

INVLOED VAN VOG- EN LIGSTREMMING OP DIE ONTWIKKELING EN
BIOPRODUKTIVITEIT VAN *GLYCINE MAX (L) MERR.* GENOTIPES VAN
VERSKILLENDE VOLWASSENHEIDSGROEPERINGS.

Willem Daniel Jonker

B.Sc Honns

Verhandeling voorgelê ter gedeeltelike nakoming van die vereistes vir die graad
Magister Scientiae in die Fakulteit Natuurwetenskappe (Skool vir
Omgewingswetenskappe en Ontwikkeling) aan die Potchefstroomse Universiteit
vir Christelike Hoër Onderwys.

Studieleier: Prof. G.H.J. Krüger

Mede-studieleier: Dr. M.A. Smit

Potchefstroom
2000

OPSOMMING

Gedurende die 1997/98 en 1998/99 groeiseisoene is proewe uitgevoer om (1) die invloed van vog-en ligstremming op sojaboonontwikkeling en bioproduktiwiteit te ondersoek, (2) 'n databasis te skep om gerekenariseerde gewasmodelle te kalibreer en (3) moontlike droogteverdraagsame cultivars sowel as die meganisme van droogte-ontwyking te identifiseer. Vir die 1997/98 groeiseisoen is 'n vroeë-, medium- en laatvolwasse cultivar, onderskeidelik Columbus, A5409 en Ibis, onder besproeiing en droëland op Brits en Potchefstroom geplant. Vir die 1998/99 groeiseisoen is A5409 en Ibis onder reënskerms op Roodeplaat LNR Navorsingsinstituut vir Grond, Klimaat en Water geplant met 'n optimum-, laeligstres-, reën- en vogspanningsbehandeling. Optimum- en laeligpersele is deurgaans by veldkapasiteit gehou terwyl laeligpersele slegs 20% van die normale ligintensiteit ontvang het. Die reënpersele het slegs reën ontvang terwyl die vogspanningspersele permanent aan droogte onderwerp is en slegs besproei is wanneer die plante begin afsterf het. Groei-analisetegnieke in samehang met fisiologiese en vogstudies is gebruik om bogenoemde doelstellings te bereik. Resultate het aangetoon dat waterbeskikbaarheid minder as 450 mm per seisoen oesverliese tot gevolg het tot by die ekonomiese drumpelwaarde van 1,5 ton/ha. Die saadopbrengskomponente wat bygedra het tot opbrengsverliese was, aantal peule per plant, aantal sade per peul en saadmassa. Verder was die cultivar Ibis meer bestand teen droogte as A5409 omdat dit beskikbare grondvog beter kon onttrek as A5409. Ligintensiteit 20% van die normale het blom- en peulvorming versnel en biomassaproduksie vir A5409 en Ibis met onderskeidelik 50% en 0% verlaag. Verliese in saadopbrengs weens laeligintensiteit was onderskeidelik 52% en 58% vir A5409 en Ibis. Laeligintensiteit het verder geen betekenisvolle invloed op saadmassa gehad nie. Die chlorofilfluorensiedata het aangetoon dat droogte fotosistiem II reaksiesentrums deaktiveer met gepaardgaande toename in effektiwiteit van die oorblywende reaksiesentrums. Laeligintensiteit het die digtheid van die reaksiesentrums per blaarseksie verhoog met gepaardgaande toename in kwantumverbruikseffektiwiteit.

ABSTRACT

Trials were conducted during the 1997/98 and 1998/99 growing seasons to determine (1) the influence of drought and low light stress on soybean development and productivity, (2) to set up a data base to calibrate computerised crop models and (3) to identify possible drought avoidant cultivars as well as the mechanism of drought avoidance. During the 1997/98 season cultivars from an early, intermediate and late maturity group namely Columbus, A5409 and Ibis respectively, were planted under dryland and irrigation conditions at Brits and Potchefstroom. During the following season A5409 and Ibis were planted under rain shelters at Roodeplaat ARC Institute for Soil, Climate and Water. The treatments consisted of optimal plots, low-light-plots, rain-only-plots and water deficit plots. The optimal and low light plots were kept at field capacity with the low light plots only receiving 20% of the normal light intensity during the entire duration of the season. The rain-only-plots received rain as only means of irrigation, while the water deficit plots received neither rain nor irrigation and were only irrigated when plants started to die off. Growth-analysis techniques in conjunction with physiological and water studies were used to achieve the above mentioned goals. Results indicated that less than 450 mm seasonal soil water caused yield losses to the extend of the economical threshold value of 1,5 tons/ha. The yield components that contribute to this loss were pods per plant, seeds per pod and seed mass. The cultivar Ibis was less susceptible to drought than A5409, because of its ability to extract available soil moisture much deeper and more effectively. Low light intensity caused hastening of flower and pod formation and a loss of 50% biomass for A5409, but 0% loss for Ibis. Loss in yield due to low light was 52% for A5409 and 58% for Ibis respectively although low light intensity had no significant effect on seed mass. Chlorophyll fluorescence data indicated that drought deactivates photosystem II reaction centres with an concomitant increase in the efficiency of the remaining reaction centres. Low light intensity caused an increase in the density of reaction centres and resulted in an increase in the quantum use efficiency.

Sleutelwoorde : *Glycine max*, vogstremming, ligstremming, groei-analise, chlorofilfluoressensie, droëland, besproeiing, waterverbruikseffektiwiteit, volwassenheidsgroepering, droogte-ontwyking.

Keywords : *Glycine max*, water deficit, low light stress, growth analysis, chlorophyll fluorescence, dryland, irrigation, water use efficiency, maturity group, drought avoidance.

BEDANKINGS

Ek rig my gewaardeerde erkenning aan die volgende persone en instansies:

- * Prof. G.H.J. Krüger as studieleier, vir sy volgehoue leiding deur my studiejare.
- * Dr. M.A. Smit as mede-studieleier, vir sy volgehoue steun en leiding.
- * My ouers vir belangstelling en opoffering deur die studiejare en my vrou, Cara, vir haar ondersteuning en aanmoediging.
- * Die Ferdinand Postma Biblioteek en Hoëveldstreek Biblioteek vir uitmuntende dienslewering gedurende versameling van literatuur.
- * Mnre. Gawie de Beer, Jan Erasmus, Braam van Staden en Me. Heila Grobler vir hulle kundige raad en vir die aanplant en versorging van die proewe.
- * Dr. T.P. Fyfield en Mnr. Rudolf Burger vir data insameling en versorging van die proewe gedurende die 1998/99 groeiseisoen te Roodeplaat.
- * Mnr. P.D.R. van Heerden vir leiding tydens die laboratoriumontledings en verwerking van data.
- * Die **Proteïen Navorsings Trust (PNT)** vir die befondsing van die navorsing.

Bo alles dank en eer aan my Hemelse Vader vir verstandelike vermoëns en daaglikse krag om hierdie studie te kon uitvoer.

Ek dra hierdie skripsie op aan my moeder, Elsa Jonker, wat oorlede is gedurende my laaste studiejare.

LYS VAN AFKORTINGS

Ψ_0	Moontlikheid dat 'n gevangde eksiton 'n elektron na die elektrontransportketting sal oordra
ϕE_0	Effektiwiteit waarmee 'n geabsorbeerde foton 'n elektron na die elektrontransportketting oordra
ABS/CS	Absorpsie per blaarseksie
ABS/RC	Absorpsie per reaksiesentrum
CNCER	Kumulatiewe netto koolstofdioksieduitruilkapasiteit
dpm	Dele per miljoen
DE	Datum van opkoms
ET	Evapotranspirasie
ET ₀ /CS	Elektrontransport per blaarseksie
ET ₀ /RC	Elektrontransport per reaksiesentrum
ETR	Elektrontransporttempo
F	Proporsie PAR opgevang
F _m	Maksimum fluoressensie
F ₀	Aanvangsfluoressensie
F _v /F _m = ϕ_{PO}	Kwantumopbrengs van primêre fotochemie
G _s	Stomatale geleiding
ha	Hektaar
IRGA	Infrarooigasanaliseerder
KBV	Kleinste betekenisvolle verskil
LAI	Blaararea-indeks
LNR	Landbounavorsingsraad
IGKW	Instituut vir Grond, Klimaat en Water
MG	Volwassenheidsgroep
NSCP	Nasionale Sojaboon Cultivarproewe
O.D	Optiese digtheid
PAR	Fotosintetiese aktiewe straling

Φ_{PO}	Kwantumopbrengs van primêre fotochemie
P_N	Nettofotosintese
PPFD	Fotosintetiese fotonvloeddigtheid
PS2	Fotosisteem 2
Q_B	sekondêre elektronontvanger van PS2
Q_p	Fotochemiese blussing
R1	Vroeë blomstadium
R2	Laat blomstadium
R3	Vroeë peulvormingstadium
R4	Laat peulvormingstadium
R5	Vroeë peulvulstadium
R6	Laat peulvulstadium
R7	Fisiologiese volwassenheid
R8	Oesgereedstadium
RC/CS	Reaksiesentrum per blaarseksie
RSA	Republiek van Suid - Afrika
RUE	Stralingsverbruikseffektiwiteit
RWC	Relatiewe waterinhoud
T	Transpirasie
TR_0/CS	Elektronvangs per blaarseksie
TR_0/RC	Elektronvangs per reaksiesentrum
V	Vegetatiewe groeistadia
VC	Saadlobstadium
VSA	Verenigde State van Amerika
WUE	Waterverbruikseffektiwiteit

INHOUDSOPGAWE

Onderwerp

Bl.

Hoofstuk 1: Inleiding en Probleemstelling

1.	Inleiding en Probleemstelling	1
----	-------------------------------	---

Hoofstuk 2: Literatuuroorsig

2.1	Literatuuroorsig	2
2.1.1	Blaararea-indeks en ligonderskepping	2
2.1.1.1	Groeiwyse	3
2.1.1.2	Plantpopulasiedigtheid	3
2.1.1.3	Ryspasiëring	4
2.1.1.4	Stralingsverbruikseffektiwiteit	5
2.1.2	Vegetatiewe ontwikkeling	6
2.1.2.1	Groeiwyse	9
2.1.2.2	Volwassenheidsgroeperings	10
2.1.2.3	Ryspasiëring, populasiedigtheid en plantdatum	11
2.1.3	Reproduktiewe ontwikkeling	13
2.1.3.1	Groeiwyse	14
2.1.3.2	Blomproduksie en blomtyd	14
2.1.3.3	Biomassaproduksie en saadopbrengs	15
2.1.3.4	Gewasgroeitempo en saadaantal i.t.v. saadopbrengs	16
2.1.3.5	Stremming	17
2.1.3.6	Peulgroei	18
2.1.3.7	Lengte van reproduktiewe periode	19
2.1.3.8	Ryspasiëring en plantpopulasiedigtheid	20
2.1.3.9	Plantdatum vertraging	23
2.1.3.10	Ontblaring	25
2.1.3.11	Lae-ligintensiteit	27
2.1.4	Invloed van temperatuur op groei en ontwikkeling	29
2.1.4.1	Invloed op blomdatum en blomproduksie	29

2.1.4.2	Invloed op groei en ontwikkeling	30
2.1.4.3	Invloed op saadopbrengs	31
2.1.4.4	Invloed op saadkieming en saailinggroeitempo	32
2.1.4.5	Invloed op fotosintese	33
2.1.5	Fotosintese	35
2.1.5.1	Fotosintese en bioproduktiwiteit	35
2.1.6	Stikstoffiksering	37
2.1.6.1	Simbiotiese stikstoffiksering	37
2.1.6.2	Allokering van stikstof	38
2.1.6.3	Invloed van grondvrugbaarheid	40
2.1.6.4	Invloed van temperatuur	43
2.1.6.5	Invloed van versuiptoestande	44
2.1.7	Droogtestres	46
2.1.7.1	Invloed op bioproduktiwiteit	46
2.1.7.2	Invloed op PAR, F en RUE	48
2.1.7.3	Invloed op saadopbrengskomponente	49
2.1.7.4	Invloed op wortelontwikkeling	51
2.1.7.5	Invloed op lengte en groeistadia	52
2.1.7.6	Waterverbruikseffektiwiteit	54
2.1.7.7	Invloed op stomabeheer	55
2.1.7.8	Invloed op stikstoffiksering	58
2.1.7.9	Prolienakkumulering tydens droogtestres	64
2.1.7.10	Chlorofilfluoressensie tydens droogtestres	66
2.2	Doelstellings	69

Hoofstuk 3: Metodes

3.1	Algemeen	70
3.2	Waarnemings	72
3.2.1	Planthoogte	72
3.2.2	Internodes	72
3.2.3	Fenologie	72
3.2.4	Bepaling van blaararea-indeks	75
3.2.5	Bepaling van biomassa	75

3.2.6	Oesdata	77
3.2.7	Ontleding vir prolieninhoud	77
3.2.8	Ontleding vir ureïede, nitrate en aminosure	78
3.2.8.1	Ureïedbepaling	79
3.2.8.2	Nitraatbepalings	80
3.2.8.3	Aminosuurbepaling	80
3.2.9	Chlorofilfluoressensie	81
3.2.10	Stomageleiding	83
3.2.11	Grondvogbepaling en xileemsapvloeimeting	83
3.2.12	Statistiese metodes	84
3.2.13	Weerdata	85

Hoofstuk 4: Resultate en Bespreking

4.1	Resultate (1997/98 groeiseisoen)	87
4.1.1	Planthoogte	87
4.1.2	Internodes	88
4.1.3	Biomassa	88
4.1.4	Gewasgroeitempo	91
4.1.5	Peulaantal	94
4.1.6	Blaararea-indeks	96
4.1.7	Oesopbrengs	98
4.1.8	Oesindeks	99
4.1.9	Massa 100 sade	102
4.1.10	Sade per peul	103
4.1.11	Olïe/Proteïen	105
4.1.12	Fenologie	105
4.1.13	Stomageleiding	108
4.1.14	Blaar- en grondontledings	109
4.1.15	Chlorofilfluoressensie	111
4.2	Resultate (1998/99 groeiseisoen)	119
4.2.1	Planthoogte	119
4.2.2	Blaararea-indeks	119
4.2.3	Biomassaproduksie	121

4.2.4	Peulaantal	123
4.2.5	Ureïede	125
4.2.6	Prolienakkumulering	127
4.2.7	Transpirasie	129
4.2.8	Gewaswaterverbruik	129
4.2.9	Grondvogonttrekking	131
4.2.10	Oesopbrengs	131
4.2.11	Oesindeks	133
4.2.12	Massa 100 sade	135
4.2.13	Groenstam	137
4.2.14	Chlorofilfluoressensie	137
4.2.15	Blaar- en grondontledings	145

Hoofstuk 5: Samevatting en Gevolgtrekking

5.1	Samevatting	146
5.2	Gevolgtrekking	148

Hoofstuk 6: Bibliografie 150

Lys van tabelle

Tabel 3.1	Beskrywing van vegetatiewe stadiums	73
Tabel 3.2	Beskrywing van reprodktiewe stadiums	74
Tabel 3.3	Formules vir berekening van fluoressensie parameters.	82
Tabel 4.1.13.1	Stomageleiding vir Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Brits en Potchefstroom vir die aangetoonde dae na opkoms	108
Tabel 4.1.14.1	Blaar- en grondontledings	109

Tabel 4.1.14.2	Grondontledings van die verskillende cultivars en behandelings	110
Tabel 4.1.15.1	Opsomming van statistiese ontleding van fenomologiese en spesifieke-energievloede vir Columbus, A5409 en Ibis vir Potchefstroom en Brits.	113
Tabel 4.2.13.1	Groenstamwaardes vir A5409 en Ibis vir die verskillende behandelings.	137
Tabel 4.2.14.1	Opsomming van statistiese analise van fenomologiese en spesieke-energievloede	141
Tabel 4.2.15.1	Mineraalsamestelling van A5409 en Ibis vir die verskillende behandelings	145
Tabel 4.2.15.2	Grondontledings vir die reënskermproef	145

Lys van figure

Figuur 3.1	Reënskerm op Roodeplaat wat vir die uitvoer van die 1998/1999 proef gebruik is.	71
Figuur 3.2	Hittepulssensors wat vir die meting van xileemsapvloeï gebruik is.	85
Figuur 3.3	Reënvalverspreiding en daaglikse temperatuur vir Potchefstroom vir 97/98 seisoen.	85
Figuur 3.4	Reënvalverspreiding en daaglikse temperatuur vir Brits vir 97/98 seisoen.	86
Figuur 3.5	Reënvalverspreiding en minimum/maksimum temperatuur vir Roodeplaat vir 1998/99.	86
Figuur 4.1.1 (A&B)	Verandering in planthoogte met tyd na opkoms vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	89
Figuur 4.1.2 (A&B)	Aantal internodes met verloop van tyd na opkoms vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	89

Figuur 4.1.3 (A,B,C,D)	Totale (A), blaar (B), stam + petiool (C) en peulmassaproduksie (D) met verloop van tyd vanaf opkoms vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits.	92
Figuur 4.1.3 (E,F,G,H)	Verandering in totale (E), blaar (F), stam+petiool (G) en peulbiomassaproduksie (H) van Columbus, A5409 en Ibis op Potchefstroom.	93
Figuur 4.1.4 (A&B)	Verandering in gewasgroeitempo met tyd vir Columbus, A5409 en Ibis vir besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	95
Figuur 4.1.5 (A&B)	Verandering in peulaantal met tyd vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	95
Figuur 4.1.6 (A&B)	Verandering in blaararea-indeks met tyd vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	97
Figuur 4.1.7 (A&B)	Oesopbrengs vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	97
Figuur 4.1.8 (A&B)	Oesindeks vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	101
Figuur 4.1.9 (A&B)	Massa 100 sade vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	101
Figuur 4.1.10 (A&B)	Sade per peul vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	104
Figuur 4.1.11 (A&B)	Olíe- en proteieninhoud van saad vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B).	104

Figuur 4.1.12 (A&B)	Fenologiese ontwikkeling van Columbus, A5409 en Ibis op Brits (A) en Potchefstroom (B).	107
Figuur 4.1.15.1 (A&B)	Aanvangsfluoresensie (A) en Prestasie- indeks (B) van Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Potchefstroom op 60 dae na opkoms.	114
Figuur 4.1.15.2 (A&B)	Aanvangsfluoresensie (A) en Prestasie- indeks (B) van Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Potchefstroom op 95 dae na opkoms.	114
Figuur 4.1.15.3 (A&B)	Aanvangsfluoresensie (A) en Prestasie- indeks (B) van Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Brits op 76 dae na opkoms.	115
Figuur 4.1.15.4 (A&B)	Aanvangsfluoresensie (A) en Prestasie- indeks (B) van Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Brits op 93 dae na opkoms.	115
Figuur 4.1.15.5 (A&B)	Relatiewe fenologiese en spesifieke- energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir Columbus op Potchefstroom op 60 (A) en 95 (B) dae na opkoms.	116
Figuur 4.1.15.6 (A&B)	Relatiewe fenologiese en spesifieke- energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir Columbus op Brits op 76 (A) en 93 (B) dae na opkoms.	116

Figuur 4.1.15.7 (A&B)	Relatiewe fenomologiese en spesifieke- energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir A5409 op Potchefstroom op 60 (A) en 95 (B) dae na opkoms.	117
Figuur 4.1.15.8 (A&B)	Relatiewe fenomologiese en spesifieke- energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir A5409 op Brits op 76 (A) en 93 (B) dae na opkoms.	117
Figuur 4.1.15.9 (A&B)	Relatiewe fenomologiese en spesifieke- energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir Ibis op Potchefstroom op 60 (A) en 95 (B) dae na opkoms.	118
Figuur 4.1.15.10 (A&B)	Relatiewe fenomologiese en spesifieke- energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir Ibis op Brits op 76 (A) en 93 (B) dae na opkoms.	118
Figuur 4.2.1 (A&B)	Planthoogte met verloop van tyd vanaf opkoms vir A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanning (Str).	120
Figuur 4.2.2 (A&B)	Blaararea-indeks met verloop van tyd vanaf opkoms vir A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanning (Str).	120
Figuur 4.2.3 (A,B,C,D)	Verandering in totale- (A), blaar- (B), stam + petiool (C)- en peulbiomassaproduksie (D) met tyd van A5409 vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanning (Str).	122
Figuur 4.2.3 (E,F,G,H)	Verandering in totale- (E), blaar- (F), stam + petiool (G)- en peulbiomassaproduksie (H) met tyd van Ibis vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanning (Str).	124

Figuur 4.2.4 (A&B)	Peulaantal van A5409 (A) en Ibis (B) met verloop van tyd vanaf opkoms vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanning (Str).	126
Figuur 4.2.5 (A&B)	Petioolureïedkonsentrasie met verloop van tyd vanaf opkoms vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanning (Str).	126
Figuur 4.2.6.1 (A&B)	Verandering in blaarwaterpotensiaal met verloop van tyd vanaf opkoms vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningpersele (Str).	128
Figuur 4.2.6.2 (A&B)	Prolieakkumulering met verloop van tyd vanaf opkoms vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningpersele (Str).	128
Figuur 4.2.7	Transpirasiewaardes vir (1) direkte vergelyking van A5409 en Ibis in die optimumpersele (Opt), (2) direkte vergelyking van A5409 en Ibis in die vogspanningpersele (Str) en (3) direkte vergelyking van Ibis in die vogspanning (Str)- en reënpersele (Rfd).	130
Figuur 4.2.8 (A&B)	Gewaswaterverbruik van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningpersele (Str).	130
Figuur 4.2.9 (A&B)	Grondvogonttrekking van A5409 (B) en Ibis (A) met verloop van tyd deur die groeiseisoen vir die reënpersele.	132
Figuur 4.2.9 (C&D)	Grondvogonttrekking van A5409 (A) en Ibis (B) met verloop van tyd deur die groeiseisoen vir vogspanningspersele	132
Figuur 4.2.10 (A&B)	Oesopbrengs van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningpersele (Str).	134

Figuur 4.2.11 (A&B)	Oesindeks van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningpersele (Str).	134
Figuur 4.2.12 (A&B)	Massa 100 sade van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningpersele (Str).	136
Figuur 4.2.14.1 (A&B)	Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van A5409 op 69 dae na opkoms.	140
Figuur 4.2.14.2	Relatiewe fenomologiese en spesifieke-energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir A5409 op 69 dae na opkoms soos beïnvloed deur die verskillende behandelings.	140
Figuur 4.2.14.3	Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van A5409 op 85 na opkoms.	142
Figuur 4.2.14.4	Relatiewe fenomologiese en spesifieke-energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir A5409 op 85 dae na opkoms soos beïnvloed deur die verskillende behandelings.	142
Figuur 4.2.14.5 (A&B)	Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van Ibis op 69 dae na opkoms.	143
Figuur 4.2.14.6	Relatiewe fenomologiese en spesifieke-energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir Ibis op 69 dae na opkoms soos beïnvloed deur die verskillende behandelings.	143
Figuur 4.2.14.7 (A&B)	Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van Ibis op 85 dae na opkoms vir die optimum (OptIbis-3), vogspanning (StrIbis-3), laelig (LgIbis-3)- en reënpersele (RfIbis-3).	144

Figuur4.2.14.8	Relatiewe fenomologiese en spesiefieke- energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir Ibis op 85 dae na opkoms soos beïnvloed deur die verskillende behandelings.	144
Figuur4.2.15	Tipiese dagkurwe vir transpirasie van Ibis in die vogspanning (Str)- en reënbehandelings (Rfd).	136

HOOFSTUK 1

INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

Weens plaaslike skaarste in proteïenmeel en aansienlike jaarlikse invoere word sojaboonproduksie in Suid-Afrika sterk aangemoedig. Produksie het plaaslik toegeneem vanaf 60 000 ton, drie jaar gelede, tot 305 000 ton vir 97/98. Ten spyte hiervan was die soja-oliekoekverbruik vir die 1998/99 seisoen 433 400 ton en 'n toename van 11,15% word voorspel vir die komende seisoen. Plaaslike skaarste en die hoë prys van vismeel was verantwoordelik vir die invoer van 416 000 ton soja-oliekoek vir die 1998/99 seisoen (Afma, 1999). Dit is 'n verlies van R499 miljoen aan buitelandse valuta. Met inagneming van bogenoemde het Suid-Afrika egter 'n produksiepotensiaal van meer as 3 miljoen ton sojabone per jaar, terwyl jaarlikse mielieverbruik ongeveer 7 miljoen ton is en die surplus teen 'n verlies uitgevoer word. Indien 25% van die grond gebruik vir mielieproduksie omgeskakel word na sojaboonproduksie sal jaarlikse produksiesyfers vir sojabone opskuif na 0.98 ton vir 'n gemiddelde opbrengs van 1.5 ton/ha. Indien die grond noord van die Oranje Rivier met 'n jaarlikse reënval van meer as 450 mm en met 'n klei-inhoud van meer as 15%, wat nie geskik is vir mielieproduksie nie, ingesluit word by bogenoemde land sal die totale produksie-area vir sojabone op 'n totaal van 1.3 miljoen hektaar staan. Dit is ekwivalent aan 1.9 miljoen ton sojabone per jaar (Smit, 1992).

Weens uitgebreide droogte vir die 98/99 seisoen en gepaardgaande oesverliese het produksiesyfers egter met 'n beraamde 40 000 ton afgeneem. Hierdie afname wys weereens op die noodsaaklikheid van navorsing op droogtestremming. Vir stabiliteit in produksie en verbruik is dit nodig dat die faktore betrokke by saadopbrengsverliese as gevolg van vogstremming bestudeer en aangespreek word. 'n Goeie kennis van morfologiese en fisiologiese eienskappe vir RSA geproduseerde cultivars sal bydrae tot 'n strategie vir stremmingstoleransie.

HOOFSTUK 2

LITERATUUROORSIG

2.1 LITERATUUROORSIG

2.1.1 BLAARAREA-INDEKS (LAI) EN LIGONDERSKEPPING

Die blaararea van 'n plant is deurslaggewend vir ligonderskepping en is dus van direkte belang in oesopbrengs (Sinclair, 1984). Shibles *et al.* (1965) het bevind dat die geabsorbeerde sonstraling 'n funksie van blaararea-indeks (LAI) is, en dat die persentasie ligonderskepping toeneem soos blaararea per eenheidsgrondoppervlakte toeneem. Wells (1991) som die verband tussen LAI en ligonderskepping soos volg op:

- Eerstens bestaan daar 'n semilineêre verband tussen LAI en ligonderskepping voordat die blaredak toemaak.
- Tweedens bestaan daar 'n lineêre verband tussen LAI en ligonderskepping nadat die blaredak toegemaak het, wat daarop dui dat blare begin afval en nie meer 'n bydrae tot fotosintese lewer nie.

Shibles *et al.* (1965) het aangetoon dat persentasie ligonderskepping en biomassa-akkumulasietempo toegeneem het met 'n toename in LAI met 'n draaipunt van 4.0 vir biomassa-akkumulasie en 3.0 vir 95% ligonderskepping. Verder het hulle bevind dat 'n LAI van 3.6 vir 0.25-0.50 cm rypasiëring en 4.2 vir 1.02 m rypasiëring optimum is by 'n plantpopulasie van 260 000 plante/ha. Redelfs *et al.* (1987) het bevind dat daar 'n lineêre en hoogs betekenisvolle korrelasie bestaan tussen LAI en blaargroenheidsindeks wat 'n aanduiding van chlorofilinhoud is. Volgens Wells (1993) is LAI 'n funksie van die totale biomassa geproduseer. Verder beweer Wells (1993) dat LAI en biomassa met oesopbrengs gekorreleer kan word omdat groter LAI beter ligonderskepping tot gevolg het, wat gewasgroeitempo beïnvloed en op sy beurt oesopbrengs. 'n Groter LAI beïnvloed ligonderskepping, gewasgroeitempo, biomassaproduksie en gevolglik saadopbrengs positief (Board *et al.*, 1990). Koller *et al.* (1970) het

aangetoon dat gewasgroeitempo toeneem met 'n toename in LAI. Butterly (1970) wys op 'n lineêre verband tussen LAI en blaararea en toon dat laasgenoemde twee parameters baie goed korreleer. Verder bestaan daar ook 'n lineêre verband tussen LAI, netto-assimilasietempo en gewasgroeitempo met 'n draaipunt by LAI van 4 (Butterly, 1970).

2.1.1.1 Groeiwyse

LAI is groter by laatvolwassecultivars as by vroegvolwassecultivars en dit korreleer met oesopbrengs (Costa *et al.*, 1980; Mayers *et al.*, 1991; Heyns, 1983). Volgens Beaver *et al.* (1985) kan onbepaalde sojaboongenotipes (LAI=6.6) 'n hoër LAI as bepaalde genotipes (LAI=5.9) bereik. Parvez *et al.* (1989) het ook bevind dat onbepaalde genotipes 'n hoër LAI bereik as bepaalde groeiers, maar dat bepaalde groeiers vinniger hul piekbiomassa bereik. Mangan *et al.* (1995) het bevind dat breëblaargenotipes (LAI=3.54) van sojabone 'n betekenisvolle hoër LAI bereik as die smalblaartipes (LAI=3.06). Sojaboon bereik 'n maksimum LAI op die R5-stadium (Koller *et al.*, 1970). Cure *et al.* (1982) beweer dat sojabone onder langdagtoestande 'n hoër LAI produseer as sojabone onder kortdagtoestande weens die feit dat eersgenoemde plante langer vegetatief bly. Verder is 'n afname in LAI by langer fotoperiodes nie so drasties soos by korter fotoperiodes nie (Cure *et al.*, 1982). Mayers *et al.* (1991) het bevind dat LAI groter is as plantdatum met 'n maand vervroeg word relatief tot die optimum plantdatum en dat LAI korreleer met die hoeveelheid PAR deur die plant geabsorbeer.

2.1.1.2 Plantpopulasiedigtheid

Verder het 'n verhoging in plantpopulasie vanaf 200 000-600 000 plante/ha ook aanleiding gegee tot hoër LAI en ligonderskepping en is 'n LAI van 3.9, benodig vir blaredaksluiting, vinniger in die hoë plantpopulasie bereik. Volgens Costa *et al.* (1980) het 'n toename in plantpopulasie 'vanaf 132 000-526 000 plante/ha' 'n toename van 3.6-4.7 in LAI vir 27 cm rypasiëring en 3.5-7.5 vir 76 cm rypasiëring tot gevolg gehad. Wells *et al.* (1993) het bevind dat daar 'n

positiewe korrelasie bestaan tussen ligonderskepping en plantpopulasie ongeag lokaliteit of ryspasiëring.

2.1.1.3 Ryspasiëring

Board *et al.* (1992) het bevind dat ligonderskepping en oesopbrengs van sojabone toeneem soos wat ryspasiëring afneem vanaf 100 cm na 75 cm na 50 cm. Verder beweer Board *et al.* (1990) dat LAI 'n groter invloed op gewasgroeitempo by smal ryspasiëring het as by wye ryspasiëring. Hoër ligonderskepping en LAI in smal ryspasiëring het ook hoër totale biomassa op R5 tot gevolg gehad. Willcott *et al.* (1984) het bevind dat sojabone by smal ryspasiëring (25 cm) 'n hoër LAI waarde (4-5), ligonderskepping en 23 % hoër opbrengs as sojabone in wye ryspasiëring (75 cm) met 'n LAI van 2.5-3.0 getoon het. Board & Harville (1992) het ook bevind dat LAI van sojabone tydens alle groeistadiums in smal ryspasiëring groter is as in wye ryspasiëring en dat 'n LAI van 3.5-4.0 teen blom maksimum opbrengs behoort te verseker. Savoy *et al.* (1992) het ook bevind dat LAI in smal ryspasiëring hoër (5.5 teenoor 4.5) was as by wye ryspasiëring. Board *et al.* (1996) het ook bevind dat sojabooncultivars in smal ryspasiëring 'n groter LAI (van 4.7) bereik as cultivars in medium- en wye ryspasiëring met 'n LAI van onderskeidelik 4.0 en 3.0. Taylor (1980) het egter bevind dat sojabone 'n hoër LAI van 8 bereik in wye ryspasiëring (100cm) as in smal ryspasiëring (25 cm) met 'n LAI van 4.0. Volgens hom het smal ryspasiëring tot gevolg dat die blaredak vinniger toemaak en 'n meer eenvormige LAI tot gevolg het. Verder het sojabone in smal ryspasiëring 17 dae vroeër hul blaredak toegemaak as sojabone in wye ryspasiëring (Willcott *et al.*, 1984). Ligonderskepping en LAI was hoër sowel as 23% hoër saadopbrengs in 25 cm ryspasiëring as 75 cm ryspasiëring (Willcott *et al.*, 1984). Board *et al.* (1990) het bevind dat beter ligonderskepping plaasvind in smal ryspasiëring en dat E-R5 ligonderskepping hoër was sowel as die duur van ligonderskepping. Hierdie verhoogde ligonderskepping (vanaf 54% tot 78%) verklaar ook die hoër LAI van plante in smal ryspasiëring in vergelyking met wye ryspasiëring (Board *et al.*, 1990). Variasie in LAI tussen ryspasiërings was meer prominent tydens die vroeë

reproduktiewe stadia. Board & Harville (1992/93) & Board *et al.* (1992) het bevind dat smal ryspasiëring 'n hoër ligonderskepping (94% teenoor 76% tydens R5) tot gevolg het as gevolg van 'n hoër LAI (5.42 teenoor 4.42 tydens R5) wat totale aantal peule en gewasgroeitempo verhoog en sodoende opbrengs verhoog.

2.1.1.4 Stralingsverbruikseffektiwiteit (RUE)

Board *et al.* (1994) het egter bevind dat plante in 25cm spasiëring 'n laer stralingsverbruikseffektiwiteit (RUE) van 0.50 g/MJ gehad het as plante in 50cm ryspasiëring waar RUE 0.80 g/MJ was. Hierdie laer RUE het 'n laer gewasgroeitempo en peulproduksie tot gevolg gehad (Board *et al.*, 1994). Hulle het bevind dat 25cm ryspasiëring laer opbrengs gehad het as die 50cm as gevolg van swak ligpenetrasie in die plantstruktuur en die produksie van peule en sytakke onderdruk het. Board *et al.* (1994) het ook bevind dat die verhouding van rooi- tot verrooilig hoër was vir 25 cm rye (0.40) as vir 50cm rye (0.28) of die 100cm rye (0.24). Gevolglik het plante in 25cm ryspasiëring nie voldoende gewasgroeitempo en saadopbrengs produseer nie ten spyte van beter ligonderskepping as in die 50 en 100cm ryspasiërings. Hierdie is egter in teenstelling met Savoy *et al.* (1992) wat bevind het dat smal ryspasiëring (0.36 m) hoër RUE van 0.48 g/MJ het in vergelyking met wye ryspasiëring (1.02 m) met 0.35 g/MJ). Muchow (1985) het bevind dat vir alle peulgewasse daar geen afname in F (proporsie PAR opgevang) is voordat fisiologiese volwassenheid bereik word nie. Rochette *et al.* (1995) het bevind dat RUE vir sojabone met 'n LAI groter as 2 ongeveer 2.0 g/ MJ is en dat RUE van sojabone laer is vroeg in die seisoen as laat in die seisoen. Muchow *et al.* (1993) het bevind dat sojabone 'n drastiese afname in RUE toon wanneer fisiologiese volwassenheid intree, alhoewel dit verskil tussen cultivars en plantdatum. Verder het hy bevind dat RUE relatief laag, maar linieër is tydens vroeë vegetatiewe groei en dan toeneem en 'n maksimum bereik teen vol peulvulstadium. Lae RUE -waardes het ook tot gevolg dat laer biomassa geproduseer word (Muchow *et al.*, 1993). Toestande van grondwatersadiging en afname in blaarstikstofinhoud het laer RUE - waardes tot gevolg. Toestande van ongunstige hoë temperature en lae humiditeit

het egter geen invloed op RUE gehad nie (Muchow *et al.*, 1993). Verder het Rochette *et al.* (1995) bevind dat die gemiddelde kumulatiewe netto koolstofdioksieduitruilkapasiteit (CNCER) van sojabone met 'n LAI groter as 1, wissel tussen 0.70 en 0.83 mg/m²/s met 'n maksimum waarde van 1.48 mg/m²/s. Verder het hulle ook bevind dat die CNCER gedurende die nag minder as 20 % die daaglikse waarde is. Mayers *et al.* (1991) het bevind dat 'n LAI van 3.3 nodig is om blaredaksluiting of 95% fotosintetiese aktiewe straling (PAR) -vangs te bereik.

Ter opsomming : LAI is baie belangrik vir ligonderskepping en gevolglik saadopbrengs en 'n LAI van 3.0 is optimaal vir 95% ligonderskepping en 4.0 is die draaipunt vir gewasgroeitempo en biomassaproduksie. Vir 'n plantpopulasie van 250 000 plante/ha is 'n LAI van 3.6 optimaal vir smal ryspasiëngs (25-50 cm) terwyl 'n LAI van 4.2 optimaal is wye ryspasiëring (100 cm). Smaller ryspasiërings en hoër plantpopulasies het 'n toename in LAI, ligonderskepping en gewasgroeitempo tot gevolg. Cultivars met 'n onbepaalde groeiwyse en uit die laat volwasse volwassenheidsgroeierings is instaat om hoër LAI waardes te bereik as bepaalde groeiers en vroegvolwasse cultivars.

2.1.2 VEGETATIEWE ONTWIKKELING

Vegetatiewe ontwikkeling by sojabone word genoteer volgens die metode uiteengesit in Fehr *et al.* (1971). Hiervolgens word die vegetatiewe stadium bepaal deur die aantal nodes op die hoofstam, beginnende by die enkelvoudige node wat 'n volledig oopgerolde blaar het, te tel. Die vegetatiewe stadium word dan genoteer deur 'n V gevolg deur die aantal nodes bv. V1. Volgens Kenig *et al.* (1993) word biomassaproduksiepotensiaal geneties bepaal. Die toenametempo in biomassaproduksie by sojabone is aanvanklik baie stadig, maar neem geleidelik toe tot en met die R1-stadium. Daarna is die daaglikse tempo van biomassa-akkumulasie konstant tot en met die R6-stadium. Vanaf R6.5 neem die

biomassa -akkumulasietempo af totdat dit heeltemal staak teen R6.5 – R7 (Ritchie *et al.*, 1988). Volgens Heyns (1983) het biomassaproduksie na 90 dae begin afneem as gevolg van 'n verlies aan blaar- en petioolbiomassa. Volgens Savoy *et al.* (1992) het 'n cultivar sy maksimum biomassa bereik tydens sy piek LAI, wat 5.5 was, maar hy stel verder dat biomassaproduksie kan toeneem selfs nadat maksimum LAI bereik is. Volgens Heyns (1983) neem blaar-biomassaproduksie linieër toe tot by die piek- en maksimumblaararea-indeks wat tydens R5 word bereik. Hintz (1994) het vasgestel dat blaarbiomassa afneem na R1 terwyl maksimum blaarbiomassa bereik word vanaf R4 – R5. Lugg & Sinclair (1979) het bevind dat die spesifieke blaarmassa afneem soos wat blaararea vergroot maar weer toeneem soos wat blaardikte toeneem. Verder neem spesifieke blaarmassa af wanneer die plant fisiologiese volwassenheid bereik. Lugg & Sinclair (1979) het bevind dat spesifieke blaarmassa en blaardikte afhanklik is van die hoeveelheid sonstraling wat die plant ontvang gedurende die groeiseisoen.

Maksimum stambiomassa word bereik vanaf R5 – R6. Heyns (1983) het bevind dat stambiomassaproduksie amper linieër was tot by piekproduksie. Vanaf R5 word 'n drastiese afname in stambiomassa ondervind. Vanaf R6 neem stambiomassa af (Kenig *et al.*, 1993). Volgens Koller *et al.* (1970) piek blaarbiomassa eerste, gevolg deur peulwandbiomassa en dan saadbiomassa. Genotipes wat baie vertak en van die laat volwassenheidsgroeperings is, besit 'n hoë opbrengspotensiaal (Mehetre & Jamadagni, 1995). Verder het hulle ook bevind dat daar 'n hoogsbetekenisvolle korrelasie bestaan tussen wortel- en stambiomassa, aantal peule en volwassenheidsgroep, wat daarop dui dat lang groeiers 'n groot plantstruktuur vorm wat deur 'n uitgebreide wortelstelsel ondersteun word. Voldoende blaarbiomassa is ook noodsaaklik, veral tydens die kritiese peulontwikkelingsperiode. Lugg & Sinclair (1979) het bevind dat blaararea en blaardikte toeneem gedurende die seisoen en dan konstant bly tot fisiologiese volwassenheid. Spesifieke blaargewig neem konstant toe deur die seisoen en neem dan af sodra die plant fisiologiese volwassenheid bereik (Lugg

& Sinclair, 1979). Mangan *et al.* (1995) het bevind dat smalblaargenotipes van sojabone meer sade per peul produseer as die breëblaartipes. Verder het smalblaartipes ook 'n hoër spesifieke blaargewig geproduseer as breëblaartipes. Mayers *et al.* (1991) het bevind dat die gemiddelde sojaboonplant 13 nodes op die hoofstam vorm. Hoogenboom *et al.* (1987) het bevind dat vorming van nuwe nodes 'n S-groeikurwe volg en dat dit begin afneem na die R2 groeistadium. Produksie van nuwe nodes word gestaak teen die R5- stadium, met ander woorde toename in planthoogte staak ook (Egli *et al.*, 1985).

Scott *et al.* (1989) het bevind dat versuiptoestande 'n afname in biomassaproduksie en planthoogte sowel as gewasgroeitempo tot gevolg gehad het. Volgens Andrade (1995) het 'n afname in die fotoperiode 'n afname in biomassa-akkumulasie tot gevolg. Onder langer fotoperiodes produseer sojabone meer vegetatiewe biomassa as reprodutiewe biomassa, aangesien hulle kortdagplante is. Verder is totale plantproduktiwiteit hoër onder langer fotoperiodes (Cure *et al.*, 1982). Schweitzer (1985) het bepaal dat blootstelling van onbepaalde sojaboongenotipes aan verkorte fotoperiodes, die totale biomassaproduksie drasties laat afneem. Volgens Heitholt *et al.*, (1985) het die verwydering van blomme 'n invloed op biomassa gehad. Dit kan aan die volgende toegeskryf word:

- Waar blomme nie verwyder is nie, bereik plante vinniger die blaar-aborteringstadium.
- Waar blomme verwyder is, produseer plante meer vegetatiewe biomassa en gevolglik word meer hoofstamnodes gevorm.
- Blare, hoofstam en sytakke se biomassaproduksie neem toe.
- Spesifieke blaarmassa neem toe en die aantal blare neem toe, maar blaararea-indeks word nie beïnvloed nie.

Volgens Kenig *et al.* (1993) kan vegetatiewe biomassakonsentrasie, wat die verhouding van varsbiomassa tot droëbiomassa is, in drie fases verdeel word, naamlik:

Eerste fase: die vegetatiewe groeiperiode waartydens vegetatiewe biomassa toeneem tot en met die R1-stadium.

Die **tweede fase** duur voort tot en met R5 – R6, en word gekenmerk deur 'n amper konstante konsentrasie vegetatiewe biomassa.

Die **derde fase** begin tydens blaarabortering en word gekenmerk deur 'n toename in konsentrasie, veral na die R7-stadium.

2.1.2.1 Groeiwyse

Parvez *et al.* (1989) het bevind dat onbepaalde groeiers 'n hoër totale biomassa bereik as bepaalde groeiers terwyl bepaalde groeiers 'n hoër gewasgroeitempo gehandhaaf het. So ook het Mayers *et al.* (1991) bevind dat onbepaalde cultivars die potensiaal besit om meer biomassa as bepaalde cultivars te produseer. Volgens Andrade (1995) het 'n onbepaalde sojaboongenotipe slegs 9 % van sy totale biomassa geakkumuleer tot en met blomtyd. Heyns (1983) het bepaal dat vir 'n onbepaalde genotipe slegs 50% van sy totale vegetatiewe biomassa geproduseer was tot en met vol blom (R2), terwyl vir bepaalde genotipes reeds 77% van hul vegetatiewe biomassa geproduseer was tydens R2. Lin & Nelson (1988) het bevind dat bepaalde genotipes 80% van hul totale planthoogte bereik het teen die R1 groeistadium. Verder het hulle bevind dat onbepaalde genotipes instaat is om dubbeld die planthoogte van bepaalde genotipes te bereik. Onbepaalde genotipes het ook meer nodes op die hoofstam gevorm (Beaver *et al.*, 1985). Wilcox & Frankenberg (1987) het bevind dat bepaalde cultivars 'n hoër oesindeks bereik as onbepaalde cultivars. Beaver *et al.* (1985) het bevind dat onbepaalde genotipes 'n derde meer hoofstambiomassa geproduseer het as bepaalde genotipes. Beaver *et al.* (1985) het bepaal dat maksimum blaarbiomassa vir 'n bepaalde cultivar op 77 – 84 dae na opkoms bereik is, terwyl maksimum petiool- biomassa eers op 84 – 91 dae na opkoms bereik word (Beaver *et al.*, 1985). Cooper & Waranyuwat (1985) het bevind dat onbepaalde cultivars meer gevoelig is vir omval as bepaalde cultivars. Daarbenewens is bepaalde genotipes meer sensitief is vir versuiptoestande as onbepaalde groeiers (Scott, 1989). Verder is die aantal internodes gevorm tussen R1 – R5

minder by bepaalde cultivars, alhoewel hul langer sytakke produseer. Mayers *et al.* (1991) het ook bevind dat bepaalde groeiers minder nodes vorm as onbepaalde groeiers. Wilcox & Frankenberg (1987) bevind dat die internode lengte en gevolglik sytaklengte van bepaalde cultivars oor die algemeen langer is as by onbepaalde cultivars. Onbepaalde groeiers het ook 'n groter omvalwaarde getoon as die van bepaalde groeiers (Wilcox & Frankenberg, 1987). Parvez *et al.* (1989) het bevind dat onbepaalde groeiers sowat 40% hoër groei as bepaalde groeiers en betekenisvol meer nodes en sytakke per plant vorm.

2.1.2.2 Volwassenheidsgroepering

Egli (1997) het bevind dat vroegvolwasse cultivars 'n baie korter lewenssiklus het as laatvolwasse cultivars en dat laasgenoemde cultivars meer vegetatiewe biomassa produseer met hoër stikstof- en styselinhoud teen R6. Egli (1997) het verder ook bevind dat laatvolwasse cultivars laer oesindekse het (0.34) as vroegvolwasse cultivars (0.50) bereik en dat eersgenoemde meer stambiomassa en minder blaarbiomassa produseer as laasgenoemde. Mayers *et al.* (1991) het bevind dat vroegvolwasse cultivars minder vegetatiewe biomassa produseer as laatvolwasse cultivars. Hanway (1971) het bepaal dat blaar, stam- en petioolbiomassa toeneem vanaf vroegvolwassecultivars tot laatvolwasse cultivars. Gevolglik het vroegvolwasse cultivars en bepaalde groeiers 'n hoër oesindeks as laatvolwasse cultivars en onbepaalde groeiers. Kane & Grabau (1992) het bevind dat laatvolwasse cultivars 'n langer peulvulperiode het as vroeë en medium volwasse cultivars vir 'n vroeër plantdatum as die optimum. Hulle het ook bevind dat vroegvolwasse cultivars ongeveer 55% van hul blaredak toegemaak het teen R1 terwyl laatvolwasse cultivars heelwat hoër waardes getoon het. Gevolglik het vroeë cultivars ook 'n laer vegetatiewe biomassa op R5 as wat laat cultivars het. Die aantal nodes op die hoofstam van laatvolwasse cultivars tydens R1 – R2, is meer as vir vroegvolwasse cultivars en dra by tot 'n hoër biomassa produksie (Hoogenboom *et al.*, 1987 ; Mayers *et al.*, 1991).

Ter opsomming : Vegetatiewe-biomassaproduksie neem 'n S-kromme aan en bereik 'n maksimum teen R5-R6. Blaarbiomassaproduksie begin afneem na die R1 groeistadium vir bepaalde groeiers en bereik saam met stambiomassa 'n maksimum op R5. Laatvolwasse cultivars is in staat om meer vegetatiewe biomassa as vroegvolwasse cultivars te produseer. Cultivars met 'n bepaalde groeiwyse het teen R1 ongeveer 80% van hul vegetatiewe-biomassa geproduseer terwyl onbepaalde groeiers teen R1 slegs 50% van hul vegetatiewe-biomassa geproduseer het. Langdag-fotoperiodes bevoordeel vegetatiewe groei en verwydering van blomme bevoordeel ook produksie van vegetatiewe biomassa.

2.1.2.3 Ryspasiëring, populasiedigtheid en plantdatum

Cultivars in smal ryspasiëring produseer 'n hoër totale biomassa per eenheidsoppervlakte as cultivars in medium- en wye ryspasiërings (Board *et al.*, 1996). Board *et al.* (1990) bepaal dat totale biomassa tydens die R5-stadium, sterk deur gewasgroeitempo beïnvloed word. Daar was 'n hoër gewasgroeitempo, vanaf opkoms tot die R5 stadium, in smal ryspasiërings as in wye ryspasiërings (Board *et al.*, 1990). Wells *et al.* (1993) het bevind dat stambiomassa per eenheidsoppervlakte in smal ryspasiëring 55 % hoër was as in wye ryspasiëring. Volgens Board *et al.*, (1990) is sytakbiomassa per eenheidsoppervlakte tydens die R8 stadium hoër in smal ryspasiëring as by wye ryspasiërings vir laat aanplantings. Totale biomassaproduksie in wye ryspasiëring neem vinniger af as in smal ryspasiëring weens laer stralingsverbruikseffektiwiteit in wye ryspasiëring. Sojabone in smal ryspasiërings produseer ook meer stambiomassa per eenheidsoppervlakte as sojabone in wye ryspasiërings (Savoy *et al.*, 1992).

Vegetatiewe biomassa per plant neem toe met 'n afname in plantpopulasie (Udoguchi *et al.*, 1987). Volgens Costa *et al.* (1980) het 'n toename in plantpopulasie vanaf 132 000 plante/ha na 741 000 plante/ha 'n toename in sytakbiomassa per eenheidsoppervlakte en gevolglik 'n toename in totale

biomassa ten gevolg. Hierdie toename in plantpopulasie het egter 'n afname in sytakbiomassa per plant tot gevolg gehad. So ook het Wells (1993) bepaal dat daar 'n lineêre verband bestaan tussen totale biomassaproduksie per eenheidsoppervlakte en plantpopulasie. Boquet (1990) het bevind dat hoofstamlengte per plant toeneem met 'n toename in plantpopulasiedigtheid terwyl aantal vrugbare nodes, aantal peule, aantal sade en saadmassa per plant afneem. Willcott *et al.* (1984) het bevind dat cultivars met hoë plantpopulasies 'n hoër planthoogte bereik as cultivars met laer plantpopulasies. Boquet (1990) het bevind dat omval toeneem soos wat besproeiingsvlak en plantpopulasie toeneem. Verder het 'n toename van 'n lae na 'n hoë plantpopulasie tot gevolg dat sytak vegetatiewe groei en sytakopbrengs per plant afneem (Boquet, 1990).

Andrade (1995) het bepaal dat vertraging van plant met een maand na die optimum planttyd, kleiner plante met lae biomassaproduksie tot gevolg het aangesien die vegetatiewe groeistadia verkort word. Wilcox & Frankenberg (1987) het bevind dat planthoogte, aantal internodes gevorm sowel as die internodelengte drasties afneem met 'n vertraging van die plantdatum met een maand na die optimum, en verder afneem met 'n verdere vertraging van een maand. Planthoogte neem toe met toename in volwassenheidsgroep sowel as met vervroeging van plantdatum met een maand omdat die vegetatiewe groeistadia verleng word (Egli *et al.*, 1985). Verder neem die hoogte van die laagste peule ook toe met volwassenheidsgroep en vervroeging van plantdatum met een maand. Later plantdatums as die optimumplantdatum het tot gevolg dat biomassa-akkumulasie tussen VE en R1 stadiums toeneem, maar afneem vanaf R1 – R5 stadiums. Verder verlaag laatplantdatum planthoogte en veral die stam tot blaar tot petiool verhouding tussen R5 – R7 stadiums omdat die vegetatiewe groeistadia verkort word. Daar was ook 'n tendens vir hoër omval soos wat plantdatum vervroeg is aangesien plante hoër finale planthoogte bereik weens 'n langer vegetatiewe groeiperiode (Wilcox & Frankenberg, 1987). Hoogenboom *et al.* (1987) het ook bevind dat vertraagde saai 'n afname in die aantal nodes tot gevolg het weens 'n verkorting van die vegetatiewe groeifase. Turman *et al.*

(1995) het bevind dat vroeë tot optimumplantdatums wortelgroei inhibeer as gevolg van laer grondtemperature, maar dat dit geen invloed op saadopbrengs het nie. Daar is bevind dat die laatplantdatum 'n hoër worteldigtheid bereik het en dat die meeste wortels in die boonste 28cm van die grondprofiel voorgekom het (Turman *et al.* 1995). Beter wortelontwikkeling tydens laat plantdatums kan volgens Turman *et al.* (1995) toegeskryf word aan hoër grondtemperature later in die seisoen.

Ter opsomming : Totale biomassaproduksie per eenheidsoppervlakte neem toe met 'n toename in plantpopulasie en 'n afname in ryspasiëring. Biomassaproduksie per plant neem egter af soos wat plantpopulasie toeneem en ryspasiëring afneem. Plantdatum later as die optimum het tot gevolg dat die vegetatiewe groeistadia verkort word en korter plante met laer biomassa die gevolg is. Plantdatum vroeër as die optimum het weer 'n verlenging van die vegetatiewe groeistadia tot gevolg met 'n toename in produksie van vegetatiewe biomassa. Later plantdatum as die optimum het egter hoër grondtemperature tot gevolg wat wortelontwikkeling- en groei bevoordeel, terwyl plantdatum vroeër as die optimum weer wortelgroei benadeel weens laer grondtemperature vroeg in die seisoen.

2.1.3 REPRODUKTIEWE ONTWIKKELING

Reproduktiewe ontwikkeling by sojabone is deur Fehr *et al.* (1971) en Fehr & Caviness (1977) soos volg beskryf word :

- R1-R2 : verteenwoordig blomvorming en ontwikkeling.
- R3-R4 : verteenwoordig peul vorming en ontwikkeling.
- R5-R6 : verteenwoordig saadvorming en ontwikkeling.
- R7-R8 : verteenwoordig fisiologies volwassewording en oesgereedheid.

2.1.3.1 Groeiwyse

Reproduktiewe biomassa word volgens 'n lineêre patroon geakkumuleer (Beaver *et al.*, 1985). Die tempo van reprodktiewe biomassa-akkumulasie tussen bepaalde en onbepaalde sojaboon genotipes verskil nie betekenisvol nie (Beaver *et al.*, 1985). Verder het Beaver *et al.* (1985) bevind dat dae tussen R1 – R8 stadiums by bepaalde genotipes nie verskil van onbepaalde genotipes nie. Heindle & Brun (1984) het bevind dat vir 'n onbepaalde groeier die aantal blomme per node die minste onder aan die plant was, meeste bo aan die plant was en gemiddeld tussenin was. Vir bepaalde en onbepaalde groeiers was die abortering van blomme en peule egter die meeste onder aan die plant en die minste bo aan die plant (Heindle & Brun, 1984). Abortering van blomme en peule het ook vinniger plaasgevind onder aan die plant as aan die boonste dele. Saadmassa per node was ook betekenisvol hoër vir die middelste nodes as die onderste of boonste nodes (Heindle & Brun, 1984). Weil *et al.* (1990) het bevind dat bepaalde groeiers 'n groter persentasie saadopbrengs en saadgrootte aan die onderkant van hul plantstruktuur dra as onbepaalde groeiers. By onbepaalde groeiers is die tendens net omgedraai. By onbepaalde groeiers het uitdunning van 37 plante/m² tot 1.3 plante/m² tydens die R4-groeistadium tot 'n 38.2% verhoging in opbrengs gelei, terwyl by bepaalde groeiers slegs 'n 13.8% toename waargeneem is. Verder het Parvez *et al.* (1989) bevind dat onbepaalde cultivars meer peule per plant produseer as bepaalde groeiers. Volgens Beaver *et al.* (1985) het bepaalde genotipes 'n maksimum van 'n derde van die saadmassa op sytakke gedra by 'n plantpopulasie van 450 000 plante/hektaar. Wilcox & Guodong (1997) het bevind dat die oliepersentasie van bepaalde cultivars laer is as die van onbepaalde cultivars.

2.1.3.2 Blomproduksie en blomtyd

Dybing (1994) het bevind dat vegetatiewe gewasgroeitempo en toename in planthoogte 'n negatiewe korrelasie met blomperiode en 'n positiewe korrelasie met aantal blomme en tempo van blomproduksie het. Pfeifer & Pilcher (1987) het bevind dat cultivars wat vroeg blom gouer R7 bereik as cultivars wat laat blom,

terwyl laasgenoemde betekenisvol meer nodes gevorm en groter planthoogte bereik het as eersgenoemde. Verder het laatvolwasse cultivars meer blomme en peule gevorm omdat hul meer nodes en sytakke gevorm het (Wilcox *et al.*, 1995). Verder was die peulvormingsperiode en peulvulperiode van cultivars wat vroeg geblom het, langer as die wat laat geblom het. Cultivars wat later geblom het, het egter 'n hoër saadopbrengs gelewer as cultivars wat vroeg geblom het weens produksie van meer vegetatiewe materiaal (Pfeifer & Pilcher, 1987). Steele & Grabau (1997) het bevind dat relatief vroegvolwasse cultivars hulle peule laer aan die plant dra en meer stroopverlies het as relatief laatvolwasse cultivars. Beaver *et al.* (1985) het bevind dat vroeër reprodutiewe ontwikkeling tot gevolg het dat minder blaararea en vegetatiewe biomassa geproduseer word. In die VSA het vroeër reprodutiewe ontwikkeling tot gevolg dat die saadvulstadium saamval met 'n periode van meer intense ligintensiteit en tweedens dat peulvul saamval met 'n periode van minder vogvariasie (Beaver *et al.*, 1985). Verder het vroeë reprodutiewe ontwikkeling tot gevolg dat die peulvulstadium verleng word en gevolglik saadopbrengs verhoog (Beaver, 1985). Verder is vroeëvolwasse cultivars sensitief vir droogte en hoë temperatuur gedurende vegetatiewe- en peulvormingsperiodes, terwyl laatvolwasse cultivars weer sensitief is vir droogte tydens die peulvulperiode (Kane & Grabau, 1992). Vaughan *et al.* (1989) bepaal dat saadgewig by laatvolwassecultivars laer is as gevolg van laat blom, wat veroorsaak dat die saadvulperiode verkort. Cultivars wat later volwasse word, het 'n korter R7 – R8 periode as vroeëvolwasse cultivars. Wilcox *et al.* (1995) het bevind dat laatvolwasse cultivars 'n langer peulvulperiode, hoër groei, meer vegetatiewe biomassa akkumuleer met meer blare en later volwasse word as vroeëvolwasse cultivars.

2.1.3.3 Biomassaproduksie en saadopbrengs

Beaver (1985) stel dat verskille in opbrengs tussen twee sojaboon genotipes die gevolg is van verskil in tempo van biomassa-akkumulasie per eenheidsoppervlakte. Muchow *et al.* (1993) het ook bevind dat daar 'n lineêre verband bestaan tussen saadopbrengs en bogrondse biomassa tydens R7 vir

alle peulgewasse. Udoguchi *et al.* (1987) het verder bevind dat daar 'n baie goeie korrelasie ($r^2 = 0.83$) bestaan tussen R8 biomassa en oesopbrengs. Board *et al.* (1990) toon dat daar 'n hoogs betekenisvolle korrelasie ($r^2 = 0.90$) tussen R5 biomassa en saadopbrengs is. Board *et al.* (1996) het bevind dat totale biomassa op R5 die beste korreleer met saadopbrengs ($r^2 = 0.55-0.62$) eerder as LAI tydens R5, totale droë massa tydens R7 en ligonderskepping (LI) tydens R5. Verder het hulle ook bevind dat die tempo van blaredaktoemaak by kort groeiers beter korreleer met oesopbrengs as die totale biomassa op R2 en R5.

2.1.3.4 Gewasgroeitempo en saadaantal in terme van saadopbrengs

Volgens Andrade (1995) is gewasgroeitempo verantwoordelik vir die aantal peule wat geset word. Jiang (1995) dui aan dat daar 'n lineêre verband ($r = 0.96$) tussen gewasgroeitempo en aantal sade per plant is. Verder het Egli *et al.* (1991) ook bevind dat daar 'n lineêre verband ($r^2 = 0.86$) tussen gewasgroeitempo en aantal sade per m^2 is. Verder het Salado-Navarro *et al.* (1986) ook bevind dat opbrengs 'n lineêre funksie van saadgroeitempo is ($r^2 = 0.71$) en dat saadgroeitempo 'n swak aanduider van opbrengs is. Beaver (1985) het bevind dat verskille in saadopbrengs die gevolg is van aantal peule gevorm per plant. Heyns (1983) toon dat aantal sade per m^2 en saadgrootte die beste korreleer met opbrengs. Aantal sade korreleer goed met opbrengs ($r^2 = 0.96$). (Heyns, 1983). Verder is die aantal sade per m^2 by sojabone 'n funksie van die fisiologiese kondisie van die plant. Spollen *et al.* (1986) het bevind dat die vorming van proksimale peule aan die blomraseem die ontwikkeling van die distale peule benadeel en die moontlikheid van abortering van distale peule vergroot. Volgens Heyns (1983) het aantal nodes per m^2 en aantal peule per node 'n sterk korrelasie met oesopbrengs. In teenstelling met Spollen *et al.* (1986) het Wallace (1986) het bevind dat daar geen noemenswaardige verskil in saadgroeitempo tussen die verskillende nodes is nie. Verder het Quattara *et al.* (1995) bevind dat daar 'n goeie korrelasie ($r^2 = 0.76$) is tussen die aantal peule per sytak en die aantal sytakke per plant. Aantal sade per plant korreleer baie

goed met aantal sytakpeule, totale aantal peule sowel as aantal twee- en driesadige peule per plant (Quattra *et al.*, 1995).

Ter opsomming : Reproductiewe biomassaproduksie vind volgens 'n linieêre patroon plaas. Cultivars met 'n onbepaalde groeiwyse dra die grootste persentasie blomme en saadopbrengs bo aan die plantstruktuur. Abortering van blomme en peule is die meeste onder aan die plantstruktuur vir beide bepaalde en onbepaalde groeiwyses terwyl vir beide die grootste sade in die middel van die plantstruktuur gevorm is. Verder het onbepaalde groeiers 'n groter toename in saadopbrengs getoon as bepaalde groeiers in reaksie op uitdunning van die plantpopulasie na blomtyd. Bepaalde groeiers dra ongeveer 67% van hul saadopbrengs op die hoofstam terwyl onbepaalde groeiers ongeveer 67% van hul saadopbrengs aan sytakke dra. Goeie korrelasie bestaan tussen biomassaproduksie en saadopbrengs wat daarop dui dat die produksie van voldoende biomassa nodig is om goeie saadopbrengs te verseker. Beter korrelasie bestaan egter tussen aantal peule gevorm en saadopbrengs wat daarop dui dat aantal peule gevorm die belangrikste opbrengskomponent is wat saadopbrengs bepaal.

2.1.3.5 Stremming

Stres gedurende die vroeë reproductiewe stadia by sojabone met 'n onbepaalde groeiwyse het min invloed op saadopbrengs, omdat nuwe peule nog gevorm kan word as stres opgehef word (Andrade, 1995). Troedson *et al.* (1989) het bevind dat versuiptoestande oor die hele groeiseisoen 'n toename in saadopbrengs tot gevolg gehad het weens 'n toename in fotosintese tempo en stikstoffiksering. Onder hierdie toestande is meer peule per plant gevorm en individuele saadmassa was hoër. Onder hierdie toestande het die meeste peuldraende sytakke onder aan die plantstruktuur gevorm wat die moontlikheid van omval verlaag het. Daar is ook bevind dat die olie- en proteïeninhoud nie betekenisvol beïnvloed is nie dat dat aantal sade per peul ook nie betekenisvol hoër was nie (Troedson *et al.*, 1989). Egli *et al.* (1987) het bevind dat fisiese stremming van

die peulwand 'n afname in saadmassa en saadgroeitempo tot gevolg het, maar geen invloed het op die aantal sade wat vorm nie. Miceli *et al.* (1995) het bevind dat fisiese stremming van die peulwand op ontwikkelende sade 'n toename in die aantal sade per peul gehad het en dat fisiologiese volwassenheid vertraag is deur die proses. Grabau *et al.* (1986) toon aan dat fosfaatekorte tydens reprodutiewe groei blaarval versnel, peulabortering verhoog en saadmassa verlaag wat gevolglik 'n verlaging in saadopbrengs tot gevolg het. Mineraaltekte wat peulgroei strem het ook 'n betekenisvolle invloed op saadontwikkeling. Hoy & Gamble (1987) het bevind dat groot sade en sade met 'n lae digtheid swak kieming en saailinggroeitempo vertoon. Kleiner sade het 'n baie beter kiemingspersentasie getoon terwyl sade met hoë digtheid geen verbetering op kieming getoon het nie.

2.1.3.6 Peulgroei

Twee stadiums van peulgroei kan onderskei word volgens Kenig *et al.* (1993), naamlik:

- *Eerstens* is 'n stadium wat duur tot en met die R5-stadium en gekenmerk word deur 'n konstante peulbiomassakonsentrasie.
- *Tweede* stadium begin na die R5-stadium waartydens peulbiomassakonsentrasie drasties toeneem.

Alle voedingstowwe word tydens die R5 groeistadium beskikbaar gestel vir saadvul en gevolglik is daar nie kompetisie tussen vegetatiewe en reprodutiewe groei nie (Egli *et al.*, 1985). Volgens Kenig *et al.* (1993) is daar nie 'n betekenisvolle toename in peulbiomassa tot en met R5 nie. Vanaf R5 – R6 volg 'n skerp toename in peulbiomassa wat voortduur totdat R7 bereik word (Kenig *et al.*, 1993). Volgens Kenig *et al.* (1993) bly peulbiomassakonsentrasie, wat die verhouding van varspeulbiomassa tot droëpeulbiomassa is, relatief konstant vanaf R1 – R5 wat korreleer met die vegetatiewe biomassakonsentrasie tydens dieselfde tyd. Dit is omdat peulwand inderwaarheid vegetatiewe materiaal is, met ander woorde gemodifiseerde blare. Na die R5-stadium vind snelle saadgroe

plaas wat 'n konstante tempo in peulbiomassakonsentrasietempo tot en met die R7-stadium tot gevolg het. Die R7-stadium is die einde van die saadvulstadium en is die begin van blaarabortering. Hierdie vinnige uitdroogpatroon gaan dan gepaard met 'n toename in peulbiomassa-konsentrasie (Kenig *et al.*, 1993). Volgens Hanson (1986) word biomassa-akkumulasie in sade geneties bepaal en is dit verder ook afhanklik van fotosintatebeskikbaarheid. Verkorte fotoperiodes veroorsaak die kritieke groeistadiums soos saadvul by sojabone, en gevolglik laer saadopbrengs tot gevolg het (Savoy *et al.*, 1992). Dornbos & MacDonald (1986) het bevind dat die meeste biomassa, proteïen, olie en totale suikerinhoud van sojaboonsade tussen die R5-R7 groeistadium akkumuleer terwyl meeste lipiede akkumuleer tussen R5-R6. Wilcox & Guodong (1997) het bevind dat daar geen korrelasie tussen saadopbrengs en saadproteïeninhoud bestaan nie.

2.1.3.7 Lengte van reprodktiewe periode

Salado-Navarro *et al.*, (1986) het bevind dat hoë biomassa-akkumulasie tot gevolg het dat die saadvulperiode verkort word en dat lae biomassa-akkumulasie saadgroeitempo verhoog en die saadvulperiode verleng. Verder toon lengte van die reprodktiewe periode 'n lineêre verband ($r^2 = 0.48$) met saadopbrengs (Hanson, 1985). Salado-Navarro *et al.* (1986) het bevind dat saadopbrengs as 'n funksie van effektiewe vulperiode 'n lineêre verband aandui ($r^2 = 0.46$). Ford *et al.* (1983) kon egter geen korrelasie vind tussen saadopbrengs en lengte van die peulvulperiode nie. Saka *et al.* (1996) kon 'n positiewe korrelasie tussen lengte van die vegetatiewe periode en aantal sade per plant aantoon, aangesien die duur van die vegetatiewe stadium die aantal nodes waar peule gevorm kan word direk beïnvloed. Smith & Nelson (1986) het bevind dat daar 'n positiewe korrelasie ($r^2 = 0.79$) bestaan tussen oesopbrengs en saadvulperiode, maar het egter ook bevind dat daar geen betekenisvolle korrelasie is tussen saadvulperiode en saadkwaliteit nie. Vasilas & Nelson (1992) toon aan dat cultivars met lang saadvulperiodes minder maar groter sade produseer, terwyl langer saadvulperiodes hoë oesindekse en min biomassa produksie tot gevolg het as gevolg van die korter vegetatiewe groeiperiode.

Verder was daar 'n positiewe korrelasie tussen sigbare saadkwaliteit asook saadmassa en lengte van die reproductiewe periode (Vaughan *et al.*, 1989). Volgens Vaughan *et al.* (1989) word gehalte van die saadwand en saadmassa beïnvloed deur dae tot volwassenheid. Die gemiddelde saadmassas van sade gevorm aan blomme wat oopgemaak het tydens R4 – R4.5, is laer as sade gevorm op vroeër blomme. Die rede hiervoor is verkorting van die saadvulperiode (Egli *et al.*, 1987). Verder het Hanson (1985) bevind dat daar positiewe korrelasie is tussen saadmassa en lengte van die peulvulperiode. Volgens Swank *et al.* (1987) is finale saadgrootte afhanklik van die saadgroeitempo sowel as die lengte van die saadvulperiode.

Board *et al.* (1994) het bevind dat vegetatiewe groeiperiode, peulvulperiode, vegetatiewe biomassa op R5, blaredakbedekking op R1 en R5 betekenisvol korreleer met saadopbrengs. Korrelasie tussen peulvulperiode en opbrengs was die hoogste vir laatvolwasse cultivars (Board *et al.*, 1994). Board (1987) het bevind dat ongeag plantdatum of cultivar, oesopbrengs beter korreleer met aantal sade ($r^2 = 0.69$) as met saadgrootte ($r^2 = 0.20$) of sade per peul ($r^2 = 0.11$). Verder het hy ook bevind dat saadopbrengs goed korreleer met aantal peule, aantal peuldraende nodes en aantal sytakke. Lin & Nelson (1988) het bevind dat blomdatum by vroegvolwasse bepaalde cultivars belangriker is as planthoogte om hoë saadopbrengs te verseker. Verder het Hanson (1985) bevind dat daar 'n positiewe korrelasie bestaan tussen oesopbrengs en lengte van die peulvulperiode.

2.1.3.8 Ryspasiëring en plantpopulasiedigtheid

Wilcott *et al.* (1984), Heatherly *et al.* (1989) en Heatherly (1988) het bevind dat maksimum opbrengs in smal ryspasiëring (25 cm) bereik word ongeag populasiedigtheid. Wells *et al.* (1993) het bevind dat hoë potensiaal genotipes 33 % hoër oesopbrengs lewer in smal ryspasiëring in vergelyking met wye ryspasiëring. Die rede hiervoor is hoër biomassa-produksie per eenheidsoppervlakte in smal ryspasiëring as in wye spasiering wat hoër saadopbrengs tot gevolg het. Groter biomassa per eenheidsoppervlak in smal

ryspasiërings het 'n positiewe invloed op saadopbrengs (Board *et al.*, 1990). Verder het Savoy *et al.* (1992) ook bevind dat die reprodktiewe biomassa per eenheidoppervlakte groter was in smal rypasiëring as by wye rypasiëring. Board *et al.* (1990) het bevind dat smal rypasiëring tot gevolg het dat reprodktiewe biomassa per eenheidsoppervlakte toeneem in 'n normale en hoë plantpopulasie ongeag plantdatum. Board *et al.* (1990) toon verder aan dat hoofstam – en sytakbiomassa per eenheidsoppervlakte tydens reprodktiewe groeifase hoër by smal rypasiëring as by wye rypasiëring is. Board *et al.* (1990) toon aan dat translokering na reprodktiewe organe nie deur rypasiëring beïnvloed word nie. Daar was geen betekenisvolle uitsluitel oor oesindeks tussen smal en wye rypasiëring nie. Plante in smal spasiëring het groter oesindekse en R5-biomassa geproduseer in vergelyking met wye spasiërings. Die meeste reprodktiewe biomassa per eenheidsoppervlakte is deur sytakke bygedra, tot so veel soos 75 % volgens Board *et al.* (1990). Plante in smal rypasiëring het meer stam en petioolbiomassa per eenheidsoppervlakte geproduseer as plante in wye rypasiëring en R5 biomassa was ook hoër (Heatherly *et al.* 1989). Board *et al.* (1992) het bevind dat sojabone in smal rypasiëring die grootste gedeelte van hul opbrengs op die hoofstam dra. Verder het plante in smal rypasiëring groter plantbiomassa per eenheidsoppervlakte geproduseer wat aanleiding tot die vorming van meer peule gegee het. Verder het hulle bevind dat rypasiëring geen effek op sade per peul en saadgrootte gehad nie soos ook deur Board *et al.* (1994) bevind is. Plante in 100 cm rypasiëring het egter meer peule gevorm en hoër gegroei as plante in 25 cm rypasiëring (Taylor, 1978). Heatherly (1988) het ook bevind dat sojabone 9cm langer gegroei het in 100 cm rypasiëring as in 50 cm rypasiëring. Hugie & Orf (1989) het bevind dat rypasiëring geen invloed op saadgehalte, rypwording en massa 100 sade gehad het nie. Hy het egter bevind dat plante in smal rypasiëring hoër gegroei het en meer omval getoon het. Plante in die smal rypasiëring het meer sade per peul gehad as die plante in die wye rypasiëring terwyl opbrengs afgeneem het soos wat rypasiëring toegeneem het (Taylor, 1978). Hierdie bevinding is egter in kontras met die van Board *et al.* (1996) wat

bevind het dat saadmassa en saadaantal beïnvloed word deur rypspasiëring maar nie sade per peul nie. Sytaksaadopbrengs is nie beïnvloed deur rypspasiëring nie terwyl hoofstamsaadopbrengs afgeneem het met 'n toename in rypspasiëring (Heatherly *et al.*, 1989). Die aantal peule per plant is nie beïnvloed deur rypspasiëring nie maar het afgeneem soos wat plantpopulasie verhoog is. Hy het ook vasgestel dat daar geen verskil in opbrengs was vir bepaalde en onbepaalde groeiers vir die twee rypspasiërings nie. Alessi & Power (1982) het bevind dat aantal peule per plant afgeneem het soos wat rypspasiëring vernou is. Nie plantpopulasie of rypspasiëring het 'n invloed op saadoliepersentasie gehad nie. Alessi & Power (1982) het bevind dat plantpopulasie nie 'n invloed op waterverbruikseffektiwiteit (WUE) gehad het nie maar dat rypspasiëring wel 'n invloed gehad het. WUE het afgeneem soos wat rypspasiëring nouer geword het (Alessi & Power, 1982). Taylor (1980) het bevind dat aantal peule per plant toegeneem het soos rypspasiëring toeneem terwyl saadgrootte afgeneem met toename in rypspasiëring. Weaver *et al.* (1991) het bevind dat aantal peule per plant afneem in smaller rypspasiërings. Saadmassa het afgeneem soos wat rypspasiëring smaller geword het (Heatherly *et al.*, 1989). Verder was plantmortaliteit hoër vir 100 cm spasiëring as vir die 50 cm spasiëring (Lauer & Shibles, 1987).

Udoguchi (1987) het bevind dat 'n hoër plantpopulasie tot gevolg het dat 'n hoër saadopbrengs bereik word, maar opbrengs per plant neem af as gevolg van die groter interplant kompetisie. Carpenter & Board (1997) het bevind dat 'n toename van 234% in plantpopulasie (van 70 000 tot 234 000 plante per hektaar) slegs 'n 9% toename in oesopbrengs gehad het. Hoër plantpopulasies het egter minder sytakvorming en gevolglik laer sytakopbrengs tot gevolg. Verder het Heatherly *et al.* (1989) bevind dat sytaksaadopbrengs hoër was vir lae plantpopulasies. Beide sytak en hoofstamsaadopbrengs het lineêr afgeneem soos wat plantpopulasie toegeneem het (Heatherly *et al.*, 1989). Carpenter & Board (1997) wys daarop dat 'n verlaging van 58% in plantpopulasie (van 234 000 tot 189 000) lei tot 'n 12% afname in saadopbrengs. Die rede hiervoor was

'n toename in sytaksaadopbrengs soos wat populasie afgeneem het. Hierdie toename in sytakopbrengs was die gevolg van beter ligonderskepping en gevolglik hoër sytakbiomassa en meer peule (Carpenter & Board, 1997; Burton, 1997). Totale biomassaproduksie en gewasgroeitempo was egter dieselfde vir die hoë en lae plantpopulasies aangesien laer plantpopulasies hoër ligonderskepping tot gevolg het en gevolglik kompenseer vir biomassa-produksie deur meer sytakke te vorm (Carpenter & Board, 1997). Andrade & Ferreiro (1996) het bevind dat opbrengs per plant toeneem soos wat die plantstand afneem. Parvez *et al.* (1989) het bevind dat aantal nodes en peule per plant, LAI, gewasgroeitempo, totale biomassa en saadopbrengs toeneem soos wat plantpopulasie toeneem tot by 'n maksimum van 48 plante per meter. Verder het hulle ook bevind dat bepaalde en onbepaalde genotipes dieselfde reageer op ryspasiëring en plantpopulasie. Boquet (1990) het bevind dat plantmortaliteit toeneem vanaf 1% vir 26 plante per meter tot 16% vir 64 plante per meter. Verder het Lauer & Shibles (1987) bevind dat wanneer die plantstand uitgedun word, meer peule per plant gevorm word en 'n hoër saadgroeitempo gehandhaaf word.

2.1.3.9 Plantdatum vertraging

Plantdatum vertraging het volgens Andrade (1995) 'n substansiële invloed op saadopbrengs. Vertraging van plantdatum met een maand het tot gevolg gehad dat die vegetatiewe ontwikkeling verspoedig word en dat die gewas hoër temperature tydens die vegetatiewe stadium ondervind asook kort fotoperiodes tydens die reprodktiewe stadium. (Andrade, 1995). Weaver *et al.* (1991) het bevind dat vertraging van plantdatum met een maand, 'n verlies van 27% vir onbepaalde genotipes van MGVIII in saadopbrengs gehad het. Kane *et al.* (1997) het bevind dat afname in oesopbrengs as gevolg van laat plantdatum grootliks die gevolg is van ongunstige hoë temperature gedurende die peulvulperiode en dat vroeë plantdatum tot gevolg het dat relatiewe koel temperature gedurende die vegetatiewe periode, groei en ontwikkeling benadeel. Heatherly & Elmore (1986) het bevind dat plantdatum geen betekenisvolle verskil

op opbrengs tot gevolg gehad het nie, maar dat cultivarkeuse en hoeveelheid besproeiing, wel 'n betekenisvolle invloed gehad het. Board *et al.* (1990) het bevind dat saadopbrengs van laataanplantings verhoog kan word deur smal ryspasiëring aangesien ligonderskepping en gevolglik die duur van ligonderskepping en totale biomassa per eenheidsoppervlakte verhoog word. Verder het hulle bevind dat bepaalde groeiers meer sensitief is vir 'n vertraging in plantdatum as onbepaalde groeiers omdat onbepaalde groeiers nog vegetatief kan groei na aanvang van blom. Hy het egter bevind dat die oesverlies agv. plantdatumvertraging laer was vir smal ryspasiërings as vir wye ryspasiërings omdat smal ryspasiëring ligonderskepping en biomassaproduksie per eenheidsoppervlakte verhoog. Mayers *et al.* (1991) het bevind dat saadmassa toeneem met 'n vertraging van plantdatum met een maand. Verder het hy ook bevind dat die oliepersentasie van die sade toeneem soos wat plantdatum vertraag word. Weaver *et al.* (1991) het bevind dat vertraging van plantdatum met een maand planthoogte en dae tot volwassenheid verkort en tot 'n hoër mate by onbepaalde groeiers as by bepaalde groeiers. Heatherly (1988) het bevind dat 'n maand vroeër plantdatum planthoogte met tot 17cm kan verhoog weens 'n langer vegetatiewe groeiperiode. Afname in planthoogte as gevolg van vertraagde saai was groter in wye ryspasiëring as in smal ryspasiëring. Dae tot blaredaktoemaak is nie vertraag deur vertraagde saai nie (Weaver *et al.*, 1991). Wilcox & Frankenberg (1987) het bevind dat vertraagde saai tot gevolg het dat V1-V5 stadium verkort word en die R2-R8 verkort word. Hulle het egter bevind dat R7-R8 nie deur plantdatum beïnvloed word nie. Die interval tussen R1-R2 is minder deur plantdatum beïnvloed by bepaalde groeiers as by onbepaalde groeiers (Wilcox & Frankenberg, 1987). Hulle het ook bevind dat plantdatum geen betekenisvolle invloed op saadgrootte gehad het nie. Verder het hulle bevind dat onbepaalde groeiers minder nodes per plant gevorm het as bepaalde groeiers in reaksie op vertraagde saai. Onbepaalde groeiers het egter meer peule op die hoofstam gevorm as bepaalde groeiers in reaksie op vertraagde saai. Weaver *et al.* (1991) het bevind dat die peulvulperiode, aantal

hoofstamnodes en peule op die hoofstam gereduseer is deur vertraagde saai van een maand en dat sytakke per plant met 50% afgeneem het.

Ter opsomming : Mineraaltekkorte of fisiese stremming van die peul op ontwikkelende sade het 'n afname in saadgrootte tot gevolg. Tydens die R5 groeistadium word alle voedingstowwe vir saadvul beskikbaar gestel en is daar nie meer kompetisie tussen vegetatiewe en reprodutiewe groei nie. Tydens die R5-R7 groeistadiums word die grootste persentasie van die biomassa, suikers, proteïene en lipiede van die sade geakkumuleer. Verder het die lengte van die peulvulperiode ook 'n invloed op saadopbrengs en saadgrootte is die opbrengskomponent wat bevoordeel word tydens langer peulvulperiodes. Saadopbrengs het toegeneem met 'n afname in rypasiëring en toename in plantpopulasie weens groter totalebiomassaproduksie per eenheidsoppervlakte. Saadopbrengs per plant het egter afgeneem vir bogenoemde hoofsaaklik weens laer sytakopbrengs.

2.1.3.10 Ontblaring

Fehr *et al.* (1981) het bevind dat die mees kritiese stadium vir ontblaring van sojabone tydens die R5-R5.5 stadium is. Dit geld vir beide bepaald en onbepaalde genotipes. Saadopbrengsverliese van tot 80% is moontlik indien totale ontblaring gedurende R5 plaasvind (Fehr *et al.*, 1981). Malone & Caviness (1985) het bevind dat ontblaring tydens R5 die grootste oesverlies veroorsaak het terwyl saadmassa die komponent was wat die meeste beïnvloed was. Board *et al.* (1994) het bevind dat 100% ontblaring soos deur haelskade of onkruidodder gedurende die R6.3 periode 'n 40% afname in oesopbrengs gehad het terwyl ontblaring tydens R6.6 slegs 'n 20% afname gehad het. Bullock (1990) het bevind dat saadopbrengs kwadratiese afneem soos wat ontblaring toeneem. Board *et al.* (1997) het bevind dat 'n verlies in LAI van nie meer as 60%, nie 'n afname in saadopbrengs sal veroorsaak nie. Hierdie waarde is gelyk aan die behoud van ten minste 93% ligonderskepping voordat verliese in opbrengs sal

plaasvind. Board *et al.* (1997) toon aan dat saadgrootte die oeskomponent is wat die meeste deur ontblaring verlaag is. Saadgrootte was die komponent wat opbrengs die meeste verlaag het tydens 100% ontblaring met 'n afname van 34% gedurende die R6.3 en 'n 14% afname tydens die R6.6 periode. Totale ontblaring het ook 'n afname in oesindeks te weeg gebring nl. 'n afname van 44.1% na 41.7% vir die R6.6 en 44.1% na 35.6% vir die R6.3 behandeling. Board & Tan (1995) het bevind dat opbrengs en oesindeks aanhou verlaag soos wat die ontblaringsbehandeling verleng word. Ontblaring tydens R6 het 'n 33% afname in biomassa op R7 gehad en 'n 5% afname in partisie. Ontblaring het 'n drastiese afname in peulaantal en saadmassa gehad , alhoewel afname in saadmassa nie vir meer as 25% opbrengsverlies verantwoordelik was nie. Board & Harville (1993) het bevind dat 50% ontblaring tydens R3-R5 aantal peule per node die meeste beïnvloed het terwyl aantal sade per peul en saadmassa nie betekenisvol verlaag is nie. Produksie van nuwe peule is gestaak teen R5 en gevolglik het ontblaring tydens hierdie periode die grootste verliese veroorsaak. Gevolglik het Board & Tan (1995) bevind dat voldoende bronsterkte gedurende R1-R5 noodsaaklik is om peulaantal te maksimiseer en optimum saadopbrengs te verseker. Hintz & Fehr (1990) het bevind dat algehele ontblaring in kombinasie met 'n 33% en 66% totale plant verwydering, fisiologiese volwassenheid met 5 en 9 dae onderskeidelik vertraag. Vertraging in blom was baie meer prominent as die vertraging in fisiologiese volwassenheid en die reprodutiewe ontwikkeling is ook vertraag en het 'n afname in planthoogte voorgekom in vergelyking met die kontrole. Omval het verhoog as gevolg van bogenoemde terwyl saadstikstofinhoud kwadratiese toegeneem soos wat ontblaring toegeneem het tydens peulvul (Hintz & Fehr, 1990). Xileemnitraatkonsentrasie neem kwadratiese toe soos wat ontblaring toeneem, terwyl die ureïedkonsentrasie lineêr afneem met toenemende ontblaring tydens die peulvulstadium. Ontblaring het ook 'n betekenisvolle afname op peulvulperiode gehad (Board *et al.*, 1994).

Da Souza *et al.* (1997) het bevind dat 'n 50% verwydering van peule gedurende R6 'n 13% toename in saadmassa tot gevolg gehad. Onder droogtetoestande

(70% afname in grondvog) was die toename 29 %. Verliese in saadopbrengs is vermy deur die vorming van nuwe peule. Onder droogtetoestande is vorming van nuwe blomme en peule geïnhibeer en het groter oesverliese plaasgevind. Hierdie verwydering van peule het fisiologiese volwassenheid vertraag en die peulvulperiode verleng. Volgens Vaughan *et al.* (1989) het verwydering van peule 'n 10% toename in peulgewig meegebring. Verder was stikstof- en styselinhoud in blare van ontpeulde plante hoër en het dit verder bygedra tot die vertraging van blaarval en fisiologiese volwassenheid. Lauer & Shibles (1987) het bevind dat verwydering van peule nie 'n invloed op fotosintese tempo gehad het nie, maar wel op die translokering van proteïene na die peule.

2.1.3.11 Lae ligintensiteit

Acock & Acock (1987) het bevind dat lang periodes van skadu (66%) gedurende die vegetatiewe groeiperiode van 'n sojaboon die aantal sytakke gevorm by die eerste of saadlobnode vertraag. Gevolglik blyk dit dat die duur van skaduperiodes die vorming van sytakke op die saadlobnode inhibeer. Skaduperiodes voor die V2 stadium het sytakvorming by die saadlobnode onderdruk terwyl skadu gedurende die V2-V6 stadium die ontwikkeling van sytakke by die enkelvoudige blaarnode onderdruk het (Acock & Acock, 1987). Skadu gedurende enige tyd van die reprodktiewe stadium verlaag saadaantal en oesopbrengs. Skadu gedurende R5 – R6 het egter nie so 'n groot reduksie op saadopbrengs soos skadu vanaf R1 – R4 nie (Jiang, 1995). Board *et al.* (1995) het bevind dat 30% skadu gedurende R1-R7, 'n 30% afname in saadopbrengs as gevolg van 'n 20% afname in peulaantal tot gevolg het. Egli (1997) het bevind dat skadu (63%) gedurende die saadvulperiode 'n afname van 25% in saadopbrengs veroorsaak vir beide vroeë- en laatvolwasse cultivars. Verder het aantal sade per vierkante meter en saadmassa ook afgeneem onder skadustres. Egli (1997) het bevind dat laatvolwasse cultivars minder gevoelig is vir skadustres, aangesien daar voldoende vegetatiewe materiaal is om fotosintese vir saadvul te voorsien. Andrade & Ferreiro (1996) het bevind dat sojabone minder gevoelig is vir skadu (45%) as sonneblomme en dat saadaantal die

komponent is wat die meeste deur skadu beïnvloed word. Volgens Andrade (1995) & Board *et al.* (1995) is saadaantal die komponent wat die meeste deur skadu beïnvloed word. Skadu het die aantal reprodutiewe nodes verminder en minder hoofstam en sytaknodes tot gevolg gehad (Board *et al.*, 1995). Egli (1988) het bevind dat sojabone wat aan 63% skadu blootgestel is tydens blom- en peulvorming, 'n groot afname in saadopbrengs, gewasgroeitempo tussen R1-R5, aantal peule gevorm en vegetatiewe biomassa op R5 toon. Opbrengs was tussen 36-60% laer terwyl saadaantal tussen 45-60% laer was. Saadmassa is nie deur skadu beïnvloed nie. Verder het plante onder skadu baie meer vertak en is 80% van die reprodutiewe biomassa op sytakke gedra. Die verdeling tussen reprodutiewe- en vegetatiewe biomassa het nie betekenisvol verskil vir die skadubehandeling nie, alhoewel die partisie van skaduplante laer was (Egli, 1988 ; Board *et al.*, 1995). Board *et al.* (1995) het bevind dat onbepaalde cultivars beter herstel van skadu as bepaalde cultivars. Verder het hulle ook bevind dat skadustres gedurende die saadvulperiode geen afname in blaar N-inhoud tot gevolg gehad het nie en dat skadu die gewone afname in chlorofilinhoud en blaarval vertraag het (Egli, 1997). Die suikerkonsentrasie in die blare van skaduplante was deurgaans laer as die van die kontroles. Skaduplante het ook aangehou om stysel te akkumuleer tydens blomvorming en peulset, maar die vlakke daarvan was ook deurgaans laer as die van die kontrole. Skadu het egter geen invloed op die N- status van die plante gehad nie (Egli, 1988). Andrade & Ferreiro (1996) het verder ook bevind dat die suikerkonsentrasie in die stingels afneem tydens periodes van skadu.

Ter opsomming : Ontblaring tydens die R5-R6 groeistadium het die grootste verlies in saadopbrengs vir beide bepaalde en onbepaalde groeiwyses tot gevolg. Totale ontblaring tydens peulvul, soos deur hael of onkruidodders veroorsaak kan word, kan 'n afname in saadopbrengs van tot 80% tot gevolg hê. Saadgrootte is die saadopbrengskomponent wat die meeste deur ontblaring tydens R5 beïnvloed word. Ontblaring tydens blom- en peulvorming het 'n afname in aantal peule per plant tot gevolg.

Saadstikstofinhoud en xileemsapstikstofinhoud neem kwadratiese toe met ontblaring tydens die R5 groeistadium. Verwydering van peule, soos deur droogtestres veroorsaak kan word, het 'n toename in saadgrootte van oorblywende sade tot gevolg sowel as 'n vertraging van fisiologiese volwassenheid. Blaarstikstofinhoud in blare van ontpeulde plante het toegeneem en dit was primêr verantwoordelik vir die vertraging in fisiologiese volwassenheid. Laeligintensiteit tydens die vegetatiewe groeistadia het 'n afname in die aantal sytakke gevorm tot gevolg gehad. Cultivars met 'n onbepaalde groeiwyse is minder beïnvloed deur laeligintensiteit as bepaalde. Die saadopbrengskomponent wat die belangrikste is vir opbrengsverlies is aantal peule per plant en saadaantal. Laeligintensiteit het 'n afname in die blaarstikstof-, koolhidraat- en suikerkonsentrasie tot gevolg gehad.

2.1.4 INVLOED VAN TEMPERATUUR OP GROEI EN ONTWIKKELING

Temperatuur beïnvloed meer as net die groei van plante. Dit het ook 'n invloed op saadkieming, blominiëring en opheffing van dormansie. Elke plantspesie het sy spesifieke **minimum temperatuur** waaronder dit nie sal groei nie, 'n **optimum temperatuur** waaronder dit maksimaal groei en 'n **maksimum temperatuur** waarbo dit nie sal groei nie (Salisbury & Ross, 1992).

2.1.4.1 Invloed op blomdatum en blomproduksie

Chapman (1985) en Board & Hall (1984) het bevind dat relatief hoë temperature blomvorming versnel, terwyl relatief lae temperature blomvorming vertraag. Hierdie tendens geld vir vroeë-, medium- en laatvolwasse cultivars. Mayers *et al.* (1991) het ook bevind dat blomvorming versnel word deur kort dae en warm minimumtemperatuur, maar vertraag word deur hoë maksimumtemperatuur. Toename in temperatuur het ook blomvorming, peulvorming en fisiologiese volwassenheid versnel (Sionit *et al.*, 1987). Nawracala & Konieczny (1995) het ook bevind dat daar 'n korrelasie van ($r^2 = 0.86$) bestaan tussen gemiddelde

dagtemperatuur en die aantal dae tot eerste blomvorming by induserende fotoperiode en 'n korrelasie van $r^2 = 0.52$, tussen aantal blomme per plant en gemiddelde daglengte. Stomageleiding het afgeneem terwyl die fotosintese-tempo toegeneem het met 'n toename in temperatuur. Seddigh *et al.* (1989) en Piper *et al.* (1996) bevind dat lae nagtemperatuur 'n vertraging in blomvorming en peulvulperiode het. Verder het lae temperatuur 'n vertraging in blomvorming tot gevolg, terwyl temperatuur naby vriespunt plantweefsel beskadig (Andrews, 1987). Baker *et al.* (1989) het bevind dat blomvorming by sojabone baie meer gevoelig is vir temperatuur as vir die heersende CO₂ konsentrasie.

2.1.4.2 Invloed op groei en ontwikkeling

Seddigh & Jolliff (1983) en Lawn & Hume (1985) het bevind dat hoë nagtemperatuur (24 °C) 'n toename in vegetatiewe groei, reprodutiewe ontwikkeling en oesopbrengs tot gevolg het en fisiologiese volwassenheid versnel. Alhoewel hoë nagtemperatuur gewasgroei tempo tydens die vegetatiewe periode versnel, neem finale biomassa, peulgewig en blaararea af met 'n toename in nagtemperatuur (Seddigh & Jolliff, 1983). Lae nag / dagtemperatuur is ook verantwoordelik vir swak vegetatiewe groei en ontwikkeling (Hume & Jackson, 1981; Jolliff, 1983 ; Lawn & Hume, 1985). Gibson & Mullen (1996) het bevind dat hoë nagtemperatuur die saadvulperiode verkort sowel as reprodutiewe ontwikkeling versnel. Hoë nagtemperatuur het geen invloed op die netto assimilasie tempo en duur van saadgroei gehad nie. 'n Nagtemperatuur van 24°C het ook 'n toename in saadopbrengs tot gevolg gehad weens die langer duur van saadgroei van 24%. Hoër nagtemperatuur het aanleiding gegee tot 33% hoër oesindekse agv. die verlaagde vegetatiewe groei, maar verhoogde reprodutiewe groei. Seddigh & Jolliff (1983). Lawn & Hume (1985) ook bevind dat stuifmeelvorming sowel as stuifmeelkieming by lae nag / dagtemperatuur swak was. Andrews (1987) het bevind dat lae temperatuur saadkieming inhibeer en vegetatiewe groei strem. Hulle het ook bevind dat warmer dagtemperatuur nie kompenseer vir die effek van lae nagtemperatuur nie. Hierdie stelling stem egter nie ooreen met die bevindings van Lawn & Hume (1985) nie. Seddigh & Jolliff

(1984) het dan ook vasgestel dat die saadgroeidurasie van vroegvolwasse cultivars sensitief is vir lae nagtemperatuur en dit vertraag sodat verdeling na vegetatiewe organe bevoordeel word.

Seddigh & Jolliff (1984) kon ook aantoon dat die lengte van die peulvulperiode sensitief is vir lae nagtemperatuur (10-15°C) en dat temperatuur 'n belangriker rol as fotoperiode speel by die inisiëring van blomme, maar dat fotoperiode 'n belangriker rol by fisiologiese volwassewording speel (Seddigh *et al.*, 1989). Spaeth *et al.* (1987) het bevind dat hoë nagtemperatuur gedurende vroeë vegetatiewe groei, blaararea verhoog wat lei tot hoë opbrengste. Hoë temperatuur versnel ook die verskyning van nuwe blare (Spaeth *et al.*, 1987). Wilcox & Frankenberg (1987) het vasgestel dat bepaalde cultivars gevoeliger is vir hoë temperatuur gedurende die vegetatiewe periode as onbepaalde groeiers. Stone & Taylor (1983) het vasgestel dat die tempo van hoof- en sywortelverlenging toeneem met verhoging in temperatuur om sodoende in die plant se groter waterbehoefte te voorsien.

2.1.4.3 Invloed op saadopbrengs

Seddigh & Jolliff (1984) het bevind dat lae nagtemperatuur van 16 °C 'n toename van tussen 27-37% in saadmassa tot gevolg gehad het in vergelyking met die 10 °C kontrole, terwyl 'n 9% toename in sade per plant die gevolg was van meer sade per peul en peule per plant. By nagtemperatuur van 24 °C het saadmassa toegeneem met tussen 20-23% vir dieselfde 10 °C kontrole, terwyl sade per plant met 18% toegeneem het. Hulle het byvoorbeeld vasgestel dat plante by laer nagtemperatuur minder peule per plant gevorm het as by hoër nagtemperatuur, alhoewel peule per plant nie die komponent was wat oesopbrengs verlaag het nie (Seddigh & Jolliff, 1984). Lawn & Hume (1985) wys daarop dat warmer dag/nagtemperatuur peulvorming bevoordeel. Hulle het byvoorbeeld gevind dat die aantal peule gevorm by 16 °C nagtemperatuur minder as 40% was as die van die 20 °C nagtemperatuur. Hume & Jackson (1981) het aangetoon dat lae dag / nagtemperatuur hoofsaaklik verantwoordelik is vir swak of geen peulvorming

sowel as abortering van reeds gevormde peule. Baker *et al.* (1989) wys daarop dat toename in temperatuur sytakopbrengs verlaag terwyl hoofstam saadopbrengs verhoog het. Oesindeks en saadmassa neem af met toename in dag/nagtemperatuur terwyl sade per peul onveranderd bly (Baker *et al.*, 1989). Sionit *et al.* (1987) het bevind dat peule per plant toeneem soos wat dag/nagtemperatuur toeneem. Gibson *et al.* (1996) het vasgestel dat 'n toename in dagtemperatuur van 30°C na 35°C, gedurende blom, tot 'n afname in saadvorming en saadgroeitempo gedurende peulset en peulvul lei. Die afname in saadgroeitempo is die gevolg van afname in fotosintese tempo met toename in dagtemperatuur. Hoë dagtemperatuur (35°C) gedurende die hele reprodktiewe fase het 'n 27% afname in oesopbrengs tot gevolg gehad. Afname in saadgroeitempo tydens hoë temperatuur was die gevolg van afname in fotosintese tempo. Toename in dagtemperatuur van 30-35 °C het 'n 11% afname in sade per plant en 16% afname in sade per peul tot gevolg gehad. Verder het hierdie toename in dagtemperatuur tussen R1-R5 'n 8% afname in saadmassa en 'n 18% afname indien die behandeling vanaf R5-R8 toegepas is. McKinney *et al.* (1989) het bevind dat daar 'n hoogsbetekenisvolle negatiewe korrelasie ($r^2 = -0.84$) bestaan tussen plantstruktuur, blaartemperatuur en saadopbrengs. Hy het bevind dat kultivars wat instaat was om 'n relatief lae temperatuur in die blaredak te handhaaf, die hoogste saadopbrengste gelewer het. Hierdie kultivars het ook beter gevaar onder veral droëlandtoestande waar temperatuur baie hoër was in vergelyking met die besproeiingstoestande (McKinney *et al.*, 1989).

2.1.4.4 Invloed op saadkieming en saailinggroeitempo

Pushkala & Yagarajao (1987) het bevind dat hoë daggrondtemperatuur van 38°C saadkieming heeltemal laat faal het terwyl daggrondtemperatuur van 37°C saadkieming met een dag vertraag het. 'n Lae daggrondtemperatuur van 24°C het ook saadkieming met een dag vertraag. 'n Afname in grondtemperatuur vanaf 'n gemiddeld van 25°C na 15 °C het saadkieming drievoudig vertraag. Verder was hoë atmosferiese temperatuur van 37°C verantwoordelik vir swak vegetatiewe groei en daar is bevind dat dagtemperatuur van 28 °C optimaal was

vir vegetatiewe en wortelontwikkeling. Gibson & Mullen (1996) het ook vasgestel dat hoë dag- en nag temperature sojaboonsaadkieming en saailing-groeitempo verlaag. Hulle het egter bevind dat hoë dag en nag temperature gedurende blom en peulvorming geen invloed op saadkieming gehad het nie. Hoë dag/nag temperature gedurende peulvul en fisiologiese volwassenheid het wel 'n betekenisvolle afname in saadkieming tot gevolg gehad (Gibson & Mullen, 1996). Hoë dagtemperatuur vanaf R1-R8 het 'n drastiese afname in saadkieming veroorsaak terwyl hoë nagtemperatuur gedurende hierdie tyd geen invloed gehad het nie. Temperature van 35/30 °C dag/nag het die grootste afname n.l. 20% in saadkieming tot gevolg gehad en dit het ook die persentasie abnormale sade verhoog en saadmassa verlaag (Gibson & Mullen, 1996).

2.1.4.5 Invloed op fotosintese

Seddigh & Jolliff (1984) het bevind dat nagtemperatuur van 16 °C teenoor 10°C 'n 18% toename in CO₂-uitruiling en blaararea gehad het. Stomageleiding en transpirasietempo het onderskeidelik 'n toename van 33 en 26 % getoon. Nagtemperatuur van 24 °C teenoor 10°C het 'n toename van tussen 15- 90% getoon terwyl stomageleiding en transpirasie 19-93% en 15-43% toeneem het. Caulfield & Bunce (1988) het bevind dat die fotosintesetempo toeneem met toenemende temperatuur. Blootstelling aan lae nagtemperatuur het egter 'n drastiese afname in fotosintesetempo gehad, maar herstel het binne 28 uur plaasgevind (Caulfield & Bunce, 1987). Sinclair (1980) het egter bevind dat lae nagtemperatuur 'n afname in CO₂-uitruiltempo die vorige dag gehad het en dat dit nie weer herstel het tot die oorspronklike waardes nie. Sekere cultivars het egter beter herstel in fotosintesetempo na kouestres getoon as ander cultivars (Sinclair, 1980). Jones *et al.* (1985) het bevind dat fotosintesetempo vir sojabone toeneem soos wat temperatuur toeneem binne 'n bereik van 28-33 °C.

Toename in dagtemperatuur van 30-35 °C het 'n 8% afname in fotosintesetempo tot gevolg gehad. Verder het blootstelling van sojaboonplante aan temperature van 50 °C gelei tot 'n drastiese afname in chlorofilfluoressensie soos sigbaar was uit die Fv/Fm waardes en dui op die afname in membraanstabieliteit en PS II

funksie. Die Fv/Fm waardes het egter herstel na die oorspronklike waardes na 2 dae. Srinivasan *et al.* (1996) het bevind dat sojabone, naas grondboontjies, die tolerantste peulgewas is teen hittedroë. Blaarwaterpotensiaal neem af soos wat nagtemperatuur toeneem. Hoë nagtemperatuur het ook 'n afname in blaarstyselinhoud tot gevolg gehad (Seddigh & Jolliff, 1984).

Ter opsomming : Relatief hoë temperatuur het tot gevolg dat blom- en peulvorming versnel word so wel as fisiologiese volwassenheid. Relatief lae temperatuur het die teenoorgestelde tot gevolg. Hoë nagtemperatuur (24 °C) verhoog vegetatiewe groei terwyl relatief hoë dagtemperatuur swak vegetatiewe groei tot gevolg het. Lae dag- en nagtemperatuur inhibeer egter vegetatiewe groei. Lae nagtemperatuur (10-15°C) benadeel reproduktiewe groei en het 'n afname in saadmassa en peule per plant tot gevolg. Hoër nagtemperatuur (24°C) bevoordeel reproduktiewe groei en het 'n toename in saadmassa en peule per plant tot gevolg. Relatief hoë dagtemperatuur (30-35°C) vertraag egter reproduktiewe groei en het 'n afname in saadmassa en peule per plant tot gevolg. Hoë daggrondtemperatuur (> 35°C) het 'n afname in kiemkragtigheid van saad sowel as die saailinggroei tempo tot gevolg. Lae daggrondtemperatuur (15-24°C) het ook 'n vertraging in kiemkragtigheid van sojaboonsaad tot gevolg. Verder het relatief hoë lugtemperatuur gedurende die saadvulperiode ook 'n afname in die kiemkragtigheid van die ontwikkelende sade tot gevolg. Lae nagtemperatuur (10-15°C) het 'n afname in fotosintese en stomageleiding die volgende dag tot gevolg gehad. Cultivars verskil egter in hul herstelvermoë in fotosintese na 'n koue nag. Uitermatig hoë dagtemperatuur (>33°C) het egter ook 'n afname in fotosintese en stomageleiding tot gevolg gehad terwyl temperatuur van so hoog soos 50°C membraanstabieliteit van PSII laat afneem het. Sojabone is egter naas grondbone die peulgewas wat die beste herstelvermoë na hittedroë besit.

2.1.5 FOTOSINTESE

Sinclair (1980) het bevind dat nettofotosintese by sojabone toeneem vanaf 'n negatiewe waarde (respirasie) in die nag, na 'n waarde van ongeveer 40 mg/dm²/uur gedurende die dag en dan weer laatmiddag begin afneem soos wat sonstraling afneem totdat 'n negatiewe waarde gedurende die nag weer bereik word. Hy het verder ook bevind dat sojabone alreeds ligversadig is by waardes van 900-1000 $\mu\text{mol fotone/m}^2/\text{s}^1$ en gevolglik was sy bevindings dat toestande van bewolktheid geen invloed op CO₂ uitruiltempo gehad het nie.

2.1.5.1 Fotosintese en bioproduktiwiteit

Ford *et al.* (1983) kon geen korrelasie aantoon tussen saadopbrengs en blaarfotosintese tempo of transpirasie tempo nie. Hy het egter bevind dat vinnig groeiende cultivars deurgaans 'n hoër transpirasie tempo as stadig-groeiende cultivars getoon het, maar dit het nie noodwendig hoër saadopbrengs verseker nie. Hy het ook bevind dat gewasgroeitempo nie deurgaans korreleer met transpirasie tempo nie (Ford *et al.*, 1983). Boerma & Ashley (1988) het bevind dat daar 'n positiewe korrelasie ($r^2 = 0.63$) is tussen heelplantfotosintese en saadopbrengs. Hy het verder bevind dat die duur van die peulvulperiode in kombinasie met hoë fotosintese tempo daartydens, 'n korrelasie van $r^2 = 0.78$ toon met saadopbrengs. Buttery & Buzzell (1988) het ook bevind dat blaarstikstofinhoud korreleer met fotosintese tempo en saadopbrengs, maar dat seleksie vir eersgenoemde nie noodwendig doeltreffend sal wees nie. Boerma & Ashley (1989) het bevind dat daar 'n positiewe korrelasie ($r^2 = 0.77$) bestaan tussen heelplantfotosintese en volwassenheidsgroeiperiode. Laatvolwasse cultivars het die hoogste heelplantfotosintese tempo getoon. Ma *et al.* (1995) het bevind dat blaarchlorofilinhoud op R4 en R5 deurgaans positief korreleer met fotosintese tempo. Verder het hulle ook vasgestel dat fotosintese tempo op R4 korreleer met blaararea en dat fotosintese tempo op R5 korreleer met spesifieke blaarmassa. Thompson *et al.* (1995) het bevind dat genotipes met 'n hoë

spesifieke blaarmassa en gladde blaaroppervlakte hoër fotosintese tempo en saadopbrengs lewer as genotipes met 'n lae spesifieke blaarmassa en growwe blaaroppervlakte. Verder het Thompson *et al.* (1995) bevind dat fotosintese tempo toeneem vanaf 75% na 105% wanneer CO₂ vlakke verhoog word vanaf atmosferiese konsentrasie na ongeveer 700 µl/l. Satterlee & Koller (1984) het bevind dat saadbiomassa-akkumulasie afneem met 'n afname in fotosintetiese fotonvloeddigtheid (PPFD). Hulle het bevind dat die afname in PAR 'n afname in die fotosintaatbeskikbaarheid veroorsaak wat die afname in veral peulwandbiomassa tot gevolg het. Hulle het verder ook bevind dat saadrespirasie tempo gevoelig is vir verandering in eksterne CO₂ konsentrasie sowel as PPFD en dat saadrespirasie tempo 'n goeie aanduiding van die fisiologiese toestand van saadgroei by sojabone is. Boon-Long *et al.* (1983) het bevind dat CO₂ assimilerings tempo vir sojabone 'n maksimum bereik tydens R5 terwyl daar 'n effense afname tydens R4 was. CO₂ assimilerings tempo het begin afneem teen R6 en daarna geleidelik afgeneem tot by fisiologiese volwassenheid waar fotosintese gestaak is (Boon-Long *et al.*, 1983 ; Cortes & Sinclair, 1986). Wells *et al.* (1982) het bevind dat fotosintese tempo by bepaalde sojaboon cultivars reeds afneem wanneer reprodktiewe ontwikkeling in aanvang neem, aangesien vegetatiewe groei by hierdie cultivars dan staak. Hulle het verder ook bevind dat laatvolwasse cultivars 'n hoër fotosintese tempo handhaaf deur die groeiseisoen in vergelyking met vroegvolwasse cultivars. Wells *et al.* (1982) het verder ook bevind dat daar 'n positiewe korrelasie ($r^2 = 0.66$) tussen heelplantfotosintese tydens R4 en saadopbrengs bestaan. Die afname in CO₂ assimilerings tempo was baie meer drasties vir die kort groeiers as die langer groeiers. Verder het hulle gevind dat N- inhoud van die blaar ook begin afneem teen R6 wat die afname in fotosintese tempo verklaar. Blaarproteïeninhoud het teen dieselfde tyd begin afneem en daar was deurgaans 'n goeie korrelasie tussen CO₂ assimilasie tempo en blaarproteïeninhoud. Gevolglik het hulle bevind dat die afname in stikstofryke verbindings in die blaar teen R6 verantwoordelik is vir die inisiëring van fisiologiese volwassewording en blaarval (Boon-Long , 1983). In respons hierop het transpirasie tempo ook toegeneem met 20% terwyl

WUE afgeneem het met 26%. Jones *et al.* (1985) het egter bevind dat vir die selfde toestande as bogenoemde die WUE met 100% toegeneem het indien die atmosferiese CO₂ konsentrasie verhoog word vanaf 330 µmol/mol na 800 µmol/mol CO₂.

Ter opsomming : Heelplantfotosintese tempo korreleer nie deurgaans met saadopbrengs nie terwyl blaarchlorofil- en stikstofinhoud wel goeie korrelasie met fotosintese tempo toon. Laatvolwasse cultivars toon normaalweg hoër heelplantfotosintese as vroegvolwasse cultivars. Toename in heersende CO₂-konsentrasie verhoog fotosintese tempo sowel as WUE terwyl afname in PPFD 'n afname in fotosintese tempo tot gevolg het. By bepaalde groeiers neem fotosintese tempo reeds af met blom aangesien vegetatiewe groei gestaak word. By cultivars met 'n onbepaalde onbepaalde groeiwyse bereik fotosintese 'n maksimum tydens R5 waarna dit begin afneem. Hierdie afname in fotosintese tempo na R5 gaan ook gepaard met 'n afname van blaarstikstofinhoud.

2.1.6 STIKSTOFFIKSERING

2.1.6.1 Simbiotiese stikstoffiksering

Sojabone fikseer ongeveer twee keer meer stikstof op 'n heelplantbasis as ander peulgewasse (Henson & Heichel, 1984). Stamme en wortels van sojabone bevat minder gefikseerde stikstof in vergelyking met blare en petiole. Die ureïede, allantoïen en allantoïensuur, is die primêre verbindings waardeur gefikseerde stikstof vervoer word in die plant. Peoples & Herridge (1990) het bevind dat die uitvoerprodukte van stikstoffiksering afhanklik is van die assosiasie tussen wortels en *Rhizobium*. Indien die assosiasie volledig simbioties is, is die primêre uitvoerproduk hoofsaaklik ureïede en aminosure. Indien die assosiasie slegs gedeeltelik is, is die uitvoerproduk gedeeltelik ureïede / aminosure en gedeeltelik nitrate, omdat die plant nou gedeeltelik afhanklik is vir nitraatopname uit die grond om in sy stikstofbehoefte te voorsien. Indien daar geen simbiotiese assosiasie is nie, is die uitvoerproduk hoofsaaklik nitrate en is die plant totaal

aangewese op nitraatopname uit die grond vir sy stikstofbehoefte (Peoples & Herridge, 1990 ; Herridge & Danso, 1995). Verder het Peoples *et al.* (1995) bevind dat 21-94% van die stikstof in die plant afkomstig is van stikstoffiksering tydens blom terwyl 4-96% daarvan afkomstig is tydens peulvul.

2.1.6.2 Allokering van stikstof

Verder is ook bevind dat laatvolwasse sojaboon cultivars meer stikstof na die sade kanaliseer as vroegvolwasse cultivars. Muchow *et al.* (1993) kon aantoon dat peulgewasse met 'n langer groeiduur meer stikstof akkumuleer as die met 'n korter groeiduur. Muchow *et al.* (1993) het bevind dat sojabone meer stikstof na sade kanaliseer as enige ander peulgewas en dat dit hoër is as bogrondse N-akkumulering. Hulle het ook bevind dat sojabone meer bogrondse stikstof akkumuleer tydens peulvul as enige ander peulgewas en N-akkumulering duur voort tot met fisiologiese volwassenheid. Tydens reprodutiewe groei word 70% stikstof na blare en 50% biomassa na blare gekanaliseer. Tydens hierdie periode neem die stikstofkonsentrasie in die vegetatiewe dele ook af as gevolg van verhoogde partisie na die sade. Hulle stel verder vas dat peulwande die hoogste persentasie gefikseerde stikstof bevat in vergelyking met die res van die plant. Die sade as sulks bevat 'n laer persentasie gefikseerde stikstof tydens vroeë ontwikkeling in vergelyking met die res van die plant. Tydens die laaste vyf weke van saadontwikkeling bevat die sade egter 'n persentasie gefikseerde stikstof wat vergelykbaar is met die van die res van die plant (Henson & Heichel, 1984). Hulle het verder bevind dat op 'n stikstofarm grond sowat 80% van die plant se stikstof afkomstig is van fiksering teen die R5 stadium terwyl slegs 60% van die sade se stikstof van fiksering afkomstig was. Cooper & Jeffers (1984) het bevind dat stikstoftekorte by sojabone wat nie geïnnokuleer is nie vinniger in smal ryspasiëring plaasvind as in wye ryspasiëring, omdat die kompetisie vir nitraatstikstof nou hoër is. Hierbenewens het Imsande (1989) bevind dat doeltreffende stikstoffiksering toename in fotosintese en gevolglik saadopbrengs, tot gevolg het. Hulle data toon aan dat daar 'n vertraging in N-translokering na die sade voorkom gedurende vroeë saadontwikkeling en dat die hoë

akkumulering van stikstof in die peulwande 'n rol speel by die translokering van N na die sade (Henson & Heichel, 1984). Vasilas & Nelson (1992) het egter vasgestel dat daar geen korrelasie bestaan tussen peulvulperiode en stikstoffiksering nie, maar dat lang peulvulperiodes 'n afname in hermobilisering van stikstof in die plant het. Gedurende saadvul het die stikstofinhoud van die blare ook afgeneem wat dui op die moontlike translokasie daarvan na die sade (Henson & Heichel, 1984). Cure *et al.* (1982) het bevind dat sojabone onder langdagtoestande 'n hoër stikstofkonsentrasie in vegetatiewe materiaal en 'n laer stikstofkonsentrasie in sade gehad as onder kortdagtoestande. Dit dui daarop dat daglengte die translokasie van stikstof vanaf vegetatiewe dele na reprodutiewe dele beheer. Hayati *et al.* (1995) het aangetoon dat saadstikstofinhoud afhanklik is van fotosintese en stikstofstatus van die plant gedurende R5. Verder het Schonbeck *et al.* (1986) bevind dat plantbiomassa en stikstofinhoud beheer word deur die aantal peule per plant en dat stikstofinhoud van die vegetatiewe dele drasties afneem tydens die peulvulperiode aangesien stikstof na die sade getranslokeer word. Die stikstofkonsentrasie in die sade was deurgaans konstant gedurende die peulvulperiode (Muchow *et al.*, 1993). Salado-Navarro *et al.* (1985) het bevind dat cultivars met hoë saadproteïeninhoud meer stikstof kanaliseer na die sade en dat stikstofinhoud van die vegetatiewe dele vinniger uitgeput raak as die van cultivars met lae saadproteïeninhoud. Hulle het ook bevind dat cultivars met hoë 'n saadproteïeninhoud stikstof en biomassa vinniger na die sade kanaliseer en dat hulle korter saadvulperiodes en laer saadopbrengs het (Salado-Navarro *et al.*, 1985). Verskille in stikstofpartisie na reprodutiewe organe was ook aansienlik, aangesien sommige cultivars 88% van hul stikstof teen R6 na reprodutiewe organe gekanaliseer het, terwyl ander cultivars slegs 31% stikstof gekanaliseer het (Pazdernik *et al.*, 1997). Thurlow & Hiltbold (1985) het bevind dat 70% van die plant se stikstof teen R7 na die sade getranslokeer is. Burias & Planchon (1990) rapporteer dat saadopbrengs hoogs betekenisvol korreleer met nodule massa, nodulevolume en stikstoffiksering. Gevolglik het hulle bevind dat cultivars met 'n hoë stikstoffikseringskapasiteit hoë saadopbrengs lewer (Burias

& Planchon, 1990). Vasilas *et al.* (1995) het bevind dat cultivars met 'n lang saadvulperiode meer stikstof en biomassa na die sade translokeer as cultivars met 'n kort saadvulperiode.

Ter opsomming : Sojabone fikseer twee keer meer stikstof as enige ander peulgewas met die ureïede, allantoïen en allantoïensuur, as die belangrikste uitvoerprodukte van stikstoffiksering. Die simbiotiese verwantskap met die rhizobium bepaal die tipe uitvoerproduk van stikstoffiksering en hang af van die beskikbare nitraatstikstof in die grond. Sojabone fikseer die meeste atmosferiese stikstof tydens die peulvulperiode en laatvolwasse cultivars kanaliseer meer stikstof na sade as vroegvolwasse cultivars. In 'n stikstofarm grond is tot 80% van die stikstof wat na sade getranslokeer word afkomstig van biologiese stikstoffiksering. Cultivars met hoë saadproteïeninhoud translokeer meer stikstof na sade as ander cultivars.

2.1.6.3 Invloed van grondvrugbaarheid.

Bordeleau & Prevost (1994) en Hardarson (1993) het bevind dat meeste peulgewasse 'n neutrale of effens suur grond verkies en dat noduleringsprobleme normaalweg ontstaan by 'n pH laer as 5.5. Grondsuurheid het kalsium, fosfaat en molibdeentekorte tot gevolg en 'n oormaat waterstofione in die grond wat die oorlewing, groei en N-fiksering van die rhizobiumbakterieë benadeel. Die belangrikste fases vir die bakterium is die (1) rhizobiumoorlewing in die grond, (2) infektering van die wortel en nodulevorming, (3) nodulefunksie en (4) groei op die gasheerplant. Verder skep suurgronde die probleem van aluminium en ander swaarmetaaltoxisiteit. Aluminiumtoxisiteit inhibeer nodulering direk en wortelgroei indirek. Die aantal nodules neem af soos wat aluminium in die grond toeneem en kalsium afneem (Bordeleau & Prevost, 1994). Smit (1992) en Hardarson (1993) het bevind dat minerale soos magnesium, yster, molibdeen en swaer ook 'n rol speel by nodulering van

sojabone. O'Hara *et al.* (1988) stel vas dat lae grond -pH die vermeerdering van rhizobia in die grond benadeel. Nodule-inisiëring is belemmer deur 'n kobalttekort, terwyl boor- en ystertekorte nodule-ontwikkeling vertraag het. Molibdeen-tekorte belemmer die nodulefunksie (O'Hara *et al.*, 1988). Imsande (1989) het bevind dat uitgebreide wortelhaarinfeksie moet plaasvind teen R2 om die plant instaat te stel om teen R5 voldoende stikstof te kan fikseer. Fosfaattekorte het 'n invloed op die nodulering van die plant, aangesien dit die direkte groei van die plant benadeel. Salama & Sinclair (1994) het egter bevind dat fosfaatbemesting geen effek op N-fiksering van sojabone onder droogtetoestande gehad het nie. La Favre & Eaglesham (1987) het bevind dat alhoewel stikstofbemesting by sojabone 'n positiewe uitwerking op vegetatiewe groei het, dit die vorming van nodules inhibeer en 'n afname in nodulemassa tot gevolg het afhangende van die entstofras. Smit (1992) en Hardarson (1993) het ook bevind dat stikstofbemesting voor of gedurende die groeiseisoen 'n inhiberende invloed uitoefen op mikrobiëse stikstofbinding. Munyinda *et al.* (1988) toon aan dat hoë stikstofbemestingspeile inderwaarheid 'n afname in die plant se totale bopgrondse stikstofinhoud veroorsaak, omdat nodulering geïnhibeer word. Stikstofbemesting 21 dae na aanplant het die aantal nodules gevorm, en nodulemassa, met onderskeidelik 90 en tot 94% verminder (La Favre & Eaglesham, 1987). Gibson & Harper (1985) het bevind dat die NO_3^- konsentrasie in die grond 'n groot effek het op die aanvanklike noduleringsproses. Hulle het bevind dat die NO_3^- -konsentrasie van 1 mM 'n inhiberende uitwerking op nodulevorming gehad het sowel as 'n vertraging van die nitrogenase-aktiwiteit. Hulle het egter ook bevind dat entstofras ook 'n rol speel by die toleransie teen hoë nitraatvlakke in die grond (Gibson & Harper, 1985). Hunt *et al.* (1985) het bevind dat sekere entstofrasse meer gevoelig is vir droogte en grondtemperatuur as ander en dat rypasiëring gevolglik ook 'n rol speel by die tipe entstofras wat gebruik word. Pazdernik *et al.* (1996) het daarop gewys dat die aantal nodules en die posisie daarvan op die wortels varieer afhangende van die entstofras gebruik. Figueiredo *et al.* (1998) het bevind dat entstofrasse verskil t.o.v droogtetoleransie. Hulle wys daarop dat entstofrasse

wat droogtetolerant is, die vermoë besit om hoër legghemolobienvlakke, ureïedkonsentrasie, wortelbiomassa en simbiotiese effektiwiteit te handhaaf onder droogtestrestoestande. Dashti *et al.* (1997) het bevind dat wanneer sojabone geïnkuleer word met rhizobia dit 'n verhoging in biomassaproduksie, saadproteïeninhoud en saadopbrengs tot gevolg het. Imsande (1989) het bevind dat nitraatopname deur die plant toeneem tydens vegetatiewe groei en 'n maksimum bereik tydens R1-R3. Hulle het verder aangetoon dat sojas die hoogste persentasie stikstof fikseer in lande waar daar voorheen geen stikstofbemesting of peulgewasse was nie, terwyl die teenoorgestelde waar is vir gebiede waar die stikstofinhoud van die grond hoog was. Bullock (1990) het bevind dat stikstofbemesting stikstoffiksering verlaag het en dat nodulekleur as gevolg van bemesting ligpienk i.p.v. rooi was, wat dui op 'n afname in stikstoffiksering. Saadmassa en saadstikstofinhoud is egter nie deur stikstofbemesting beïnvloed nie. Petioolnitraatkonsentrasie was die hoogste gedurende die R2 groeistadium en het afgeneem tydens peulvul. Verder het hulle bevind dat nitraatbemesting 'n toename in petioolnitraatkonsentrasie veroorsaak het, maar geen toename in petioolureïedkonsentrasie nie. Verder het Purcell & King (1996) bevind dat 10-69% atmosferiese stikstof gefikseer is deur plante wat stikstofbemesting ontvang het terwyl 25-80% atmosferiese stikstof gefikseer is deur plante wat geen stikstofbemesting ontvang het nie. Stikstofbemesting tydens die V6 en R2 groeistadium het 'n toename van 24% in saadgroeiempo tot gevolg gehad in vergelyking met die geen stikstof behandeling, terwyl saadvulperiode afgeneem het. Verder het stikstofbemesting 'n afname in asetileenreduksie veroorsaak aangesien nodulemassa laer was (Purcell & King, 1996). Purcell & King (1996) stel vas dat N-akkumulasie van plante wat hoofsaaklik afhanklik is van atmosferiese stikstof heeltemal gestaak het tydens droogtestres, terwyl plante wat stikstofbemesting ontvang het 48% meer stikstof geakkumuleer het. Dieselfde tendens was waargeneem vir biomassa-akkumulasie waar plante wat stikstofbemesting ontvang het, 64% meer biomassa geakkumuleer het, in vergelyking met die kontrole. Gevolglik het Purcell & King (1996) bevind dat stikstofbemesting biomassa en

stikstofakkumulasie verhoog, blom- en peulabortering verlaag en saadopbrengs van sojabone onder droogte toestande verhoog. Hoë soutkonsentrasies in die grond verlaag ook die simbiose tussen plant en rhizobium. Veral NaCl is nadelig vir groei en veroorsaak 'n afname in groei en ontwikkeling. Nodules met vakuole is egter redelik bestand teen hoë soutkonsentrasies en is in staat om hierdie toksiese soute te akkumuleer en onskadelik te stel (Bordeleau & Prevost, 1994).

Veau *et al.* (1990) het bevind dat isolyne wat nie noduleer nie, 'n laer blaarchlorofilinhoud, plantbiomassa, blaararea en fotosintese tempo het. Die suikrose- en styselinhoud van nie-nodulerende isolyne was egter hoër as die van nodulerende isolyne. Hierdie plante het ook geen nodules besit nie en geen asetileenreduksie getoon nie. Hierdie verskil was veral sigbaar onder toestande van lae grondstikstof wat dui op die belangrikheid van stikstoffiksering. Henson & Heichel (1984) het bevind dat sojaboonisolyne wat noduleer meer stikstof in bogrondse dele het as isolyne wat nie noduleer nie. Hardarson (1993) het bevind dat die nodules aan die diepste kant van die wortelstelsel meer stikstof kan bind as nodules naby aan die grondoppervlak.

2.1.6.4 Invloed van temperatuur

Die effek van temperatuur op N-fiksering is meestal indirek deurdat prosesse soos fotosintese, respirasie, transpirasie en vervoer beïnvloed word. Hoë temperature het tot gevolg dat dun, onvertakte wortels met min wortelhare vorm. Dit beïnvloed die proses van nodule-inisiëring en ontwikkeling en benadeel die funksionering van die nodules. Hoë temperature het 'n afname in aantal nodules gevorm asook nodulemassa gehad. Nodulemassa het egter nie afgeneem voordat temperature 39 °C oorskry het nie. Verder is vasgestel dat die invloed van hoë temperature op nodule-inisiëring baie drasties is indien (1) daar baie beskikbare grondstikstof is en (2) daar geen grondstikstof beskikbaar is nie (La Favre & Eaglesham, 1987). Lae dagtemperature (8-13°C) benadeel wortelhaarinfeksie en verlaag nodulering en nitrogenase-aktiwiteit. Ander outeurs het weer aangetoon dat lae nagtemperature (15°C) stikstoffiksering verhoog

aangesien meer koolstofskelette beskikbaar is omdat respirasie laer is (Bordeleau & Prevost, 1994). Gevolglik word 'n optimum temperatuur van 20-30 °C benodig vir optimum infektering en nodule-ontwikkeling. George *et al.* (1988) het bevind dat temperatuurverskille a.g.v. die hoogte bo seespieël 'n noemenswaardige invloed op stikstoffiksering en biomassaproduksie het. Hulle het bevind dat stikstoffiksering en biomassaproduksie onderskeidelik met 52 en 59% afgeneem het soos wat hoogte bo seespieël verdubbel het. Vroegvolwasse cultivars was ook meer gevoelig vir verandering in hoogte bo seespieëls as wat laatvolwasse cultivars was. Sinclair & Weisz (1985) het bevind dat daar 'n betekenisvolle korrelasie ($r^2 = 0.96$) bestaan tussen asetileenreduksietempo en die grondtemperatuur vir temperature onder 30 °C. Tussen 30-33 °C was daar geen verandering in asetileenreduksie nie.

2.1.6.5 Invloed van versuiptoestande

Watersadiging van die grond is ook nadelig vir N-fiksering en 'n waterlagie om die nodules het 'n drastiese afname in N-fiksering tot gevolg as gevolg van lae O₂ diffusie na die nodules. Hierdie bevinding is egter in teenstelling met die van Troedson *et al.* (1989) wat bevind het dat watersadiging 'n toename in N-fiksering tot gevolg gehad het. Hulle het vasgestel dat plante onder versuiptoestande betekenisvol hoër wortel- en nodulegroeï sowel as nitrogenase-aktiwiteit en stomageleiding gehad het, ten spyte van die feit dat vegetatiewe groei aanvanklik laer was. Saadopbrengs was tussen 24 –52% hoër, terwyl hoër peulaantal en saadmassa die komponente was wat die opbrengs verhoog het. Die persentasie peulabortering was ook laer vir die plante onder versuiptoestande. Stikstofassimilasie was dubbeld die van die kontrole, terwyl die fotosinteesetempo ook hoër was. Verder is fisiologiese volwassewording vertraag en nodulefunksie is vir langer gehandhaaf in vergelyking met die kontrole. Bennett & Albrecht (1984) het bevind dat 14 dae watersadiging tydens die vegetatiewe groeistadia van sojabone geen invloed op stomageleiding, blaarwaterpotensiaal of nodulewaterpotensiaal gehad het nie. Verder het watersadiging geen betekenisvolle invloed op nitrogenase-

aktiwiteit en gevolglik N-fiksering gehad nie. Wortelbiomassa van plante onder versuiptoestande was tussen 16-74% hoër en nodule massa tussen 1.5-4.2 keer meer. Wortels van plante onder versuiptoestande was meestal oppervlakkig, terwyl van die nodules ook op die grondoppervlakte sigbaar was (Troedson *et al.*, 1989). Sung (1993) het bevind dat nodulemassa en aantal nodules gevorm drasties toeneem teen R1 en 'n afname toon teen R5 onder waterversadiging. Hy het verder bevind dat waterversadiging tydens R1 en R5 die nodule massa sowel as die aantal nodules laat afneem. Garner *et al.* (19_) het bevind dat stikstoffiksering by sojabone 'n maksimum bereik het tydens die V4 stadium en dat nitrogenase aktiwiteit begin afneem na blomvorming. Daar was egter ook geen herstel nadat waterversadiging opgehef is nie. Waterversadiging tydens R1 het ook die N-fikserings aktiwiteit van die nodules verlaag as gevolg van 'n verlaging in nitrogenase sintese in die nodules (Sung, 1993). Verder het die legghemoglobieninhoud van die nodules en nodule-aktiwiteit ook afgeneem tydens waterversadiging vir albei die groeistadiums. Troedson *et al.* (1989) het bevind dat toestande hoër biomassa-produksie en saadopbrengs tot gevolg het as gevolg van hoër stikstoffikseringsvlakke en fotosintese. Stone (1985) het bevind dat toestande van waterversadiging die tempo van hoof- en sywortelverlenging sowel as wortelbiomassa-produksie vertraag en dat cultivars verskil in hul toleransie t.o.v van waterversadiging.

Ter opsomming : Vir optimale biologiese stikstoffiksering verkies sojabone 'n effens suur grond. 'n Te suur grond belemmer die oorlewing van die rhizobia in die grond en het aluminium- en swaarmetaaltoksisiteit tot gevolg. Beschikbaarheid van mikro-elemente in die grond soos kobalt, boor, yster en molibdeen is belangrik om nodule-inisiëring en nodule funksionering te bewerkstellig. Verder het stikstofbemesting 'n afname in aantal nodules en nodulemassa tot gevolg en belemmer biologiese stikstoffiksering. Die graad van biologiese stikstoffiksering by sojabone hang dus af van die beskikbare nitraatstikstof in die grond. Lae dagtemperatuur (8-13°C) benadeel wortelhaarinfeksie, nodule-inisiëring en

nitrogenase aktiwiteit en gevolglik stikstoffiksering. Hierteenoor verlaag hoë dagtemperature ($>35^{\circ}\text{C}$) weer die aantal nodules gevorm en temperature tussen $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$ is gevolglik optimaal vir stikstoffiksering. Versuiptoestande het 'n toename in stikstoffiksering meegebring weens die vorming van meer nodules en 'n toename in nodulemassa- en aktiwiteit. Onder hierdie toestande het nodules egter oppervlakkig gevorm sodat dit sigbaar was op die grondoppervlakte.

2.1.7 DROOGTESTRES

2.1.7.1 Invloed op bioproduktiwiteit

Salama & Sinclair (1994); Sneller & Dombeck (1997) en Heatherly (1996) het bevind dat droogtestres 'n invloed op alle groeiparameters het en dat die graad daarvan saamval met die graad van droogtestres. Hulle het onder andere getoon dat blaararea, biomassa, saadopbrengs en stikstoffiksering elk onderskeidelik met 72%, 79%, 94% en 82% afgeneem het indien die watervoorsiening verlaag is vanaf 75% na 25% beskikbare grondwater gedurende die hele groeiseisoen. Specht *et al.* (1986) het 'n afname van 0.23 – 0.41 ton/ha vegetatiewe plantbiomassa vir elke 10mm water minder toegedien tydens elke besproeiing waargeneem. Dornbos *et al.* (1989) het 'n afname van 38-58% in saadopbrengs soos wat die droogtestresgraad (bereken as die som van die daaglikse verskil tussen atmosferiese temperatuur en blaartemperatuur) tydens R5 toegeneem het vanaf 46 na 141. Meckel *et al.* (1984) het bevind dat droogtestres, vanaf opkoms tot die R5 groeistadium, 'n afname van tot 50% in vegetatiewe plantmateriaal tydens R5 tot gevolg het en 46% afname in saadopbrengs. Volgens Cox & Jolliff (1986) is sojabone baie gevoeliger vir droogtestres as sonneblomme. Jung & Scott (1980) het bevind dat totale-, stam en peulbiomassa sowel as blaararea en saadopbrengs met tot 60% verlaag word deur droogtestres vanaf blom- tot peulvulperiodes. Cox & Jolliff (1986) het afname van tot 70% in biomassa en netto-assimilasietempo aangeteken as gevolg van kontinue droogtestres deur die hele groeiseisoen. Finn *et al.* (1980) het 'n afname van tot 20% in

blaarbiomassa aangeteken terwyl Neyshabouri *et al.* (1986) 'n 10% afname in aantal blare en 30% afname in blaarvergroting aangeteken het as gevolg van droogtestres tydens die reprodktiewe groeiperiode. Serraj & Sinclair (1997) het bevind dat biomassaproduksie vir twee sojabooncultivars onder besproeiing 8.8–14.3 g/m²/dag was, terwyl dit slegs 1.9-7.7 g/m²/dag was onder droogtestrestoestande. Muchow (1985) het bevind dat droogtestres 'n afname in planthoogte, bogrondse biomassa, blaarproduksie en blaarverlenging sowel as aantal blare gevorm en LAI tot gevolg gehad het. Heatherly & Elmore (1986) het bevind dat besproeiingspersele 'n 100% blaredakbedekking bereik het, terwyl droëlandpersele 'n 70-73% bedekking gehad het, afhangende van die plantdatum. Heatherly (1988) het bevind dat besproeiing saadopbrengs verhoog het ongeag ryspasiëring of plantdatum. Volgens Huck *et al.* (1986) het besproeiingspersele betekenisvol hoër bogrondse biomassa geproduseer as nie-besproeiingspersele. Hoogenboom *et al.* (1987) het bevind dat stingelverlenging en blaararea vergroting betekenisvol afneem tydens toestande van droogtestres en dat kleiner blare deur die stresplante gevorm word. Wanneer hierdie toestande opgehef word, het die tempo van stamverlenging en blaarareavergroting van nie-besproeiingspersele die van die besproeiingspersele ge-ewenaar of selfs oortref het. Die rede hiervoor is dat eersgenoemde 'n beter ontwikkelde wortelstelsel as laasgenoemde ontwikkel het en dus instaat was om grondvog meer doeltreffend te benut wanneer die droogteperiode opgehef is. Gevolglik het Hoogenboom *et al.* (1987) bevind dat aantal nodes per plant, planthoogte en blaararea van plante blootgestel aan kort droogteperiodes, nie betekenisvol verskil van besproeiings- persele nie. Frederick *et al.* (1991) het bevind dat droogtestres, gedurende die totale reprodktiewe fase, die aantal sytakke per plant vir onbepaalde genotipes verhoog, maar 'n afname in aantal peule per sytak tot gevolg het. Specht *et al.* (1986) het bevind dat planthoogte met tussen 6.8 – 8.5cm afgeneem het vir elke 10 mm water minder toegedien tydens elke besproeiing oor die verloop van 'n hele groeiseisoen. Omval het egter ook afgeneem met 'n waarde van 0.51-0.67, op 'n skaal van 1-5, per 10mm water minder toegedien tydens elke besproeiing oor die hele

groeiseisoen. Weil *et al.* (1990) het bevind dat onbepaalde groeiers beter presteer as bepaalde groeiers onder droogtetoestande gedurende die vegetatiewe groeiperiode. Cure *et al.* (1983) het bevind dat sojabone onder droogtetoestande tydens langdagtoestande hoër vegetatiewe groei handhaaf as onder kortdagtoestande en dat die herstelvermoë na droogte 100% hoër was. Die oesindeks het afgeneem met 'n waarde van 4,5% vir elke 10 mm water minder toegedien tydens elke besproeiing. Oesindekse het gewissel van 0.48 vir volledig besproeide persele tot 0.24 vir droëlandpersele. Frederick *et al.* (1991) het bevind dat droogtestres, gedurende die hele reprodktiewe groeistadium, 'n betekenisvolle afname in fotosintese tempo het sowel as 'n afname in oesindeks. Jaareffek het ook 'n invloed gehad aangesien daar 'n 33% en 63% verskil in oesindeks vir o.a die droogtestres en besproeiingsproef was. Cox *et al.* (1986) het 'n 50% afname in oesindeks as gevolg van droogtestres aangeteken. Snyder *et al.* (1982) het bevind dat droogtestres gedurende die vegetatiewe groeistadium van 'n sojaboon lei tot 'n toename in oesindeks.

2.1.7.2 Invloed op PAR, F en RUE

Muchow (1985) ook bevind dat hierdie afname in blaarverlenging en produksie as gevolg van droogtestres tot gevolg het dat F (proporsie PAR opgevang) merkbaar afneem. Serraj *et al.* (1997) het bevind dat droogtestres 'n afname van 15-40% in stralingsverbruik-effektiwiteit (RUE) gehad het, terwyl hy bevind het dat afname in ligonderskepping meer was as afname in biomassa produksie wanneer droogtestres geleidelik toegepas is. Wanneer droogtestres skielik plaasgevind het, was die afname in biomassa produksie meer as die afname in ligonderskepping. Muchow *et al.* (1986) het bevind dat onder matige droogtestres die afname in blaararea-vergroting groter was as die afname in blaarproduksie, terwyl blaarabortering nie beïnvloed is nie. Hierdie afname in blaararea was nie genoeg om PAR-onderskepping te verlaag nie, alhoewel biomassa produksie verlaag het as gevolg van afname in stomasgeleiding. Onder toestande van matige droogtestres was daar ook geen afname in die spesifieke blaarstikstofinhoud nie (Muchow *et al.*, 1985). Muchow *et al.* (1986) het egter

aangetoon dat onder toestande van ekstreme droogtestres, PAR onderskepping en biomassaproduksie afgeneem het terwyl blaarabortering versnel is en spesifieke blaar stikstof- inhoud verhoog het. Sullivan *et al.* (1990) het bevind dat UV-B straling in kombinasie met droogtestres ook groei en ontwikkeling strem. Hy het bevind dat droogtestres saadaantal, biomassa, blaararea, planthoogte, blaargewig, opbrengs en fotosintese laat afneem. Wanneer die kontroleplante egter UV-B straling ontvang het, het biomassa, spesifieke blaargewig en peulaantal afgeneem, maar nie spesifieke blaargewig, planthoogte, opbrengs en aantal sade nie. Die kombinerings van droogtestres en UV-B straling het egter geen verdere afname op bogenoemde parameters gehad as droogtestres en UV-B straling afsonderlik nie. As rede word aangevoer dat beide droogtestres en UV-B straling selverdeling en selgroei strem, en gevolglik is die uitwerking van UV-B straling onder droogtestres weglaatbaar (Sullivan, 1990).

2.1.7.3 Invloed op saadopbrengskomponente

Sullivan (1990) het bevind dat aantal sade per peul nie betekenisvol deur droogtestres verlaag word nie en dat saadmassa en blaararea-indeks onderskeidelik 8% en 38% afgeneem het. Neyshabouri *et al.* (1986); Heatherly & Elmore (1986) het bevind dat daar 'n afname in saadgrote en sade per peul plaasvind onder toestande van droogtestres. Brown *et al.* (1985) stel vas dat droogtestres gedurende R4 'n betekenisvolle afname in saadopbrengs, aantal sade per plant en saadgrootte gehad het. Droogtestres gedurende R2 het egter geen invloed op saadmassa gehad nie. Dornbos *et al.* (1989) het 'n afname van 28-51 % in saadaantal, 22-50% in peulaantal en 13-14% afname in saadmassa aangeteken agv. droogtestres, maar geen afname in aantal sade per peul nie, soos ook deur Weil *et al.* (1990) bevind is. Hulle het egter bevind dat sekere kultivars onder droogtestres groter sade vorm as ander en bevind dat kultivars verskil in hul toleransie vir droogtestres. Specht *et al.* (1986) het 'n afname van 12 sade per plant vir elke 10 mm water minder toegedien tydens elke besproeiing aangetoon, terwyl saadmassa met 1.3 gram per 100 sade afgeneem

het vir elke 10 mm water minder toegedien tydens elke besproeiing oor die hele groeiseisoen. Cox *et al.* (1986) & Neyshabouri *et al.* (1986) en Meckel *et al.* (1984) het bevind dat peulaantal die opbrengskomponent is wat die gevoeligste is vir droogtestres. Hulle het 'n afname van 77% in peulaantal aangeteken vir sojabone onder ekstreme droogtestres tydens blom- en peulvormingsstadium. Verder het hulle 'n afname in saadgrote bevind, maar geen afname in sade per peul nie wanneer droogtestres tydens die peulvulperiode plaasgevind het. Meckel *et al.* (1984) het bevind dat saadgroeitempo nie betekenisvol deur droogtestres beïnvloed word tydens die peulvulperiode nie. Dornbos *et al.* (1991) bevind egter dat droogtestres gedurende die peulvulperiode die saadgewig verskuif na 'n groter persentasie sade met laer gewig. Hy het ook vasgestel dat droogtestres tydens die peulvulperiode 'n groter invloed op aantal sade per peul gevorm het, as op saadmassa en dat saadmassa slegs drasties verlaag wanneer droogtetoestande tydens peulvul saamval met hoë atmosferiese temperature van 35°C en hoër. Hill *et al.* (1986) het bevind dat droogtestres gedurende peulvul 'n 15-33% afname in saadmassa, 8-22% in saadvolume, hoër persentasie saadwand en 6-37% hoër saadondeurdringbaarheid tot gevolg gehad het. Heatherly (1993) het egter vir 15 cultivars geen betekenisvolle afname in saadmassa as gevolg van droogtestres aangetoon nie. Hy het verder bevind dat droogtestres na die R4 stadium nie meer 'n betekenisvolle afname in kiemkrag het nie. Dornbos *et al.* (1991) stel vas dat, selfs onder toestande van matige droogtestres tydens peulvul, die saadmassa en sade per peul afneem. Meckel *et al.* (1984) het egter bevind dat droogtestres gedurende die vroeë vegetatiewe fase of laat reprodutiewe fase nie 'n invloed op saadmassa het nie. Hierdie afname in peulaantal was volgens Cox *et al.* (1986) verantwoordelik vir die 87% afname in saadopbrengs. Specht *et al.* (1986) het 'n afname in saadopbrengs van tussen 0.53 en 0.7 ton/ha vir elke 10mm water minder toegedien tydens elke besproeiing, bereken. Dornbos *et al.* (1991) en Helms *et al.* (1996) het ook bevind dat kiemingspersentasie en saailinggroeitempo van sade gevorm onder hoë temperature en droogtestres 'n afname getoon het, maar die persentasie afname was egter laer as by saadaantal en opbrengs. Hy het ook bevind dat

aantal sade en saadmassa betekenisvol laer was. Droogtestres gedurende R1-R4 was verantwoordelik vir laer saadaantal geproduseer (Huck *et al.*, 1986). De Souza *et al.* (1997) het verder bevind dat saadgrootte en oesopbrengs betekenisvol deur droogtestres verlaag word en aantal sade per plant het betekenisvol afgeneem tydens droogtestres. Afname in saadgrootte was die oeskomponent wat verantwoordelik was vir die afname in oesopbrengs. Muchow (1985) het bevind dat peulaantal, saadaantal en saadgrootte die opbrengskomponente is wat die meeste deur droogtestres beïnvloed word en gevolglik oesverlies veroorsaak. Hy het ook bevind dat onder ekstreme droogtestres die aantal sade per peul verlaag maar dat saadmassa toeneem. Verder het droogtestres die groeitempo van individuele sade verlaag. Heatherly (1996) het bevind dat kiemkrag van sade gevorm onder droëland 'n 14-73% afname in kiemkrag gehad het. Smiciklas *et al.* (1992) wys daarop dat droogtestres gedurende die R2 groeistadium geen invloed op saadkwaliteit gehad het nie, aangesien die plant se reprodktiewe lading verlig word en die plant dan meer tolerant is teen stres later in die reprodktiewe fase. Hy het bevind dat saadmassa met 12% verhoog, indien droogtestres gedurende R2 toegepas word. Hulle het bevind dat kwaliteit van sade aan die bokant van die plant beter was as sade onder aan die plant en dat sade aan die onderkant van die plant ook meer gevoelig was vir droogtestres, veral tydens R5 en R6 (Smiciklas *et al.*, 1992). Saadkwaliteit neem af as die droogtegradient toeneem (Specht *et al.*, 1986). Hy het 'n waarde van 0.45 eenhede per 10 mm water minder toegedien tydens elke besproeiing oor die hele groeiseisoen, bereken. De Souza *et al.* (1997) het verder bevind dat 'n 50% verwydering van peule 'n 13% afname in sade per plant gehad het onder beproeiing terwyl 'n 29% afname plaasbevind het onder droogtetoestande. Snyder *et al.* (1982) het tot die gevolgtrekking gekom dat droogtestres gedurende die R1-R8 periode die grootste invloed op oesopbrengs het soos ook deur Neyshabouri *et al.* (1986) bevind is.

2.1.7.4 Invloed op wortelontwikkeling

Cortes *et al.* (1986) het bevind dat droogtetoleransie by sojabone saamgaan met die plant se vermoë om 'n diep wortelstelsel te vorm, eerder as osmotiese aanpassing. Huck *et al.* (1986) het soos Hoogenboom *et al.* (1987), bevind dat wortelbiomassa (0-20 cm) van besproeiingspersele betekenisvol hoër was as nie-besproeiingspersele. Op dieptes dieper as 20 cm, het nie-besproeiingspersele hoër wortelbiomassa getoon (Huck *et al.*, 1986 ; Hoogenboom *et al.*, 1987). Aansluitend het (Huck *et al.*, 1986 ; Hoogenboom *et al.*, 1987) bevind dat worteldiepte van nie-besproeiingspersele betekenisvol dieper was. Brown *et al.* (1985) het vasgestel dat droogtestres wortelontwikkeling in die boonste grondprofiel belemmer maar dat worteldiepte toeneem het. Die diepte van wortelpenetrasie hang af van die graad van droogtestres en die groeistadium (Hoogenboom *et al.*, 1987). Hoogenboom *et al.* (1987) het verder ook bevind dat droogtestres 'n toename in wortelgroeitempo tot gevolg het, maar dat 'n afname plaasgevind het tydens reënperiodes. Gevolglik word fotosintaat gedurende droogtestres met voorkeur na wortels getranslokeer terwyl dit tydens periodes van voldoende vog vegetatiewe groei bevorder. Toestande van geen vogstremming bevorder dus vegetatiewe groei ten koste van wortelgroei. Wortelgroei word gestaak na die R5 groeistadium (Hoogenboom *et al.*, 1987).

2.1.7.5 Invloed op lengte van groeistadia

Frederick *et al.* (1991) het bevind dat droogtestres die vertraging van blaarval tydens fisiologiese volwassenheid tot gevolg gehad het. Onder toestande van ekstreme droogtestres is blaarval versnel met 8 dae. Frederick *et al.* (1991) het ook bevind dat aantal blare per plant tussen droogtestres, gedurende die reprodktiewe groeistadium, en besproeiing nie verskil het nie, maar dat die droogtestresplante wel kleiner blare gevorm het. Hy het ook bevind dat die lengte van die peulvulperiode verkort is deur droogtestres gedurende die reprodktiewe groeistadium. Droogtestres gedurende die hele groeiseisoen versnel die blomdatum, verkort die blom- en peulvulperiode en versnel fisiologiese volwassenheid (Muchow ; 1985). Droogte tydens die peulvulperiode het die periode met 5 dae verkort en saadmassa vanaf 176 mg/saad vir die kontrole, na

145 mg/saad laat afneem (Meckel *et al.*, 1984). De Souza *et al.* (1997) het bevind dat fisiologiese volwassenheid versnel word deur uiterste droogtestres. Cortes & Sinclair (1986) het bevind dat droogtestres gedurende die mid-peulvulperiode fisiologiese volwassenheid met 5-10 dae verkort het, terwyl Desclaux *et al.* (1996) aangetoon het dat droogtestres die inisiëring van nuwe nodes vertraag, blomvorming versnel en reprodktiewe fases verkort met gevolglike vinniger volwasewording en blaarval. Dornbos *et al.* (1989) het bevind dat droogtestres 'n 27% verkorting in peulvulperiode tot gevolg gehad het. Cultivarverskille kom voor aangesien reprodktiewe ontwikkeling onder droogtestres op die hoofstam van sommige cultivars verleng word en verkorting van reprodktiewe ontwikkeling op die sytakke plaasvind en omgekeerd by ander cultivars. Brown *et al.* (1985) het bevind dat droogtestres, gedurende die R2 en R4 groeistadium, geen effek op blom- en peulabortering gehad het nie, maar dat abortering hoër was by cultivars wat meer blomme en peule gevorm het. Burton (1997) het ook bevind dat droogte en hoë temperature blom en peulabortering verhoog. Westgate & Peterson (1993) het bevind dat droogte tydens die blomperiode die aantal saadvormende peule verlaag. De Souza *et al.* (1997) het ook bewys dat droogtestres 'n afname in blaarchlorofil en stikstof indirek tydens saadvul tot gevolg het. Hy het bevind dat blaarchlorofil en stikstof van sojabone onder droogtestres betekenisvol laer was aan die einde van die R6 stadium as die van besproeide plante. Selfs toestande van matige droogtestres het afname van blaarchlorofil en stikstof indirek tot gevolg gehad. De Souza *et al.* (1997) het bevind dat afname van blaarstyselvlakke na die R6 stadium versnel word deur droogtestres. Ekstreme droogtestres het verder ook tot gevolg dat blaarveroudering en blaarval versnel, terwyl matige droogtestres nie blaarval versnel nie. Specht *et al.* (1986) het bevind dat droogtestres fisiologiese volwassenheid versnel soos wat die droogtegradient toeneem. Hy het 'n versnelling van fisiologiese volwassenheid van 2,9 dae met elke 10 mm water minder toegedien tydens elke besproeiing bevind. Hy het bevind dat blaarval by kort groeiers in reaksie op droogtestres meer gevoelig is as by lang groeiers. Neyshabouri *et al.* (1986) het verder ook bevind dat meer blomme gevorm word

tydens droogtestres en dat blomdatum versnel word. Die rede vir hierdie volgehoue blomproduksie is die aanhoudende afspeen van blomme tydens droogte. Droogtestres het die R5-R7 groeiperiode met 16 dae verkort en die suikerkonsentrasie in die saadhuid het betekenisvol afgeneem, terwyl suikerkonsentrasie in die saadlobbe met 5.3% toegeneem het in vergelyking met die kontrole (Meckel *et al.*, 1984).

2.1.7.6 Waterverbruikseffektiwiteit

Die blaartemperatuur van sojabone onder droogtestres was ook hoër as die van die onder besproeiing as gevolg van laer transpirasie-afkoeling (Jung & Scott, 1980). Verder het Oosterhuis & Walker (1987) bevind dat die hoek wat 'n sojaboon se blare vorm ten opsigte van die horison, toeneem wanneer die plant aan droogtestres onderwerp word. Onder toestande van ekstreme droogtestres, kan die blaarhoek met 60 ° vergroot. Verandering in stomaweerstand en blaarhoek, korreleer met verandering van ander parameters soos blaarwaterpotensiaal (Oosterhuis & Walker, 1987). Cox & Jolliff (1986) het bevind dat die evapotranspirasie van sojabone met tot 68% kan afneem met 'n afname van 30-50% in grondvogpeile in vergelyking met die kontrole. Scott *et al.* (1987) het bevind dat evapotranspirasie by sojabone onder droë toestande 215 mm was en 237 mm onder natter toestande. Verder het Brun *et al.* (1985) bevind dat wanneer 50% van die beskikbare grondwater opgebruik is, die evapotranspirasie van sojabone afneem vanaf 100% tot 74% in vergelyking met 'n afname na 91% van koring. Koring kan beskikbare grondwater beter onttrek as sojabone en is meer tolerant teen droogte. Harper *et al.* (1989) het bevind dat die tipe grondbewerking ook 'n rol speel by inisiëring van droogtestres en dat stoppelbewerking beter grondvog hou as konvensionele bewerking. Muchow (1985) het bevind dat WUE (uitgedruk in terme van saadopbrengs) nie deur droogtestres gedurende vegetatiewe groei beïnvloed word nie. Namate droogtestres verleng is en met die reprodktiewe periode saamgeval het, het WUE drasties begin afneem. Slegs vir akkerbone is geen afname in WUE in respons tot droogte waargeneem nie. Smajstrla *et al.* (1982) het egter bevind dat

die WUE van sojabone toeneem het tydens droogtestres. Verder het hy ook bevind dat sojabone se waterverbruik die hoogste was tydens peul- en saadvulperiodes en dat droogtestres gedurende hierdie periodes die grootste verliese in saadopbrengs gehad het. Muchow (1985) het egter bevind dat onder droogtestres sojabone die enigste peulgewas is waar blaarproduksie meer sensitief is as blaarverlenging. Morrison *et al.* (1997) en Clawson *et al.* (1986) het bevind dat cultivars met hoër haardigtheid 'n hoër WUE het as cultivars met lae haardigtheid en dat eersgenoemde cultivars hoër saadopbrengs lewer onder droë toestande as laasgenoemde. Haarkleur het egter geen invloed op WUE en saadopbrengs gehad nie. Verder het verskeie outeurs soos Bennett & Albrecht (1985) bevind dat blaarwaterpotensiaal van plante meer negatief word tydens droogtestres. Laasgenoemde het ook bevind dat hierdie afname in blaarwaterpotensiaal saamval met 'n afname in stomageleiding. Sojka *et al.* (1983) het bevind dat blaarwaterpotensiaal nie afhanklik is van ryspasiëring nie maar wel van relatiewe humiditeit en cultivarverskille. Van Heerden *et al.* (1996) het bevind dat die relatiewe waterinhoud van koring cultivars afneem soos wat dae van droogtestres toeneem. Verder het hulle ook bevind dat droogtetolerante koringcultivars langer 'n hoër relatiewe waterinhoud kan handhaaf as cultivars wat droogtesensitief is. Neyshabouri *et al.* (1986) & Villalobos-Rodriguez *et al.* (1985) het ook bevind dat bepaalde cultivars meer sensitief is vir droogtestres as onbepaalde cultivars aangesien onbepaalde cultivars opnuut kan uitgroei wanneer groeitoestande weer gunstig word. Hudak *et al.* (1995) het bevind dat PI 416937 wat 'n droogtetolerante sojabooncultivar is, se droogtetoleransie die gevolg van 'n groter wortelvolumen en worteloppervlakte is wat die plant instaat stel om droogtestres te ontwyk deur maksimaal gebruik te maak van die beskikbare grondwater (Hudak *et al.*, 1995).

2.1.7.7 Invloed op stomasbeheer

De Souza *et al.* (1997) , Neyshabouri *et al.* 1986) , Allen *et al.* (1994) , Wells *et al.* (1982) en Muchow (1985) het bevind dat stomageleiding en fotosintese tempo afneem onder toestande van ekstreme droogtestres. De Silva *et al.* (1996) en

Williams & De Mallorca (1984) het bevind dat matige droogtestres geen betekenisvolle afname in die fotosintese tempo gehad het nie maar wel ekstreme droogtestres. Djekoun & Planchon (1992) het bevind dat stomasluiting tydens droogtestres aan die bokant van die blaar eerste plaasvind voordat stomasluiting aan die onderkant plaasvind. Hulle het verder bevind dat droogtetolerante sojabooncultivars die vermoë besit om hul stomas oop te hou tydens droogtestres en sodoende bioproduktiwiteit handhaaf. Dornbos *et al.* (1989) het bevind dat transpirasie met 44%, fotosintese met 71% en stomageleiding met 68% afgeneem het indien die droogtestresgraad (bereken as die som van die daaglikse verskil tussen lugtemperatuur en blaartemperatuur) vanaf 46 na 141 toeneem. Djekoun & Planchon (1992) het bevind dat cultivars wat vroeg tydens droogtestres hul stomas sluit, nie N-fiksering inhibeer nie aangesien die nodulewaterinhoud hoog gehou word. Fotosintese word egter wel beïnvloed. Aan die ander kant het droogtetolerante cultivars wat afname in stomageleiding uitstel, wel 'n afname in N-fiksering getoon aangesien nodulewaterinhoud afgeneem en nitrogenase aktiwiteit geïnhibeer het. Fotosintese het egter nie afgeneem nie en bioproduktiwiteit is behou ten koste van N-fiksering. Buttery *et al.* (1993) het bevind dat cultivars met 'n hoë stomafrekwensie hoër fotosintese tempo, stomageleiding, hoër planthoogte en hoër saadopbrengs gelewer het as cultivars met 'n lae stomafrekwensie. Hy het egter bevind dat cultivars met 'n lae stomafrekwensie meer bestand is teen droogte as cultivars met 'n hoë stomafrekwensie. Luquez *et al.* (1997) het bevind dat sojabooncultivars met 'n lae blaarchlorofiliinhoud 'n hoë stomafrekwensie het en hoër stomageleiding selfs onder droogtetoeëstande het en gevolglik 'n laer waterverbruikeffektiwiteit as cultivars met 'n hoë blaarchlorofiliinhoud. Bennett *et al.* (1987) het bevind dat afname van stomageleiding tydens droogtestres saamval met afname in relatiewe waterinhoud (RWC), maar nie met blaarwaterpotensiaal of xileempotensiaal nie. Da Silva *et al.* (1996) het ook bevind dat toename in droogtestres saamval met 'n afname in RWC en transpirasie. Frederick *et al.* (1990) het bevind dat toename in stomaweerstand onder droogtestres verskil tussen cultivars en gevolglik verskil cultivars in hul

vermoë om water effektief te gebruik. Verder het hy ook bevind dat sommige cultivars voorkeur gee aan abaksiale stomasluiting terwyl ander weer die adaksiale stomas eerste sluit. Sojka *et al.* (1983) het bevind dat stomaweerstand afhanklik is van die mikroklimaat van die plant in die ry sowel as die waterstatus van die plant. Matige droogtestres het egter ook 'n beduidende afname in stomageleiding veroorsaak. Afname in stomageleiding neem verder toe soos wat die plant fisiologiese volwassenheid nader (De Souza *et al.*, 1997). Kirkham *et al.* (1985) het bevind dat plante met hoë stomageleiding meer transpirasie afkoeling het en gevolglik laer blaartemperatuur. Verder het hy ook bevind dat plante met 'n hoë waterpotensiaal lae evapotranspirasie het en omgekeerd. Jung & Scott (1980) het bevind dat stomaweerstand van sojabone onder droogtestres betekenisvol hoër was as van die onder besproeiing en dat hulle vroeër in die dag toemaak. Sojabone onder besproeiing het laer stomaweerstand gehad en gevolglik meer transpirasie laat plaasvind. Purcell *et al.* (1997) het bevind dat transpirasie van sojabone tydens die V6 groeistadium met 46% afneem as gevolg van 'n 40% afname in grondvog. Gevolglik handhaaf sojabone onder droogtestres 'n hoër WUE. Verder het Jung & Scott (1980) bevind dat toestande van ekstreme droogtestres stomawerking heeltemal kan inhibeer sodat permanente stoma verlies plaasvind. Oosterhuis & Walker (1987) het bevind dat beide abaksiale sowel as adaksiale stoma se stomaweerstand toeneem onder toestande van droogtestres waarvan laasgenoemde die sensitiefste is by sojabone. Hulle het verder bevind dat wanneer koring geleidelik aan droogtestres blootgestel word hul stomaweerstand laer is tydens droogtestres maar dat sojabone nie hierdie tendens getoon het nie.

Finn *et al.* (1980) het bevind dat CO₂ - uitruiling 'n afname van tot 80 % kan ondergaan tydens droogtestres terwyl stomaweerstand toeneem. Cortes & Sinclair (1986) het bevind dat droogtestres gedurende reprodktiewe groei by sojabone 'n afname van 25% in CO₂ - uitruiling tot gevolg gehad het. Verder het hulle bevind dat sojabone onder droogtestres 'n maksimum fotosintese tempo bereik voor 11:00 soggens en dan daal na 'n laer waarde as gevolg van stomasluiting die res van die dag. Neyshabouri *et al.* (1986) het bevind dat

groeiwyse van sojabone nie fotosintese tempo, stomageleiding of blaarwaterpotensiaal beïnvloed nie. Hy het bevind dat daar 'n positiewe korrelasie ($r^2 = 0.84$) tussen stomageleiding en fotosintese tempo is en dat albei afneem soos wat blaarwaterpotensiaal meer negatief word.

2.1.7.8 Invloed op stikstoffiksering

Infektering en simbiose

Sojabone fikseer ongeveer twee keer meer stikstof op 'n heelplantbasis as ander peulgewasse (Henson & Heichel, 1984). Die ureïede, allantoïen en allantoïensuur is die primêre verbindings waardeur gefikseerde stikstof vanaf die nodules na die bopgrondse plantdele vervoer word (Henson & Heichel, 1984). Die simbiose tussen *Rhizobium* en die gasheerplant is baie gevoelig vir droogtestres. Eerstens word die proses van infektering beperk aangesien normale wortelhare afwesig is en kort verdikte wortelhare voorkom. (Bordeleau & Prevost, 1994). Droogtestres veroorsaak ook dat nodule-ontwikkeling nie volledig plaasvind nie en dat halfontwikkelde nodules vorm. Slegs nodules met 'n onbepaalde groeiwyse beskik oor die vermoë om te herstel van droogtestres (Bordeleau & Prevost, 1994).

Stikstoffiksering teenoor biomassa-akkumulering

Sinclair *et al.* (1987) het bevind dat onder droogtestres N-akkumulering vinniger afneem as biomassa-akkumulering uitgedruk as kwantumeffektiwiteit. C-assimilasie of biomassa-akkumulering het afgeneem vanaf 0.53 g M/J vir die kontrole tot 0.23 g M/J onder ekstreme droogtestres. N-akkumulering het afgeneem vanaf 0.31 gN/m² vir die kontrole na 0.003 gN/m² onder die ekstreme droogtestres. Gevolglik is die proses van N-akkumulering baie gevoeliger vir droogte as C-assimilering (Sinclair *et al.*, 1987; Kirda *et al.*, 1989). Daar is vasgestel dat 'n afname van 5% in fotosintese as gevolg van droogtestres 'n afname van 70% in nodule-aktiwiteit veroorsaak het (Bordeleau & Prevost, 1994). Ook Serraj *et al.* (1997) en Djekoun & Planchon (1991) het bevind dat die proses van N-fiksering baie gevoeliger is vir droogte as fotosintese. Djekoun &

Planchon (1991) het bevind dat na 6 dae van droogtestres fotosintese en N-fiksering met 20 en 50% afgeneem het. Verder het hulle egter bevind dat N-fiksering nog plaasgevind het selfs nadat fotosintese heeltemal gestaak het. Hulle het verder vasgestel dat fotosintese en N-fiksering 8 dae na besproeiing is heeltemal herstel het. In 'n studie deur Chapman & Muchow (1985) is bevind dat droogtestres 'n afname in N-fiksering by alle peulgewasse tot gevolg het. Hulle kon egter aantoon dat by sojabone N-assimilasie meer gevoelig as C-assimilasie vir droogte is soos ook deur Sinclair *et al.* (1987) bevind is. Hulle het ook bevind dat stikstofpartisie na die sade afneem en partisie na die blare en stams toeneem tydens droogtestres. Hulle het ook aangetoon dat sojabone wat nie aan droogtestres onderwerp is nie die meeste van hul stikstof kanaliseer na die sade (Chapman & Muchow, 1985). Purcell *et al.* (1997) het bevind dat matige droogtestres geen betekenisvolle afname in totale biomassa, wortelbiomassa en nodulebiomassa gehad het nie, terwyl toestande van ekstreme droogtestres wel 'n betekenisvolle afname gehad het. Die effek van cultivars was ook hier duidelik te sien. Sekere cultivars het onder droogtestres tot 90% die N-assimilasie van die kontrole gehad terwyl ander cultivars slegs 19% N kon assimileer. By droogtegevoelige cultivars het N-assimilasie en biomassa-akkumulasie heeltemal gestaak terwyl dit voortgegaan het by droogtetolerante cultivars (Purcell *et al.*, 1997). Hierdie droogtetolerante cultivars het tot 64% van die biomassa van die kontroles geakkumuleer tydens droogtestres wat dui op 'n baie hoë WUE by hierdie cultivars. Vir hierdie droogtetolerante cultivars het nodulemassa toegeneem tydens droogtestres wat dui op die translokering van fotosintaat na die wortels tydens droogtestres. Hierdie droogtetolerante cultivars het vier keer meer fotosintaat getranslokeer na nodules tydens droogtestres as vergelykende kontroles, wat die plant instaat gestel het om nodule-aktiwiteit en nodulegroei te handhaaf (Purcell *et al.*, 1997). Patterson & Hudak (1996) het bevind dat cultivars wat instaat is om hoë vlakke van stikstofbinding tydens droogtestres te handhaaf, (1) 'n voldoende waterbalans in die blaar handhaaf, (2) 'n hoër fotosintese funksie handhaaf en (3) 'n sterk nodulefunksie het in terme van groter nodules. Sinclair *et al.* (1988) & Kirda *et al.* (1989) het bevind dat toestande van

matige droogtestres geen betekenisvolle afname in nodulemassa of aantal nodules gehad het nie, maar wel 'n drastiese afname in N-assimilering. Eers onder toestande van ekstreme droogtestres was daar 'n betekenisvolle afname in nodule massa en aantal nodules soos ook deur Kirda *et al.* (1989), Serraj *et al.* (1998) en Weisz *et al.* (1985) bevind is.

Invloed op nodule massa , aantal nodules en nodule aktiwiteit

Serraj & Sinclair (1998) het bevind dat daar groot variasie tussen cultivars is in terme van nodule-ontwikkeling tydens droogtestres. Pazdernik *et al.* (1997) het bevind dat daar groot genetiese variasie bestaan in nodulemassa, plantbiomassa en totale stikstofakkumulering van verskillende sojaboongenotipes. Berkum *et al.* (1985) het bevind dat stikstoffiksering korreleer met nodulemassa, asetileenreduksie en ureïedkonsentrasie van bogrondse plantdele. Hulle het bevind dat cultivars wat droogtetolerant is, die vermoë besit om 'n hoë nodulemassa te handhaaf onder droogtestres. Djekoun & Planchon (1991) het 'n afname van 65% in nodulemassa en 87 % in N-fiksering getoon na 10 dae van droogtestres. Hulle het verder ook bevind dat die daaglikse fluktuasie in nodulewaterpotensiaal nie so groot was soos die variasies in blaarwaterpotensiaal nie. N-fiksering het 'n hoogsbetekenisvolle korrelasie ($r^2 = 0.97$) getoon met nodulewaterinhoud en gevolglik blyk dat laasgenoemde die komponent is wat N-fiksering die meeste beïnvloed het. Albrecht (1984) het ook bevind dat nitrogenase-aktiwiteit baie sensitief is vir verandering in nodulewaterpotensiaal. Hulle het egter bevind dat nitrogenase-aktiwiteit weer herstel na die oorspronklike waarde nadat die nodulewaterpotensiaal weer herstel is. Kirda *et al.* (1989) het egter bevind dat nodulemassa meer deur droogtestres beïnvloed is as aantal nodules gevorm. Williams & De Mallorca (1984) het bevind dat geringe droogtestres die aantal nodules verminder terwyl nodulemassa onveranderd bly. Matige en ekstreme droogtestres het die inisiëring van nodules geïnhipeer terwyl nodulemassa en aantal ook afgeneem het. Gevolglik is bevind dat nodule-inisiasie en morfogenese baie sensitief is vir droogtestres ongeag die graad daarvan. Hulle het verder ook bevind dat die

daaglikse fluktuasie in nodulewaterpotensiaal nie so groot was soos die variasie in blaarwaterpotensiaal nie. N-fiksering het 'n hoogsbetekenisvolle korrelasie ($r^2 = 0.97$) getoon met nodulewaterinhoud en gevolglik was laasgenoemde die komponent wat N-fiksering die meeste beïnvloed het.

Cure *et al.* (1985) het bevind dat stikstoffiksering tydens reprodktiewe groei afgeneem het by sojabone onder droogtestres terwyl die kontroleplante se stikstoffiksering toegeneem het. Stikstoffiksering en blaarstikstofinhoud het hoog gebly onder langdagtoestande en afgeneem onder kortdae en die herstel in biomassa en stikstoffiksering na droogtestres was groter onder langdagtoestande, terwyl geen herstel plaasgevind het onder kortdagtoestande nie (Cure *et al.*, 1985).

Invloed op gaspermeabiliteit en O₂-beskikbaarheid

Weisz *et al.* (1985) het verder ook bevind dat asetileenreduksie, nodulegeleiding en nodulegaspermeabiliteit drasties afneem tydens droogtestres. Verder het hulle bevind dat matige droogtestres geen effek op nodule oppervlakarea gehad het nie, terwyl ekstreme droogtestres na 9 dae wel 'n afname getoon het. Daar is egter bevind dat nodulegeleiding gedeeltelik herstel het na besproeiing, maar dat dit nog steeds betekenisvol verskil het van die van die kontrole (Weisz *et al.*, 1985). Hulle kon ook deurgaans 'n korrelasie van tussen $r^2 = 0.95-0.98$ vind tussen nodulegeleiding en asetileenreduksie vir beide droogtestres en kontroleplante. Daar is vasgestel dat O₂ die beperkende faktor was tydens droogtestres, aangesien nodulegeleiding afneem en diffusie van O₂ in die nodule in afneem. Verhoging van O₂-konsentrasie tydens droogtestres het die drastiese afname van asetileenreduksie onderdruk en hoë N-fiksering is steeds gehandhaaf. Gevolglik het Serraj & Sinclair (1996) bevind dat droogtetolerante kultivars die vermoë besit om hoë O₂-uitruiling van die nodule te handhaaf en sodoende N-fiksering te handhaaf. Hulle het verder bevind dat die opname van stikstof uit die grond nie deur droogtestres beïnvloed is nie. Serraj *et al.* (1997) het bevind dat droogtestres 'n afname van tussen 25-40% in asetileenreduksie

waargeneem het en dat dit weereens cultivargebonde is. Kirda *et al.* (1989) het bevind dat selfs onder ekstreme droogtestres N-assimilering nie heeltemal geïnhibeer word nie. Hulle het bevind dat onder hierdie toestande 19% van die stikstof geassimileer afkomstig is van N-fiksering.

Invloed op petioolureïedkonsentrasie

Purcell *et al.* (1998) het bevind dat petioolureïedkonsentrasie onder droogtetoestande verdubbel vanaf die oggend tot en met laatmiddag en daarop dui dat monsterneming deurgaans op dieselfde tyd in die dag moet plaasvind. Serraj *et al.* (1999) het bevind dat ureïede 'n rol speel by die inhibering van stikstoffiksering tydens droogtestres. Ureïede akkumuleer in die nodule tydens droogtestres en mag wel 'n rol speel in die terugvoermeganisme na die nodules tydens droogtestres. Hulle het bevind dat toediening van asparagien aan die stam 'n afname in nodulepermeabiliteit en asetileenreduksie en gevolglik nitrogenase aktiwiteit tot gevolg gehad het. Gevolglik speel ureïede en veral asparagien 'n rol by die terugvoermeganisme na die nodules tydens droogtestres (Serraj *et al.*, 1999). Verder het hul bevind dat petiool NO_3^- nie deur droogtestres beïnvloed word nie. Purcell & King (1996) het bevind dat droogtestres geen invloed op petioolnitraatkonsentrasie of petioolureïedkonsentrasie gehad het nie. Purcell *et al.* (1998) bevind dat ureïedkatabolisme in blare laer was tydens die vegetatiewe groeiperiode as tydens reprodktiewe periode vir beide die droogte- en kontrole behandelings. Allantoïenkatabolisme was egter laer in die droogtestres as by die kontrole alhoewel dit nie deurgaans die geval was nie. Hulle het egter bevind dat ureïedkonsentrasies in die petiole onder optimale kondisies ook drasties verskil tussen cultivars. Petioolureïedkonsentrasie het drasties toegeneem tydens droogtestres (Serraj & Sinclair, 1997; Serraj & Sinclair, 1996), terwyl dit weer 'n afname getoon het nadat besproeiing voorsien is (Serraj & Sinclair, 1997). Serraj & Sinclair (1997) het bevind dat die petioolureïedkonsentrasie in plante wissel tussen 16.8-51.0 $\mu\text{mol/g}$ onder optimale toestande en drasties toeneem tydens droogtestres. Hulle het ook 'n betekenisvolle korrelasie gevind tussen petioolureïedkonsentrasie en

grondwaterinhoud. Serraj & Sinclair (1996) het bevind dat lae petioolureïedkonsentrasies tydens droogtestres geassosieer word met droogtetoleransie. Daar is vasgestel dat die toleransie van N-fiksering teen droogtestres korreleer met petioolureïedkonsentrasie tydens optimale toestande (Serraj & Sinclair, 1997; Serraj & Sinclair, 1996). De Silva *et al.* (1996) kon aantoon dat petioolkonsentrasie vir ureïede in die apikale helfde van die petiole toegeneem het tydens droogtestres. Tydens droogtestres word ureïedkatabolisme vertraag en bou ureïede geleidelik op in die blaar en word voortgesit na die apikale petiool en laastens die basale petiool (De Silva *et al.*, 1996). Serraj *et al.* (1997) het bevind dat N-akkumulering in die stam+petiole van sojaboonplante onder optimale toestande betekenisvol verskil het tussen cultivars. Hulle het ook bevind dat droogtegevoelige cultivars na slegs een dag van droogtestres N-akkumulering heeltemal gestaak het terwyl droogtetolerante cultivars 42% die N-akkumulering van die kontrole getoon het. Serraj *et al.* (1998) het bevind dat droogtestres 'n toename in ureïedkonsentrasie van die nodules, wortels en stam tot gevolg gehad het en dat dit veral drasties was in die nodules. Verder het hulle vasgestel dat onder verhoogde CO₂ -konsentrasie blaar en petioolureïedkonsentrasie nie so drasties toegeneem het soos onder normale atmosferiese toestande nie. Die rede hiervoor is die hoër waterverbruikseffektiwiteit onder verhoogde CO₂ -konsentrasies en gevolglike stadiger gronddehidrasietempo. Purcell *et al.* (1998) het bevind dat die ureïedkonsentrasie van die xileemsap nie betekenisvol beïnvloed is deur droogtestres nie en gevolglik was ureïedkonsentrasie van die petiool meer gevoelig vir droogtestres. Droogtestres inhibeer katabolisme van ureïede in die blare eerste voordat transport en sintese van ureïede vanaf die nodules beïnvloed word (Purcell *et al.*, 1998). Finn & Brun (1980) het bevind dat met ekstreme droogtestres die CO₂-uitruiltempo afneem terwyl die aktiwiteit van die nodules nie afgeneem het nie. Hieruit het hulle afgelei dat inhibering van nodule-aktiwiteit onder droogtestres nie net die gevolg is van CO₂-uitruiltempo wat afneem nie, maar ook van die grootte van die fotosintetiese poel (Finn & Brun, 1980).

2.1.7.9 Prolienakkumulering tydens droogtestres

Verskeie outeurs het bevind dat prolienakkumulering toeneem tydens droogtestres en dat hierdie osmoliet 'n rol speel by osmotiese regulering in die selle en dat die graad van prolienakkumulering 'n goeie aanduiding gee van die toleransie van 'n gewas teen droogtestres. Straub *et al.* (1997) het bevind dat sojabooncultivars wat nie instaat was om prolien te sintetiseer tydens droogte nie, dubbeld die verlies in saadopbrengs gelei het as cultivars wat wel prolien kon sintetiseer. Verder het Pedersen *et al.* (1996) ook bevind dat prolienkonsentrasie in die nodules toeneem tydens droogtestres en dat cultivars waar nitrogenase-aktiwiteit deur hoë prolien ondersteun word, 'n agtvoudige hoër nitrogenase-aktiwiteit getoon het tydens droogte as cultivars waar nitrogenase-aktiwiteit nie deur prolien ondersteun is nie. Sundaresan & Sudhakaran (1995) het bevind dat die prolieninhoud van jong stamme van *Manihot esculenta* wat nie droogtetolerant is nie met 'n faktor 25 toeneem wanneer hulle aan droogtestres onderwerp word. In cultivars wat droogtetolerant is het prolienvlakke met 'n faktor 9 toegeneem. Verder het die ensiem ornitien aminotransferase wat 'n sleutelensiem by die biosintese van prolien is drievoudig toegeneem by cultivars wat nie droogtetolerant is nie, terwyl dit slegs tweevoudig toegeneem het by cultivars wat droogtetolerant is. Lansac *et al.* (1994) het bevind dat selfs die prolienkonsentrasie van *Thymus sp.*, *Halimium sp.*, *Genista sp.*, *Retama sp.* en *Quercus sp.*, toeneem tydens droogtestres. Verder het Sundaresan & Sudhakaran (1995) bevind dat die aktiwiteit van prolienoksidase wat verantwoordelik is vir die degradering van prolien na pirolieen-5-karboksilase, 50% afgeneem het by nie droogtetolerante cultivars terwyl dit slegs 25% afgeneem het by droogtetolerante cultivars. Gevolglik is dit duidelik dat droogtestres 'n drastiese invloed op prolienbiosintese en degradering het. Kohl *et al.* (1991) het ook bevind dat die vlak van proliendehidrogenase en prolien toeneem tydens droogtestres en dat dit geld vir vegetatiewe weefsel sowel as in die nodules. Vartanian *et al.* (1992) het bevind dat die prolienakkumulering agv. droogtestres

meer is in sekere weefsel as in ander. Hy het bevind dat prolienakkumulering veral hoog is in groeipunt van stamme en in oorlewingsorgane soos wortels van *Brassica napus*. Hulle het bevind dat prolienvlakke al toeneem by blaarwaterpotensiaal van $\Psi = -0.6$ MPa. Tydens ekstreme droogtestres het die prolienkonsentrasie toegeneem totdat dit ongeveer 8% van die totale plantbiomassa uitgemaak het. Wanneer die droogtestres egter opgehef word het prolienvlakke drasties afgeneem en is die energie vanaf die degradering van die prolien direk in biomassa omgesit. Van Heerden & de Villiers (1996) en Dib *et al.* (1994) het bevind dat daar 'n goeie korrelasie bestaan tussen droogtetoleransie en prolienakkumulering vir winterkoringcultivars. Hierdie bevindings is egter in kontras met die van Gulyas *et al.* (1992). Verder het Van Heerden & de Villiers (1996) ook bevind dat winterkoringcultivars wat droogtetolerant is 'n toename van tot 3829 % in prolienakkumulering tot gevolg gehad het terwyl cultivars wat droogte sensitief is slegs 749 % toename in prolien getoon het. Verder het hulle bevind dat hierdie verskille tussen cultivars groter was voor blomvorming en dat verskille in prolienakkumulering na blomvorming kleiner was. Van Rensburg *et al.* (1993) het bevind dat die prolienkonsentrasie van droogtetolerante tabak cultivars al klaar hoër was as droogtesensitiewe cultivars selfs voordat droogtestres nog toegepas is. Verder het hulle bevind dat droogtetolerante tabak-cultivars baie vinniger prolien begin akkumuleer tydens droogtestres as droogtesensitiewe cultivars en dat die prolienkonsentrasie van droogtetolerante cultivars betekenisvol hoër was as die droogte sensitiewe cultivars soos ook deur Liaw & Chen (1992) vir sojabone bevind is. Van Rensburg *et al.* (1993) het ook bevind dat droogtesensitiewe tabakcultivars se membrane vinniger beskadig word deur droogtestres as droogtetolerante cultivars en dat daar 'n goeie korrelasie bestaan tussen prolienakkumulering en droogtetoleransie. Verder het Van Rensburg & Krüger (1993) bevind dat beide absisiensuur -en prolienkonsentrasie toeneem tydens droogtestres vir beide droogtetolerante en droogtesensitiewe cultivars, maar dat absisiensuurakkumulering die akkumulering van prolien voorafgaan soos ook deur O'Regan *et al.* (1993) bevind is. Weereens het hulle ook bevind dat die akkumulering van bogenoemde

produkte vroër en vinniger plaasvind by droogtetolerante cultivars as by droogte-sensitiewe cultivars. Fukutoku & Yamada (1984) het bevind dat beide prolien en asparagienkonsentrasie toeneem tydens droogtestres. Hulle het ook bevind dat die blaarproteïene afgebreek word tydens droogtestres en dat dit dien as 'n stikstofbron vir die biosintese van prolien. Krackhardt & Guerrier (1995) het vasgestel dat fisiologiese droogtestres, soos veroorsaak deur hoë soutvlakke, slegs 'n klein toename in prolienkonsentrasie getoon het, terwyl organiese sure drasties toegeneem het. Moftah & Michel (1987) het ook bevind dat prolienkonsentrasie eers begin toeneem wanneer soutkonsentrasies baie hoog is en hulle het bevind dat prolienakkumulering nie 'n sensitiewe aanduider van soutstres is nie.

2.1.7.10 Chlorofilfluoressensie tydens droogtestres

Basu *et al.* (1998) het bevind dat 'n afname in ETR (elektrontransporttempo), F_v/F_m (kwantumopbrengs van primêre fotochemie) en Q_p (fotochemiese blussing) plaasvind tydens droogtestres weens 'n afname in P_N (nettofotosintese) in die blare. Hierdie afname in F_v/F_m was die gevolg van 'n toename in F_o (aanvangsfluoressensie) en 'n afname in F_m (maksimum fluoressensie) in blare van plante onderworpe aan droogtestres. Peterson (1990) het 'n afname van 20% in kwantumopbrengs waargeneem vir 'n toename in droogtestres vanaf 9.2-18.6 mbar. Havaux *et al.* (1986) het 'n afname vanaf 100% na 10% kwantumopbrengs bevind vir 'n afname in RWC vanaf 75-30%. Fotochemiese blussing het ook lineêr afgeneem met 'n toename in droogtestres. Basu *et al.* (1998) het ook bevind dat P_N , Q_p en F_v/F_m herstel wanneer droogtestres opgehef word en dit dui daarop dat droogtestres geen permanente skade aan PSII (fotosisteen 2) veroorsaak het nie. Lu & Zhang (1998) het bevind dat CO_2 -assimilasie en stomageleiding drasties afneem tydens droogtestres maar geen effek op F_o , F_m en gevolglik F_v/F_m het nie. Verder het hulle ook bevind dat droogtestres geen invloed op die aantal Q_B nie- reduserende reaksiesentrums gehad het nie en ook geen invloed op die polifase fluoressensie

styging nie. Lu & Zhang (1998) het ook bevind dat ψ_o (moontlikheid dat 'n gevangde eksiton 'n elektron na die elektrontransportketting sal oordra) en ϕ_{EO} (effektiwiteit waarmee 'n geabsorbeerde foton 'n elektron na die elektrontransportketting oordra) konstant gebly het tydens droogtestres wat daarop dui dat droogtestres geen effek op die antenna- sisteem van PSII gehad het nie. Hulle het ook bevind dat ABS/RC (absorpsie per reaksiesentrum), TRo/RC (eksitonvangs per reaksiesentrum) en ET/RC (elektrontransport per reaksiesentrum) onveranderd gebly het tydens droogtestres wat daarop dui dat droogtestres geen invloed op antennasisteem, oksidasie en effektiwiteit van elektrontransport van PSII gehad het nie. Van Rensburg *et al.* (1996) het bevind dat F_o die meeste verander tydens droogtestres. Hierdie fluoressensie parameter herstel ook met opheffing van droogte en die tempo van herstel korreleer met die mate van droogtetoleransie (Van Rensburg *et al.*, 1996). Giardi *et al.* (1996) het bevind dat droogtestres 'n strukturele en funksionele verandering in die PSII tot gevolg het. Hulle het bevind dat droogtestres die degradasie van PSII proteïene tot gevolg het maar dat hierdie proses omgekeer word tydens die opheffing van die droogtestres. He *et al.* (1995) het bevind dat die PSII reaksiesentrumproteïene van koring afneem met 'n toename in droogtestres as gevolg van degradasie daarvan tydens droogte. Hulle het egter bevind dat PSII relatief tolerant is teen droogtestres en dat droogtestres nie PSII aktiwiteit beïnvloed nie. Jefferies (1994) het ook bevind dat vir aartappels droogtestres geen invloed op PSII funksies gehad het nie. Havaux *et al.* (1987) het bevind dat matige droogtestres die struktuur van die PSII verander terwyl drastiese droogtestres die oksidasie kompleks wat PSII beskadig. Verder het hulle ook bevind dat PS1 meer tolerant teen droogtestres is as PSII.

Ter opsomming : Ter opsomming : Droogtestres is die enkele omgewingsfaktor wat die grootste invloed op sojaboongroei- en ontwikkeling het. Bioproduktiwiteit van sojabone neem met tussen 0.24-0.40 ton/ha af vir elke 10 mm water minder toegedien tydens elke besproeiing. Cultivars met 'n onbepaalde groeiwyse is beter instaat om te

herstel na droogte as bepaalde groeiers veral tydens droogte in die reprodktiewe stadia. Droogte het verder ook 'n afname in die RUE van sojabone. Droogte tydens die blom- en peulvormingsstadium het 'n afname in peule per plant en sade per peul tot gevolg. Droogte tydens die peulvulstadium het weer 'n afname in saadgrootte tot gevolg. Droogte stimuleer wortelontwikkeling en het die vorming van 'n diep en uitgebreide wortelstelsel tot gevolg in 'n poging om droogte te ontwyk. Verder versnel droogtestres blomvorming en blaarval (fisiologiese volwassenheid) en verkort ook die peulvulperiode. WUE van sojabone neem toe tydens droogte weens laer transpirasieverliese en kultivars met minder stomas is ook meer tolerant teen droogte. Stikstoffiksering is uiters gevoelig vir droogte en droogte belemmer infektering van wortelhare en ontwikkeling van nodules. Droogte het 'n afname in aantal nodules gevorm sowel as nodulemassa en nodule-aktiwiteit tot gevolg. Afname in nodule gaspermeabiliteit weens droogte het tot gevolg dat suurstofuitruiling van die nodules afneem en gevolglik neem stikstofbinding af. Tydens droogte neem die petioolureïedkonsentrasie ook drasties toe weens afname in katabolisme van ureïede in die bgrondse plantdele en die petioolureïedkonsentrasie tydens droogte is 'n goeie maatstaf van 'n kultivar se droogtetoleransie. Die konsentrasie van die osmoliet prolien neem ook drasties toe tydens droogte en die vermoë van 'n kultivar om prolien te metaboliseer gee 'n aanduiding van die kultivar se droogtetoleransie. Laastens het droogtestres ook 'n invloed op die effektiwiteit en struktuursamestelling van die PSII-kompleks van sojabone.

2.2 DOELSTELLINGS VAN HIERDIE NAVORSINGSPROJEK

Die doelstellings van hierdie navorsingsprojek was **eerstens** om die invloed van vogspanning en laeligintensiteit op die ontwikkeling, fisiologie en bioproduktiwiteit van sojaboongenotipes van verskillende volwassenheidsgroeperings te bepaal, en te vergelyk. **Tweedens** om opbrengsbeperkende komponente by sojabone te identifiseer en te kwantifiseer en 'n databasis te skep wat gebruik kan word vir kalibrasie van gerekenariseerde gewasmodelle. **Derdens** om die invloed van droogtestres te kwantifiseer deur verskillende besproeiïngsskedulerings toe te pas en om meganismes betrokke by droogte-ontwyking sowel as moontlike droogteverdraagsame cultivars te identifiseer. **Vierdens** om die toepasbaarheid van nie-destruktiewe tegnieke vir die bepaling van plantvitaliteit, naamlik chlorofilfluoressensie-kinetika, te evalueer.

HOOFSTUK 3 METODES

3.1 ALGEMEEN

Vir die uitvoer van die groeistudie gedurende die 1997/98 groeiseisoen is Brits en Potchefstroom as lokaliteite gekies. Potchefstroom word gekenmerk deur 'n koel droë klimaat en Brits deur 'n warm droë klimaat. Die proewe is elk uitgevoer op die Landbou Navorsingsraad (LNR) proefpersele op Brits en Potchefstroom. Hierdie proefstasies besit besproeiingsfasiliteite sodat produksieprobleme t.o.v waterbeperking geëvalueer kon word. Die proef het bestaan uit 'n vroeë-, medium en laatvolwasse cultivar nl. Columbus (MGIII), A5409(MGV) en Ibis(MGVII). Columbus en A5409 het 'n bepaalde groeiwyse en Ibis 'n onbepaalde groeiwyse. Daar is deurgaans van 91 cm rypasiëring gebruik gemaak met 'n plantpopulasie van 250 000 plante/ha. Tydens plant is die saad geënt met *Bradyrhizobium japonicum* en die entstofras was WB74. Met plant is daar geen bemesting toegedien nie en daar is van geen insekdoders gebruik gemaak tydens die seisoen nie.

Vir die uitvoer van die proef gedurende die 1998/99 groeiseisoen is outomatiese reënskerms op Roodeplaat (LNR-IGKW) gebruik. Hierdie skerm beweeg outomaties oor die persele sodra dit begin reën. Die proef het bestaan uit 18 persele met 2 cultivars en 4 behandelings. Die cultivars A5409 uit MG V met 'n bepaalde groeiwyse en Ibis uit MG VIII met 'n onbepaalde groeiwyse is vir die proef gebruik. Behandelings het bestaan uit optimumpersele, lae-ligpersele, reënpersele en vogstremmingspersele. **Optimumpersele** is deurgaans by veldkapasiteit gehou. **Lae-ligpersele** was deurgaans onder die reënskerms waar 81% van die inkomende sonstraling uitgefilter is, maar het dieselfde besproeiing as die optimumpersele ontvang. **Reënpersele** het slegs reënval ontvang. **Vogstremmingspersele** is deurgaans aan droogtestres onderwerp en het slegs besproeiing ontvang wanneer die plant begin afsterf het. Rypasiëring was deurgaans 75 cm terwyl die plantpopulasie ongeveer 19 plante/meter of 250 000

plante/ha verteenwoordig het. Persele het deurgaans bestaan uit 6 rye wat elk 10 meter lank was. Tydens plant is die saad geënt met *Bradyrhizobium japonicum*, WB74. Alle persele is deurgaans by veldkapasiteit gehou totdat die behandelings teen ongeveer R1 in aanvang geneem het. Blaar- en grondmonsters is op R2 groeistadia geneem. Monsterneming het elke 14 dae plaasgevind.



Figuur 3.1. Reënskerms by Roodeplaat -Instituut vir Grond, Klimaat en Water wat vir die uitvoer van die proef gedurende die 1998/99 groeiseisoen gebruik is.

3.2 WAARNEMINGS

3.2.1 Planthoogte

Planthoogte is bepaal met 'n meterstok deur 'n verteenwoordigende plant se hoogte te meet vanaf grondvlak, tot by die blaredakhoogte en dit is telkens in cm genoteer.

3.2.2 Internodes

Internodes is bepaal deur die aantal internodes te tel vanaf die saadlobnode tot by die node bo aan die plant met een volledig oopgerolde blaar.

3.2.3 Fenologie

Fenologie is bepaal volgens Caviness & Fehr (1977) en dit word in Tabel 3.1 en 3.2 beskryf. Hiervolgens word die groeistadium onderverdeel in 'n vegetatiewe en 'n reprodktiewe stadia en elkeen word afsonderlik genoteer. Groeistadia is per behandeling met behulp van die volgende datums afgebaken :

a. **Blomdatum**

Die datum waarop minstens een blom per plant oor 50% van die perseel waarneembaar was.

b. **Fisiologiese volwassenheid**

Wanneer 95% van die plante se peule hulle volwasse peulkleur bereik het.

c. **Oesrypdatum**

Die datum waarop 95% van die perseel se peule bruin verkleur het.

Tabel 3.1: Beskrywing van vegetatiewe stadiums

Stadium no.	Stadium titel	Beskrywing
VE	Verskyning	Saadlobbe verskyn bo die grondoppervlak
VC	Saadlobbe	Enkelvoudige blare voldoende oop gerol sodat blaarrande nie raak nie
V1	Eerste node	Volledig ontwikkelende blare by die enkelblarige node
V2	Tweede node	Volledig ontwikkelde drievoudige blaar by node bo die enkelvoudige node
V3	Derde node	Drie nodes op die hoofstam met volledig ontwikkelde blare beginnende by die enkelvoudige node
Vn	N ^{de} node	n aantal nodes op die hoofstam met volledig ontwikkelde blare beginnende by die enkelvoudige node

Tabel 3.2: Beskrywing van reprodktiewe stadiums

Stadium no.	Stadium titel	Beskrywing
R1	Begin blom	Een oop blom by enige node op die hoofstam
R2	Volle blom	Oop blom by een van die twee boonste nodes op die hoofstam met 'n volledig ontwikkelde blaar.
R3	Begin peul	Peul 5 mm lank by een van die vier boonste nodes op die hoofstam met 'n volledig ontwikkelde blaar
R4	Volle peul	Peul 2 cm lank by een van die boonste nodes op die hoofstam met 'n volledig ontwikkelde blaar.
R5	Begin saad	Saad 3mm lank in 'n peul op een van die boonste vier nodes op die hoofstam met 'n volledig ontwikkelde blaar
R6	Volle saad	Peul bevat 'n groen saad wat die peul holte vul by een van die boonste vier nodes op die hoofstam met 'n volledig ontwikkelde blaar
R7	Begin volwassenheid	Een normale peul op die hoofstam wat sy volwasse peulkleur bereik het
R8	Tenvolle volwasse	95% van die peule het hulle volwasse peulkleur bereik - oesgereed

3.2.4_ Bepaling van blaararea - indeks (LAI)

Blaararea-indeks (LAI) is bepaal met behulp van die LI-COR LAI-2000 "Plant Canopy Analyser". Hierdie instrument maak die vinnige, nie-destruktiwe, direkte meting van blaararea - indeks moontlik en toon bevredigende korrelasie met die indirekte metode van LAI bepaling soos deur Gower & Norman (1990) bevind is. Die instrument bestaan uit 'n optiese ligsensor en 'n beheereenheid. Die instrument bereken LAI deur die ligfraksie, gemeet teen 'n bepaalde fokushoek, wat van die bokant van die blaredak van die plantstruktuur deurstraal te vergelyk met die ligintensiteit bo die blaredak. Tydens bepaling van LAI is telkens een lesing bo die blaredak van die plantstruktuur geneem en vier lesings onder die blaredak. Daar is sorg gedra om lesings telkens op dieselfde hoogte te neem, aangesien dit 'n invloed op die LAI waardes kan hê. Aangesien sojabone 'n rygewas is, moes 'n spesiale metode gevolg word om te kompenseer vir die gapings tussen plantrye. Aangesien daar van 75 cm tussenryspasiëring gebruik gemaak is, was die gapings tussen plantrye 'n probleem wat tot onderbepaling van LAI sou lei.

Die probleem is opgelos deur van 'n 45° venster gebruik te maak. Op hierdie wyse was die veldwydte van die optiese sensor beperk sodat die plantstruktuur en gapings tussen rye as twee afsonderlike velde waargeneem kon word. Die gebruik van genoemde venster het ook verhoed dat die sensor nie buite die perseel kyk en sodoende valse lesings gee nie.

Die volgende metingsprotokol is gevolg : 1 sensor, 45° venster, 4 diagonale transekte waarvan 2 saam met die ry en twee dwars oor die ry was. Daar is telkens vier herhalings per perseel gedoen en daar was drie herhalings van die perseel. Hieruit is dan 'n gemiddeld vir LAI bepaal.

3.2.5 Bepaling van biomassa

Vir die bepaling van biomassa is daar van die hoof- en submonstermetode gebruik gemaak soos deur Hunt *et al.*(1987) voorgestel. Hierdie metode minimaliseer werkslading en minimaliseer monstervariasie. 'n Hoofmonster van ongeveer 1 m² is

gemonster vir totale droë biomassa (g/m^2). Hierdie monster het kantrye weerskante besit. Uit hierdie hoofmonster is ten minste een verteenwoordigende plant gekies vir die submonster.

Op hierdie submonster is die volgende bepaal:

- a. Blaarmassa
- b. Stam+petioolmassa
- c. Peulbiomassa
- d. Saadmassa
- e. Aantal peule groter as 1 cm
- f. Aantal sade
- g. Vegetatiewe - en reprodutiewe stadiums
- h. Sade per peul

Die hoofmonster en die submonster is gedroog by 60°C vir 48 uur. Die submonster-droëmassas is gebruik om die fraksies van die verskillende plantkomponente, soos byvoorbeeld blare, stam+petiole of sade te bereken. Die totale biomassamonster het bestaan uit die hoofmonster plus die submonster. Die volgende formules is gebruik om die komponente van die hoofmonster te bereken:

1. Blare = biomassa (g/m^2) x fraksie blare
2. Stam+petiool = biomassa (g/m^2) x fraksie stam+petiool
3. Peulwand = biomassa (g/m^2) x fraksie peulwand
4. Saad = biomassa (g/m^2) x fraksie saad
5. Peule/ m^2 = biomassa (g/m^2) x spesifieke peulaantal
6. Saad/ m^2 = biomassa (g/m^2) x spesifieke saadaantal

Spesifieke peulaantal is die verhouding van die peulaantal tot die totale gewig.

Spesifieke saadaantal is die verhouding van die saadaantal tot die totale plant gewig.

3.2.6 Oesdata

Tydens oes is 2 rye van 4 meter wat elk 'n kantry besit, geoes. Dit het 'n oppervlakte van 6 m² verteenwoordig. Die ge-oeste plante is gedors waarna 'n vogmonster geneem is om 'n vogkorreksie te doen. Die volgende is tydens oes bepaal :

- a. oesindeks
- b. oesopbrengs
- c. saadgrootte (massa 100 sade)
- d. omval
- e. groenstam
- f. olie- en proteïeninhoud op die saad
- g. sade per peul

3.2.7 Ontleding vir Prolieinhoud

Tydens elke monsterneming is blare gemonster vir latere bepaling van prolieinhoud in die laboratorium. Daar is telkens gebruik gemaak van blare vanaf die derde node vanaf die groeipunt. Hierdie blare is geplaas in plastieksakkies en geberg onder 10 °C tot by die laboratorium waar dit vir drie dae gevriesdroog is by -40°C. Hierna is dit geberg by -20°C. Tydens ontledings is 0.2 gram van elke monster afgeweeg, gevries met vloeibare stikstof en gemaal tot 'n fyn poeier waarop die ontledings gedoen is. Die metode wat gebruik is vir die bepaling van prolieinhoud is beskryf deur Bates *et al.* (1973).

Ekstraksie :

10 ml sulfosalisielsuur is by 0.2 gram van die gemaalde blaarmonster gevoeg, vir 1 uur laat staan en elke 20 minute geroer. Daarna is die oplossing deur 'n #2 filtreerpapier gefiltreer.

Metode :

2 ml van die filtraat is in proefbuis met toeskroefproppe geplaas. 'n Blanko bestaande uit 2 ml sulfosalisielsuur is voorberei waarna standaard uit 'n standaardkurwe voorberei is vir 'n kontrole. Daarna is 2 ml suurninhidrien en 2ml absolute asynsuur by elke proefbuis gevoeg en goed gemeng met 'n proefbuismenger. Proefbuisproppe is hierna opgeskroef aangesien vlugtige gasse gevorm word. Daarna is die proefbuis vir 1 uur in 'n kokende waterbad geplaas waarna die reaksies getermineer is deur die proefbuis in 'n ysbad te plaas.

4 ml tolueen is daarna bygevoeg en die reagense is deeglik gemeng waarna dit vir 15 minute laat staan is sodat fasesskeiding kon plaasvind. Die absorbansie van die boonste fase is by 520 nm gelees m.b.v 'n spektrofotometer en prolienkonsentrasie is daaruit bepaal.

Berekening :

Die prolieninhoud word nou bepaal deur die volgende vergelyking :

$$\mu\text{mol prolien/gram droëmassa} = [\mu\text{g prolien/ml} \times \text{ml tolueen}] / [115.5 \mu\text{g}/\mu\text{mol}] \div [\text{g/monster} / 5]$$

3.2.8 Ontleding vir ureïede, nitrate en aminosure

Tydens elke monsterneming is petiole gemonster vir latere bepaling van ureïed-, nitraat- en aminosuurinhoud. Hierdie petiole is in plastieksakkies geplaas en geberg by 10 °C tot by die laboratorium waar dit vir drie dae gevriesdroog is by - 40°C en daarna gemaal is tot 'n fyn poeier. Hierna is dit geberg by -20°C. Tydens ontledings is 0.1 gram van elke monster afgeweeg waaruit die warmbad ekstraksie gemaak is en waarop ontledings vir ureïede, nitrate en aminosure gedoen is.

Warmbadekstraksie

0.1 Gram van die gemaalde petioolmonster is afgeweg waarna 10 ml fosfaatbuffer* bygevoeg is. Hierna is dit in 'n warmbad by 80 °C vir 5 minute geplaas en na twee minute is dit geroer. Die oplossing is gefiltreer en in bloedbuis gestoor by -20 °C todat ontledings gedoen is.

*Fosfaatbuffer is verkry deur 1.701 gram KH_2PO_4 sowel as 2.853 gram K_2HPO_4 elk op te los in 250 ml water en 200 ml van eersgenoemde by laasgenoemde te voeg. Die pH is op 7 gestabiliseer deur NaOH by te voeg.

3.2.8.1 Ureïedbepaling

0.1 ml van elke ekstraksie is in 'n proefbuis geplaas waarna 2.4 ml gedistilleerde water bygevoeg is. Daarna is 0.5 ml 0.5 N natriumhidroksied bygevoeg, deeglik gemeng en vir 10 minute in 'n kokende waterbad geplaas. Nadat dit uit die waterbad verwyder is, is 1.0 ml 0.65 N soutsuur bygevoeg en dit is weer vir 2 minute teruggeplaas in die waterbad. Hierna is dit vir 15 minute in 'n ysbad geplaas waarna 2.5 ml HCl/KFeCN bygevoeg is en dit deeglik met 'n proefbuismenger gemeng is. Dit is vir 10 minute laat staan waarna die absorpsie by 525 nm met 'n spektrofotometer gemeet is.

Daar is telkens 'n blanko en 'n standaard saam met die monsters gemeet. Die blanko het bestaan uit 2.5 ml water en die interne standaard het bestaan uit 2.4 ml water + 0.1 ml van die standaard. Die standaard is opgemaak deur 39.53 mg allantoïen op te maak na 250 ml water. Hieruit is 4 ml van die allantoïen opgemaak na 96 ml water wat 'n konsentrasie van 0.04 mM gegee het wat as die standaard dien. Die O.D van die standaard was 0.62 by 525 nm.

Die konsentrasie ureïede is met die volgende formule bepaal :

$$\text{Ureïede (mM)} = [\text{standaard kons.} \times \text{O.D monster}] / [\text{O.D standaard} \times \text{verduunning}]$$

$$\text{Standaard kons.} = 0.04 \text{ mM}$$

$$\text{Verduunning} = 25$$

$$\text{O.D standaard} = 0.62$$

3.2.8.2 Nitraatbepaling

0.05 ml van elke ekstraksie is in 'n proefbuis geplaas waarna 0.2 ml salisielsuur bygevoeg en deeglik gemeng is. Hierna is 4.75 ml NaOH bygevoeg en vir 10 minute laat staan en by 410 nm op spektrofotometer gelees.

Daar is telkens 'n standaard en 'n blanko saam met die monsters gelees. Die standaard het bestaan uit 0.05 ml van 'n 25 mM nitraat standaard wat bestaan het uit 632 mg KNO_3 , opgemaak na 250 ml water waaruit 10 ml verder verdun is na 90 ml water om 'n konsentrasie van 2.5 mM te verkry. Die blanko het bestaan uit 0.05 ml water.

Die konsentrasie nitrate is met die volgende formule bepaal :

$$\text{Nitrate (mM)} = [\text{standaard kons.} \times \text{O.D monster}] / [\text{O.D standaard} \times \text{verdunning}]$$

Standaard kons. = 2.50 mM

Verdunning = 1

O.D standaard = 0.23

3.2.8.3 Aminosuurbepalings

0.1 ml van elke ekstraksie is in 'n proefbuis geplaas waarna 0.5 ml sitraatbuffer bygevoeg en deeglik gemeng is. Daarna is 1.2 ml ninhidrien bygevoeg en weer deeglik gemeng. Hierna is dit vir 15 minute in 'n kokende waterbad geplaas waarna 3.0 ml van 'n 60 % etanoloplossing bygevoeg en deeglik gemeng is. Die O.D is by 570 nm op 'n spektrofotometer gelees.

Daar is telkens 'n standaard en 'n blanko saam met die monsters gelees. Die standaard het bestaan uit 'n 2 mM asparagien/glutamien oplossing saamgestel uit 66 mg asparagien plus 73 mg glutamaat aangevul na 500 ml water. Hieruit is 10 ml verder verdun na 90 ml water om 'n konsentrasie van 0.2 mM te verkry. Die blanko het bestaan uit 1.0 ml water.

Die konsentrasie aminosure is met die volgende formule bepaal :

$$\text{Aminosure (mM)} = [\text{standaard kons.} \times \text{O.D monster}] / [\text{O.D standaard} \times \text{verdunning}]$$

Standaard kons. = 0.20 mM

Verdunning = 10

O.D standaard = 0.55

3.2.9 Chlorofilfluoressensie

'n Hansatech Plant Efficiency Analyser (Hansatech Instruments Ltd, England) is gebruik vir die uitvoer van hierdie metings. Metings is telkens op die derde drievoudige blaar vanaf die groeipunt van die plant uitgevoer en na 60 minute verdonkering. Lesings is by 'n ligintensiteit van 90 % van die maksimum opwekkingsligintensiteit van die instrument geneem met 'n beligtingstyd van 1s. Daar is telkens 10 lesings per behandeling geneem om variasie uit te skakel. Kwantifisering van die data is gedoen deur analyse van die vinnige fase fluoressensiestyging (OJIP) deur die JIP-toets (Krüger *et al.*, 1997). Nege karakteristieke fluoressensiewaardes van die fluoressensiekromme is gebruik om die biofisiese energievloed van absorpsie, elektronontvangs en elektrontransport te bereken (Strasser *et al.*, 1996; Krüger *et al.*, 1997). Die fluoressensiewaardes wat vir die kwantifisering van die fluoressensiestyging gebruik was is t_{fmax} (tyd vanaf F_0 na F_m), area onder die fluoressensiekurwe, F_0 (aanvangsfluoressensie), F_m (maksimumfluoressensie) en F_1 - F_5 wat fluoressensiewaardes op onderskeidelik 30 μ s, 100 μ s, 300 μ s, 2ms en 30ms aantoon. Hierdie energievloede is uitgedruk relatief tot die aantal aktiewe reaksiesentrums (RC, spesifieke aktiwiteit) of beligte blaarseksie (CS, fenomologiese aktiwiteite) van die monster. Die prestasie-indeks (PI_{ABS}) is 'n multiparametriese uitdrukking wat drie onafhanklike parameters verteenwoordig wat bydra tot fotosintese naamlik, (1) die digtheid van reaksiesentrums (dws absorpsie van ligenergie), (2) die kwantumopbrengs van eksitonvangs (dws kwantumopbrengs van primêre fotochemie) en (3) die waarskynlikheid dat 'n gevangde eksiton 'n elektron sal oordra na die elektrontransportketting verder as Q_A .

$$PI_{\text{ABS}} = RC/ABS \cdot \phi_{\text{PO}} / (1 - \phi_{\text{PO}}) \cdot \psi_0 / (1 - \psi_0)$$

PI_{ABS} kan dus beskou word as 'n kragtige kriterium vir die evaluering van die invloed van omgewingsveranderlikes op PSII- aktiwiteit van plante en dus as maatstaf van sy vitaliteit.

Formules in tabel 3.3 is gebruik om energievloede te bereken.

Tabel 3.3 Formules vir berekening van fluoressensie parameters.

F_0	$= F_{50 \mu s}$	
F_w/F_0	$= (F_M - F_{50}) / F_{50}$	
V_j	$= (F_{2ms} - F_{50}) / (F_M - F_{50})$	
V_l	$= (F_{30ms} - F_{50}) / (F_M - F_{50})$	
dV/dt_0	$= 4 \bullet (F_{300ms} - F_{50}) / (F_M - F_{50})$	$= M_0$
DV_G/dt_0	$= 20 \bullet (F_{100ms} - F_{50}) / (F_M - F_{50})$	$= M_G$
Y_1	$= 1 - F_0 / F_M$	$= \phi_{Po}$
Y_2	$= 1 - V_j$	$= \psi_0$
Y_3	$= (1 - F_0 / F_M) \bullet \psi_0$	$= \phi_{Eo}$
Y_4	$= 1 - \phi_{Po}$	$= \phi_{Do}$
Y_5	$= \text{area} / (F_M - F_{50})$	$= S_M$
Y_6	$= S_m \bullet / M_0 \bullet 1 / V_j$	$= N$
Y_7	$= \text{area} / (F_M - F_{50}) / t_{fmax}$	$= S_M / t_{Fmax}$
Y_8	$= 1 / F_0 \bullet 1000$	$= \sum k$
Y_9	$= 1 / F_M \bullet 1000$	$= k_N$
Y_{10}	$= 1 / F_0 - 1 / F_M \bullet 1000$	$= k_p$
Y_{11}	$= M_0 \bullet 1 / V_j \bullet 1 / \phi_{Po}$	$= ABS / RC$
Y_{12}	$= M_0 \bullet 1 / V_j$	$= TR_0 / RC$
Y_{13}	$= M_0 \bullet 1 / V_j \bullet \psi_0$	$= ET_0 / RC$
Y_{14}	$= ABS / RC - TR_0 / RC$	$= DI_0 / RC$
Y_{15}	$= F_0 \bullet \phi_{Po} \bullet V_j / M_0$	$= RC / CS_0$
Y_{16}	$= F_0$	$= ABS / CS_0$
Y_{17}	$= F_0 \bullet \phi_{Po}$	$= TR_0 / CS_0$
Y_{18}	$= F_0 \bullet \phi_{Po} \bullet \psi_0$	$= ET_0 / CS_0$
Y_{19}	$= ABS / CS_0 - TR_0 / CS_0$	$= DI_0 / CS_0$

Y_{20}	$= F_M \cdot \phi_{P_0} \cdot V_j / M_0$	$= RC / CS_M$
Y_{21}	$= F_M$	$= ABS / CS_M$
Y_{22}	$= F_M \cdot \phi_{P_0}$	$= TR_0 / CS_M$
Y_{23}	$= F_M \cdot \phi_{P_0} \cdot \psi_0$	$= ET_0 / CS_M$
Y_{24}	$= ABS / CS_M - TR_M / CS_M$	$= DI_0 / CS_M$
Y_{25}	$= 10 RC / ABS \cdot \phi_{P_0} \cdot \psi_0$	$= SFI^P_{ABS}$
Y_{26}	$= 10 / Y_{11}$	$= 10 RC / ABS$
Y_{27}	$= F_V / F_O$	$= \phi_{P_0} / (1 - \phi_{P_0})$
Y_{28}	$= \psi_0 / V_j$	$= \psi_0 / (1 - \psi_0)$
Y_{29}	$= Y_{26} \cdot Y_{27} \cdot Y_{28}$	$= PI^P_{ABS}$

3.2.10 Stomageleiding

Vir die bepaling van stomatale geleiding is die ADC (Analytical Development Corporation) se LCA-2 infrarooi-gasanaliseerder gebruik. Hierdie instrument bestaan uit 'n draagbare IRGA (infrarooi-gasanaliseerder), 'n Parkinson breëblaarkuvel, 'n rekenaar wat die data stoor en 'n lugpomp met 'n mas wat CO₂ uit die atmosfeer verskaf. Stomatale geleiding (g_s) is deur die volgende formule bepaal :

$$g_s = T / (W_i - W_a)$$

T - transpirasietempo

W_i -intersellulêre waterkonsentrasie

W_a – waterdampkonsentrasie in die atmosfeer

3.2.11 Grondvogbepaling en xileemsapvloeimeting

Personeel van die LNR-IGKW (dr. T.P. Fyfield en Mnr. R. Burger) was verantwoordelik vir weeklikse grondvogmetings en meting van xileemsapvloei. Vir die meting van grondvog is van 'n CPN neutronvogmeter gebruik gemaak. Aluminiumvogbuis is in die middel van elke perseel geplant tot op 'n diepte van 2.0 meter. Lesings is weekliks geneem op dieptes van 0.15, 0.3, 0.45, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5 en 1.8 meter in die grondprofiel. Lesings is omgeskakel en uitgedruk in millimeter en

gewaswaterverbruik is daaruit bereken sowel as die besproeiingskediule. Vir die meting van xileemsapvloei is van hittepulssensors (soos in Figuur 3.2) gebruik gemaak soos deur Cohen *et al.* (1988) en Cohen *et al.* (1993) beskryf is. Tydens hierdie metings is drie afsonderlike vergelykings uitgevoer en telkens is 10 plante vir elke vergelyking gebruik. Die hittepulssensors is aan die basis van elke plant geïnstalleer en hittevloeiessings is elke 30 minute op 'n kontinue basis geneem. Transpirasietempo is uit die hittevloeidata bereken deur die volgende vergelyking :

$$T = 1.175 vA.$$

v is die hittevloeiessnelheid

A is die deursnee area van die stingel

Hieruit is daaglikse totale transpirasie per plant bereken en omgeskakel na millimeter deur die transpirasietempo per plant met die plantpopulasie te vermenigvuldig. Verder is daaglikse evapotranspirasie ook bereken volgens die Penman-Monteith metode met behulp van die twee lisimeters onder die reënskerm en vir berekeningsdoeleindes is die aanname gemaak dat evaporasie vir alle behandelings identies was.

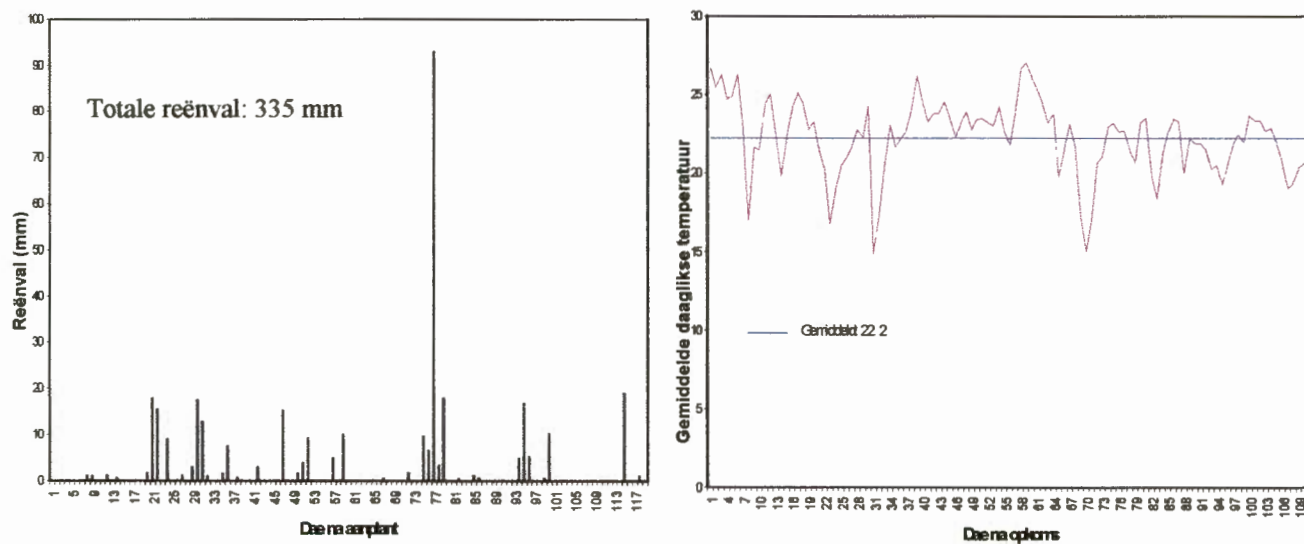
3.2.12 Statistiese metodes

Die kleinste betekenisvolle verskil (KBV) is gebruik as statistiese parameter om die betekenisvolheid van verskille aan te toon. Statistiese betekenisvolheid is telkens vir 'n 5% vertrouensinterval ($p = 0.05$) getoets en word deur vertikale stawe op die grafieke aangetoon

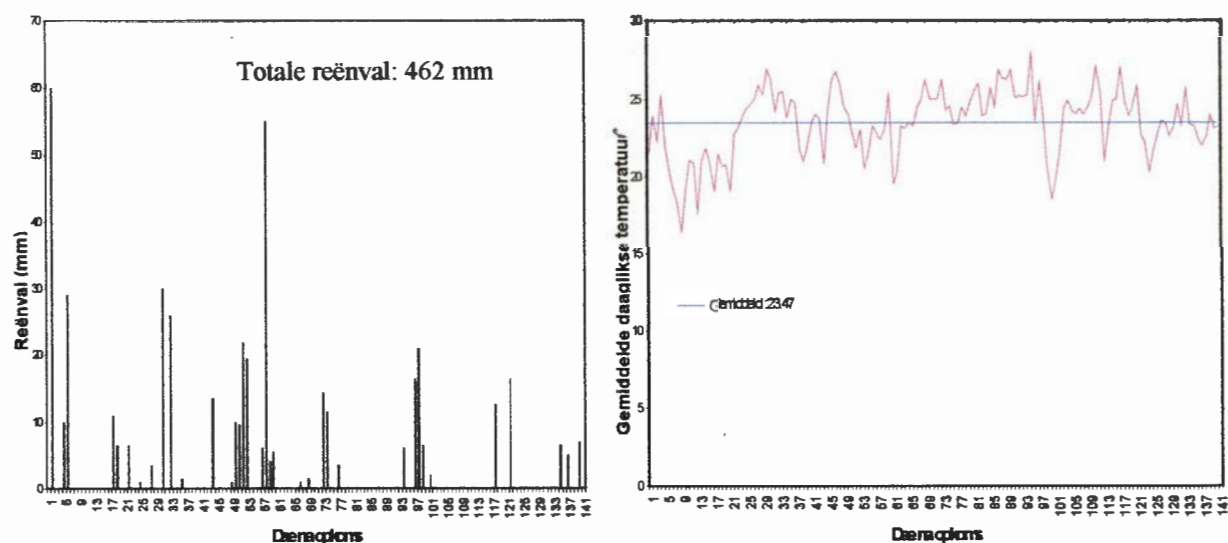


Figuur 3.2 Hittepulssensors wat vir die meting van xileemsapvloeï (transpirasie) gebruik is.

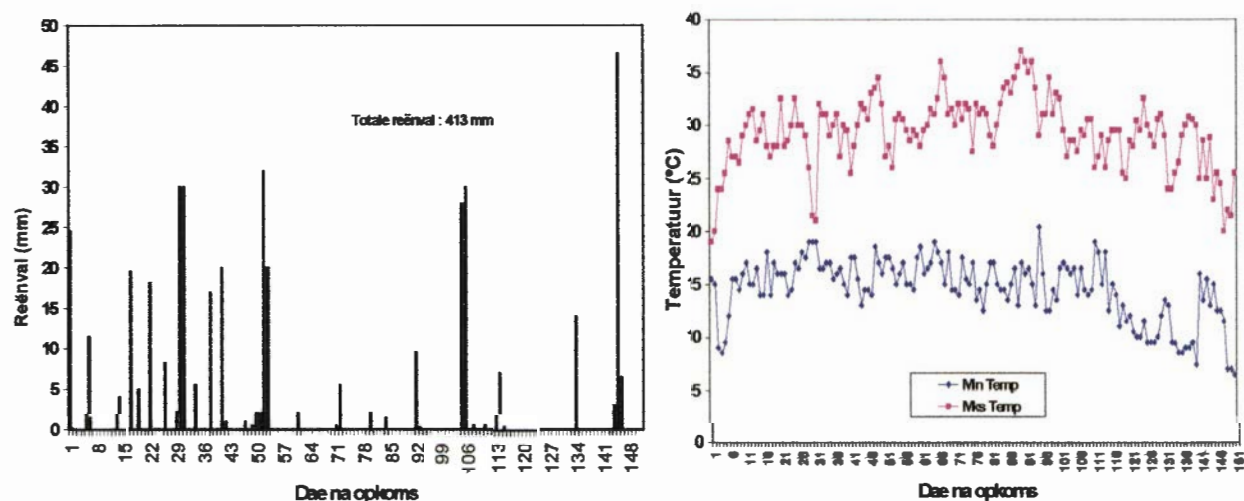
3.2.13 Weerdata



Figuur 3.3. Reënvalverspreiding en gemiddelde daaglikse temperatuur vir Potchefstroom vir die 1997/98 groeiseisoen.



Figuur 3.4. Reënvalverspreiding en gemiddelde daaglikse temperatuur vir Brits vir die 1997/98 groeiseisoen.



Figuur 3.5. Reënvalverspreiding en minimum / maksimum temperatuur vir Roodeplaat vir die 1998/99 groeiseisoen.

HOOFSTUK 4

RESULTATE EN BESPREKING

4.1 Resultate (1997/98 groeiseisoen)

4.1.1 Planthoogte

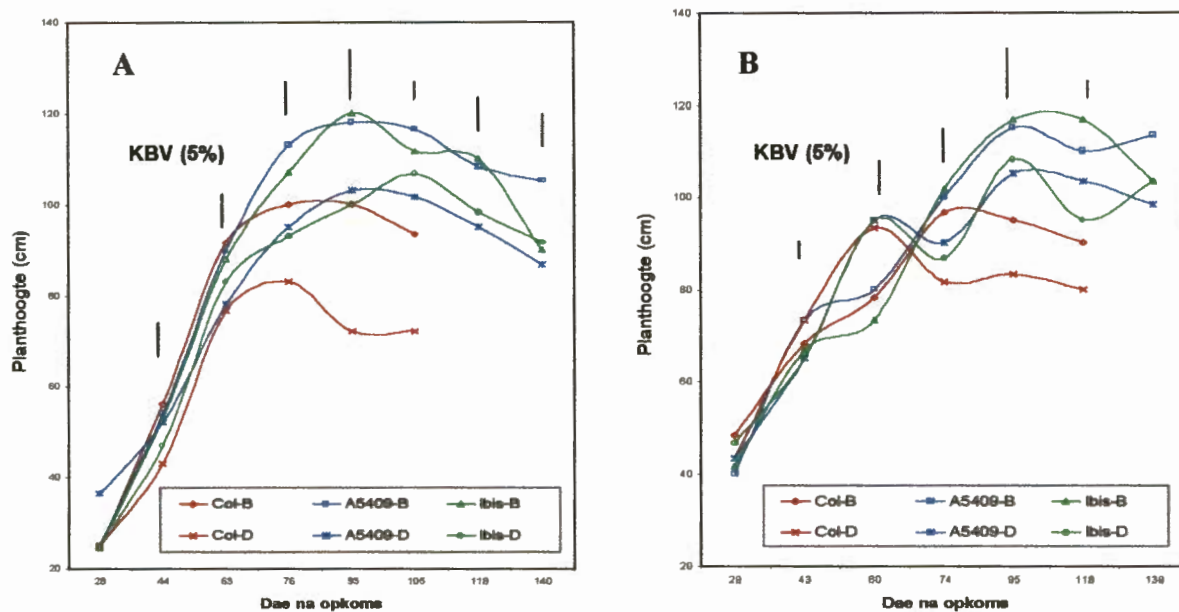
Figuur 4.1.1A&B toon die planthoogte van die verskillende cultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom aan. Die cultivars Ibis (laat volwasse en onbepaald) en A5409 (medium volwasse en onbepaald) het onder besproeiing op Brits 'n betekenisvol ($p=0.05$) hoër planthoogte bereik as Columbus (vroeg volwasse en bepaald) soos ook deur Mayers *et al.* (1991) bevind is. Parvez *et al.* (1989) het ook bevind dat onbepaalde cultivars 'n hoër finale planthoogte bereik as bepaalde cultivars. Op Potchefstroom, onder besproeiing, het Ibis nie betekenis hoër as A5409 gegroei nie, maar wel betekenisvol hoër as Columbus. Dit kan moontlik toegeskryf word aan die vertraging in plantdatum van Ibis wat 'n afname in finale planthoogte tot gevolg gehad het soos ook deur Andrade (1995) bevind is. Droogtestres het deurgaans 'n betekenisvolle afname in planthoogte vir beide die lokaliteite en vir al drie cultivars gehad. Hierdie bevinding steun die bevindings van Huck *et al.* (1986) en Hoogenboom (1987). Selfs onder droëland het A5409 en Ibis betekenisvol hoër planthoogte as Columbus bereik wat dui op die genetiese verskille tussen vroeë- en laatvolwasse cultivars soos ook deur Mayers *et al.* (1991) bevind is. Die drastiese afname in planthoogte op 74 dae van droëlandpersele op Potchefstroom is die gevolg van volgehoue droogte tydens die periode 50 – 74 dae na opkoms. Die drastiese herstel in planthoogte van die twee onbepaalde groeiers (A5409 en Ibis) na reën is ook al deur outeurs soos Weil *et al.* (1990) waargeneem. Die maksimum planthoogte vir die drie cultivars onderskeidelik, was dieselfde vir beide die lokaliteite ongeag 'n vier weke verskil in plantdatum. Hierdie bevinding is egter in teenstelling met die bevindings van Andrade (1995) wat daarop dui dat 'n vertraging in plantdatum 'n betekenisvolle

afname in finale planthoogte tot gevolg het. Figuur 4.1.4 dui egter 'n hoër gewasgroeiempo aan vir die cultivars op Potchefstroom en dit het tot gevolg gehad dat dieselfde finale planthoogte as op Brits bereik is ongeag die 4 weke vertraging in plantdatum op Potchefstroom.

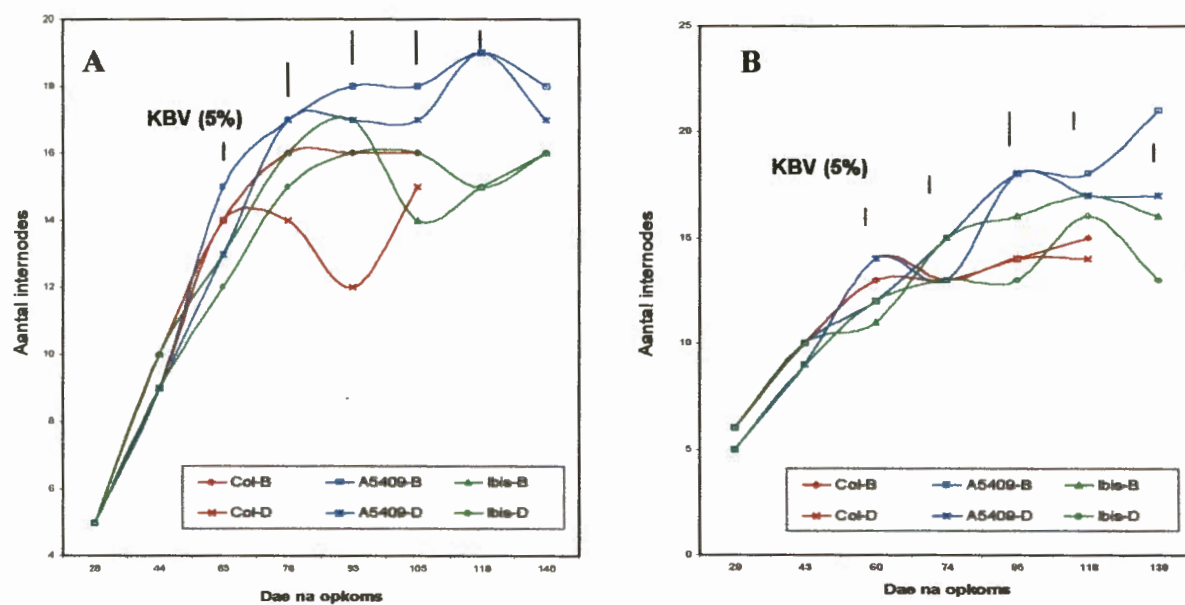
4.1.2 Internodes

Figuur 4.1.2 A&B toon die aantal internodes soos gevorm deur die cultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom. Vir beide lokaliteite het die onbepaalde groeiers meer internodes gevorm as die bepaalde groeier al was dit nie deurgaans betekenisvol hoër nie. Hierdie bevinding steun die resultate van Heyns (1983) en Mayers *et al.* (1991). Op Brits was daar eers na 63 dae betekenisvolle verskille tussen cultivars en behandelings. Vir beide A5409 en Ibis op Brits was daar geen betekenisvolle verskille tussen droëland en besproeiing t.o.v aantal internodes gevorm nie, terwyl daar vir Columbus reeds op 76 dae 'n betekenisvolle verskil tussen droëland en besproeiing was. Dit wil dus voorkom of droogtestres nie 'n betekenisvolle invloed op aantal internodes gevorm by die langer groeiers op Brits gehad het nie en dit stem ooreen met bevindings van Weil *et al.* (1990). Op Potchefstroom was daar eers na 95 dae 'n betekenisvolle verskil tussen cultivars en behandelings en slegs by Ibis was daar 'n betekenisvolle verskil tussen droëland en besproeiing. Interressant is dat cultivars dieselfde aantal internodes bereik het op die twee lokaliteite ten spyte van 'n vier weke verskil in plantdatum en dit is nie in lyn met die bevindings van Wilcox & Frankenberg (1987) nie. Verder het Mayers *et al.* (1991) bevind dat die gemiddelde sojaboonplant 13 nodes vorm. 'n Gemiddeld van 15 nodes oor cultivars en behandelings vir hierdie proef steun dus die bevindings van Mayers *et al.* (1991).

4.1.3 Biomassa



Figuur 4.1.1 A&B. Verandering in planthoogte met tyd na opkoms vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland.



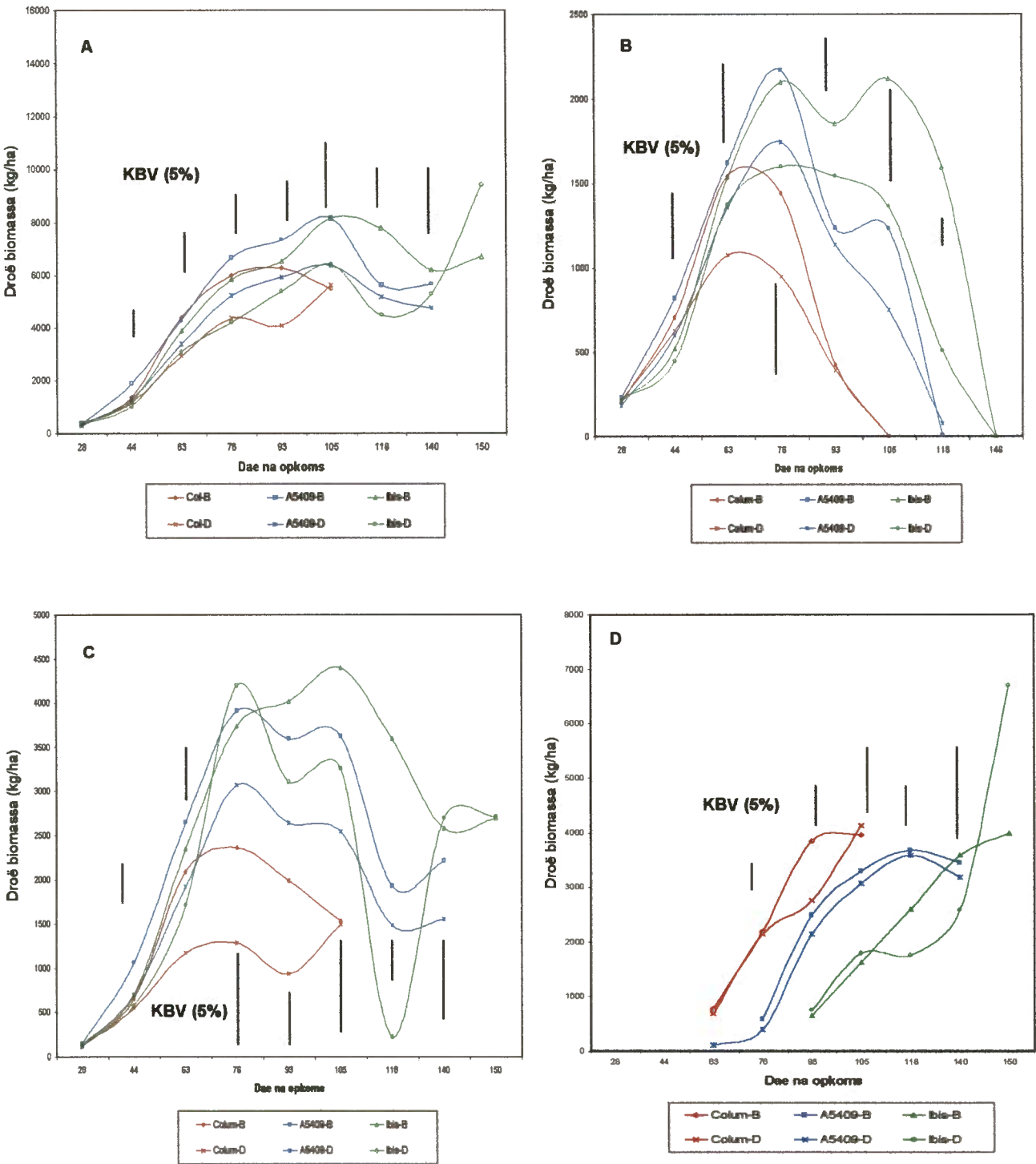
Figuur 4.1.2 A&B. Aantal internodes met verloop van tyd na opkoms vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland.

Figure 4.1.3 A,B,C,D en 4.1.3 E,F,G,H dui die totale-, blaar-, stam + petiool- en peulbiomassa van die cultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom aan. Onder besproeiing het A5409 en Ibis vir beide lokaliteite 'n betekenisvol hoër totale-, blaar-, stam+petiool- en peulbiomassa geproduseer as Columbus. Die bevindings van Mayers *et al.* (1991), Hanway (1971) en Jonker (1997) ondersteun hierdie waarnemings. Daar was daargaans 'n betekenisvolle verskil in maksimum totale-, blaar- en stam+ petioolbiomassaproduksie tussen die besproeiings- en droëlandbehandeling en dit steun die bevindings van Huck *et al.* (1986) , Cox *et al.* (1986) en Specht *et al.* (1986). Vir beide lokaliteite het A5409 en Ibis selfs onder droëland betekenisvol hoër totale biomassa produseer in vergelyking met Columbus wat weereens dui op die toleransie van langer groeiers teen droogte soos ook deur Neyshabouri *et al.* (1986) bevind is. Slegs vir Ibis op Brits was daar 'n betekenisvolle verskil in peulbiomassa tussen droëland en besproeiing. Alle cultivars het deurgaans hoër totale, blaar, stam+petiool en peulbiomassa op Potchefstroom bereik en dit korreleer met die hoër gewasgroeitempo van cultivars op Potchefstroom soos in figuur 4.1.4 aangedui. Hierdie bevinding steun ook die bevinding van Jiang (1995) dat daar 'n korrelasie van ($r = 0.96$) is tussen gewasgroeitempo en die aantal peule gevorm. Die interessante verskynsel is waargeneem by Ibis onder besproeiing en droëland op Brits waar hernude groei op onderskeidelik 140 en 118 dae na opkoms plaasgevind het. Hierdie toename in totale biomassa word ondersteun deur 'n toename in gewasgroeitempo (Figuur 4.1.4) vir dieselfde tyd en is veroorsaak deur 'n toename in peulaantal (Figuur 4.1.5) en gevolglik ook peulbiomassa oor dieselfde tydperk (Figuur 4.1.3 H). Hierdie bevinding steun ook die bevindings van Jiang (1995). Onder besproeiing op Potchefstroom het A5409 'n hoër peulbiomassa as Ibis geproduseer en dit korreleer met die hoër saadopbrengs van A5409 soos ook deur Heyns (1983) bevind is. Interessant is dat A5409 en Ibis onder besproeiing op Brits vanaf 93 dae 'n afname in blaarbiomassaproduksie getoon het wat verklaar kan word aan uitsers hoë temperature en droogte wat geheers het tydens die periode (Figuur 3.3). Die toestande is egter opgehef vanaf 105 dae en blaarbiomassaproduksie het

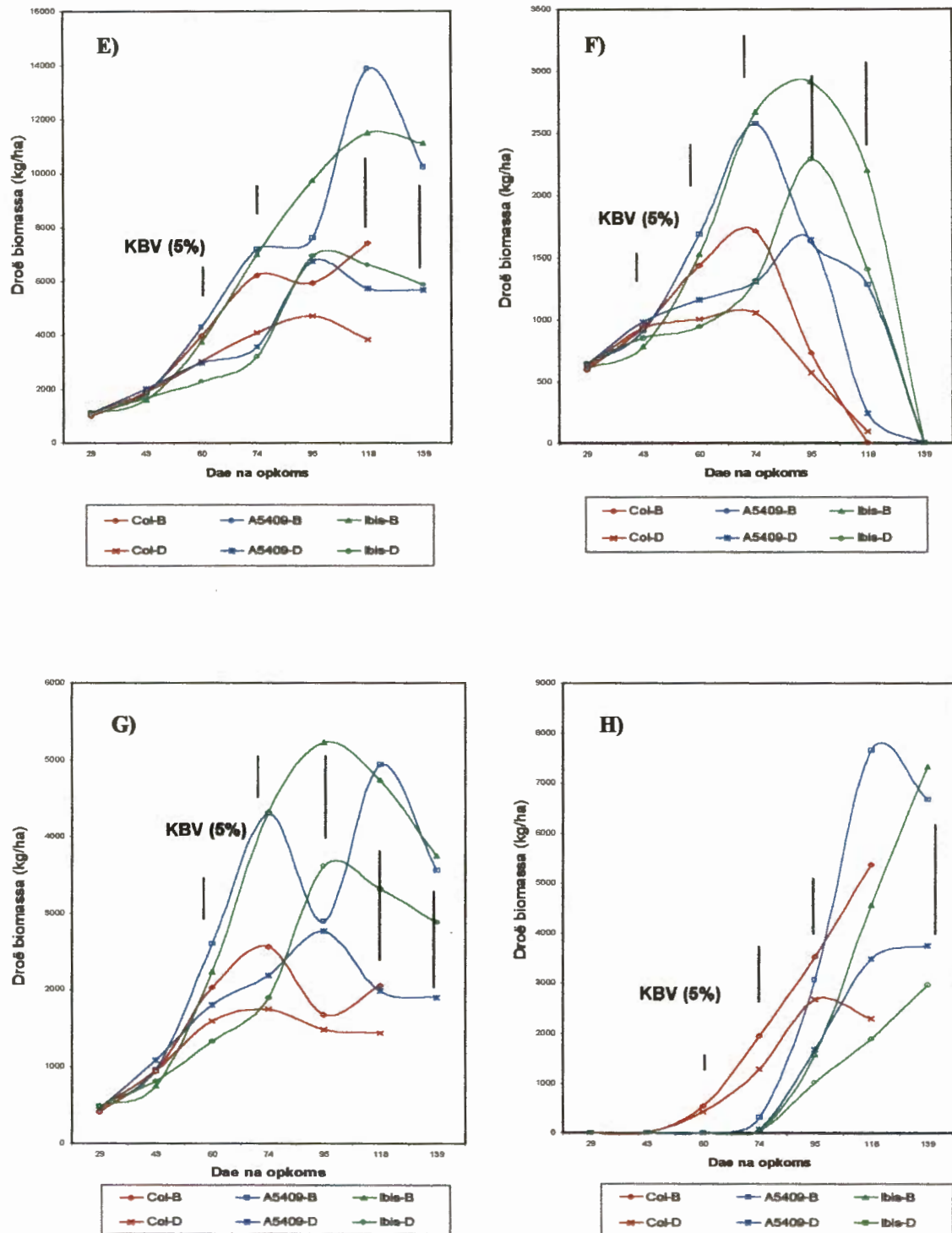
herstel. Let veral op na die hoogsbetekenisvolle verskille tussen droëland en besproeiing met betrekking tot blaarbiomassa vir die cultivars op Brits en Potchefstroom. Dit dui daarop dat produksie van blaarbiomassa baie gevoelig is vir droogtestres en steun bevindings van Finn *et al.* (1980) en Neyshabouri *et al.* (1986). Die vroeë volwasse cultivar het ook telkens minder blaarbiomassa geproduseer as die laat volwasse cultivar en dit word ondersteun deur die bevindings van Beaver *et al.* (1985). 'n Baie interessante tendens is ook waargeneem by die stam+petioolproduksie van die cultivars op die twee lokaliteite: Tydens droogteperiodes het produksie van stam + petioolbiomassa drasties afgeneem, wat in teenstelling met die bevindings van Frederick *et al.* (1991) is, maar net so vinnig weer herstel wanneer toestande weer gunstig was. Hierdie tendens is veral opgemerk by die onbepaalde groeiers A5409 en Ibis. Dit is selfs vir A5409 onder besproeiing op Potchefstroom waargeneem. Dit dui daarop dat onbepaalde groeiers 'n beter vermoë as bepaalde groeiers besit om te herstel na periodes van droogte en word gesteun deur die bevindings van Weil *et al.* (1990). Die peulbiomassas vir beide lokaliteite toon dat Columbus eerste, gevolg deur A5409 en laastens Ibis, begin peulbiomassa produseer het. Dit korreleer met die toename in volwassenheidsgroep (MG) vanaf Columbus na Ibis. Verder het maksimum peulbiomassa ook toegeneem soos wat MG toegeneem het en dit word ondersteun deur die bevindings van Wilcox *et al.* (1995).

4.1.4 Gewasgroeitempo

Figuur 4.1.4 A&B toon die gewasgroeitempo van die verskillende cultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom aan. Vir beide die lokaliteite het A5409 onder besproeiing op Brits die hoogste maksimum gewasgroeitempo getoon en dit korreleer met die hoogste saadopbrengs vir hierdie cultivar. Hierdie waarneming word gesteun deur die bevindings van Board *et al.* (1990). Ibis en A5409 onder besproeiing op Potchefstroom het beide 'n hoër gewasgroeitempo bereik as op Brits. Die rede hiervoor is warmer temperature tydens vegetatiewe



Figuur 4.1.3 A,B,C &D. Totale (A), blaar (B), stam + petiool (C) en peulbiomassaproduksie (D) met verloop van tyd vanaf opkoms vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits. In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland.

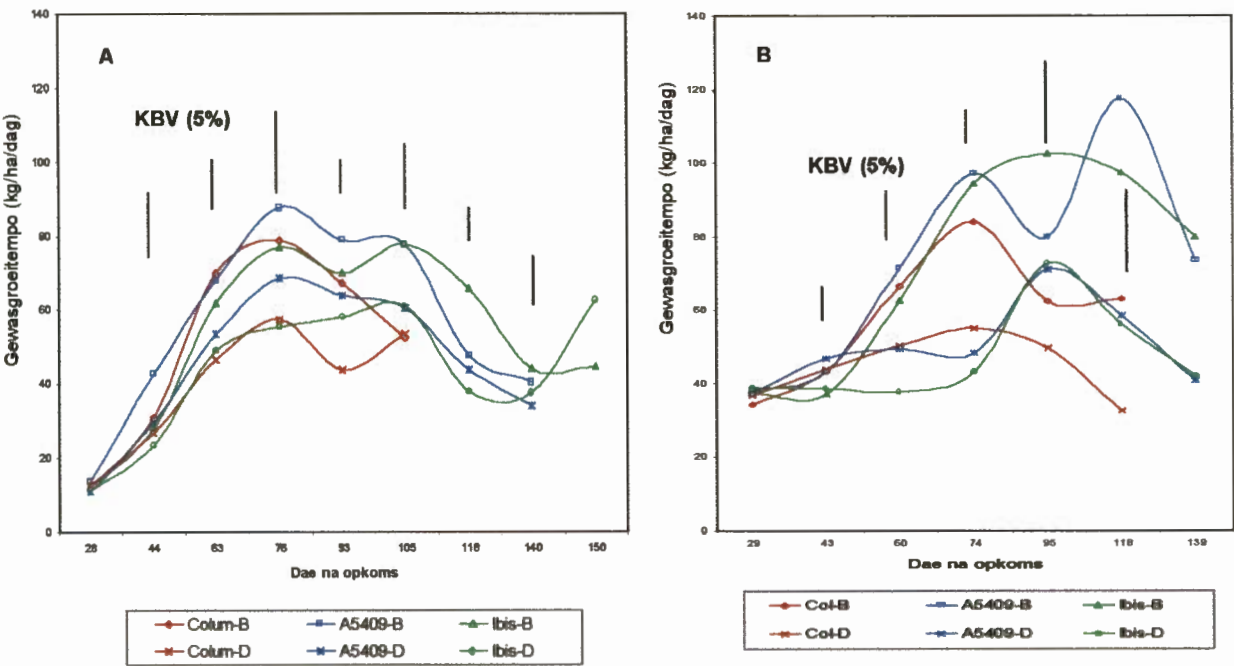


Figuur 4.1.3 E,F,G &H. Verandering in totale (E), blaar (F), stam+petiool (G) en peulbiomassaproduksie (H) van Columbus, A5409 en Ibis oor tyd vanaf opkoms op Potchefstroom. In die legende verwys B na besproëding en D na droëland.

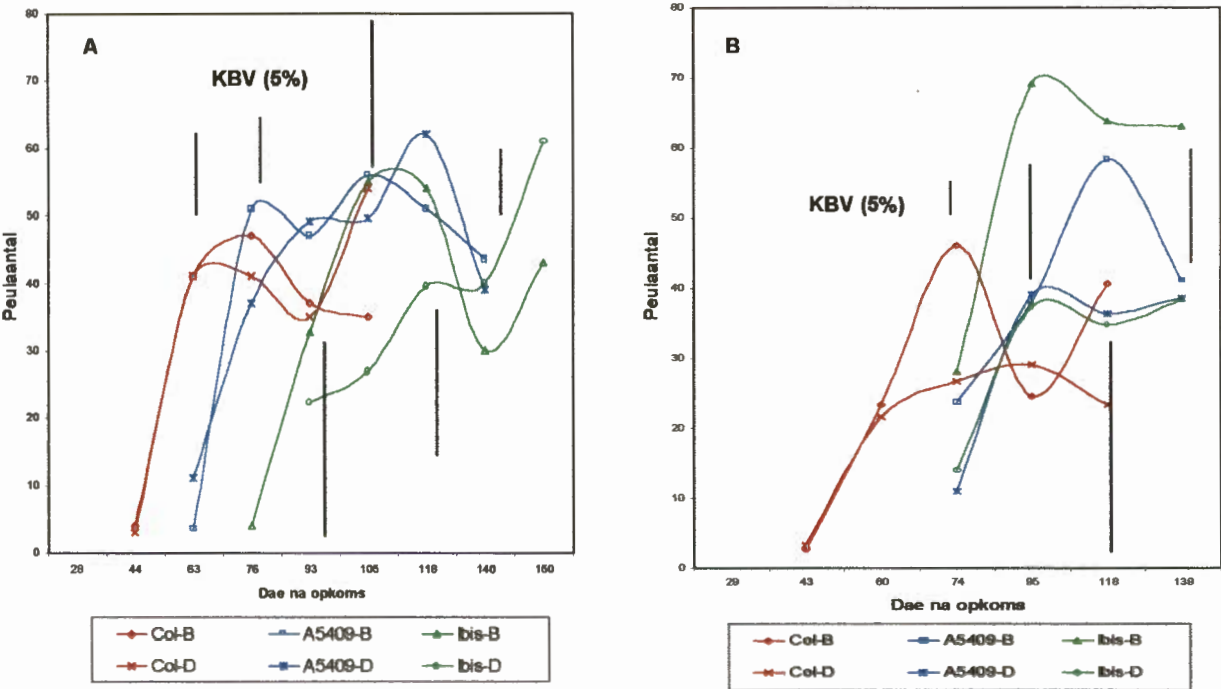
groei op Potchefstroom weens laat plantdatum. Die maksimum gewasgroei tempo vir Columbus was dieselfde vir beide lokaliteite. Verder het kultivars op Potchefstroom langer 'n hoë gewasgroei tempo gehandhaaf as kultivars op Brits. Daar was telkens 'n betekenisvolle verskil tussen kultivars onder besproeiing en droëland behalwe in die geval van Ibis en Columbus op 95 dae na opkoms te Potchefstroom en dit steun die bevindings van Salama & Sinclair (1994). Onder droëland was daar geen betekenisvolle verskille in gewasgroei tempo tussen die drie kultivars op Potchefstroom nie terwyl slegs Ibis op Brits onder droëland 'n hoër gewasgroei tempo as A5409 en Columbus bereik het.

4.1.5 Peulaantal

Figuur 4.1.5A&B toon die aantal peule geproduseer deur die verskillende kultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom. Op Brits was die verskille tussen vroeë, medium en laatvolwasse kultivars baie duidelik te sien as op Potchefstroom. Columbus het eerste, gevolg deur A5409 en Ibis begin peule vorm en dit stem ooreen met die volwassenheidsgroep (MG) waaruit die kultivars kom. Hierdie bevinding steun ook die bevindings van Parvez *et al.* (1989). Op Brits was daar slegs betekenisvolle verskille tussen droëland en besproeiing by Ibis wat nie die bevindings van Vaughan *et al.* (1989) en Weil *et al.* (1990) steun wat bevind het dat laatvolwasse kultivars minder gevoelig vir droogte tydens vroeë reprodktiewe stadium is as vroeër volwasse kultivars nie. Verder het A5409 onder besproeiing op Brits die hoogste aantal peule geproduseer en dit korreleer ook met die hoogste saadopbrengs (Figuur 4.1.7 A) wat deur A5409 daar bereik het. Hierdie korrelasie steun ook die bevindings van Beaver (1985) en Heyns (1983). Op Potchefstroom het die kort groeier Columbus ook eerste begin peule vorm terwyl A5409 en Ibis op dieselfde tyd begin peule vorm het. Hierdie vervroeë peulvorming van Ibis kan toegeskryf word aan die vertraagde plantdatum van 4 weke op Potchefstroom en meegaande hoër temperature wat blom en peulvorming versnel soos deur Chapman (1985) en Board & Hall (1984) bevind is. Verskille tussen droëland en besproeiing was



Figuur 4.1.4. A&B. Verandering in gewasgroeitempo met tyd vir Columbus, A5409 en Ibis vir besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland.

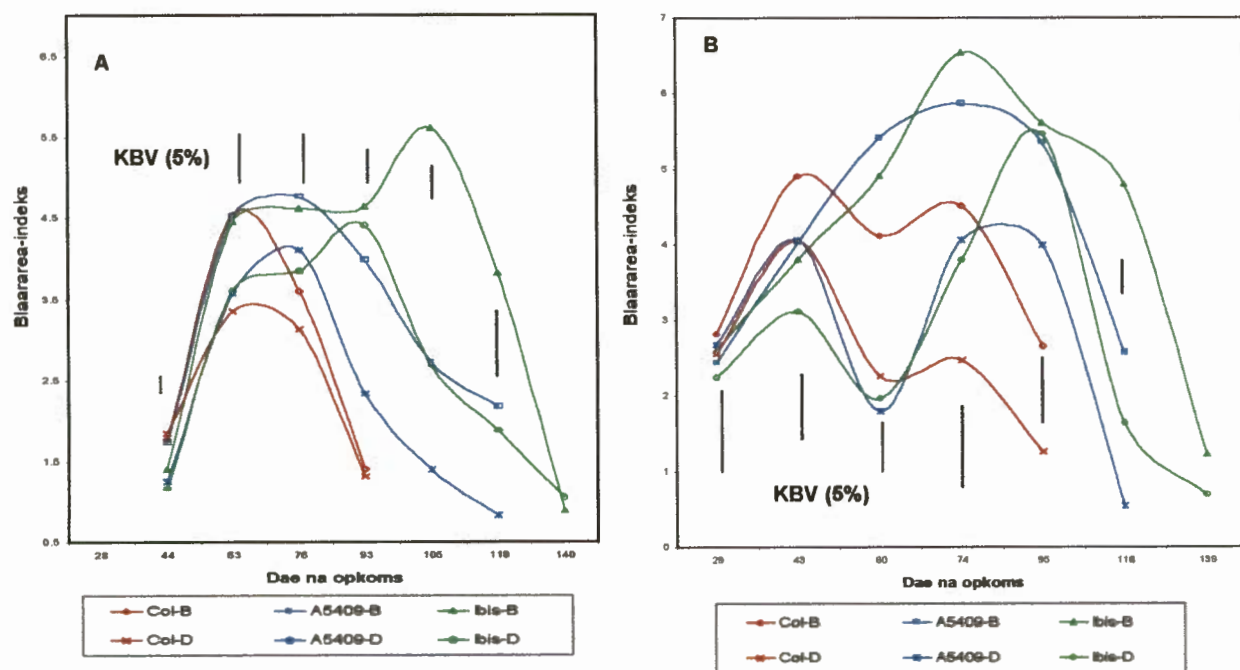


Figuur 4.1.5 A&B. Verandering in peulaantal met tyd vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland

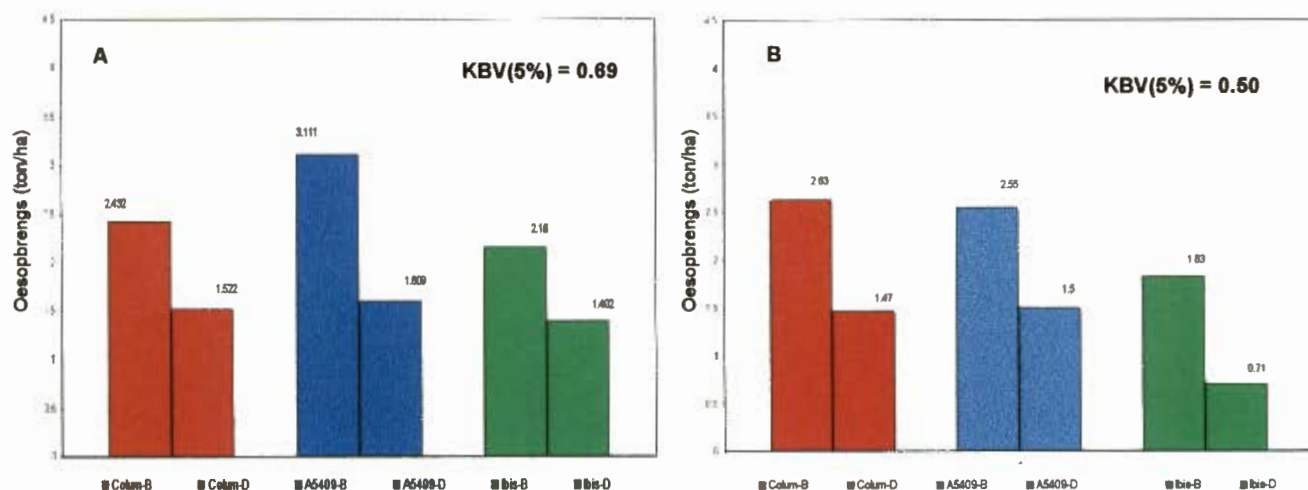
baie duideliker te sien op Potchefstroom as op Brits en is die gevolg van volgehoue droogte en hoë temperature gedurende vroeë reprodutiewe periode wat vir blom-en peulabortering verantwoordelik was. Hierdie waarneming word ondersteun deur die bevindings van Burton (1997). Ten spyte van die feit dat A5409 en Ibis, onder besproeiing op Potchefstroom byna dubbeld die aantal peule as Columbus onder besproeiing gevorm het, het die drie cultivars nie betekenisvol verskil in terme van saadopbrengs nie. Hierdie waarneming kan moontlik verklaar word deur 'n latere verlies in saadopbrengs tydens die droogteperiodes in A5409 en Ibis se peulvulperiodes wat baie krities is vir langer groeiers soos ook deur Brown *et al.* (1985) bevind is.

4.1.6 Blaararea-indeks (LAI)

Figuur 4.1.6 A&B dui die blaararea-indeks van die verskillende cultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom aan. Vir beide die lokaliteite het Ibis (laatvolwasse en onbepaald) die hoogste LAI van 5.5-6.5 bereik soos ook deur Costa *et al.* (1980), Beaver *et al.* (1985) en Jonker (1997) bevind is. Op Brits het Columbus (vroegvolwasse) op 63 dae na opkoms sy maksimum LAI van 4.5 bereik terwyl Ibis eers op 100 dae na opkoms maksimum LAI van 5.5 bereik het. Dit steun die bevindings van Mayers *et al.* (1991) dat vroegvolwasse cultivars vinniger as laat cultivars piekblaararea indeks bereik. So ook op Potchefstroom het Columbus al op 43 dae na opkoms sy maksimum LAI van 5.0 bereik, terwyl Ibis eers op 74 dae na opkoms sy maksimum LAI van 6.5 bereik het. Hieruit is dit duidelik dat al die getoetsde cultivars op Potchefstroom vinniger hul maksimum LAI bereik het sowel as 'n hoër LAI ongeag 'n vier weke agterstand in plantdatum. Hierdie bevinding word gesteun deur die hoër gewasgroeitempo van cultivars op Potchefstroom en die bevindings van Koller *et al.* (1970) wat toon dat 'n hoë gewasgroeitempo die belangrikste komponent is om 'n hoë LAI te bereik. Vir beide die lokaliteite het die besproeiingsproef telkens 'n betekenisvol hoër LAI as die droëlandproef bereik soos ook deur Muchow (1985) bevind is behalwe in die geval van Ibis op Brits. Dit dui weereens op die



Figuur 4.1.6. A&B. Verandering in blaararea-indeks vir Columbus, A5409 en Ibis met tyd onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland



Figuur 4.1.7. A&B. Oesopbrengs vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland.

feit dat laat volwasse cultivars beter gebuffer is teen droogtestres as korter groeiers soos deur Weil *et al.* (1990) bevind is. Die invloed van uiterste droogtestres op die LAI kan baie duidelik by die droëlandproef op Potchefstroom waargeneem word. Hier was droogtestres so uitermatig dat blaarabortering by alle cultivars plaasgevind het en 'n afname in LAI vanaf op 43 dae waargeneem is. In vergelyking met die besproeiing het Ibis se LAI vanaf 4.8 afgeneem na 2.0, A5409 vanaf 5.3 na 1.8 en Columbus vanaf 4.0 na 2.1. Hierdie waarneming steun ook die bevindings van Muchow (1985). Na reën het nuwe blare weer begin vorm en LAI het weer begin toegeneem. Die afname en daaropvolgende toename in LAI van Columbus onder besproeiing op Potchefstroom dui egter daarop dat die besproeiingsproef ook droogtestres ondervind het. Selfs onder droëland op Brits en Potchefstroom het Ibis en A5409 hoër LAI as Columbus bereik wat dui op die genetiese verskille tussen vroeë- en laatvolwasse cultivars soos ook deur Mayers *et al.* (1991) bevind is.

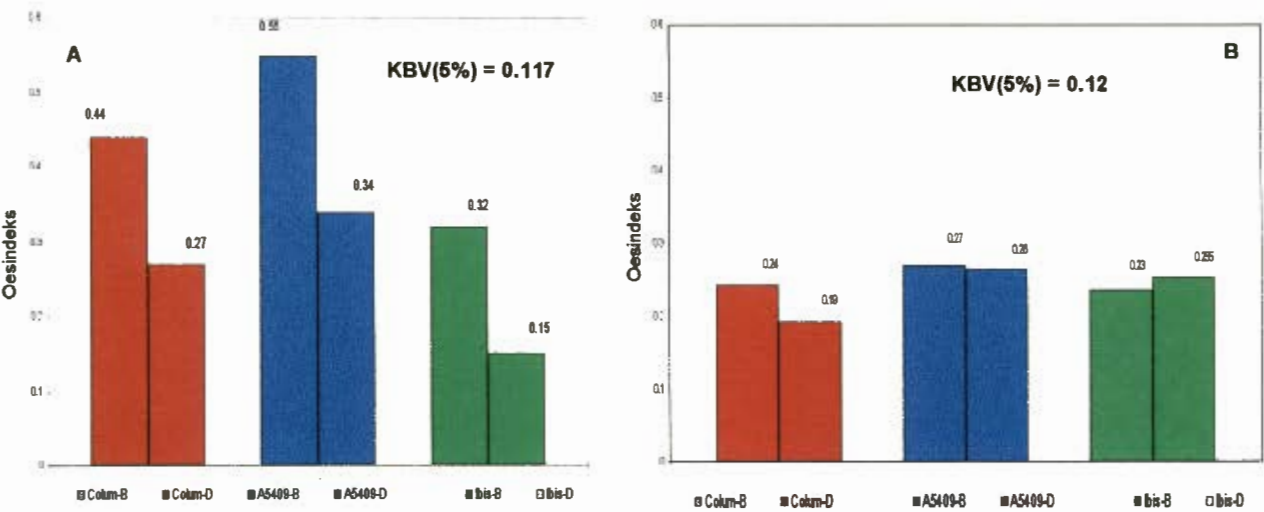
4.1.7 Oesopbrengs

Figuur 4.1.7 A&B dui die oesopbrengs van die verskillende cultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom aan. Onder besproeiing het Columbus op Potchefstroom die hoogste saadopbrengs (2.6 ton/ha) behaal alhoewel dit nie betekenisvol van A5409 met 2.55 ton/ha vir dieselfde lokaliteit verskil het nie. Hierdie bevinding steun nie die bevindings van Board *et al.* (1996) en Udoguchi *et al.* (1987) dat cultivars met die hoogste biomassa en LAI die hoogste saadopbrengs lewer nie. Die rede hiervoor was egter droogte tydens die peulvormingsperiode (60 – 70 dae na opkoms) wat verlies in peule tot gevolg gehad het. Vir Potchefstroom het Ibis onder besproeiing 'n betekenisvol laer saadopbrengs van 1.83 ton/ha as beide Columbus (2.63 ton/ha) en A5409 (2.55 ton/ha) onder besproeiing gehad. Weereens is hierdie bevindings in teenstelling met die van Board *et al.* (1996) en Udoguchi *et al.* (1987). Dit stem egter ooreen met bevindings van Andrade (1995) en Kane *et al.* (1997) vir vertraging van plantdatum by laatvolwasse cultivars. Die rede vir swak saadopbrengs was egter

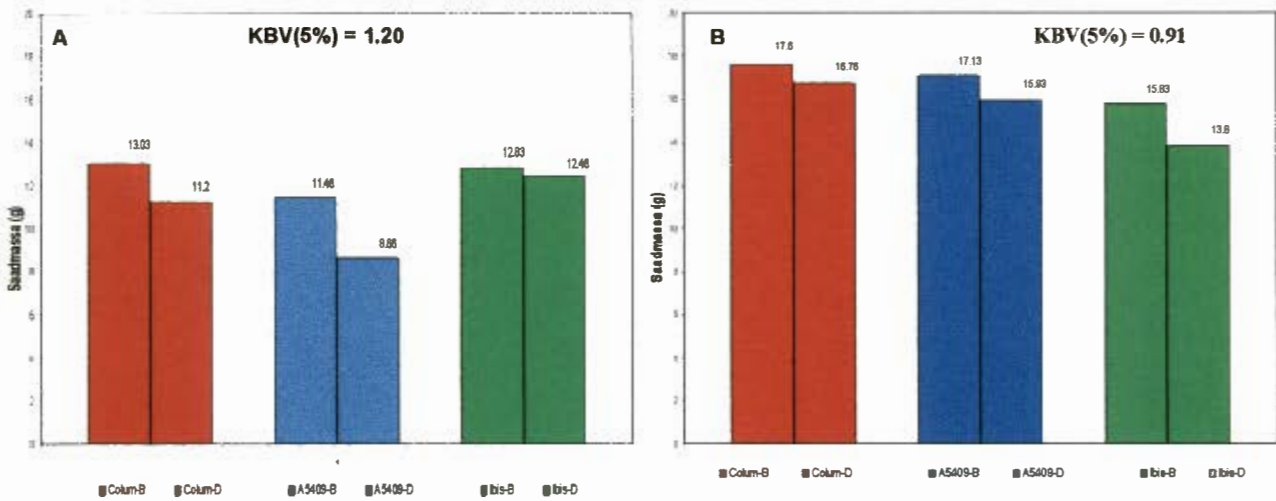
droogte en uitermatige hoë temperature tydens die blom- en peulvormingperiode van Ibis op Potchefstroom. Onder besproeiing op Brits het A5409 met 3.1 ton/ha die hoogste saadopbrengs vir die twee lokaliteite getoon alhoewel dit nie betekenisvol van Columbus met 2.4 ton/ha verskil het nie. A5409 het ook deurgaans die hoogste gewasgroeitempo gehandhaaf en steun die bevindings van Egli *et al.* (1991) dat daar 'n hoogsbetekenisvolle korrelasie ($r = 0.86$) bestaan tussen gewasgroeitempo en saadopbrengs is. Columbus het egter deurgaans die laagste gewasgroeitempo gehandhaaf en nogsteeds 'n saadopbrengs geproduseer wat nie betekenisvol van A5409 verskil het nie. Hierdie waarneming ondersteun dus nie Egli *et al.* (1991) se bevindings nie. Ibis onder besproeiing het wel 'n betekenisvol laer saadopbrengs (2.16 ton/ha) as laasgenoemde twee cultivars op Brits gehad en dit stem nie ooreen met bevindings van Board *et al.* (1990) dat cultivars met die hoogste biomassa tydens R7 die hoogste saadopbrengs produseer nie. Die rede vir die swak saadopbrengs was egter droogte tydens die blom- en peulvormingsperiode van die betrokke cultivar. Vir beide die lokaliteite en vir al drie cultivars was daar telkens 'n betekenisvolle verskil in saadopbrengs tussen die besproeiings- en droëlandbehandelings. Saadopbrengs was telkens 40-60% laer by die droëlandproef en hierdie resultate ondersteun die bevindings van Huck *et al.* (1986). Behalwe vir Ibis op Potchefstroom was daar deurgaans geen betekenisvolle verskil tussen cultivars onder droëland nie wat in teenstelling is met resultate van Neyshabouri *et al.* (1986). Met inagneming van die 4 weke vroeër plantdatum op Brits het cultivars onder besproeiing op Potchefstroom nie betekenisvol verskil tov. saadopbrengs in vergelyking met eersgenoemde nie. Hierdie resultate steun nie die bevindings van Andrade (1995) en Weaver *et al.* (1991) nie. Laasgenoemde het 'n verlaging van 27 % in saadopbrengs gekry vir 'n 4 weke vertraging in plantdatum op dieselfde lokaliteit.

4.1.8 Oesindeks

Figuur 4.1.8 A&B toon die oesindekse van die verskillende cultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom aan. Die oesindeks verwys na die verhouding van totale biomassa tot saadmassa geproduseer en word op 'n skaal van 0-1 uitgedruk. 'n Oesindeks kleiner as 0,5 beteken dat die plant min saad geproduseer het in verhouding tot die totale biomassa geproduseer, terwyl 'n oesindeks groter as 0.5 beteken dat die plant relatief baie saad geproduseer het in verhouding tot die totale biomassa geproduseer. Onder besproeiing het A5409 (mediumvolwasse) op Brits die hoogste oesindeks van 0.55 behaal in vergelyking met die 0.32 van Ibis (laatvolwasse) wat betekenisvol laer was. Dit stem ook ooreen met bevindings van Wilcox & Frankenberg (1987) dat laatvolwasse cultivars laer oesindekse as vroegvolwasse cultivars bereik. Hierdie hoë oesindeks korreleer ook met die bevinding dat A5409 onder besproeiing op Brits die hoogste saadopbrengs van al die cultivars oor albei lokaliteite behaal het (Figuur 4.1.7 A). Columbus (bepaald), onder besproeiing op Brits, het 'n oesindeks van 0.44 bereik wat nie betekenisvol van A5409 (onbepaald), onder besproeiing, verskil het nie. Wilcox & Frankenberg (1987) het egter bevind dat bepaalde groeiers hoër oesindekse bereik as onbepaalde groeiers. Op Potchefstroom was daar geen betekenisvolle verskil tussen droëland en besproeiing vir A5409 en Ibis in oesindeks nie. Hierdie bevindings is in lyn met die van Snyder *et al.* (1981) wat bevind het dat oesindeks toeneem tydens droogtestres, aangesien translokasie na sade bevoordeel word bo vegetatiewe materiaal. Dit is ook in lyn met bevindings van Weil *et al.* (1990) wat bevind het dat onbepaalde cultivars beter gebuffer is teen droogte as bepaalde cultivars. Op Brits was daar deurgaans 'n betekenisvolle verskil tussen droëland en besproeiing vir al die cultivars. Hierdie resultate steun die bevindings van Cox *et al.* (1986) en Frederick *et al.* (1991). Oesindekse was oor die algemeen laer op Brits en korreleer met die gemiddelde laer saadopbrengs van cultivars op Brits (Figuur 4.1.7). Saadvulperiodes (figuur 4.1.12) was weer langer op Potchefstroom. Dit steun nie resultate van Vasilas & Nelson (1992) dat langer peulvulperiodes hoër oesindekse tot gevolg het nie.



Figuur 4.1.8. A&B. Oesindeks vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland.



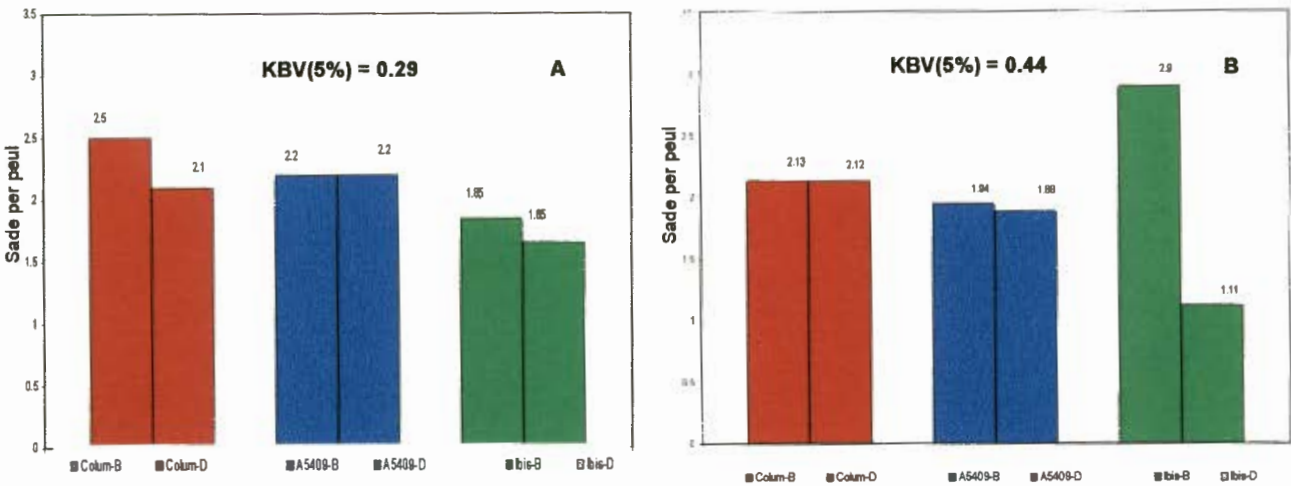
Figuur 4.1.9A&B. Massa 100 sade vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland.

4.1.9 Massa 100 sade

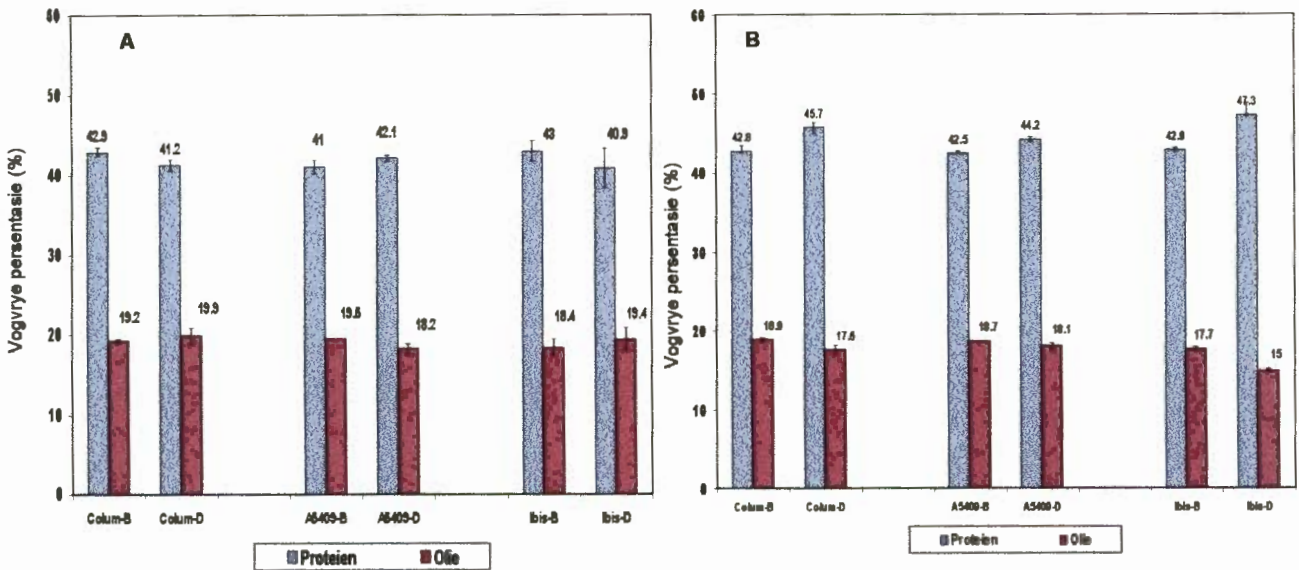
Figuur 4.1.9 A&B toon die massa 100 sade van die verskillende cultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom aan. Massa 100 sade gee 'n aanduiding van die saadgrootte wat gevorm is. Onder besproeiing op Brits was daar egter geen betekenisvolle verskille in saadgrootte tussen Columbus (13.03) en Ibis (12.89) nie. Beide hierdie cultivars het onder besproeiing betekenisvol hoër saadgrootte as A5409 (11.46) bereik. Op Brits het Columbus en A5409 in die droëlandproef 'n betekenisvolle laer massa 100 sade as die besproeiingsproef bereik en dit stem ooreen met die bevindings van Dornbos *et al.* (1991) en Huck *et al.* (1986). Vir Ibis op Brits was daar egter geen betekenisvolle verskil tussen droëland en besproeiing nie aangesien daar nie droogte tydens die peulvulperiode was nie. Onder besproeiing op Potchefstroom was daar geen betekenisvolle verskil tussen A5409 (17.13) en Columbus (17.6) nie terwyl Ibis (15.83) wel betekenisvol laer saadgrootte as laasgenoemde twee cultivars bereik het. Die peulvulperiodes van hierdie drie cultivars was 21, 21 en 30 dae. Dit stem nie ooreen met bevindings van Vasilas & Nelson (1992) wat bevind het cultivars met langer peulvulperiodes groter sade produseer nie. Vir A5409 en Ibis op Potchefstroom was daar egter 'n betekenisvolle verskil tussen droëland en besproeiing soos ook deur Dornbos *et al.* (1991) en Huck *et al.* (1986) bevind is terwyl Columbus geen betekenisvolle verskil tussen droëland en besproeiing getoon het nie. Ten spyte van die later plantdatum op Potchefstroom het alle cultivars vir al die behandelings 'n hoër saadgrootte op Potchefstroom bereik. Die rede hiervoor is die langer peulvulperiodes van die cultivars op Potchefstroom (figuur 4.1.12) soos ook deur Vasilas & Nelson (1992) bevind is. Hierdie bevinding steun ook die bevindings van Wilcox & Frankenberg (1987) wat bevind het dat plantdatum nie 'n afname in massa 100 sade tot gevolg het nie. Inteendeel, Mayers *et al.* (1991) het bevind dat vertraagde saai eerder saadgrootte verhoog.

4.1.10 Sade per peul

Figuur 4.1.10 A&B toon die aantal sade per peul van die verskillende cultivars vir die verskillende behandelings op Brits en Potchefstroom aan. Columbus onder besproeiing op Brits het 2.5 sade per peul gevorm en dit was betekenisvol meer as die 1.85 sade per peul van Ibis onder besproeiing. Dit steun nie die bevindings van Vasilas & Nelson (1992) dat langer peulvulperiodes minder sade tot gevolg het nie aangesien Columbus se peulvulperiode op Brits 10 dae langer was as die van Ibis (Figuur 4.1.12). Die rede was egter droogte tydens die peulvulperiode van die betrokke cultivar. A5409 op Brits het 2.2 sade per peul gevorm vir beide die droëland en besproeiing weens geen droogte tydens die peulvulperiode, terwyl Columbus op Potchefstroom 2.1 sade per peul vir beide die besproeiing en droëland gevorm het. Villalobos-Rodriguez et al. (1985) het ook bevind dat droogtestres by sekere cultivars geen effek op aantal sade per peul gehad het nie afhangende van die tyd en duur van droogte in die groeiseisoen. Op Brits was daar geen betekenisvolle verskil in sade per peul tussen droëland en besproeiing vir A5409 en Ibis nie weens geen droogte tydens die peulvulperiodes van die betrokke cultivars nie. Op Potchefstroom het Ibis onder besproeiing 2.9 sade per peul gevorm wat betekenisvol hoër was as Ibis onder droëland sowel as vir al die ander cultivars en lokaliteite. Dit steun weereens nie die bevindings van Vasilas & Nelson (1992) nie aangesien Ibis op Potchefstroom se peulvulperiode 9 dae langer was as die van Columbus en A5409. Dit wil dus eerder voorkom asof langer peulvulperiode meer sade per peul tot gevolg het. Verder was daar vir beide die lokaliteite geen betekenisvolle verskil in sade per peul tussen A5409 en Columbus onder besproeiing nie. Daar is ook bevind dat sade per peul afgeneem het soos wat massa 100 sade toegeneem het en hierdie bevinding steun die bevindings van Vasilas & Nelson (1992).



Figuur 4.1.10 A&B. Sade per peul vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland.



Figuur 4.1.11 A, B. Olie -en proteïeninhoud van saad vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits (A) en Potchefstroom (B). Vertikale stawe dui standaardafwyking aan. In die legende verwys B na besproeiing en D na droëland.

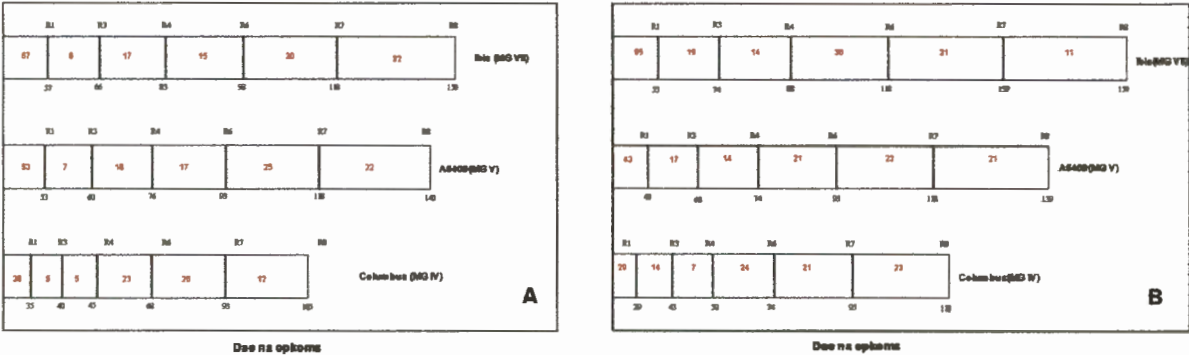
4.1.11 Olie/Proteïen

Figuur 4.1.11 A&B toon dat die olie- en proteïeninhoud van die saad van die verskillende cultivars en behandelings op Brits en Potchefstroom aan. Op Brits was olie-inhoud van saad hoër as op Potchefstroom weens die hoër temperature op Brits en dit steun die bevindings van Mayers *et al.* (1991) en NSCP (1998) dat hoë temperatuur tydens peulvul die olie-inhoud van die saad verhoog. Verder het cultivars op Potchefstroom weer 'n hoër proteïeninhoud getoon as cultivars op Brits. Dit stem ook ooreen met bevindings in die NSCP (1998) wat aantoon dat proteïen-inhoud van saad in droër gebiede hoër is as in meer vogtiger gebiede. Laastens was daar op Brits geen betekenisvolle verskille tussen droëland en besproeiing wat olie en proteïeninhoud betref nie. Op Potchefstroom was die proteïen-inhoud van saad uit droëlandpersele egter vir al die cultivars hoër as die besproeiingspersele wat weereens gesteun word deur NSCP (1998).

4.1.12 Fenologie

Figuur 4.1.12 A&B toon die fenologiese ontwikkeling van die verskillende cultivars vir Brits en Potchefstroom aan. Volgens figuur 4.1.12 het cultivars op Potchefstroom telkens vroeër hul blomdatum (R1) bereik as op Brits en dit kan toegeskryf word aan korter daglengtes en hoër temperatuur op Potchefstroom aangesien Potchefstroom vier weke later as Brits geplant is. Hierdie bevinding word gesteun deur die bevindings Chapman (1985). Vir beide lokaliteite het Columbus (vroeë volwasse) telkens vroeër begin blom as A5409 en Ibis en het A5409 en Ibis later as Columbus fisiologiese volwassenheid (R7) bereik. Hierdie waarneming ondersteun die bevindings van Mayers *et al.* (1991). Verder het al die getoetsde cultivars langer peulvulperiodes op Potchefstroom gehad as op Brits. Hierdie waarneming steun egter nie die bevindings van Wilcox & Frankenberg (1987) nie. Die kritiese peulvulperiode (R4-R6) vir A5409 en Ibis was betekenisvol korter as Columbus vir Brits. Op Potchefstroom was die

peulvulperiode van Ibis weer betekenisvol langer as vir A5409 en Columbus soos ook deur Wilcox *et al.* (1995) bevind is. Die R6-R7 periode van die cultivars en lokaliteite het nie betekenisvol verskil nie en het gewissel van 20-25 dae en steun die bevindings van Wilcox & Frankenberg (1987). Laastens was die blomperiode (R1-R3) van cultivars vir Potchefstroom betekenisvol langer in vergelyking met Brits behalwe in die geval van Columbus en dit is in teenstelling met die bevindings van Wilcox & Frankenberg (1987). Droogtestres het geen invloed op fenologiese ontwikkeling gehad nie en dit is in teenstelling met die bevindinge van Muchow (1985) ; Cortes & Sinclair (1986) en Dornbos *et al.* (1989). Daar is geen korrelasie gevind tussen lang peulvulperiode en saadopbrengs soos deur Smith & Nelson (1986) nie. Daar is wel bevind dat die cultivar met die hoogste saadopbrengs vir die twee lokaliteite 'n langer R6-R7 periode as die ander cultivars gehad het. Op Brits het die blaarvalperiode (R7-R8) toeneem vanaf die vroegvolwasse cultivars na die laatvolwasse cultivars. Op Potchefstroom was die teenoorgestelde waar en hierdie bevinding word gesteun deur die bevindings van Wilcox *et al.* (1995).



Figuur 4.1.12. A&B. Fenologiese ontwikkeling van Columbus, A5409 en Ibis op Brits (A) en Potchefstroom (B). Die waardes in rooi gedruk dui op die lengte van die spesifieke groeistadium.

4.1.13 Stomageleiding

Tabel 4.1.13.1 Stomatale geleiding ($\text{mmolm}^{-2} \text{s}^{-1}$) vir Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Brits en Potchefstroom vir die aangetoonde dae na opkoms.

	Columbus- Besproei	Columbus- Droëland	KBV(5%)
Brits (1)	0.77	0.42	0.077
Brits (2)	0.25	0.23	0.0113
Potch (1)	0.66	0.33	0.079
Potch (2)	0.51	0.43	0.062
	A5409- Besproei	A5409- Droëland	
Brits (1)	0.65	0.43	0.106
Brits (2)	0.34	0.15	0.0113
Potch (1)	0.50	0.18	0.0089
Potch (2)	0.36	0.36	0.0077
	Ibis- Besproei	Ibis- Droëland	
Brits (1)	0.49	0.43	0.064
Brits (2)	0.18	0.10	0.0062
Potch (1)	0.78	0.48	0.0177
Potch (2)	0.52	0.36	0.05

Brits (1) – 28 dae na opkoms, **Brits (2)** – 76 dae na opkoms, **Potch (1)** - 43 dae na opkoms, **Potch (2)** - 74 dae na opkoms.

Vir al drie cultivars op beide lokaliteit en monsternemings was daar deurgaans betekenisvolle verskil in stomageleiding tussen droëland en besproeiing. Stomageleiding was deurgaans laer onder droëland as onder besproeiing soos deur De Souza *et al.* (1997) , Neyshabouri *et al.* 1986) , Allen *et al.* (1994) , Wells

et al. (1982) en Muchow (1985) bevind is. Hierdie afname in stomageleiding het 'n afname in fotosintese tempo tot gevolg wat weer aanleiding gee tot laer biomassa produksie onder droëlandtoestande en gepaardgaande oesverlies. Stomageleiding het ook afgeneem (data nie aangetoon) soos wat fisiologiese volwassenheid genader het soos ook deur De Souza *et al.* (1997) bevind is.

4.1.14 Blaar- en grondontledings

Tabel 4.1.14.1 Mineraalsamestelling van die verskillende cultivars en behandelings.

Beskrywing	% Ca	% Mg	% K	% P	% N	Zn (dpm)	Mn (dpm)
Brits- Besproei							
Columbus	1.20	0.29	2.0	0.31	5.93	36.4	94.8
A5409	1.22	0.33	2.05	0.33	5.27	35.1	75.7
Ibis	1.40	0.46	2.02	0.31	4.57	41.5	78.6
Brits- Droëland							
Columbus	1.37	0.36	1.93	0.30	4.42	39.3	95.6
A5409	1.16	0.34	2.11	0.29	5.54	27.6	77.8
Ibis	1.35	0.48	1.92	0.28	4.84	28.1	91.4
Potch- Besproei							
Columbus	1.26	0.40	1.32	0.26	4.89	39.1	101.6
A5409	1.34	0.52	1.29	0.30	5.25	37.9	76.5
Ibis	1.37	0.64	1.25	0.28	5.21	36.2	94.0
Potch- Droëland							
Columbus	1.29	0.47	1.21	0.23	3.79	28.6	74.4
A5409	1.09	0.48	1.15	0.26	3.92	31.6	62.7
Ibis	1.28	0.65	1.06	0.28	4.42	34.1	75.2

- Blaarmonsters geneem op R2- groeistadium.

Waardes in geel gedruk het onder die drempelwaardes vir sojabone op die R2 groeistadium geval.

Tabel 4.1.14.2 Grondontledings van die verskillende cultivars en behandelings.

Beskrywing	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K cmolc/l	P (mg/l)	pH (H ₂ O)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	NO ₃ (mg/l)
Brits- Besproei								
Columbus	6.65	3.12	0.54	11.2	7.09	1.1	3.8	4.3
A5409	6.29	2.95	0.47	12	7.0	2.0	4.1	2.9
Ibis	6.58	3.00	0.52	13.3	7.08	1.1	2.7	4.0
Gemiddeld	6.50	3.02	0.51	12.16	7.05	1.4	3.53	3.73
Brits- Droëland								
Columbus	6.24	3.14	0.39	15.0	6.77	3.2	4.0	2.0
A5409	6.55	3.55	0.35	11.2	6.67	1.7	4.5	2.0
Ibis	6.77	3.5	0.40	13.6	6.8	2.5	4.2	1.6
Gemiddeld	6.52	3.39	0.38	13.26	6.74	2.46	4.23	1.86
Potch- Besproei								
Columbus	5.09	3.85	0.18	10	6.95	4.1	7.0	2.4
A5409	5.26	4.15	0.17	13.3	7.33	4.4	2.9	4.5
Ibis	5.49	3.95	0.18	8.1	7.01	3.5	3.6	2.8
Gemiddeld	5.28	3.98	0.17	10.46	7.09	4.0	4.5	3.23
Potch- Droëland								
Columbus	5.25	4.15	0.26	13.5	7.06	4.3	4.8	3.7
A5409	4.93	4.0	0.24	9.6	7.02	3.8	4.0	4.8
Ibis	5.0	3.8	0.23	10.7	7.05	3.2	5.1	-
Gemiddeld	5.06	3.98	0.24	11.27	7.04	3.76	4.63	4.25
KBV (5%)	0.37	0.32	0.03	3.95	0.22	1.02	2.17	1.43

Grondmonsters geneem op R2- groeistadium op 'n gronddiepte van 20cm.

Blaarontledings t.o.v kalsium, magnesium, fosfaat, stikstof, kalium, sink en magnesium word in Tabel 4.1.14.1 weergegee. Alle waardes was bevredigend op grond van die drumpelwaardes van Smit (1992, volgens De Mooy *et al.*, 1973) vir jong sojaboonblare teen die laat-blomstadium. Dit het ingesluit stikstof, kalium en fosfaat en hulle drumpelwaardes vir N,K,P is onderskeidelik 4.25-5.50 %, 1.71-2.50 % en 0.26-0.50 % .

4.1.15 Chlorofilfluoresensie

Figure 4.1.15 toon die fluoressensieparameters vir Columbus, A5409 en Ibis onder besproeiing en droëland op Brits en Potchefstroom aan. Op 60 dae na opkoms was die F_o waardes vir Columbus, A5409 en Ibis onder droëland op Potchefstroom hoër as die besproeiing (Figuur 4.1.15.1A) soos ook deur Van Rensburg *et al.* (1996) bevind is. Slegs vir A5409 en Ibis was hierdie verskil betekenisvol. Die Prestasie-indeks (PI_{ABS}) vir dieselfde cultivars en tyd (Figuur 4.1.15.1B) was deurgaans hoër vir die besproeiing behalwe vir Columbus waar PI_{ABS} vir die droëland hoër was. Vir Columbus, A5409 en Ibis op 60 dae na opkoms was aktiwiteit per reaksiesentrum (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport), Figure 4.1.15.5A; 4.1.15.7A en 4.1.15.9A onderskeidelik, hoër onder droëland as onder besproeiing. Die aantal RC/CS was egter minder vir die droëland wat daarop dui dat die verhoogde aktiwiteit per reaksiesentrum (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) kompenseer vir verliese aan reaksiesentrums tydens droogte. Lu & Zhang (1998) het egter bevind dat RC/CS en aktiwiteit per reaksiesentrum onveranderd bly tydens droogtestres

Op 95 dae na opkoms op Potchefstroom was F_o slegs vir Columbus onder droëland hoër as vir die besproeiing terwyl F_o waardes vir A5409 en Ibis onder droëland laer was as vir die besproeiing (Figuur 4.1.15.2A). Die rede hiervoor is droogte van ook die besproeiingproef soos uit afname in biomassa-produksie (Figuur 4.1.3E) op 90 dae na opkoms weens 'n droogteperiode (Figuur 3.3) gesien kan word. Hierdie waarneming word ook ondersteun deur die PI_{ABS} vir A5409 en Ibis wat telkens hoër was vir die droëland as vir die besproeiing (Figuur 4.1.15.2B). Vir Columbus onder droëland (Figure 4.1.15.5.B) was die aktiwiteit per blaarseksie (in terme van elektrontransport) laer as vir die besproeiing terwyl aktiwiteit per reaksiesentrum (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) geen betekenisvolle verskille uitgewys het nie. Vir A5409 was aktiwiteit per reaksiesentrum (in terme van absorpsie,

eksitonvangs en elektrontransport), Figuur 4.1.15.7.B, hoër vir die droëland en het RC/CS slegs effens afgeneem in reaksie op droogte. Vir Ibis was daar geen betekenisvolle verskille tussen droëland en besproeiing in terme van aktiwiteit per blaarseksie en per reaksiesentrums (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) of in die kwantumverbruikseffektiwiteit nie (Figuur 4.1.15.9.B) soos ook deur Lu & Zhang (1998) bevind is.

Vir Columbus, A5409 en Ibis op 76 dae na opkoms op Brits, was Fo deurgaans laer vir die droëland as vir die besproeiing (Figuur 4.1.15.3.A). Vir Columbus was PI_{ABS} vir die besproeiing hoër terwyl A5409 geen verskil tussen droëland en besproeiing getoon het nie. Vir Ibis was die PI_{ABS} van die droëland hoër as vir die besproeiing (Figuur 4.1.15.3.B). Vir Columbus was die aktiwiteit per blaarseksie en ETo/RC betekenisvol laer as vir die besproeiing (Figuur 4.1.15.6.A) soos ook deur Basu *et al.* (1998) bevind is. Vir A5409 was daar geen verskille in terme van aktiwiteit per blaarseksie en per reaksiesentrum tussen droëland en besproeiing nie (Figuur 4.1.15.8A) soos ook deur Lu & Zhang (1998) bevind is. Vir Ibis was die TRo/RC en ABS/RC vir die droëland laer terwyl die Eto/CS en RC/CS hoër was vir die droëland as vir die besproeiing (Figuur 4.1.15.10.A).

Op 93 dae na opkoms was Fo vir beide Columbus en Ibis laer vir die droëland as vir die besproeiing (Figuur 4.1.15.4.A). Slegs by A5409 was Fo hoër vir die droëland. PI_{ABS} vir beide Columbus en Ibis was hoër vir die droëland as vir die besproeiing terwyl vir A5409 PI_{ABS} van die besproeiing hoër was (Figuur 4.1.15.4.B) as vir die besproeiing. Vir Columbus was ETo/CS en ETo/RC hoër vir die droëland as vir die besproeiing terwyl RC/CS laer was vir die droëland (Figuur 4.1.15.6.B). Vir A5409 was aktiwiteit per reaksiesentrum van die droëland hoër as vir die besproeiing terwyl ETo/CS, RC/CS en ETo/RC laer was vir die droëland (Figuur 4.1.15.8.B). Hierdie waarnemings dui daarop dat droogte aktiwiteit per blaarseksie en RC/CS laat afneem en gevolglik neem aktiwiteit per reaksiesentrum toe om te kompenseer vir verlies aan RC/CS. Vir Ibis was aktiwiteit per blaarseksie (Figuur 4.1.15.10.B) betekenisvol hoër vir die droëland

as vir die besproeiing. Slegs ABS/RC was betekenisvol hoër vir die besproeiing in vergelyking met die droëland wat daarop dui dat Ibis onder besproeiing ook stres ondervind het op 76 dae na opkoms soos ook gesien kan word uit die afname in biomassa-produksie vir dieselfde tydperk (Figuur 4.1.3).

Tabel 4.1.15.1. Opsomming van statistiese ontleding van fenomenologiese en spesifieke energievloede vir Columbus, A5409 en Ibis vir Potchefstroom en Brits.

	Col-Pt60	Col-Pt95	Col-Bts76	Col-Bts93	A54-Pt60	A54-Pt95
ABS/RS	0.023679	0.01388	0.027891	0.020297	0.023285	0.023285
Eto/CS	0.080757	0.083112	0.089582	0.034046	0.051746	0.051746
Tro/CS	0.030568	0.046172	0.019516	0.024279	0.037316	0.037316
ETo/Rc	0.119054	0.040973	0.073121	0.061443	0.087809	0.087809
RC/CS	0.058025	0.035791	0.008737	0.004194	0.041885	0.041885
TRo/RC	0.064472	0.018583	0.014408	0.013466	0.052952	0.052952
phi (Po)	0.00575	0.015991	0.005762	0.009204	0.00339	0.012407
ABS/CS	0.029717	0.0294	0.033312	0.01149	0.022361	0.022361

	A54-Bts76	A54-Bts93	lbs-Pt60	lbs-Pt95	lbs-Bts76	lbs-Bts93
ABS/RS	0.009009	0.007025	0.005178	0.008055	0.005	0.017484
Eto/CS	0.016836	0.029605	0.018654	0.026117	0.017	0.123812
Tro/CS	0.004702	0.059381	0.056453	0.032798	0.022	0.069097
ETo/RC	0.021323	0.034081	0.085292	0.006216	0.004	0.04768
TRo/RC	0.013566	0.075981	0.058249	0.023119	0.015	0.045021
phi (Po)	0.011944	0.059709	0.042093	0.016766	0.011	0.028354
ABS/CS	0.001679	0.014016	0.014365	0.006679	0.004	0.018437
	0.007362	0.0072	0.019386	0.014849	0.010	0.036605

Waardes vir KBV(5%) word in die tabel verskaf.

Legende :

Col - Columbus

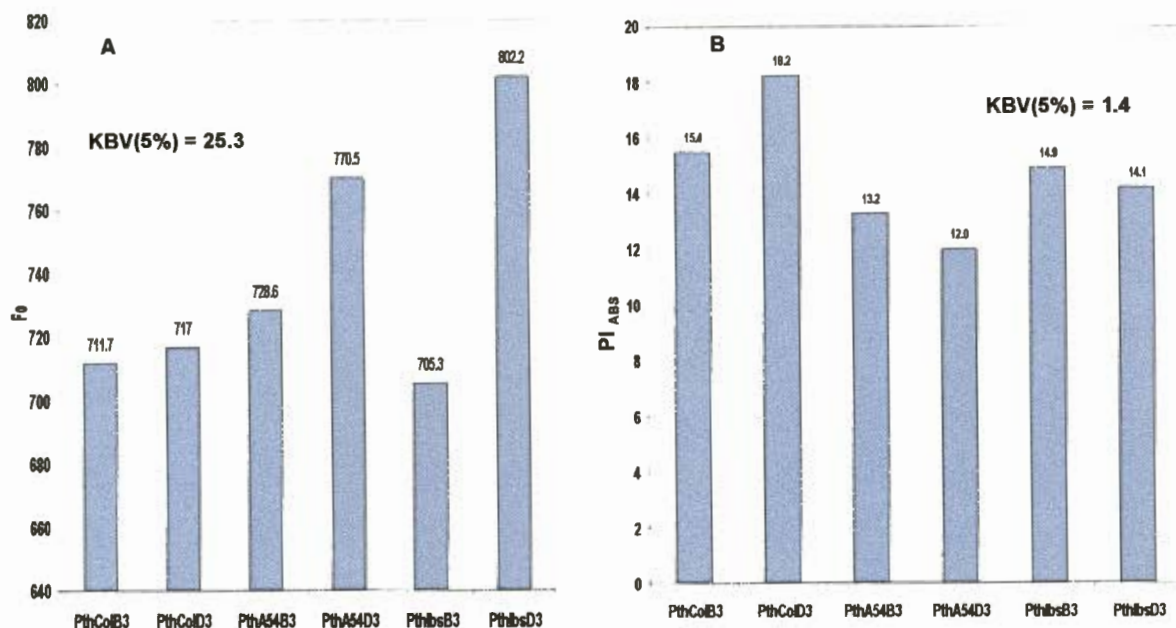
A54- A5409

lbs - Ibis

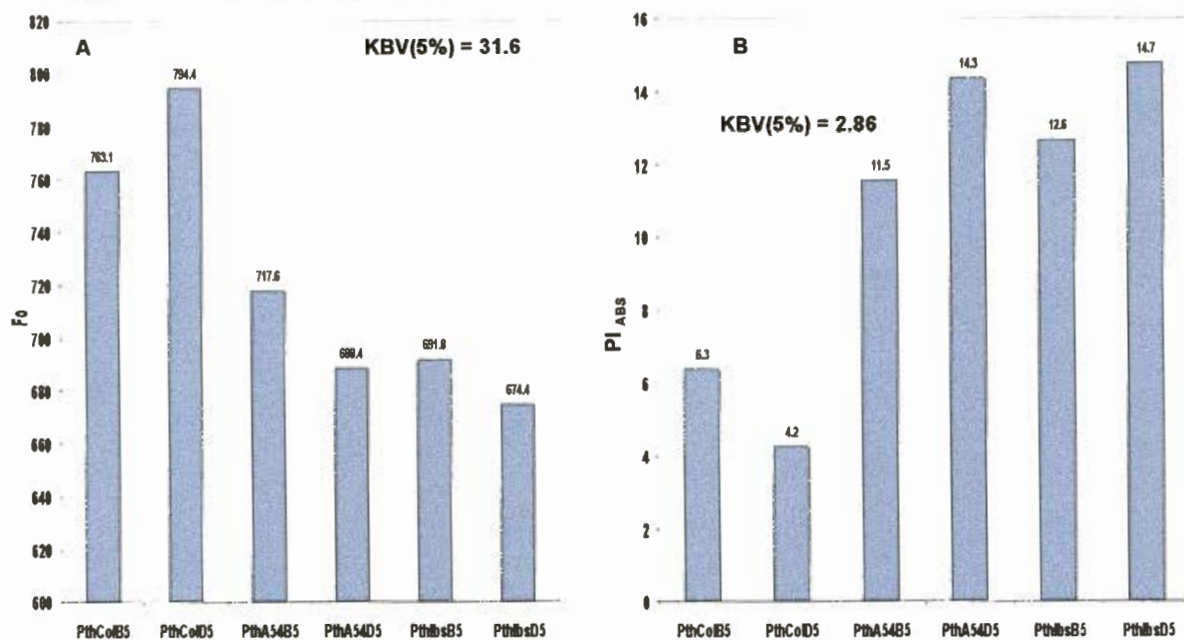
Bts - Brits

Pt – Potchefstroom

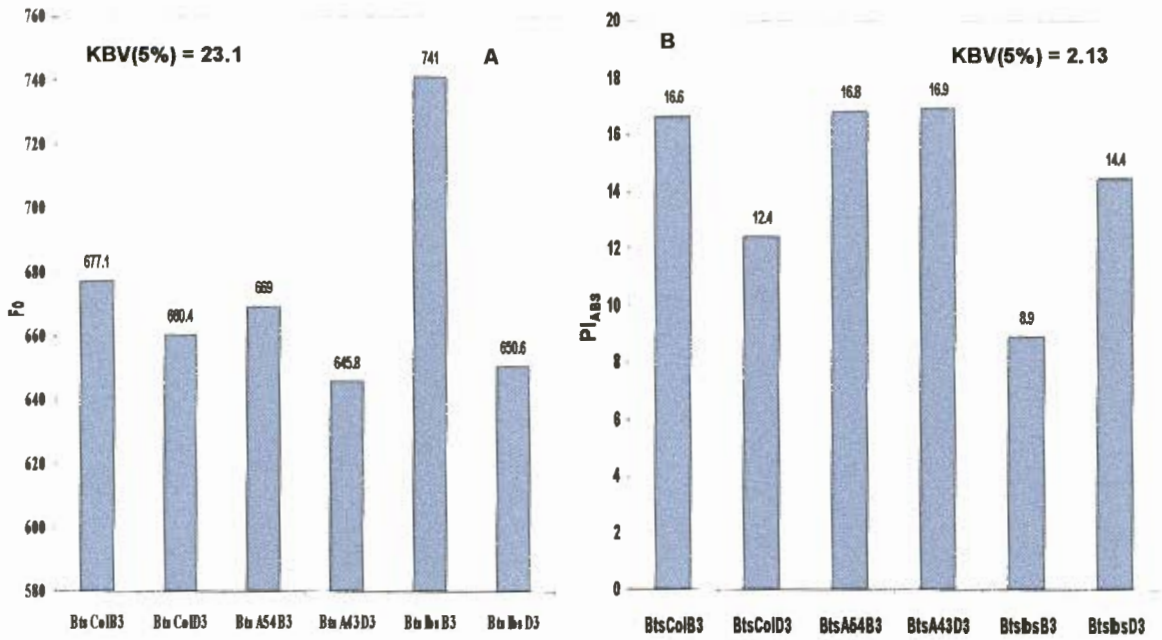
60, 76, 93, 95 – Dae na opkoms waarop fluoressensiemeting plaasgevind het.



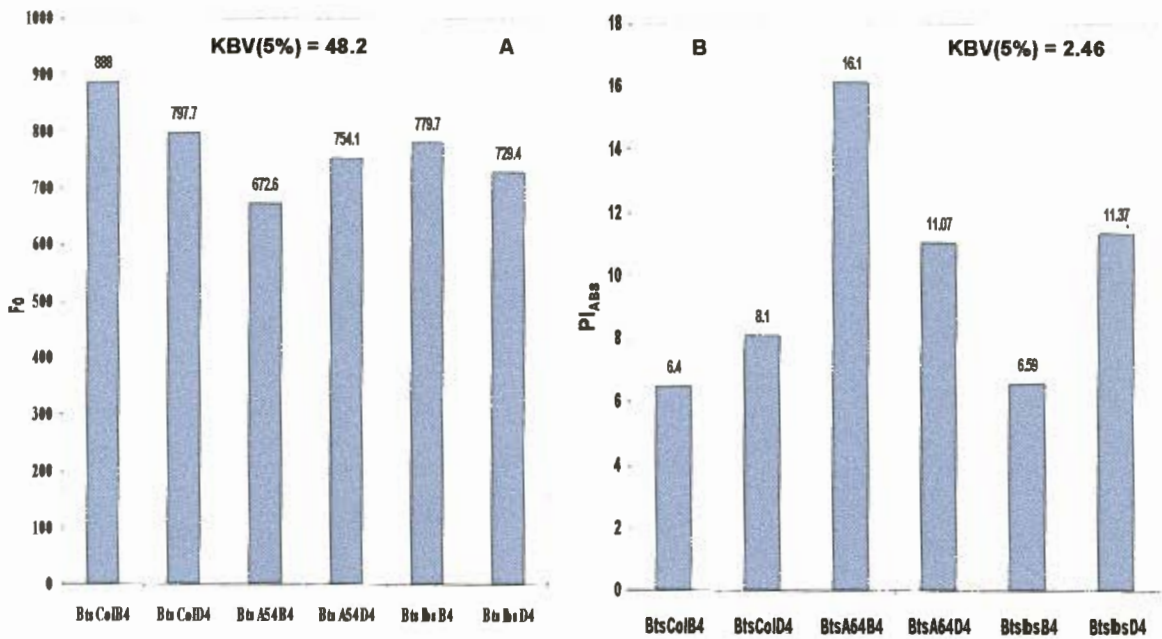
Figuur 4.1.15.1 A&B. Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Potchefstroom op 60 dae na opkoms. In die legende verwys Pth na Potchefstroom, Col na Columbus, A54 na A5409, Ibs na Ibis, B na besproei en D na droëland.



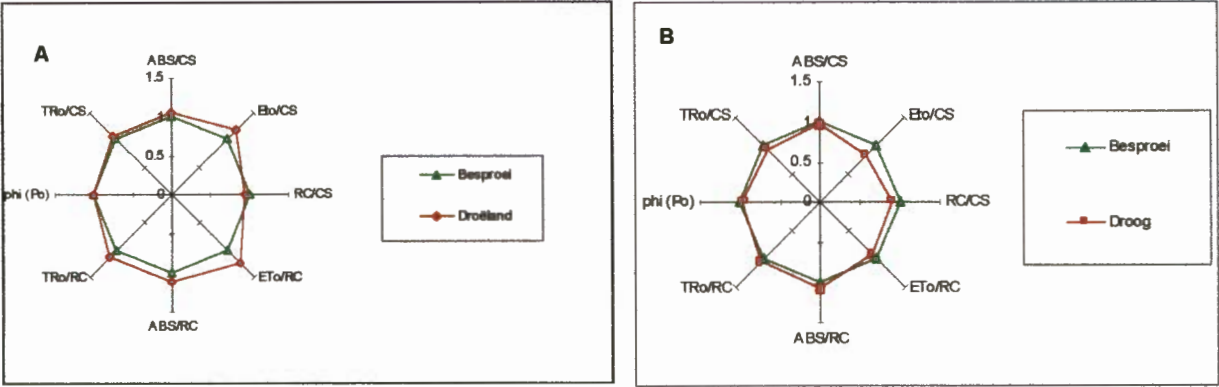
Figuur 4.1.15.2 A&B. Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Potchefstroom op 95 dae na opkoms. In die legende verwys Pth na Potchefstroom, Col na Columbus, A54 na A5409, Ibs na Ibis, B na besproei en D na droëland.



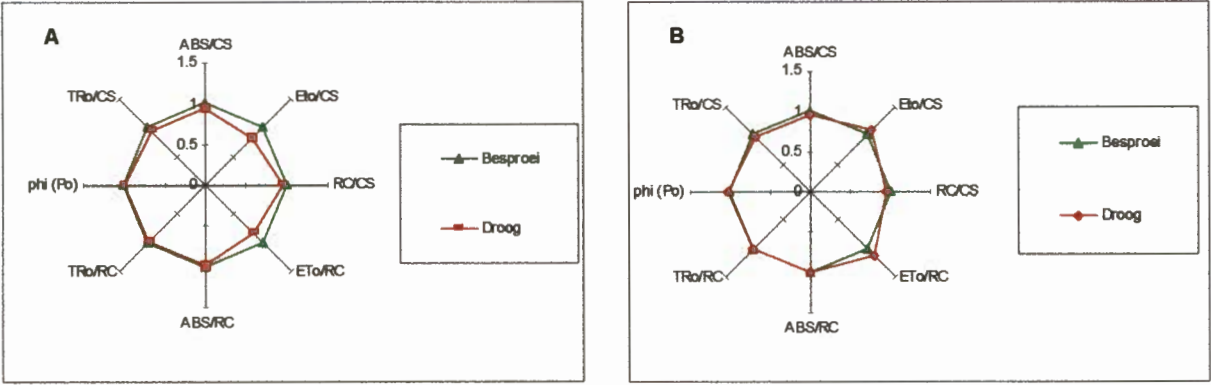
Figuur 4.1.15.3 A&B. Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Brits op 76 dae na opkoms. In die legende verwys Bts na Brits, Col na Columbus, A54 na A5409, Ibs na Ibis, B na besproei en D na droëland.



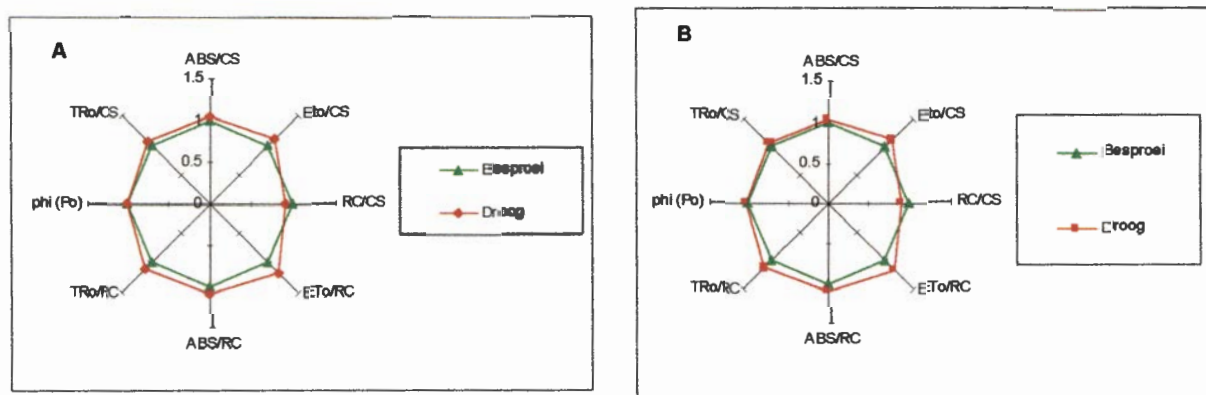
Figuur 4.1.15.4 A&B. Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van Columbus, A5409 en Ibis onder droëland en besproeiing op Brits op 93 dae na opkoms. In die legende verwys Bts na Brits, Col na Columbus, A54 na A5409, Ibs na Ibis, B na besproei en D na droëland.



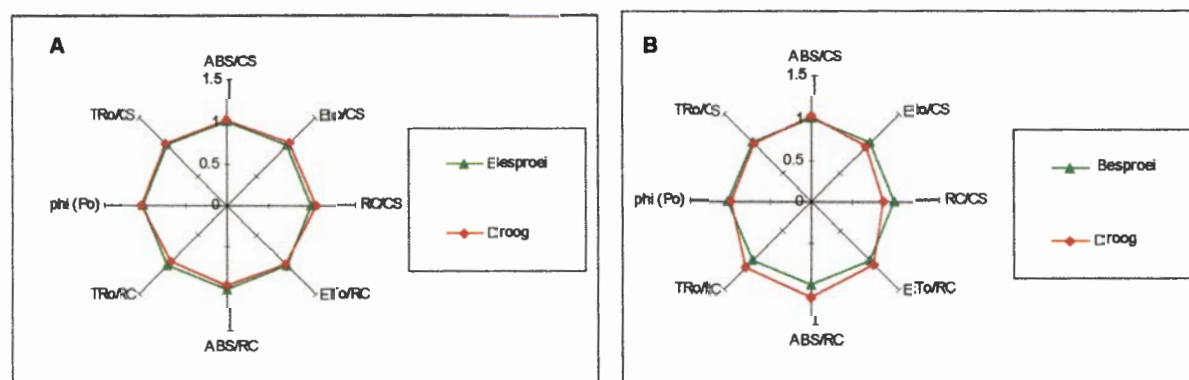
Figuur 4.1.15.5 A&B. Relatiewe fenomenologiese en spesifieke - energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektron-transport vir Columbus op Potchefstroom op 60 (A) en 95 (B) dae na opkoms.



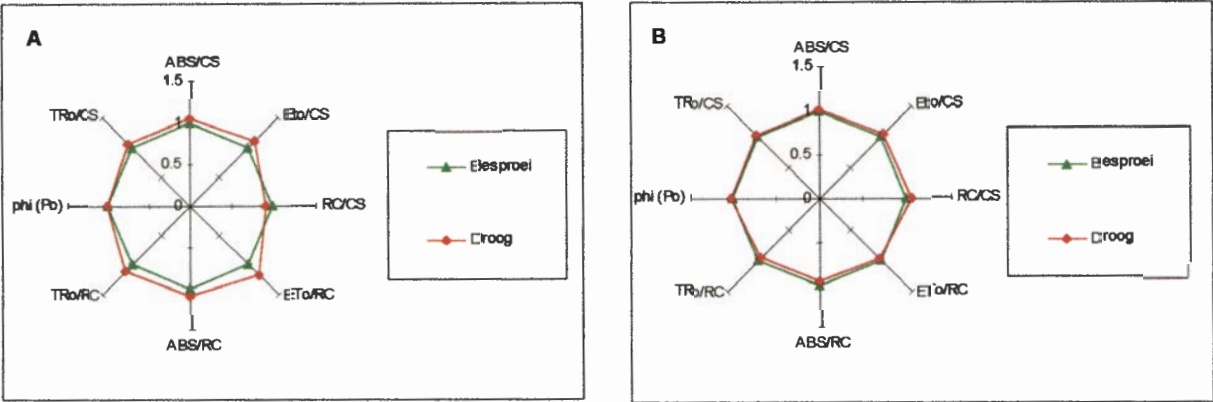
Figuur 4.1.15.6 A&B. Relatiewe fenomenologiese en spesifieke - energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektron-transport vir Columbus op Brits op 76 (A) en 93 (B) dae na opkoms.



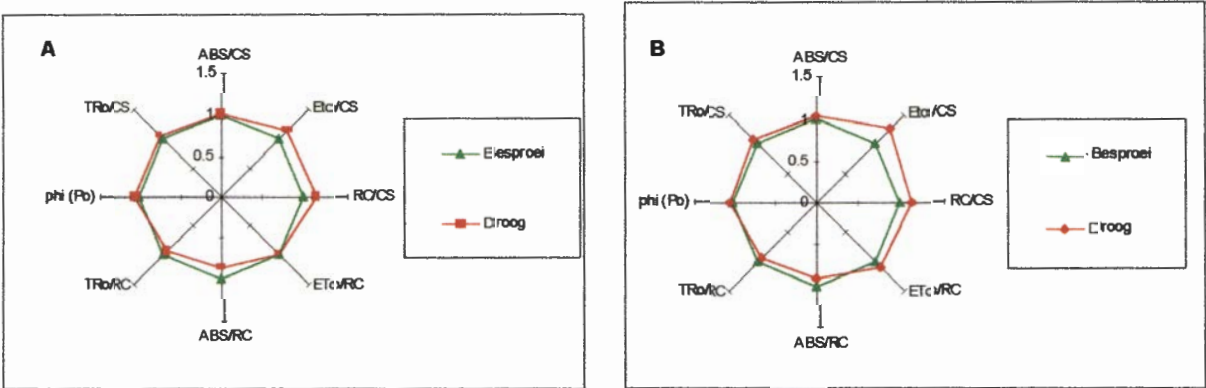
Figuur 4.1.15.7 A&B. Relatiewe fenomenologiese en spesifieke - energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektron-transport vir A5409 op Potchefstroom op 80 (A) en 95 (B) dae na opkoms.



Figuur 4.1.15.8 A&B. Relatiewe fenomenologiese en spesifieke - energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektron-transport vir A5409 op Brits op 76 (A) en 93 (B) dae na opkoms.



Figuur 4.1.15.9 A&B. Relatiewe fenomenologiese en spesifieke - energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektron-transport vir Ibis op Potchefstroom op 60 (A) en 95 (B) dae na opkoms.



Figuur 4.1.15.10 A&B. Relatiewe fenomenologiese en spesifieke - energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektron-transport vir Ibis op Brits op 76 (A) en 93 (B) dae na opkoms.

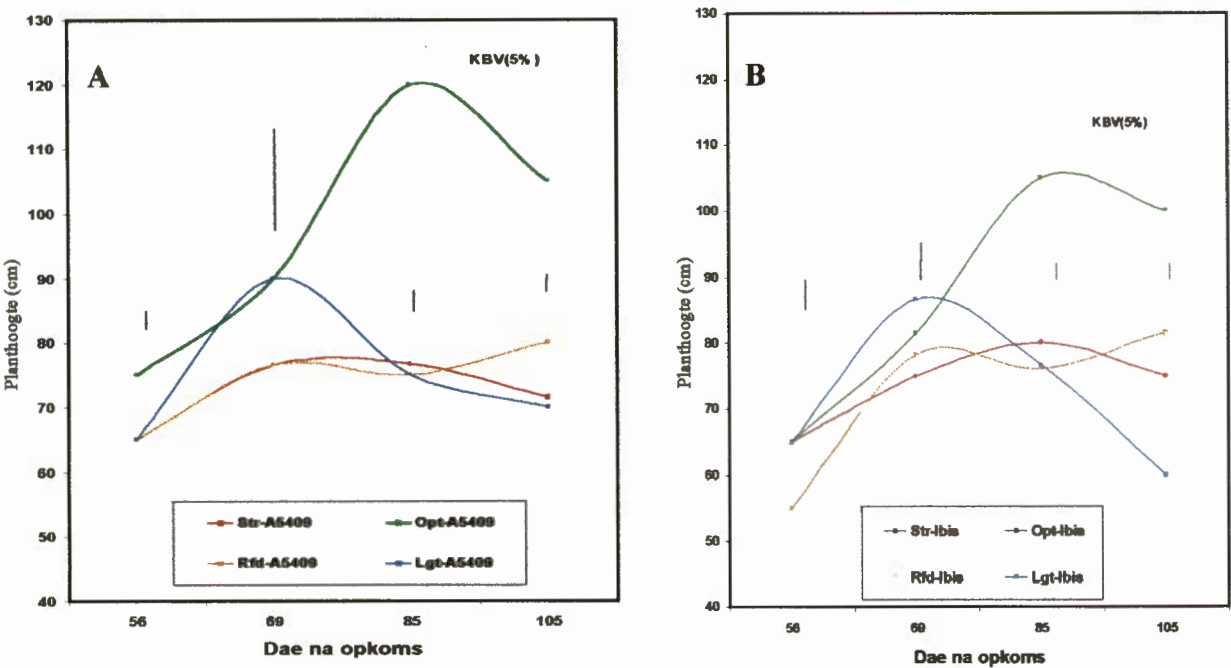
4.2 Resultate (1998/99 groeiseisoen)

4.2.1 Planthoogte

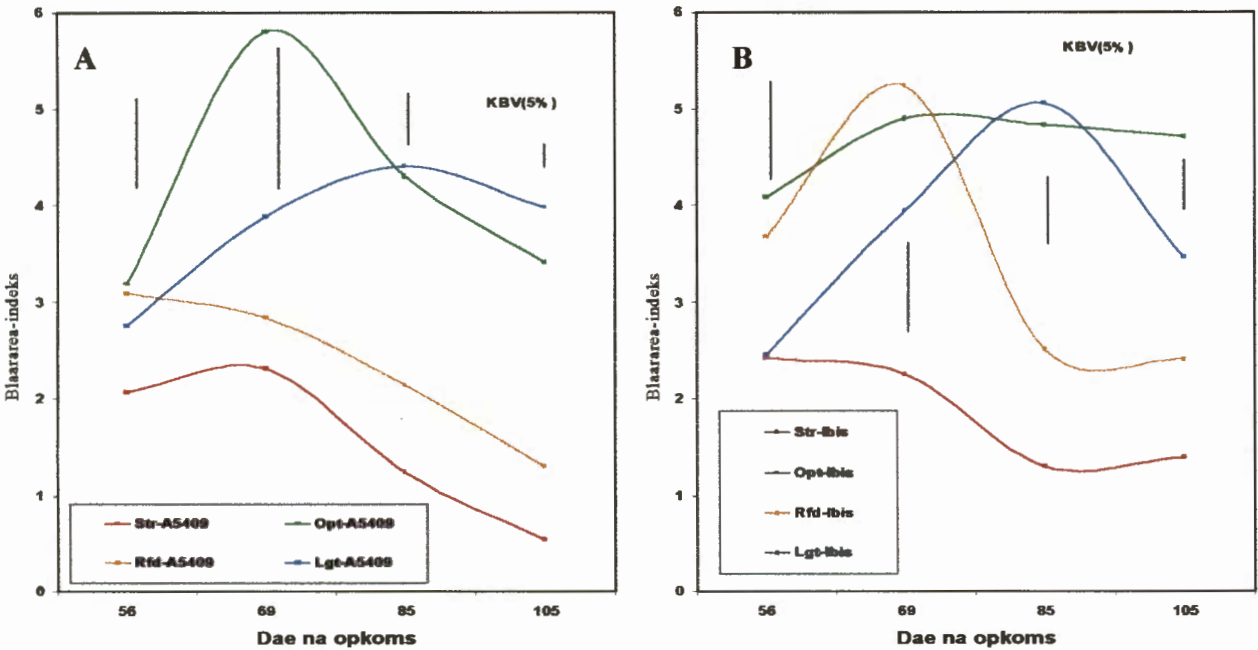
Figure 4.2.1 A&B dui die planthoogte van onderskeidelik A5409 (medium volwasse) en Ibis (laat volwasse) vir die verskillende behandelings aan. Telkens het die optimumpersele vir beide cultivars betekenisvol ($p=0.05$) hoër finale planthoogte bereik as die vogstremmings en reënpersele soos ook deur Specht *et al.* (1986) bevind is. Ook het die optimumpersele vir beide cultivars betekenisvol hoër finale planthoogte as die laeligpersele bereik. Vir die optimumpersele het A5409 'n hoër finale planthoogte bereik as Ibis terwyl die vogstremmings-, reën- en laeligpersele vir beide cultivars vergelykbare planthoogtes bereik het. Hierdie laer finale planthoogte van Ibis optimumpersele in vergelyking met A5409 is die gevolg van laat plantdatum vir Ibis soos ook deur Andrade (1995) bevind is. Laeligpersele het die hoogste tempo van toename in planthoogte vir die eerste 66 dae getoon soos uit die helling van die grafieke gesien kan word. Beide cultivars in die laeligpersele het 'n maksimum planthoogte van ongeveer 90 cm op 69 dae bereik en dit was betekenisvol hoër as vir die vogstremming- en reënpersele.

4.2.2 Blaararea-indeks (LAI)

Figuur 4.2.4 A&B dui die blaararea indeks van die twee cultivars vir die verskillende behandelings aan. Vir A5409 het optimumpersele betekenisvol hoër LAI met 5.7 bereik as die reën- en vogspanningspersele (met onderskeidelik 3.0 en 2.3) soos ook deur Muchow (1985) en Huck *et al.* (1986) bevind is. A5409 in die optimumpersele met 'n LAI=5.7 het ook 'n hoër LAI as Ibis met 4.8 in die optimumpersele bereik alhoewel dit nie die resultate van Costa *et al.* (1980) ; Mayers *et al.* (1991) en Beaver *et al.* (1985) vir laatvolwasse cultivars steun nie. Vir Ibis was daar nie betekenisvolle verskil in LAI tussen optimumpersele met 4.8 en die reën- en laeligpersele (met onderskeidelik 5.3 en 5.1) nie. Dit dui op die toleransie van blaararea by Ibis teen droogtestres, aangesien blaararea eerste ingekort word tydens droogtestres (Taiz & Zeiger, 1991). Die



Figuur 4.2.1 A&B. Planthoogte met verloop van tyd vanaf opkoms vir A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningsbehandelings (Str).

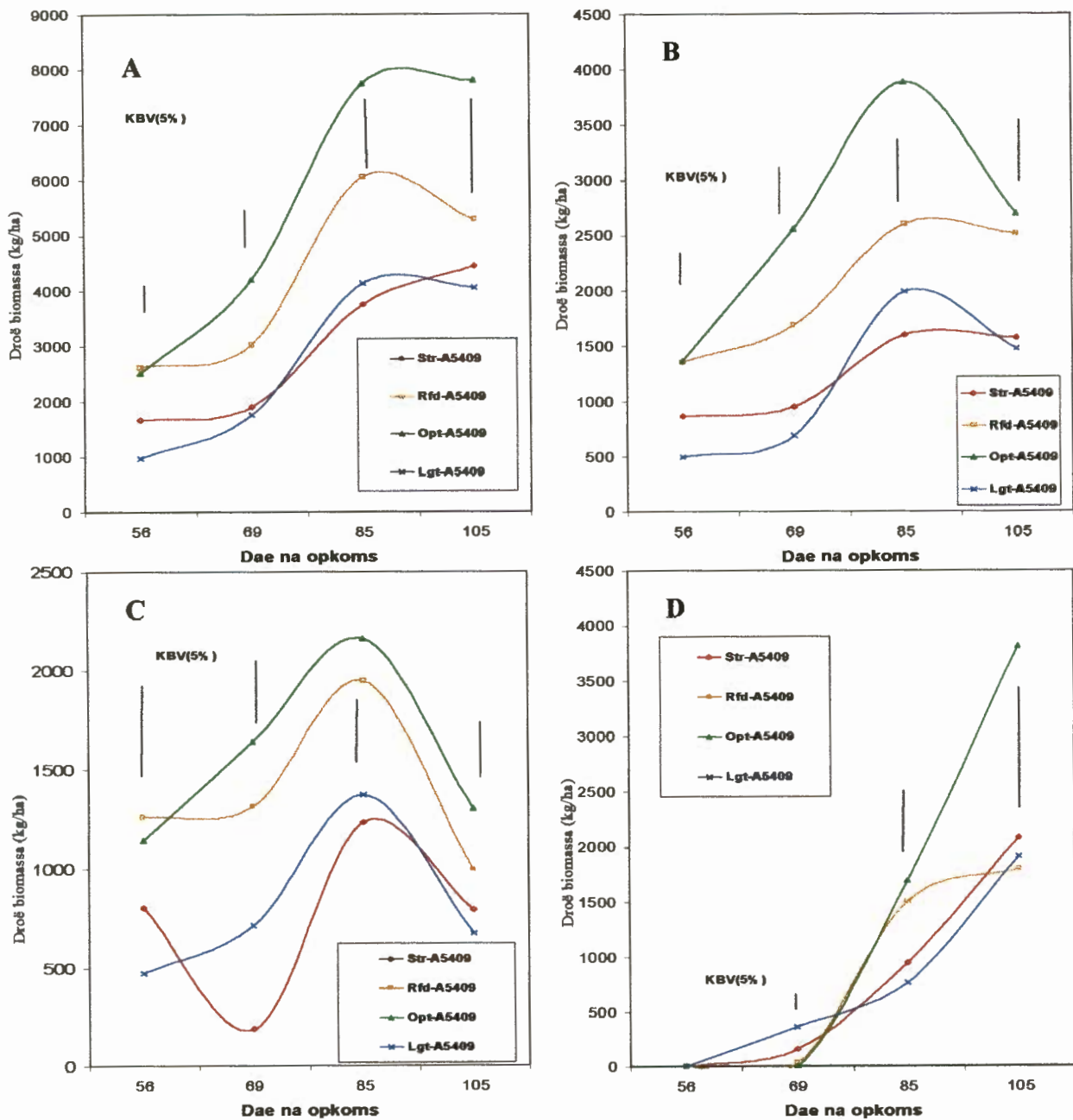


Figuur 4.2.2 A&B. Blaararea-indeks met verloop van tyd vanaf opkoms van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningspersiele (Str).

vogspanningpersele van Ibis het egter 'n betekenisvol laer LAI van 2.5 as die optimumpersele bereik soos ook deur Muchow (1985) bevind is. By A5409 was LAI baie meer gevoelig vir laeligstres as by Ibis, maar vir beide cultivars is piek LAI van die laeligpersele (met onderskeidelik 4.4 en 5.0) eers 16 dae na die van die optimumpersele bereik.

4.2.3 Biomassaproduksie

Figure 4.2.3 A,B,C,D en 4.2.3 E,F,G,H dui onderskeidelik die totale-, blaar-, stam + petiool- en peulbiomassas van die twee cultivars vir die verskillende behandelings aan. Vir A5409 het optimumpersele betekenisvol hoër totale-, peul- en blaarbiomassa geproduseer in vergelyking met vogstremming en reënpersele soos ook deur Cox *et al.* (1986) & Muchow (1985) bevind is. Ook het die reënpersele vir A5409 deurgaans betekenisvol hoër totale-, blaar- en stam+petioolbiomassa geproduseer as die vogstremmingspersele. Slegs vir die stam+petioolbiomassa van A5409 was daar nie 'n betekenisvolle verskil tussen optimum- en reënpersele nie. Verder was daar ook geen betekenisvolle verskil tussen laeligpersele en vogspanningpersele vir A5409 in terme van totale-,blaar-,stam+petiool en peulbiomassa nie. Hierdie bevinding steun die resultate van Egli (1988) wat bevind het dat lae ligintensiteit (63% skadunet) 'n afname in vegetatiewe en reprodutiewe biomassa tot gevolg het. Vir Ibis het optimumpersele slegs hoër totale-, blaar- en stam+petioolbiomassa geproduseer as die vogstremming en reënpersele. Ibis in die laeligpersele het vanaf 85 dae 'n drastiese toename in totale-, blaar-, stam+petiool- en peulbiomassa getoon en hierdie waardes het nie betekenisvol van die finale biomassawaardes van die optimumpersele verskil nie. Hierdie waarneming steun die bevindings van Board *et al.* (1995) dat onbepaalde groeiers beter presteer as bepaalde groeiers onder toestande van laeligintensiteit. Interressant is dat Ibis en A5409 vir die optimum-, vogspanning- en reënpersele vergelykbare totale biomassas geproduseer het. Vir dieselfde behandelings het A5409 telkens hoër blaarbiomassa getoon terwyl Ibis weer hoër stam+petioolbiomassa getoon het. Ibis in die laeligpersele het tot op 85 dae dieselfde totalebiomassa geproduseer as die vogstremmingpersele

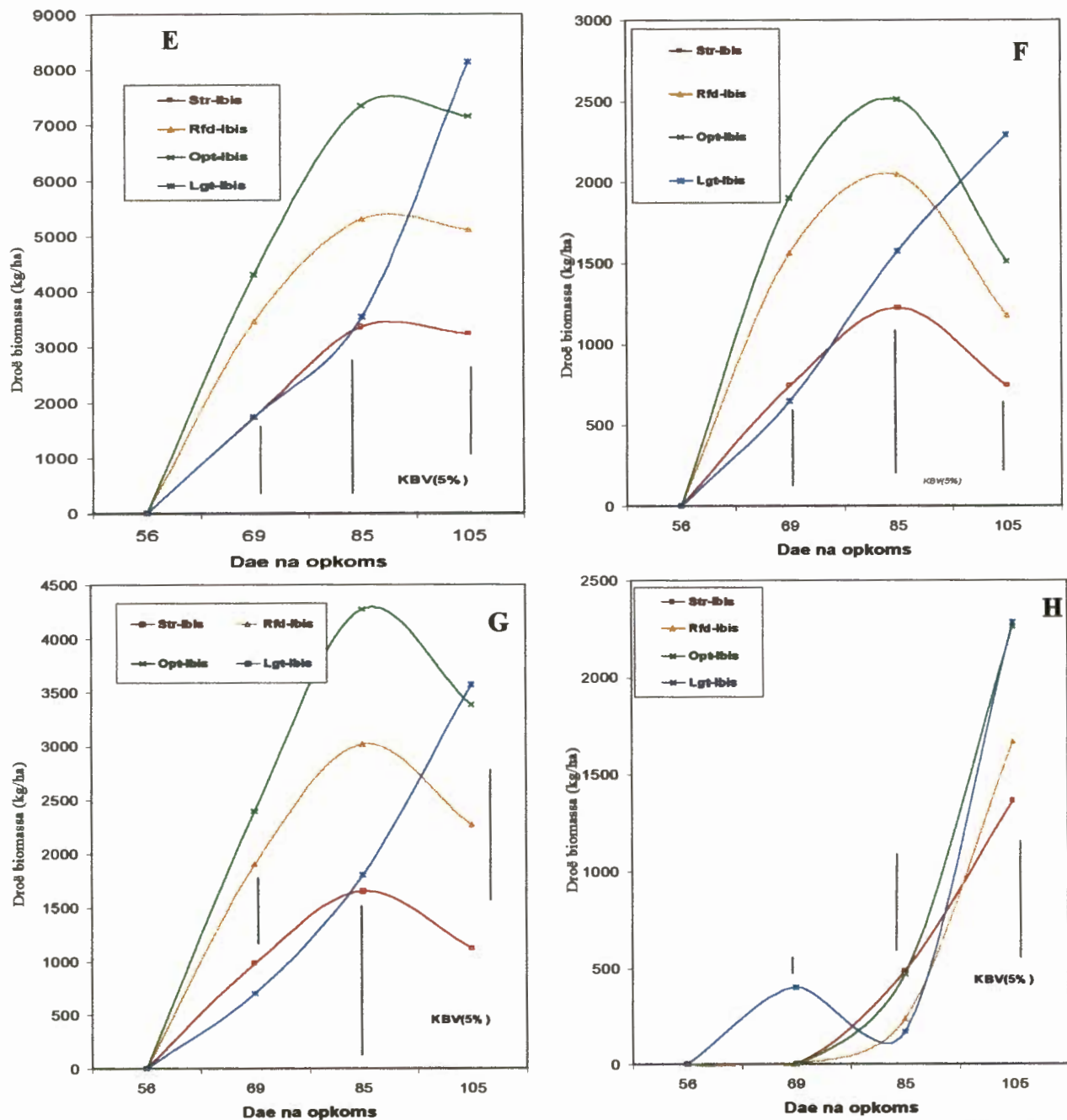


Figuur 4.2.3 A,B,C & D. Verandering in totale (A)-, blaar (B)-, stam + petiool (C) - en peulbiomassaproduksie (D) met tyd van A5409 vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningspersele (Str).

waarna biomassaproduksie drasties toeneem het tot dieselfde biomassa van die optimumpersele. Uit die produksie van peulbiomassa vir A5409 (Figuur 4.2.3 D) is dit duidelik dat droogtestres en laeligstres die reprodutiewe ontwikkeling van die plante versnel het en dat vorming van peule vroeër in aanvang geneem het as by die optimum- en reënpersele. Verder het A5409 in die optimumpersele betekenisvol hoër peulbiomassa geproduseer as die vogstremming-, reën- en laeligpersele. By Ibis is die reprodutiewe ontwikkeling ook versnel vir die laeligpersele en was peulbiomassa produksie reeds vroeg in die seisoen hoog. As gevolg van laeligintensiteit is peule afgespeen en is vegetatiewe ontwikkeling ten koste van reprodutiewe ontwikkeling bevoordeel. Eers op 85 dae het peulproduksie weer begin toeneem. Tot op 85 dae was daar geen betekenisvolle verskil in peulbiomassa produksie vir die verskillende behandelings van Ibis nie. Vanaf 85 dae het Ibis optimumpersele wel betekenisvol verskil van Ibis vogspanningspersele (figuur 4.2.3 D). Interessant is dat Ibis laeligpersele dieselfde peulbiomassa bereik het as die optimumpersele maar die peule is nie almal gevul nie soos uit die oesopbrengs (Figuur 4.2.10) gesien kan word. 'n Groot hoeveelheid peule is dus gevorm vir Ibis laeligpersele (meer as dubbeld as die optimumpersele ; Figuur 4.2.4) maar as gevolg van fotosintaat tekort is nie al die peule nie gevul nie.

4.2.4 Peulaantal

Figuur 4.2.3 A,B toon die aantal peule per plant geproduseer vir die twee cultivars onder die verskillende behandelings. Vir A5409 het die optimumpersele die betekenisvol hoogste aantal peule van 79 peule per plant geproduseer wat ook ooreenkom met die hoogste peulbiomassa (Figuur 4.2.3D) vir die betrokke behandeling. Die laeligpersele het 45 peule per plant gevorm gevolg deur die reënpersele met 30 en vogstremmingspersele met 27 peule per plant soos ook deur Dornbos *et al.* (1991) bevind is. Laeligstres het ook die vorming van peule by A5409 versnel soos in figuur 4.2.3D aangetoon word. Interessant vir A5409 is egter dat alle behandelings behalwe die optimumpersele heelwat peule

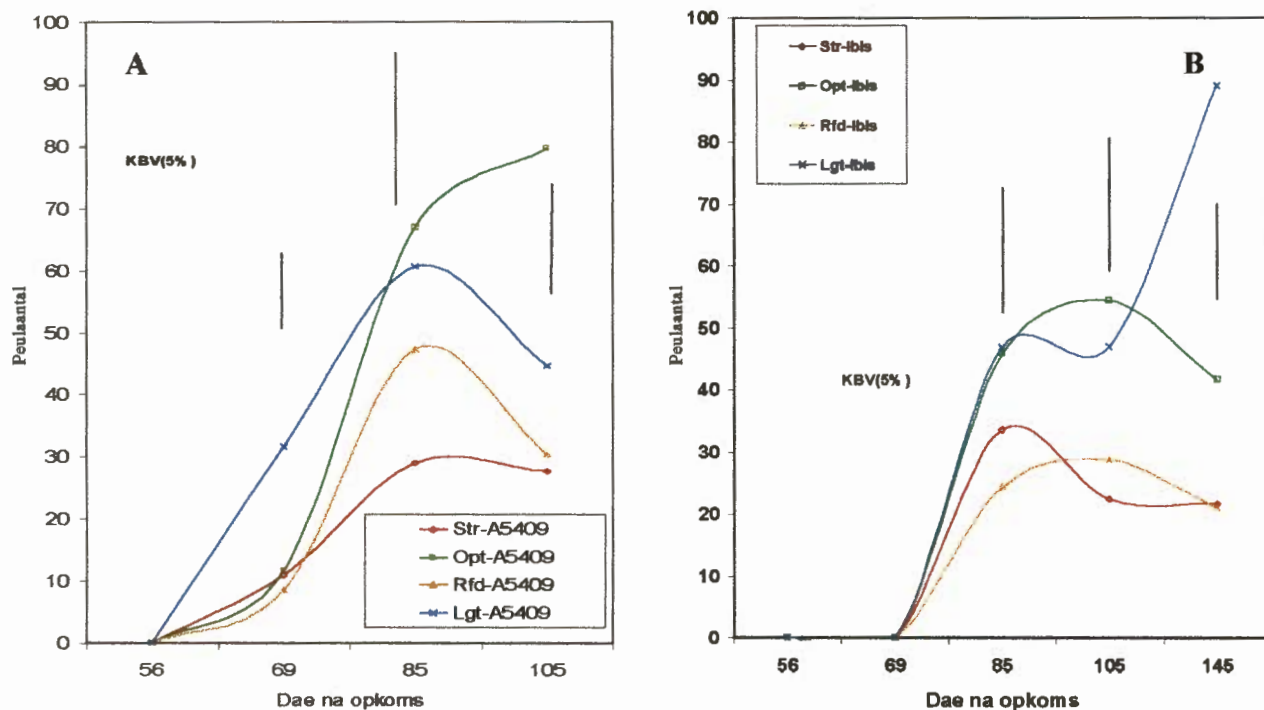


Figuur 4.2.3 E,F,G &H. Verandering in totale (E), blaar (F), stam + petiool (G)- en peulbiomassa (H) van ibis vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningspersele (Str).

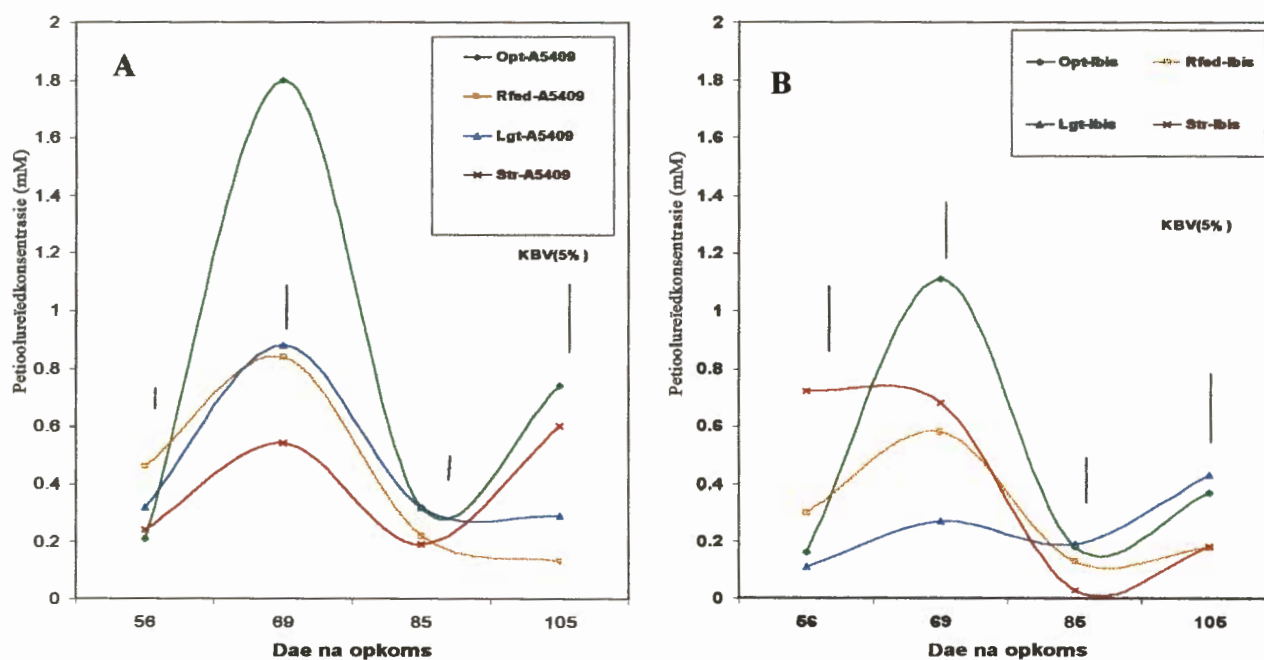
afgespeen het tydens die periode 85-105 dae na opkoms. Vir die reën- en laeligpersele is elk 17 peule per plant afgespeen in vergelyking met die 3 peule per plant afgespeen by die vogspanningspersele. Ten spyte van die finale aantal peule geproduseer was daar op 105 dae na aanplant geen betekenisvolle verskil in peulbiomassa vir A5409 tussen die reën-, vogspannings en laeligpersele nie. Vir die optimumpersele het A5409 ongeveer 40 peule per plant meer geproduseer as Ibis en gevolglik het A5409 ook 'n hoër saadopbrengs (Figuur 4.2.10) gelewer. Vir Ibis het die laeligpersele 85 peule per plant geproduseer gevolg deur optimumpersele met 43 terwyl reën- vogstremmingspersele elk 20 peule per plant gevorm het soos ook deur Dornbos *et al.* (1991) bevind is. Ook vir Ibis is daar heelwat peule afgespeen tydens die periode 105-145 dae na opkoms. Vir alle behandelings behalwe die laeligpersele is 10 peule per plant afgespeen. Hierdie bevinding steun ook die bevinding van Weil *et al.* (1990) dat laatvolwasse cultivars minder peule afspeen as vroeër volwasse cultivars tydens ongunstige omgewingstoestande. Interessant is egter dat vir Ibis geen peule by die laeligpersele afgespeen is nie, maar dat produksie van peule slegs bly toeneem het tot op 145 dae na aanplant. Vir Ibis was daar egter op 105 dae na aanplant geen betekenisvolle verskil in peulbiomassaproduksie tussen die optimum- en laeligpersele nie.

4.2.5 Ureïede

Figuur 4.2.5 A&B dui die petioolureïedkonsentrasie van die twee cultivars vir die verskillende behandelings aan. Vir beide cultivars en alle behandelings het petioolureïedkonsentrasies toegeneem tydens die droogteperiode 60-75 dae soos ook deur Purcell *et al.* (1998) en Serraj & Sinclair (1997) bevind is. Interessant is egter dat petioolureïedkonsentrasie van die optimumpersele tydens die droogteperiode 60-75 dae betekenisvol hoër was as die van die vogspanning- en reënpersele. Hierdie bevinding is egter in kontras met die bevindings van Purcell *et al.* (1998) wat bevind het dat



Figuur 4.2.4 A&B. Peulaantal van A5409 (A) en Ibis(B) met verloop van tyd vanaf opkoms vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningspersele (Str).

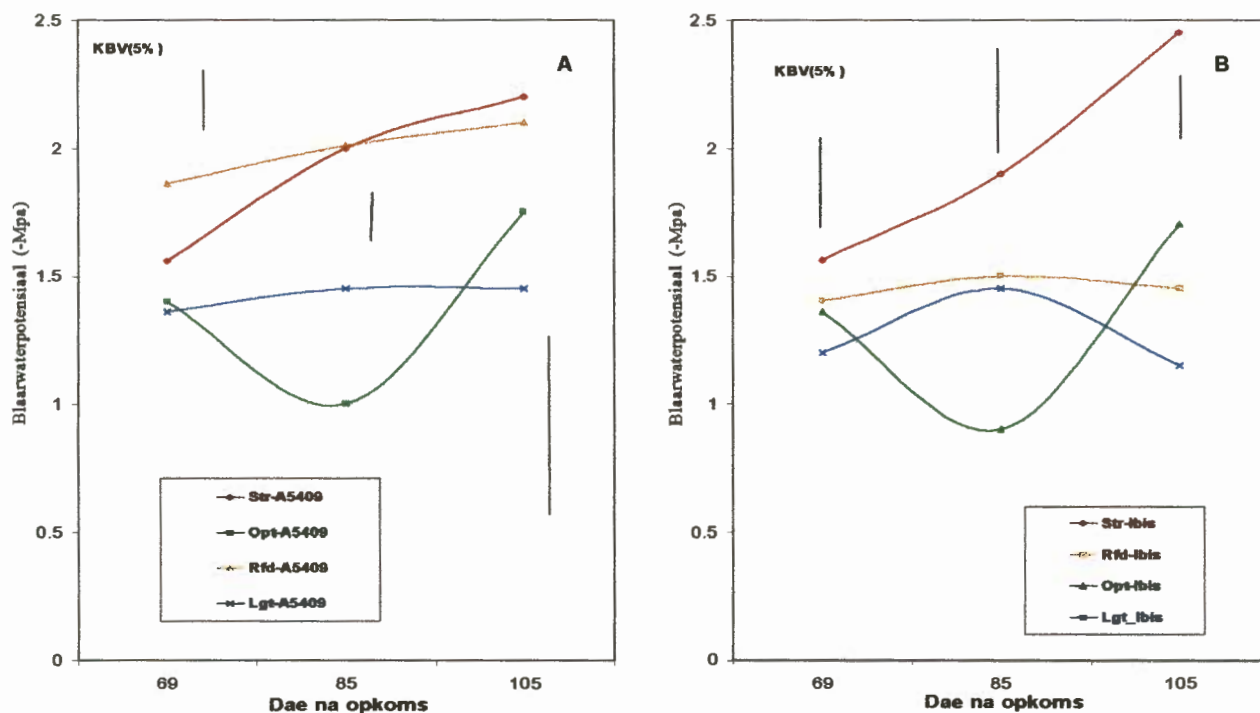


Figuur 4.2.5 A&B. Petioolureiedkonsentrasie van met verloop van tyd vanaf opkoms van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningspersele (Str).

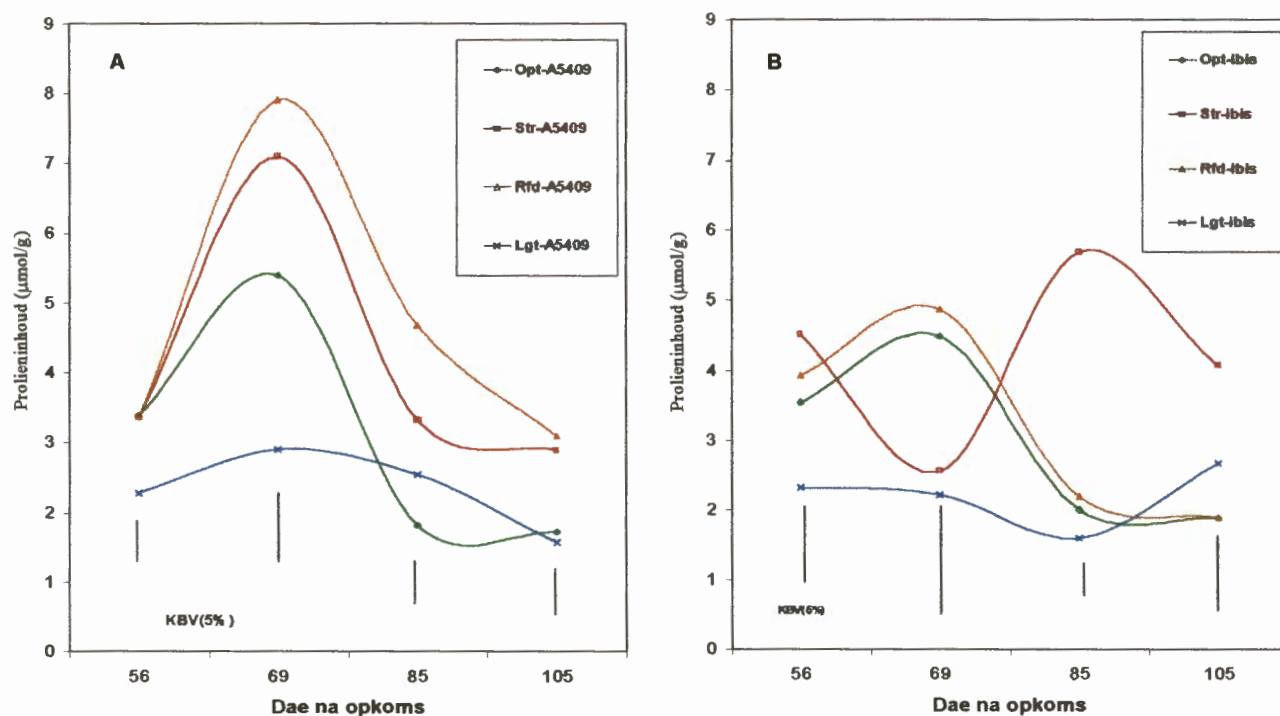
petioolureïedkonsentrasies van sojaboonplante onder droogte verdubbel in vergelyking met plante onder optimumkondisies. Die optimumpersele van Ibis het op 69 dae byna die helfde minder ureïede geakkumuleer as A5409 en Serraj & Sinclair (1996) het bevind dat lae petioolureïedkonsentrasies van sojaboonplante 'n maatstaf van droogtetoleransie is soos wat by Ibis waargeneem word. Hierdie laer ureïedkonsentrasie by Ibis dui daarop dat Ibis droogte ontwyk het. Tydens gunstige toestande (76-81 dae) het die petioolureïedkonsentrasie van albei cultivars en alle behandelings afgeneem. Met heraanvang van droogte op 101-113 dae het die petioolureïedkonsentrasies van alle cultivars en behandelings weer begin toeneem soos deur Purcell *et al.* (1998) en Serraj & Sinclair (1997) bevind is. Selfs vir die laeligpersele het petioolureïedkonsentrasie toegeneem tydens droogteperiodes alhoewel dit nie betekenisvol vir Ibis was nie.

4.2.6 Prolienakkumulering

Figuur 4.2.6.2 A&B dui die prolienakkumulering vir die twee cultivars vir die verskillende behandelings aan. Vir A5409 was die prolienakkumulering vir die vogspanning- en reënpersele (met onderskeidelike maksimums van $6.8\mu\text{m/g}$ en $7.8\mu\text{m/g}$ tydens die droogteperiode 60 – 75 dae) betekenisvol hoër as vir die optimum- en laeligpersele met onderskeidelike maksimums van $5.0\mu\text{m/g}$ en $2.6\mu\text{m/g}$. Hierdie waarneming stem ooreen met bevindings van Van Rensburg & Krüger (1993). A5409 laeligpersele het egter deurgaans baie min prolien geakkumuleer alhoewel blaarontledings (Tabel 4.2.15.1) geen tekort aan stikstofryke verbindings aantoon nie. By Ibis het die optimum- en reënpersele die hoogste prolieninhoud (met onderskeidelike maksimums van $4.3\mu\text{m/g}$ en $4.7\mu\text{m/g}$) getoon maar tydens aanvang van droogtestres, 60-75 dae, het die vogspanningspersele se prolieninhoud drasties toegeneem (met 'n maksimum van $5.5\mu\text{m/g}$) soos ook deur Van Rensburg & Krüger (1993) bevind is. Hierdie drastiese toename in prolien korreleer met die drastiese toename (meer negatief) van Ψ vir dieselfde behandeling en tyd (Figuur 4.2.6.1). Ibis laeligpersele het deurgaans lae vlakke van prolien getoon wat ook moontlik as gevolg van laer



Figuur 4.2.6.1 Verandering in blaarwaterpotensiaal van A5409 (A) en Ibis (B) met verloop van tyd vir die optimum (Opt)-, laeligstres (Lgt), reën (Rfd) - en vogspanningspersele (Str)..



Figuur 4.2.6.2 A&B. Prolienakkumulering met verloop van tyd vanaf opkoms van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningspersele (Str).

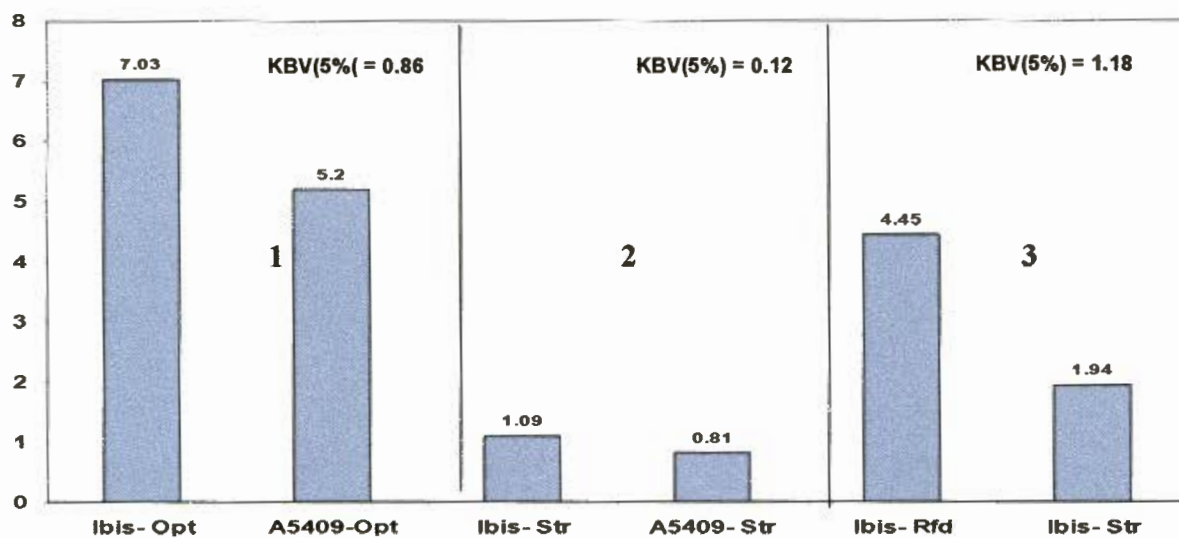
stikstofryke verbindings mag wees soos deur die blaarontledings aangetoon (Tabel 4.2.15.1). Interessant is dat vir die reën- en vogspanningspersele Ibis deurgaans betekenisvolle laer vlakke van prolien geakkumuleer in vergelyking met A5409 wat daarop dui dat Ibis 'n meganisme van droogte ontwyking het.

4.2.7 Transpirasie

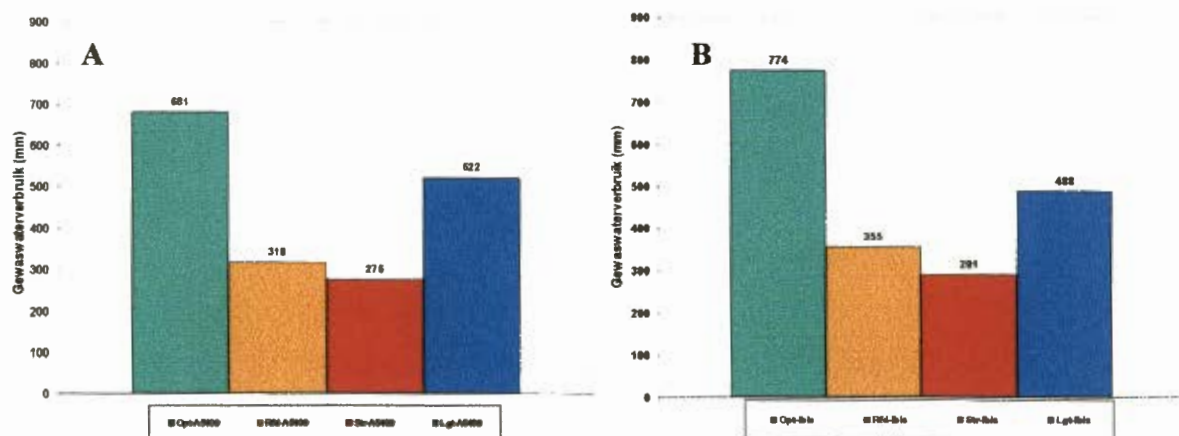
Figuur 4.1.7 dui die totale daaglikse transpirasiewaardes per plant aan waar (1) A5409 en Ibis in die optimumpersele direk vergelyk is, (2) Ibis en A5409 in die vogspanningspersele direk vergelyk is en (3) Ibis in die reën- en vogspanningspersele direk met mekaar vergelyk is. In die vergelyking met die optimumpersele het Ibis hoër daaglikse transpirasie as A5409 getoon wat weereens (soos ook in gewaswaterverbruik, Figuur 4.2.8) daarop dui dat Ibis nie 'n waterbespaarder is nie. In die vergelyking met die vogspanningspersele was daaglikse transpirasiewaardes betekenisvol laer as vir die optimumpersele wat daarop dui dat WUE toeneem onder droogtetoestande. Selfs vir die vogspanningspersele het Ibis hoër transpirasiewaardes getoon wat op die droogte-ontwyking van Ibis dui. In die derde direkte vergelyking is Ibis in die vogspannings- en reënpersele direk vergelyk. Soos verwag kan word het die vogspanningspersele betekenisvol laer transpirasiewaardes as die reënpersele aangetoon en toon daarop dat WUE toeneem met 'n toename in waterskaarste.

4.2.8 Gewaswaterverbruik

Figuur 4.2.8 A&B toon die gewaswaterverbruik (uitgedruk in mm water gebruik vir die hele groeisyklus) van A5409 en Ibis vir die verskillende behandelings aan. Vir beide cultivars het die optimumpersele die meeste water verbruik (A5409 met 681 mm en Ibis met 774 mm) gevolg deur die laeligpersele, reënpersele en laastens vogspanningspersele wat die minste water verbruik het. Interessant is dat die laeligpersele wat dieselfde besproeiing as die optimumpersele ontvang het, 'n laer gewaswaterverbruik (A5409 met 522 mm en Ibis met 488 mm) as die optimumpersele getoon het. Die rede hiervoor is laer transpirasie en



Figuur 4.2.7 Transpirasiewaardes vir (1) direkte vergelyking van A5409 en Ibis in die optimumpersele (Opt), (2) direkte vergelyking van A5409 en Ibis in die vogspanningspersele (Str) en (3) direkte vergelyking van Ibis in die vogspannings (Str)- en reënpersele (Rfd).



Figuur 4.2.8A&B. Gewaswaterverbruik van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningspersele (Str).

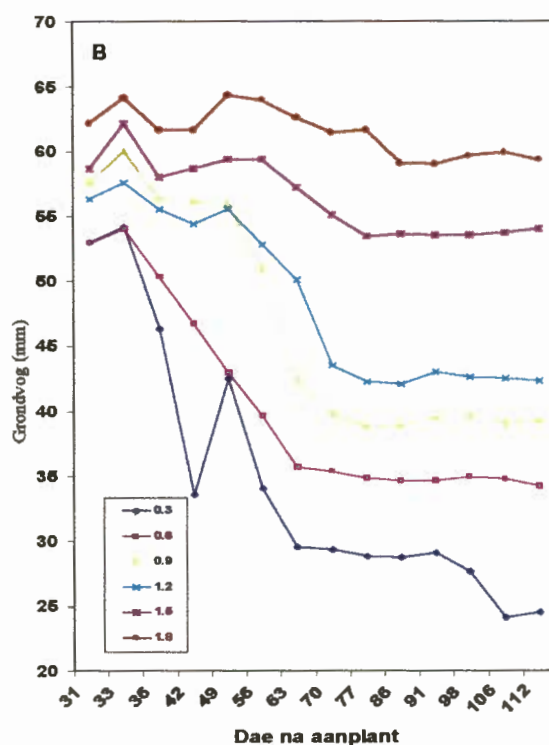
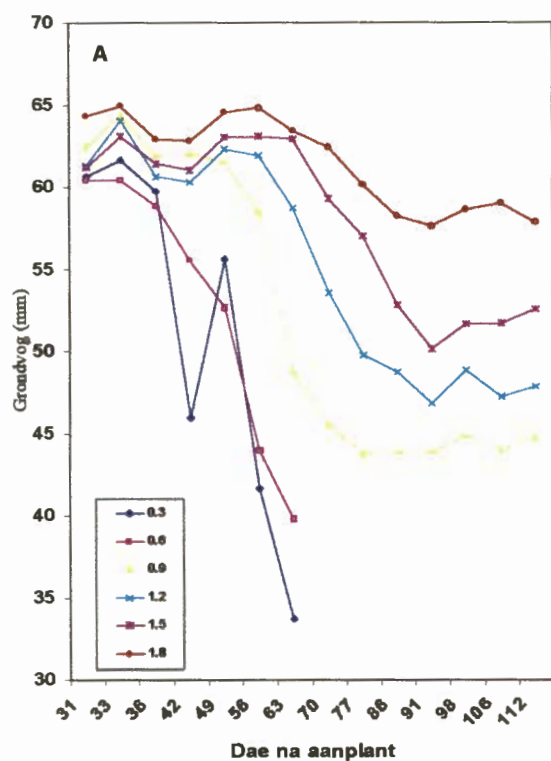
evapotranspirasie verliese, aangesien die plante permanent in lae lig gegroei het. Vir beide cultivars in die optimum-, reën- en vogspanningspersele is die maksimum transpirasietempo telkens tussen 12:00-13:00 daaglik aangetoon en val saam met die maksimum daaglikse temperatuur. (Sien figuur 4.2.15 vir 'n tipiese dagkurwe). Verder het Ibis vir al die behandelings behalwe die laeligpersele telkens 'n hoër gewaswaterverbruik getoon in vergelyking met A5409. Die gewaswaterverbruik van Ibis vir die optimum-, reën- en vogspanningspersele was onderskeidelik 93, 37 en 16 mm hoër vir Ibis as vir A5409. Ibis in die vogspanningspersele het selfs tydens maksimum dagtemperatuur van meer as 30 °C, dubbeld die transpirasietempo van A5409 in die vogspanningspersele getoon (data nie getoon). Dit dui daarop dat Ibis nie 'n waterbespaarder is nie en selfs onder droogtetoestande nog vog uit die grond kon onttrek. Dit dui dus weereens op die vermoë tot droogte ontwyking by Ibis.

4.2.9 Grondvogontrekking

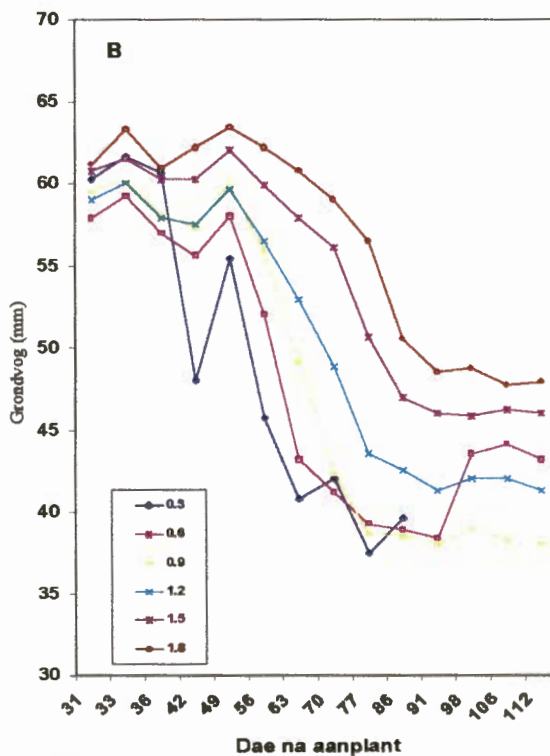
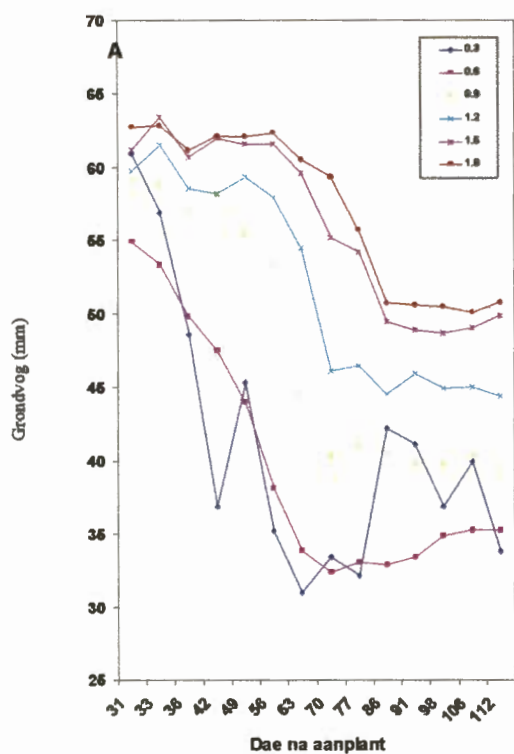
Figuur 4.2.9 A,B,C&D toon die grondvogontrekking vir die twee cultivars op die verskillende gronddieptes aan vir die vogspannings- en reënpersele. Vir beide vogspannings- en reënpersele was Ibis telkens instaat om vog tot op 'n diepte van 1,8 meter uit die grond te onttrek terwyl A5409 tot 'n mindere mate daartoe instaat was. Dit verklaar moontlik die vermoë van Ibis om fisiologiese prosesse (soos aangedui deur laer ureïed en prolienvlakke) te handhaaf onder toestande van vogspanning en sodoende droogte te ontwyk.

4.2.10 Oesopbrengs

Figuur 4.2.10 A&B dui die saadopbrengs van die twee cultivars vir die verskillende behandelings aan. Vir die optimumpersele het A5409 die hoogste saadopbrengs gelever met 2,38 ton/ha in vergelyking met die 1,80 ton/ha van Ibis. Hierdie bevinding vir Ibis steun egter nie die bevindings van Pfeifer & Pilcher (1987) vir laatvolwasse cultivars nie. Vir beide Ibis en A5409 het optimumpersele



Figuur 4.2.9 A&B. Grondvogonttrekking van A5409 (B) en Ibis (A) met verloop van tyd deur die groeiseisoen vir die reënpersele. Legende dui die dieptes in die grondprofiel vanaf 0.3 meter tot 1.8 meter aan.

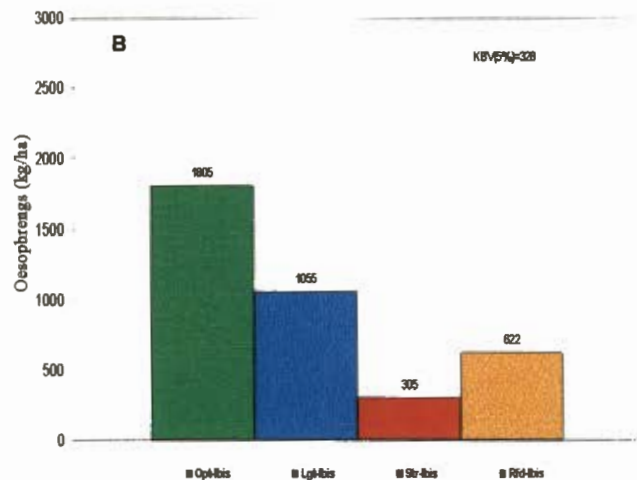
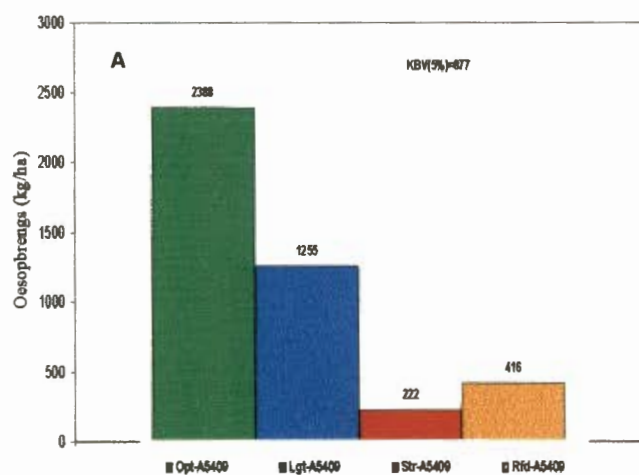


Figuur 4.2.9 C&D. Grondvogonttrekking van A5409 (A) en Ibis (B) met verloop van tyd deur die groeiseisoen aan. Legende dui die dieptes in die grondprofiel vanaf 0.3 meter tot 1.8 meter aan.

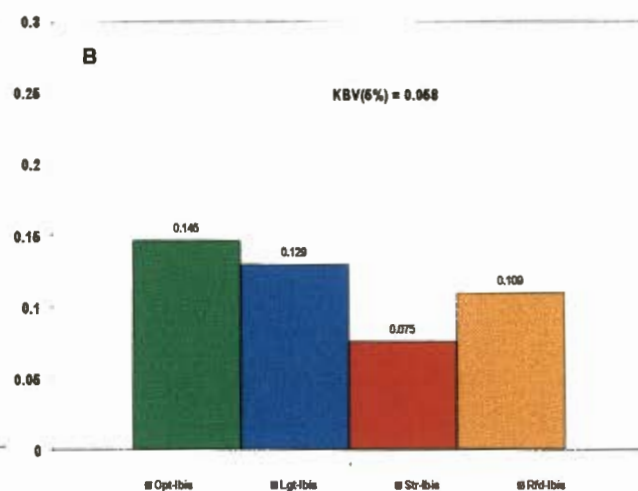
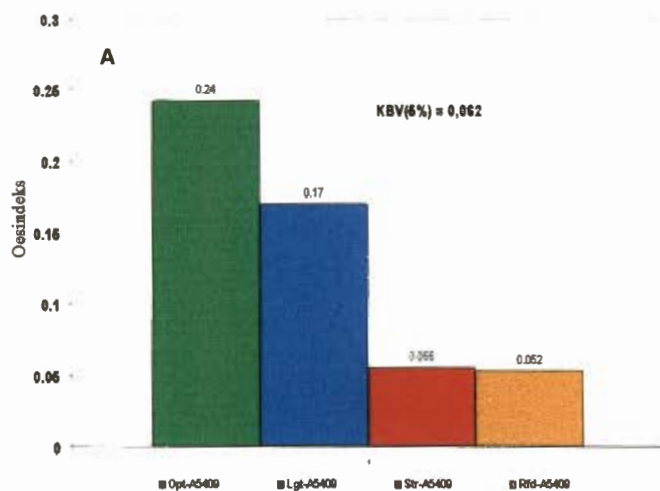
betekenisvol hoër saadopbrengs gelewer as die vogspanning- en reënpersele, soos ook deur Salama & Sinclair (1994) bevind is, en laeligpersele soos deur Egli (1988) bevind is. Egli (1988) het 'n afname van tussen 36-60% aangetoon vir 63% skadu tussen die R1-R5 groeistadiums. In die geval van Ibis het vogspanning- en reënpersele merkbare hoër saadopbrengs gelewer as dieselfde behandelings vir A5409, wat daarop dui dat Ibis moontlik meer tolerant is teen droogtestres. Ibis het vir die vogspanning en reënpersele onderskeidelik 72 % en 66 % hoër saadopbrengs gelewer in vergelyking met A5409. Die laeligpersele het 'n afname van 52% vir A5409 en 58% vir Ibis in saadopbrengs getoon in vergelyking met die optimumpersele en hierdie resultate steun die bevindings van Egli (1988) wat 'n 25% afname in saadopbrengs as gevolg van 63% skadu gedurende die peulvulperiode bevind het. Hierdie bevinding steun egter nie die bevindings van Board *et al.* (1995) dat onbepaalde cultivars meer tolerant teen laeligstres is as bepaalde cultivars nie.

4.2.11 Oesindeks

Figuur 4.2.11 A&B dui die oesindeks van die twee cultivars vir die verskillende behandelings aan. A5409 in die optimumpersele het die hoogste oesindeks van 0.25 bereik en ook die hoogste saadopbrengs (Figuur 4.2.10). Dit was betekenisvol hoër as die laeligpersele vir A5409 wat 'n waarde van 0.17 bereik het. Dit dui dat vegetatiewe groei nog moontlik is onder laeligstres maar dat die verdeling van fotosintaat na sade drasties gestrem word weens 'n tekort daarvan, soos ook deur Egli (1988) en Board *et al.* (1995) bevind is. 'n Tekort aan peule (40 peule per plant in vergelyking met die 80 van optimumpersele; Figuur 4.2.4A) en lae peulbiomassa (Figuur 4.2.3D) was ook die oorsaak tot die swak oesindeks vir A5409 laeligpersele. Verder het droogtestres in die reprodktiewe stadia ook aanleiding gegee tot die baie lae oesindeks van A5409 onder vogspanning- en reënpersele soos ook deur Cox *et al.* (1986) bevind is. 'n Verdere rede vir die lae oesindekse is die teenwoordigheid van groenstam tydens oes. Hoë groenstamwaardes is vir meeste cultivars en behandelings



Figuur 4.2.10 A&B. Oesopbrengs van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd) en vogspanningspersele (Str).

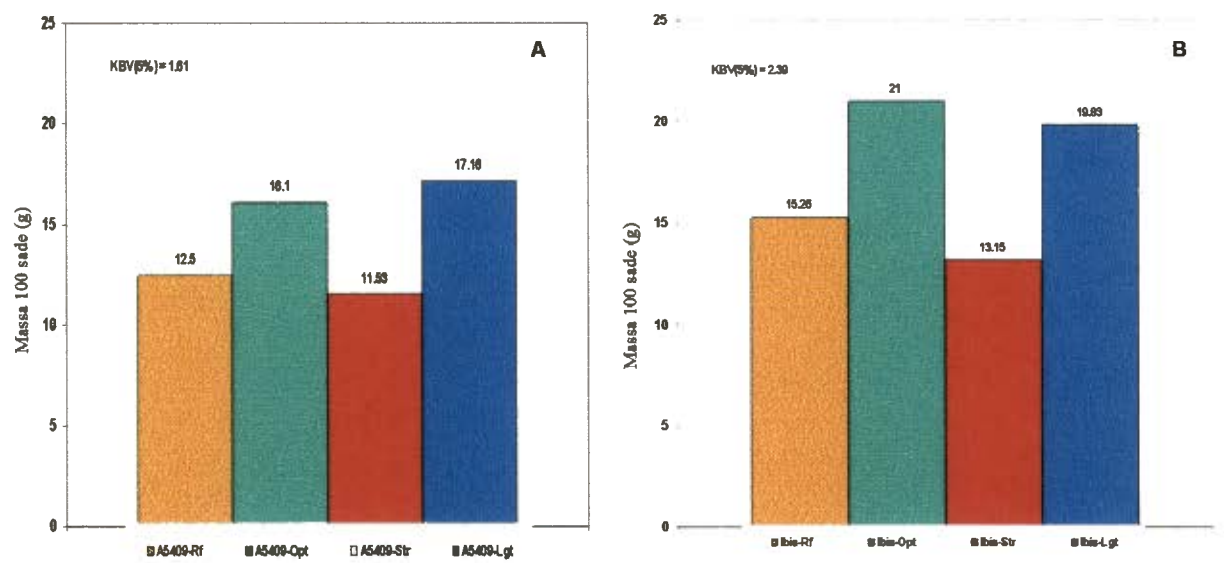


Figuur 4.2.11 A&B. Oesindeks van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningspersele (Str).

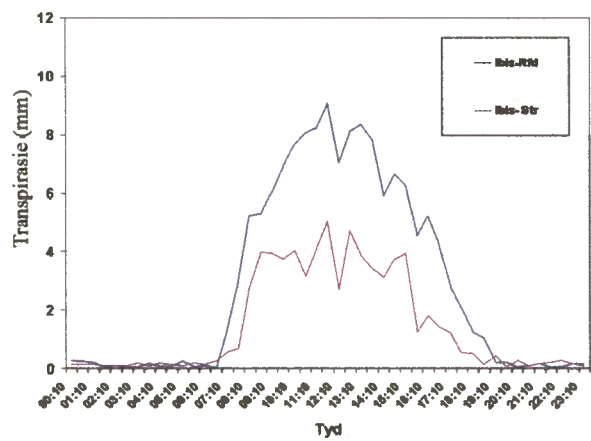
genoteer (sien Tabel 4.2.13.1). By Ibis is 'n uiters lae oesindeks, selfs vir die optimumpersele, genoteer. Dit is egter nie 'n weerspieëling van oesopbrengskapasiteit nie, maar weereens weens hoë groenstamwaardes (sien Tabel 4.2.13.1) en swak peulset (Figuur 4.2.4B). Hierdie swak peulset van Ibis kan toegeskryf word aan die droogteperiode (57-100 dae na aanplant ; Figuur 3.5) en gepaardgaande hoe temperature (tot so hoog as 45°C, figuur 3.5) wat saamval met die blom- en peulsetperiodes van Ibis. By Ibis was daar egter nie betekenisvolle verskil tussen die optimumpersele in vergelyking met laelig- en reënpersele wat oesindeks betref nie. Hierdie bevinding steun nie die bevindings van Cox *et al.* (1986) nie, maar wel die van Snyder *et al.* (1982) wat bevind het dat droogtestres gedurende die vegetatiewe groeistadia aanleiding gee tot 'n toename in oesindeks weens 'n laer produksie van vegetatiewe plantmateriaal.

4.2.12 Massa 100 sade

Figuur 4.2.12 A&B dui die massa 100 sade van A5409 en Ibis aan vir die verskillende behandelings. Ibis het vir al die behandelings 'n hoër massa 100 sade geproduseer as A5409 met veral Ibis optimumpersele wat 'n baie hoë 21g/100 sade bereik het. Die rede vir hierdie hoër saadmassa by Ibis is swak peulset en gevolglike swak saadopbrengs in vergelyking met A5409 (figuur 4.2.4 en 4.2.10) en gevolglik word saadmassa positief beïnvloed omdat daar minder peule is om te vul soos ook deur Da Souza *et al.* (1997) en Vaughan *et al.* (1989) bevind is. Vir beide cultivars was daar deurgaans geen betekenisvolle verskil tussen optimum- en laeligpersele nie wat daarop dui dat laeligstres nie 'n betekenisvolle invloed op saadmassa gehad het nie soos ook deur Egli (1988) bevind is. Verder was daar vir beide cultivars geen betekenisvolle verskil tussen reën en vogspanningspersele nie. Nieteenstaande het optimum- en laeligpersele deurgaans betekenisvol hoër saadmassas as die reën- en vogspanningspersele bereik en dit steun die bevindings van Neyshabouri *et al.* (1986) en Brown *et al.* (1985) dat droogte 'n afname in saadmassa tot gevolg het.



Figuur 4.2.12 A&B. Massa 100 sade van A5409 (A) en Ibis (B) vir die optimum (Opt)-, laelig (Lgt)-, reën (Rfd)- en vogspanningspersele (Str).



Figuur 4.2.15. Tipiese dagkurwe vir transpirasie van Ibis in die vogspanning (Str)- en reënbehandelings (Rfd).

4.2.13 Groenstam

Tabel 4.2.13.1 Groenstamwaardes vir A5409 en Ibis onder die verskillende behandelings. Hierdie waardes word op 'n skaal van 0-5 (waar 0 geen omval en 5 'n 100% omval aantoon) geskat.

Cultivar en Behandeling	Groenstamwaarde
A5409 - Optimumpersele	2
A5409 – Lae-ligpersele	4
A5409 - Reënpersele	3
A5409 - Vogspanningspersele	2
Ibis - Optimumpersele	4
Ibis – Lae-ligpersele	5
Ibis - Reënpersele	5
Ibis - Vogspanningspersele	3

Vir beide cultivars het die laeligpersele telkens die hoogste groenstamwaardes aangetoon. Dit dui daarop dat aantal peule geset ook 'n beperkende faktor was wat die opbrengs van laeligpersele beperk het. Verder het die laatvolwasse cultivar ook vir al die behandelings hoër groenstamwaardes aangetoon. Die vogspannings- en reënpersele het telkens die laagste groenstamwaardes aangetoon en hierdie waarneming steun die bevindings van Cox *et al.* (1986).

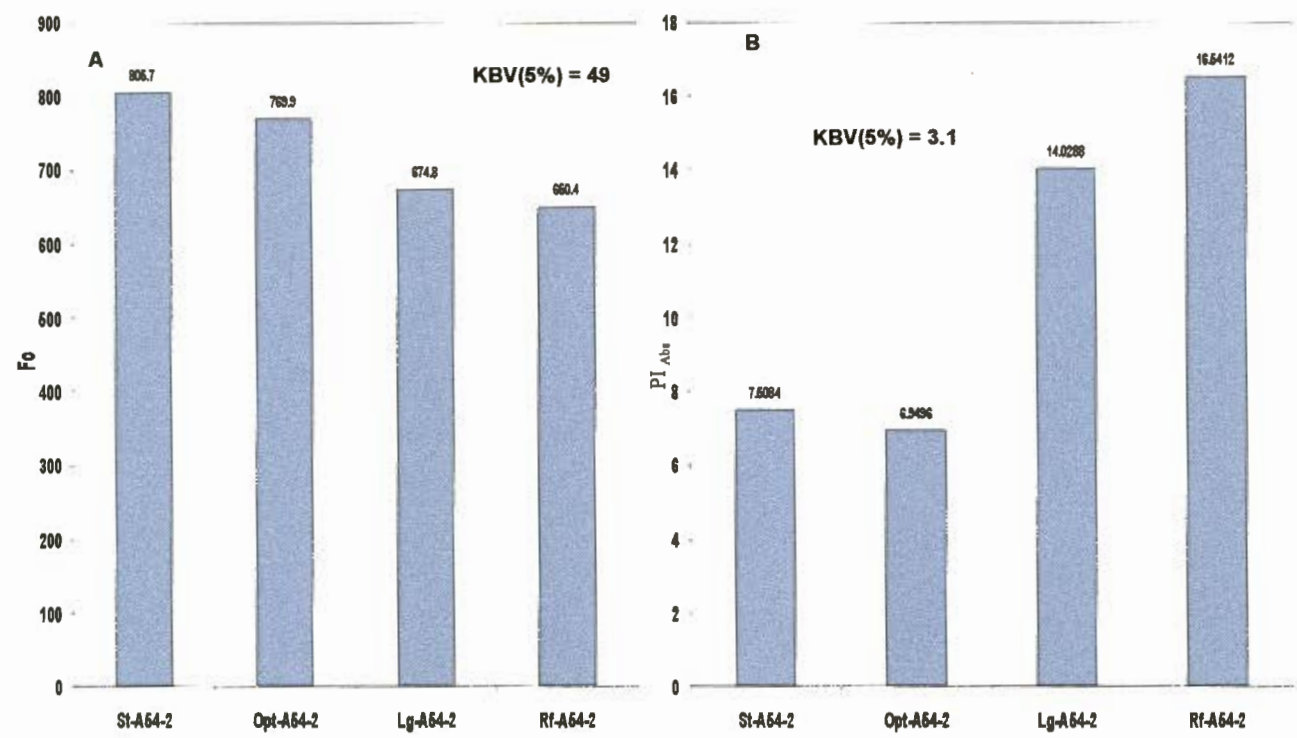
4.2.14 Chlorofilfluoressensie

Figuur 4.2.14 toon die verskillende fluoressensieparameters van A5409 en Ibis op onderskeidelik 69 en 85 dae na opkoms aan. Vir A5409 op die 69 dae na opkoms (Figuur 4.2.14.1A) het die vogspanningspersele 'n hoër F_o waarde getoon as die laelig-, reën- en optimumpersele soos ook deur Basu *et al.* (1998) en Van Rensburg *et al.* (1996) bevind is. Interessant is egter dat die waardes van

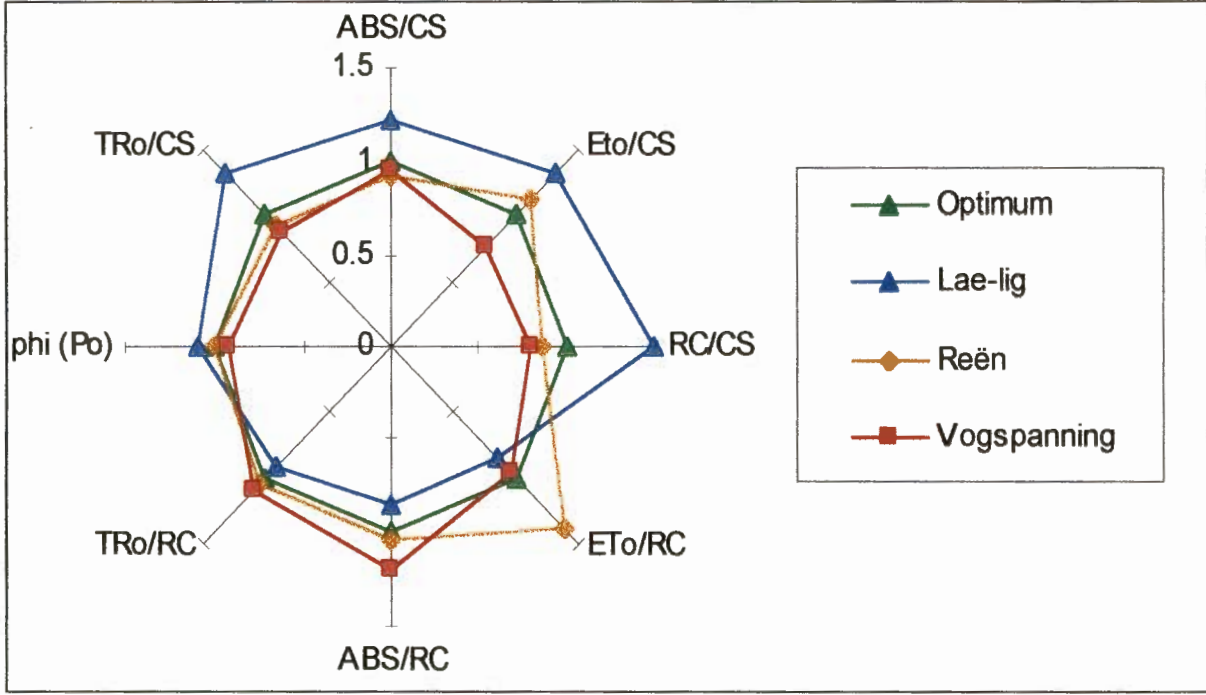
die prestasie-indeks (PI_{ABS}) vir dieselfde behandelings en tyd (Figuur 4.2.14.1B) aantoon dat die reën- en laeligpersele die hoogste PI_{ABS} (met onderskeidelik 16 en 14) behaal het met die optimum- en vogspanningspersele wat betekenisvol laer PI_{ABS} waardes (onderskeidelik 7 en 7.5) as eersgenoemde behaal het. Die rede vir die hoër PI_{ABS} van laeligpersele is die toename in kwantumverbruikseffektiwiteit en aktiwiteit per blaarseksie van laeligpersele. Die hoër PI_{ABS} waarde vir die reënpersele is toe te skryf aan hernude groei weens goeie reënval na 'n kort droogteperiode. Figuur 4.2.14.2 toon egter dat die vogspanningspersele die laagste aantal RC/CS en gevolglik die laagste ETo/CS aangetoon soos ook deur Basu *et al.* (1998) bevind is. Hierdie laer aktiwiteit per blaarseksie (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) weens droogtestres het egter aanleiding gegee dat die spesifieke absorpsievloed per reaksiesentrum (ABS/RC) of antennagrootte vir die vogspanningspersele hoër was as selfs die van die optimumpersele om sodoende te kompenseer vir die laer aktiwiteit per blaarseksie weens deaktivering van reaksiesentrums en gevolglike laer digtheid van reaksiesentrums per blaarseksie. Die invloed van laeligstres het aanleiding gegee dat hierdie persele die laagste aktiwiteit per reaksiesentrum (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) getoon het terwyl aktiwiteit per blaarseksie (in terme van absorpsie, elektrontransport en eksitonvangs) sowel as RC/CS deurgaans betekenisvol hoër was as vir die ander behandelings. Hierdie waarnemings sowel as die hoër kwantumverbruikseffektiwiteit van die laeligstrespersele dui daarop dat die digtheid van reaksiesentrums van PSII toeneem tydens laeligstres om te kompenseer vir laer aktiwiteit van die individuele reaksiesentrums. Vir A5409 op 85 dae na opkoms het die laeligpersele die betekenisvol hoogste PI_{ABS} waarde (Figuur 4.2.14.3B) van 37.3 getoon gevolg deur die optimumpersele met 24.8, reënpersele met 18.1 en laastens die vogspanningspersele met 15.3. Die rede vir hierdie hoë PI_{ABS} tydens laeligstres is die toename in digtheid van reaksiesentrums per blaarseksie en gevolglike toename in kwantumverbruikseffektiwiteit PSII tydens laeligintensiteit. Vir dieselfde cultivar en tyd was die Fo waardes (Figuur 4.2.14.3A) die betekenisvol hoogste vir die

vogspanningspersele soos ook deur Basu *et al.* (1998) en Van Rensburg *et al.* (1996) bevind is. Die reënpersele het deurgaans die laagste aktiwiteit per blaarseksie (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) getoon en laagste digtheid van reaksiesentrums per blaarseksie (Figuur 4.2.14.4) maar die hoogste spesifieke aktiwiteit per reaksiesentrum (naamlik absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) wat daarop dui dat droogte reaksiesentrums deaktiveer sodat die oorblywende reaksiesentrums se effektiwiteit toeneem in 'n poging om te kompenseer vir die verlies aan reaksiesentrums. Weereens het die laeligpersele die laagste aktiwiteit per RC (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) getoon maar die hoogste aantal RC/CS en aktiwiteit per blaarseksie (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) wat dui op die toename digtheid van reaksiesentrums en effektiwiteit van die reaksiesentrums van PSII.

Vir Ibis op 69 dae na opkoms het die vogspannings- en reënpersele die betekenisvol hoogste F_o waardes (Figuur 4.2.14.5A) getoon soos ook deur Basu *et al.* (1998) en Van Rensburg *et al.* (1996) bevind is. Vir dieselfde cultivar en tyd was die PI_{ABS} (Figuur 4.2.14.5B) vir die optimum- en laeligpersele die hoogste met die reën- en vogspanningspersele met betekenisvol laer PI_{ABS} waardes. Die rede vir hierdie hoe PI_{ABS} van die laeligpersele is 'n toename in kwantumverbruikseffektiwiteit tydens laeligintensiteit. Aktiwiteit per reaksiesentrum en per blaarseksie (Figuur 4.2.14.6) het geen betekenisvolle verskil tussen die optimum- en laeligstrespersele nie opgelewer nie. Die reënpersele het betekenisvol laer aktiwiteit per blaarseksie (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) getoon terwyl die antennagrootte vir beide die reën- en vogspanningspersele betekenis hoër was as die ander behandelings. Interessant is dat aktiwiteit per blaarseksie (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) van die vogspanningspersele nie betekenisvol verskil het van die optimumpersele nie. Op 85 dae na opkoms was die F_o vir die vogspannings- en reënpersele (Figuur 4.2.14.7A) weereens betekenisvol hoër as die ander behandelings soos ook deur Basu *et al.* (1998) en



Figuur 4.2.14.1 A&B. Aanvangsfluoresensie (A) en Prestasie-indeks (B) van A5409 op 69 dae na opkoms vir die optimum (Opt-A54-2)-, vogspannings (Str-A54-2)-, laelig (Lg-A54-2)- en reënpersele (Rf-A54-2).



Figuur 4.2.14.2. Relatiewe fenomenologiese en spesifieke-energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir A5409 op 69 dae na opkoms soos beïnvloed deur die verskillende behandelings.

Van Rensburg *et al.* (1996) bevind is. Vir dieselfde cultivar en tyd was die PI_{ABS} waardes (Figuur 4.2.14.7B) van die optimum- en laeligpersele betekenisvol hoër as vir die reën- en vogspanningspersele. Weereens het die vogspanningspersele nie betekenisvol verskil van die optimumpersele nie terwyl die reënpersele betekenisvol laer aktiwiteit per blaarseksie (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) ,figuur 4.2.14.8, maar groter antennasisteem en gevolglik hoër TRo/RC getoon het. Die laeligpersele het nie betekenisvol verskil van die optimumpersele in terme van aktiwiteit per reaksiesentrum (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) nie, maar laeligpersele het wel die hoogste aantal RC/CS , aktiwiteit per blaarseksie (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) en kwantumopbrengs getoon wat daarop dui dat laeligstres die digtheid van reaksiesentrums van PSII laat toeneem en sodoende kwantumeffektiviteit verhoog.

Tabel 4.2.14.1. Opsomming van statistiese analise van fenomologiese en spesifieke- energievloede

	A54-69	A54-85	Ibis-69	Ibis-85
ABS/CS	0.088557	0.094343	0.101281	0.080909
Eto/CS	0.152384	0.14982	0.120703	0.149689
RC/CS	0.206892	0.158477	0.119697	0.121378
ETo/RC	0.149078	0.042982	0.062832	0.050183
ABS/RC	0.095568	0.100344	0.094017	0.093268
TRo/RC	0.053127	0.062069	0.049757	0.054489
phi (Po)	0.049299	0.034434	0.043848	0.033292
TRo/CS	0.139182	0.12568	0.119827	0.108277

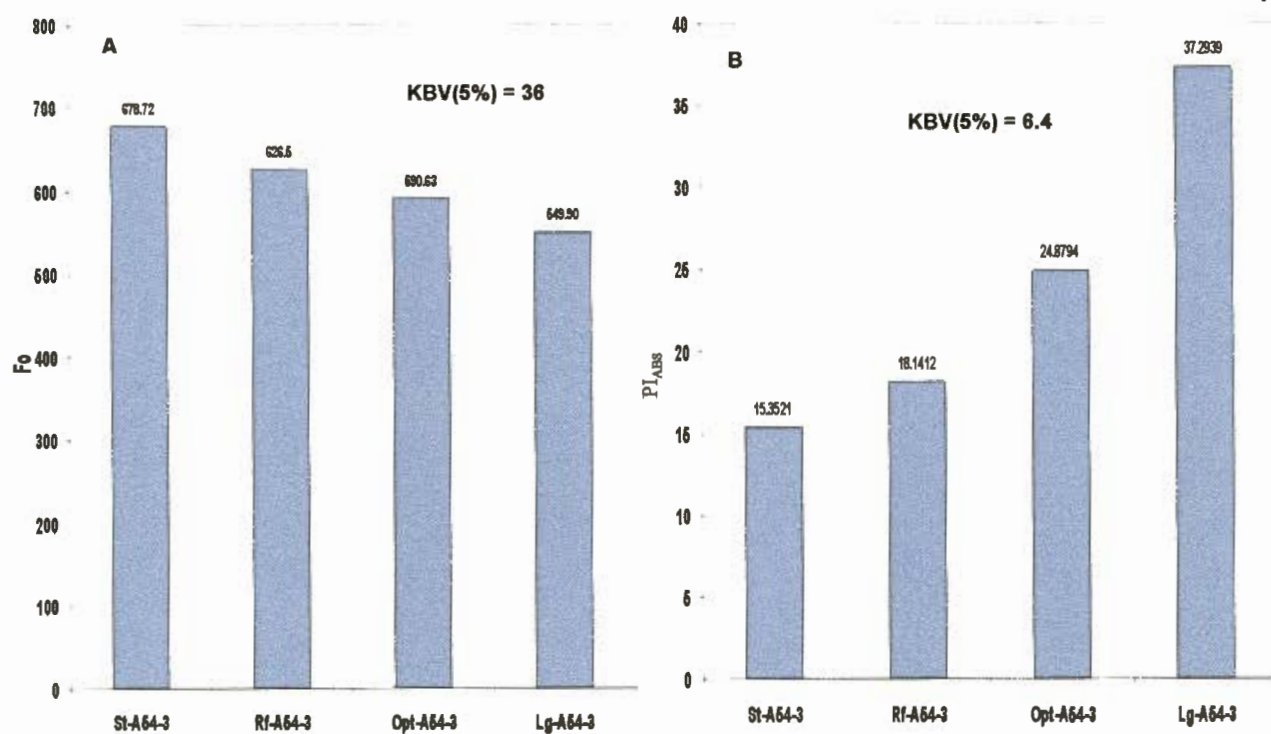
Waardes vir KBV(5%) word in bogenoemde tabel weergegee.

Legende:

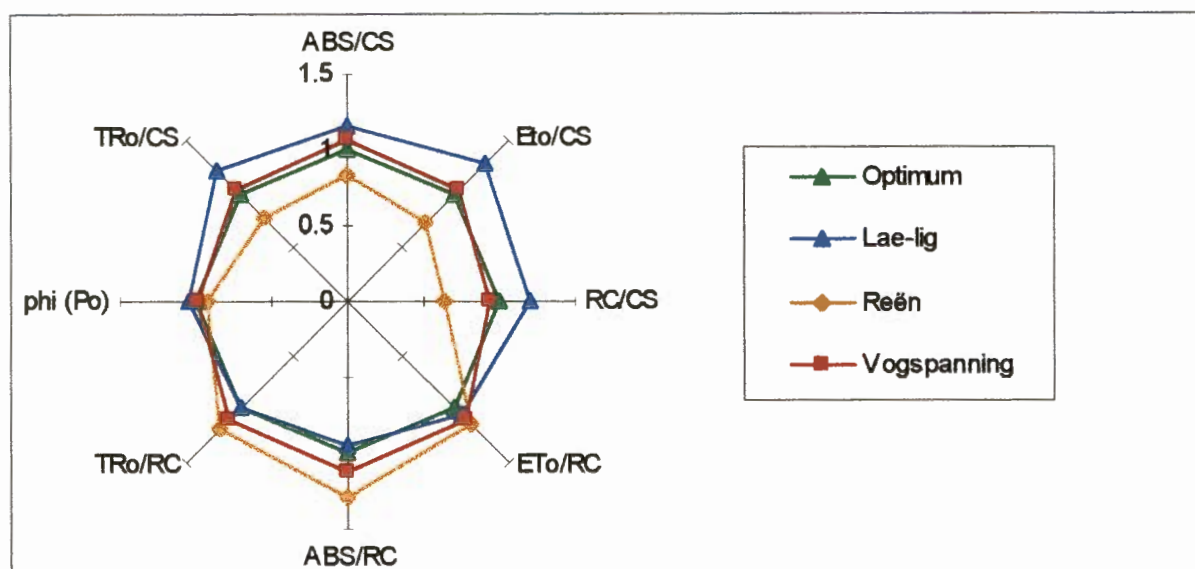
A54 – A5409

Ibis – Ibis

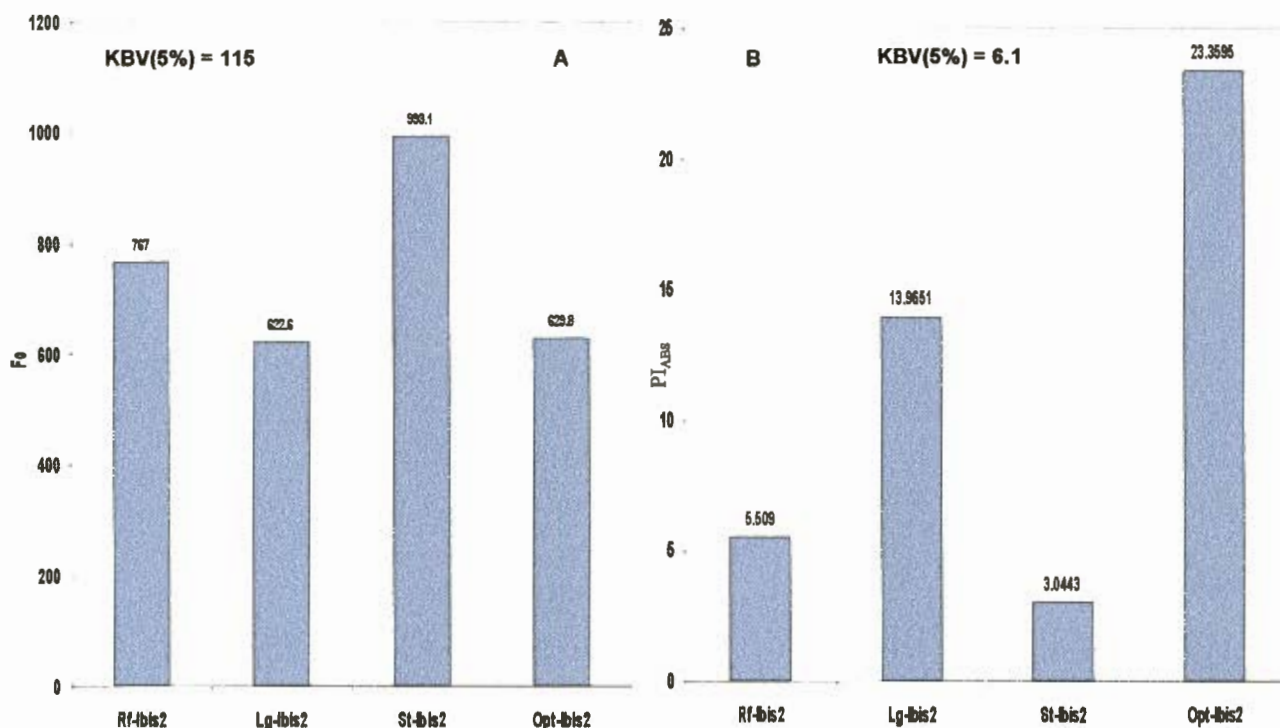
69, 85 – dae na opkoms waarop fluoressensiemetings uitgevoer is.



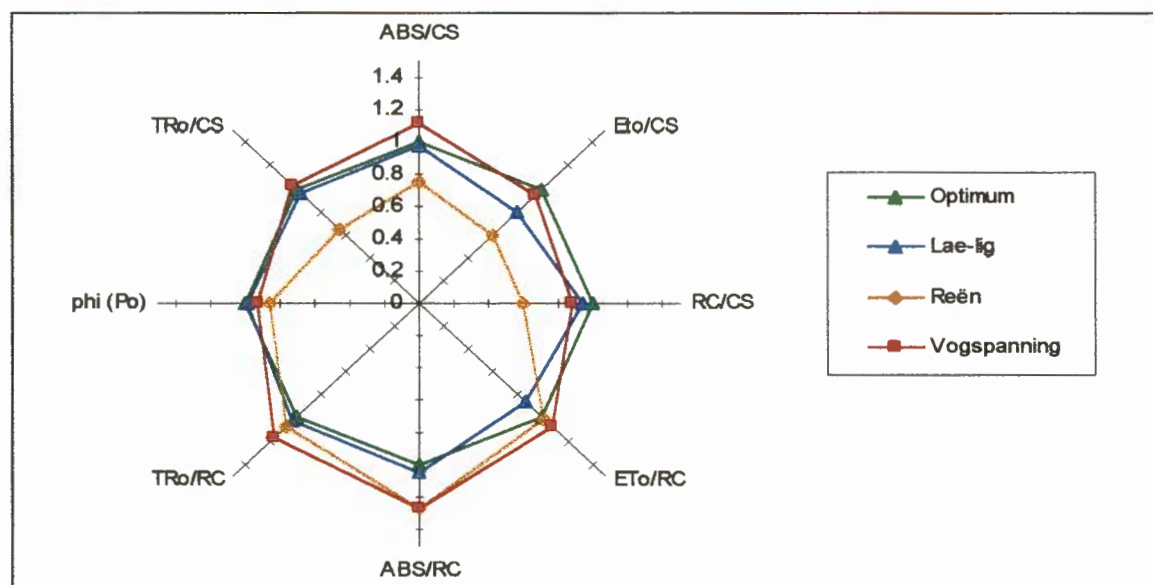
Figuur 4.2.14.3 A&B. Aanvangsfluoresensie (A) en Prestasie-Indeks (B) van A5409 op 85 dae na opkoms vir die optimum (Opt-A54-3), vogspannings (Str-A54-3), laelig (Lg-A54-3)- en reënpersele (Rf-A54-3).



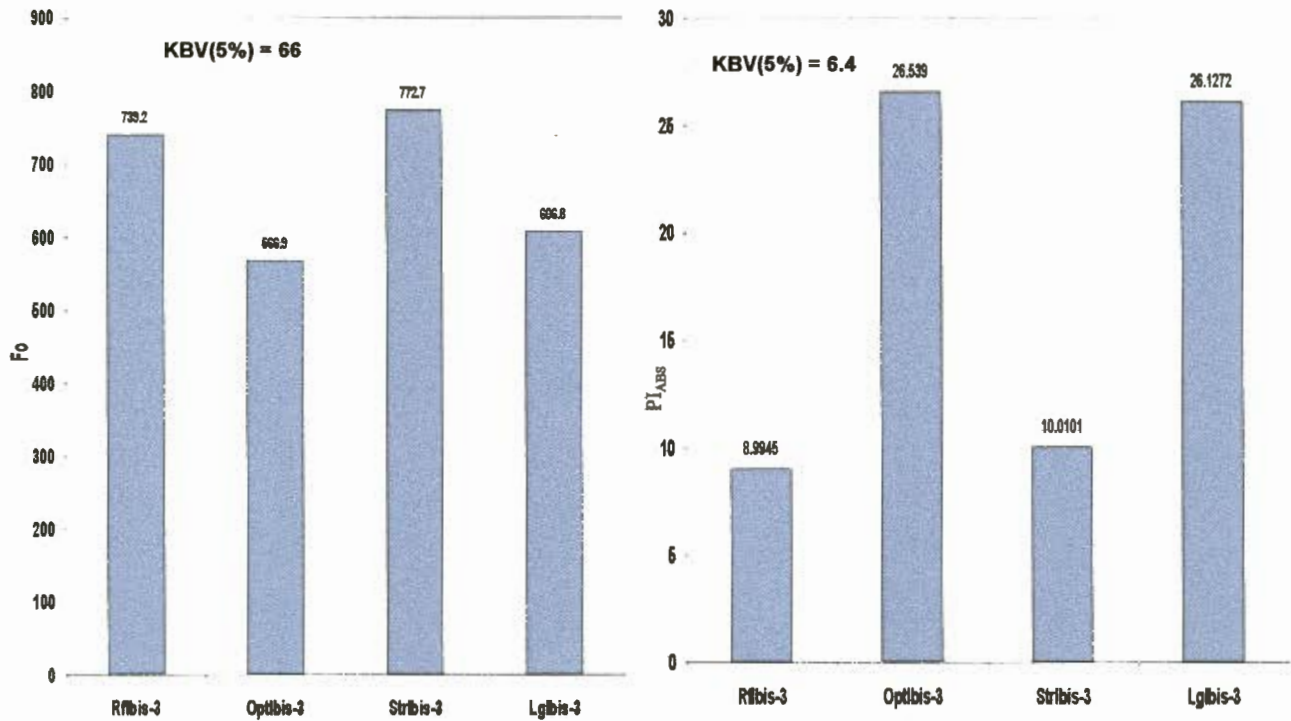
Figuur 4.2.14.4. Relatiewe fenomenologiese en spesifieke-energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir A5409 op 85 dae na opkoms soos beïnvloed deur die verskillende behandelings.



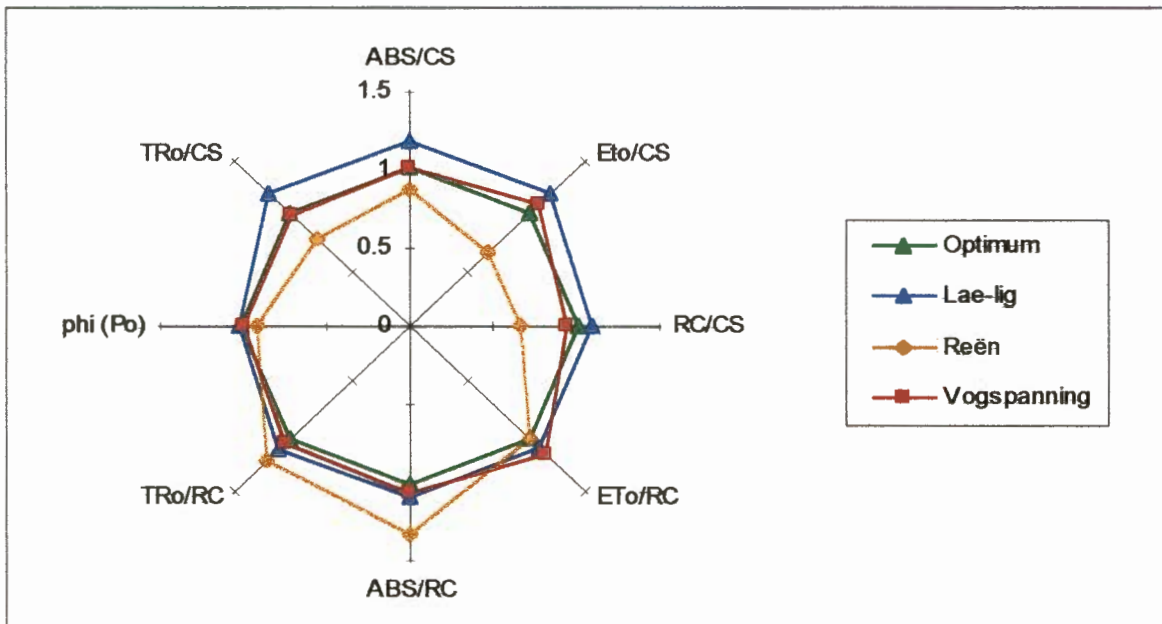
Figuur 4.2.14.5 A&B. Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van Ibis op 69 dae na opkoms vir die optimum (Opt-Ibis-2), vogspanning (St-Ibis-2), laelig (Lg-Ibis-2)- en reënpersele (Rf-Ibis-2).



Figuur 4.2.14.6 Relatiewe fenomenologiese en spesifieke energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir Ibis op 69 dae na opkoms soos beïnvloed deur die verskillende behandelings.



Figuur 4.2.14.7 A&B. Aanvangsfluoressensie (A) en Prestasie-indeks (B) van Ibis op 85 dae na opkoms vir die optimum (Optibis-3), vogspanning (Stribis-3), laelig (Lgbis-3)- en reënpersele (Rfbis-3).



Figuur 4.2.14.8. Relatiewe fenomenologiese en spesifieke energievloede van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport vir Ibis op 85 dae na opkoms soos deur verskillende behandelings beïnvloed.

4.2.15 Blaar- en grondontledings

Tabel 4.2.15.1 Mineraalsamestelling van A5409 en Ibis vir die verskillende behandelings.

Beskrywing	%Ca	%Mg	%K	%N	Zn (dpm)	Mn (dpm)
A5409-Optimum	<u>0.95</u>	<u>0.37</u>	2.22	6.79	43	75
A5409-Laelig	<u>1.62</u>	0.48	2.16	6.33	<u>63</u>	91
A5409-Reën	1.07	<u>0.54</u>	2.25	6.52	45	91
A5409-Vogspan	1.33	0.49	2.26	6.04	37	76
Ibis-Optimum	1.09	0.46	2.21	6.33	<u>32</u>	76
Ibis-Laelig	<u>1.55</u>	0.46	2.35	5.61	56	95
Ibis-Reën	1.19	<u>0.53</u>	2.34	6.33	52	86
Ibis-Vogspan	1.13	0.47	2.25	5.51	41	71
GEMIDDELD	1.24	0.475	2.25	6.18	46.1	82.62
½ STD	0.115	0.047	0.442	1.364	11.845	20.045

* Onderstreepte waardes in dieselfde kolom verskil betekenisvol

* Blaarmonsters geneem op R2 groeistadium

Tabel 4.2.15.2 Grondontledings vir die reënskermproef.

Beskrywing	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	K (mg/l)	P (mg/l)	pH (H ₂ O)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)
Skerm 1	345	902	276	27	7.13	9.0	6
Skerm 2	258	780	265	34	6.95	6.3	14
Buite	244	816	230	40	7.42	4.3	4

Grondmonsters geneem op R2-groeistadium op 'n gronddiepte van 20 cm.

Tabel 4.2.15.1 toon die blaarontledings vir kalsium, magnesium, kalium, stikstof, sink en mangaan aan. Alle waardes is bevredigend volgens die drumpelwaardes van Smit (1992, volgens De Mooy *et al.*, 1973) vir jong sojaboonblare tydens die laat blomstadium.

HOOFSTUK 5

SAMEVATTING EN GEVOLGTREKKING

5.1 SAMEVATTING

Vir die 1997/98 groëiseisoen het die Columbus, A5409 en Ibis in die droëlandproewe op Brits en Potchefstroom betekenisvolle laer finale planthoogte, totale biomassa en saadopbrengs bereik as in die besproeiingsproewe. Vir A5409 en Ibis wat 'n onbepaalde groeiwyse besit is goeie herstelvermoë getoon in planthoogte, biomassaproduksie en blaararea indeks na reën wat daarop wys dat 'n onbepaalde groeiwyse verlies in bioproduktiwiteit as gevolg van droogte tydens die reprodutiewe stadia kan ontgroeï wat nie die geval by die bepaalde groeiwyse van Columbus is nie. Droogte het verder geen invloed op genetiese verskille tussen kultivars gehad nie en laatvolwasse kultivars het soos onder besproeiing ook onder droëland hoër planthoogte, totale biomassa en blaararea indeks bereik. Die tydperk en duur van droogte tydens die reprodutiewe stadia het egter die grootste invloed op saadopbrengs en opbrengskomponente soos saadgrootte en aantal sade gehad. Volgehoue droogte tydens die blom- en peulvorming het die grootste afname in saadopbrengs gehad soos by Ibis die geval was. Droogte tydens die peulvulperiode het 'n afname in aantal sade per peul tot gevolg gehad terwyl droogte tydens die saadvulperiode afname in saadgrootte tot gevolg gehad het. Droogte tydens die peul- en saadvulperiodes het ook 'n toename in saadproteïënhoud tot gevolg gehad. Fenologiese ontwikkeling van die droëland- en besproeiingsproef was identies veral met betrekking tot blom en fisiologiese volwassenheid. Stomageleiding tydens die droogteperiodes was betekenisvol laer vir die droëlandproef wat daarop dui dat droogte fotosintese inhibeer weens laer CO₂ –uitruiling, maar dat WUE toeneem tydens droogte weens laer transpirasieverliese agv stomatasluiting. Droogte het 'n afname in die digtheid van reaksiesentrums tot gevolg gehad asook op die energievloed ten opsigte van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport. Hierteenoor was daar 'n toename in genoemde energievloede per

reaksiesentrum, dit wil sê die spesifieke energievloede, asook die antennagrootte wat gekompenseer het vir die verlies in digtheid van reaksiesentrums per blaarseksie tydens droogte.

Vir die 1998/99 groeiseisoen het die optimumpersele vir beide A5409 en Ibis betekenisvol hoër finale planthoogte, totale biomassa en saadopbrengs bereik in vergelyking met die laeligpersele, vogspaningspersele en reënpersele. Vir beide cultivars het die laeligbehandeling peulvorming versnel. By A5409 was die verlies aan saadopbrengs in respons tot laeligstres die gevolg daarvan dat te min peule gevorm is wat ook 'n swak oesindeks tot gevolg gehad het. Die laer aantal peule gevorm, het egter 'n toename in saadmassa tot gevolg gehad, sodat saadmassa vir die laeligpersele by A5409 hoër was as vir die optimumpersele. By Ibis het laeligstres tot gevolg gehad dat hernude peulvorming laat in die seisoen plaasvind, maar dat die peule nie gevul is nie weens fisiologiese volwasse wording. By Ibis was LAI nie gevoelig vir laeligstres en periodieke droogte nie en laer ureïed- en prolienvlakke by Ibis tydens droogte toon op 'n meganisme van droogte-ontwyking. Totale gewaswaterverbruik en transpirasie van Ibis vir die seisoen toon ook dat Ibis nie 'n waterbespaarder is nie, maar dat 'n meganisme van droogte-ontwyking deur die vorming van 'n baie diep wortelstelsel by hierdie cultivar waargeneem is. Ibis was instaat om grondvog tot op 'n diepte van 1,8 meter uit die grondprofiel te onttrek terwyl A5409 nie hierdie eienskap getoon het nie. Ibis het vir die vogspannings en reënpersele onderskeidelik 72% en 66% hoër saadopbrengs gelewer as A5409 terwyl laeligstres onderskeidelik 'n 52% en 58% afname in saadopbrengs vir A5409 en Ibis tot gevolg gehad het. Verliese aan saadopbrengs as gevolg droogte was die gevolg van swak peulset en laer saadmassa in respons tot droogte tydens die blom en peulvulperiodes. Droogtestres het 'n afname in digtheid van die reaksiesentrums per blaarseksie en aktiwiteit per blaarseksie (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) tot gevolg gehad maar 'n toename in aktiwiteit per reaksiesentrum. Laeligstres het 'n afname in aktiwiteit per reaksiesentrum (in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport) tot gevolg gehad maar

’n toename in die digtheid van reaksiesentrums per blaarseksie en gevolglik ook ’n toename in aktiwiteit per blaarseksie. Gevolglik het laeligstres ’n toename in kwantumverbruikseffektiwiteit tot gevolg gehad.

5.2 GEVOLGTREKKING

Vir die cultivars ondersoek het dit geblyk dat waterbeskikbaarheid minder as 450 mm per groeiseisoen lei tot oesverliese tot by die ekonomiese drumpelwaarde van 1,5 ton/ha. Columbus en A5409 het op Brits en Potchefstroom ekonomies haalbare opbrengste van 1,5 ton/ha bereik met ’n waterbeskikbaarheid van minder as 450 mm met ’n goeie reënvalverspreiding. Op Roodeplaat het reënval van 413 mm met swak verspreiding (62% tydens vegetatiewe groeistadia en 38% tydens reprodktiewe stadia) ’n gemiddeld van 0,5 ton/ha opbrengs tot gevolg gehad. Hierdie navorsing het verder getoon dat die belangrikste saadopbrengskomponente wat tot opbrengsverlies bygedra het aantal peule per plant, sade per peul en saadgrootte was.

Onttrekking van beskikbare grondwater het betekenisvol verskil tussen cultivars. Ibis was in staat om beskikbare water dieper uit die grondprofiel te onttrek en kon die beperkte waterbeskikbaarheid tydens droogteperiodes beter oorleef as A5409. Ibis sal dus in diep gronde met goeie waterhouvermoë droogtestremming beter oorleef as A5409.

By ’n laeligintensiteit, 20% van die normale, het vervroegde blom- en peulvorming meegebring. Die biomassaproduksie by hierdie ligintensiteit was 50% laer vir A5409 maar identies vir Ibis in vergelyking met die optimumpersele (kontrole), terwyl saadopbrengs 52% laer was vir A5409 en 58% vir Ibis. Laeligintensiteit het egter geen betekenisvolle invloed op saadmassa gehad nie.

Die nie-destruktiewe tegniek van chlorofilfluoressensie-kinetika, vir die bepaling van plantvitaliteit, het aangetoon dat droogtestres die digtheid van reaksiesentrums laat afneem weens deaktivering daarvan. Hierdie afname in die digtheid van die reaksiesentrums het aanleiding gegee tot 'n toename in effektiwiteit van die oorblywende reaksiesentrums in terme van absorpsie, eksitonvangs en elektrontransport, weens 'n toename in die antennagrootte. In teenstelling met droogtestres het laeligstres die effektiwiteit van die reaksiesentrums verlaag, maar weens 'n toename in die digtheid van reaksiesentrums per blaarseksie het die kwantumverbruikseffektiwiteit van PSII toegeneem in reaksie op laeligstres. Chlorofilfluoressensie blyk dus 'n effektiewe nie-destruktiewe tegniek te wees om plantvitaliteit te evalueer.

HOOFSTUK 6

BIBLIOGRAFIE

ACOCK B. & ACOCK M.C. 1987. Periodic shading and the location and timing of branches in soybean. Agronomy Journal 79 :949 – 952.

AFMA VOORSITTERSVERSLAG. 1999. Afma matrix 8.(4) September.

ALESSI, J. & POWER, J.F. 1982. Effects of plant and row spacing on dryland soybean yield and water-use efficiency. Agronomy Journal 74: 851 - 854.

ALLEN, L.H., VALLE, R.R., MISHOE, J.W. & JONES, J.W. 1994. Soybean leaf gas-exchange responses to carbon dioxide and water stress. Agronomy Journal, 86: 625-636.

ALLEN, L.H., VALLE, R., JONES, J.W. & JONES, P.H. 1998. Soybean leaf water potential responses to carbon dioxide and drought. Agronomy journal 90: 375-383.

ANDERSON, L.R. & VASILAS, B.L. 1985. Effects of planting date on two soybean cultivars : Seasonal dry matter accumulation and seed yield. Crop Science, 25: 999 - 1004.

ANDRADE, F.H. & FERREIRO, M.A. 1996. Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. Field Crops Research, 48:155-165.

ANDRADE, F.H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcare, Argentina. Field Crop Research , 41:1 - 12.

ANDREWS, C.J. 1987. Low-temperature stress in field and forage crop production – an overview. Canadian Journal of Plant Science, 67:1121-1133.

ASHLEY, D.A. & BOERMA, H.R. 1989. Canopy photosynthesis and its association with seed yield in advanced generations of a soybean cross. Crop Science, 29:1042-1045.

BAKER, J.T., ALLEN, L.H., BOOTE, K.J., JONES, P. & JONES, J.W. 1989. Response of soybean to air temperature and carbon dioxide concentration. Crop Science, 29:98-105.

BASU, P.S., SHARMA, A. & SUKUMARAN, N.P. 1998. Changes in net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves induce by water stress. Photosynthetica, 35(1):13-19.

BATES, L.S., WALDREN, R.P. & TEARE, I.C. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant & Soil 39:205-207.

BEAVER, J.S. & COOPER, R.L. 1982. Dry matter accumulation patterns and seed yield components of two indeterminate soybean cultivars. Agronomy Journal, 74:380 - 383.

BEAVER, J.S.; COOPER, R.L. & MARTIN, R.J. 1985. Dry matter accumulation and seed yield of determined and indeterminated soybeans. Agronomy Journal, 77:675 679.

BENNET, J.M. & ALBRECHT, S.L. 1984. Drought and flooding effects on N₂ fixation, water relations, and diffusive resistance of soybean. Agronomy Journal, 76: 735-740.

BENNETT, J.M., SINCLAIR, T.R., MAUCHOW, R.C. & COSTELLO, S.R. 1987. Crop Science, 27:984-990.

BERKUM, P., SLOGER, C., WEBER, D.F., GREGAN, P.B. & KEYSER, H.H. 1985. Relationship between ureide N and N₂ fixation, aboveground N accumulation, acetylene reduction, and nodule mass in greenhouse and field studies with Glycine max L. (Merr). Plant Physiology, 77:53-58.

BHATIA, V.S., MANGLIK, P., BHATNAGAR, P.S. & GURUPRASAD, K.N. 1997. Variation in sensitivity of soybean genotypes to varying photoperiods in India. Soybean Genetics Newsletter, 24:99-103.

BOARD, J.E. 1987. Yield components related to seed yield in determinate soybean. Crop Science 27:1269 – 1297.

BOARD, J.E. & HALL, W. 1984. Premature flowering in soybean yield reductions at nonoptimal planting dates as influenced by temperature band photoperiod. Agronomy Journal, 76: 700-704.

BOARD, J.E. & HARVILLE, B.G. 1992. Explanations for greater light interception in Narrow- vs. wide-row soybean. Crop Science, 32:198-202.

BOARD, J.E. & HARVILLE, B.G. 1993. Soybean yield component responses to a light interception gradient during the reproductive period. Crop Science, 33:772-777

BOARD, J.E. & HARVILLE, B.G. 1996. Growth dynamics during the vegetative period affects yield of narrow - row, late planted soybean. Agronomy Journal, 88:567 -572.

BOARD, J.E. & SETTIMI, J.R. 1986. Photoperiod effect before and after flowering on branch development determinate soybean. Agronomy Journal, 78:995-1002.

BOARD, J.E. & SETTIMI, J.R. 1988. Photoperiod requirements for flowering and flower production in soybean. Agronomy Journal, 80:518-525.

BOARD, J.E. & TAN Q. 1995. Crop ecology, production and management: assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. Crop Science, 35:846-851.

BOARD, J.E., HARVILLE, B.G. & KAMAL, M. 1994. Radiation-use efficiency in relation to row spacing for late-planted soybean. Field Crops Research, 36:13-19.

BOARD, J.E., HARVILLE, B.G. & SAXTON, A.M. 1990. Narrow-row seed-yield enhancement in determinate soybean. Agronomy Journal 82:64 - 68.

BOARD, J.E., KAMAL, M. & HARVILLE, B.G. 1992. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. Agronomy Journal, 84:575-579.

BOARD, J.E., WIER, A.T. & BOETHEL, D.J. 1995. Source strength influence on soybean yield formation during early and late reproductive development. Crop Science, 35:1104-1110.

BOARD, J.E., WIER, A.T. & BOETHEL, D.J. 1997. Critical light interception during seed filling for insecticide application and optimum soybean grain yield. Agronomy Journal, 89(3):369-374.

BOARD, J.E., WIER, A.T. & BOETHEL, D.J. Soybean yield reductions caused by defoliation during mid to late seed filling. Agronomy Journal 86:1074 – 1079.

BOARD, J.E., ZHANG, W. & HARVILLE G.B. 1996. Yield rankings for soybean cultivars grown in narrow and wide rows with late planting dates. Agronomy Journal 88:240 – 245.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. & SAXTON, A.M. 1990. Branch dry weight in relation to yield increases in narrow - row soybean. Agronomy Journal, 82:54-544.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. & SAXTON, A.M. 1990. Growth dynamics of determined soybean in narrow and wide rows at late planting dates. Field Crop Research, 25: 203 - 213.

BOERMA, H.R. & ASHLEY, D.A. 1988. Canopy photosynthesis and seed-fill duration in recently developed soybean cultivars and selected plant introductions. Crop Science, 28:137-140.

BOON-LONG, P., EGLI, D.B. & LEGGETT, J.E. 1983. Leaf N and photosynthesis during reproductive growth in soybeans. Crop Science, 23:617-620.

BORDELEAU, L.M. & PREVOST, D. 1994. Nodulation and nitrogen fixation in extreme environments. Plant and soil, 161:115-125.

BROWN, E.A., CAVINESS, C.E., & BROWN, D.A. 1985. Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit. Agronomy Journal, 77:274-278.

BRUN, L.J., PRUNTY, L., LARSEN, J.K. & ENZ, J.W. 1985. Evapotranspiration and soil water relationships for spring wheat and soybean. Soil Science, 139(6):547-552.

BULLOCK, D.G. 1990. Grain yield, seed weight, seed N concentration, and nodule activity of soybean as influenced by defoliation and N fertilizer. Journal of Plant Nutrition, 13(7):887-902.

BURIAS, N. & PLANCHON, C. 1990. Increasing soybean productivity through selection for nitrogen fixation. Agronomy Journal, 82(6):1031-1033.

BURTON, J.W. 1997. Soyabean (*Glycine max* (L.) Merr.) Field Crops Research, 53:171-186.

BUTTERLY, B.R. & BUZZELL, R.I. 1988. Soybean leaf nitrogen in relation to photosynthetic rate and yield. Canadian Journal of Plant Science, 68: 793-795.

BUTTERY, B.R. 1970. Effects of variation in leaf area index on growth of maize and soybeans. Crop Science, 10:9-12.

BUTTERY, B.R., TAN, C.S., BUZZELL, R.I., GAYNOR, J.D. & MacTAVISH, D.C. 1993. Stomatal numbers of soybean and response to water stress. Plant & Soil, 149:283-288.

CAFFARO, S.V. & NAKAYAMA, F. 1988. Vegetative activity of the main stem terminal bud under photoperiod and flower removal treatments in soybean. Australian Journal of Plant Physiology, 15:475-480.

CARPENTER, A.C. & BOARD, J.E. 1997. Branch yield components controlling soybean yield stability across plant populations. Crop Science, 37:885-891.

CARPENTER, A.C. & BOARD, J.E. 1997. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant population. Crop Science, 37:1520-1526.

CAULFIELD, F. & BUNCE, J.A. 1988. Comparative responses of photosynthesis to growth temperature in soybean cultivars. Canadian Journal of Plant Science, 68:419-425.

CHAPMAN, A.L. & MUCHOW, R.C. 1985. Nitrogen accumulated and partitioned at maturity by grain legumes grown under different water regimes in a semi-arid tropical environment. Field Crops Research, 11:69-79.

CHAPMAN, J. 1986. The influence of photoperiod and temperature on the pre-flowering phase length of eleven soybean cultivars in northern Natal. South-African Journal of Plant and Soil, 3(2):61-65.

CHAUDHARY, T.N., CHOPRA, U.K. & SINHA, A.K. 1985. Root growth, leaf water potential and yield of irrigated summer mung bean (*Phaseolus aureus* roxb.) in relation to soil water status and soil temperature under various mulches. Field Crop Research, 11:325-333.

CLAWSON, K.L., SPECHT, J.E., BLAD, B.L. & GARAY, A.F. 1986. Water use efficiency in soybean pubescence density isolines: a calculation procedure of estimating daily values. Agronomy Journal, 78:483-487.

CLAWSON, K.L; SPECHT, J.E. & BLAD, B.L. 1996. Growth analysis of soybean isolines differing in pubescence density. Agronomy Journal, 78:164-172.

CLEMENSSON-LINDELL, A. 1994. Triphenyltetrazolium chloride as an indicator of fine-root vitality and environmental stress in coniferous forest stands; applications and limitations. Plant and Soil, 159:297-300.

COHEN, Y., FUCHS, M., FALKENFLUG, V. & MORESHET, S. 1988. Calibrated heat pulse method for determining water uptake in cotton. Agronomy Journal, 80:398-402.

COHEN, Y., TAKEUCHI, S., NOZAKA, J. & YANO, T. 1993. Accuracy of sap flow measurement using heat balance and heat pulse methods. Agronomy Journal, 85:1080-1086.

COLSON, J., BOUNIOLS, A. & JONES, J.W. 1995. Soybean reproductive development: adapting a model for European cultivars. Agronomy Journal, 87:1129-1139.

COOPER, R.L. & JEFFERS, D.L. 1984. Use of nitrogen stress to demonstrate the effect of yield limiting factors on the yield response of soybean to narrow row systems. Agronomy Journal, 76:257-259.

COOPER, R.L. & WARANYAWAT, A. 1985. Effect of three genes (*Pd*, *Rps^a₁*, and *ln*) on plant height, lodging, and seed yield in indeterminate and determinate near-isogenic lines of soybeans.

CORTES, P.,M. & SINCLAIR, T.R. Water relations of field-grown soybean under drought. Crop Science, 26:993-998.

CORTES, P.M. & SINCLAIR, T.R. 1986. Gas exchange of field-grown soybean under drought. Agronomy Journal, 78:454-458, May-June.

COSTA, J.A., OPLINGER, E.S. & PENDLETON, J.W. 1980. Response of soybean cultivars to planting patterns. Agronomy Journal, 72:153-156.

- COX, W.J. & JOLIFF, G.D. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agronomy Journal, 78:226-230.
- CREGAN, P.B. & HARTWIG, E.E. 1984. Characterization of flowering response to photoperiod in diverse soybean genotypes. Crop Science, 24:659-662.
- CURE, J.D., PATTERSON, R.P., RAPER, C.D. & JACKSON, W.A. 1982. Assimilate distribution in soybeans as affected by photoperiod during seed development. Crop Science, 22:1245-1250.
- CURE, J.D., RAPER, C.D., PATTERSON, R.P. & JACKSON, W.A. 1983. Water stress recovery in soybean as affected by photoperiod during seed development. Crop Science, 23:110-115.
- CURE, J.D., RAPER, C.D., PATTERSON, R.P. & ROBARGE, W.P. 1985. Dinitrogen fixation in soybean in response to leaf water stress and seed growth rate. Crop Science, 25:52-57.
- DASHTI, N., ZHANG, F., HYNES, R. & SMITH, D.L. 1997. Application of plant growth-promoting rhizobacteria to soybean (*Glycine max* [L.] Merr) increases protein and dry matter yield under short-season conditions. Plant and Soil, 188:33-41.
- DE SILVA, M., PURCELL, L.C. & KING, A. 1996. Soybean petiole ureide responses to water deficits and decreases transpiration. Crop Science, 36:611-616.
- DE SOUSA, P.I., EGLI, D.B. & BRUENING, W.P. 1997. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. Agronomy Journal, 89:807-812.
- DE VEAU, E.J., ROBINSON, M., WARMBRODT, R.D. & VAN BERKUM, P. 1990. Photosynthesis and photosynthate partitioning in N₂-fixing soybeans. Plant Physiology, 94:259-267.

DESCLAUX, D. & ROUMET, P. 1996. Impact of drought on the phenology of two soybean (*Glycine max* L. Merr) cultivars. Field Crops Research, 46:61-70.

DIAZ DE CASTILLO, L. & LAYZELL, D.B. 1995. Drought stress, permeability to O₂ diffusion, and the respiratory kinetics of soybean root nodules. Plant Physiology, 107:1187-1194.

DIB, T.A., MONNEVEUX, Ph., ACEVEDO, E. & NACHIT, M.M. 1994. Evaluation of proline analysis and chlorophyll fluorescence quenching measurements as drought tolerance indicators in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var . durum) Euphytica, 79: 65-73.

DJEKOUN, A. & PLANCHON, C. 1991. Water status effect on dinitrogen fixation and photosynthesis in soybean. Agronomy Journal, 83:316-322.

DJEKOUN, A. & PLANCHON, C. 1992. Stomatal conductance, photosynthesis and acetylene reduction rate in soybean genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 72:383-390.

DORNBOS, D.L. & MULLEN R.E. 1991. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination and seedling growth rate. Canadian Journal of Plant Science, 71:373-383.

DORNBOS, D.L. & McDONALD, M.B. 1986. Mass and Composition of developing soybean seeds at five reproductive growth stages. Crop Science, 26:624-630.

DORNBOS, D.L., MULLEN R.E. & SHIBLES, R.M. 1989. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. Crop Science, 29:476-480.

DYBING D.C. 1994. Soybean flower production as related to plant growth and seed yield. Crop Science 34:489 – 497.

EGLI, D. B. 1988. Alterations in plant growth and dry matter distribution in soybean. Agronomy Journal 80: 86 - 90.

EGLI, D.B. 1997. Cultivar maturity and response of soybean to shade stress during seed filling. Field Crop Research, 52:1-8.

EGLI, D.B. & ZHEN-WEN, Y. 1991. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. Crop Science, 31:439-442.

EGLI, D.B., DUNCAN, W.G. & CRAFTS-BRANDER, S.J. 1987. Effect of physical on seed growth in soybean. Crop Science, 27:289-294.

EGLI, D.B., WIRALAGA, R.A., BUSTAMAM, T., ZHEN-WEN, Y. & TEKRONY, D.M. 1987. Time of flower opening and seed mass in soybean. Agronomy Journal, 79:697-700.

EGLI, D.B.; GUFFY, R.D. & LEGGETT, J.E. 1985. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean. Agronomy Journal , 77:917-922.

ETHREDGE W.J., ASHLEY, D.A. & WOODRUFF, J.M. 1989. Row spacing and plant population effects on yield components of soybean. Agronomy Journal 81: 947 – 951.

FEHR, W.R., CAVINESS, C.E., BURMOOD, D.T. & PENNINGTON, J.S. 1971. Stage of development descriptions for Soybean , *Glycine max* (L.) merrill. Crop Science 11:929 - 931.

FEHR, W.R., LAWRENCE, B.K. & THOMPSON T.A. 1981. Critical stages of development for defoliation of soybean. Crop Science 21:259 – 262.

FIGUEIREDO, M.V.B., BURITY, H.A. & F.P. DE FRANÇA, F.P. 1998. Water deficit stress effects on N₂ fixation in cowpea inoculated with different bradyrhizobium strains. Canadian Journal of Plant Science, 78:577-582.

FINN, G.A. & BRUN, W.A. 1980. Water stress effects on NO₂ assimilation, photosynthate partitioning, stomatal resistance, and nodule activity in soybean. Crop Science, 20:431-434.

FORD, D.M., SHIBLES, R. & GREEN D.E. 1983. Growth and yield of soybean lines selected for divergent leaf photosynthetic ability. Crop Science, 23: 517-520.

FREDERICK, J.R., WOOLEY, J.T., HESKETH, J.D. & PETERS, D.B. 1990. Water deficit development in old and new soybean cultivars. Agronomy Journal, 82:76-81.

FREDERICK, J.R., WOOLLEY, J.T., HESKETH, J.D. & PETERS D.B. 1991. Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. Field Crops Research, 27:71-82.

FUKUTOKU, Y. & YAMADA, Y. 1984. Sources of proline- nitrogen in water-stressed soybean (*Glycine max*).II. Fate of ¹⁵N-labelled proteien. Physiologia Plantarum. 61:622-628.

GARNER, E.R., SAPRA, V.T. & FLOYD, M. Influence of genotype and growth stage on nitrogen fixation in soybeans.

GEORGE, T., SINGLETON, P.W. & BOHLOOL, B.B. 1988. Yield, soil nitrogen uptake and nitrogen fixation by soybean from four maturity groups grown at three elevations. Agronomy Journal, 80:563-567.

GIARDI, M.T., CONA, A., GEIKEN, B., KUCERA, T., MASOJIDEK, J. & MATTOO, A.K. 1996. Long term drought stress induces structural and functional reorganization of photosystem. Planta, 199:118-125.

GIBSON, A.H. & HARPER, J.E. 1985. Nitrate effect on nodulation of soybean by *Bradyrhizobium japonicum*. Crop Science, 25:497-501.

GIBSON, L.R. & MULLEN, R.E. 1996. Influence of day and night temperature on soybean seed yield. Crop Science, 36:98-104.

GIBSON, L.R. & MULLEN, R.E. 1996. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. Crop Science, 36:1651-1619.

GOWER, S.T. & NORMAN, J.M. 1990. Rapid estimation of leaf area index in forest using the LI-COR LAI-2000. Submitted to Ecology.

GRABAU, L.J., BLEVENID, D.G. & MINOR, H.C. 1986. P nutrition during seed development. Plant Physiology, 82:1008-1012.

GULYAS, S., PALFI-DEIM, G. & CSEUZ, L. 1992. Proline concentration, drought tolerance and water deficiency in wheat varieties. Acta Botanica Hungarica. 37 (1-2) : 359-371.

GUY, S., BERGER, M. & PLANCHON, C. 1997. Response to low temperature in dinitrogen fixing soybeans. Plant Science 123:67-75.

HANSON, W.D. 1985. Association of seed yield with partitioned lengths of the reproductive period in soybean genotypes. Crop Science, 25:525-529.

HANSON, W.D. 1986. Control of dry matter accumulation in soybean seeds. Crop Science, 26:1195-1200.

HANWAY, J.J. & WEBER, C.R. 1971. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merr) varieties. Agronomy Journal, 63:227-230.

HARDARSON, G. 1993. Methods for enhancing symbiotic nitrogen fixation. Plant and Soil, 152:1-17.

HARPER, L.A., GIDDENS, J.E., LANGDALE, G.W. & SHARPE, R.R. 1989. Environmental effects on nitrogen dynamics in soybean under conservation and clean tillage systems. Agronomy Journal, 81:623-631.

HAVAUX, M., CANAANI, O. & MALKIN, S. 1986. Photosynthetic responses of leaves to water stress, expressed by photoacoustics and related methods. Plant Physiologica, 82:827-833.

HAVAUX, M., CANAANI, O. & MALKIN, S. 1987. Inhibition of photosynthetic activities under slow water stress measured in vivo by the photoacoustic method. Physiologia Plantarum, 70:503-510.

HAYATI, R., EGLI, D.B. & CRAFTS-BRANDNER, S.J. 1995. Carbon and nitrogen supply during filling and leaf senescence in soybean. Crop Science, 35:1063-1069.

HE, J.X., WANG, J & LIANG, H.G. 1995. Effects of water stress on photochemical function and protein metabolism of photosystem II in wheat leaves. Physiologia Plantarum, 93:771-777.

HEATHERLY, L.G. 1988. Planting date, row spacing and irrigation effects on soybean grown on clay soil. Agronomy Journal 80:227 – 231.

HEATHERLY, L.G. 1993. Drought stress and irrigation effects on germination of harvested soybean seed. Crop Science, 33:777-781.

HEATHERLY, L.G. 1996. Yield and germinability of seed from irrigated and nonirrigated early and late-planted MG IV and V soybean. Crop Science, 36:1000-1006.

HEATHERLY, L.G. & ELMORE C.D. 1986. Irrigation and planting date effects on soybean grown on clay soil. Agronomy Journal, 78:576-580.

HEINDL, C.J. & BRUN, W.A. 1984. Patterns of reproductive abscission, seed yield, and yield components in soybean. Crop Science, 24:542:544

HEITHOLT, J.J. & EGLI, D.B. 1985. Influence of deflowering on dry matter production of soybeans. Field Crop Research, 12:163-173.

HELMS, T.C., DECKARD, E., GOOS, J.R. & ENZ, J.W. 1996. Soybean seedling emergence influenced by days of soil water stress and soil temperature. Agronomy Journal, 88:657-661.

HELMS, T.C., DECKARD, E.L., GOOS, F.J. & ENZ, J.W. 1996. Soil moisture, temperature, and drying influence on soybean emergence. Agronomy Journal, 88:662-667.

HENSON, R.A. & HEICHEL, G.H. 1984. Dinitrogen fixation of soybean and alfalfa: comparison of the isotope dilution and difference methods. Field Crops Research, 9:333-346.

HENSON, R.A. & HEICHEL, G.H. 1984. Partitioning of symbiotically fixed nitrogen in soybeans and alfalfa. Crop Science, 24:986-990.

HERRIDGE, D.F. & DANSO, S.K.A. 1995. Enhancing crop legume N₂ fixation through selection and breeding. Plant and Soil, 174: 51-82.

HEYNS, G. 1983. Seasonal patterns in dry - matter production in four soybean [Glycine max(L).Merr] cultivars. University of Natal.

HILL, H.J., WEST, S.H. & HINSON, K. 1986. Effect of water stress during seedfill on impermeable seed expression in soybean. Crop Science, 26:807-812.

HINTZ, R.W. & FEHR, W.R. 1990. Plant density and defoliation effects on the recovery of soybean injured by stem cutoff during vegetative development. Agronomy Journal 82:57 – 59.

HINTZ, W.R. & ALBRECHT, K.A. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant canopies. Agronomy Journal 86:59 - 62.

HODGES, T. & FRENCH, V. 1985. Soyphen: soybean growth stages modeled from temperature, daylength, and water availability. Agronomy Journal, 77:500-505.

HOOGENBOOM, G., HUCK, M.G. & PETERSON, C.M. 1987. Root growth rate of soybean as effected by drought stress. Agronomy Journal, 79:607-614.

HOOGENBOOM, G., PETERSON, C.M. & HUCK, M.G. 1987. Shoot growth rate of soybean as affected by drought stress. Agronomy Journal, 79:598-607,

HOY, D.J. & GAMBLE E.G. 1987. Field performance in soybeand with seeds of differing size and density. Crop Science 27:21 – 126.

HUCK, M.G., PETERSON, C.M., HOOGENBOOM G. & BUSCH, C.D. 1986. Distribution of dry matter between shoots and roots of irrigated and nonirrigated determinate soybeans. Agronomy Journal, 78:807:813.

HUDAK, C.M. & PATTERSON, R.P. 1995. Vegetative growth analysis of a drought-resistant soybean plant introduction. Crop Science, 35:464-471.

HUGIE, W.V. & ORF, J.H. 1989. Genotypic interaction of early maturity soybean with row spacings. Crop Science (1989) 29, p.1447 – 1451.

HUME, D.J. & JACKSON, K.H. 1981. Pod formation in soybeans at low temperatures. Crop Science, 21:933-937.

HUNT, P.G., BURNHAM, K.P. & MATHENY, T.A. 1987. Precision and bias of various soybean dry matter sampling techniques. Agronomy Journal, 79:425-428.

HUNT, P.G., BURNHAM, K.P. & MATHENY, T.A. 1987. Precision and bias of various soybean dry matter sampling techniques. Agronomy Journal 79:425 - 428.

HUNT, P.G., SOJKA, R.E. MATHENY T.A. & WOLLUM A.G. 1985. Soybean response to Rhizobium japonicum strain, row orientation, and irrigation. Agronomy Journal , 77:720 - 725.

IMSANDE, J. 1989. Rapid dinitrogen fixation during soybean pod fill enhances net photosynthetic output and seed yield: a new perspective. Agronomy Journal, 81(4):549-556.

JEFFERIES, R.A. 1994. Drought and chlorophyll fluorescence in field-grown potato (*Solanum tuberosum*). Physiologia Plantarum, 90:93-97.

JEUFFROY, M-H., NEY, B. 1997. Crop physiology and productivity. Field Crops Research, 53:3-16.

JIANG, H. & EGLI, D.B. 1995. Soybean seed number and crop growth rate during flowering. Agronomy Journal 87:264 - 267.

JONES, P., ALLEN L.H. & JONES J.W. 1985. Responses of soybean canopy photosynthesis and transpiration to whole-day temperature changes in different CO₂ environments. Agronomy Journal, 77:242-249.

JONKER, W.D. 1997. Groeistudie- analyse van *Glycine max. (L) Merr.* van verskillende volwassenheidsgroeperiings onder 'n besproeiingsregime op Brits. (Verslag voorgelê vir die gedeeltelike nakoming van die graad B.Sc Honns. aan die PU vir CHO). Potchefstroom. 36p. (Nie-gepubliseer.)

JUNG, P.K. & SCOTT, H.D. 1980. Leaf water potential, stomatal resistance and temperature relations in field-grown soybeans. Agronomy Journal, 72:986-990.

KANE, M.V. & GRABAU, L.J. 1992. Early planted, early maturing soybean cropping system: growth, development and yield. Agronomy Journal 84:769 – 773.

KANE, M.V., STEELE, C.C. & GRABAU, L.J. 1997. Early-maturing soybean cropping system: I. yield responses to planting date. Agronomy Journal 89: p.454 – 458.

KENIG, A.; MISHOE, J.W.; BOOTE, K.J.; COOK, P.W.; REICOSKY, D.C.; W.T. & HODGES, H.F. 1993. Development of soybean fresh and dry weight relationships for real time model calibration. Agronomy Journal 85:140 - 146.

KIRDA, C., DANSO, S.K.A. & ZAPATA, F. 1989. Temporal water stress effects on nodulation, nitrogen accumulation and growth of soybean. Plant and Soil, 120:49-55.

KIRKHAM, M.B., REDELFS, M.S., STONE, L.R. & KANEMASU, E.T. 1985. Comparison of water status and evapotranspiration of six row crops. Field Crops Research, 10:257-268.

KOHL, D.H., KENNELLY, E.J., ZHU, YUXIAN, Y., SCHUBERT, K.R. & SHEARER, G. 1991. Proline accumulation, nitrogenase activity and activities of enzymes related to proline metabolism in drought –stressed soybean nodules. Journal of Experimental Botany. 42(240):831-837.

KOLLER, H.R., NYQUIST, W.E. & CHORUSH, I.S. 1970. Growth analysis of the soybean community. Crop Science 10: 407 - 411.

KRACKHARDT, M. & GUERRIER, G. 1995. Effect of osmotic and ionic stresses on proline and organic acid contents during imbibition and germination of soybean seeds. Journal of Plant Physiology 146:725-730.

KRÜGER, G.H.J., TSIMILLI-MICHAEL, M. & STRASSER, R.J. 1997. Light stress provokes plastic and elastic modification in structure and function of photosystem II in camellia leaves. Physiologia Plantarum 101:265-277.

LA FAVRE A.K. & EAGLESHAM A.R.J. 1987. The effects of a high level of N, applied at planting, on nodulation of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) by diverse strains of *Bradyrhizobium*. Plant and Soil 102:267 - 270.

LA FAVRE, A.K. & EAGLESHAM, A.R.J. 1987. Effects of high temperatures and starter nitrogen on the growth and nodulation of soybean. Crop Science, 27:742-745.

LANSAC, A.R., ZABALLOS, J.P. & MARTIN, A. 1993. Seasonal water potential changes and proline accumulation in mediterranean shrubland species. Vegetatio, 113 :141-154.

LAUER, J.M. & SHIBLES, R. 1987. Soybean leaf photosynthetic response to changing sink demand. Crop Science, 27:1197-1201, November-December.

LAWN, R.J. & HUME D.J. 1985. Response of tropical and temperate soybean genotypes to temperature during early reproductive growth. Crop Science, 25:137-142.

LAWRENCE, B.K. & FEHR, W.R. 1981. Reproductive response of soybeans to night interruption. Crop Science, 21: 755-757.

LIN, M.S. & NELSON , L.R. 1988. Effect of plant height and flowering date on seed yield of determinate soybean. Crop Science 28:218 – 222.

LIN, M.S. & NELSON , L.R. 1988. Relationship between plant height and flowering date in determinate soybean. Crop Science 28:27 – 30.

LIAW, S.I. & CHEN, C.Y. 1992. The relationship between osmotic adjustment and drought resistance in soybean. Journal of the Agriculture Association of China, 0 (158): 19-28.

LU, C. & ZHANG, J. 1998. Effects of water stress on photosynthese, chlorophyll fluorescence and photoinhibition in wheat plants. Australian Journal of Plant Physiology, 25:883-892.

LUGG, D.G. & SINCLAIR, T.R. 1980. Seasonal changes in Morphology and Anatomy of field-grown soybean leaves. Crop Science 20:191 - 195.

LUQUEZ, V.M., GUIAMET, J.J & MONTALDI, E.R. 1997. Net photosynthetic and transpiration rates in a chlorophyll-deficient isoline of soybean under well-watered and drought conditions. Photosynthetica , 34 (1): 125-131.

MA, B.L., MORRISON, M.J. & VOLDENG, H.D. 1995. Leaf Greenness and photosynthetic rates in soybean. Crop Science, 35:1411-1414.

MA, B.L., MORRISON, M.J. & VOLDENG, H.D. 1995. Leaf greenness and photosynthetic rates in soybean. Crop Science, 35:1411-1414.

MALONE, S.R. & CAVINESS, C.E. 1985. Cut-off, break-over, and defoliation effects on a determinate soybean cultivar. Agronomy Journal, 77:585-588.

MAYERS, J.D., LAWN R.J. & BYTH, D.E. 1991. Agronomic studies on soybean [Glycine max (L.) Merrill] in the dry seasons of the tropics: limits to yield imposed by phenology. Journal of Agricultural Research, 42:1075-1092.

MAYERS, J.D., LAWN, R.J. & BYTH, D.E. 1991. Agronomic studies on soybean [Glycine max (L.) Merrill] in the dry season of the tropics: effect of artificial photoperiod extension on phenology, growth and seed yield. Australian Journal of Agricultural Research, 42:1109-1121.

MAYERS, J.D., LAWN, R.J. & BYTH, D.E. 1991. Agronomic studies on soybean [Glycine max (L.) Merrill] in the dry season of the tropics: interaction of sowing date and sowing density. Australian Journal of Agricultural Research, 42:1093-1107.

McKINNEY, N.V., SCHAPAUGH, W.T. & KANEMASU, E.T. 1989. Canopy temperature, seed yield and vapor pressure deficit relationships in soybean. Crop Science, 29:1038-1041.

MECKEL, L., EGLI, D.B., PHILLIPS, R.E., RADCLIFFE, D. & LEGGETT, J.E. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. Agronomy Journal, 76:647-650.

MEHETRE, S. & JAMADAGNI, B. 1995. Biomass partitioning and growth characters in relation to plant architecture in soybean. Soybean Genetics Newsletter, 23:92-97.

MICELI, F., CRAFTS-BRANDER, S.J. & EGLI, D.B. 1995. physical restriction of pod growth alters development of soybean plants. Crop Science, 35:1080-1085.

MINGAN, Y., YOUNG, L., TUANJIE, Z. & JUNYI, G. 1995. Effect of leaf shape on seed yield and its components in soybean. Soybean Genetics Newsletter, 22:66-70.

MOFTAH, A.E. & MICHEL, B.E. 1987. The effect of sodium chloride on solute potential and proline accumulation in soybean leaves. Plant Physiology, 83:238-240.

MORANDI, E.N., CASANO, L.M. & REGGIARDO, L.M. 1988. Post-flowering photoperiodic effect on reproductive efficiency and seed growth in soybean. Field Crop Research, 18:227-241.

MORANDI, E.N., CASANO, L.M. & REGGIARDO, L.M. 1988. Post-flowering photoperiodic effect on reproductive efficiency and seed growth in soybean. Field Crops Research, 18: 227-241.

MORRISON, M.J., VOLDENG, H.D., GUILLEMETTE, J.D. & COBER, E.R. 1997. Yield of cool-season soybean lines differing in pubescence color and density. Agronomy Journal, 89:218-221.

MUCHOW, R.C. 1986. An analysis of the effects of water deficits on grain legumes grown in a semi-arid tropical environment in terms of radiation interception and its efficiency of use. Field Crops Research, 11:309-323.

MUCHOW, R.C. 1985. Canopy development in grain legumes grown under different soil water regimes in a semi-arid tropical environment. Field Crops Research, 11:99-109.

MUCHOW, R.C. 1985. Phenology, seed yield and water use of grain legumes grown under different soil water regimes in a semi-arid tropical environment. Field Crops Research, 11:81-97.

MUCHOW, R.C. 1985. Stomatal behavior in grain legumes grown under different soil water regimes in a semi-arid tropical environment. Field Crops Research, 11:291-307.

MUCHOW, R.C., ROBERTSON, M.J. & PENGELLY, B.C. 1993. Accumulation and partitioning of biomass and nitrogen by soybean, mungbean, and cowpea under contrasting environmental conditions. Field Crops Research, 33:13-36.

MUCHOW, R.C., ROBERTSON, M.J. & PENGELLY, B.C. 1993. Radiation-use efficiency of soybean, mungbean and cowpea under different environmental conditions. Field Crops Research, 32:1-16.

MUCHOW, R.C., SINCLAIR, T.R., BENNETT, J.M. & HAMMOND, L.C. 1986. Response of leaf growth, leaf nitrogen, and stomatal conductance to water during vegetative growth of field-grown soybean. Crop Science, 26:1190-1195.

MUNYINDA, K., KARAMANOS, R.E., LEGG, J.O. & SANOGHO. 1988. Nitrogen fixation by soybeans (*Glycine max* L.) in Zambia. Plant and Soil, 109:57-63.

NAWRACALA, J. & KONIECZNY, G. 1995. Correlation between average temperature during phenological phase and some morphological characteristics of flowering and efficiency of flowering. Soybean Genetics Newsletter, 22:156-159.

NEYSHABOURI, M.R. & HATFIELD, J.L. 1986. Soil water deficit effects on semi-determinate and indeterminate soybean growth and yield. Field Crops Research, 15:73-84.

NSCP. 1998. Verslag van die Nasionale Sojabooncultivarproewe vir die 1997/98 groeiseisoen. LNR-IGG. 60p.

O'HARA, G.O., BOOKNERD, N. & DILWORTH, M.J. 1988. Mineral constraints to nitrogen fixation. Plant and Soil, 108:93-110.

OOSTERHUIS, D.M. & WALKER, S. 1987. Stomatal resistance measurement as an indicator of water deficit stress in wheat and soybeans. South-African Journal of Plant Soil, 4(3):113-119.

OOSTERHUIS, D.M. 1986. Soybean leaf movement as an indicator of drought stress.

O'REGAN, B.P., CRESS, W.A. & VAN STADEN, J. 1993. Root growth, water relations, abscisic acid and proline levels of drought-sensitive maize cultivars in response to water stress. South –African Journal of Botany. 59(1):98 – 104.

PARVEZ, A.Q., GARDNER, F.P. & BOOTE, K.J. 1989. Crop ecology, production and management. Crop Science, 29:150-157.

PATTERSON, R.P. & HUDAK, C.M. 1996. Drought-avoident soybean germplasm maintains nitrogen-fixation capacity under water stress. Plant & Soil, 186:39-43.

PAZDERNIK, D.L., GRAHAM, P.H. & ORF, J.H. 1997. Variation in the pattern of nitrogen accumulation and distribution in soybean. Crop Science, 37:1482-1486.

PAZDERNIK, D.L., GRAHAM, P.H., VANCE, C.P. & ORF, J.H. 1996. Host genetic variation in the early nodulation and dinitrogen fixation of soybean. Crop Science, 36:1102-1107.

PAZDERNIK, D.L., HARDMAN, L.L., ORF, J.H. & CLORAIRE, F. Comparison of field methods for selection of protein and oil content in soybean. Canadian Journal of Plant Science, 76:721-725.

PEDERSEN, A.L., FELDNER, H.C. & ROSENDAHL, L. 1996. Effect of proline on nitrogen activity in symbiosomes from root nodules of soybean (Glycine max. L) subjected to drought stress. 47(303) : 1533-1539.

PEOPLES, M.B. & HERRIDGE, D.F. 1990. Nitrogen fixation by legumes in tropical and subtropical agriculture. Advances in Agronomy, 44:166-173.

PEOPLES, M.B., GAULT, R.R. , LEAN, B., SYKES, J.D. & BROCKWELL, J. 1995. Nitrogen fixation by soybeans in commercial irrigated crops of central and southern new South Wales. Soil Biology and Biochemistry, 27:553-561.

PETERSON, R.B. 1990. Effects of water vapor pressure deficit on photochemical and fluorescence yields in tobacco leaf tissue. Plant Physiology, 92:608-614.

PFEIFFER, T.W. & PILCHER, D. 1987. Effect of early and late flowering on agronomic traits of soybean at different planting dates. Crop Science, 27:108-112.

PIPER, E.L., SMIT, M.A., BOOTE K.J. & JONES, J.W. 1996. The role of daily minimum temperature in modulating the development rate to flowering in soybean. Field Crops Research, 47:211-220.

PURCELL, L.C. & KING, C.A. 1996. Drought and nitrogen source effects on nitrogen nutrition, seed growth and yield in soybean. Journal of Plant Nutrition, 19(6): 969-993.

PURCELL, L.C., DE SILVA, M., KING C.A. & HAN KIM, W. 1997. Biomass accumulation and allocation in soybean associated with genotypic differences in tolerance if nitrogen fixation to water deficits. Plant and Soil, 196:101-113.

PURCELL, L.C., SERRAJ, R., DE SILVA, M., SINCLAIR, T.R. & BONA, S. 1998. Ureide concentration of field-grown soybean in response to drought and the relationship to nitrogen fixation. Journal of Plant Nutrition, 21(5):949-966.

PUSHKALA, S. & YAGARAJARAO, Y. 1988. Influence of different soil temperatures on water use, growth and internal water status of soybean. Plant and Soil, 109:288-290.

QUATTARA, S. & WEAVER, D.B. 1995. Effect of growth habit on yield of late planted soybean. Crop Science 35: 411 - 415.

REDELFS, M.S., STONE, L.R., KANEMASU E.T. & KIRKHAM M.B. 1987. Greenness-leaf area index relationships of seven row crops. Agronomy Journal, 79:254-259.

RITCHIE, W.S., HANWAY, J.J., THOMPSON, H.E. & BENSON, G.O. 1988. How a soybean plant develops. Special report no.53. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. Ames. Iowa.

ROCHETTE, P., DESJARDINS, R.L., PATTEY, E. & LESSARD, R. Crop net carbon dioxide exchange rate and radiation use efficiency in soybean. Agronomy Journal, 87:22-28.

SAKA, K., SHIPE, E.R. & WALLACE, S.U. 1996. Relationship among Plant Characters in soybean with different seed size. Soybean Genetics Newsletter. 23 :225-228.

SALADO - NAVARRO, L.R., SINCLAIR, T.R. & HINSON, K. 1986. Yield and reproductive growth of simulated and field - grown soybean. I. Seed - filling duration. Crop Science 26:.966 - 970.

SALADO - NAVARRO, L.R., SINCLAIR, T.R. & HINSON, K. 1986. Yield and reproductive growth of simulated and field - grown soybean. II. Dry matter allocation and seed growth rates. Crop Science 26:.971 - 975.

SALADO-NAVARRO, L.R., HINSON, K. & SINCLAIR, T.R. Nitrogen partitioning and dry matter allocation in soybeans with different seed protein concentration. Crop Science, 25:451-455.

SALAMA, A.M. & SINCLAIR, T.R. 1994. Soybean nitrogen fixation and growth as effected by drought stress and potassium fertilization. Journal of Plant Nutrition, 17(7): 1193-1203.

SALISBURY, F.B & ROSS, C.W. 1992. Plant Physiology. 4 th Edition. California: Wadsworth.

SATTERLEE, L.D. & KOLLER, H.R. 1984. Response of soybean fruit respiration to changes in whole plant light and CO₂ environment. Crop Science, 24(6):1007-1009.

SAVOY, B.R., COTHREN, J.T. & SHUMWAY, C.R. 1992. Soybean biomass accumulation and leaf area - index in early - season production environments. Agronomy Journal 84:956 - 959.

SCHONBECK, M.W., HSU, F.C. & CARLSEN, T.M. 1986. Effect of pod number on dry matter and nitrogen accumulation and distribution in soybean. Crop Science, 26:783-788.

SCHWEITZER, L.E. & HARPER, J.E. 1985. Effect of hastened flowering on seed yield and dry matter partitioning in diverse soybean genotypes. Crop Science 25:995 - 998.

SCOTT, H.D., DeANGULO J., DANIELS, M.B. & WOOD, L.S. 1989. Flood duration effects on soybean growth and yield. Agronomy Journal, 81: 631-636.

SCOTT, H.D., FERGUSON, J.A. & WOOD, L.S. 1987. Water use, yield, and dry matter accumulation by determinate soybean growth in a humid region. Agronomy Journal, 79:870-875.

SEDDIGH, A. & JOLIFF, G.D. 1984. Night temperature effects on morphology, phenology, yield and yield components of indeterminate field-grown soybean. Agronomy Journal, 76:824-828.

SEDDIGH, M. & JOLIFF, G.D. 1984. Effects of night temperature on dry matter partitioning and seed growth of indeterminate field-grown soybean. Crop Science, 24:704-710.

SEDDIGH, M., JOLLIFF, G.D. & ORF, J.H. 1989. Night temperature effects on soybean phenology. Crop Science, 29:400-406..

SEDDINGH, M. & JOLLIFF, G.D. 1984. Physiological responses of field-grown soybean leaves to increased reproductive load induced by elevated night temperatures. Crop Science, 24:952-956.

SERRAJ, R. & SINCLAIR, T.R. 1996. Processes contributing to N₂ -fixation insensitivity to drought in the soybean cultivar Jackson. Crop Science, 36:961-968.

SERRAJ, R. & SINCLAIR, T.R. 1997. Variation among soybean cultivars in dinitrogen fixation response to drought. Agronomy Journal, 89:963-969.

SERRAJ, R. & SINCLAIR, T.R. 1998. Soybean cultivar variability for nodule formation and growth under drought. Plant and Soil, 202:159-166.

SERRAJ, R., BONA, S., PURCELL, L.C. & SINCLAIR, T.R. 1997. Nitrogen accumulation and nodule activity of foeld-grown 'Jackson' soybean in response to water deficits. Field Crops Research, 52:109-116.

SERRAJ, R., SINCLAIR, T.R. & ALLEN, L.H. 1998. Soybean nodulation and N₂ fixation response to drought under carbon dioxide enrichment. Plant, Cell and Environment, 21:491:500.

SERRAJ, R., VADEZ, V., DENISON, F.R. & SINCLAIR, T.R. 1999. Involvement of ureides in nitrogen fixation inhibition in soybean. Plant Physiology, 119:289-296.

SETTIMI, J.R. & BOARD, J.E. 1988. Photoperiod and planting date effects on the spatial distribution of branch development in soybean. Crop Science, 28:259-263.

SHIBLES, R.M. & WEBER, C.R. 1965. Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by soybean. Crop Science 5 :575 - 578.

SINCLAIR, T.R. 1980. Leaf CER from post-flowering to senescence of field-grown soybean cultivars. Crop Science, 20:196-200.

SINCLAIR, T.R. & WEISZ, P.R. 1985. Response to soil temperature of dinitrogen fixation (acetylene reduction) rates by field-grown soybeans. Agronomy Journal, 77:685-688.

SINCLAIR, T.R. 1984. Leaf area development in field grown soybeans. Agronomy Journal 76:141 - 146.

SINCLAIR, T.R., HAMMOND, L.C. & HARRISON, J. 1998. Extractable soil water and transpiration rate of soybean on sandy soils. Agronomy Journal, 90:363-368.

SINCLAIR, T.R., KITANI, S., HINSON, K.K., BRUNIAR, J. & HORIE, T. 1991. Soybean flowering date: linear and logistic model based on temperature and photoperiod. Crop Science, 31:786-790.

SINCLAIR, T.R., MUCHOW, R.C., BENNETT, J.M. & HAMMOND, L.C. 1987. Relative sensitivity of nitrogen and biomass accumulation to drought in field-grown soybean. Agronomy Journal, 79:986-991.

SINCLAIR, T.R., ZIMET, A.R. & MUCHOW, R.C. 1988. Changes in soybean nodule number and dry weight in response to drought. Field Crops Research, 18:197-202.

SIONIT, N., ROGERS, H.H., BINGHAM, G.E. & STRAIN, B.R. 1984. Photosynthesis and stomatal conductance with CO₂-enrichment of container and field-grown soybeans. Agronomy Journal, 76:447-450.

SIONIT, N., STRAIN, B.R. & FLINT, E.P. 1987. Interaction of temperature and CO₂ enrichment on soybean: photosynthesis and seed yield. Canadian Journal of Plant Science, 67:629-636.

SMAJSTRLA, A.G. & CLARK, G.A. 1982. Water stress effects on water use and yield of soybeans. Proceedings, 41:178-181.

SMICKLAS, K.D., MULLEN, R.E., CARLSON, R.E. & KNAPP, A.D. 1992. Soybean seed quality response to drought stress and pod position. Agronomy Journal, 84:166-170.

SMIT, M.A. 1992. Production potential for soybeans in South Africa. Oilseeds News Desember . 15-18.

SMIT, M.A. & Sullivan, C. 1992. Stikstofbinding, stikstofbemesting en proteïenproduksie van sojabone. Oliesade Nuus Julie 6-9.

SMITH, J.R. & NELSON, R.L. 1986. Relationship between seed-filling period and yield among soybean breeding lines. Crop Science, 26:469-472.

SNELLER, S.H. & DOMBEK, D. 1997. Use of irrigation in selection for soybean yield potential under drought. Crop Science, 37:1141-1147.

SNYDER, R.L., CARLSON, R.E. & SHAW, R.H. 1982. Yield of indeterminate soybean in response to multiple periods of soil-water stress during reproduction. Agronomy Journal, 74:855-858.

SOJKA, R.E. & PARSONS J.E. 1983. Soybean water status and canopy microclimate relationship at four row spacings. Agronomy Journal, 75:961-968.

SPAETH, S.C. & SINCLAIR, T.R. 1984. Soybean seed growth. I. Timing of growth of individual seeds. Agronomy Journal 76:123 - 127.

SPAETH, S.C. & SINCLAIR, T.R. 1984. Soybean seed growth. II. Individual seed mass and component compensation. Agronomy Journal 76:128 - 133.

SPAETH, S.C., SINCLAIR, T.R., OHNUMA, T. & KONNO, S. 1987. Temperature, radiation and duration dependence of high soybean yields: measurement and simulation. Field Crops Research, 16:297-307.

SPECHT, J.E., WILLIAMS, J.H. & WEIDENBENNER, C.J. 1986. Differential responses of soybean genotypes subjected to a seasonal soil water gradient. Crop Science, 26:922-933.

SPOLEN, W.G. WIEBOLD, W.J. & GLENN, D.S. 1986. Intraceme competition in field-grown soybean. Agronomy Journal 78:280 – 283.

SRINIVASAN, A., TAKEDA, H. & SENBOKU, T. 1996. Heat tolerance in food legumes as evaluated by cell membrane thermostability and chlorophyll fluorescence techniques. Euphytica, 88:35-45.

STEELE, C.C. & GRABAU, L.J. 1997. Planting dates for early-maturing soybean cultivars. Agronomy Journal, 89:449-453.

STONE, J.A. 1985. Poorly drained conditions and root development of eight indeterminate soybean cultivars. Agronomy Journal, 77:787-789.

STONE, J.A. & TAYLOR, H.M. 1983. Temperature and the development of the taproot and lateral roots of four indeterminate soybean cultivars. Agronomy Journal, 75:613-618.

STRASSER, B.J. & STRASSER, R.J. 1995. Measuring fast fluorescence transients to adress environmental questions: The JIP test. – *In* Photosynthesis : From light to biosphere (P. Mathis, ed.), Vol 5. P977-980. Kluwer academic publishers, Dordrecht.

STRAUB, P.F., SHEARER, G., REYNOLDS, P.H.S., SAWYER, S.A. & KOHL, D.H. 1997. Effect of disabling bacteroid proline catabolism on the response of soybean to repeated drought stress. Journal of Experimental Botany. 48 (311). 1299-1307.

SULLIVAN, J.H. & TERAMURA, A.H. 1990. Field study of the interaction between solar UV-B radiation and drought on photosynthesis and growth in soybean. Plant Physiology, 92:141-146.

SUNDARESAN, S. & SUDHAKARAN, P.R. 1995. Water stress-induced alterations in the proline metabolism of drought susceptible and tolerant cassava (*Manihot esculenta*) cultivars. Physiologia Plantarum 94:635-642.

SUNG, F.J.M. 1993. Waterlogging effect on nodile nitrogenase and leaf nitrate reductase activities in soybean. Field Crops Research, 35:183-189.

SWANK, J.C., EGLI, D.B., PFEIFFER, T.W. 1987. Seed growth characteristics of soybean genotypes differing in duration of seed fill. Crop Science 27:85 - 89.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. 1991. Plant Physiology. California: Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.

TAYLOR, H.M. 1980. Soybean growth and yield as effected by row spacing and by seasonal water supply. Agronomy Journal 72:543 – 547.

THOMAS, J.F. & RAPER, D.C. 1984. Photoperiod regulation of floral initiation for soybean plants at different ages. Crop Science, 24:611-613.

THOMSON, J.A., NELSON, R.L. & SCHWEITZER, L.E. 1995. Relationship among specific leaf weight, photosynthetic rate, and seed yield in soybean. Crop Science, 35:1575-1581.

THURLOW, D.L. & HILTBOLD, A.E. 1985. Dinitrogen fixation by soybeans in Alabama. Agronomy Journal, 77:432-436.

TOMKINS, J.P. & SHIPE, E.R. 1996. Soybean growth and agronomic performance in response to long-juvenile trait. Crop Science, 36:1144-1149.

TROEDSON, R.J., LAWN, R.J., BYTH, D.E. & WILSON, G.L. 1989. Response of field-grown soybean to saturated soil culture: patterns of biomass and nitrogen accumulation. Field Crops Research, 21:171-187.

TROEDSON, R.J., LAWN, R.J., BYTH, D.E. & WILSON, G.L. 1989. Response of field-grown soybean to saturated soil culture: effect of treatments to alter photosynthesis and leaf nitrogen supply. Field Crops Research, 21:189-201.

TURMAN, P.C., WIEBOLD, W.J., WRATHER, J.A. & TRACY, P.W. 1995. Cultivar and planting date effects on soybean growth. Plant and Soil, 176:235-241.

UDOGUCHI, A. & MACGLOUD, D.E. 1987. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida 46:75 - 79.

VAN HEERDEN, P.D.R. & DE VILLIERS, O.T. 1996. Evaluation of the relative water content and the reduction of 2,3,5-triphenyl-tetrazoliumchloride as indicators of drought tolerance in spring wheat cultivars. South-African Journal of Plant Soil, 13(4):131-135.

VAN RENSBURG, L., KRÜGER, G.H.J. & KRÜGER, H. 1993. Proline accumulation as drought tolerant selection criterion : its relationship to membrane integrity and chloroplast ultrastructure in *Nicotiana tabacum* L. Journal of Plant Physiology 141:188-194.

VAN RENSBURG, L. & KRÜGER, G.H.J. 1993. Application of abscisic acid and (or) proline accumulation as selection criteria for drought tolerance in *Nicotiana tabacum*. Canadian Journal of Botany 72:1535-1540.

VAN RENSBURG, L. 1999. Boundary layer, stomatal geometry and spacing, in relation to drought tolerance in four *Nicotiana tabacum* L. cultivars. Suid-Afrikaanse tydskrif vir Plant en Grond. 16(1): 44-49.

VAN RENSBURG, L., KRÜGER, G.H.J. & STRASSER, R.J. 1996. Can screening criteria for drought resistance in *Nicotiana tabacum* L. be derived from the polyphasic rise of the chlorophyll a fluorescence transient (OJIP)? South-African Journal of Botany, 62(6):337-341.

- VARTANIAN, N., HERVOCHON, P., MARCOTTE, L. & LARHER, F. 1992. Proline accumulation during drought rhizogenesis in *Brassica napus* var. *oleifera*. 140: 623-628.
- VASILAS, B.L. & NELSON, R.L. 1992. N₂ fixation and dry matter and N accumulation in soybean lines with different seed-fill periods. Canadian Journal of Plant Science, 72:1067-1074.
- VASILAS, B.L., NELSON, R.L. & VAN DEN HEUVEL, R.M. 1990. Effect of method and plant sample on nitrogen fixation estimates in soybean. Agronomy Journal, 82:637-676.
- VASILAS, B.L., NELSON, R.L., FUHRMANN, J.J. & EVANS, T.A. 1995. Relationship of nitrogen utilization patterns with soybean yield and seed-fill period. Crop Science, 35:809-813.
- VAUGHAN, D.A., BERNARD, R.L. & SINCLAIR, J.B. 1989. Soybean seed quality in relation to days between development stages. Agronomy Journal 81:215 - 219.
- VILLALOBOS-RODRIGUEZ, E. & SHIBLES, R. 1985. Response of determinate and indeterminate tropical soybean cultivars to water stress. Field Crop Research, 10:269-281.
- WALLACE, S.U. 1986. Yield and seed growth at various canopy locations in a determined soybean cultivar. Agronomy Journal 78:173 - 178.
- WEAVER, D.B., AKRIDGE, R.L. & THOMAS C.A. 1991. Growth habit, planting date, and row-spacing on late-planted soybean. Crop Science 31:805 – 810.
- WEIL, R.R., KHALIL, N. & THOMSON P.R. 1990. Canopy response of soybean affected by growth habit and late season competition. Agronomy Journal 82:534 – 540.

WEISZ, R.P., DENISON, R.F. & SINCLAIR, T.R. 1985. Response to drought stress of nitrogen fixation (acetylene reduction) rates by field-grown soybeans. Plant Physiology, 78: 525-530.

WELLS, R. 1991. Soybean growth response to plant density : Relationships among canopy photosynthesis, leaf area and light interception. Crop Science 31:755 - 761.

WELLS, R., BURTON, J.W. & KILEN T.C. 1993. Soybean growth and light interception: response to differing leaf and stem morphology. Crop Science, 33:520-524.

WELLS, R., SCHULZE, L.L., ASHLEY, D.A., BOERMA, H.R. & BROWN, R.H. 1982. Crop Science, 22:886-889.

WELLS, R. 1993. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. Agronomy Journal 85:44 - 48.

WESTGATE, M.E. & PETERSON. 1993. Flower and pod development in water-deficient soybeans. Journal of Experimental Botany. 44 (258) : 109-117.

WILCOX J.R. & GUODONG Z. 1997. Relationships between seed yield and seed protein in determinate and indeterminate soybean populations. Crop Science 37:361 - 364.

WILCOX, J.A., WIEBOLD, W.J., NIBLACK, T.L. & KEPHART, K.D. 1995. Growth and development of soybean isolines that differ for maturity. Agronomy Journal, 87:932-935.

WILCOX. J.R. & FRANKENBERGER E.M. 1987. Indeterminate and determinate soybean responses to planting date. Agronomy Journal 79:1074 – 1078.

WILKERSON, G.G., JONES, J. W., BOOTE, K.J. & BUOL, G.S. 1989. Photoperiodically sensitive interval in time to flower of soybean. Crop Science, 29:721-726.

WILLCOTT, J., HERBERT, S.J. & ZHI-YI, L. 1984. Leaf area display and light interception in short-season soybeans. Field Crops Research, 9:173-182.

WILLIAMS, P.M. & DE MALLORCA, M.S. 1984. Effect of osmotically induced leaf moisture stress on nodulation and nitrogenase activity of *Glycine max*. Plant and Soil, 80:267-283.

ZHANG, J., SPECHT, J.E., GRAEF, G.L. & JOHNSON, B.E. 1992. Pubescence density on soybean seed yield and other agronomic traits. Crop Science, 32:641-648.

ZOBEL, R.W., WRIGHT, M.J. & GAUCH, H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal, 80:388-393.