktiewe stadium is 'n faset op sy eie, maar voor die blaargroeisimulasie nie eers aanvaarbaar is vir die Wes-Transvaal nie, sal die simulase van die reprodktiewe stadium ook nie reg wees nie aangesien die blare die kosfabriek van die plant is.

LITERATUURVERWYSINGS

- ALESSI, J. & POWER, J.F., 1974. Effects of plant population, row spacing, and relative maturity on dryland corn in the Northern plains I: Corn Forage and grain yield. Agron. J., 66: 316- 319.
- BAIER, W.B., 1963. Studies on macroclimates and microclimates and their influence on crops (with special reference to the Potchefstroom and the Highveld Region). M.Sc. Agric., University of Pretoria, Pretoria.
- BLACKBURN, W.J. & PROCKTER, J.T.A., 1983. Estimating photosynthetically active radiation from measured solar irradiance. Solar Energy, 31(2): 233-234.
- BÖHNING, R.H. &., BURNSIDE, C.A., 1954. The effect of light intensity on rate of apperant photosynthesis in leaves of sun and shade plants. Amer. J. Bot., 43 (8): 557-561.
- BROCKINGTON, N.R., 1979. Computer modelling in Agriculture. Oxford University Press, Great Britain.
- CAMPBELL, C.S. & NORMAN, J.M., 1989. The description and measurement of plant Canopy structure. In: Plant Canopies: Their growth, form and function, Ed. G. Russel, B. Marshall & P.G. Jarvis. 1st. ed. Cambridge University Press, Great Britian.

- CARBERRY, P.S., MUCHOW, R.C. & McCOWN, R.L., 1989. Testing the Ceres maize simulation model in a semi-arid tropical environment. Field Crop Research, 20: 297-315.
- COETZEE, J.J. & KOEN, I.F., 1985. Nasionale Cultivarproewe met Kommersiële mieliecultivars. Departement van Landbou en Watervoorsiening.
- DE JAGER, J.M., 1989. PUTU 90 maize crop growth model, user instructions and model description. Department Agrometeorology. University of the Orange Free State for Summer Grain Centre. Department of Agriculture and Water Supply. Bloemfontein.
- DE VOS, R.N. & MALLETT, J.B., 1987. Preliminary evaluation of two maize (Zea mays L.) growth-simulation model. S. Afr. J. Plant Soil. 1987, 4(3): 131-135.
- DEVLIN, M. & WITHAM, H.F. 1984. Plant Physiology 4th. Ed. Willard Grand Press. Boston.
- DWYER, L.M., STEWART, D.W. BALCHIN, D., HOUWING, L., MARUR, C.J. & HAMILTON, R.I., 1989. Photosynthetic Rates of Six Maize Cultivars During Development. Agron. J., 81: 599-602.

- EICKER, R., 1979. Die ondersoek van die invloed van temperatuur en straling op die blomtyd van mielies te Potchefstroom. M.Sc. Agric., U.O.V.S., Bloemfontein.
- GRAND, R.J., 1989a. Simulation of carbon assimilation and partitioning in Maize. Agron. J., 81: 563-571.
- GRAND, R.J., 1989b. Simulation of Maize phenology: Agron. J., 81: 451-457.
- GRIMBEEK, G.L., 1967. Die invloed van spasiëring op spruitvorming by mielies. Diploma vir Landboutegnici. Landbouinstituut van die Hoëveldstreek, Potchefstroom.
- HAMMES, P.S., KRIEL, B. & BEYERS, E.A., 1987. A technique for measuring the effect of population density on the photosynthetic rate of maize leaves with a portable photosynthesis system. S. Afr. J. Plant Soil, 4(4): 208-210.
- HARRISON, S.R. 1990. Regression of a Model on real-system output: An invalid test of model validity. Agric. Systems, 34(3): 183-190.
- HESKETH, J.D. & WARRINGTON, I.J., 1989. Corn growth response to temperature: Rate and Duration of leaf Emerge. Agron. J., 81: 696-701.

- HODGES, T. & EVANS, D.W., 1990. Light interception model for estimating the effect of row spacing on plant competition in Maize. J. Prod. Agric, 3(2):190:195
- HUNTER, R.B., KANNENBERG, L.W. & GAMBLE, E.C. 1970. Performance of five maize hybrids in varying plant populations and row widths. Agron. J., 62: 255-256.
- IBSNAT, 1990. Documentation for IBSNAT Crop model: Input & Output files, Version 1,1: for the decision support system for agrotechnology transfer (DSSAT V.2.1), IBSNAT Technical Report 5.
- INNIS, G.S., 1975. The use of a system approach in Biological research. In: Study of agricultural systems. Ed. G.E. Dallon. Applied Science Publishers LTD. Essex, England.
- JIALIN, C., 1984. Mathematical analysis and Simulation of crop micro-meteorology. D.Sc. Landbou Whageschool. Wageningen.
- JONES, C.A., RITCHIE, J.T., KINIRY J.R. & GODWIN, D.C., 1986. Subroutine structure. In: Ceres maize a simulation model of maize growth and development. Ed. C.A. Jones & J.R. Kiniry. Texas A & M University Press. Texas.

- KINIRY J.R. & JONES, C.A., 1986. Model evaluation. In: Ceres maize a simulation model of maize growth and development. Ed. C.A. Jones & J.R. Kiniry. Texas A & M University Press. Texas.
- LAPPI, J. & SMOLANDER, H., 1988. A comment on "A note on estimating the mean level on photosynthesis from radiation measurements" by Chris Koen. Agric. and Forest Metcur, 44: 39-45.
- MAYOR, D.J., BROWN, D.M., BOOTSMA, A., DU PUIS, G., FAIREY, N.A., GRANT, E.A., GREEN, D.G., HAMILTON, R.I., LANGILLE, J., SONMOR, L.G., SMELTZER, G.C. & WHITE, R.P., 1979. An evaluation of the corn heat unit systems for the short-season growing regions across Canada. Can. J. Plant Sci., 63: 121-130.
- MALLETT, J.B., 1972. The use of climatic data for Maize grain yield predictions. P.hd. University of Natal. Pietermaritzburg.
- MCGEE, K.J., 1971. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. Agric Metcor, 10: 443-453.
- MELDE, J.W. & HOLLINGER, S.C., 1989. Climate indices for application in Empirical crop production studies. Agric. Systems. 30: 1-14.

MÖHR, P.J., 1974. Handleiding vir Mielieproduksie en gebruik van die Mielierekenaar. M.V.S.A. publikasies nr. 34.

MÜLLER, H.L., 1988. Die verwantskap tussen plantspasiëring, wortelverspreiding en wateronttrekking by mielies in 'n grond van die Bleeksandserie. M.Sc. Agric., U.O.V.S., Bloemfontein.

NORMAN, J.M., 1989. Synthesis of Canopy processes. In: Plant Canopies. Their growth, form and function, Ed. G. Russel, B. Marshall & P.G. Jarvis. 1st. ed. Cambridge University Press, Great Britain.

NUMEZ, R. & KAMBRATH, E., 1969. Relationship between N response, plant population, and row widths on growth and yield of corn. Agron. J., 61: 279-282.

OLSEN, K.R. & OLSEN, G.W., 1986. Use of multiple regression analysis to estimate average corn yields using selected soils and climatic data. Agric. Systems, 20: 105-120.

PIPER, E.L. & WEISS, A., 1990. Evaluation of CERES-Maize for reduction in plant population on leaf area during the growing season. Agric. Systems, 33: 199-213.

- RITCHIE, J.T., KINIRY J.R. & JONES, C.A., 1986. Model inputs.
In: Ceres maize a simulation model of maize growth and development. Ed. C.A. Jones & J.R. Kiniry. Texas A & M University Press. Texas.
- ROBBERTSON, W.K., HAMOND, L.G., JOHNSON & PRIME, G.M., 1979. Root distribution of corn, soyabeans, peanuts, sorghum and tobacco in fine sands. Soil and crop science society of Florida, 38: 54-59.
- RUSSEL, G., JARVIS, P.G. & MONTEITH, J.L., 1987. Absorption of radiation by Canopies and stand growth. In Plant Canopies: Their growth, form and function, Ed. G. Russel. B. Marshall & P.G. Jarvis. 1st. ed. Cambridge University Press, Great Britain.
- SCHEFLER, W.C., 1980. Statistics for the Biological Science. 2nd ed. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Philippines.
- SWANEY, D.P., JONES, J.W., MISHOE, J.W. & BACKER, F., 1986. A combined simulation - optimization approach for predicting, crop yields. Agric. Systems, 20: 133-157.
- TALPAZ, H., DA ROSA, G.D. & HEARN, A.B., 1987. Parameters estimation and calibration of simulation models as non-linear optimization problem. Agric. Systems, 23: 107-116.

- VERDUIM, J. & LOOMIS, W.E., 1944. Absorption of carbon dioxide by maize. Plant Physiol., 19: 278-292.
- VAN DEN BERG, W.J., 1987. Ruimtelike verspreiding, omgewing en die voorkoms van waterstremming by mielies. M.Sc. Agric., U.O.V.S., Bloemfontein.
- VAN DYNE, G.M., & ABRAMSKY, Z., 1975. Agricultural system, models and modelling: An overview. In: study of Agriculture systems applied. Ed. by G.E. Dalton. Science publishers, LTD. England.
- VERWEY, J.F. & HAMMES, P.S., 1989. Spruitvorming by mielies: 'n Vergelyking van enkelstammige en spruitvormende plante. S. Afr. Tydskr. Plant Grond, 6(4): 235-238.
- WILMOTT, C.J., 1982. Some comments on the evaluation of model performance. Bull. Am. Meteorol. Soc., 63(11): 1309-1313.

HOOFSTUK 3

NIE-LINEÊRE REGRESSIE AS ALTERNATIEWE METODE OM GENETIESE
PARAMETERS VAN CERES-MAIZE TE BEPAAL.

A.S. du Toit

Somergraansentrum, Privaatsak X 1251, Potchefstroom, 2520

P.J. van Rooyen

Direktoraat Bio- en Datametriesse Dienste, Privaatsak X 1251,
Potchefstroom, 2520

J.J. Human

Departement Agronomie, UOVS, Posbus 339, Bloemfontein, 9300

Non linear regression as alternative method to determine the genetic parameters for CERES-Maize was evaluated. NETCAL is a non linear optimization program which uses the method of Nelder & Mead (1965) for optimization. The optimized parameters improved the prognostic value of CERES-Maize. Possible simulation shortfalls are pointed out by NETCAL. The potential use of NETCAL is determined by the efficiency of the modeller.

Nie-lineêre regressie as alternatiewe metode om die genetiese parameters van CERES-Maize te bepaal is geëvalueer. NETCAL is 'n nie-lineêre optimiseringsprogram wat Nelder & Mead (1965) se metode gebruik vir optimisering. Die geoptimaliseerde parameters het CERES-Maize se voorspellingswaarde verbeter. Moontlike simulasetekortkominge in CERES-Maize is deur NETCAL uitgewys. Die potensiële gebruik van NETCAL word bepaal deur die effektiwiteit van die modelleerder.

INLEIDING

CERES-Maize is ontwikkel onder leiding van Dr J. Ritchie (Jones & Kiniry, 1986) en is 'n internasionaal erkende rekenaarmodel wat die groei- en produksieprosesse van die mielieplant simuleer. Die model gebruik 'n staplengte van een dag om groeiprosesse op orgaanvlak dinamies te simuleer. CERES-Maize is in FORTRAN 77 geskryf.

Voordat CERES-Maize vir 'n spesifieke streek gebruik kan word, moet 'n aantal parameters daarvoor gevind word. In besonder is die genetiese parameters van die cultivars wat in die streek verbou word, noodsaaklik.

Hierdie parameters kan op een van die volgende wyses bepaal word.

- (i) Genetiese parameters kan onder gekontroleerde toestande volgens Jones & Kiniry (1986) se veldmetode bepaal word.
- (ii) Die parameters kan ook een-een in opeenvolgende lopies van die model verander word totdat eksperimenteel waargenome en rekenaarvoorspelde waardes ooreenstem. Dit is die sogenaamde handmetode van Hunt, Jones, Ritchie & Teng (1989) en Piper & Weiss (1990).
- (iii) Genetiese parameters kan ook met nie-lineêre regressiemetodes bepaal word soos deur Swaney, Jones, Mishoe & Backer (1986) en Talpaz, Da Rosa & Hearn (1987), voorgestel word.

Nie-lineêre regressie het die voordeel dat verskeie parameters met beproefde statistiese metodes, gelyktydig en outomaties, gekalibreer kan word. Programmatuur wat die proses maklik kan deurvoer, is nog nie algemeen beskikbaar nie.

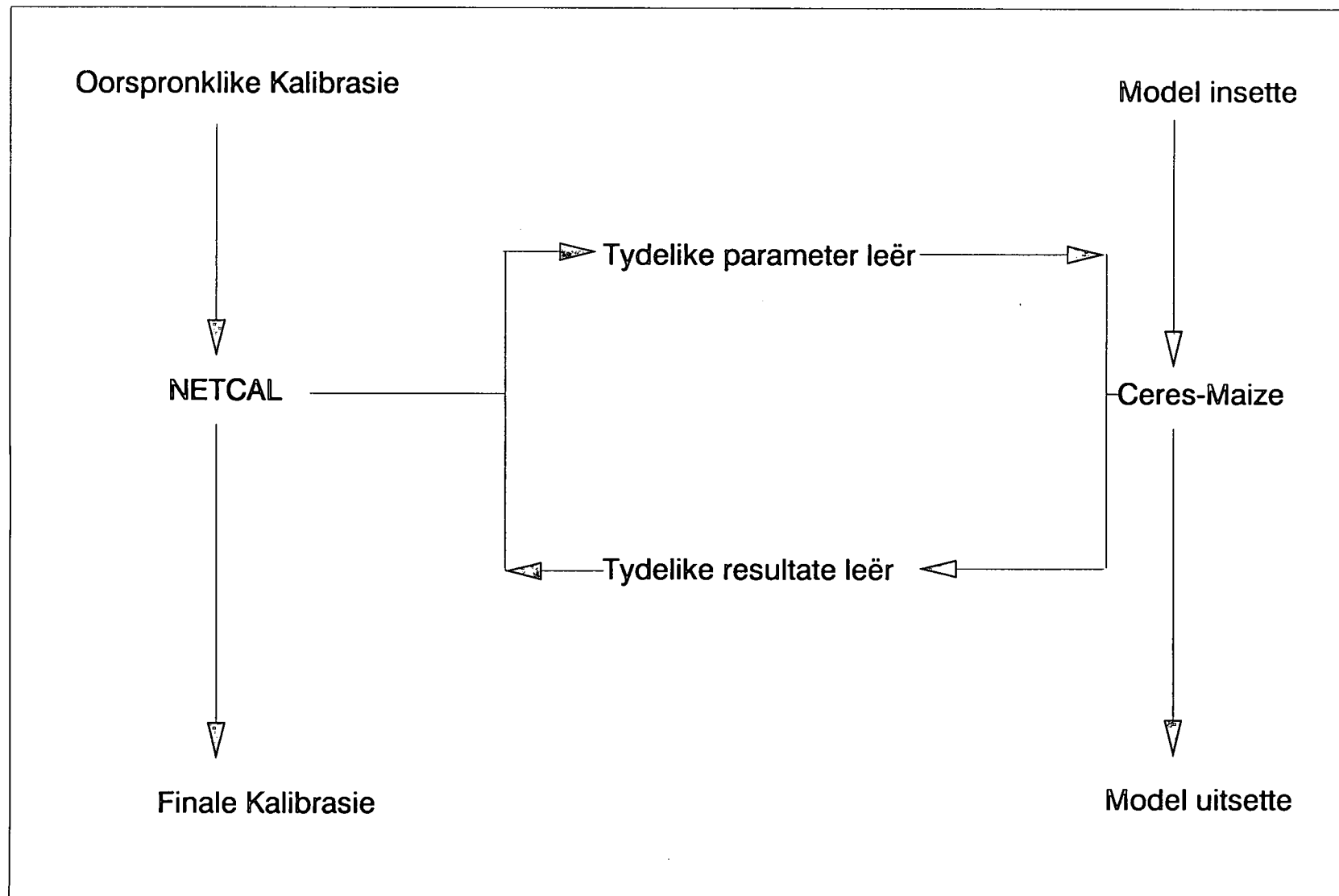
Die doel van die artikel is om 'n outomatiese kalibrasieproses bekend te stel wat gebruik kan word om genetiese en ander parameters vir die Westelike Hoëveld te bepaal. Verder word die kalibrasieproses, verbeterde genetiese parameters en praktiese toepassing krities beoordeel.

MATERIAAL EN METODES

Kalibrasieprogram

Twee opsies bestaan vir die outomatisering van die kalibrasieproses. Die kalibrasieprogram kan as 'n subroetine van CERES-Maize ontwikkel word of as 'n aparte model wat parallel met CERES-Maize loop. Laasgenoemde is gekies en die skakeling tussen die twee modelle word uitgebeeld in Figuur 1. Die kalibrasieprogram (NETCAL) beskou CERES-Maize as 'n losstaande nie-lineêre funksie wat gekalibreer moet word.

Die kalibrasieprogram, NETCAL, gebruik twee tydelike lêers (Figuur 1) op 'n hoëspoed-skyf ("Ramdisk") om parameters en resultate van 'n passing met CERES-Maize te kommunikeer. CERES-Maize moet so verander word om van die tydelike parameterlêer die kalibrasieparameters op die korrekte tyd en plek te lees en ook die resultate na die tydelike resultatelêer te skryf (Figuur 1).



Figuur 1 Skematiese voorstelling van NETCAL se werking

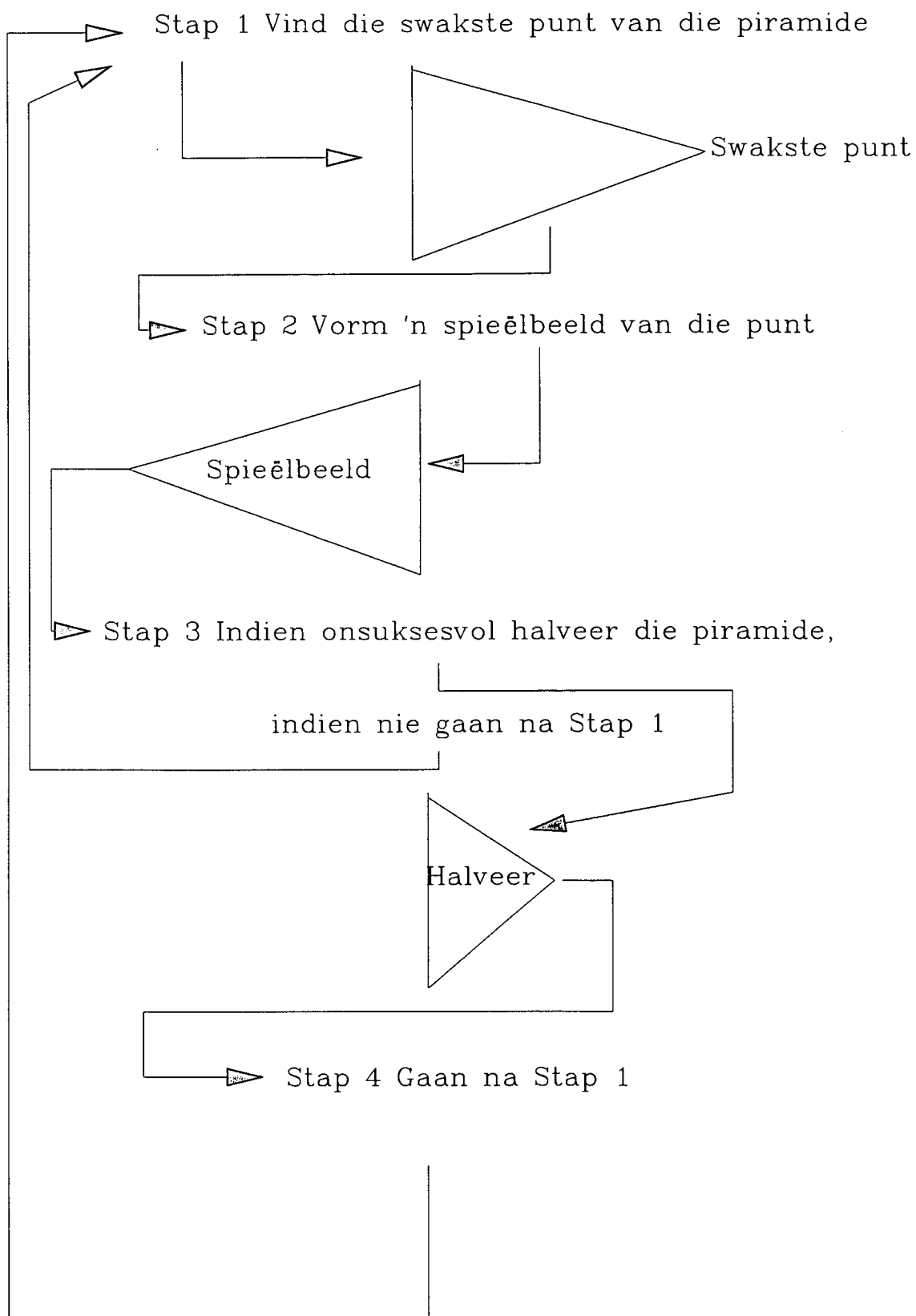
CERES-Maize moet ook die resultate in die korrekte volgorde aan die kalibrasieprogram lewer. NETCAL voer en aktiveer outomaties elkeen van sowat 50 iterasies van CERES-Maize wat nodig is om kalibrasie te bewerkstellig. Figuur 1 is 'n skematiese voorstelling van NETCAL se werking.

NETCAL gebruik Nelder en Mead (1965), se SIMPEKS-metode om die verskil tussen CERES-Maize se voorspellings en eksperimentele data te minimiseer. Die metode minimiseer die posisie en grootte van 'n multi-dimensionele piramide in die fout- en parameter-ruimte van die probleem. Elke punt van die piramide verteenwoordig een kombinasie van parameters en 'n foutvariansie. Die swakste punt in die piramide (Stap 1 van Figuur 2) word telkens deur sy spieëlbeeld aan die ander kant van die piramide vervang (Stap 2 van Figuur 2). Wanneer dit onsuksesvol is, word die betrokke been van die piramide met die helfte verklein (Stap 3 van Figuur 2). Mettertyd konvergeer die piramide op die beste stel parameters vir die gegewe probleem (Nelder & Mead, 1979 & Walsh, 1979).

Die komplekse aard van die proses vereis dat ten minste 'n 80286 prosesseerder, met 1 MB geheue gebruik word.

Simulasieprogram

CERES-Maize benodig daaglikse reënval, maksimum en minimum temperatuur sowel as straling. Bestuursinsette, genetiese parameters en grondparameters bly konstant in die simulasieproses. Die



Figuur 2 Skematiese vostelling van een dimensie van die multi-dimensionele piramide.

grondwaterinhoud word aan die begin van die simulasiëproses benodig. Met behulp van straling, beskikbare water en temperatuur word groei daaglik gesimuleer. Hitte-eenhede word gebruik om as tydmechanisme te dien vir die ontwikkeling van die mielieplant. Die volledige algoritme, insette en uitsette word deur Jones & Kiniry (1986) uiteengesit.

Weerkundige data is verkry vanaf die weerdatabank van NIGB. Die eksperimentele data is verkry van die Phoenix-projek, waar mieliegroeisimulasiemodelle geëvalueer word (Phoenix, Unpubl. Supplementary Report, Summer Grain Centre, Grain Crops Research Institute, Potchefstroom, 1986/87, 1987/88). Proewe is uitgevoer op NIGG se proefgronde te Potchefstroom. Verteenwoordigende data van twee seisoene is gebruik, naamlik, 1986/87 met 'n reënval van 665 mm, en 1987/88 met 775 mm. Twee cultivars (geel) is gebruik naamlik PNR 394 en TX 24. PNR 394 is 'n kort groeiseisoen, terwyl TX 24 as 'n lang groeiseisoen baster geklassifiseer word. In Tabel 1 word die behandelings uiteengesit. Die genetiese parameters wat geoptimeer is is P1 (Geakkumuleerde hitte-eenhede van opkoms tot einde Jeugstadium), P2 (Fotoperiodiese koëffisiënt), P5 (geakkumuleerde hitte-eenhede van blom tot fisiologies volwasse), G2 (maksimum aantal pitte per plant) en G5 (optimale pitgroei in mg/pit/dag). Die volgende uitsette is gebruik vir optimisering, blomdatum (dag van die jaar), fisiologies volwasse (dag van die jaar), opbrengs (kg/ha), biomassa (kg/ha) en BOI.

Statistiek

Die sukses van NETCAL is gemeet soos aanbeveel deur Willmott (1982). Die D-indeks (indeks van ooreenkoms), vierkantswortel van die gemiddelde kwadraatfout (RMSE), RMSEs (sistemies) en RMSEu (nie-sistemies) is gebruik. 'n Goeie model, soos gedefinieer deur Willmott (1982), het 'n D-indeks van een, met 'n RMSEs van nul. Hoe nader RMSEu is aan RMSE, hoe hoër is die potensiële akkuraatheid van die model (Willmott, 1972 ; De Vos & Mallett 1987). Die ideale kolom in Tabelle 2 en 3 verteenwoordig die statistiese waardes, na die gelykstelling van die gesimuleerde waardes aan die waargenome waardes. Van die ideale waardes is slegs van toepassing op die datastelle soos uiteengesit in Tabel 1.

Tabel 1 Plantdatums en plantpopulasies van PNR394 en TX 24, wat gebruik is vir optimisering.

Behandeling	Plantdatums	Plantpopulasies (plante/hektaar)
1	15 Okt 1986	18 000
2	05 Nov 1986	18 000
3	27 Nov 1986	18 000
4	30 Nov 1987	14 000
5	30 Nov 1987	21 000
6	30 Nov 1987	27 000

Toepassing

Ten einde te bepaal wat die genetiese parameters van 'n mielie cultivar (SP8) moet wees wat in die klimaatstreek 'n gemiddelde opbrengs van agt ton/ha sal lewer, is die gemete opbrengs met die syfer vervang. Rywydte is as sesde veranderlike bygevoeg om bestuursbeperking te verminder.

RESULTATE EN BESPREKING

In Tabel 2 word die genetiese parameters voor en na optimisering aangetoon. Hierdie waardes is in die genetiese parameterlêer van CERES-Maize geplaas en met die model getoets.

Optimisering van die genetiese parameters het die voorspellingswaarde van CERES-Maize verbeter soos aangetoon in Tabelle 3 en 4, die D-indeks het verhoog en RMSE, RMSEs se waardes het verlaag. RMSE en RMSEu toon 'n groter variasie na optimisering, dus die potensiële akkuraatheid het afgeneem.

Uit Tabel 2 word aangetoon dat P1 en G2 die meeste deur optimisering beïnvloed is. Die verlaging van die potensiële akkuraatheid van CERES-Maize, toon dat die geoptimeerde genetiese parameters kompenseer vir sekere simulasetekorte. Sprekende voorbeeld is die genetiese parameter P1, wat direk die aantal blare wat gesimuleer word, beïnvloed. Om te kompenseer vir die foutiewe voorspelling van die blomdatum, word blaarinisiasie d.m.v. P1 gemanipuleer. Die funksies wat blaarsimulasie beheer sal geherkalibreer moet word vir die Wes-Transvaal. Indien die blomdatum korrek gesimuleer word is BOI ook akkuraat. Die rede is nie die verhoogde aantal blare gesimuleer nie, maar die korrekte tydperk van blaaroppervlakte-ontwikkeling. Die twee faktore is nie direk aan mekaar gekoppel nie, maar wel indirek en toon die gevaar by die gebruik van NETCAL dat die modelleerder foutiewe afleidings kan maak, veral in die geval van indirekte verwantskappe. Die hoë waardes wat aan G2 toegevoeg

Tabel 2 Vergelyking van die genetiese parameters voor en na kalibrasie deur NETCAL vir die betrokke twee Cultivars.

Genetiese parameters	Voor optimisering		Na optimisering	
	PNR 394	TX 24	PNR 394	TX 24
P1	279,00	232,00	212,00	167,33
P2	0,50	0,60	0,62	0,61
P5	787,00	728,00	709,00	731,10
G2	864,00	810,00	964,00	999,99
G5	7,82	6,78	8,93	9,72

Tabel 3 Statistiese vergelyking van die genetiese parameters van PNR 394 voor en na optimisering.

Beskrywing	Voor	Optimisering Ideaal	Na
Indeks van ooreenkoms (d)	0,42	1,00	0,61
Gemiddeld waargeneem	3520,50	3520,50	3520,33
Gemiddeld voorspel	4639,50	3520,00	3529,33
Snypunt (a)	2793,08	0,00	612,77
Gradiënt (b)	0,16	1,00	0,82
r^2	0,14	1,00	0,20
RMSE	2868,51	0,00	1080,45
MAE	2028,67	0,00	795,17
RMSEs(sistemies)	1139,83	0,00	904,03
RMSEu(nie-sistemies)	2620,74	RMSE	590,30

Tabel 4 Statistiese vergelyking van die genetiese parameters van TX 24 voor en na optimisering.

Beskrywing	Voor	Optimisering Ideaal	Na
Indeks van ooreenkoms (d)	0,24	1,00	0,73
Gemiddeld waargeneem	3065,17	3065,17	3065,17
Gemiddeld voorspel	4215,83	3065,17	3939,33
Snypunt (a)	2950,80	0,00	-1097,51
Gradiënt (b)	0,03	1,00	1,06
r^2	0,01	1,00	0,56
RMSE	3629,41	0,00	1213,44
MAE	3316,67	0,00	840,03
RMSEs(sistemies)	1548,97	0,00	1057,17
RMSEu(nie-sistemies)	3282,27	RMSE	595,66

word, kan 'n aanduiding wees van die onvermoë van CERES-Maize om meerkoppigheid te simuleer.

Uit die berekening van die genetiese parameters van SP8, blyk dit dat slegs twee parameters verskil van die waardes van die top geel basters wat tans bemark word, nl. die lengte van die graanvulperiode en die pitvultempo. Die ideale rywydte wat deur NETCAL gekies is, is 1,10 meter, wat baie naby is aan die 1,15 m wat vir die veldproewe gebruik is.

GEVOLGTREKKING

Die gebruik van 'n optimiseringsprogram saam met gewasgroeisimulasiemodelle is 'n stap nader aan die toekomsvisie wat Mallett (1972) gehad het oor landbounavorsing, dat wiskundige modelle gebruik kan word om duur en arbeidsintensiewe proewe te vervang. Die navorsingswaarde van NETCAL om hipoteses te toets, is by die bepaling van genetiese parameters van die cultivar SP8 uitgewys, omdat die bevindings die tendens ondersteun wat die telers volg.

Die genetiese parameters van PNR 394 en TX 24 soos bereken deur NETCAL kan nie gebruik word as die cultivars se genetiese parameters nie. Die probleem is nie NETCAL nie maar die simulasietekorte in CERES-Maize ten opsigte van die Wes-Transvaal. Uit Tabel 2 is dit duidelik dat P1 en G2 noemenswaardig deur NETCAL verander is. P1 is 'n fenologiese genetiese parameter en G2 'n opbrengs genetiese parameter wat

onderskeidelik 'n invloed het op die PHENOL en GROSUB subroetines. NETCAL het dus in die optimiseringsproses die simulasietekorte in PHENOL herskryf na P1 en die opbrengs simulasietekorte in GROSUB na G2. Hieruit kan afgelei word dat die PHENOL en GROSUB subroetines eers gekalibreer moet word vir die Wes-Transvaal voor NETCAL gebruik kan word om genetiese parameters van die sowat 40 kommersiële cultivars te bepaal.

LITERATUURVERWYSINGS

- DE VOS, R.N. & MALLETT, J.B., 1987. Preliminary evaluation of two maize (Zea mays L.) growth-simulation models. S. Afr. J. Plant Soil. 1987, 4(3): 131-135.
- JONES, C.A. & KINIRY, J.R., 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas A & M University press, College Station.
- HUNT, L.A., JONES, J.W., RITCHIE, J.T. & TENG, P.S., 1989. Genetics inputs. IBSNAT Symposium: Held at the 81st annual meeting of the American Society of Agronomy, Las Vegas, Nevada 17 October 1989. 15-30.
- NELDER, J.A. & MEAD, R., 1965. A simplex method for function minimization. Computer Journal, 7: 308-313.
- MALLETT, J.B., 1972. The use of climatic data for maize grain yield predictions. Ph.d. University of Natal. Pietermaritzburg.
- SWANEY, D.P., JONES, J.W., MISHOE, J.W. & BACKER, F., 1986. A combined simulation - optimization approach for predicting crop yields. Agric. Systems, 20: 133-157.

- TALPAZ, H., DA ROSA, G.D. & HEARN, A.B., 1987. Parameters estimation and calibration of simulation models as non-linear optimization problem. Agric systems, 23: 107-116.
- WALSH, G.R., 1979. Methods of optimization. John Wiley & Sons, 2nd Ed., Great Britain.
- WILLMOTT, C.J., 1982. Some comments on the Evaluation of model performance. Bulletin American Meteorological Society, 63 (11):1309-1313.

HOOFSTUK 4

DIE EVALUERING EN KALIBRERING VAN CERES-MAIZE TEN OPSIGTE VAN GROEISTADIA VOORSPELLING.

A.S. du Toit

Somergraansentrum, Privaatsak X 1251, Potchefstroom, 2520

J. Booysen

PU vir CHO, Departement Plantkunde, Privaatsak X 6001,
Potchefstroom, 2520

J.J. Human

UOVS, Departement Agronomie, Posbus 339, Bloemfontein, 9300

Crop simulation models were proposed as a tool to predict the silking date of maize in the western Transvaal production areas, with the objective to manipulate planting date in order to minimize the effect of midsummer drought in the flowering stage of crop development. CERES-Maize V2.1 was independently evaluated and some modifications were made to improve the phenological prediction value of the model. PNR6363, PNR473 and A1849W were each planted over a range of 21 planting dates. PNR473 was used to implement the modifications, while the other two cultivars served to verify that these modifications were not cultivar specific. Modifications to the Phenol subroutine succeeded to improve the predictive value of CERES-Maize for the western Transvaal.

Gewasgroeimodelle is voorgestel as hulpmiddel om blomdatum in die Wes-Transvaal mielieproduksiegebiede te voorspel om sodoende die plantdatum te manipuleer om die effek van die midsomerdroogte tydens blomstadium te verminder. CERES-Maize uitgawe 2.1 word onafhanklik geëvalueer en sekere veranderinge word aangebring om die fenologiese voorspellingswaarde te verhoog. PNR 6363, PNR 473 en A 1849 W is oor 21 plantdatums aangeplant. PNR 473 is gebruik om die modifikasies (Tabel 1) aan te bring, terwyl die ander twee cultivars gebruik is om te verifieer dat die modifikasies nie cultivarspesifiek is nie. Die veranderinge aan die PHENOL subroetine (Tabel 1) het CERES-Maize se fenologiese voorspellingswaarde vir die Wes-Transvaal verbeter.

INLEIDING

Die lewenssiklus van die mielieplant kan opgedeel word in groei en ontwikkeling. Ontwikkeling is die opeenvolging van groeistadiums. Blom is 'n kritiese ontwikkelingstadium wat uiterlik die einde van vegetatiewe en die begin van die reprodktiewe stadium aantoon. Stremming gedurende die blomstadium het die grootste invloed op opbrengsverlaging, in vergelyking met enige ander stadium (Buys 1987).

Midsomerdroogte is 'n algemene tendens in die Westelike mielieproduserende gebiede van Suid-Afrika. Buys (1987) beveel aan dat bestuur van so aard moet wees dat blom en die vroeë graanvulperiode na die midsomerdroogte moet voorkom. Plantdatum moet dus korrek bereken word, en kan verkry word deur die hitte-eenhede van 'n cultivar terugwerkend te bereken, om te verhoed dat blom in die midsomerdroogte val. Coetzee & Koen (1985) toon aan dat hitte-eenhede in die streek redelik variasie toon op dieselfde lokaliteit binne cultivars.

Mieliesimulasiemodelle, soos CERES-Maize, kan gebruik word om die blomdatum te voorspel. Die model simuleer die groei en ontwikkeling van die mielieplant daaglik dinamies, en sodoende word die waarskynlikheid verbeter vir akkurate blomdatum voorspelling. In CERES-Maize word die ontwikkeling ingedeel van plant tot opkoms, opkoms tot pluiminisiasie, pluiminisiasie tot blom en blom tot fisiologies volwasse.

Die akkurate voorspelling van die blomdatum word primêr beïnvloed deur die korrekte simulاسie van die aantal blare wat voor pluiminisiasie geïnisieer word (Jones & Kiniry, 1986).

Evalueringswerk op CERES-Maize vir die Wes-Transvaal is alreeds deur De Vos & Mallett (1987) gedoen en vir droogte-indekse gebruik (Du Pisani, 1987). In beide gevalle is die genetiese parameters van die ontwikkelingstadia afgelei, wat evaluering in die verband nie moontlik gemaak het nie, omdat die genetiese parameters nie algemeen beskikbaar is nie (De Vos & Mallett, 1987).

Die doel van die studie is om CERES-Maize te evalueer ten opsigte van die fenologiese voorspellingswaarde, met een stel genetiese parameters, die kalibrering van CERES-Maize om die nie-cultivarspesifieke voorspellingswaarde te verbeter en te bepaal of CERES-Maize vir blomdatumvoorspellings gebruik kan word.

MATERIAAL EN METODES

Veldproef

Drie cultivars is vir 21 plantdatums op die proefterrein van IGG by Potchefstroom gevestig. 'n Rywydte van een meter is gebruik met 'n plantestand van 20 000 plante per hektaar. Die plantdatums (Tabel 1 van Aanhangsel a) het gestrek vanaf 7 September 1990, met weeklikse intervalle, tot en met 25 Januarie 1991. Die drie cultivars verteenwoordig 'n kort (PNR 6363), medium (PNR 473) en

lang (A 1849 W) groeiseisoen. Bemesting is optimaal breedwerpig met elke plantdatum toegedien, gevolg deur topbemesting vier weke na plant. Besproeiing (Tabel 8 van Aanhangsel B) is toegedien om die effek van waterstremming sover moontlik uit te skakel.

Die data is ingesamel om aan die minimum vereistes van IBSNAT (1990) datastel te voldoen (Tabelle 1 tot 8 van Aanhangsel B). Bykomend is 30 plante per behandeling vir blaaraantal gemonitor (Tabel 2 van Aanhangsel B). Die blare is tydens die vier- en tienblaar stadia gemerk. Ontwikkelingstadiums is gemonitor deur plante te dissekteer en deur visuele observasies (Tabel 1 van Aanhangsel B). Blaarverskyning is op 30 plante, by al drie cultivars vir een plantdatum aangeteken.

Gewasgroeisimulasie

CERES-Maize simuleer daaglikse groei, ontwikkeling en produksie, vir mielies onder verskeie klimaat en verbouingspraktyke. Die model benodig grond, grondwater, genetiese parameters, weerkundige en bestuursinsette om effektief te simuleer (Jones & Kiniry 1986).

Die genetiese parameters is fisies bepaal uit Tabelle 1 en 10 van Aanhangsel B, soos aanbeveel deur Jones & Kiniry (1986) en nie afgelei deur NETCAL nie a.g.v. die redes uiteengesit in die Gevolgtrekking van Hoofstuk 3. Die waardes is konstant vir elke cultivar vir al die plantdatums gebruik. Die grond en grondwater insette is bepaal op die proefperseel. Weerdata is verkry van

NIGB se weerdatabank.

Modelveranderings

In die studie word na CERES-Maize uitgawe 2.1 as Mz21 verwys en die gemodifiseerde Mz21 as AJG verwys. Die volgende veranderings is aan Mz21 gedoen om AJG te vorm en word in Tabel 1 aangetoon.

Tabel 1 Veranderings wat aan Mz21 aangebring is om AJG te vorm.
Die veranderlikes word omskryf in Aanhangsel A

Funksie	Voorwaarde	Mz21	AJG
Aantal Hitte-eenhede benodig vir ontkieming		Geen	40
Tempo van blaar- inisasie	Fotoperiode < 14,2 uur	$RATEIN = 1/4 + (P2 \times HRLT - 12,5)$	$= 1/4 + (P2 \times HRLT - 12,5) \times 1,6$
	Fotoperiode > 14,2 uur	$RATEIN = 1/4 + (P2 \times HRLT - 12,5)$	$= 1/4 + (P2 \times HRLT - 13,8) \times 1,6$
Periode van opkoms tot blom		$(TLNO - 2) \times 38,9 + 96,0$	$(TLNO - 2) \times 43,11 + 118,60$
Blaarverskyningstempo	Eeste vier blare	$DTT / (38,9 \times PC)$ PC is veranderlike	DTT/32,41
	Meer as vier blare	$DTT / (38,9 \times PC)$ PC = 1	DTT/47,48
	Vir die laaste blaar	$DTT / (38,9 \times PC)$ PC = 1	DTT/82,60

Statistiese metodes

Die metode van Willmott (1982) word vir prestasiemeting gebruik om die onderskeie modelle te evalueer. Die D-indeks (indeks van ooreenkoms), vierkantswortel van die kwadraatfout (RMSE), RMSEs(sistemies) en RMSEu(nie-sistemies) is gebruik. Die D-indeks van 'n goeie model, soos gedefinieer deur Willmott (1982), is een en met 'n RMSEs van nul. Hoe kleiner die verskil tussen RMSEu en

RMSE, hoe hoër is die potensiele akkuraatheid van die model (Willmott, 1982, De Vos & Mallett, 1987).

Die eenhede waarmee modelprestasie gemeet is, is vir opkoms die aantal dae, blom die aantal blare geïnisieer en blom die dag van die jaar.

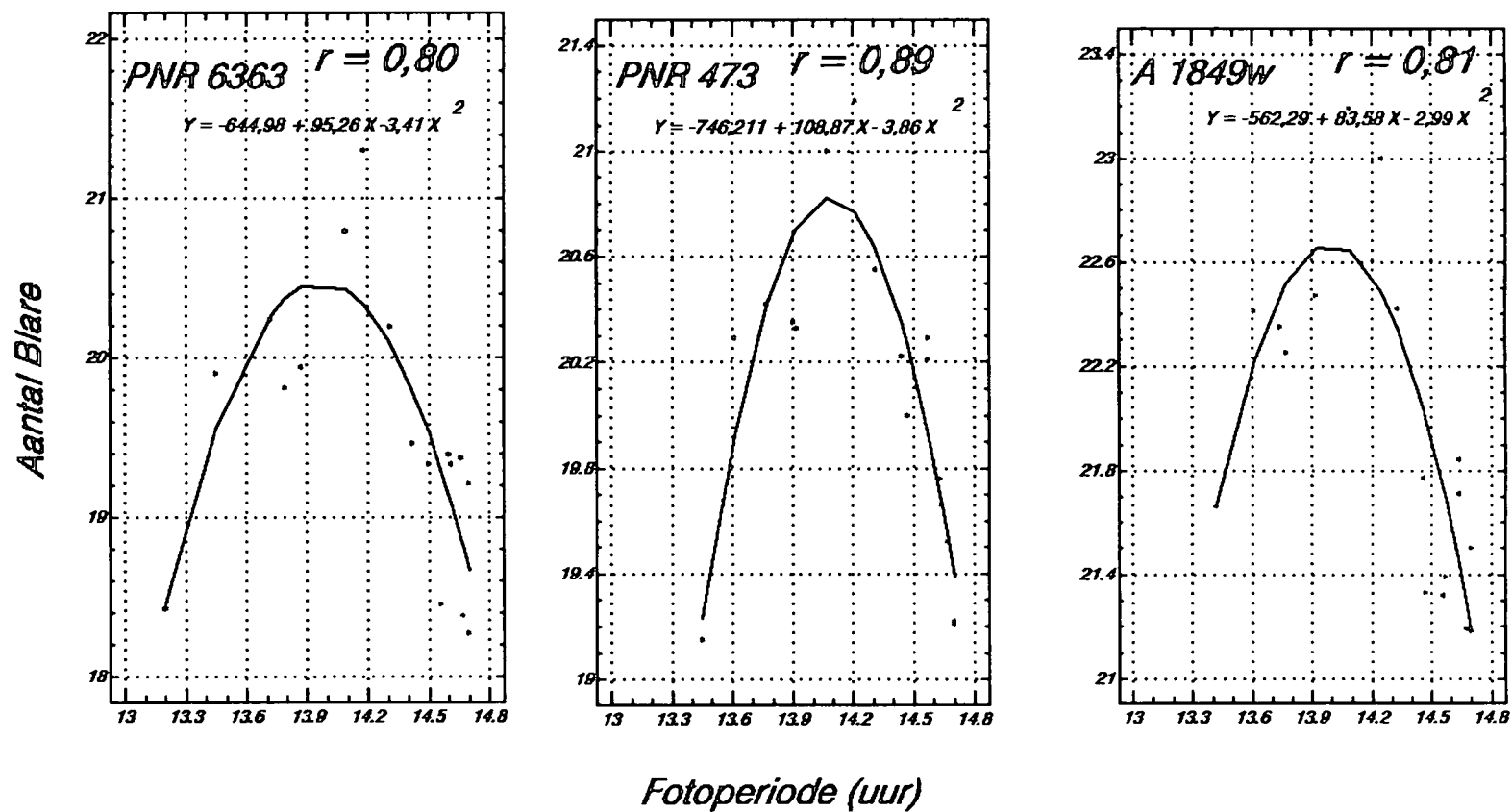
RESULTATE EN BESPREKING

Veldproef

Die opkoms van die saailinge vir die eerste twee plantdatums (7de en 14de September) was onderskeidelik 15 en 10 dae. Met die opeenvolgende plantdatums het die tydperk verminder tot dit gestabiliseer het na die 23ste November op sewe dae (Tabel 1 van Aanhangsel B).

Resultate (Figuur 1) toon dat met 'n toename in fotoperiode (begin pluiminisiasie) die aantal blare geïnisieër toeneem, tot 'n drumpelwaarde oorskry word, waarna 'n afname voorkom. Alhoewel die toenemende tendens gedokumenteer is deur Kiniry, Ritchie & Musser (1983) sowel as Warrington & Kanemasu (1983) is die voorkoms van die drumpelwaarde nie geïdentifiseer nie. Kiniry et al. (1983) asook Warrington & Kanemasu (1983) se navorsing is onder kunsmatige lae intensiteit beligting gedoen, wat die verskil verklaar.

Die plantdatums wat in Januarie 1991 aangeplant is, was die



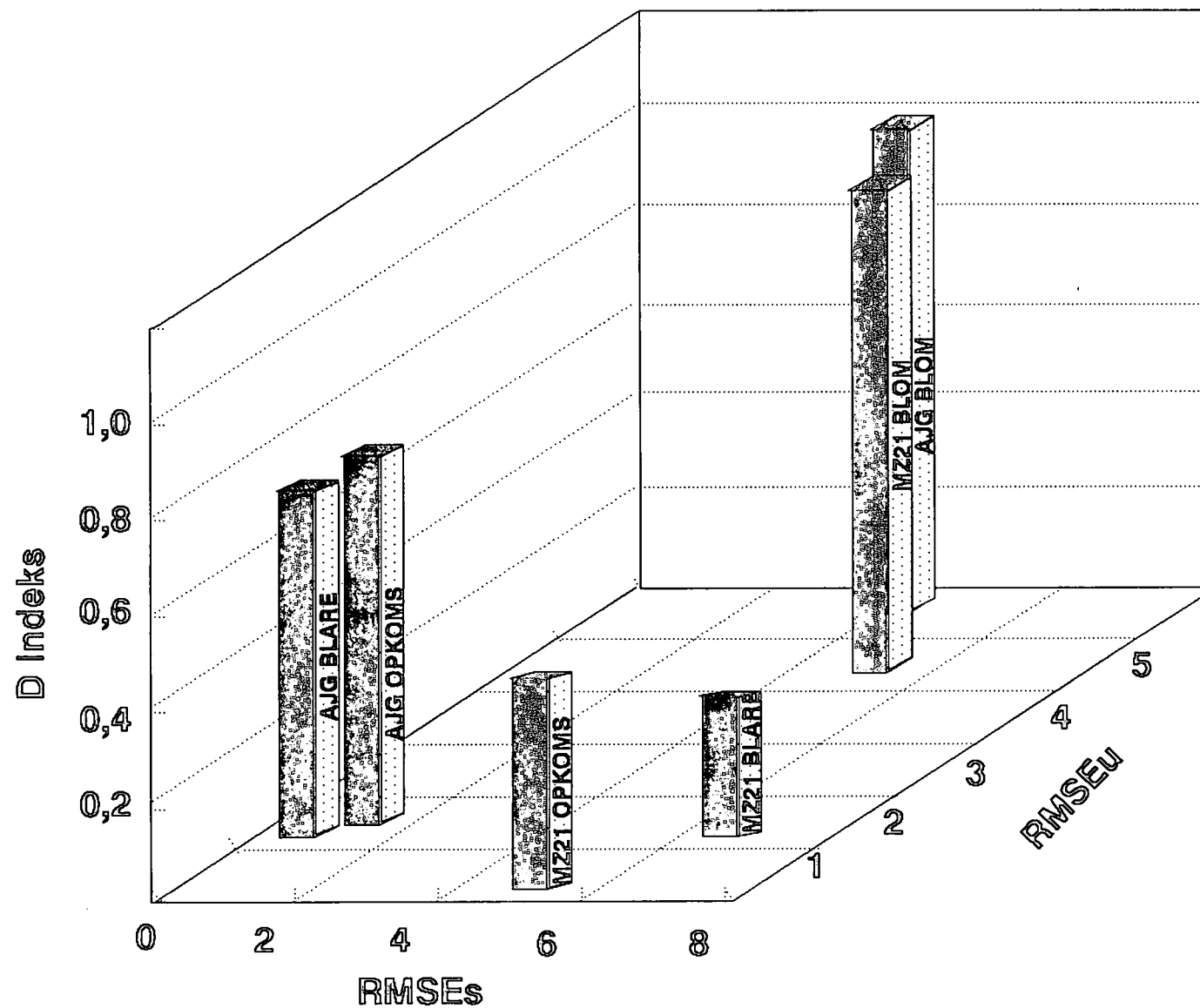
Figuur 1 Die korrelasie tussen die fotoperiode en die aantal blare geïnisieer in die tydperk tussen Jeugstadium en begin pluiminisiasie, vir die Cultivars PNR6363, PNR473 en A1849w.

meeste beïnvloed deur die ryp wat op dag 100 voorgekom het, waardeur die mielieplante gedood is (Tabel 1 van Aanhangsel B).

Simulasieprogram

Mz21 kan nie vertraagde ontkieming simuleer nie, wat ondersteun word deur Carberry, Muchow & McCown (1989). Carberry et al. (1989) het die probleem hanteer deur die plantdatum so te manipuleer dat die voorspelde en waargenome opkoms ooreenstem. In AJG is die hipotese ten opsigte van ontkieming uitgebrei sodat die mieliepit eers sal ontkiem nadat 40 hitte-eenhede geakkumuleer is, indien aan die grondwaterinhoud en temperatuur-ontkiemingsvereistes voldoen is. Uit Figuur 2 blyk dit dat AJG 'n beter voorspellingswaarde as Mz21 lewer by opkoms. In Figuur 3 word aangetoon dat die veranderinge (Tabel 1) die potensiele akkuraatheid van opkomssimulasie verhoog het. Figuur 2 toon RMSEs dat AJG 'n laer sistemiese fout het as Mz21. Die verwantskap tussen die voorspelde en waargenome waardes in Figuur 2, soos aangedui deur die D-indeks, toon dat AJG 'n hoër mate van ooreenkoms gee.

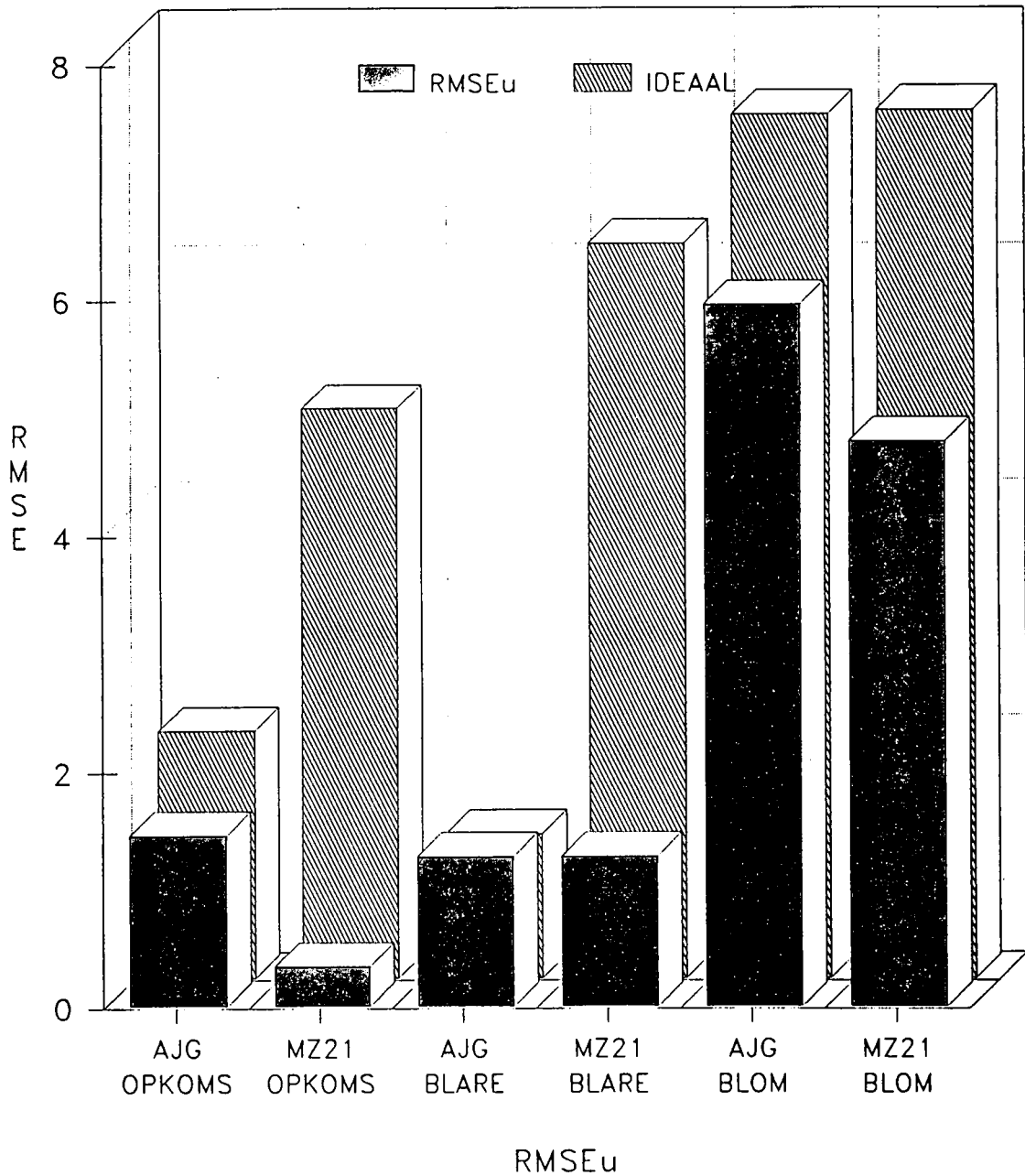
In CERES-Maize word die verskil in blaaraantal van een plantdatum na 'n ander toegeskryf aan die sensitiwiteit van 'n betrokke cultivar ten opsigte van fotoperiode. Die hipotese is saamgestel onder lae ligintensiteite. Om aan te pas vir die effek soos gemeet onder plaaslike veldtoestande is die hipotese geherkalibreer volgens Figuur 2, soos aangetoon in Tabel 1. Figuur 2 toon dat RMSEs afgeneem het van ses by Mz21 na minder as



Figuur 2 Willmott (1982) se statistiese evaluering vir drie model-groeistadium kombinasies, grafies voorgestel. Ajg word as 'n beter model geklassifiseer as Mz21, omdat Ajg, 'n hoër D-Indeks het, 'n laer RMSEs waarde en RMSEu nader aan RMSE is.

een (blaar) fout by AJG. In Figuur 3 is die aanduiding dat AJG 'n beter potensiële akkuraatheid het as Mz21. Die indeks van ooreenkoms (D) in Figuur 2 lewer 'n hoër waarde by AJG in vergelyking met Mz21. 'n Programmeringsfout kom voor in Mz21, soos geïdentifiseer deur Mallett (1990) en dit lei tot 'n oorvoorspelling van blaaraantal. Die kumulatiewe hitte-eenhede is foutiewelik bereken van plant tot begin pluiminisiasie en dit is reggestel in AJG om te begin by opkoms, vir die berekening van TLNO.

Blomdatum word bepaal deur die tempo waarmee blaarverskyning plaasvind. Mz21 onderskat die waargenome tempo en gevolglik word die blomdatum te vroeg gesimuleer. In AJG word die gemete waardes gebruik om die tempo te bepaal, soos geneem van PNR 473 (Tabel 1). Die waardes toon dieselfde tendens as soortgelyke werk wat Carberry et al (1989) in Australië gedoen het. Volgens die D-indeks, (Figuur 2), presteer die modelle ewe goed, maar uit Figure 2 en 3 blyk dit dat RMSEs verlaag is en die potensiële akkuraatheid verhoog is. Indien die programmeringsfout in Mz21 (Mallett, 1990) herstel word, versleg RMSEs van sewe na 22. Die ongeveer sewe dae wat die modelle die blomdatum ondervoorspel kan moontlik verklaar word aan interpretasieverskille. Volgens CERES-Maize vind blom plaas na die laaste blaar verskyn het, terwyl in die praktyk blomdatum aangeteken word op die dag waar 50% van die plante begin stuifmeel stort. Weens die feit dat daar beperkte inligting is oor die tydperk, is AJG nie aangepas nie.



Figuur 3 Die potensiele akkuraatheid van MZ21 en AJG uitgedruk as die verskil tussen RMSE en RMSEu, vir verskillende groeistadiums. hoe nader die twee waardes aan mekaar beweeg hoe hoër is die potensiele akkuraatheid.

Dit is nie moontlik om fisiologies volwassenheid te evalueer nie, weens die feit dat CERES-Maize nie oor die vermoë beskik om vir meerkoppigheid en spruitvorming te simuleer nie. Fisiologiese volwassenheid kom verskillend voor op die eerste kop, tweede kop en spruit terwyl CERES-Maize net een kop simuleer.

GEVOLGTREKKING

Die feit dat CERES-Maize verskeie faktore in berekening bring by die voorspelling van die blomdatum maak dit 'n meer betroubare metode as wat Buys (1987) voorstel. Die AJG weergawe van CERES-Maize is statisties 'n beter fenologiese voorspeller as Mz21 (Figure 2 en 3). Die ontwikkelingswerk is net op PNR 473 gedoen en is geverifieer teen die ander twee cultivars waaruit bepaal is dat die kalibrasie nie geneties of cultivarspesifiek is nie.

Die belangrikste toepassing wat uitvloei uit die studie, is die inbouing (Tabel 1) van fotoperiodiese drumpelwaarde (Figuur 1) by blaarinisiasie in CERES-Maize, wat dan die gebruik van verskillende genetiese parameters by verskillende plantdatums uitskakel; dus een stel genetiese parameters per cultivar vir alle plantdatums.

Die tempo van blaarverskyning (Tabel 1) benodig minder hitte-eenhede onder Noord-Amerikaanse toestande (Jones & Kiniry, 1986) as in die Wes-Transvaal of onder Australiese (Carberry et al., 1989) toestande. Dit kan moontlik daaraan toegeskryf word dat die hoër maksimum temperature blaarverskyning moontlik kan vertraag.

Grondtemperatuur speel 'n groter rol by blaarverskyning in die vroeë stadium van die mielieplant se lewenssiklus as die lugtemperatuur (Jones & Kiniry, 1986). Die simulاسie van die groeistadia van plant tot pluiminisiasie sal beter resultate lewer indien die grondtemperatuur gebruik word, in plaas van die lugtemperatuur.

CERES-Maize sal verder gekalibreer moet word ten opsigte van plantontwikkeling, voordat die model deur die produsent as bestuurshulpmiddel gebruik kan word. Een van die groot probleme is die algemene tekort aan genetiese parameters wat onder gekontroleerde toestande bepaal is vir die kommersiële mieliecultivars tans beskikbaar.

LITERATUURVERWYSINGS

- BUYS, A. J., 1987. Plantvoeding In: Bemestingshandleiding. MVSA. 2de uitgawe. Pretoria.
- CARBERRY, P.S., MUCHOW, R.C. & McCOWN, R.L., 1989. Testing the Ceres maize simulation model in a semi-arid tropical environment. Field Crop Research, 20: 297-315.
- COETZEE, J.J. & KOEN, I.F., 1985. Nasionale Cultivarproewe met Kommersiële mieliecultivars. Departement van Landbou en Watervoorsiening.
- DE VOS, R.N. & MALLETT, J.B., 1987. Preliminary evaluation of two maize (Zea mays L.) growth-simulation models. S. Afr. J. Plant Soil., 4(3): 131-135.
- IBSNAT, 1990. Field & Laboratory methods for the collection of the IBSNAT Minimum data set for the decision support system for agrotechnology transfer (DSSAT V.2.1), IBSNAT Technical Report 2.
- JONES, C.A. & KINIRY, J.R., 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas A & M University press, College Station.
- KINIRY, J.R., RITCHIE, J.T. & MUSSER, R.L., 1983. Dynamic Nature of the photoperiod response in maize. Agron. J. 75(4): 700-

703.

MALLETT, J.B., 1990. Modelling in South-Africa. Modelling workshop. Pretoria. 17 - 20 September 1990.

WARRINGTON, I.J. & KANEMASU, E.T., 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod.III. Leaf number. Agron. J., 75 (5):762-766.

WILLMOTT, C.J., 1982. Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin American Meteorological Society, 63 (11):1309-1313.

AANHANGSEL A

Omskrywing van die veranderlikes in CERES-Maize

P2	Fotoperiodiese koëffisiënt
P3	Die periode van pluiminisiasie tot blom
DTT	Daaglikse hitte-eenhede
HRLT	Fotoperiode in uur
RATEIN	Tempo van blaarinisiasie
TLNO	Totale aantal blare
SUMDTT	Geakkumuleerde hitte-eenhede per stadium
TI	Tempo van blaarverskyning

AANHANGSEL B. Die verwerkte data van die proef, wat te Potchefstroom aangeplant is met een-en-twintig plantdatums en drie cultivars. Die seisoen was die 1990/91 seisoen.

Tabel 1 Die dag van die jaar wat die onderskeie cultivars, groeistadiums bereik.

PLANT	CULTIVAR	PLANT*	OPKOMS*	PI*	BLOM*	VOLWASSE*
07/09/90	PNR 473	250	266	285	338 ✓	37
	A1849 W	250	263	284	343	46
	PNR 6363	250	262	276	336	36
14/09/90	PNR 473	257	269	291	344	40
	A1849 W	257	267	289	345 ✓	49
	PNR 6363	257	267	285	341	49
24/09/90	PNR 473	267	277	297	349	49
	A1849 W	267	277	296	348	49
	PNR 6363	267	276	295	347	39
28/09/90	PNR 473	271	281	302	351	41
	A1849 W	271	280	299	351	42
	PNR 6363	271	278	298	348	35
05/10/90	PNR 473	278	286	303	354	64 x
	A1849 W	278	286	304	356	60
	PNR 6363	278	285	301	353	47
12/10/90	PNR 473	285	292	309	362	55
	A1849 W	285	292	310	362 ✓	69
	PNR 6363	285	292	308	359	61
19/10/90	PNR 473	292	301	315	2	63
	A1849 W	292	300	317	1	74
	PNR 6363	292	299	314	365	59
26/10/90	PNR 473	299	305	320	6	65
	A1849 W	299	306	321	6	70
	PNR 6363	299	307	330	5	65
02/11/90	PNR 473	306	315	327	17	70
	A1849 W	306	314	328	16	65
	PNR 6363	306	312	326	12	63
09/11/90	PNR 473	313	314	336	24	76
	A1849 W	313	319	336	22	72
	PNR 6363	313	318	335	23	74
16/11/90	PNR 473	320	328	341	26	89
	A1849 W	320	327	342	27 ✓	104
	PNR 6363	320	326	340	25	76
23/11/90	PNR 473	327	334	347	30 32	91
	A1849 W	327	333	348	30	104
	PNR 6363	327	335	347	29	79

PLANT is die dag van die jaar waarop die mielies geplant is.

OPKOMS strek van die dag van plant tot en met opkoms.

PI strek van die dag van opkoms tot en met begin pluiminisiasie.

BLOM strek van begin pluiminisiasie tot en met 50% blom.

VOLWASSE strek van 50% blom tot en met fisiologiesvolwasse

Tabel 1. Vervolg

PLANT	CULTIVAR	PLANT	OPKOMS	PI	BLOM	VOLWASSE
29/11/90	PNR 473	333	340	354	38	95
	A1849 W	333	339	356	38	104
	PNR 6363	333	338	353	37	80
07/12/90	PNR 473	341	348	361	45	RYP
	A1849 W	341	347	362	46	RYP
	PNR 6363	341	346	360	44	RYP
14/12/90	PNR 473	348	356	4	53	RYP
	A1849 W	348	355	3	53	RYP
	PNR 6363	348	354	2	47	RYP
21/12/90	PNR 473	355	362	11	58	RYP
	A1849 W	355	361	12	57	RYP
	PNR 6363	355	360	9	55	RYP
28/12/90	PNR 473	362	4	18	64	RYP
	A1849 W	362	3	18	64	RYP
	PNR 6363	362	3	16	62	RYP
				1	RYP	
	A1849 W	4	7	26	72	RYP
	PNR 6363	4	9	23	70	RYP
11/01/91	PNR 473	11	17	31	84	RYP
	A1849 W	11	16	33	RYP	
	A1849 W	4	7	26	72	RYP
	PNR 6363	4	9	23	70	RYP
11/01/91	PNR 473	11	17	31	84	RYP
	A1849 W	11	16	33	79	RYP
	PNR 6363	11	16	30	78	RYP
18/01/91	PNR 473	18	23	37	88	RYP
	A1849 W	18	22	38	87	RYP
	PNR 6363	18	22	37	86	RYP
25/01/91	PNR 473	25	32	45	66	RYP
	A1849 W	25	30	47	65	RYP
	PNR 6363	25	29	44	64	RYP

* RYP OP DAG 99 VAN 1991

Tabel 2 Blaardata van die drie cultivars soos geneem by blom.

PLANT	CULTIVAR	AANTAL		BLARE		BLAAROPPERVLAKTE(cm ²)		B	O	I
		PLANT	SPRUIT	PLANT	SPRUIT	PLANT	SPRUIT			
07/09/90	PNR 473	19,15	13,53	6692,00	3482,20	0,85				0,37
	A1849 W	21,66	14,66	8929,50	3606,00	1,78				0,28
	PNR 6363	18,42	11,20	7644,00	2795,23	1,53				0,14
14/09/90	PNR 473	20,29	13,74	6733,00	4043,25	1,34				0,64
	A1849 W	22,41	14,25	8345,90	3699,00	1,67				0,28
	PNR 6363	19,90	12,43	8143,00	2802,00	1,62				0,15
24/09/90	PNR 473	20,42	13,30	6736,00	4409,00	0,98				0,29
	A1849 W	22,25	16,33	8388,00	5590,00	1,68				0,20
	PNR 6363	20,24	13,83	8201,00	3017,50	1,64				0,11
28/09/90	PNR 473	20,35	11,54	5708,00	3124,30	0,80				0,23
	A1849 W	22,35	14,83	9305,00	6005,96	1,90				0,25
	PNR 6363	19,81	13,90	8201,00	3017,50	1,64				0,17
05/10/90	PNR 473	20,33	14,77	6741,60	3946,10	1,35				0,28
	A1849 W	22,47	16,60	7568,50	5999,32	1,50				0,37
	PNR 6363	19,94	15,00	6901,10	5053,64	1,40				0,22
12/10/90	PNR 473	20,00	11,17	6046,00	3080,00	1,21				0,14
	A1849 W	22,19	11,40	8508,00	3270,00	1,70				0,11
	PNR 6363	20,79	10,65	7675,00	4672,86	1,53				0,47
19/10/90	PNR 473	21,19	13,63	7139,00	4105,80	1,43				0,82
	A1849 W	23,00	9,00	7220,00	2675,00	1,44				0,03
	PNR 6363	21,30	11,38	7698,00	2639,00	1,54				0,30
26/10/90	PNR 473	20,55	14,13	7081,80	3636,98	1,41				0,35
	A1849 W	22,42	15,50	7772,20	4755,55	1,55				0,24
	PNR 6363	20,19	13,22	7388,90	3118,81	1,48				0,17
02/11/90	PNR 473	20,22	12,71	6821,60	3377,74	1,09				0,28
	A1849 W	22,77	10,56	6881,60	3269,44	1,38				0,20
	PNR 6363	19,46	8,11	7575,50	1919,30	1,52				0,12
09/11/90	PNR 473	20,21	14,15	7425,80	3287,87	1,44				0,44
	A1849 W	21,39	12,77	7462,40	3863,80	1,50				0,29
	PNR 6363	18,45	12,14	7482,80	2878,50	1,50				0,28
16/11/90	PNR 473	19,76	15,40	7634,15	5066,15	1,12				1,04
	A1849 W	21,71	14,91	8784,47	3363,54	1,64				0,41
	PNR 6363	19,33	11,16	7237,26	2648,22	1,21				0,16
23/11/90	PNR 473	19,52	14,63	7147,96	5315,29	1,24				1,06
	A1849 W	21,19	16,40	8658,40	3599,00	1,73				0,12
	PNR 6363	18,38	13,30	8682,70	3201,94	1,74				0,11

Tabel 2 Vervolg

PLANT	CULTIVAR	AANTAL		BLARE		BLAAROPPERVLAKTE (cm ²)		B	O	I
		PLANT	PLANT	SPRUIT	SPRUIT	PLANT	SPRUIT			
29/11/90	PNR 473	19,21		15,00		9334,60	5315,29	1,74		0,11
	A1849 W	21,50		18,50		10495,00	40598,84	2,10		0,05
	PNR 6363	18,27		11,10		8426,79	2648,22	1,69		0,01
07/12/90	PNR 473	19,22		15,50		6055,34	5315,29	1,13		0,04
	A1849 W	21,18		15,00		8295,74	3291,72	1,70		0,28
	PNR 6363	19,21		9,00		8224,40	2166,73	1,64		0,04
14/12/90	PNR 473	20,66		14,00		7259,90	4800,91	1,31		0,28
	A1849 W	21,84		15,14		9204,80	5343,33	1,84		0,03
	PNR 6363	19,37		13,25		7461,57	5593,13	1,49		0,91
21/12/90	PNR 473	20,29		13,00		6750,24	4464,00	1,17		0,06
	A1849 W	22,32		0,00		9771,42	0,00	1,55		0,00
	PNR 6363	20,39		13,00		9576,51	5593,13	1,92		0,50
28/12/90	PNR 473	21,00		13,00		8763,68	4464,00	0,88		0,04
	A1849 W	21,33		13,00		8726,12	5352,32	1,69		0,24
	PNR 6363	19,33		13,00		8649,78	5593,13	1,61		0,13
04/01/91	PNR 473	19,41		14,75		7419,30	4852,31	1,41		0,23
	A1849 W	21,20		15,00		7299,20	3383,85	1,46		0,03
	PNR 6363	20,31		15,00		9220,60	3559,35	1,86		0,03
11/01/91	PNR 473	18,68		0,00		6472,85	0,00	0,90		0,00
	A1849 W	20,75		0,00		7595,97	0,00	1,52		0,00
	PNR 6363	18,86		16,00		8048,09	3796,64	1,40		0,26
18/01/91	PNR 473	17,04		13,00		5806,09	4276,61	1,08		0,10
	A1849 W	18,67		14,00		6360,64	3158,26	1,27		0,14
	PNR 6363	17,60		14,00		6632,14	3322,06	1,33		0,09
25/01/91	PNR 473	18,81		0,00		6029,34	0,00	0,64		0,00
	A1849 W	19,80		14,00		6635,74	3158,26	1,11		0,12
	PNR 6363	18,64		0,00		6394,45	0,00	1,19		0,00

Tabel 3 Opbrengste in Kg/hektaar volgens indeling per kop en totale opbrengs.

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP	TOTAAL OPBRENGS
07/09/90	PNR 473	2909,57	1235,78	0,00	1002,56	5147,91
	A1849 W	4140,00	2014,98	0,00	921,03	7076,01
	PNR 6363	4240,00	1001,95	0,00	194,29	5436,24
14/09/90	PNR 473	2573,88	1097,90	0,00	1488,48	5166,99
	A1849 W	4046,40	676,65	0,00	570,35	5293,40
	PNR 6363	3930,80	1449,67	0,00	608,61	5989,07
24/09/90	PNR 473	3840,08	1238,59	0,00	621,57	5700,25
	A1849 W	3798,20	1522,43	0,00	1823,39	7144,02
	PNR 6363	3831,20	1199,87	0,00	357,87	5388,94
28/09/90	PNR 473	3108,00	1273,51	0,00	997,35	5378,86
	A1849 W	3760,00	2295,00	0,00	627,98	6682,98
	PNR 6363	4149,20	1656,93	0,00	543,18	6349,31
05/10/90	PNR 473	4680,00	1543,04	0,00	948,67	7171,71
	A1849 W	3493,80	2629,09	0,00	337,13	6460,02
	PNR 6363	4328,80	1078,51	0,00	1310,18	6717,48
12/10/90	PNR 473	4393,40	2240,84	0,00	47,84	6682,09
	A1849 W	4019,20	2869,00	0,00	188,63	7076,83
	PNR 6363	4314,20	1405,80	0,00	527,80	6247,80
19/10/90	PNR 473	4526,20	2792,72	0,00	2382,30	9701,22
	A1849 W	4094,40	2612,54	18,45	0,61	6707,56
	PNR 6363	4210,20	1930,93	0,00	768,02	6909,15
26/10/90	PNR 473	3922,40	2184,84	21,67	732,31	6839,55
	A1849 W	2705,60	1258,00	46,45	400,25	4363,85
	PNR 6363	3931,20	1282,04	180,11	0,00	5213,24
02/11/90	PNR 473	3120,16	1278,20	298,80	861,19	5259,55
	A1849 W	3160,00	2644,45	0,00	246,00	6050,45
	PNR 6363	3489,20	1332,24	0,00	119,86	4941,30
09/11/90	PNR 473	3786,49	2188,16	0,00	1305,52	7280,18
	A1849 W	3730,80	2116,08	0,00	369,44	6216,32
	PNR 6363	4000,20	1682,10	171,77	805,40	6487,70
16/11/90	PNR 473	3001,01	1491,05	27,10	2231,50	6723,55
	A1849 W	3558,98	2434,74	0,00	762,77	6756,50
	PNR 6363	3665,98	802,53	0,00	364,41	4832,92
23/11/90	PNR 473	3703,94	1492,86	0,00	1961,27	7158,06
	A1849 W	3894,20	2452,42	0,00	574,21	6920,83
	PNR 6363	3858,60	2160,40	43,04	506,84	6525,84

Tabel 3 Vervolg

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP	TOTALE OPBRENGS
29/11/90	PNR 473	3605,17	2542,34	0,00	0,00	6147,51
	A1849 W	3734,60	2853,24	18,56	39,70	6627,54
	PNR 6363	3930,80	1801,01	54,11	0,19	5732,01
07/12/90	PNR 473	3162,92	1386,49	42,62	4,30	4553,71
	A1849 W	3439,00	2692,80	32,71	0,00	6131,80
	PNR 6363	3370,00	1610,20	0,00	0,00	4980,20
14/12/90	PNR 473	2076,48	39,50	6,62	92,19	2208,16
	A1849 W	3259,60	693,81	0,00	0,00	3953,41
	PNR 6363	3703,60	869,20	0,00	210,42	4783,22
21/12/90	PNR 473	2195,71	395,85	0,00	1,93	2593,48
	A1849 W	1998,40	628,00	0,00	0,00	2626,40
	PNR 6363	2766,60	1070,50	25,46	47,99	3885,09
28/12/90	PNR 473	1160,80	403,13	148,67	12,21	1576,13
	A1849 W	1276,33	522,59	0,00	73,76	1872,67
	PNR 6363	1647,47	419,18	0,00	8,91	2075,56
04/01/91	PNR 473	1410,64	556,90	0,00	0,00	1967,54
	A1849 W	2315,40	417,28	0,00	0,00	2732,68
	PNR 6363	1917,40	785,33	0,00	0,00	2702,73
11/01/91	PNR 473	1011,08	19,56	0,00	0,00	1030,64
	A1849 W	1659,20	480,23	0,00	0,00	2139,43
	PNR 6363	1530,70	331,66	0,00	0,00	1862,37
18/01/91	PNR 473	987,92	80,07	0,00	0,00	1067,99
	A1849 W	1187,00	11,72	0,03	0,00	1198,72
	PNR 6363	1612,40	20,22	0,03	0,00	1632,62
25/01/91	PNR 473	115,40	0,00	0,00	0,00	115,40
	A1849 W	327,55	0,00	0,00	0,00	327,55
	PNR 6363	665,55	0,00	0,00	0,00	665,55

Tabel 4 Gemiddelde enkel pitmassa in g volgens kopindeling

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP
07/09/90	PNR 473	0,38	0,36	0,00	0,38
	A1849 W	0,40	0,31	0,00	0,43
	PNR 6363	0,42	0,33	0,00	0,21
14/09/90	PNR 473	0,36	0,34	0,00	0,35
	A1849 W	0,41	0,31	0,00	0,35
	PNR 6363	0,39	0,42	0,00	0,33
24/09/90	PNR 473	0,41	0,34	0,00	0,33
	A1849 W	0,38	0,32	0,00	0,34
	PNR 6363	0,39	0,34	0,00	0,37
28/09/90	PNR 473	0,40	0,34	0,00	0,38
	A1849 W	0,38	0,40	0,00	0,39
	PNR 6363	0,41	0,35	0,00	0,36
05/10/90	PNR 473	0,48	0,40	0,00	0,38
	A1849 W	0,37	0,37	0,00	0,30
	PNR 6363	0,41	0,40	0,00	0,40
12/10/90	PNR 473	0,45	0,38	0,00	0,33
	A1849 W	0,42	0,36	0,00	0,37
	PNR 6363	0,42	0,36	0,00	0,36
19/10/90	PNR 473	0,48	0,47	0,44	0,46
	A1849 W	0,47	0,49	0,35	0,28
	PNR 6363	0,44	0,42	0,00	0,41
26/10/90	PNR 473	0,45	0,40	0,28	0,42
	A1849 W	0,48	0,37	0,39	0,37
	PNR 6363	0,47	0,44	0,58	0,00
02/11/90	PNR 473	0,43	0,39	0,90	0,34
	A1849 W	0,38	0,38	0,00	0,35
	PNR 6363	0,44	0,36	0,00	0,42
09/11/90	PNR 473	0,39	0,32	0,00	0,29
	A1849 W	0,39	0,36	0,00	0,42
	PNR 6363	0,42	0,40	0,31	0,30
16/11/90	PNR 473	0,39	0,38	0,24	0,32
	A1849 W	0,41	0,37	0,00	0,36
	PNR 6363	0,42	0,27	0,00	0,27
23/11/90	PNR 473	0,41	0,33	0,00	0,31
	A1849 W	0,42	0,32	0,00	0,36
	PNR 6363	0,36	0,31	0,36	0,27

Tabel 4 Vervolg

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP
29/11/90	PNR 473	0,36	0,32	0,00	0,00
	A1849 W	0,38	0,36	0,70	0,55
	PNR 6363	0,31	0,25	0,27	0,27
07/12/90	PNR 473	0,36	0,30	0,28	0,28
	A1849 W	0,28	0,38	0,26	0,00
	PNR 6363	0,31	0,31	0,00	0,00
14/12/90	PNR 473	0,41	0,32	0,34	0,47
	A1849 W	0,37	0,32	0,00	0,00
	PNR 6363	0,34	0,32	0,00	0,26
21/12/90	PNR 473	0,36	0,26	0,00	0,25
	A1849 W	0,40	0,40	0,00	0,00
	PNR 6363	0,39	0,32	0,29	0,40
28/12/90	PNR 473	0,32	0,38	0,28	0,25
	A1849 W	0,37	0,38	0,00	0,37
	PNR 6363	0,31	0,21	0,00	0,19
04/01/91	PNR 473	0,25	0,17	0,00	0,00
	A1849 W	0,24	0,26	0,00	0,00
	PNR 6363	0,22	0,18	0,00	0,00
11/01/91	PNR 473	0,23	0,50	0,00	0,00
	A1849 W	0,17	0,26	0,00	0,00
	PNR 6363	0,29	0,54	0,00	0,00
18/01/91	PNR 473	0,22	0,20	0,00	0,00
	A1849 W	0,57	0,50	0,04	0,00
	PNR 6363	0,22	0,23	0,04	0,00
25/01/91	PNR 473	0,40	0,00	0,00	0,00
	A1849 W	0,22	0,00	0,00	0,00
	PNR 6363	0,52	0,00	0,00	0,00

Tabel 5 Gemiddelde aantal pitte per kop, van elke cultivar en elke plantdatum

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP
07/09/90	PNR 473	602,89	482,67	0,00	405,24
	A1849 W	517,50	377,90	0,00	241,21
	PNR 6363	504,76	271,09	0,00	269,57
14/09/90	PNR 473	487,50	440,35	0,00	335,20
	A1849 W	493,46	389,77	0,00	252,26
	PNR 6363	503,95	367,19	0,00	456,27
24/09/90	PNR 473	467,22	386,65	0,00	237,27
	A1849 W	499,76	365,97	0,00	273,62
	PNR 6363	491,18	452,44	0,00	480,24
28/09/90	PNR 473	555,00	382,21	0,00	409,68
	A1849 W	494,74	382,50	0,00	255,59
	PNR 6363	506,00	455,20	0,00	346,86
05/10/90	PNR 473	487,50	363,93	0,00	272,84
	A1849 W	472,14	437,54	0,00	205,50
	PNR 6363	527,90	345,68	0,00	436,73
12/10/90	PNR 473	488,16	331,29	0,00	99,85
	A1849 W	478,48	447,72	0,00	191,95
	PNR 6363	513,60	355,00	0,00	366,53
19/10/90	PNR 473	471,48	366,79	73,64	290,24
	A1849 W	435,57	277,69	65,89	182,79
	PNR 6363	478,43	425,69	0,00	340,59
26/10/90	PNR 473	435,82	321,30	55,29	394,83
	A1849 W	281,83	200,00	42,54	216,35
	PNR 6363	418,21	255,59	141,16	0,00
02/11/90	PNR 473	453,51	266,03	115,28	325,74
	A1849 W	415,79	378,21	0,00	234,29
	PNR 6363	396,50	264,33	0,00	154,43
09/11/90	PNR 473	500,46	383,13	0,00	361,62
	A1849 W	478,31	413,94	0,00	169,81
	PNR 6363	476,21	420,53	307,84	406,77
16/11/90	PNR 473	523,46	333,66	256,00	416,13
	A1849 W	464,20	378,38	0,00	211,94
	PNR 6363	522,67	395,52	0,00	340,15
23/11/90	PNR 473	519,20	342,09	0,00	359,29
	A1849 W	463,60	399,16	0,00	461,53
	PNR 6363	535,92	395,97	149,44	313,70

Tabel 5 Vervolg

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP
29/11/90	PNR 473	535,53	511,88	0,00	0,00
	A1849 W	491,39	426,11	33,14	60,15
	PNR 6363	634,00	486,76	250,52	59,93
07/12/90	PNR 473	469,83	386,17	203,50	24,71
	A1849 W	614,11	369,08	157,27	0,00
	PNR 6363	543,55	259,71	0,00	0,00
14/12/90	PNR 473	281,37	14,91	27,06	61,91
	A1849 W	440,49	240,91	0,00	0,00
	PNR 6363	544,65	256,25	0,00	138,77
21/12/90	PNR 473	350,53	175,00	0,00	11,20
	A1849 W	249,80	196,25	0,00	0,00
	PNR 6363	354,69	334,53	109,72	199,98
28/12/90	PNR 473	362,75	141,45	160,89	61,04
	A1849 W	177,81	154,11	0,00	38,51
	PNR 6363	284,19	133,43	0,00	20,89
04/01/91	PNR 473	366,40	312,82	0,00	0,00
	A1849 W	482,38	200,62	0,00	0,00
	PNR 6363	435,77	298,83	0,00	0,00
11/01/91	PNR 473	314,00	45,06	0,00	0,00
	A1849 W	488,00	219,88	0,00	0,00
	PNR 6363	305,10	75,54	0,00	0,00
18/01/91	PNR 473	240,14	107,05	0,00	0,00
	A1849 W	104,12	45,06	0,00	0,00
	PNR 6363	366,45	169,09	0,00	0,00
25/01/91	PNR 473	35,95	0,00	0,00	0,00
	A1849 W	127,36	0,00	0,00	0,00
	PNR 6363	81,48	0,00	0,00	0,00

Tabel 6 Die opbrengs in gram per kop en die plantpopulasie in plante per vierkante meter.

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP	PLANT POPULASIE
07/09/90	PNR 473	229,10	173,76	0,00	153,99	1,27
	A1849 W	207,00	117,15	0,00	103,72	2,00
	PNR 6363	212,00	89,46	0,00	56,61	2,00
14/09/90	PNR 473	175,50	149,72	0,00	117,32	1,47
	A1849 W	202,32	120,83	0,00	88,29	2,00
	PNR 6363	196,54	154,22	0,00	150,57	2,00
24/09/90	PNR 473	191,56	131,46	0,00	78,30	2,00
	A1849 W	189,91	117,11	0,00	93,03	2,00
	PNR 6363	191,56	153,83	0,00	177,69	2,00
28/09/90	PNR 473	222,00	129,95	0,00	155,68	1,40
	A1849 W	188,00	153,00	0,00	99,68	2,00
	PNR 6363	207,46	159,32	0,00	124,87	2,00
05/10/90	PNR 473	234,00	145,57	90,30	103,68	2,00
	A1849 W	174,69	161,89	5,65	61,65	2,00
	PNR 6363	216,44	138,27	0,00	174,69	2,00
12/10/90	PNR 473	219,67	125,89	0,00	32,95	2,00
	A1849 W	200,96	161,18	0,00	71,02	2,00
	PNR 6363	215,71	127,80	0,00	131,95	2,00
19/10/90	PNR 473	226,31	172,39	32,40	132,35	2,00
	A1849 W	204,72	136,07	23,06	51,18	2,00
	PNR 6363	210,51	179,79	0,00	139,64	2,00
26/10/90	PNR 473	196,12	128,52	15,48	165,83	2,00
	A1894 W	135,28	74,00	16,59	80,05	2,00
	PNR 6363	196,56	112,46	81,87	0,00	2,00
02/11/90	PNR 473	195,01	103,75	103,75	110,75	1,60
	A1894 W	158,00	143,72	0,00	82,00	2,00
	PNR 6363	174,46	95,16	0,00	64,86	2,00
09/11/90	PNR 473	195,18	122,60	0,00	104,87	1,94
	A1894 W	186,54	149,02	0,00	71,32	2,00
	PNR 6363	200,01	168,21	95,43	122,03	2,00
16/11/90	PNR 473	204,15	126,79	61,44	133,16	1,47
	A1894 W	190,32	140,00	0,00	76,30	1,87
	PNR 6363	219,52	106,79	0,00	91,84	1,67
23/11/90	PNR 473	212,87	112,89	0,00	111,38	1,74
	A1849 W	194,71	127,73	0,00	166,15	2,00
	PNR 6363	192,93	122,75	53,80	84,70	2,00

Tabel 6 Vervolg

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP	PLANT POPULASIE
29/11/90	PNR 473	192,79	163,80	0,00	0,00	1,87
	A1849 W	186,73	153,40	23,20	33,08	2,00
	PNR 6363	196,54	121,69	67,64	16,18	2,00
07/12/90	PNR 473	169,14	115,85	56,98	6,92	1,87
	A1849 W	171,95	140,25	40,89	0,00	2,00
	PNR 6363	168,50	80,51	0,00	0,00	2,00
14/12/90	PNR 473	115,36	4,77	9,20	29,10	1,80
	A1849 W	162,98	77,09	0,00	0,00	2,00
	PNR 6363	185,18	82,00	0,00	36,08	2,00
21/12/90	PNR 473	126,19	45,50	0,00	2,80	1,74
	A1849 W	99,92	78,50	0,00	0,00	2,00
	PNR 6363	138,33	107,05	31,82	79,99	2,00
28/12/90	PNR 473	116,08	53,75	45,05	15,26	1,00
	A1849 W	65,79	58,56	0,00	14,25	1,94
	PNR 6363	88,10	28,02	0,00	3,97	1,87
04/01/91	PNR 473	91,60	53,18	0,00	0,00	1,54
	A1849 W	115,77	52,16	0,00	0,00	2,00
	PNR 6363	95,87	53,79	0,00	0,00	2,00
11/01/91	PNR 473	72,22	22,53	0,00	0,00	1,40
	A1849 W	82,96	57,17	0,00	0,00	2,00
	PNR 6363	88,48	40,79	0,00	0,00	1,73
18/01/91	PNR 473	52,83	21,41	0,00	0,00	1,87
	A1849 W	59,35	22,53	0,04	0,00	2,00
	PNR 6363	80,62	38,89	0,04	0,00	2,00
25/01/91	PNR 473	14,38	0,00	0,00	0,00	1,07
	A1849 W	28,02	0,00	0,00	0,00	1,67
	PNR 6363	42,37	0,00	0,00	0,00	1,87

Tabel 7 Die biomassas van die strooi van die hoofplant (HSTAM), die totale biomassa van al die koppe van die hoofplant (HKOP), die spruitstrooi (SPRUIT) en die koppe van die spruit (Skop) in gram per plant. Die totale biomassa van die hoofplant en spruit (TOTAAL) in kilogram per hektaar.

PLANT	CULTIVAR	HSTAM	SKOP	SPRUIT	SKOP	TOTAAL
07/09/90	PNR 473	178,75	473,95	81,98	88,70	10218,50
	A1849 W	184,90	381,35	90,23	115,13	12967,93
	PNR 6363	229,78	354,66	83,47	37,36	12317,11
14/09/90	PNR 473	192,53	382,61	81,58	129,05	14830,82
	A1849 W	215,57	380,18	79,35	75,05	13088,34
	PNR 6363	222,36	412,66	60,03	132,31	13585,12
24/09/90	PNR 473	212,16	380,02	114,05	68,90	9915,34
	A1849 W	221,60	361,20	104,70	93,03	15531,51
	PNR 6363	211,22	406,34	64,62	94,18	12954,65
28/09/90	PNR 473	202,23	414,06	99,40	137,00	10349,02
	A1849 W	255,67	401,18	130,30	149,52	14312,17
	PNR 6363	211,22	431,51	64,62	93,65	13772,50
05/10/90	PNR 473	255,70	552,79	119,50	129,60	17993,18
	A1849 W	214,46	402,62	168,55	54,38	13723,81
	PNR 6363	242,00	417,31	131,73	131,02	15813,59
12/10/90	PNR 473	229,73	406,54	95,59	10,87	13193,86
	A1849 W	257,50	426,05	85,24	58,95	14132,34
	PNR 6363	249,80	404,13	127,30	52,78	14879,39
19/10/90	PNR 473	248,30	507,18	109,70	119,12	19685,83
	A1849 W	231,96	428,06	69,74	0,51	13284,68
	PNR 6363	202,00	458,00	101,80	69,82	15087,82
26/10/90	PNR 473	246,10	400,14	107,14	76,28	14685,67
	A1849 W	227,56	265,73	123,98	80,05	10885,94
	PNR 6363	238,10	459,87	119,36	0,00	14627,83
02/11/90	PNR 473	203,54	473,54	99,48	99,68	12554,00
	A1849 W	187,73	354,96	85,98	41,00	11615,77
	PNR 6363	201,68	317,20	73,45	21,40	10908,78
09/11/90	PNR 473	342,11	373,86	111,10	97,53	16682,50
	A1849 W	320,00	394,78	101,61	49,92	15416,88
	PNR 6363	363,06	545,47	110,18	80,54	20077,81
16/11/90	PNR 473	376,73	461,62	205,50	133,16	17999,06
	A1849 W	380,10	388,61	120,30	61,80	16622,43
	PNR 6363	237,70	383,89	101,37	60,61	11354,47
23/11/90	PNR 473	254,17	383,25	193,20	98,01	16918,26
	A1849 W	230,05	379,34	128,72	179,44	13173,94
	PNR 6363	227,01	434,68	155,63	74,54	14798,98

Tabel 7 Vervolg

PLANT	CULTIVAR	HSTAM	SKOP	SPRUIT	SKOP	TOTAAL
29/11/90	PNR 473	261,98	419,52	193,20	0,00	13141,42
	A1849 W	262,64	427,45	145,18	33,08	14015,65
	PNR 6363	236,29	453,96	128,71	0,97	13831,03
07/12/90	PNR 473	221,10	402,32	193,20	5,74	11806,72
	A1849 W	257,57	415,40	117,70	0,00	14471,62
	PNR 6363	277,16	292,95	105,31	0,00	11802,44
14/12/90	PNR 473	251,87	152,15	174,50	16,01	8369,72
	A1849 W	281,27	282,44	133,30	0,00	12100,57
	PNR 6363	278,23	314,33	150,00	12,99	14491,61
21/12/90	PNR 473	244,73	201,99	162,29	1,29	8017,68
	A1849 W	266,40	209,91	0,00	0,00	9526,12
	PNR 6363	295,20	326,12	150,00	4,80	13974,35
28/12/90	PNR 473	236,13	252,80	162,29	15,26	5031,34
	A1849 W	246,97	146,29	133,30	16,53	8297,87
	PNR 6363	243,20	136,61	162,24	3,97	7475,46
04/01/91	PNR 473	199,90	170,33	196,32	0,00	6638,76
	A1849 W	230,92	197,56	121,05	0,00	8666,53
	PNR 6363	223,63	176,07	136,25	0,00	8103,01
11/01/91	PNR 473	252,16	111,47	0,00	0,00	5090,83
	A1849 W	275,43	164,86	0,00	0,00	8805,78
	PNR 6363	251,26	152,08	145,34	0,00	7958,43
18/01/91	PNR 473	152,71	87,34	173,02	0,00	4877,21
	A1849 W	193,90	96,38	112,98	0,00	6325,24
	PNR 6363	211,78	140,65	127,16	0,00	7379,16
25/01/91	PNR 473	130,40	16,92	0,00	0,00	1576,30
	A1849 W	182,53	32,96	112,98	0,00	4013,85
	PNR 6363	173,01	49,85	0,00	0,00	4167,43

Tabel 8 Die grondwater(GW) in cm^3/cm^3 en besproeiingsdata in mm/dag.

DIEPTE	LIMIET		VERSADIG- INGSPUNT	ONTTREK- BARE GW	GW BY PLANT
	ONDERSTE	BOONSTE			
0 - 15	0,166	0,294	0,383	0,128	0,177
15 - 30	0,172	0,297	0,358	0,125	0,179
30 - 45	0,211	0,274	0,397	0,063	0,219
45 - 60	0,177	0,306	0,406	0,129	0,195
60 - 75	0,133	0,280	0,412	0,147	0,145
75 - 90	0,127	0,337	0,431	0,210	0,148

DAG VAN JAAR	250	257	264	271	278	285	292	298	303
HOEVEELHEID mm	25	25	25	25	25	25	25	25	15
DAG VAN JAAR	310	320	325	327	331	334	347	353	355
HOEVEELHEID mm	20	49	20	9	22	21	30	33	29
DAG VAN JAAR	17	73							
HOEVEELHEID mm	40	75							

Besproeiing die seisoen: 563 mm

Tabel 9 Die aantal koppe, spruitkoppe en spruitbesetting van die gemiddelde plant.

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP	SPRUIT BESET
07/09/90	PNR 473	1,00	0,56	0,00	0,58	0,89
	A1849 W	1,00	0,86	0,00	1,11	0,40
	PNR 6363	1,00	0,56	0,00	0,66	0,26
14/09/90	PNR 473	1,00	0,50	0,00	1,10	0,79
	A1849 W	1,00	0,28	0,00	0,85	0,38
	PNR 6363	1,00	0,47	0,00	0,88	0,23
24/09/90	PNR 473	1,00	0,47	0,00	0,88	0,45
	A1849 W	1,00	0,65	0,00	1,00	0,98
	PNR 6363	1,00	0,39	0,00	0,53	0,19
28/09/90	PNR 473	1,00	0,70	0,00	0,88	0,52
	A1849 W	1,00	0,75	0,00	1,50	0,21
	PNR 6363	1,00	0,52	0,00	0,75	0,29
05/10/90	PNR 473	1,00	0,53	0,00	1,25	0,37
	A1849 W	1,00	0,81	0,00	0,88	0,31
	PNR 6363	1,00	0,39	0,00	0,75	0,50
12/10/90	PNR 473	1,00	0,89	0,00	0,33	0,22
	A1849 W	1,00	0,89	0,00	0,83	0,16
	PNR 6363	1,00	0,55	0,00	0,40	0,50
19/10/90	PNR 473	1,00	0,81	0,00	0,90	1,00
	A1849 W	1,00	0,96	0,04	0,01	0,06
	PNR 6363	1,00	0,54	0,04	0,50	0,55
26/10/90	PNR 473	1,00	0,85	0,07	0,46	0,48
	A1849 W	1,00	0,85	0,14	1,00	0,25
	PNR 6363	1,00	0,57	0,11	0,00	0,28
02/11/90	PNR 473	1,00	0,77	0,18	0,90	0,54
	A1849 W	1,00	0,92	0,00	0,50	0,30
	PNR 6363	1,00	0,70	0,00	0,33	0,28
09/11/90	PNR 473	1,00	0,92	0,00	0,93	0,69
	A1849 W	1,00	0,71	0,00	0,70	0,37
	PNR 6363	1,00	0,50	0,09	0,66	0,50
16/11/90	PNR 473	1,00	0,80	0,03	1,00	1,14
	A1849 W	1,00	0,93	0,00	0,81	0,66
	PNR 6363	1,00	0,45	0,00	0,66	0,36
23/11/90	PNR 473	1,00	0,76	0,00	0,88	1,15
	A1849 W	1,00	0,96	0,00	1,08	0,16
	PNR 6363	1,00	0,88	0,04	0,88	0,34

Tabel 9 Vervolg

PLANT	CULTIVAR	1STE KOP	2DE KOP	3DE KOP	SPRUIT KOP	SPRUIT BESET
29/11/90	PNR 473	1,00	0,83	0,00	0,00	0,11
	A1849 W	1,00	0,93	0,04	1,00	0,06
	PNR 6363	1,00	0,74	0,04	0,06	0,01
07/12/90	PNR 473	1,00	0,64	0,04	0,83	0,04
	A1849 W	1,00	0,96	0,04	0,00	0,43
	PNR 6363	1,00	1,00	0,04	0,00	0,19
14/12/90	PNR 473	1,00	0,46	0,04	0,55	0,32
	A1849 W	1,00	0,45	0,00	0,00	0,31
	PNR 6363	1,00	0,53	0,00	0,36	0,81
21/12/90	PNR 473	1,00	0,50	0,04	0,46	0,09
	A1849 W	1,00	0,40	0,04	0,00	0,00
	PNR 6363	1,00	0,50	0,04	0,06	0,50
28/12/90	PNR 473	1,00	0,75	0,33	1,00	0,08
	A1849 W	1,00	0,46	0,00	1,16	0,23
	PNR 6363	1,00	0,80	0,12	1,00	0,12
04/01/91	PNR 473	1,00	0,68	0,00	0,00	0,31
	A1849 W	1,00	0,40	0,00	0,00	0,04
	PNR 6363	1,00	0,73	0,00	0,00	0,04
11/01/91	PNR 473	1,00	0,06	0,00	0,00	0,04
	A1849 W	1,00	0,42	0,00	0,00	0,00
	PNR 6363	1,00	0,47	0,00	0,00	0,39
18/01/91	PNR 473	1,00	0,20	0,00	0,00	0,12
	A1849 W	1,00	0,03	0,04	0,00	0,23
	PNR 6363	1,00	0,03	0,04	0,00	0,13
25/01/91	PNR 473	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00
	A1849 W	0,70	0,00	0,00	0,00	0,22
	PNR 6363	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 10 Die kumulatiewe hitte-eenhede benodig vir elke stadiuim, soos bereken van Tabel 1, op soortgelyke wyse wat CERES-Maize die berekening sou doen,

DATUM	CULTIVAR	STADIUM	HITTE-EENHEDE
07/09/90	PNR 473	OPKOMS	147
		PI	249
		BLOM	765
		VOLWASSE	967
	A 1849 W	OPKOMS	125
		PI	255
		BLOM	850
		VOLWASSE	1021
	PNR 6363	OPKOMS	120
		PI	154
		BLOM	852
		VOLWASSE	982
14/09/90	PNR 473	OPKOMS	102
		PI	292
		BLOM	780
		VOLWASSE	959
	A 1849 W	OPKOMS	84
		PI	288
		BLOM	815
		VOLWASSE	1023
	PNR 6363	OPKOMS	84
		PI	240
		BLOM	805
		VOLWASSE	1086
24/09/90	PNR 473	OPKOMS	118
		PI	256
		BLOM	795
		VOLWASSE	959
	A 1849 W	OPKOMS	118
		PI	239
		BLOM	796
		VOLWASSE	974
	PNR 6363	OPKOMS	106
		PI	285
		BLOM	763
		VOLWASSE	783
05/10/90	PNR 473	OPKOMS	95
		PI	226
		BLOM	774
		VOLWASSE	1096
	A 1849 W	OPKOMS	95
		PI	242
		BLOM	790
		VOLWASSE	1008
	PNR 6363	OPKOMS	85
		PI	211
		BLOM	790
		VOLWASSE	877

Tabel 10 Vervolg

DATUM	CULTIVAR	STADIUM	HITTE-EENHEDE
12/10/90	PNR 473	OPKOMS	80
		PI	248
		BLOM	806
		VOLWASSE	841
	A 1849 W	OPKOMS	80
		PI	260
		BLOM	790
		VOLWASSE	1037
	PNR 6363	OPKOMS	80
		PI	232
		BLOM	779
		VOLWASSE	974
19/10/90	PNR 473	OPKOMS	106
		PI	215
		BLOM	816
		VOLWASSE	876
	A 1849 W	OPKOMS	94
		PI	265
		BLOM	763
		VOLWASSE	1034
	PNR 6363	OPKOMS	83
		PI	224
		BLOM	779
		VOLWASSE	868
02/11/90	PNR 473	OPKOMS	119
		PI	210
		BLOM	833
		VOLWASSE	758
	A 1849 W	OPKOMS	103
		PI	240
		BLOM	800
		VOLWASSE	707
	PNR 6363	OPKOMS	78
		PI	231
		BLOM	770
		VOLWASSE	741
09/11/90	PNR473	OPKOMS	101
		PI	269
		BLOM	784
		VOLWASSE	704
	PNR 6363	OPKOMS	89
		PI	271
		BLOM	814
		VOLWASSE	705
	A 1849 W	OPKOMS	101
		PI	269
		BLOM	784
		VOLWASSE	704

Tabel 10 Vervolg

DATUM	CULTIVAR	STADIUM	HITTE-EENHEDE
16/11/90	PNR 473	OPKOMS	120
		PI	200
		BLOM	767
		VOLWASSE	821
	A 1849 W	OPKOMS	108
		PI	233
		BLOM	768
		VOLWASSE	948
	PNR 6363	OPKOMS	93
		PI	219
		BLOM	767
		VOLWASSE	693
23/11/90	PNR 473	OPKOMS	99
		PI	216
		BLOM	726
		VOLWASSE	788
	A 1849 W	OPKOMS	85
		PI	249
		BLOM	710
		VOLWASSE	907
	PNR 6363	OPKOMS	114
		PI	200
		BLOM	712
		VOLWASSE	673
29/11/90	PNR 473	OPKOMS	105
		PI	1489
		PI	223
		BLOM	746
	A 1849 W	VOLWASSE	713
		OPKOMS	93
		PI	267
		BLOM	716
	PNR 6363	VOLWASSE	789
		OPKOMS	84
		PI	236
		BLOM	742
07/12/90	PNR 473	VOLWASSE	569
		OPKOMS	111
		PI	208
		BLOM	731
	A 1849 W	OPKOMS	97
		PI	239
		BLOM	730
		OPKOMS	83
	PNR 6363	PI	226
		BLOM	730

Tabel 10 Vervolg

DATUM	CULTIVAR	STADIUM	HITTE-EENHEDE
14/12/90	PNR473	OPKOMS	111
		PI	225
		BLOM	697
	A 1849 W	OPKOMS	97
		PI	225
		BLOM	712
	PNR 6363	OPKOMS	84
		PI	223
		BLOM	659
21/12/90	PNR 473	OPKOMS	109
		PI	216
		BLOM	679
	A 1849 W	OPKOMS	96
		PI	245
		BLOM	651
	PNR 6363	OPKOMS	84
		PI	220
		BLOM	658
28/12/90	PNR 473	OPKOMS	114
		PI	210
		BLOM	662
	A1849 W	OPKOMS	100
		PI	225
		BLOM	662
	PNR 6363	OPKOMS	100
		PI	193
		BLOM	666
04/01/91	PNR 473	OPKOMS	74
		PI	227
		BLOM	660
	A 1849 W	OPKOMS	50
		PI	285
		BLOM	646
	PNR 6363	OPKOMS	65
		PI	223
		BLOM	659
11/01/91	PNR 473	OPKOMS	92
		PI	222
		BLOM	704
	A 1849 W	OPKOMS	78
		PI	267
		BLOM	618
	PNR 6363	OPKOMS	78
		PI	224
		BLOM	648

Tabel 10 Vervolg

DATUM	CULTIVAR	STADIUM	HITTE-EENHEDE
18/01/91	PNR 473	OPKOMS	85
		PI	213
		BLOM	654
	A 1849 W	OPKOMS	73
		PI	246
		BLOM	629
	PNR 6363	OPKOMS	73
		PI	230
		BLOM	634
25/01/91	PNR 473	OPKOMS	94
		PI	201
		BLOM	628
	A 1849 W	OPKOMS	70
		PI	252
		BLOM	588
	PNR 6363	OPKOMS	58
		PI	227
		BLOM	285

HOOFSTUK 5

EVALUERING VAN CERES-MAIZE TEN OPSIGTE VAN SES RYWYDTES IN DIE WESTELIKE HOËVELD

A.S. du Toit

Somergraansentrum, Privaatsak X 1251, Potchefstroom, 2520

J. Booysen

PU vir CHO, Departement Plantkunde, Privaatsak X 6001,
Potchefstroom, 2520

J.J. Human

UOVS, Departement Agronomie, Posbus 339, Bloemfontein, 9300

A field experiment was conducted in the Western Highveld to evaluate the response of six row spacings on CERES-Maize V2.1. Simulation results indicate that the model is unable to predict the extinction coefficient accurately, to simulate prolificacy and tillering. Some modifications were made to improve the models prediction value in wide rows (0,8 meter to 3,0 meter) with a low plant population ($1,5 \text{ plants/m}^2$). The modifications to CERES-Maize provide a model more applicable to this climatic zone. A mechanistic approach to compensating growth and the distribution of carbon with different production practises, should be investigated.

Proewe is in die Westelike Hoëveld uitgevoer om die effek van ses rywydtes op CERES-Maize V2.1 te evalueer. Die simulاسie van die uitdowingskoëffisiënt (UK) was onakkuraat en die vermoë om vir meer as een kop en spruitvorming te simuleer, ontbreek. Die inbou van 'n verbeterde UK vergelyking en tweedekopsimulasie in die GROSUB subroetine het die model se voorspellingswaarde verbeter by wye rye (0,8m tot 3,0 meter) met 'n lae plantpopulasie ($1,5 \text{ plante/m}^2$). Die veranderings maak CERES-Maize meer toepaslik vir die klimaatsone. 'n Meganistiese benadering tot kompenserende groei en die verspreiding van droëmateriaal onder verskillende verbouingspraktyke, sal verder ondersoek moet word.

INLEIDING

Die verbouing van mielies in die Westelike Hoëveld is uniek in vergelyking met ander mielieproduserende gebiede van die wêreld. Plantpopulasies wissel van 10 000 tot 40 000 plante per hektaar in 2,00 m wye rye (Möhr, 1974) in vergelyking tot Noord-Amerika, waar 76 000 plante per hektaar in 0,76 meter rye as 'n lae plantpopulasie beskou word (Hodges & Evans, 1990). Weens die jaarlikse reënval wat kan wissel tussen 400 tot 710 mm is produksiepraktyke in die gebied se primêre doel om 'n konserwatiewe waterverbruikspatroon te volg.

Stygende insetkoste in die mieliebedryf plaas al hoe meer druk op die bestuursvermoë van die produsent vir optimale wins. Volgens Piper & Weiss (1990) is CERES-Maize 'n ideale bestuurshulpmiddel omdat die invloed van die grond, klimaat en verbouingspraktyke op die mielieplant, gelyktydig gesimuleer word. De Vos & Mallett (1987) wys daarop dat CERES-Maize verdere ontwikkelingswerk sal moet ondergaan, met betrekking tot die wye rye in die Westelike produserende gebiede.

Volgens Hodges & Evans (1990) is die daaglikse droëmassa produksievergelyking (PCARB) in die GROSUB subroetine van CERES-Maize verantwoordelik om die invloed van rywydtes te simuleer. Jones & Kiniry (1986) toon dat Uitdowingskoëffisient (UK) in die berekening van PCARB gebruik word. Van den Berg (1987) identifiseer die korrelasie tussen rywydte op die UK.

Die doel van die studie is om CERES-Maize te evalueer ten opsigte van verskillende rywydtes, tweedens die identifisering van dele van die model wat verdere ontwikkelingswerk moet ondergaan, en derdens modifikasies om die voorspellingswaarde te verbeter.

MATERIAAL EN METODES

Veldproef

Die proef is uitgelê as 'n ewekansige blokontwerp, op 'n sandleem Clovelly in die distrik Ottosdal. Behandelings het bestaan uit ses rywydtes van 0,80; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; en 3,0 m, en vier herhalings. Die plantpopulasie is 15 000 plante per hektaar. Ses rye per herhaling is met die kultivar PNR 473 geplant. Twee rye van elk is gebruik vir waarnemings. Chemiese onkruidbeheer is na plant met Atrazine gedoen en verdere opslagonkruid is met handskoffel verwyder. Bemesting is optimaal met 3:2:1 (25) tydens plant en 'n latere KAN topbemesting toegedien. Grondvoorbereiding is met 'n skeurploeg gedoen.

Waarneemings is geneem om te voldoen aan die minimumvereistes vir datastelle soos deur IBSNAT (1990) voorgeskryf vir modelevaluering (Tabel 1 tot 14 in Aanhangsel A).

Plantwaarneemings is vier keer deur die seisoen gedoen, deur drie plante van elke perseel te monitor. Elke plant se blare, stam, koppe en spruite is afsonderlik gehanteer. Nadat blaaroppervlakte met behulp van 'n blaaroppervlakteter (Li Cor 3100) bepaal is,

is die droëmassa van elke komponent bepaal deur die plantmonsters by 70°C te droog.

Grondwaterinhoud is ses keer deur die seisoen gemeet, gravimetries met plant en daarna met behulp van 'n neutronwatermeter. Diepte-inkremente van 300 mm is gebruik tot 'n diepte van 1800 mm. Vir al die behandelings, behalwe die 0,8 meter ry is die eerste toegangsbuis 125 mm van die plantry af geplaas, regoor 'n mielieplant. Die daaropvolgende buise is met inkremente van 250 mm weg van die plantry af geplaas, met die laaste buis 125 mm van die middel van die ry af. In die 0,8 m ry is die toegangsbuis 200 mm van die plantry geplaas. Herhalings 2 en 4 se plasing van die toegangsbuise is 'n spieëlbeeld van die vorige twee herhalings.

Wortelmonsters is getrek deur grondkerne vertikaal met 'n staalbuis te trek en verder behandel soos beskryf deur Müller (1988). Die trekkingsposisies is soortgelyk aan die plasings van die toegangsbuise van die neutronwatermeter. Die trekkings is tydens 50% blom gedoen.

Blomdatum(50%) sowel as die dag waarop die plant fisiologies volwasse geword het, is aangeteken.

Ligonderskepping is twee keer deur die seisoen gemonitor. Die metings is gedoen soos omskryf deur Van den Berg (1987).

Vir oesopbrengs is veertig plante per perseel ewekansig gekies

en geoes. Ses meter van elke perseel is gebruik om presies die korrekte plantpopulasie te bepaal by oes. By die veertig plante wat gekies is, is die verhouding tussen die eerste, tweede en derde kop aangeteken. Die proses word herhaal met die spruite. Uit die informasie is 'n profiel saamgestel hoe die gemiddelde mielieplant vir die besondere behandeling vertoon. Die eerste, tweede, derde en spruitkoppe word apart geoes. Na die dorsproses afgehandel was, is die gemiddelde opbrengs van die eerste kop van elke behandeling, bereken. Honderd gram van die eerste kop se pitte word geneem, al die pitte word getel, en die gemiddelde massa per pit is bepaal. Die pitmassa word gedeel deur die opbrengs van die eerste kop om die aantal pitte per kop te bepaal. Die proses word herhaal met die tweede, derde en spruitkoppe. Met die profiel en presiese plantpopulasie bekend word die opbrengs per hektaar bereken. Die metode van opbrengsbepaling is gegrond op die metode wat CERES-Maize gebruik om oesopbrengs te simuleer. By al die stappe is vogpersentasie geneem.

Simulasieprogram

CERES-Maize benodig daaglikse reënval, maksimum en minimum temperatuur sowel as straling. Bestuursinsette, genetiese parameters en grondparameters bly konstant in die simulasieproses. Die grondwaterinhoud word aan die begin van die simulasieproses benodig. Met behulp van straling, beskikbare water en temperatuur word groei daaglik gesimuleer. Hitte-eenhede word gebruik om as tydmeganisme te dien vir die ontwikkeling van die mielieplant.

Die volledige algoritme, insette en uitsette word deur Jones & Kiniry (1986) uiteengesit. Weerkundige data is verkry vanaf die weerdatabank van NIGB.

Statistiek

Die modelevaluering van Mz21 en AJOES is gedoen soos aanbeveel deur Willmott (1982). Parameters gebruik is die D-indeks (indeks van ooreenkoms), vierkantswortel van kwadraatfout (RMSE), RMSEs(sistemies) en RMSEu(nie-sistemies) is gebruik. Volgens Willmott (1982) streef die D-indeks van 'n goeie model na een en die RMSEs na nul. Hoe kleiner die verskil tussen RMSEu en RMSE hoe hoër is die potensiële akkuraatheid van die model (Willmott, 1982; De Vos & Mallett, 1987).

Modelmodifikasies

Vir die doel van die studie word CERES-Maize uitgawe 2.1 (Mz21), en die gemodifiseerde Mz21 (AJOES) gebruik. Alle modifikasies wat in AJG (Hoofstuk 5) gerapporteer is, is ook in AJOES in gebou. Volgens Mz21, word die daaglikse potensiële droëmassaproduksie (PCARB) beïnvloed deur die rywydte (ROWSPC) soos volg:

$$PCARB = 5,0 \times PAR/PLANT \times (1 - AMAX1(Y1, Y2)) \quad (1)$$

$$Y1 = EXP(-0,65 \times BOI) \quad (2)$$

$$Y2 = 0,7 \times EXP(-TT \times BOI) \quad (3)$$

$$TT = 0,92 \times EXP(-0,82355 \times ROWSPC) \quad (4)$$

Waar:

BOI = Blaaroppervlakte-indeks
 AMAX1 = Kies die grootste een
 TT, Y1, Y2 = Veranderlikes
 PAR = Fotoaktiewe straling
 PLANT = Plante per hektaar

In AJOES word die Uitdowingskoëffisiënt (UK) vanaf die tussenryspasiëring (R) bereken:

$$UK = 1 / (0,16 + 1,47 \times 0,52^R) \quad (5)$$

$$Y1 = \text{EXP} (UK \times BOI) \quad (6)$$

$$PCARB = 5,0 \times PAR / PLANT \times (1 - Y1) \quad (7)$$

Mz21 kan nie meerkoppigheid simuleer nie. AJOES is aangepas om tweedekopsimulasie moontlik te maak. Slegs die eerste kop (EKO) se opbrengs word gesimuleer, deur die genetiese parameter G2 so te verander dat die maksimum aantal pitte van die eerste kop gebruik word in plaas van die maksimum pitte per plant. Met behulp van EKO en R word die waarskynlike opbrengs van die tweede kop (TKO) verkry (afgelei van Tabel 3 in Aanhangsel A).

$$TKO = -1384.43 + 0,29 \times EKO + 7454,60 \times R - 4565,09 \times R^2 \quad (8)$$

TKO word by EKO getel na fisiologiesvolwassenheid. Indien R kleiner is as 0,15 meter of die genetiese parameter G2 600 pitte oorskry, word TKO gelyk aan nul gestel. Die grense word bygevoeg om voorsiening te maak vir plantpopulasies meer as 40 000 plante per hektaar en cultivars wat geneties nie meerkoppig is nie.

Verifiëring

Al die veranderinge aan Ajoes word geverifieer teen die werk wat Müller (1988) gedoen het te Viljoenskroon. Die proef was 'n kombinasie van drie plantpopulasies, 1, 1,8, 2,6 plante per vierkante meter, met drie rywydtes, 1, 1,5 en 2 meter rye. Die proef is in die 1986/87 seisoen aangeplant.

RESULTATE EN BESPREKING

Veldproef

Die opbrengste, in ton per hektaar, van die onderskeie rywydtes is aangetoon in Tabel 3 van Aanhangsel A. Persentasie tweede-, derdekop en spruitvorming het afgeneem met die toename in rywydtes, terwyl die kopbesetting van die spruite konstant gebly het (Tabel 1 van Aanhangsel A). Blaaroppervlakte en stammasse (Figuur 3) het afgeneem met die toename in rywydte (Tabel 6 van Aanhangsel A). Toename in afstand tussen die rye lei tot 'n afname van vogonttrekking in die middel van die rye (Tabel 12 van Aanhangsel A). Die worteltelling ondersteun die tendens (Tabel 13 van Aanhangsel A). Die jaarlikse reënval was ondergemiddeld, maar die verspreiding was goed. Sigbare stremming is eers in die laat graanvulperiode aangeteken.

Uitdowingskoëffisiënt

Tabel 1 toon dat die gesimuleerde UK waardes by Mz21 nie dieselfde tendens aandui as die gemete waardes nie. Vergelyking (5) is afgelei van die waargenome waardes in Tabel 1, waarin die effek van rywydte gekombineer word met plantpopulasies om UK te bepaal. Die akkurate simulering van UK in AJOES toon in vergelyking met Mz21 (Tabel 2) dat selfs die grondwatersimulasie sodoende verbeter word.

Tabel 1 Die UK soos gemeet en die gesimuleerde waardes van Mz21.

	Rywydtes in meter					
	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Gemete	1,0	0,83	0,77	0,76	0,76	0,74
Mz21	0,65	0,65	1,11	1,32	1,32	1,43

Grondwatersimulasie

Die onttrekking van grondwater deur die mielieplant is 'n multi-dimensionele proses, waar CERES-Maize die proses eendimensioneel simuleer. Ten einde 'n vergelyking moontlik te maak is die gemiddelde grondwaterinhoud per laag soos bereken van Tabel 12 van Aanhangsel A. In Tabel 2, soos aangetoon deur die D-Indeks, verlaag die vermoë van die model vir akkurate voorspelling met 'n toename in rywydte, maar die tendens word nie ondersteun deur RMSEs en die potensiele akkuraatheid nie. Volgens Willmott (1982) indien die D-indeks 'n relatief laer waarde het as RMSE, RMSEs en RMSEu, dit 'n aanduiding is dat met behulp van herkalibrasie

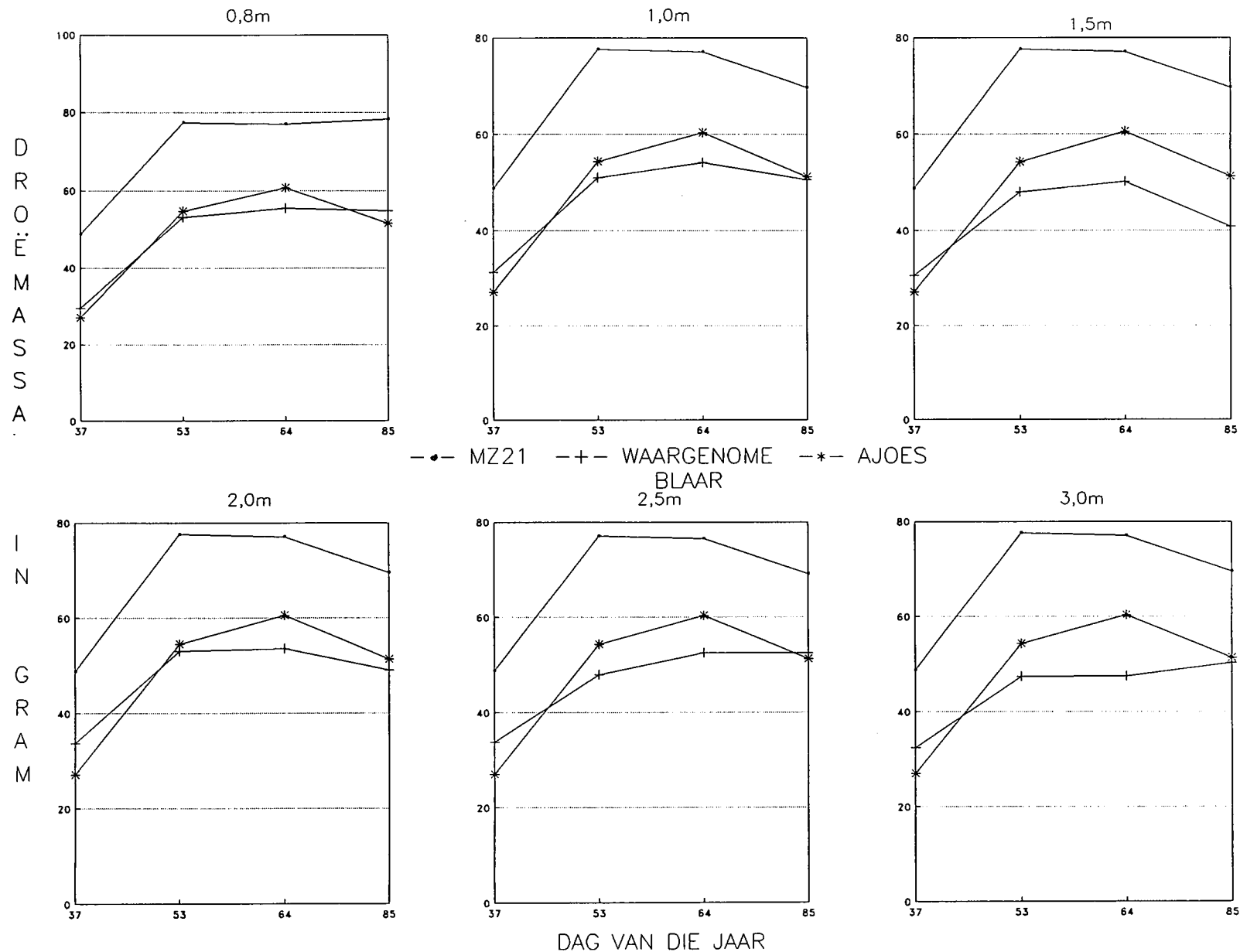
die tekort opgehef kan word.

Tabel 2 Statistiese meting (Willmott, 1982) van Mz21 en Ajoes ten opsigte van grondwaterinhoud vir ses rywydtes soos gemeet te Ottosdal.

Ajoes/Mz21	Rywydtes in meter					
	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
<u>Ajoes</u>						
D-indeks	0,538	0,577	0,509	0,509	0,426	0,366
RMSEs	0,022	0,016	0,022	0,016	0,026	0,023
RMSE	0,039	0,038	0,041	0,039	0,042	0,042
RMSEu	0,035	0,033	0,035	0,036	0,034	0,035
<u>Mz21</u>						
D-indeks	0,553	0,570	0,484	0,501	0,423	0,360
RMSEs	0,031	0,024	0,031	0,024	0,034	0,032
RMSE	0,041	0,042	0,047	0,043	0,049	0,049
RMSEu	0,035	0,032	0,035	0,036	0,035	0,037

Plantgroeisimulasie

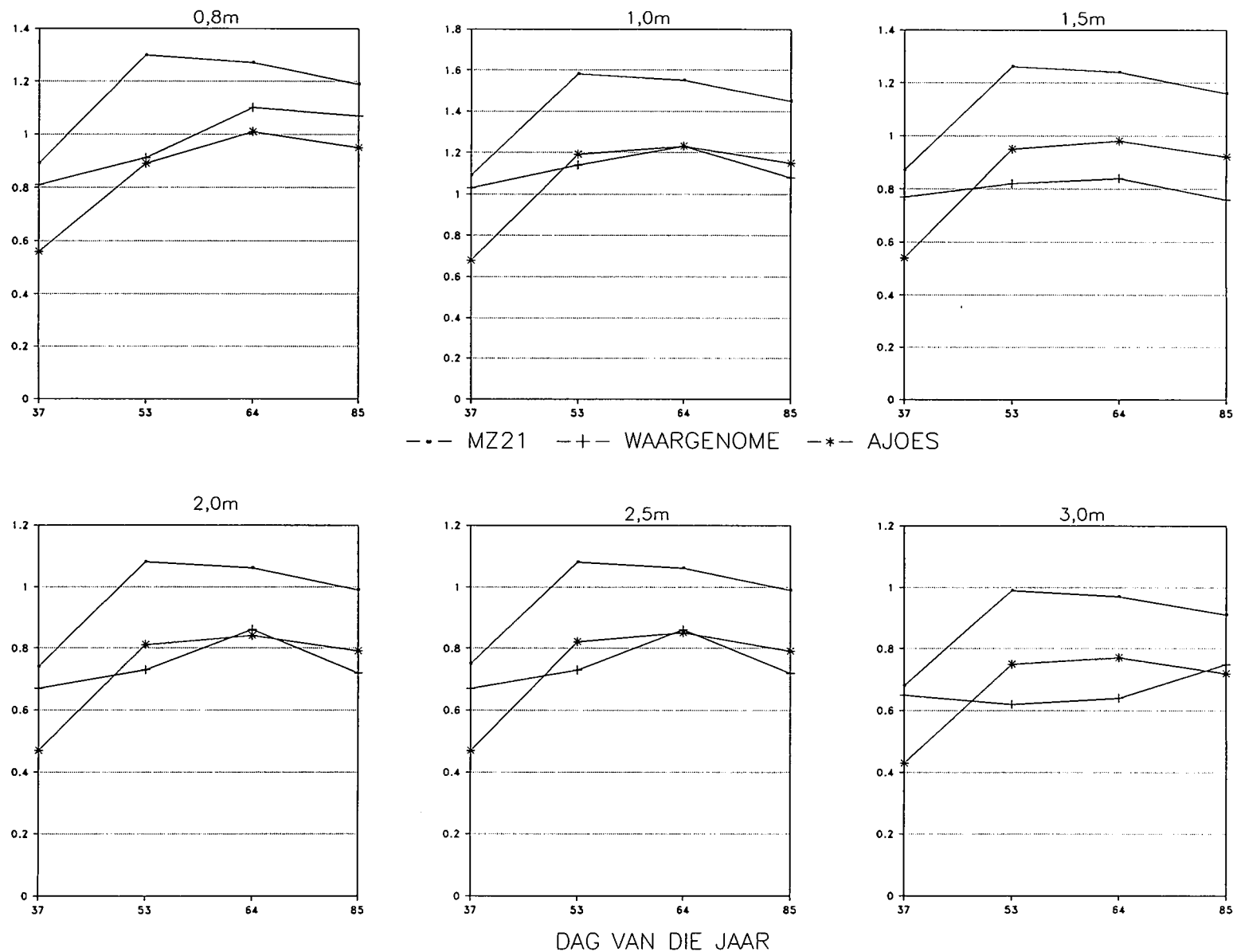
Blaarmassa per plant (Figuur 1) word optimisties gesimuleer deur Mz21, terwyl Ajoes 'n verbetering toon. BOI (Figuur 2) word meer akkuraat deur Ajoes gesimuleer as Mz21, maar beide die modelle onderskryf nie die tendens deur die groeiseisoen nie. Daaruit kan afgelei word dat, met die berekening van BOI, die verhouding van blaaroppervlakte per gewig in die vroeë stadium van ontwikkeling hoër is as die gesimuleerde waardes. Beide modelle onderskat stamgroei (Figuur 3) wat 'n aanduiding is dat CERES-Maize geherkalibreer sal moet word vir droëmateriaal verspreiding. Die vermoë van Ajoes om blaarmassa en BOI meer akkuraat te simuleer as Mz21 tydens blom is belangrik, omdat die akkurate voorspelling van blom en BOI krities is by die simulasie van opbrengs.



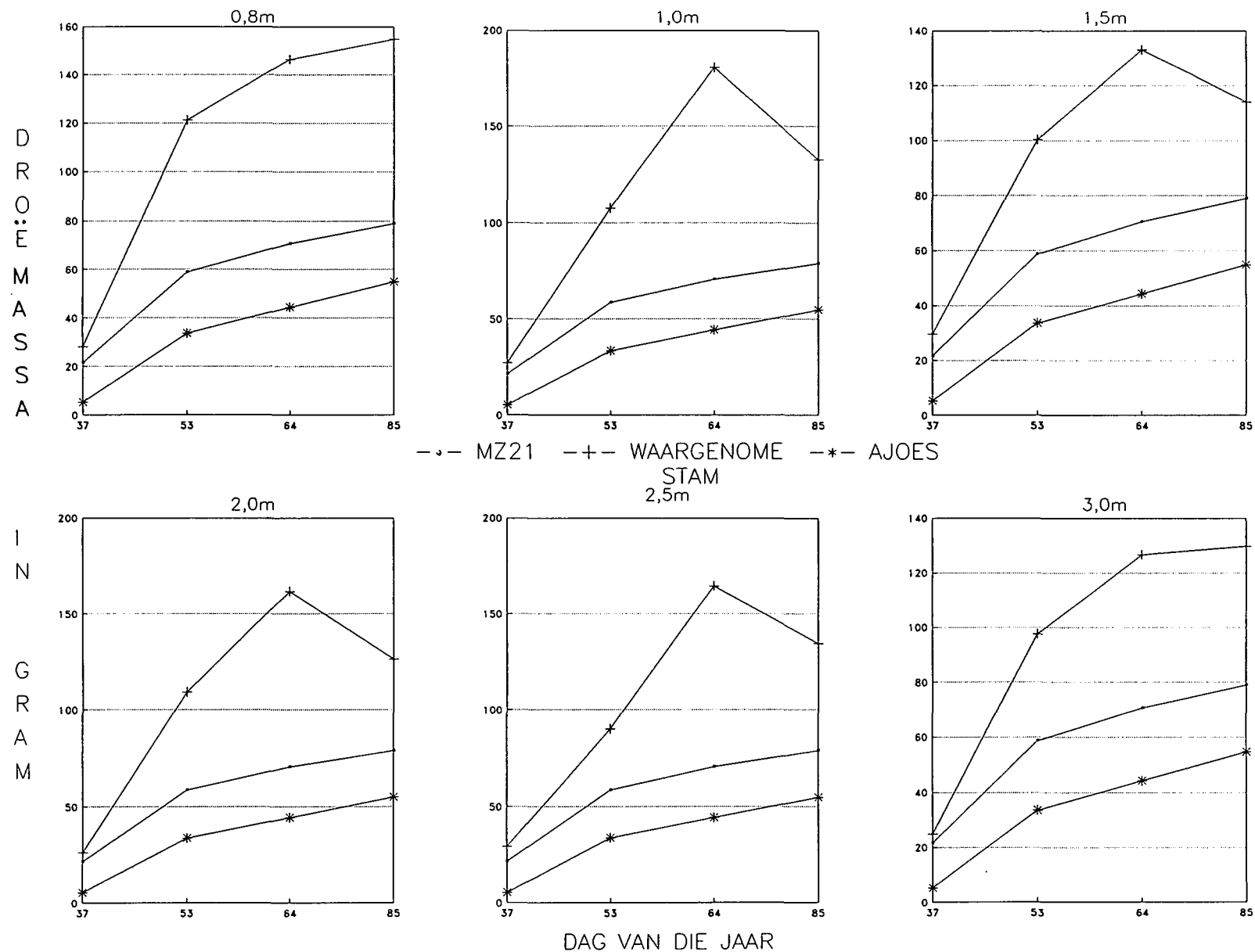
Figuur 1 Die blaar droëmassa per plant soos gemeet en nageboots deur Mz21 en Ajoes vir ses verskillende rywydtes, soos gemeet te Ottosdal.

B
L
A
A
R
O
P
P
E
R
V
L
A
K
T
E

I
N
D
E
K
S



Figuur 2 Blaaroppervlakte indeks soos gemeet en nageboots deur Mz21 en Ajoes vir ses verskillende rywydtes, soos gemeet te Ottosdal.



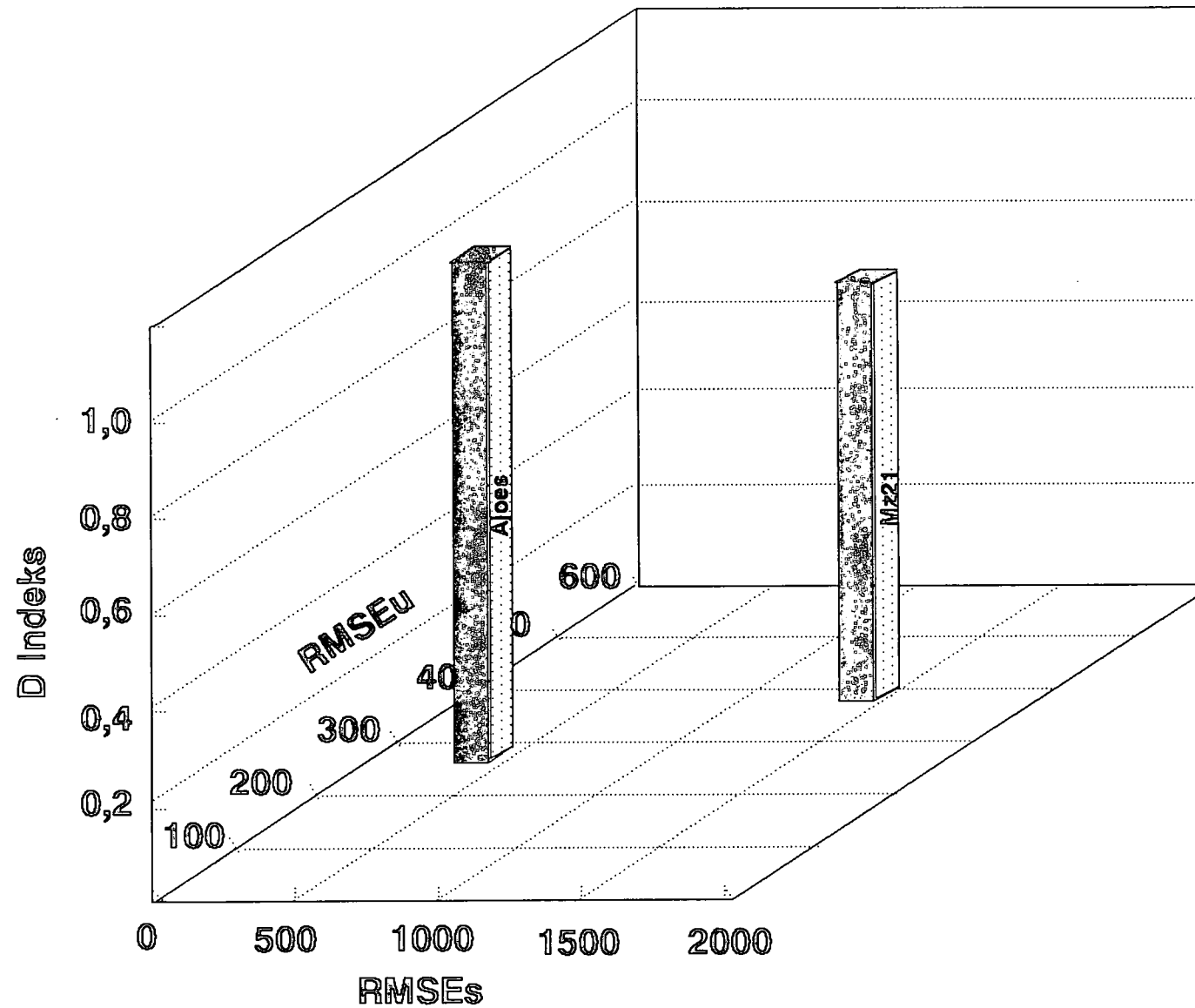
Figuur 3 Die stam droëmassa per plant soos gemeet en nageboots deur Mz21 en Ajoes vir ses verskillende rywydtes, soos gemeet te Ottosdal.

Opbrengssimulasie

CERES-Maize is ontwikkel onder nou rywydtes en hoë plantpopulasies in Noord-Amerika waar meerkoppigheid en spruitvorming nie die tendens is nie. Voorlopige toetsing het getoon dat die model eenkopsimulasie redelik akkuraat doen, indien die genetiese parameter G2 slegs die maksimum aantal pitte van die hoofkop verteenwoordig soos geneem uit Tabel 4 van Aanhangsel A. Met die inbou van vergelyking (8) in Ajoes word die simulasieproses aangepas om vir meerkoppigheid voorsiening te maak. Figuur 4 toon dat die D-indeks van Ajoes (0,95) hoër is as die van Mz21 (0,63). Die waarde word ondersteun deur die RMSEs en die potensiële akkuraatheid. Al drie statistiese waardes toon dat die inbou van meerkoppige simulasie die voorspellingsvermoë van CERES-Maize verhoog.

Verifiëring

Die D-indeks, RMSEs, RMSEu en RMSE van Ajoes is o.a. 0,85; 340,59; 358,41 en 494,43 soos gemeet op die opbrengs van al die datastelle van Müller (1988). Mz21 het die volgende waardes gelewer 0,68; 1226,82; 334,84 en 1271,69. Die veranderinge op Mz21 soos omskryf in Ajoes is dus nie kultivar, lokaliteit of seisoengebonde nie.



Figuur 4 Willmott (1982) se statistiese evaluering, grafies voorgestel. Ajoes word as 'n beter model geklassifiseer as Mz21, omdat Ajoes, 'n hoër D-Indeks het, 'n laer RMSEs waarde en RMSEu nader aan RMSE is.

GEVOLGTREKKING

Mz21 beskik nie oor die vermoë om vir kompenserende groei voorsiening te maak nie. Die empiriese berekening van die waarskynlike tweedekop opbrengs, verbeter die model se voorspellingswaarde onder lae plantpopulasies en wye rywydtes in die Westelike mielieproduserende gebiede. Die vervanging van vergelyking (2), (3) en (4) met (5) en (6) met die berekening van die uitdowingskoëffisiënt, het die potensiele akkuraatheid van die totale model verbeter.

Die PCARB vergelyking in GROSUB vorm die middelpunt van CERES-Maize se simulasiëproses, daarom is die model so sensitief t.o.v. die verhoogde akkuraatheid van UK (vergelyking 5). CERES-Maize bring nie meerkoppigheid in berekening nie, omdat dit in die VSA waar die model ontwikkel is nie 'n algemene tendens is nie. In die studie is meerkoppigheid geïdentifiseer as 'n belangrike faktor waarom CERES-Maize probleme ondervind by wye ry simulaties. Die faktor is ingebou in GROSUB en CERES-Maize se wye ry simulasieremoë is verbeter.

Tekorte en aanbevelings uit die studie is dat die ontwikkeling van 'n meer meganistiese benadering om meerkoppigheid en spruitvorming te simuleer, die voorspellingswaarde van die model oor 'n wyer verskeidenheid lokaliteite sal verhoog. Die simulasië ten opsigte van die invloed van klimaat en verbouingspraktyke op die verspreiding van droëmateriaal verdien verdere ontwikkelingswerk. Die onvermoë van die model om onder wye rye

multidimensionele grondwateronttrekking te simuleer sal opgehef
moet word.

LITERATUURVERWYSINGS

- DE VOS, R.N. & MALLETT, J.B., 1987. Preliminary evaluation of two maize (Zea mays L.) growth-simulation models. S. Afr. J. Plant Soil. , 4(3): 131-135.
- JONES, C.A. & KINIRY, J.R., 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas A & M University press, College Station.
- HODGES, T. & EVANS, D.W., 1990. Light interception model for estimating the effects of row spacing on plant competition in maize. J. Prod. Agric, 3(2):190:195
- IBSNAT, 1990. Field & Laboratory methods for the collection of the IBSNAT Minimum data set for the decision support system for agrotechnology transfer (DSSAT V.2.1), IBSNAT Technical Report 2.
- MÖHR, P.J., 1974. Handleiding vir Mielieproduksie en gebruik van die Mielierekenaar. M.V.S.A. publikasies nr. 34.
- MÜLLER, H.L., 1988. Die verwantskap tussen plantspasiëring, wortelverspreiding en wateronttrekking by mielies in 'n grond van die Bleeksandserie. M.Sc. Agric., U.O.V.S., Bloemfontein.

- PIPER, E.L. & WEISS, A., 1990. Evaluation of CERES-Maize for reduction in plant population on leaf area during the growing season. Agric. Systems, 33: 199-213.
- VAN DEN BERG, W.J., 1987. Ruimtelike verspreiding, omgewing en die voorkoms van waterstremming by mielies. M.Sc. Agric., U.O.V.S., Bloemfontein.
- WILLMOTT, C.J., 1982. Some comments on the Evaluation of model performance. Bulletin American Meteorological Society, 63 (11):1309-1313.

AANHANGSEL A Al die opvolgende tabelle verteenwoordig die verwerkte data, van die Rywydte proef te Ottosdal, vir die seisoen 1990/01.

Tabel 1 Die aantal koppe, spruite en koppe per spruit van die gemiddelde plant per behandeling.

RYWYDTE	1STE	2DE	3DE	SPRUIT	KOP/SPR
0,8 M	1,00	0,95	0,08	0,25	0,93
1,0 M	1,00	0,85	0,05	0,31	0,88
1,5 M	1,00	0,86	0,01	0,04	1,33
2,0 M	1,00	0,84	0,01	0,16	0,92
2,5 M	1,00	0,77	0,00	0,06	0,83
3,0 M	1,00	0,70	0,00	0,01	1,00

Tabel 2 Die opbrengs per kop in gram,

RYWYDTE	1STE g	2DE g	3DE g	SPRUIT g
0,8 M	212,85	181,44	101,44	101,44
1,0 M	178,48	144,33	43,71	63,13
1,5 M	175,08	144,71	16,99	84,99
2,0 M	197,17	148,53	18,65	72,41
2,5 M	172,65	111,95	0,00	48,57
3,0 M	161,24	119,38	0,00	29,33

Tabel 3 Die opbrengs per kop en totale opbrengs in kilogram per hektaar,

RYWYDTE	1STE kg	2DE kg	3DE kg	SPRUIT kg	TOTAAL
0,8 M	3192,70	2585,52	114,12	353,77	6246,11
1,0 M	3266,12	2245,05	39,99	315,16	5866,32
1,5 M	2531,66	1799,56	2,46	65,38	4399,05
2,0 M	2464,63	1559,57	2,33	133,23	4159,75
2,5 M	2175,38	1086,10	0,00	30,47	3291,95
3,0 M	1850,23	958,92	0,00	3,37	2812,51

Tabel 4 Die gemiddelde aantal pitte per kop

RYWYDTE	1STE	2DE	3DE	SPRUIT	
0,8 M	545,76	525,91	393,18	393,18	1856
1,0 M	524,93	451,03	230,04	332,26	1537
1,5 M	486,33	452,22	169,90	447,31	1551
2,0 M	579,91	464,16	140,23	219,41	1402
2,5 M	523,18	386,02	0,00	194,26	1105
3,0 M	474,24	397,93	0,00	325,92	1196

Tabel 5 Die gewig in gram van die gemiddelde pit per kop.

RYWYDTE	1STE	2DE	3DE	SKOP
0,8 M	0,39	0,35	0,26	0,26
1,0 M	0,34	0,32	0,19	0,19
1,5 M	0,36	0,32	0,10	0,19
2,0 M	0,34	0,32	0,13	0,33
2,5 M	0,33	0,29	0,00	0,25
3,0 M	0,34	0,30	0,00	0,09

Tabel 6 Die blaaroppervlakte in vierkante sentimeter, plant-hoogte in meter, blaargewig in gram en die totale plantgewig in gram, per plant. By vier agtervolgende datums. (Spruite uitgesluit)

91/02/06

RYWYDTE	BO	LENGTE	BLARE g	STAM g	KOP g	TOTAAL g
0,8 M	5426,61	0,95	29,55	28,10	0,00	57,65
1,0 M	5637,89	0,93	31,28	27,08	0,00	58,36
1,5 M	5339,39	0,96	30,53	29,53	0,00	60,06
2,0 M	5348,29	0,96	33,68	26,07	0,00	59,75
2,5 M	5465,32	0,98	33,74	29,35	0,00	63,09
3,0 M	5659,22	0,88	32,43	24,91	0,00	57,34

91/02/22

RYWYDTE	BO	LENGTE	BLARE g	STAM g	KOP g	TOTAAL g
0,8 M	6090,77	1,89	53,21	121,20	29,94	204,35
1,0 M	6227,37	1,84	51,03	107,74	23,50	182,27
1,5 M	5684,10	1,74	48,05	100,29	20,78	169,12
2,0 M	5860,58	1,83	53,01	109,20	28,33	190,54
2,5 M	5522,96	1,89	47,99	90,13	26,67	164,79
3,0 M	5420,66	1,83	47,46	97,61	24,67	169,74

91/03/05

RYWYDTE	BO	LENGTE	BLARE g	STAM g	KOP g	TOTAAL g
0,8 M	7309,98	2,19	55,48	146,28	120,30	322,06
1,0 M	6735,67	2,24	54,20	180,66	159,46	394,32
1,5 M	5829,26	2,13	50,27	133,08	115,63	298,98
2,0 M	6907,31	2,02	53,58	161,03	146,28	360,89
2,5 M	6580,00	2,14	52,57	164,70	123,08	340,35
3,0 M	5605,87	2,11	47,48	129,60	115,00	292,08

91/03/26

RYWYDTE	BO	LENGTE	BLARE g	STAM g	KOP g	TOTAAL g
0,8 M	7147,87	2,19	54,80	154,84	299,30	508,94
1,0 M	5926,46	2,24	50,65	132,63	236,64	419,92
1,5 M	5276,16	2,13	44,57	113,98	219,63	378,18
2,0 M	5794,94	2,02	49,09	126,27	235,24	410,60
2,5 M	6193,71	2,14	52,22	134,45	248,61	435,28
3,0 M	6562,29	2,11	50,31	129,78	229,90	409,99

Tabel 7 Soortgelyk aan in Tabel 6 maar net met die spruitdata.

91/02/22

RYWYDTE	BO	LENGTE	BLARE g	STAM g	KOP g	TOTAAL g
0,8 M	1541,20	0,95	17,25	37,60	0,00	54,85
1,0 M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,5 M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,0 M	2808,16	1,15	29,45	21,70	0,00	51,15
2,5 M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,0 M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

91/03/05

RYWYDTE	BO	LENGTE	BLARE g	STAM g	KOP g	TOTAAL g
0,8 M	3639,78	1,40	26,55	56,00	0,00	82,55
1,0 M	3122,73	1,62	12,27	41,17	10,23	63,67
1,5 M	2270,00	0,90	17,92	35,60	25,10	78,62
2,0 M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,5 M	2688,00	1,35	44,30	55,00	1,00	100,30
3,0 M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 8 Die biomassa en strooi van die hoofplant (H) en spruit
(S) soos geneem op die 26ste Maart 1991.

91/03/26

RYWYDTE	BIOMASSA PER PLANT				TOTAAL kg /HEKTAAR	
	HSTROOI g	HKOP g	SSTROOI g	SKOP g	BIOMASSA	STROOI
0,8 M	154,84	299,30	18,05	29,84	7530,38	2593,35
1,0 M	132,63	236,64	22,38	23,02	7588,57	2836,72
1,5 M	113,98	219,63	2,89	4,00	4923,59	1706,27
2,0 M	126,27	235,24	11,55	13,63	4833,64	1722,78
2,5 M	134,45	248,61	4,33	3,43	4924,33	1748,65
3,0 M	129,78	229,90	0,72	0,35	4148,59	1500,77

Tabel 9 Algemene bestuurs en fisiologiese data

Besonderhede	Waardes
AANTAL BLARE	20
PLANTDATUM	90/12/18 (352)
BLOMDATUM	91/02/27 (54)
VOLWASSE	91/04/10 (100)

Tabel 10 Die blaaroppervlakte-indeks by blom

RYWYDTE	B HOOFPL	O SPRUITPL	I TOTAAL
0,8 M	1,10	0,11	1,21
1,0 M	1,23	0,17	1,40
1,5 M	0,85	0,02	0,87
2,0 M	0,86	0,06	0,92
2,5 M	0,83	0,02	0,85
3,0 M	0,64	0,01	0,65

Tabel 11 Blaaroppervlakte-indeks by vier plantdatums deur die seisoen.

RYWYDTE	BOI DATUMS			
	91/02/06	91/02/22	91/03/05	91/03/26
0,8 M	0,81	0,91	1,10	1,07
1,0 M	1,03	1,14	1,23	1,08
1,5 M	0,77	0,82	0,84	0,76
2,0 M	0,67	0,73	0,86	0,72
2,5 M	0,69	0,70	0,83	0,78
3,0 M	0,65	0,62	0,64	0,75

Tabel 12 Grondwaterdata (cm^3/cm^3) soos geneem met 'n neutron-watmeter by verskeie datums, dieptes en spasiërings.

DATUM 22-01-91

AFSTAND	DIEPTES					
	1	2	3	4	5	6
C1	0,158012	0,14792	0,154498	0,174585	0,148551	0,142314
C2	0,165810	0,1569	0,158104	0,176027	0,148778	0,140251
C3	0,172149	0,15502	0,157722	0,174077	0,150398	0,152240
B1	0,163613	0,13049	0,149409	0,161848	0,144077	0,146662
B2	0,175584	0,15098	0,157117	0,171203	0,144398	0,138120
E1	0,166044	0,15477	0,163575	0,185062	0,152788	0,139495
E2	0,17492	0,15286	0,159031	0,175134	0,150886	0,133416
E3	0,182609	0,15326	0,159359	0,176343	0,113770	0,132202
E4	0,180976	0,15743	0,160537	0,171980	0,149015	0,131903
E5	0,177044	0,15769	0,157509	0,166742	0,147613	0,131709
D1	0,163076	0,14665	0,147096	0,153263	0,142200	0,128326
D2	0,169114	0,14811	0,146752	0,156089	0,143161	0,127871
D3	0,172795	0,14828	0,143419	0,154151	0,141047	0,127492
D4	0,172458	0,14712	0,153288	0,147832	0,104285	0,123022
F1	0,166411	0,15166	0,154384	0,170976	0,144926	0,131355
F2	0,172867	0,14935	0,156686	0,170625	0,145264	0,133886
F3	0,174251	0,15212	0,157422	0,168459	0,143787	0,131657
F4	0,182959	0,15995	0,161213	0,169650	0,146404	0,133140
F5	0,177404	0,159725	0,153413	0,159763	0,148342	0,136233
F6	0,172554	0,156575	0,156942	0,166753	0,146127	0,134893
A1	0,161583	0,149905	0,153560	0,169965	0,149895	0,136533

DATUM 06-02-91

AFSTAND	DIEPTES					
	1	2	3	4	5	6
C1	0,204868	0,17292	0,182098	0,203285	0,168951	0,166114
C2	0,192765	0,16954	0,180278	0,204772	0,166378	0,164291
C3	0,196323	0,16742	0,178528	0,203674	0,173814	0,162240
B1	0,191022	0,16743	0,180066	0,200714	0,167614	0,162256
B2	0,196764	0,16448	0,181124	0,205437	0,167815	0,163260
E1	0,198644	0,16857	0,185204	0,215219	0,168315	0,161000
E2	0,205656	0,17074	0,180797	0,205005	0,168047	0,159000
E3	0,211224	0,17136	0,183199	0,206543	0,168100	0,162858
E4	0,203376	0,17363	0,180837	0,206380	0,168015	0,157503
E5	0,204353	0,17166	0,181569	0,201742	0,167766	0,157709
D1	0,192576	0,16565	0,182096	0,206563	0,168160	0,157531
D2	0,196114	0,16811	0,183752	0,203749	0,169161	0,161571
D3	0,198205	0,16568	0,182095	0,201577	0,168847	0,115792
D4	0,199388	0,16722	0,184188	0,194632	0,171791	0,158695
F1	0,198511	0,16656	0,182940	0,209156	0,170926	0,157455
F2	0,205687	0,16885	0,184786	0,208925	0,168264	0,159286
F3	0,206820	0,16671	0,181337	0,205998	0,167382	0,157839
F4	0,212759	0,17525	0,189514	0,209666	0,169664	0,158854
F5	0,207404	0,176625	0,175413	0,198266	0,169365	0,158727
F6	0,204454	0,171765	0,183625	0,204100	0,168114	0,157764
A1	0,186194	0,163265	0,181135	0,204129	0,170661	0,161083

DATUM 22/02/91

AFSTAND	DIEPTES					
	1	2	3	4	5	6
C1	0,167594	0,139215	0,163472	0,190248	0,161201	0,161062
C2	0,172626	0,157195	0,165430	0,188052	0,160416	0,161181
C3	0,180766	0,16334	0,165086	0,188151	0,167934	0,169036
B1	0,167048	0,15392	0,168054	0,189704	0,160938	0,156862
B2	0,181717	0,157	0,169794	0,191094	0,161304	0,159342
E1	0,174060	0,14292	0,163984	0,191381	0,161447	0,155390
E2	0,178537	0,158025	0,168207	0,190277	0,161871	0,154750
E3	0,195431	0,16347	0,172560	0,193156	0,161723	0,154707
E4	0,191700	0,167365	0,173231	0,192911	0,164790	0,157489
E5	0,190312	0,169655	0,171861	0,192478	0,164206	0,158072
D1	0,168895	0,13914	0,162021	0,187643	0,162983	0,153268
D2	0,175461	0,15517	0,174436	0,192467	0,163366	0,158897
D3	0,183396	0,161025	0,173738	0,191690	0,162935	0,153505
D4	0,185166	0,16408	0,174180	0,186592	0,163307	0,154875
F1	0,164304	0,14713	0,125271	0,112535	0,124699	0,117198
F2	0,182759	0,157145	0,169516	0,197880	0,164405	0,155912
F3	0,189602	0,16146	0,171578	0,192543	0,162550	0,155290
F4	0,195249	0,170715	0,179482	0,200684	0,164279	0,156914
F5	0,191618	0,17389	0,168392	0,190960	0,165871	0,157209
F6	0,189844	0,17131	0,176449	0,193483	0,165569	0,156000
A1	0,157511	0,140515	0,159871	0,184262	0,163033	0,156733

Tabel 12 vervolg
DATUM 06/03/91

AFSTAND	DIEPTES					
	1	2	3	4	5	6
C1	0,154594	0,120574	0,139576	0,181048	0,161699	0,171322
C2	0,154674	0,165779	0,176785	0,201039	0,169504	0,165176
C3	0,156208	0,146846	0,159422	0,185652	0,170790	0,175917
B1	0,135748	0,098920	0,121596	0,153898	0,152328	0,152944
B2	0,154309	0,137741	0,152265	0,175502	0,155975	0,161523
E1	0,139060	0,10582	0,119099	0,157301	0,156847	0,157916
E2	0,163834	0,141407	0,164107	0,192977	0,175871	0,129671
E3	0,176331	0,11347	0,168560	0,191356	0,159723	0,155107
E4	0,190600	0,188865	0,193391	0,215711	0,172610	0,170564
E5	0,166312	0,158655	0,173561	0,182878	0,168336	0,155895
D1	0,132795	0,103440	0,130932	0,161624	0,155704	0,163668
D2	0,157961	0,16817	0,186836	0,127192	0,176391	0,134504
D3	0,194596	0,115925	0,162638	0,155490	0,150641	0,139945
D4	0,181445	0,17678	0,193644	0,144354	0,138307	0,134554
F1	0,132339	0,105621	0,123965	0,167991	0,119699	0,163798
F2	0,167691	0,157041	0,178716	0,204281	0,173099	0,166673
F3	0,191284	0,18146	0,191578	0,210543	0,173550	0,173990
F4	0,186649	0,178715	0,192482	0,206984	0,168879	0,170914
F5	0,181853	0,169946	0,164118	0,198550	0,166433	0,168922
F6	0,161844	0,16351	0,173649	0,188593	0,165974	0,157415
A1	0,115611	0,092515	0,117021	0,155990	0,155254	0,162808

DATUM 26/03/91

AFSTAND	DIEPTES					
	1	2	3	4	5	6
C1	0,187412	0,151961	0,136631	0,155476	0,153948	0,172104
C2	0,191926	0,160198	0,151501	0,167960	0,154780	0,164920
C3	0,194134	0,159358	0,152175	0,104363	0,164154	0,175508
B1	0,186788	0,144799	0,128044	0,152507	0,147668	0,158556
B2	0,189248	0,150532	0,143468	0,166273	0,153758	0,157109
E1	0,190802	0,155230	0,135959	0,159472	0,153010	0,162595
E2	0,196606	0,163367	0,152385	0,169296	0,153879	0,131421
E3	0,198761	0,167107	0,162590	0,184143	0,158480	0,159621
E4	0,196908	0,170743	0,167262	0,189281	0,160113	0,165061
E5	0,196179	0,169050	0,162107	0,188760	0,159279	0,156498
D1	0,181965	0,142320	0,136667	0,158254	0,151598	0,159214
D2	0,185183	0,154412	0,158345	0,178317	0,159896	0,138378
D3	0,187176	0,162409	0,164158	0,182185	0,159773	0,135065
D4	0,188451	0,164446	0,100567	0,107653	0,123863	0,131100
F1	0,179185	0,133236	0,122557	0,157985	0,151918	0,160117
F2	0,186964	0,148308	0,147609	0,175051	0,154688	0,171785
F3	0,191092	0,159419	0,160388	0,185031	0,156503	0,167779
F4	0,200273	0,170871	0,171229	0,190565	0,162668	0,124533
F5	0,199619	0,170454	0,158388	0,197049	0,166935	0,163955
F6	0,197849	0,171147	0,167156	0,194838	0,163639	0,162391
A1	0,176423	0,128408	0,104367	0,147603	0,120507	0,158530

KODES T.O.V WATERDATA

A - 0,80M	A1 - 20,0 CM VAN PLANT	D1 - 12,5 CM VAN PLANT
B - 1,00M	B1 - 12,5 CM VAN PLANT	D2 - 25,0 CM VAN D1
C - 1,50M	B2 - 25,0 CM VAN B1	D3 - 25,0 CM VAN D2
D - 2,00M	C1 - 12,5 CM VAN PLANT	D4 - 25,0 CM VAN D3
E - 2,50M	C2 - 25,0 CM VAN C1	E1 - 12,5 CM VAN PLANT
F - 3,00M	C3 - 25,0 CM VAN C2	E2 - 25,0 CM VAN E1
E3 - 25,0 CM VAN E2		1 - 00 tot 30 CM DIEP
E4 - 25,0 CM VAN E3		2 - 30 tot 60 CM
E5 - 25,0 CM VAN E4		3 - 60 tot 90 CM
F1 - 12,5 CM VAN PLANT		4 - 90 tot 120 CM
F2 - 25,0 CM VAN F1		5 - 120 tot 150 CM
F3 - 25,0 CM VAN F2		6 - 150 tot 180 CM
F4 - 25,0 CM VAN F3		
F5 - 25,0 CM VAN F4		
F6 - 25,0 CM VAN F5		

Tabel 13 Worteldata soos geneem by blom. Die lengte wortels in sentimeter in 'n grondkolom van dertig sentimeter by vyf komma nul vyf sentimeter.

0,8 M RY (A1)

DIEPTE	WORTELLENGTE
1	112,0
2	52,0
3	26,3
4	31,5
5	24,7
6	8,7

1,0 M RY (B1)

DIEPTE	WORTELLENGTE	(B2) DIEPTE	WORTELLENGTE
1	16,3	1	26,0
2	46,7	2	16,0
3	48,5	3	15,5
4	25,0	4	4,5
5	14,7	5	6,5
6	35,0	6	3,3

1,5 M RY (C1)

DIEPTE	WORTELLENGTE	(C2) DIEPTE	WORTELLENGTE
1	37,5	1	39,5
2	5,6	2	16,8
3	26,3	3	12,3
4	31,5	4	18,6
5	9,7	5	15,7
6	7,0	6	4,0

Tabel 13 Vervolg

(C3)
DIEPTE WORTELLENGTE

1	32,5
2	15,5
3	15,8
4	27,5
5	6,3
6	12,0

2,0 M RY (D1) (D2)
DIEPTE WORTELLENGTE DIEPTE WORTELLENGTE

1	67,3	1	61,5
2	32,3	2	22,5
3	15,5	3	20,25
4	66,0	4	14,5
5	5,7	5	43,8
6	8,0	6	6,0

(D3) (D4)
DIEPTE WORTELLENGTE DIEPTE WORTELLENGTE

1	12,3	1	31,3
2	10,8	2	6,5
3	4,4	3	17,0
4	6,8	4	10,3
5	44,3	5	9,0
6	2,7	6	2,0

2,5 M RY (E1) (E2)
DIEPTE WORTELLENGTE DIEPTE WORTELLENGTE

1	45,8	1	25,0
2	53,0	2	10,5
3	31,0	3	22,3
4	18,3	4	9,5
5	20,8	5	24,3
6	33,7	6	13,0

(E3) (E4)
DIEPTE WORTELLENGTE DIEPTE WORTELLENGTE

1	13,5	1	23,3
2	13,3	2	14,3
3	7,0	3	10,7
4	6,0	4	11,3
5	57,8	5	5,0
6	3,7	6	12,3

Tabel 13 Vervolg

(E5)	
DIEPTE	WORTELLENGTE
1	12,0
2	2,7
3	6,0
4	12,3
5	16,7
6	15,0

3,0 M RY (F1)		(F2)	
DIEPTE	WORTELLENGTE	DIEPTE	WORTELLENGTE
1	45,5	1	36,7
2	48,3	2	33,0
3	43,8	3	52,5
4	28,5	4	29,3
5	36,3	5	40,7
6	11,3	6	18,0

(F3)		(F4)	
DIEPTE	WORTELLENGTE	DIEPTE	WORTELLENGTE
1	20,0	1	17,6
2	8,8	2	6,3
3	5,7	3	1,8
4	21,3	4	11,5
5	11,3	5	5,3
6	5,5	6	7,6

3 M(F5)		(F6)	
DIEPTE	WORTELLENGTE	DIEPTE	WORTELLENGTE
1	12,3	1	11,8
2	18,0	2	10,0
3	0,8	3	4,0
4	6,0	4	2,5
5	7,7	5	26,0
6	13,6	6	2,0

DIE WORTELS IS GETEL UIT KERNE VAN 30 X 5,5 CM

Tabel 14 Die volumetriese waterinhoud (cm^3/cm^3) geneem met plantdatum by die proefperseel.

Grond diepte	Volumetriese water inhoud
00-30 CM	0,115
30-60 CM	0,095
60-90 CM	0,084
90-120 CM	0,106
120-150 CM	0,121
150-180 CM	0,181

HOOFSTUK 6

ALGEMENE BESPREKING EN GEVOLGTREKKING

INLEIDING

In die studie is die filosofie van die klassieke optimum-reduksiemetode gevolg waar gepoog word om net een faktor te laat verander of te reduceer. Brockington (1979) toon dat die benadering komplekse gewasproduksie-interaksies verminder.

Die evaluering van CERES-Maize in die Wes-Transvaalse konteks is drieledig behandel deur die algemene tekort aan genetiese parameters aan te spreek en die fenologiese voorspellingswaarde sowel as die invloed van rywydtes op CERES-Maize te bepaal.

Die strategie van die studie was om met behulp van 'n literatuurstudie eerstens die dele van CERES-Maize te identifiseer wat hoofsaaklik hierdie faktore aanspreek. Daaropvolgend is CERES-Maize gekoppel aan 'n nie-lineêre optimiseringsprogram om simulasietekorte in CERES-Maize d.m.v. die genetiese parameters van CERES-Maize te identifiseer. Die simulasietekorte soos geïdentifiseer in die gevolgtrekkings van Hoofstukke 2 en 3 is gebruik om die plantdatumproef (Hoofstuk 4) en die rywydteproef (Hoofstuk 5) te inisieer. Die proefresultate van die twee proewe is gebruik om die PHENOL en GROSUB subroetine te modifiseer. Uit die gevolgtrekkings van Hoofstukke 4 en 5 is gedeeltes van die model geïdentifiseer wat verdere evaluering

benodig.

LITERATUURSTUDIE

Hodges & Evans (1990) het uitgewys dat die invloed van rywydtes in die PCARB funksie van die GROSUB subroetine vervat word. Die funksie gebruik plantpopulasie, BOI, PAR en UK om PCARB te bereken. UK word direk beïnvloed deur rywydte (Van den Berg, 1987). PHENOL subroetine word hoofsaaklik gebruik vir fenologiese voorspellings (Jones & Kiniry, 1986). Coetzee & Koen (1985) sowel as Eicker (1979) toon dat die gebruik van hitte-eenhede vir akkurate fenologiese-voorspellings bevraagteken word in die klimaatstreek, veral ten opsigte van blom.

Die PCARB funksie soos omskryf in vergelyking (25) van Hoofstuk 2 beïnvloed die totale simulasiëproses en daarom is die evaluering van die vergelyking prioriteit.

NIE-LINEÊRE OPTIMISERING

Tans is meer as 40 kommersiële cultivars op die mark, waarvan die genetiese parameters vir 'n beperkte aantal beskikbaar is. Die waardes kan van bestaande fenologiese en opbrengswaardes bereken word. NETCAL (Figuur 1 van Hoofstuk 3) is die beste metode om genetiese parameters af te lei, omdat al die genetiese parameters met beproefde statistiese metodes, gelyktydig en outomaties gekalibreer word. Tabel 2 van Hoofstuk 2 toon dat P1 (aantal

geakkumuleerde hitte-eenhede van opkoms tot einde jeugstadium) en G2 (maksimum aantal pitte per plant) noemenswaardig verhoog het t.o.v. die gemete waardes. P1 is 'n fenologiese genetiese parameter en G2 'n opbrengs genetiese parameter, wat onderskeidelik 'n invloed het op die PHENOL en die GROSUB subroetines. NETCAL het in die optimiseringsproses die fenologiese simulasietekorte herskyf na P1 en die opbrengs simulasietekorte in GROSUB na G2. In Hoofstuk 3 se Resultate en Bespreking word blaarverskyningstempo in PHENOL en die onvermoë om meerkoppighied te simuleer in GROSUB, afgelei as simulasietekorte.

Met behulp van NETCAL is die PHENOL en GROSUB subroetine geïdentifiseer om geëvalueer te word. PHENOL is geëvalueer deur aanplantings te doen by 21 plantdatums en GROSUB deur 'n aanplanting van ses rywydtes.

PLANTDATUMPROEF

Van die 7de September tot die 25ste Januarie is drie verskillende groeiseisoenlengte kultivars weekliks aangeplant. Die kalibrasie van die vergelykings in Tabel 1 van Hoofstuk 4 van die PHENOL subroetine was gerig op nie genetiese of kultivarspesifieke faktore. 'n Kort, medium en lang groeiseisoen kultivar is derhalwe gebruik om te bevestig dat die veranderings aangebring nie kultivarspesifiek is nie. Een stel genetiese parameters per kultivar is bepaal na 'n omvattende plantfenologiese studie gedoen is.

Volgens CERES-Maize se algoritme t.o.v. blaarinisiasie, bepaal dat met 'n toename in fotoperiode (blaarinisiasie), aantal blare geïnisieer verhoog word, maar Figuur 1 van Hoofstuk 4 toon na 'n fotoperiodiese drumpelwaarde van 14,2 uur oorskry is minder blare geïnisieer word. Geen literatuur is gevind wat die boonste fotoperiodiese drumpelwaarde omskryf nie. Die toepaslike waarde van CERES-Maize verhoog met die inbou van die drumpelwaarde in PHENOL (Tabel 1 van Hoofstuk 4), omdat die aanplantings van kommersiële droëland mielies in die Wes-Transvaal sodanig plaasvind dat die jeugstadium bereik word na die drumpelwaarde van 14,2 uur oorskry is.

Die veranderings (Tabel 1 van Hoofstuk 4) wat in PHENOL ingebou is, het CERES-Maize se fenologiese voorspellingswaarde verbeter soos aangetoon in Figure 2 en 3.

RYWYDTEPROEF

Die proef het bestaan uit ses rywydtes van onderskeidelik 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 en 3,0 meter. Produksiestudies is op die proef uitgevoer. CERES-Maize se berekening van die UK toon 'n negatiewe korrelasie met die gemete waardes (Tabel 1 in Hoofstuk 5). Die UK funksie is derhalwe herskryf (vergelyking (5) in Hoofstuk 5) om vir plaaslike toestande te kompenseer. Hierdie verandering het grondwater- (Tabel 2 in Hoofstuk 5) en veral groeismulasie (Figure 1,2,3 in Hoofstuk 5) aansienlik verbeter. Tydens die evalueringsproses is gevind dat die verskil in

opbrengs tussen rywydtes toegeskryf kan word aan die opbrengs van die tweede kop. Uit die studie is die onvermoë van CERES-Maize om die tweede kop te simuleer uitgewys as die rede waarom die model swak by wye rye simuleer. Met die inbou van 'n funksie wat die waarskynlike opbrengs van die tweede kop in berekening bring die D-indeks verhoog van 0,63 na 0,95 (Figuur 4 van Hoofstuk 5).

SAMEVATTEND

Met behulp van die literatuurstudie en NETCAL was dit moontlik om die proewe te beplan wat gelei het tot 'n hoë mate van simulasiëverbetering. Uit die NETCAL studie is aangetoon dat meerkoppigheid nie deur CERES-Maize gesimuleer kan word nie, terwyl uit die Rywydteproef dieselfde tekort geïdentifiseer is.

Die projek het 'n weergawe van CERES-Maize gelever wat 'n beter voorspellingswaarde het vir die Westelike-Hoëveld en meer besonder vir die Wes-Transvaal.

Die volgende faktore is geïdentifiseer as simulasietekorte:

- Omdat CERES-Maize ontwikkel is onder nou rywydte en hoë plantpopulasiekombinasies word horisontale grondwaterontrekking tussen die rye nie gesimuleer nie. In Wes-Transvaal is dit 'n belangrike faktor en dit word ondersteun in Tabel 2 van Hoofstuk 5 waar die D-indeks afneem met 'n toename in rywydte.
- Figuur 3 van Hoofstuk 5 toon dat CERES-Maize stammasa

ondervoorspel en nie die afname in stammasa tydens graanvul kan simuleer nie. Die simulase van die beweging en die verspreiding van droëmasa van veral die stam is 'n aspek wat verdere aandag sal moet geniet.

- Carberry, Muchow & McCown (1989) het van 'n hoë-insetproef met 'n plantpopulasie 70 000 plante per hektaar 'n opbrengs van 8 ton per hektaar gelewer. Die plantdatumproef (Hoofstuk 4) met 'n plantpopulasie van 20 000 plante per hektaar het 'n opbrengs van 9,7 ton per hektaar gelewer, waar die opbrengs van die tweede kop en die spruite 53% van die totale opbrengs gelewer het. 'n Meer meganistiese benadering wat meerkoppigheid en spruitvorming kan simuleer benodig verdere ontwikkeling.

LITERATUURVERWYSINGS

- BROCKINGTON, N.R., 1979. Computer modelling in Agriculture. Oxford University Press, Great Britain.
- CARBERRY, P.S., MUCHOW, R.C. & McCOWN, R.L., 1989. Testing the Ceres maize simulation model in a semi-arid tropical environment. Field Crop Research, 20: 297-315.
- COETZEE, J.J. & KOEN, I.F., 1985. Nasionale Cultivarproewe met Kommersiële mieliecultivars. Departement van Landbou en Watervoorsiening.
- EICKER, R., 1979. Die ondersoek van die invloed van temperatuur en straling op die blomtyd van mielies te Potchefstroom. M.Sc. Agric., U.O.V.S., Bloemfontein.
- JONES, C.A. & KINIRY, J.R., 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas A & M University press, College Station.
- HODGES, T. & EVANS, D.W., 1990. Light interception model for estimating the effects of row spacing on plantcompetition in maize. J. Prod. Agric, 3(2):190:195

HOOFSTUK 7

OPSOMMING

Die drieledige doel van die studie was om die wenslikheid te ondersoek om genetiese parameters d.m.v. nie-lineêre optimisering te bepaal. Tweedens om CERES-Maize fenologies te evalueer en derdens die invloed van rywydtes op die voorspellingswaarde van die model te bepaal. Die GROSUB en PHENOL subroetines is gemodifiseer om die model se voorspellingswaarde te verbeter vir die Wes-Transvaal.

Proef 1

Nie-lineêre regressie as alternatiewe metode om die genetiese parameters van CERES-Maize te bepaal is geëvalueer. NETCAL is 'n nie-lineêre optimiseringsprogram wat Nelder en Mead (1965) se metode gebruik vir optimisering. Die geoptimaliseerde parameters het CERES-Maize se voorspellingswaarde verbeter. Moontlike simulasetekortkominge in CERES-Maize is deur NETCAL uitgewys. Die potensiële gebruik van NETCAL word bepaal deur die vaardigheid van die modelleerder.

Proef 2

Gewasgroeimodelle is voorgestel as hulpmiddel om blomdatum in die Wes-Transvaalse mielieproduksiegebiede te voorspel om sodoende die plantdatum te manipuleer om die effek van die midsomerdroogte tydens blomstadium te verminder. CERES-Maize V2.1 word onafhanklik geëvalueer en sekere veranderings word aangebring om

die fenologiese voorspellingswaarde te verhoog. PNR 6363, PNR 473 en A 1849 W is oor 21 plantdatums aangeplant. PNR 473 is gebruik om die modifikasies t.o.v. blaarverskyning en blaarinisiasie aan te bring, terwyl die ander twee cultivars gebruik is om te verifieer dat die modifikasies nie cultivarspesifiek is nie. Die veranderinge aan die PHENOL subroetine het CERES-Maize se fenologiese voorspellingswaarde vir die Wes-Transvaal verbeter.

Proef 3

Proewe is in die Wes-Transvaal uitgevoer om die effek van ses rywydtes op CERES-Maize uitgawe 2.1 te evalueer. Die simulاسie van die uitdowingskoëffisiënt (UK) was onakkuraat en die vermoë om vir meer as een kop en spruitvorming te simuleer, ontbreek. Die inbou van 'n verbeterde UK vergelyking en tweedekopsimulasie in die GROSUB subroetine het die model se voorspellingswaarde verbeter by wye rye (0,8 tot 3,0 meter) en in lae plantpopulasie (1,5 plante/m²). Die veranderinge maak CERES-Maize meer toepaslik vir die klimaatzone. 'n Meer meganistiese benadering tot kompenserende groei en die verspreiding van droëmateriaal onder verskillende verbouingspraktyke, sal verder ondersoek moet word.

Die studie het nie alleen CERES-Maize se voorspellingswaarde verhoog nie, maar ook bestaande kennis is uitgebrei oor die invloed van die Wes-Transvaal klimaat en verbouingspraktyke op die mielieplant.

DANKBETUIGINGS

My opregte dank en waardering aan die volgende persone en instansies:

Die Departement van Landbou-Ontwikkeling wat die studie vir my moontlik gemaak het.

Prof. J.J Human vir sy waardevolle hulp, leiding en raad.

Prof. J. Booysen vir sy waardevolle hulp, leiding en raad.

Hiermee wil ek graag my dank uitspreek vir die hulp en bystand wat ek verkry het, van die Cultivarevaluasie werkspan, gedurende die studietydperk.

Mnr P.J. van Rooyen vir die skryf van NETCAL en onbaatsugtige hulp, waarsonder die studieprojek nie sou kon plaasvind nie.

Mnr W.J. van den Berg se leiding en raad by die ontwikkelingswerk van CERES-Maize.

Mej M. du Toit se hulp by die insameling van data.

My vrou vir haar belangstelling en ondersteuning.

Aan my Skepper vir die besondere geleenthede en talente wat Hy aan my geskenk het