

6139 708 72

U.O.V.S. BIBLIOTEK

at T

University Free State



34300000734388

Universiteit Vrystaat

DIE INVLOED VAN WATERSTREMMING OP DIE GROEI
VAN
Themeda triandra FORSK.

DEUR

ISAK BARTHOLOMEUS OOSTHUIZEN

Voorgelê ter vervulling van die vereistes vir die graad M.Sc. (Agric)
in die Fakulteit Natuur- en Landbouwetenskappe (Departement Weidingkunde)

UNIVERSITEIT VAN DIE VRYSTAAT
BLOEMFONTEIN

Junie 2001

STUDIELEIER: Prof. H A Snyman

Universiteit van die
Oranje-Vrystaat
BLOEMFONTEIN

4 - DEC 2001

UOVS SASOL BIBLIOTEEK

Voorwoord

Alle eer, lof en dank aan my Skepper vir die krag en gesondheid om hierdie taak te kon verrig. Hiermee wens ek my opregte dank en waardering teenoor die volgende persone en instansies te betuig.

Die Landbounavorsingsraad en die Departement Weidingkunde (UV) vir die finansiering van die projek. Prof. Hennie Snyman, Hoof van die Departement Weidingkunde aan die Fakulteit Natuur- en Landbouwetenskappe van die Universiteit van die Vrystaat, wat as studieleier opgetree het. Sy leiding, positiewe benadering, belangstelling en aanmoediging word opreg waardeer.

Prof. Nico Smit, mnr. Wikus Vorster en mnr. Freddie Dreyer in die Departement Weidingkunde aan die Fakulteit Natuur- en Landbouwetenskappe van die Universiteit van die Vrystaat, vir hul hulp, belangstelling en aanmoediging.

Diana Eksteen, Elmarie van der Watt en Prof. Seef Pretorius in die Departement Agronomie aan die Fakulteit Natuur- en Landbouwetenskappe van die Universiteit van die Vrystaat, vir hul hulp met die ontledings van die plantmateriaal.

My vrou en familie vir hul volgehoue belangstelling, aanmoediging en ondersteuning.

INHOUDSOPGAWE

Hoofstuk	Bladsy
1. INLEIDING	1
2. LITERATUUROORSIG	4
2.1 Inleiding	4
2.2 Groeiereswes en groeistadiums	5
2.3 Die invloed van waterstremming op plantproduksie	6
2.4 Die invloed van waterstremming op groeiereswes	8
2.5 Die invloed van ontblaring op die groeiereswes	8
2.6 Die invloed van waterstremming op wortelontwikkeling	13
2.7 Die invloed van ontblaring op wortelontwikkeling	14
3. EKSPERIMENTELE PROSEDURE	15
3.1 Proefuitleg	15
3.2 Metodes	15
3.3 Behandelings	17
3.4 Oes en hantering van fitomassaproduksie	19
3.5 Wortelmasa	19
3.6 Wortellengtes	19
3.7 Ontblaring	19
3.8 Chemiese ontledings	20
3.8.1 Bepaling van stysel	20
3.8.2 Bepaling van sukrose	20
3.8.3 Bepaling van proteïen	20
4. INVLOED VAN WATERSTREMMING OP GROEIERESWES VOOR ONTBLARING	21
4.1. Nie-strukturele koolhidraat	21
4.2. Wateroplosbare proteïen	25

5.	INVLOED VAN WATERSTREMMING OP GROEIRESERWES NA ONTBLARING	30
5.1	Vegetatiewe groeistadium	30
5.1.1	Nie-strukturele koolhidraat	30
5.1.2	Proteïen	33
5.2	Pyp groeistadium	36
5.2.1	Nie-strukturele koolhidraat	36
5.2.2	Proteïen	38
5.3	Reproduktiewe groeistadium	41
5.3.1	Nie-strukturele koolhidraat	41
5.3.2	Proteïen	43
6.	INVLOED VAN WATERSTREMMING EN ONTBLARING OP WORTELMASSA EN WORTELLENGTE	45
6.1	Wortellengte	45
6.2	Wortelmassa	47
6.3	Verwantskap	50
7.	ALGEMENE GEVOLGTREKKING EN AANBEVELINGS	51
8.	OPSOMMING	53
9.	LITERATUURVERWYSINGS	55
10.	BYLAE A	70

AFKORTINGS

TNK	totale nie-strukturele koolhidraat
VWK	veldwaterkapasiteit
WOK	wateroplosbare koolhidraat
DM	droë materiaal
TBK	totale beskikbare koolhidraat
DNO	dae na ontblaring
BEH	behandeling
REPL	replikasie
GEM	gemiddeld
LSD	kleinste betekenisvolle verskil
UV	ultraviolet

HOOFSTUK 1

Inleiding

Twee-derdes van die landoppervlakte van Suid-Afrika ontvang minder as 500 mm reënval per jaar (Schulze 1979). Vanweë die wisselvallige reënval en beperkte grondoppervlakte beskikbaar vir voerproduksie, is veeproduksie in hierdie droë deel hoofsaaklik op weiveld aangewese (Snyman 1993; Snyman & Fouché 1993). Hierdie veeboerderygebiede word periodiek deur seisoenale- en rampdroogtes geteister (Skinner 1981) en dit maak gevolglik veeboerdery wisselvallig (Snyman & Fouché 1991).

Die onbetroubaarheid van die reënval en die swak verspreiding daarvan deur die jaar noodsaak 'n beter begrip van die fisiologiese reaksies van die dominante grasspesies op waterstremming in die semi-ariëde grasveldgebiede. Navorsers huldig oor jare die mening dat nog beter kennis van die groei en ontwikkeling van die wortels en bogrondse plantdele van grasse mag lei tot die toepassing van veldbestuurbeginsels wat nog meer op wetenskaplike basis gegrond kan wees (Scott & Rabie 1956).

Die betrokkenheid en belang van groeiereserwes, veral nie-strukturele koolhidrate en proteïene in biologiese prosesse, was 'n groot inspuiting vir die huidige intense belangstelling deur plantfisioloë in hierdie uiteenlopende groep van stowwe. 'n Uitvloeisel hiervan is 'n magdom literatuur oor verskeie metodes vir die ontleding van koolhidrate. Die uiteenlopendheid van die literatuur kan deels toegeskryf word aan die groot verskeidenheid tipes koolhidrate en die groot variasie in die vorms en voorkoms daarvan.

Nie-strukturele koolhidrate is die primêre bron van reserwe energie in meerjarige weiplante en is essensieel in die oorlewing en produksie tydens dié periodes wanneer koolhidraatbenutting die fotosinterende aktiwiteite oorskadu (Smith *et al.* 1964; Mooney 1972; Smith 1981). Dit is nie die afsonderlike vlakke van spesifieke oplosbare suikers wat belangrik is nie, maar eerder die totale hoeveelheid suikers (Hilbert & Reynolds 1991). Die totale nie-strukturele

koolhidraatkonsentrasie is 'n aanduiding van die koolhidraatenergie onmiddelik tot die plant se beskikking. Dit is nie net 'n aanwyser van die plantweefsels se fisiologiese status nie, maar speel ook 'n belangrike rol in dierevoeding.

Weiplante word periodiek ontblaar teen variërende intensiteite in kombinasie met waterstremming wat 'n algemene abiotiese faktor is waaraan weiplante onderwerp word. Ontblaring en waterstremming het 'n spesifieke invloed op die groei van weiplante, wat toeneem met 'n toename in die stremmings- en ontblaringsintensiteit, en waardeur die oorlewing van die plant beïnvloed kan word. In ariede en semi-ariëde gebiede is oorbeweiding onder droogtetoestande 'n algemene tendens, omdat voerproduksie gewoonlik beperkend raak en hoë bestuurs-risiko's teweeg bring. Die gevolge is potensieel katastrofies vir plantoorlewing en die stabiliteit van die weiveld.

Die literatuur toon duidelik dat met ontblaring, groeiereserwes noodsaaklik is in die biologiese, fisiologiese en ekologiese milieu van die weiplant (Cook 1966; White 1973; Steinke 1975; van Rensburg 1976; Trlica 1977; Trlica & Singh 1979; Smith 1981; Deregibus *et al.* 1982; Briske & Woie 1984; Danckwerts & Gordon 1990; Danckwerts 1993; Engel *et al.* 1998; Richards & Cladwell 1985). Nie-strukturele en strukturele koolhidrate asook proteïene speel 'n belangrike rol in die biologiese prosesse van plante veral in dele met 'n reënval laer as 700 mm per jaar.

Themeda triandra is 'n dominante grasspesie in die semi-ariëde grasveld gebiede en word beskou as een van Suid-Afrika se belangrikste natuurlike weigrasse (Roberts & Opperman 1966). Hierdie gras val binne die groep van C₄ plante wat die C₄ fotosintetiese weg vir koolstofbinding volg en gevolglik die "verdraagsaamheid-strategie" eienskap tydens waterstremming besit (Ludlow 1986). Tog is baie min bekend oor die invloed van waterstremming op die groeiereserwes van hierdie sleutel weiplant. Die invloed van waterstremming (Snyman *et al.* 1987) op die groei, oorlewing en die groeiereserwestatus van weiplante is van onskatbare waarde in die formulering van 'n bestuurstrategie in die semi-ariëde grasveld.

Baie min is tans bekend oor die reaksie van weiplante op die gelyktydige invloed van waterstremming en ontblaring (Snyman & Opperman 1983; Ludlow 1986; Danckwerts & Stuart-Hill 1988; Venter 1988; Snyman 1993; Moolman *et al.* 1996a & b) terwyl nog minder is bekend oor die invloed hiervan op die koolstofbalans (wateroplosbare koolhidraat (WOK)) en wateroplosbare proteïenreserwes (Busso *et al.* 1990). Terselfdertyd is baie van die inligting wat wel bekend is, teenstrydig. Die belangrikste redes vir die gebrek aan verwantskappe tussen die koolhidraatpoele of -konsentrasies en hergroei is moontlik dat; (i) die bydrae van huidige fotosintese tot hergroei ondersteun word; (ii) morfologiese en meristematieuse eienskappe hergroei beperk en (iii) koolhidraatpoele onakkuraat deur gewone prosedures bepaal kan word (Richards & Cladwell 1985; Moore 1989; Kirkman & Moore 1995).

Die doel met hierdie ondersoek was om te bepaal hoe waterstremming en ontblaring die translokasie van totale nie-strukturele koolhidraat (TNK) (hoofsaaklik sukrose, glukose en stysel) en wateroplosbare proteïen in die bogrondse en ondergrondse plantdele beïnvloed. Daar word ook gepoog om met 'n weiveldstrategie na vore te kom ten einde volhoubare diereproduksie vir die semi-ariëde gebiede te verseker.

HOOFSTUK 2

Literatuuroorsig

2.1 Inleiding

Verskeie outeurs verbind die konsentrasie TNK met die weerstand van verskeie plante tydens waterstremming en ontblaring (May 1960; Ludlow 1986; Busso *et al.* 1990; Nerd & Noble 1991). Dit word algemeen aanvaar dat veral meerjarige veldplante nie-strukturele koolhidrate opberg (Smith 1973; Mooney 1972). Volgens Wolfson & Tainton (1999) word 'n klein gedeelte van die opgebergde reserwes gedurende die winter gebruik om die lewensprosesse van die plant aan die gang te hou. In die lente, met die begin van die groeiseisoen, is daar 'n vinnige en drastiese afname in die reserwepoele a.g.v. die groot aanvraag vir reserwes in die aktiewe ontwikkelingsdele van die plant (Weinmann 1952, 1955). Weinmann (1961) het bevind dat die persentasie TNK in die wortels van *Themeda triandra* die laagste waarde (8.4 %) in die somer, en die hoogste waarde (18-19 %) gedurende die winter bereik.

Groei en oorlewing van weiplante word bepaal deur hulle koolstofbalans (Ludlow 1986). Enersyds word hoë groeitempo's van die plant bepaal deur die tempo van koolstofassimilasie, die verspreiding daarvan na verskeie organe en die benutting daarvan in die produksie van plantmateriaal. Aan die ander uiterste word plantoorlewing bepaal deur die onderhoud van 'n minimum koolstofpoel en die opberging daarvan in die lote en wortelbasisse. Beide waterstremming en ontblaring het 'n groot invloed op assimilasië, verspreiding en benutting van koolstof en gevolglik op die grootte en neerlegging van koolstofpoele in die plant. Sommige van die effekte is kumulatief, bv. wanneer die koolstofvaslegging verlaag word deur 'n verkleining in die blaaroppervlakte agv. ontblaring en die verlaagde tempo van blaarfotosintese as gevolg van stomatasluiting in watergestremde blare. Die invloed van waterstremming en ontblaring kan kompenserend wees, bv. waar ontblaring die tempo van waterverlies verlaag agv. 'n verlaging in die grootte van die transpirerende oppervlakte om sodoende die watertekorte in die blare op te hef. Alberda (1966) toon aan dat in *Lolium perenne* plante met 'n hoë reserwestatus binne twee weke twee maal soveel droëmateriaal (DM) geproduseer is as in plante waarvan die reserwestatus laag was. By meerjarige grasse is

daar 'n positiewe verwantskap tussen die reserwestatus en die hergroeipotensiaal na ontblaring (Davies 1965; Adegbola 1966; Steinke & Booysen 1968; Bartholomew & Booysen 1969).

Die presiese rol en meganisme tydens die translokasie en benutting van TNK, word gekompliseer deurdat sekere plantspesies stysel en ander weer hoofsaaklik fruktosane akkumuleer. Van Biljon (1981) wys daarop dat daaglikse variasies in die groeiereswestatus die begrip hiervan verder kompliseer. Die bestudering van plante onder waterstremmingstoestande word bemoeilik deur die kompleksiteit van die fisiologiese en biochemiese reaksies van plante tydens watertekorte (Kaufmann 1981). Plante van die Asteraceae familie akkumuleer hoofsaaklik fruktosane in die ondergrondse (wortels) en stysel in die bopgrondse dele (Smith 1981). Met betrekking tot die reserwe koolhidraat wat aangetref word, deel De Cugnac (1931) meerjarige grasse in twee groepe in, naamlik:

- dié soorte wat fruktosane tesame met sukrose, maar geen stysel opberg nie (*Graminies lévulifères*); en
- dié soorte wat sukrose met of sonder stysel opberg, maar geen fruktosane nie (*Graminies saccharifères*).

Fruktosane is die belangrikste koolhidraatreserwe by grasse van koel en gematigde streke terwyl dié soorte wat sukrose en stysel opberg, tipies van warm tropiese gebiede is (Waite & Boyd 1953, van Rensburg 1976).

2.2 Groeiereswes en groeistadiums

Sukrose, stysel, klein hoeveelhede glukose en proteïen is die vernaamste vorms van groeiereswes in *Themeda triandra* en hiervan is die koolhidrate die belangrikste (Van Rensburg 1976). Die konsentrasie totale beskikbare koolhidrate in die stoororgane van meerjarige grasse neem af gedurende die vorming van nuwe lote (lente) en neem weer toe met die rypwording van die plant (herfs). Van Rensburg (1976) het bevind dat slegs stysel en ruproteïen seisoensvariasie gedurende verskillende groeistadia toon, wat met dié van ander navorsers ten opsigte van totale beskikbare koolhidrate ooreenstem.

2.3 Die invloed van waterstremming op plantproduksie

Die invloed van waterstremming op die groei en ontwikkeling van grasse varieer tussen verskillende plantspesies, die groeistadium van die plant, die duur van die waterstremmingsperiode en die behandeling wat die stremmingsperiode voorafgaan, soos byvoorbeeld ontblaring. Saailinge is oor die algemeen baie meer vatbaar vir 'n watertekort en selfs vrektes as volwasse plante, hoofsaaklik omdat hulle kleiner en swakker ontwikkelde wortelstelsels besit (Johnson 1980; Wolfson & Tainton 1999).

Die hoeveelheid plantbeskikbare water is 'n bepalende faktor vir die DM opbrengs van voerplante (Opperman *et al.* 1977; Danckwerts 1984). Pieterse & Rethman (1999) het bevind dat daar 'n afname in DM opbrengs by *Panicum maximum* onder toenemende waterstremming by verhoogde N peile voorkom. Cocksfoot (*Dactylis glomerata*) lewer tydens 'n 76 dae droogte in die groeiseisoen geen meetbare opbrengs nie (Volaire 1995). Venter *et al.* (1997) skryf verlaagde groeitempo's toe aan 'n afname in die relatiewe tempo van fotosintese by 'n toename in waterstremming.

Die ontblaring van watergestremde plante verlaag groei en mag sommige plante selfs laat afsterf. Die aanvanklike verhoging in die produksie van 'n C₄-gras onder verhoogde CO₂ konsentrasies neem af by opeenvolgende hergroei na herhaaldelike ontblaring, wanneer die plante aan waterstremming onderwerp is (Gifford & Morison 1985; Wand, Midgley & Peters 1999). Die gemiddelde DM-produksie van C₄-grasse in Indië het meer gedaal onder 'n verhoogde frekwensie van ontblaring gedurende 'n droë seisoen teenoor 'n goeie reënseisoen. In ander gevalle het ontblaring weinig invloed op die groei van watergestremde plante gehad (Moir & Trlica 1976). By 'n ander groep weiplante is beide die DM-produksie en oorlewing van watergestremde weiplante verbeter deur ontblaring (Hodgkinson 1976). Die verbetering het toegeneem met 'n toename in intensiteit van ontblaring tot 'n maksimum waarna 'n verdere toename in intensiteit 'n afname in produksie gehad het. Ludlow (1986) is van mening dat ontblaring die oorlewing van plante tydens droogtes kan bevorder, wat aan die afname in waterverlies toegeskryf kan word. Indien die groeiereserwestatus te laag is, sal die plante onder hierdie toestande wel afsterf.

Onder waterstremmingstoestande vind Hodgkinson (1976) 'n toename in produksie en skryf dit toe aan 'n verlaagde blaartranspirasie (plantwaterstatus is nie gemeet nie). McNaughton *et al.* (1983) beskryf hierdie verhoogde produksie na ontblaring onder waterstremmingstoestande, as die kompensasiegroei van ontblaarde plante. Waterstremming ontwikkel baie stadiger in ontblaarde weiplante as in nie ontblaarde plante (Toft *et al.* 1987). Weiplante wat gelyktydig aan waterstremming en ontblaring onderwerp is, produseer meer DM in die herstelperiode nadat die waterstremming opgehef is en ontblaring gestaak is as weiplante wat besproei is tydens ontblaring (Hodgkinson 1976).

Busso & Richards (1995) is van mening dat die afname in blaaroppervlakte en die verlaagde groeitempo een van die belangrikste invloede van waterstremming is. Dit is die gevolg van 'n afname in selvergroting, gevolg deur 'n afname in die tempo van selverdeling (Slatyer 1967). Die duur en die frekwensie van die stremmingsperiodes bepaal grootliks die mate waarin daar 'n afname in die blaaroppervlakte sal voorkom (Alcocer-Ruthling *et al.* 1989, Snyman 1993). Blaargroei en lootontwikkeling word eerste met waterstremming belemmer (Brown 1995). In *Sporobolus fimbriatus* en *Themeda triandra* staak blaargroei nadat 40% grondwater reeds benut is, maar duidelike verwelking tree eers in nadat 70% van die beskikbare grondwater reeds uitgeput is (Danckwerts 1988). In *Panicum maximum* vertraag waterstremming stingelverlenging en die aanvang van die blomstadium en mag ook die normale ontogenetiese veranderinge in die blaar vertraag, wat weer DM kwaliteit beïnvloed (Wilson & Ng 1975).

Blaargroei is baie sensitief vir die aanvanklike waterstremming (Aspinall 1986; Sheriff *et al.* 1986). Volgens Mayoral *et al.* (1981) neem die aktiwiteit van karboksileringsensieme, sowel as die chlorofi-l en proteïeninhoud af met 'n afname in die blaarwaterpotensiaal (Ψ). Groei kan selfs voor fotosintetiese aktiwiteite staak (Turner & Begg 1978).

In cocksfoot (*Dactylis glometata*) bestaan daar 'n korrelasie ($P < 0.001$) tussen die DM-opbrengs en die glukose- en fruktosaankonsentrasies in die blaarbasisse aan die begin van die groeiseisoen (Voltaire 1995). Groei van grasse deur die seisoen kan ook omgekeerd eweredig aan die TNK reserwepoel wees (Menke & Trlica 1981).

Osmotiese aanpassings in plante help met die behoud van die turgor en ondersteun turgorgedrewe prosesse soos wortelverlenging onder waterstremmingstoestande, al blyk dit geen impak op volgehoue blaarverlenging te hê nie (Wilson & Ludlow 1983). Volgehoue wortelgroei tydens periodes van waterstremming is van kardinale belang vir die effektiewe benutting van al die grondwater (Ludlow 1986).

2.4 Die invloed van waterstremming op groeiereserwes

Relatiewe kort periodes van waterstremming kan die wortelmasse en die TNK-inhoud van die wortels en stingelbasisse in *Themeda triandra* verhoog (Nursey 1971; Opperman *et al.* 1976). Dit beteken dat daar 'n afname in die benutting van koolhidrate gedurende hierdie periodes is. Verhoogde waterstremming het 'n groter invloed op die groeiprosesse van die plant as op die fotosintese en stomata-aksie (Brown & Blaser 1965). Volgens O'Connor & Bredenkamp (1997) verklaar dit waarom die ontblaring van *T. triandra* gedurende die groeiseisoen 'n oordra-effek het op die bogrondse produksie in die volgende seisoen (Snyman 1993).

Koolhidraatreserwes akkumuleer in plante wat aan waterstremming onderwerp is, aangesien groei beperk word voordat fotosintese begin afneem (Dina & Klikoff 1973; Hsiao 1973; Deregibus *et al.* 1982; Snyman *et al.* 1997; Venter *et al.* 1997). Volgens Ford & Wilson (1981) verhoog die konsentrasies van glukose en fruktose minimaal in watergestremde weiplante (*Cenchrus ciliaris*, *Panicum maximum* var *trichoglume* en *Heteropogon contortus*). Die konsentrasie van sukrose kan ook drasties toeneem onder waterstremming (Ford & Wilson 1981). Moore (1989) het 'n styging in die TNK in die wortels onder warm droë toestande waargeneem. Die herstel van cocksfoot (*Dactylys glomerata*) is hoog gekorreleer ($P < 0.001$) met die WOK ($r = 0.82$) en die fruktosaaninhoud van die blaarbasisse ($r = 0.85$) (Volaire 1995).

2.5 Die invloed van ontblaring op groeiereserwes

Wateroplosbare koolhidrate word algemeen beskou as die primêre bron van koolstof vir die hergroei van meerjarige weiplante na ontblaring (Alberda 1957; Cook 1966; Engel *et al.* 1998;

White 1973; Van Rensburg 1976; Trlica 1977; Trlica & Singh 1979; Smith 1981; Deregibus *et al.* 1982; Archer & Detling 1984; Briske & Woie 1984; Danckwerts & Gordon 1990; Danckwerts 1993; Engel *et al.* 1998) behalwe as daar na ontblaring genoeg blaarmateriaal oorbly (Steinke 1975; Richards & Cladwell 1985).

Ontblaring laat die volgende afneem: koolhidraatreserwes, wortelgroei en blaaroppervlakte. Die vernaamste bergingstreek van groeiereserwes is in die stingelbasisse en nie in die wortels nie (White 1973). Nie-strukturele koolhidrate in die wortels van grasse word heelwaarskynlik nie vir hergroei na ontblaring gebruik nie (White 1973). In droë dele lei ontblaring tot 'n reduksie in die koolhidraatreserwes, wat weer lei tot 'n afname in die grootte van die wortelstelsel, wat tot gevolg het dat die plante nie voedingstowwe kan absorbeer of droogtes kan oorleef nie (Barnes 1956).

Die gevolg en invloed van gelyktydige ontblaring en waterstremming sal afhang van die individuele, kumulatiewe en interaktiewe effek daarvan op die koolstofbalans van weiplante. Die sensitiwiteit t.o.v. waterstremming hang af van die fenologiese stadium (Alcocer-Ruthling *et al.* 1989) of groeistadium van die grasplant (Moolman *et al.* 1996a & b; Sieling *et al.* 1994). Weiplante volg drie weë vir oorlewing tydens waterstremming; nl. ontsnapping, vermyding en toleransie (Ludlow 1980; Ludlow *et al.* 1983).

Die totale ontblaring van groen blaarmateriaal van weiplante maak hergroei afhanklik van die koolhidraatreserwes en is daar gevolglik 'n vertraagde groeitempo na ontblaring (Wolfson & Tainton 1999). Engel *et al.* (1998) het bevind dat die ontblaring van "sand bluestem" (*Andropogon hallii* Hack.) op 70 mm hoogte nie die konsentrasie TNK beïnvloed het nie, maar dat herhaaldelike ontblaring gedurende die groeiseisoen, die TNK massa in die wortels met 34% laat daal het. 'n Eenmalige ontblaring in die middel van die groeiseisoen kan selfs ook die TNK massa met 12% laat daal (Engel *et al.* 1998).

Zarrouh *et al.* (1984) is van mening dat die kwantitatiewe bydrae van koolhidraatreserwes tot hergroei na ontblaring, kleiner is as wat aanvanklik aangeneem is. Nie-strukturele koolhidrate verteenwoordig slegs 'n deeltjie (minder as 10%) van die opgebergde koolstof wat vir

hergroei gebruik word (Richards & Cladwell 1985). Hierdie outeurs het tot hierdie gevolgtrekking gekom na die bestudering van ge-etioleerde hergroei in *Agropyron* spesies. Veranderinge in die totale beskikbare koolhidraatpoel het slegs 52% van die veranderinge in bogrondse fitomassa beskryf. Ander oplosbare verbindings behalwe koolhidrate is dus ook as 'n bron van koolstof benut (Wolfson & Tainton 1999). Vergelykbare resultate is verkry op ander weigewasse deur Davidson & Milthorpe (1966), Chung & Trlica (1980) en Dewald & Sims (1981). Volgens hierdie outeurs is die identiteit van sulke oplosbare verbindings nie duidelik waarneembaar nie (Wolfson & Tainton 1999).

Studies van die koolstofbalans en die herverspreiding van ^{14}C -gemarkte reserwes na ontblaring, het in verskeie gevalle min tot geen mobilisering van wortel of kroonreserwes vir hergroei getoon nie (Marshall & Sagar 1965; Davidson & Milthorpe 1966; Smith & Marten 1970; Chung & Trlica 1980). Smith & Marten (1970) het voorgestel dat die bydrae van die onmiddellike fotosintetiese produk te geweldig varieer tussen spesies en die fenologiese stadium. Dit verbloem dus die korrelasie tussen hergroei en reserwe koolhidrate. By intensiewe ontblaring oorskry die reserwe koolhidraatbydrae wel dié van fotosintese, maar net vir die eerste paar dae (Richards & Cladwell 1985). Navorsing deur Danckwerts (1993) wys daarop dat alhoewel die bydrae van die koolstofreserwepoele klein mag wees, speel dit nogtans 'n baie belangrike rol in hergroei na verwydering van al die blaarmateriaal speel.

Indien 'n weiplant ontblaar sou word, voorsien die herverspreiding van koolstof- en ander groeiereserwebronne van nie-ontblaaarde plantdele na die ontblaaarde lote van dieselfde plant, die moontlike meganisme vir herbivoor verdraagsaamheid deur die fasilitering van loot-oorlewing en hergroei na ontblaring (Wolfson & Tainton 1999). Volgens Deregibus *et al.* (1982) is daar 'n vinnige afname in die oplosbare koolhidrate in die wortels na ontblaring a.g.v. 'n drastiese afname in fotosintese en die volgehoue benutting van koolhidrate deur wortelrespirasie.

Die graad van afname in totale beskikbare koolhidrate is afhanklik van die hoeveelheid teenwoordig met die aanvang van ontblaring. Hoe hoër die aanvanklike waarde, hoe groter sal die afname wees (Bartholomew & Booysen 1969). Plante is geweldig kwesbaar vir verdere ontblarings, asook vir die oorlewing van droogtes wanneer die groeiereserwepoele laag is (Wolfson & Tainton 1999).

Herhaalde ontblaring op 'n jong stadium kan lei tot 'n totale uitputting van die reserwes en 'n verswakte wortelstelsel, wat nie effektief is in die onttrekking van water en voedingstowwe vanuit die grond nie. So 'n plant word dan maklik beskadig deur beweiding en droogte (Du Toit 1979).

In Weinmann (1948) se ondersoek na die invloed van verskillende wei-intensiteite op veldgrasse, is bevind dat verskeie weibehandlings aanleiding gee tot 'n reduksie in die wortelmasse en 'n afname in die hoeveelheid TNK teenwoordig in die wortels. Hoe intenser die weibehandeling, hoe laer die koolhidraatinhoud in die wortels en hoe swakker die opbrengs met hergroei.

Verskeie navorsers beskou die TNK inhoud belangriker as die TNK konsentrasie (Ogden & Loomis 1972; Cladwell *et al.* 1981; Archer & Detling 1984; Engel *et al.* 1998; Christiansen & Svejcar 1987). Konsentrasiewaardes kan misleidend wees aangesien die massa of hoeveelheid plantmateriaal betrokke geïgnoreer word, en dit daarom nodig is om die presiese hoeveelheid TNK te bepaal. Die herverspreiding van die opgebergde TNK na ontblaring vanuit die wortels toon nie 'n variasie in die konsentrasie TNK nie (Engel *et al.* 1998), maar wel 'n afname in die totale wortelmasse (Opperman *et al.* 1969 & 1970) en die TNK-poele.

Geen betekenisvolle ($P > 0.05$) verskil in die persentasie totale beskikbare koolhidrate van die stoppels vir verskillende snybehandelings van *Themeda triandra* (onder geen waterstremming) kom volgens Opperman *et al.* (1970) voor nie. Met 'n toename in die frekwensie van ontblaring is daar 'n toename ($P > 0.05$) in die ruproteïëinhoud van die stoppels. By verskeie spesies is daar na ontblaring min, indien enige mobilisasie van groeiereserwes vanaf die wortels na die lote (Marshall & Sagar 1965; Davidson & Milthorpe 1966). Swak korrelasies tussen WOK en hergroei is deur verskeie navorsers verkry (May 1960; Ward & Blazer 1961; Jameson 1963; Stoddart *et al.* 1975; Cladwell *et al.* 1981).

Die persentasie TBK in die wortels was hoër onder geen en matige ontblaring as onder aanhoudende ontblaring (Opperman *et al.* 1970). Dieselfde tendens is vir die totale koolhidraatproduksie bevind. Die ruproteïëinhoud van die wortels vir die verskillende behandelings het volgens dié navorsers nie-betekenisvol verskil nie. Die plante wat matig en straf ontblaar was, het tog 'n ietwat hoër ruproteïëinhoud in die wortels gehad. Vir plante

wat die hele seisoen gerus het, was die tendens die teenoorgestelde en het die totale ruproteïeninhoud die hoogste waarde getoon (Opperman *et al.* 1970).

Roberts & Opperman (1966) het 'n hoër persentasie ruproteïen in die wortels van klimaks spesies na ontblaring regdeur die seisoen bevind, maar dat die totale hoeveelheid ruproteïen en totale koolhidrate in die wortels afgeneem het. Verder is deur hulle bevind dat die totale beskikbare koolhidrate in die wortels en stoppels van klimaks spesies laer was met ontblaring regdeur die seisoen, ongeag die frekwensie van ontblaring.

In die karoobossie *Osteospermum sinuatum* het Van der Westhuizen & Joubert (1983) 'n afname in die koolhidraatkonsentrasie na gesimuleerde ontblaring bevind. Van der Heyden (1992) vind soortgelyke resultate gedurende 'n ses-week monitering van drie karoobossies na ontblaring. Ge-etioleerde groeistudies bevestig dat hergroei van ten minste een van die spesies (*Osteospermum sinuatum*) afhanklik was van opgebergde koolhidraatreserwes vir vier weke en dat gevolglike loofgroei en aanvulling van gedeeltelik uitgeputte koolhidraatreserwes afhanklik was van die fotosintetiese produkte van nuwe en oorblywende blare (Van der Heyden & Stock 1996). Die meeste van die hergroei van *Osteospermum sinuatum* was afkomstig van opgebergde koolstof (60%) vir selfs twee weke na gesimuleerde ontblaring. Hierdie korrelasie tussen hergroei en koolhidraatreserwes, soos waargeneem in karoobossies, verskil baie van die patrone waargeneem vir grasse (Richards & Cladwell 1985; van der Heyden & Stock 1996). Bossies is blykbaar meer afhanklik van opgebergde koolhidrate as grasse en is vir langer periodes daarop aangewese vir die produksie van nuwe blare na ontblaring (Wolfson & Tainton 1999). Grasse soos *Dactylis*, *Agropyron* en *Lolium* spesies kan vir twee tot ses dae (Richards & Cladwell 1985; Gonzales *et al.* 1989; Davidson & Milthorpe 1996) van opgebergde koolstof afhanklik wees. *Pentzia incana* handhaaf hoër TNK-konsentrasies tydens waterstremming en is in staat om die TNK- poele terselfdertyd te verhoog (Gerber 1993). In nie-watergestremde plante handhaaf hulle 'n kritiese totale TNK vlak wat moontlik nie beskikbaar vir hergroei is nie. Opgebergde TNK (meer as die kritiese minimum) kan gemobiliseer en benut word vir groei binne 'n baie kort periode na watertoediening of hergroei na ontblaring.

2.6 Die invloed van waterstremming op wortelontwikkeling

Baie min inligting is oor die invloed van waterstremming op wortelontwikkeling beskikbaar, waarskynlik weens die gekompliseerdheid van wortelontwikkelingnavorsing. Weaver & Clements (1938) wys daarop dat by relatief lae grondwaterpeile, wat nogtans genoeg vir wortelontwikkeling was, wortelgroei gestimuleer is om die absorberende worteloppervlakte te vergroot. Nursey (1971) en Opperman *et al.* (1976) het bevind dat relatiewe kort periodes van waterstremming die wortelmasse kan beïnvloed. Groter wortelmassas en dieper wortelindringing in die grondprofiel, help grasse om eers by laer grondwaterinhoud te verwek as grasse met kleiner wortelmassas en vlakker wortelstels (Snyman 1998). Snyman (1994) het bevind dat klimaksgrasse water tot so diep as 2.5 m gedurende droogtetye onttrek. In semi-ariëde gebiede kan die wortelmasse groter wees as die bogrondse fitomasse (Shackelton *et al.* 1988). Volgens Blackman & Davies (1985) en Chapin III (1991) veroorsaak waterstremming 'n afname in die beweging van sitokinien vanaf die wortels na die lote en/of 'n toename in die blaar absissiensuur. Hierdie veranderinge in die groeihormoonbalans veroorsaak veranderinge in die selwandrekbaarheid en gevolglik in groei. Die verhoogde konsentrasies van sitokinien in die wortels gee aanleiding tot verhoogde wortelgroei. Droogte veroorsaak dus 'n afname in blaargroei deur 'n hormonale sein vanaf die wortels en nie deur die direkte invloed van turgor op selvergroting nie. Die potensiaal van wortels om voedingstowwe te absorbeer neem af in watergestremde plante, moontlik weens die verlaagde voedingstof aanvraag (Kluge 1976).

Droogte laat eerstens die koolhidraatkonsentrasies in die wortels toeneem (Hsiao *et al.* 1976), waarna blaargroei afneem, wat 'n verlaging in die akkumulering van DM tot gevolg het (Munns *et al.* 1982; Wardlaw 1969). Die gesamentlike invloed is 'n verlaging in groei hoofsaaklik deur die verandering in die groeihormoonbalans, maar in die geheel is die afname in groei vervleg met veranderinge in plantvoeding, die koolstofbalans en waterverhoudings.

Dit wil voorkom of plante oor 'n gesentraliseerde stremmingsreaksiesistiem beskik wat deur 'n wye verskeidenheid van stremmings geaktiveer kan word. Hierdie gesentraliseerde stremmingsreaksiesistiem is hormoon gedrewe, maar behels ook geïntegreerde veranderinge in die voedingstof-, water-, koolstof- en hormoonbalanse van plante (Chapin III 1991).

2.7 Die invloed van ontblaring op wortelontwikkeling

Soos in die geval van die invloed van waterstremming op wortelontwikkeling, is inligting oor die invloed van ontblaring op die wortelontwikkeling ook baie beperk. Volgens Barnes & Hava (1963) daal die groeikragtigheid van *Panicum maximum* onder gereelde ontblaring deur die groeiseisoen of aan die einde van die groeiseisoen. Die graad waartoe ontblaring die groeikragtigheid en groeipotensiaal van plante beïnvloed manifesteer in die totale hoeveelheid wortels geproduseer en die status van die groeiereswes in die wortels en stoppels aan die einde van die groeiseisoen. Ontblaringsbehandelings in die algemeen, het 'n groter onderdrukkende invloed op die wortelmassas van klimaksspesies (Barnes & Hava 1963) as pionierspesies (Roberts & Opperman 1966), met 'n gevolglike verlaging in die wortelproduksie in die daaropvolgende groeiseisoen (Barnes 1960, 1961).

In droë dele lei ontblaring tot 'n reduksie in die koolhidraatreserwes, wat weer lei tot 'n reduksie in die grootte van die wortelstelsel, wat tot gevolg het dat die plante nie voedingstowwe kan absorbeer of droogtes suksesvol kan oorleef nie (Barnes 1956, White 1973). Engel *et al.* (1998) het ook bevind dat herhaaldelike ontblaring tot 'n afname in die wortelmassa lei. Opperman *et al.* (1970) het ook bevind dat herhaaldelike ontblarings 'n betekenisvolle verskil in die wortelmassa van *Themeda triandra* kan hê.

HOOFSTUK 3

Ekperimentele Prosedure

3.1 Proefuitleg

Die proef is uitgelê as 'n volledige ewekansige ontwerp met drie herhalings en vier waterbehandelings. Dit is gedoen vir drie groeistadiums naamlik die vegetatiewe-, pyp- en reprodktiewe groeistadium.

Die Statistica sagteware is vir die analise van data gebruik. Variansie analises (ANOVA) (Mendenhall & Sincich 1996) is gedoen en gebruik om verskillende hipoteses te toets teen waargenome peile van betekenisvolheid (P – waardes). Betekenisvolheid peile van $\alpha = 0.05$ en $\alpha = 0.01$ is gebruik. Vir die berekening van die kleinste betekenisvolle verskil (LSD), is die metode van Fisher (1949) gebruik.

3.2 Metodes

Die proef is vir een groeiseisoen (1998/1999) in 'n glashuis uitgevoer. Die temperatuur is oor die proeftydperk gereguleer by 32°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) gedurende die dag en 18°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) gedurende die nag om die temperature van 'n mid-somer droogte vir die sentrale grasveld gebied na te boots (Snyman *et al.* 1997).

Aanvanklik is saailinge van *Themeda triandra* vanuit die veld in plastiëksakkies (100 mm x 100 mm x 150 mm) uitgeplant (1996) om latere goeie vestiging in asbespotte te verseker. Al die saailinge is versamel in 'n area van ongeveer 4 m^2 om te verseker dat genetiese variasie tot die minimum beperk word. Na deeglike vestiging is die saailinge in asbespotte (0.039 m^3), gevul met fyn sandleem grond met 16 % klei, 2 % slik, en 8.46 % growwe slik, uitgeplant (November 1997) (Fig. 3.1). Die sandfraksie het bestaan uit 2.5 % growwe partikels, 9 % meduim grootte partikels en 61.88 % fyn partikels. Die grond vir die potte is geneem uit die boonste 100mm van die A-horison van 'n Mispah-Glenrosa grondvorm

(Grondklassifikasiewerkgroep 1991). Eenhonderd-ses-en-sestig potte is voorberei waarvan 143 vir die studie gebruik is. Meer potte is voorberei as wat in die studie gebruik is ten einde genoeg plante binne elke groeistadium vir elke behandeling te kon selekteer. Drie van die potte is gebruik om die uitdrogingsintervalle te bepaal.



Fig. 3.1 Saailinge in potte oorgeplant.

Vir die bepaling van die graad van waterstremming is die massa van drie potte by veldwaterkapasiteit (VWK) geneem (Fig. 3.2). By VWK was die plantbeskikbare water 19.2 mm/100 mm gronddiepte. Dié potte is uitgedroog tot permanente verwelkpunt, en weer geweeg, waarna die gemiddelde massaverandering bereken is. Die gemiddelde ($P < 0.01$) massaverlies per pot was 7.5 kg (7500 cm^3 grondwater). Die gemiddelde massaverandering is in vier massa-sones verdeel. Elke massa-sone het 'n waterbehandeling verteenwoordig wat later bespreek sal word. Die wegings van die potte is telkens voor sonop gedoen, ten einde die blaarwaterpotensiaal op die tydstip waar dit gestabiliseer is te kan bepaal.

Die potte in die verskillende behandelings is uitgedroog tot in die massa-sone vir die spesifieke behandeling. Ten einde die grondwaterinhoud binne die grense van die stremmings-sone te kon hou, is die potte geweeg en benat, voordat die onderste massagrens vir die spesifieke waterbehandeling bereik is. Die massa van die water wat nodig is om die boonste massagrens vir die waterbehandeling te bereik, is vervolgens bygevoeg. Om eweredige benatting te

verseker, is die potte onder vakuum gesuig. Pypies met klein gaatjies (1 mm) is binne-in 'n gruislaag (hierdie gruislaag is met 'n lap bedek voordat die pot met grond gevul is) onder in elke pot geplaas van waaruit die water met behulp van 'n suigpomp gesuig is.

Die intensiteit van die waterstremming vir elke waterbehandeling is gekontroleer deur die blaarwaterpotensiaal met behulp van 'n Scholander-drukbom te bepaal (Scholander *et al.* 1965). Hierdie bepalings het voor sonop geskied.

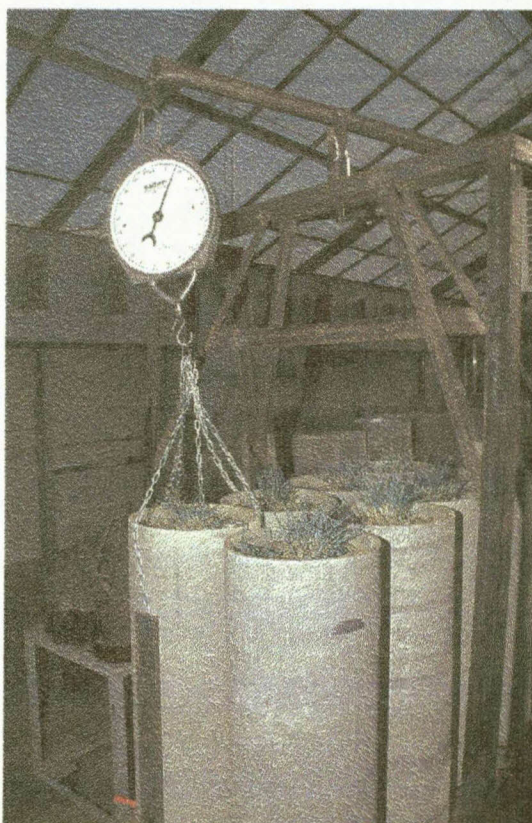


Fig. 3.2 Potte word geweeg (weging is voor sonop gedoen)

3.3 Behandelings

Voordat die werklike waterbehandelings begin is, is sikliese uitdrogings toegepas deur water van die plante te weerhou totdat die grond 'n matrikspotensiaal van laer as -800kPa bereik het, waarna die plante weer benat is. By aanvang van die waterbehandelings is die potte met water deurweek en vir 6 uur onder vakuum by -20kPa gesuig om dit tot by VWK te bring.

Ten einde die benatting van die grond tydens die waterbehandelings so eweredig moontlik te maak, is elke pot tydens die aanvulling met water, ook onder vakuüm-suiging geplaas (Fig. 3.3).

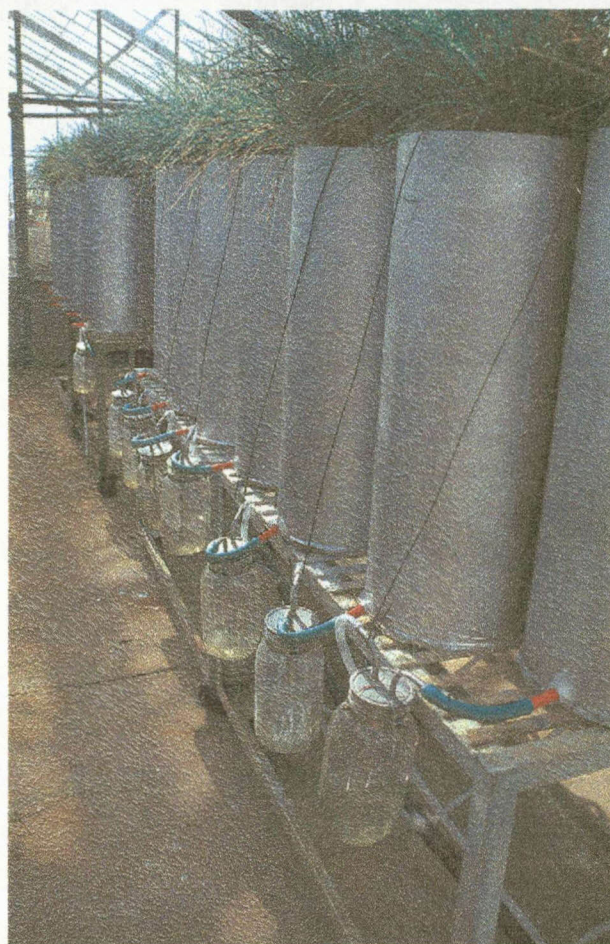


Fig. 3.3 Potte onder vakuüm om eweredige benatting te verseker.

Vier water behandelings, nl. T1 = 75-100% (kontrolle) van veldwaterkapasiteit (VWK), T2 = 50-75% van VWK, T3 = 25-50% van VWK en T4 = 0-25% van VWK is toegepas. Die watertoediening is progressief verminder totdat die verlangde stremingspunt vir elke behandeling bereik is. Hierdie vier waterbehandelings is toegepas vir die vegetatiewe-, pyp- en reprodktiewe groeistadiums. Die vegetatiewe groeistadium is geneem as die stadium van groei voor groeipunt verlenging. Die pyp stadium het gestrek vanaf groeipunt verlenging tot voor die sigbare verskyning van die bloeiwyse. Na die verskyning van die bloeiwyse is die plante geïdentifiseer as in die reprodktiewe stadium (Langer 1972; Wolfson & Tainton 1999). Drie potte is vir elke groeistadium binne elke waterbehandeling gebruik.

3.4 Oes en hantering van die fitomassaproduksie

By die oes van die plantmateriaal is die intensiteit van die waterstremming (stremmingspunt) vir elke waterbehandeling gekontroleer deur die blaarwaterpotensiaal voor sonop te bepaal. 'n Scholander drukbom is vir die doel gebruik (Scholander *et al.* 1965). Die gemiddelde ($P < 0.01$) drukbomlesings vir drie herhalings was onderskeidelik -500 kPa vir T1, -1250 kPa vir T2, -2050 kPa vir T3 en -2400 kPa vir T4.

Die bogrondse fitomassaproduksie is geoes (30mm bokant die wortelaanhegting), die plante se wortels is uitgewas en dadelik in 'n droogoond met bewegende lug geplaas en vir 10 dae (by 100°C vir die eerste uur en daarna by 70°C) gedroog (Smith *et al.* 1964). Na droging is die fitomassa verdeel in wortels, stoppels en blare, waarna al die plantdele deur 'n 40 maas sif gemaal is.

3.5 Wortelmasse

Die wortels van elke plant is na droging geweeg en die massa (g) bepaal.

3.6 Wortellengtes

Die wortellengtes van elke behandeling is m.b.v 'n gemodifiseerde infrarooi wortellengte-teller bepaal (Rowse & Phillips 1974). Die wortelteller is vooraf gekalibreer met 6 bekende lengtes opgeknipte (ongeveer 20mm stukkies) dun tou (ongeveer so dik soos die wortels). Die tou is op die tellerbord versprei en die tellings (4 herhalings) geneem. Die verwantskap tussen die tellings en die toulengtes is hierna wiskundig in 'n regressiekromme ($y = 0 + 110.383x$) verwerk, wat gebruik is om die tellings van die wortels na lengtes om te skakel.

3.7 Ontblarings

Nege plante van elke behandeling is vir elke groeistadium ontblaar (30mm bokant wortelaanhegting). Drie plante van elke behandeling en vir elke groeistadium, is na die aanvanklike ontblaring weer na 24 uur (1 dag), 72 uur (3 dae) en na 144 uur (6 dae) ontblaar. Al die plantwortels is na ontblaring uitgewas en al die plantmateriaal is gedroog.

Laasgenoemde ontblarings is toegepas ten einde die herstel en onttrekking van die groeiereswes en wortelontwikkeling verder te ontleed.

3.8 Chemiese ontledings

Die materiaal van elke plant is afsonderlik en in triplikaat ontleed vir glukose, sukrose, stysel en wateroplosbare proteïen. Die glukose-, sukrose- en stysel-fraksies is as die nie-strukturele koolhidraatinhoud geneem.

3.8.1 Bepaling van stysel

Die UV (ultraviolet) metode is gebruik vir die bepaling van stysel in die plantmateriaal (Boehringer Mannheim, UV-method; Cat. No. 207748).

3.8.2 Bepaling van sukrose en glukose

Die UV metode is gebruik vir die bepaling van sukrose en D-glukose in die plantmateriaal (Boehringer Mannheim, UV-method; Cat. no. 139041).

3.8.3 Bepaling van proteïen

Proteïen is bepaal met die kleurbinding-tegniek van Bradford met "bovine gamma globulien" as standard (Bradford 1976).

HOOFSTUK 4

Die invloed van waterstremming op die groeiereswes voor ontblaring.

Sukrose, glukose en stysel word nie afsonderlik bespreek nie, aangesien die fraksies so klein is dat dit as totale nie-strukturele koolhidrate behandel word om 'n breër prentjie te gee van hoe die koolhidrate as geheel deur waterstremming en ontblaring beïnvloed word.

4.1 Nie-strukturele koolhidrate (stysel, glukose en sukrose)

Die totale nie-strukturele koolhidraat (TNK) in die blare, stoppels en wortels was hoër ($P < 0.05$) onder T4 as T1 vir al die groeistadiums (Fig. 4.1). In bylae A₁ word die data vir die koolhidraatreserwes voorgestel. Die TNK konsentrasie in die stoppel neem toe ($P < 0.01$) met 'n toename in waterstremming vanaf T1 na T4. In die vegetatiewe groeistadium (Fig. 4.1) het die TNK in die blare toegeneem van T1 na T3 en daarna weer af by T4. Hierdie TNK afname in die blare tydens die vegetatiewe groeistadium kan verklaar word deurdat die TNK in die stoppel van T3 na T4 toegeneem het deur die allokering van nie-strukturele koolhidraat na primêr die stoppels en nie die blare nie, soos waterstremming toeneem. Dit berei die plant gevolglik voor vir die oorlewing van droogte. Dit word algemeen aanvaar dat nie-strukturele koolhidraat benut word vir oorlewing en hergroei na lang periodes van droogte en intense ontblaring (May 1960; Ludlow 1986; Busso *et al.* 1990; Nerd & Noble 1991). Die algemene afleiding kan gemaak word dat 'n toename in die nie-strukturele koolhidraat in die stoppels verhoog dus die oorlewings- en hergroeivermoë van voerplante. Hierdie resultate stem ooreen met bevindinge van Nursey (1971), Opperman *et al.* (1976), Pande & Singh (1985), Alcocer-Ruthling *et al.* (1989) en Busso & Richards (1995). Die TNK konsentrasie (T4) in die stoppel tydens die vegetatiewe groeistadium was hoër ($P < 0.01$) as in die blare. Dit is 'n bewys van die plant se voorbereiding vir droogte deur die akkumulاسie van nie-strukturele koolhidrate in die stoppel. Dit word bevestig deur die resultate van Trlica & Singh (1979), Ford & Wilson (1981), Smith (1981), Deregibus *et al.* (1982), Briske & Woie (1984) en Richards & Cladwell (1985). Onder waterstremmingstoestande van 0-25% van VWK, in die vegetatiewe groeistadium blyk dit dat groei staak en vind daar geen verdere ontwikkeling na die pyp- of reprodusktiewe groeifase plaas nie. Wilson & Ng (1975) het by *Panicum maximum*

bevind dat waterstremming stingelverlenging en die aanvang van die blomstadium vertraag. By baie lae vlakke van plantbeskikbare water word groei dikwels geïnhibeer voordat fotosintese staak (Brown & Blazer 1965; Snyman *et al.* 1997; Venter *et al.* 1997).

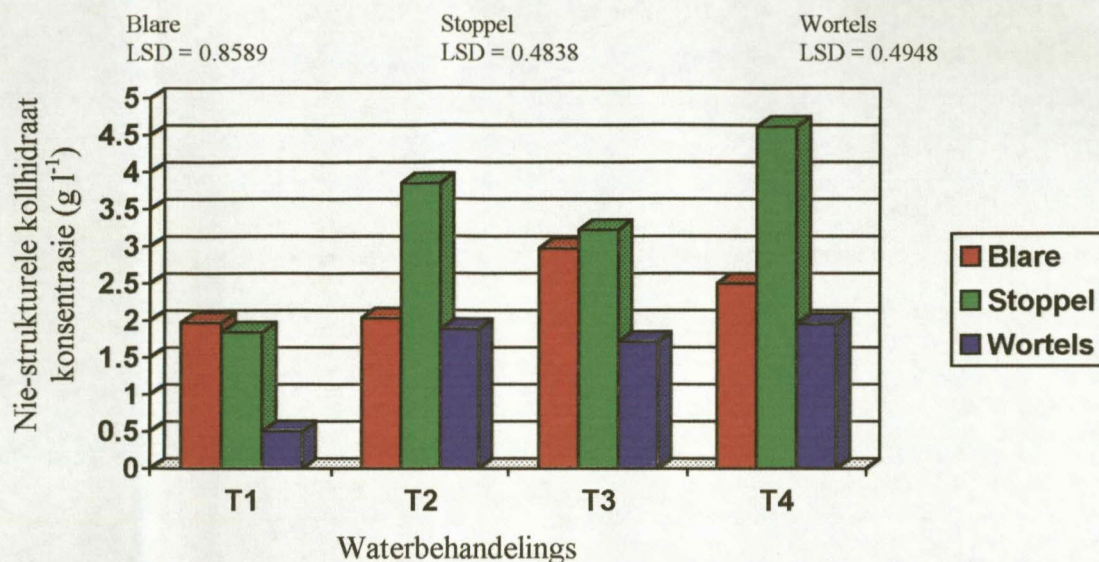


Fig. 4.1 Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die blare, stoppel en wortels onder vier waterbehandelings in die vegetatiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

Vir T4, is die TNK konsentrasie in die blare tydens die pyp- (Fig. 4.2) en reprodktiewe (Fig. 4.3) groeistadiums hoër ($P < 0.05$) as vir die vegetatiewe groeistadium. Die TNK konsentrasie in die stoppel tydens die pyp groeistadium (vir T4) is laer as dié van die stoppel tydens die vegetatiewe ($P < 0.05$) and reprodktiewe ($P < 0.05$) groeistadium. In die pyp groeistadium is die koolhidraatinhoud van die stoppel verlaag tot 'n waarde byna dieselfde as dié van die blare. Die koolhidrate word dus getranslokeer en gebruik vir lootverlenging gedurende die pyp groeistadium. 'n Moontlike verklaring vir hierdie verskynsel kan wees dat *T. triandra* in die pyp groeistadium mik na 'n toename in fotosintese en die voltooiing van die groeisyklus in die reprodktiewe groeistadium. Die plante is daarom minder sensitief vir toenemende vlakke van waterstremming en die gevolglike allokering van groeiereswes na die stoppel. Die koolhidraat aanvraag vir lootverlenging, saadvorming en blaargroei op dieselfde tydstip inhibeer nie-strukturele koolhidraat ophoping in die stoppel, al is die plant onder intense

waterstremming. Vir die pyp en die reprodktiewe groeistadium neem die TNK konsentrasie in die blare ($P < 0.05$) toe vanaf T1 na T4 soos die waterstremmings-intensiteit toeneem. Nie-strukturele koolhidraat word geallokeer en benut in stingelverlenging en blaargroei gedurende die pyp groeistadium. Dit wil voorkom asof *T. triandra* soos 'n eenjarige plant reageer sodra dit in die pyp groeistadium is; met die doelwit om die groeisyklus in die reprodktiewe groeistadium so gou moontlik te voltooi sodra klimaatstoestand ongunstig word.

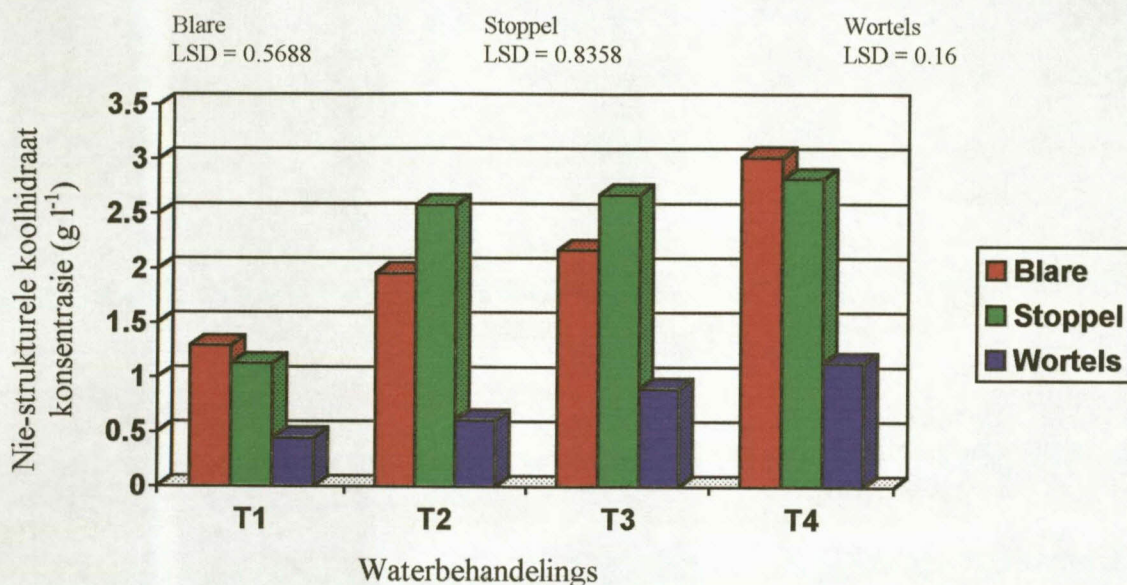


Fig. 4.2

Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die blare, stoppel en wortels onder vier waterbehandelings in die pyp groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

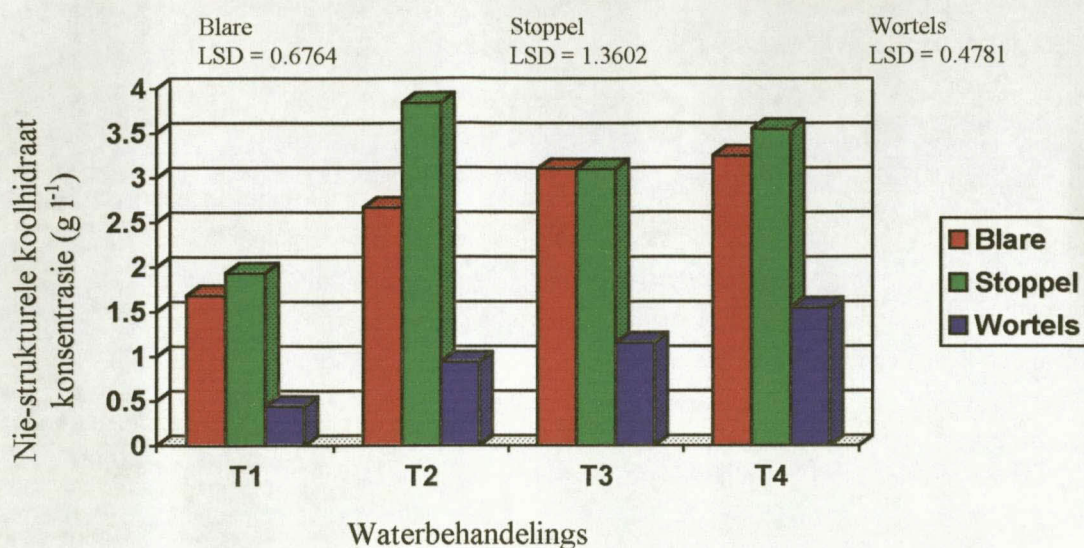


Fig. 4.3 Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die blare, stoppel en wortels onder vier waterbehandelings in die reprodktiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

Vir T1 is die TNK konsentrasie in die wortels soortgelyk vir al die groeistadiums. Die TNK konsentrasie in die wortels, tydens die vegetatiewe en reprodktiewe groeistadium is hoër ($P < 0.05$) as vir die pyp groeistadium vanaf T2 tot T4. Die nie-strukturele koolhidraat allokering na die wortels was hoër ($P < 0.05$) tydens die vegetatiewe groeistadium as tydens die pyp- en reprodktiewe groeistadium vir T4. Moore (1989) het ook 'n toename in die TNK in die wortels van *T. triandra* onder warm, droë klimaatstoestande bevind. Hierdie resultate word ondersteun deur Nursey (1971) en Opperman *et al.* (1976) wat dit duidelik stel dat die stoppel en die wortels as die belangrikste stoororgane van die groeiereserwepoel dien sodra waterstremming toeneem. Meerjarige weiplante translokeer groeiereswes na die stoppel en wortels as 'n oorlewingsmeganisme tydens verlengde periodes van droogte en vir hergroei na ontblaring, asook vir gebruik met die begin van die groeiseisoen (Ludlow 1980 & 1986; Volaire 1995). Die gemiddelde TNK konsentrasie oor al die groeistadiums vir elke plantdeel wys dat die stoppel die belangrikste ($P < 0.05$) stoorplek vir die TNK onder intense stremmingstoestande is. Laer TNK konsentrasies kom voor in die stoppel en wortels tydens die pyp- en reprodktiewe groeistadiums as vir die vegetatiewe groeistadium vir T4.

Nie-strukturele koolhidraatgroeiereserwes akkumuleer gewoonlik in plante wat aan waterstremmings onderwerp word, omdat groei geïnhibeer word voordat die fotosintese tempo afneem (Dina & Klikoff 1973, Hsiao 1973, Deregibus *et al.* 1982, Snyman *et al.* 1997, Venter *et al.* 1997). Volgens navorsers soos Nursey (1971) en Opperman *et al.* (1976) vind akkumulering hoofsaaklik in die stoppel plaas. Brown & Blaser (1965) verduidelik dat 'n afname in die groeitempo 'n afname in die benutting van nie-strukturele koolhidrate vir groei tot gevolg het, wat aanleiding gee tot 'n akkumulering van hierdie verbindings.

4.2 Wateroplosbare proteïen

Die wateroplosbare proteïen konsentrasie (WOPK) het betekenisvol verskil tussen behandelings ($P < 0.01$), tussen plantdele in dieselfde groeistadium (vegetatief, pyp en reprodutief) ($P < 0.01$), binne dieselfde plantorgaan in verskillende groeistadiums ($P < 0.01$), asook tussen die groeistadiums alleen ($P < 0.05$) (Fig 4.4). Die data vir die WOPK word in bylaag A₄ uitgebeeld. Daar was 'n betekenisvolle interaksie tussen die WOPK van die groeistadiums en die plantdele ($P < 0.01$), asook vir die plantdele en die waterbehandelings ($P < 0.05$).

Die WOPK in die blare het toegeneem ($P < 0.05$) met 'n toename in waterstremming vanaf T1 na T4 vir die pyp- (Fig. 4.5) en reprodutiewe (Fig. 4.6) groeistadiums. 'n Moontlike verklaring hiervoor is dat meerjarige plante onder intense waterstremming hulself voorberei vir oorlewing onder droogtetoestande. Soos die intensiteit van waterstremming toeneem, word blaargroei geïnhibeer voordat fotosintese staak (Brown & Blazer, 1965) wat 'n toename in die WOPK in die blare veroorsaak. Vir al die waterbehandelings het die hoogste ($P < 0.01$) WOPK in die blare gedurende die pyp groeistadium voorgekom. In die pyp groeistadium word die meeste assimilate na die bogrondse plantdele vir lootverlenging getranslokeer. Vir T1 en T2 was die WOPK van die blare hoër ($P < 0.01$) gedurende die vegetatiewe (Fig. 4.4) en pyp groeistadium as tydens die reprodutiewe groeistadium. Dit stem ooreen met resultate van van Rensburg (1976) wat ook hoër persentasies ruproteïen in die blare van *Themeda triandra* tydens die vegetatiewe en blomstadium gevind het. Onder T3 was die WOPK hoër ($P < 0.01$) in die pyp as in die reprodutiewe groeistadium. Die WOPK vir T4 was hoër ($P < 0.01$) in die blare gedurende die pypstadium as vir beide die vegetatiewe en reprodutiewe groeistadiums.

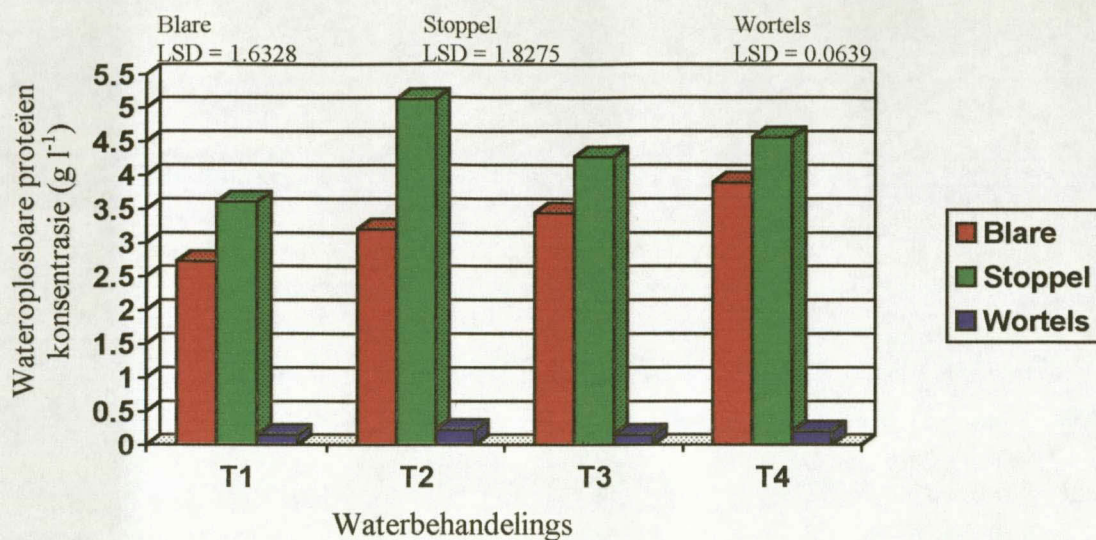


Fig. 4.4 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die blare, stoppel en wortels onder vier waterbehandelings in die vegetatiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

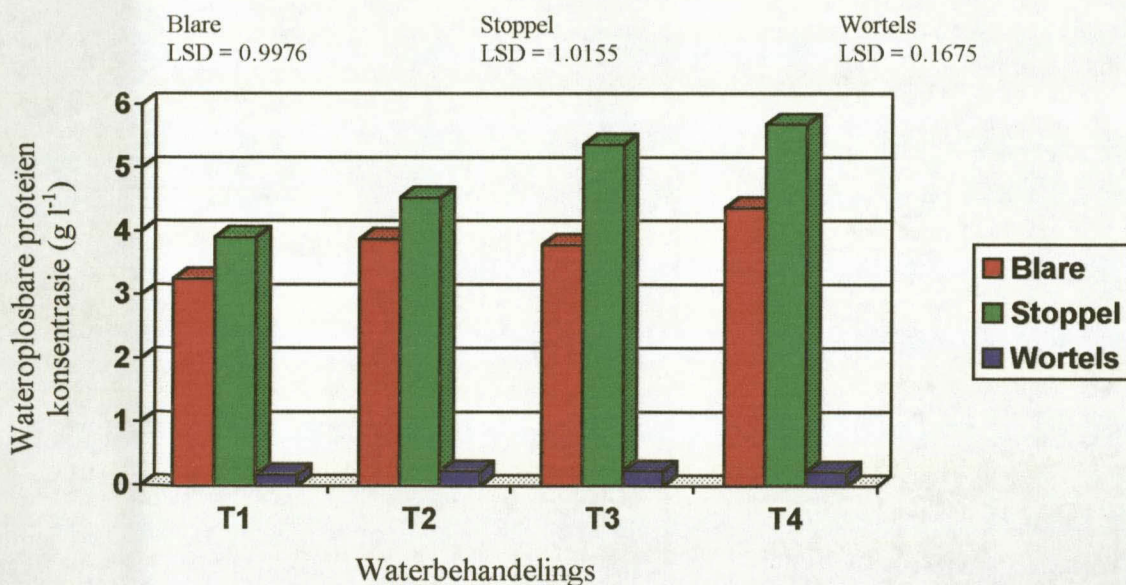


Fig. 4.5 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die blare, stoppel en wortels onder vier waterbehandelings in die pyp groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

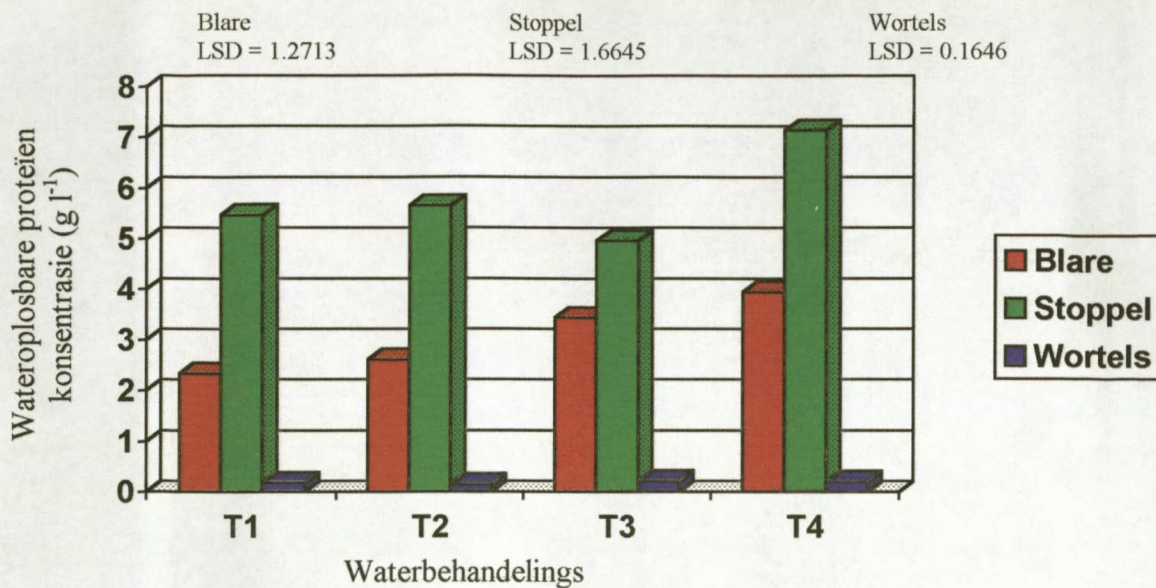


Fig. 4.6 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die blare, stoppel en wortels onder vier waterbehandelings in die reprodktiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

Die WOPK in die stoppel was hoër onder T4 as T1 vir die pyp ($P < 0.01$) en die reprodktiewe ($P < 0.05$) groeistadiums. Daar was geen betekenisvolle verskil ($P > 0.05$) vir T1 tot T4 in die stoppel gedurende die vegetatiewe groeistadium nie a.g.v. variasie in die WOPK binne die behandelings (MS fout = 0.942). Vir die pyp groeistadium het die WOPK gelykmatig toegeneem vanaf T1 tot T4. Brown & Blaser (1965) het bevind dat groeiereserwes in die stoppel van meerjarige plante oor die algemeen akkumuleer soos waterstremming toeneem. In die vegetatiewe en reprodktiewe groeistadium het die WOPK in die stoppel toegeneem van T1 tot T2, afgeneem van T2 na T3 en weer toegeneem vanaf T3 tot T4. 'n Moontlike verklaring vir die soortgelyke tendens van die gemiddelde WOPK variasie vir die stoppel in die vegetatiewe en reprodktiewe groeistadium is dat die plante in die reprodktiewe groeifase geoes is na saadvorming voltooi was. Dit kan gevolglik 'n soortgelyke reaksie as in die vegetatiewe groeistadium meebring het. Hierdie bewering word verder ondersteun deur dat geen betekenisvolle ($P > 0.05$) verskil in die WOPK in die blare vir die vegetatiewe en reprodktiewe groeistadiums onder T3 en T4 bevind is nie. Daar is ook geen betekenisvolle ($P > 0.05$) verskil verkry vir die WOPK in die stoppel vir die vegetatiewe en reprodktiewe groeistadiums nie.

Vir T1 is die WOPK in die stoppel hoër ($P < 0.01$) vir die pyp en reprodktiewe groeistadiums as vir die vegetatiewe groeistadium. Dit stem nie ooreen met resultate van *T. triandra* studies deur van Rensburg (1976) onderneem, waar die hoogste ruproteïen persentasie in die stoppel van nie-watergestremde plante tydens die vegetatiewe groeistadium voorgekom het. Onder T3 was die WOPK hoër ($P < 0.05$) vir die pyp stadium as vir die vegetatiewe groeifase. Die WOPK in die stoppel was hoër ($P < 0.01$) vir die reprodktiewe groeistadium as vir die pyp groeistadium onder T4. Wanneer die plant dus waterstremming ondervind, in die vegetatiewe en pyp groeistadium, waar groeiereserwes opwaarts getranslokeer word vir blaarverlenging of die begin van saadvorming, is die plante minder voorbereid vir oorlewing van droogte ten opsigte van die proteïen groeiereserwestatus.

Gedurende die vegetatiewe (Fig. 4.7) groeistadium het die WOPK in die wortels opvallend gevarieer tussen die waterbehandelings. In die pyp groeistadium het die WOPK in die wortels toegeneem van T1 na T2 ($P > 0.05$), gestabiliseer van T2 na T3 en weer afgeneem na T4 ($P > 0.05$). Hierdie afname kan moontlik verduidelik word deur die volgehoue toename in die WOPK van die blare ($P < 0.05$) en die stoppel ($P < 0.01$) vanaf T1 na T4 in die pyp groeistadium. In die vegetatiewe groeistadium het die WOPK in die wortels toegeneem vanaf T1 na T2 ($P < 0.05$), afgeneem vanaf T2 na T3 ($P < 0.01$) en weer toegeneem vanaf T3 na T4 ($P > 0.05$). Indien die plant dus intense waterstremming in T4 ondervind, word water-oplosbare proteïenreserwes waarskynlik na die stoppel geallokeer wat as die hoof stoororgane funksioneer. Hierdie translokering verklaar dan ook moontlik die afname ($P > 0.05$) van T3 na T4 in die pyp en reprodktiewe groeistadiums.

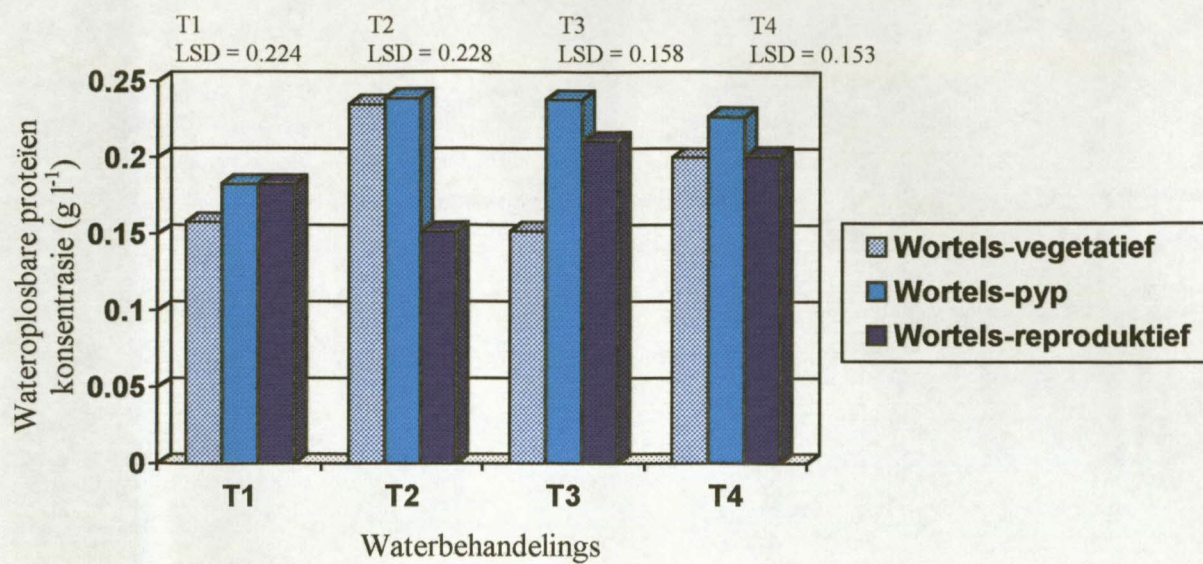


Fig. 4.7 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die wortels onder vier waterbehandelings vir die vegetatiewe, pyp en reprodktiewe groeifases. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

HOOFSTUK 5

Die invloed van waterstremming op die groeiereserwes na ontblaring en hergroei

5.1 Vegetatiewe groeistadium

5.1.1 Nie-strukturele koolhidraat

In bylae A₂ en A₃ word die data vir die TNK konsentrasies na ontblaring en hergroei uiteengesit.

5.1.1.1 Wortels

Die TNK konsentrasie in die wortels (Fig. 5.1) neem drasties af ($P < 0.01$) 1 dag na ontblaring vir al die waterbehandelings. Dit dui op mobilisering van groot hoeveelhede koolhidraat uit die wortels vir hergroei na stoppels en blare, soos deur verskeie navorsers ondersteun word (Cook 1966; Engel *et al.* 1981; White 1973; van Rensburg 1976; Trlica 1977; Trlica & Singh 1979; Smith 1981; Deregibus *et al.* 1982; Briske & Woie 1984; Danckwerts & Gordon 1990; Danckwerts 1993; Engel *et al.* 1998).

Die TNK konsentrasie vir 1, 3 en 6 dae na ontblaring is progressief hoër ($P < 0.01$) vir T1 tot T4. Dit dui op 'n hoër kritiese minimum TNK konsentrasie vir elk van die betrokke dae na ontblaring soos waterstremming toeneem. Volgens Bartholomew & Booysen (1969) is die graad van die afname in die TBK afhanklik van die hoeveelheid teenwoordig met die aanvang van ontblaring. Die TNK konsentrasie in die wortels voor ontblaring is hoër ($P < 0.01$) in T4 as T1 en die afname onder T4 is groter ($P < 0.01$) as onder T1. 'n Groter hoeveelheid koolhidrate word dus onder intense waterstremming na ontblaring gemobiliseer as onder toestande van geen waterstremming. Volgens navorsers soos Richards & Cladwell (1985), Gonzales *et al.* (1989) en Davidson & Milthorpe (1996) is grasse soos *Dactylis*, *Agropyron* en *Lolium* spesies is vir twee tot ses dae van opgebergde koolhidrate afhanklik. Of *T. triandra* na 6 dae steeds van die opgebergde koolhidraat afhanklik was vir hergroei, kan nie uit hierdie studie bevestig

word nie. Dit is wel duidelik dat die TNK konsentrasie na 6 dae steeds relatief laag is teenoor die vlakke voor ontblaring.

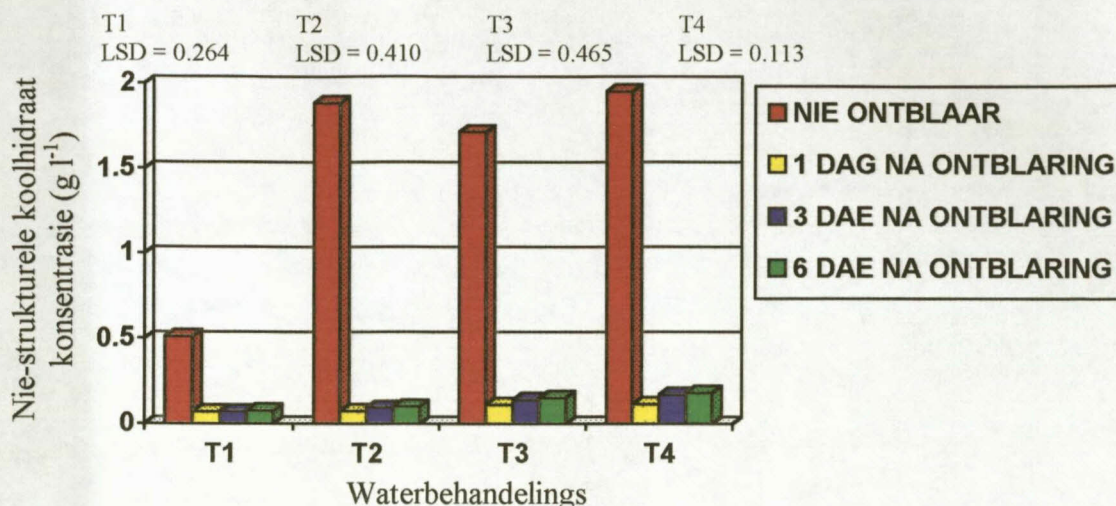


Fig. 5.1 Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die wortels voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die vegetatiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.1.1.2 Stoppel

Die TNK konsentrasie in die stoppel (Fig. 5.2) neem drasties af ($P < 0.01$) 24 uur na ontblaring vir al die waterbehandelings. Groot hoeveelhede koolhidraat mobiliseer uit die stoppel na die blare vir hergroei; soos ook deur verskeie navorsers ondersteun (Cook 1966; Engel *et al.* 1981; White 1973; van Rensburg 1976; Trlica 1977; Trlica & Singh 1979; Smith 1981; Deregibus *et al.* 1982; Briske & Woie 1984; Danckwerts & Gordon 1990; Danckwerts 1993; Engel *et al.* 1998). Anders as bevind deur Richards & Cladwell (1985), Gonzales *et al.* (1989) en Davidson & Milthorpe (1996) in grasse soos *Dactylis*, *Agropyron* en *Lolium* spesies was die TNK konsentrasie binne al die waterbehandelings na 6 dae nog nie herstel tot die vlakke soos voor ontblaring nie. Dit kan moontlik verklaar word deurdat in die geval van *Themeda triandra* na intense ontblaring al die fotosintetiserende materiaal verwyder het en geen blaarmateriaal oor was nie. Die plant was dus moontlik vir 'n langer periode van opgebergde groeiereserwes afhanklik.

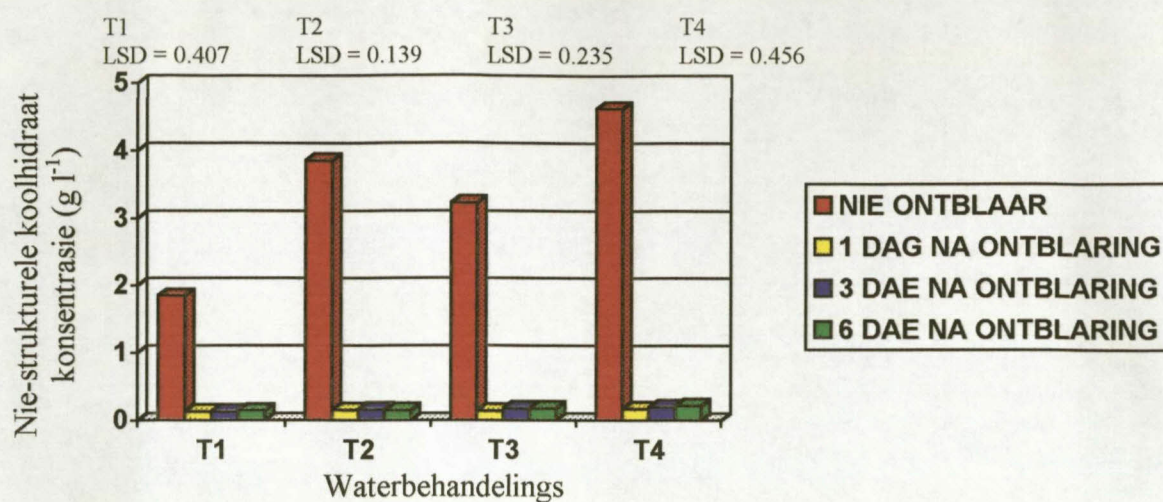


Fig. 5.2 Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die stoppel voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die vegetatiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% VAN Veldwaterkapasiteit.

5.1.1.3 Blare

Soos in die wortels en die stoppel neem die TNK konsentrasie in die blare (Fig. 5.2) drasties af ($P < 0.01$) 1 dag na ontblaring vir al die waterbehandelings. In die vegetatiewe groeistadium is daar geen betekenisvolle verhoging in die TNK konsentrasie vanaf dag 1 tot dag 6 na ontblaring nie. Dit kan toegeskryf word aan die hoë aanvraag na assimilate vir blaarverlenging en dat koolhidraat wat in die blaar gesintetiseer is, dadelik vir hergroei benut word. In hierdie studie was die plantdele wel telkens voor sonop ge-oes. Die koolhidraat tydens die ligfase gesintetiseer, word in die donkerfase deels vir respirasie gebruik en selfs ook vir hergroei solank as daar assimilate beskikbaar is.

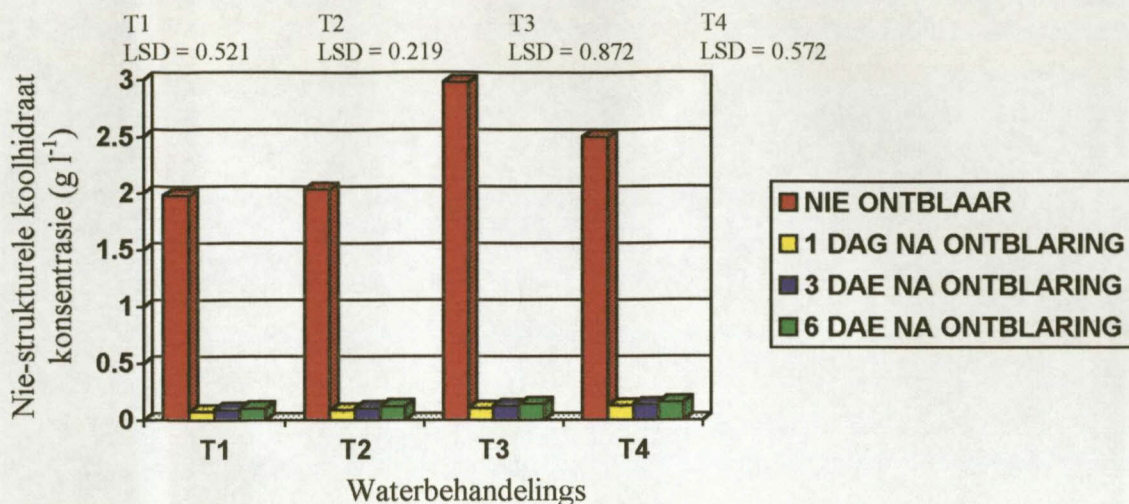


Fig. 5.3. Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die blare voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die vegetatiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.1.2 Proteïen

Die uiteensetting van die WOPK na ontblaring en hergroei kan in bylae A₅ en A₆ gevind word.

5.1.2.1 Wortels

Na ontblaring is daar binne T1 'n afname ($P < 0.05$) in die WOPK tot op dag 1 (Fig. 5.4). Hierna neem die WOPK toe totdat daar na dag 1 tot dag 6 geen betekenisvolle verskil ($P > 0.01$) met die WOPK voor ontblaring is nie (T1). Binne T2 is daar 'n afname ($P < 0.01$) in die WOPK vanaf voor ontblaring tot op dag 6 na ontblaring. Vir T3 is daar geen ($P > 0.01$) betekenisvolle verskil in die WOPK voor, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring nie. Die WOPK binne T4 daal ($P < 0.01$) na ontblaring tot op dag 1, neem dan weer toe tot dag 3 {geen verskil ($P > 0.05$) tussen voor ontblaring en 3 dae na ontblaring} en daal ($P < 0.05$) onverklaarbaar tot op dag 6 na ontblaring. Die afname in die WOPK vanaf geen ontblaring tot dag 1 en 3 word ondersteun deur die navorsing van Davidson & Milthorpe (1966) wat van mening is dat proteïene groeiereserwes binne die eerste 2 dae belangrik is indien koolhidraatreserwes laag is (Alberda 1966).

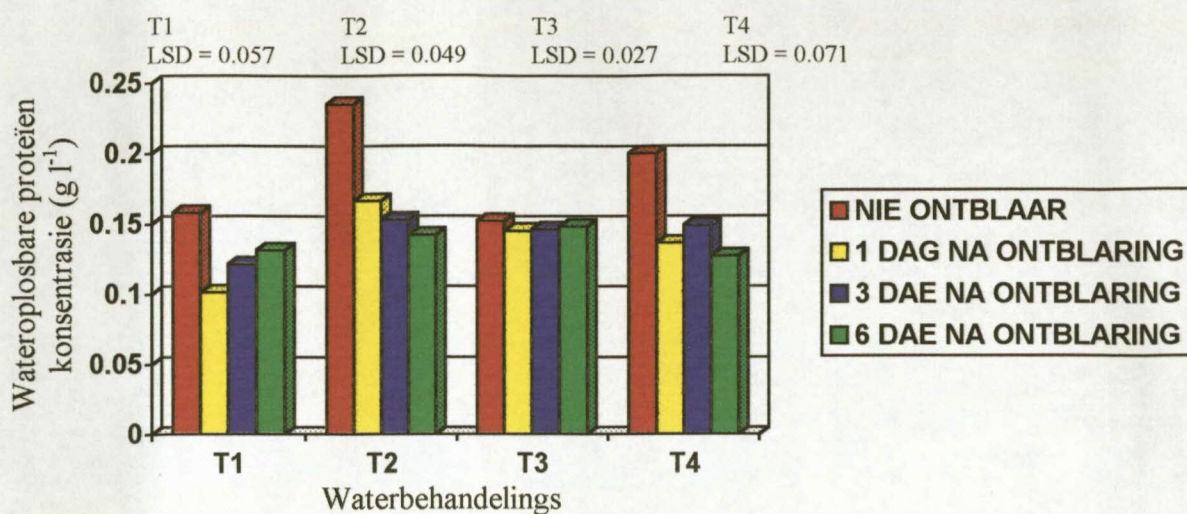


Fig. 5.4 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die wortels voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die vegetatiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.1.2.2 Stoppel

Die WOPK binne T1 verander nie-betekenisvol ($P > 0.05$) na ontblaring tot op dag 3 nie, maar verhoog ($P < 0.05$) tot op dag 6 (Fig. 5.5). Binne T2 daal ($P < 0.01$) die WOPK tot op dag 1 na ontblaring, stabiliseer tot dag 3 en neem dan toe totdat daar geen verskil ($P > 0.05$) tussen voor en 6 dae na ontblaring is nie. Binne T3 daal ($P < 0.01$) die WOPK tot op dag 1 na ontblaring en neem dan toe tot op dag 6 sodat daar op dag 3 en 6 geen betekenisvolle verskil in die WOPK in vergelyking met voor ontblaring is nie. Die WOPK binne T4 verskil nie-betekenisvol ($P > 0.05$) vir die verskillende dae na ontblaring nie. Soos die geval in die wortels, word die WOPK afname na ontblaring ondersteun deur die navorsing van Davidson & Milthorpe (1966) wat van mening is dat proteïen groeiereserwes binne die eerste 2 dae belangrik is indien koolhidraatreserwes laag is (Alberda 1966).

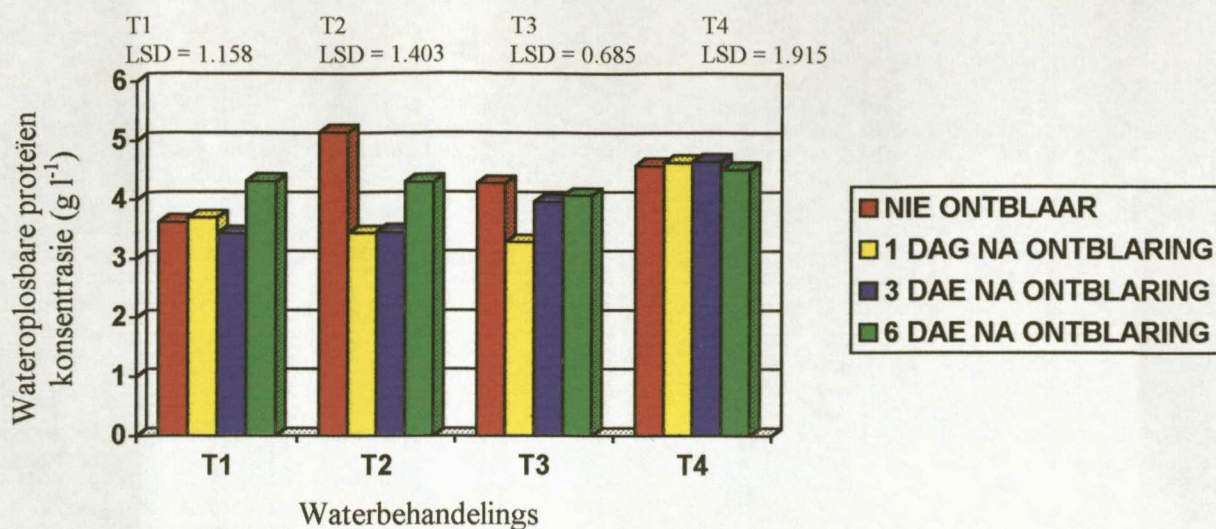


Fig. 5.5 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die stoppel voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die vegetatiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.1.2.3 Blare

Die WOPK binne T1, T2, T3 en T4 styg ($P < 0.01$) vanaf voor ontblaring tot op dag 6 na ontblaring (Fig. 5.6). Die resultate dui op 'n verhoging in die WOPK in die blare van *T. triandra*. Dit kan toegeskryf word aan die hoë aanvraag na assimilate vir die hergroei van die blare.

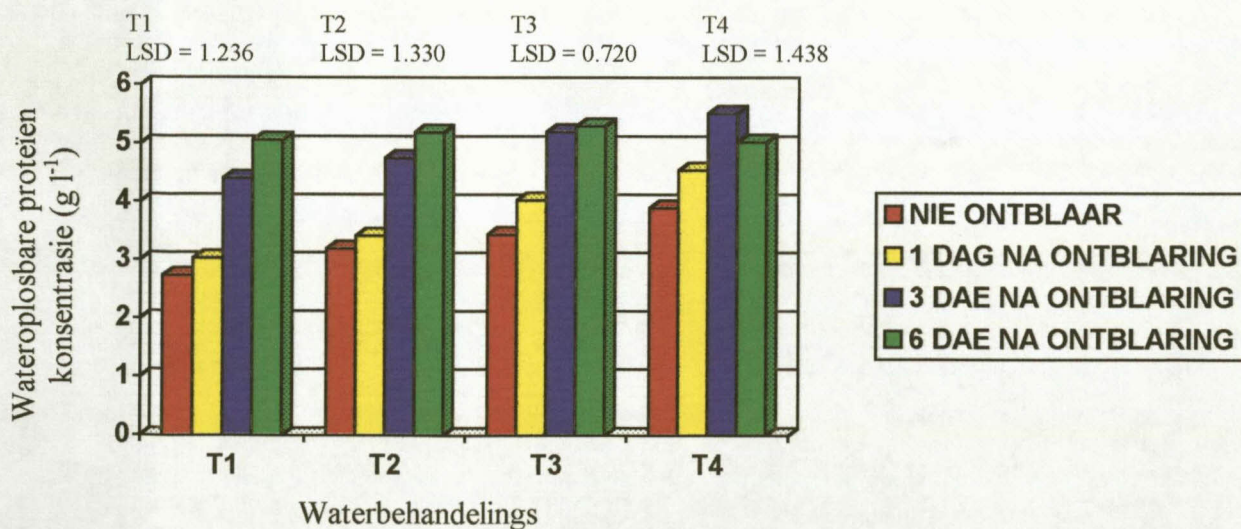


Fig. 5.6 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die blare voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die vegetatiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.2 Pyp groeistadium

5.2.1 Nie-strukturele koolhidraat

5.2.1.1 Wortels

Dieselfde tendense geld as wat die geval was met die wortels tydens die vegetatiewe groeistadium, maar met die volgende addisionele verskil: Ses dae na ontblaring is die TNK konsentrasie hoër as 1 ($P < 0.01$) en 3 dae ($P < 0.05$) na ontblaring binne T3 (Fig. 5.7). Binne T4 neem die TNK konsentrasie toe ($P < 0.01$) vanaf dag 1 na dag 6 na ontblaring. Die moontlike rede vir hierdie verhoging in die TNK konsentrasie (anders as in die vegetatiewe en reproductiewe groeistadium) is dat intensiewe ontblaring die verlengde groeipunte verwyder en die hoë koolhidraataanvraag gouer opgehef word vanweë minder aktief groeiende groeipunte.

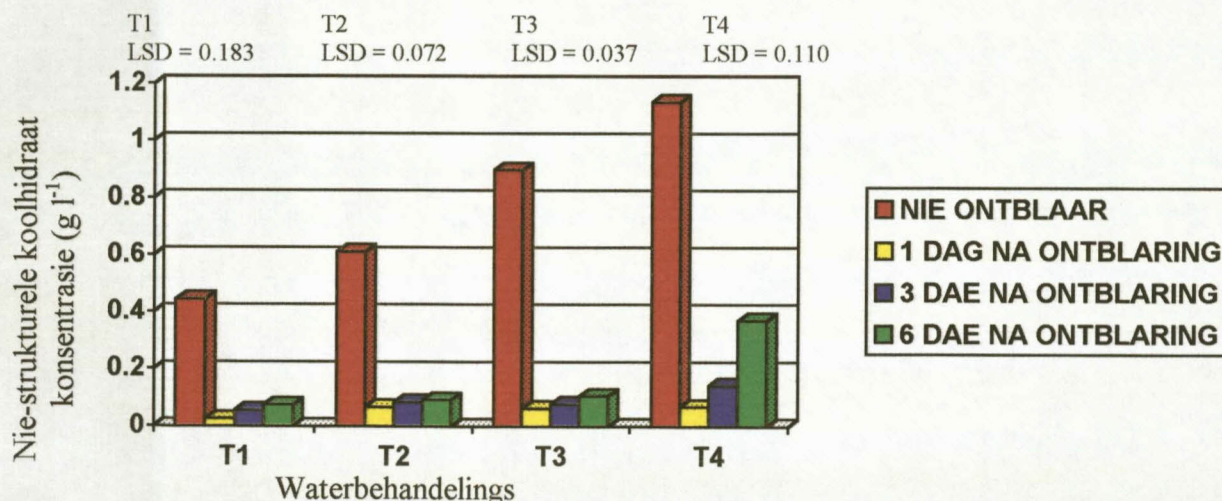


Fig. 5.7 Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die wortels voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die pyp groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.2.1.2 Stoppel

Dieselfde tendense geld vir die TNK konsentrasie as wat die geval was vir die stoppel tydens die vegetatiewe groeistadium (Fig. 5.8).

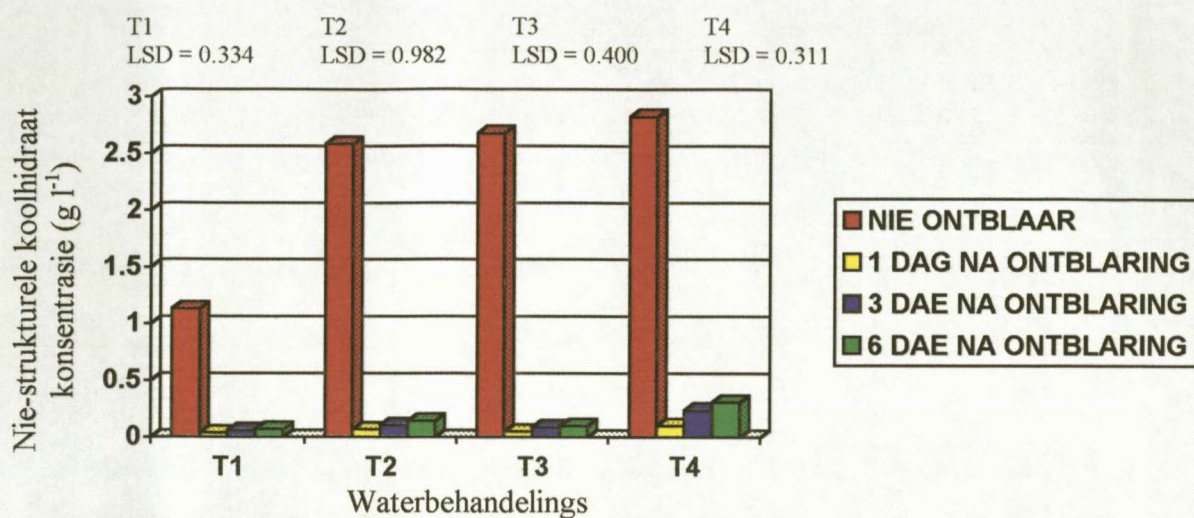


Fig. 5.8 Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die stoppel voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die pyp groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.2.1.3 Blare

Dieselfde tendense geld ook as wat die geval was vir die blare tydens die vegetatiewe groeistadium, maar met die volgende addisionele verskil: Die TNK konsentrasie binne T4 neem toe ($P < 0.01$) vanaf dag 1 na dag 3 en verhoog verder tot by dag 6 na ontblaring (Fig. 5.9). Ten spyte van die betekenisvolle ($P < 0.01$) verhoging in die TNK konsentrasie 6 dae na ontblaring, is dit steeds baie laer ($P < 0.001$) as met ontblaring.

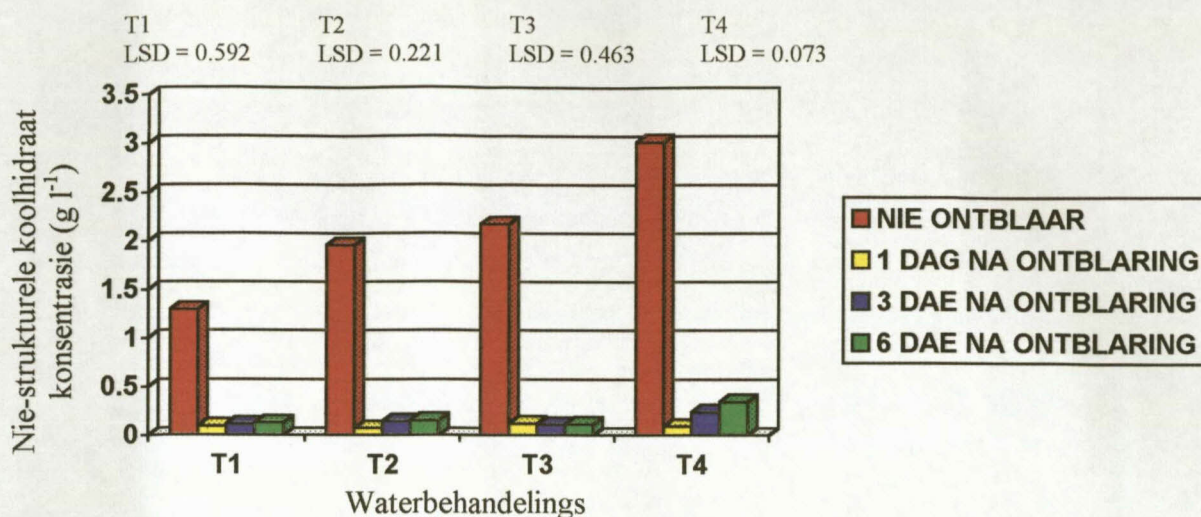


Fig. 5.9 Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die blare voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die pyp groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.2.2 Proteïen

5.2.2.1 Wortels

Binne T1 en T2 is daar geen betekenisvolle verskil ($P > 0.05$) in die WOPK vir enige van die ontblaringstye nie (Fig. 5.10), alhoewel dit tog 'n verhoging getoon het. Die gebrek aan betekenisvolle verskille kan aan die groot inherente variasie in die data toegeskryf word. Die WOPK binne T3 daal ($P < 0.01$) na ontblaring tot op dag 1 en styg dan ($P > 0.01$) tot op dag 6. Die WOPK op dag 3 ($P < 0.01$) en 6 ($P < 0.05$) is steeds laer as voor ontblaring. Binne T4 is daar 'n afname ($P < 0.01$) in die WOPK na ontblaring tot op dag 1, met geen betekenisvolle ($P > 0.05$) verandering tot op dag 6. Uit die afname in WOPK is dit duidelik dat wateroplosbare proteïen wel vir hergroei na intense ontblaring gemobiliseer en gebruik word. Uit die resultate kan afgelei word dat *Themeda triandra* (in die geval van hierdie studie) vir nie langer as tot 3 dae na ontblaring van die wateroplosbare proteïen afhanklik was vir hergroei binne T1 to T3 nie. Binne T4 bestaan die moontlikheid dat *Themeda triandra* tot op dag 6 na ontblaring steeds van wateroplosbare proteïen afhanklik was vir hergroei.

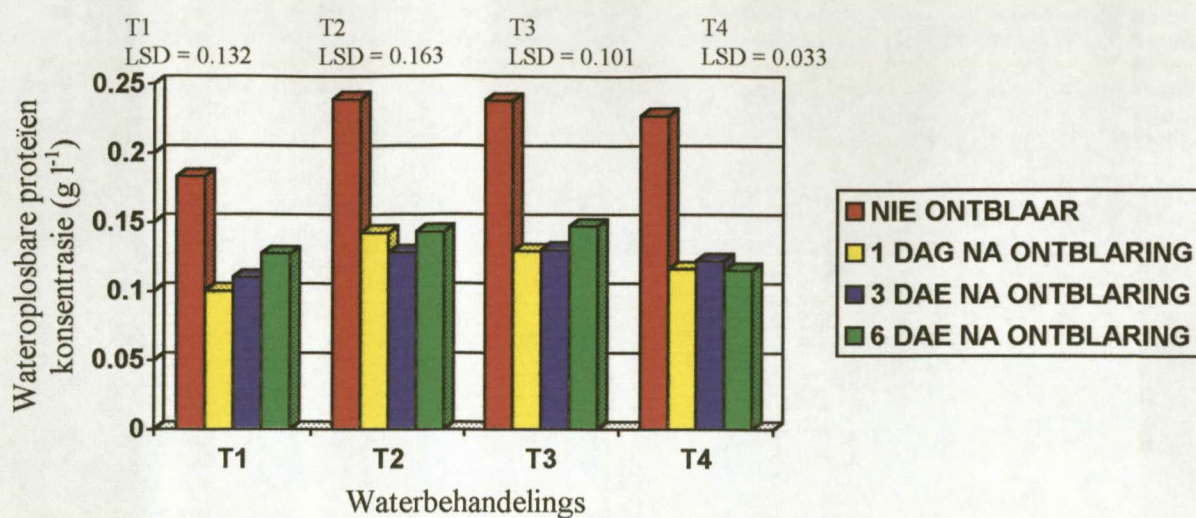


Fig. 5.10 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die wortels voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die pyp groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.2.2.2 Stoppel

Binne T1 neem die WOPK toe ($P < 0.05$) van voor ontblaring tot dag 1 na ontblaring en styg ($P < 0.01$) verder tot op dag 6 (Fig. 5.11). Vir T2 styg ($P < 0.01$) die WOPK van voor ontblaring tot op dag 3 en verder ($P < 0.05$) tot op dag 6 na ontblaring. Binne T3 daal ($P < 0.05$) die WOPK tot op dag 1 na ontblaring en styg ($P < 0.01$) daarna tot op dag 3 met geen betekenisvolle verskil tussen dag 3 en 6 nie. Vanaf voor ontblaring tot op dag 1 na ontblaring daal ($P > 0.05$) die WOPK met 'n daaropvolgende styging ($P < 0.01$) tot op dag 3. Die WOPK binne T4 daal ($P < 0.01$) onverklaarbaar vanaf dag 3 na ontblaring tot en met dag 6. Vir al die waterbehandelings is daar 'n verhoging in die WOPK vanaf voor ontblaring tot dag 3 na ontblaring. Dit word bevestig deurdat proteïen groeiereserwes net onder noodtoestande en wel vir 'n baie kort tyd vir hergroei gebruik word (Davidson & Milthorpe 1966; Alberda 1966).

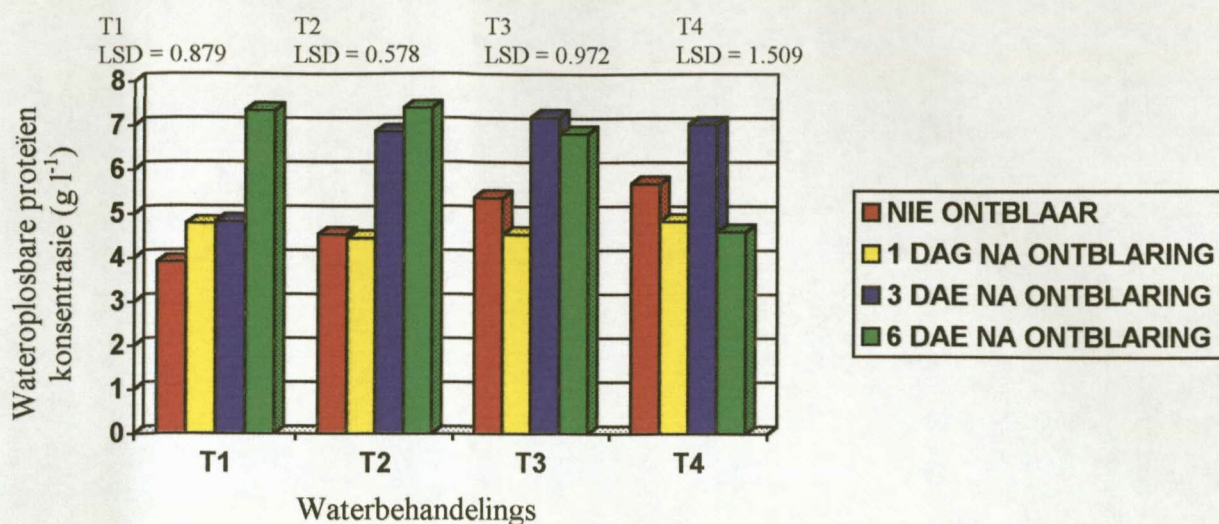


Fig. 5.11 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die stoppel voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die pyp groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.2.2.3 Blare

Dieselfde tendens geld vir die proteïen soos beskryf is vir die WOPK in die vegetatiewe groeistadium (Fig. 5.12).

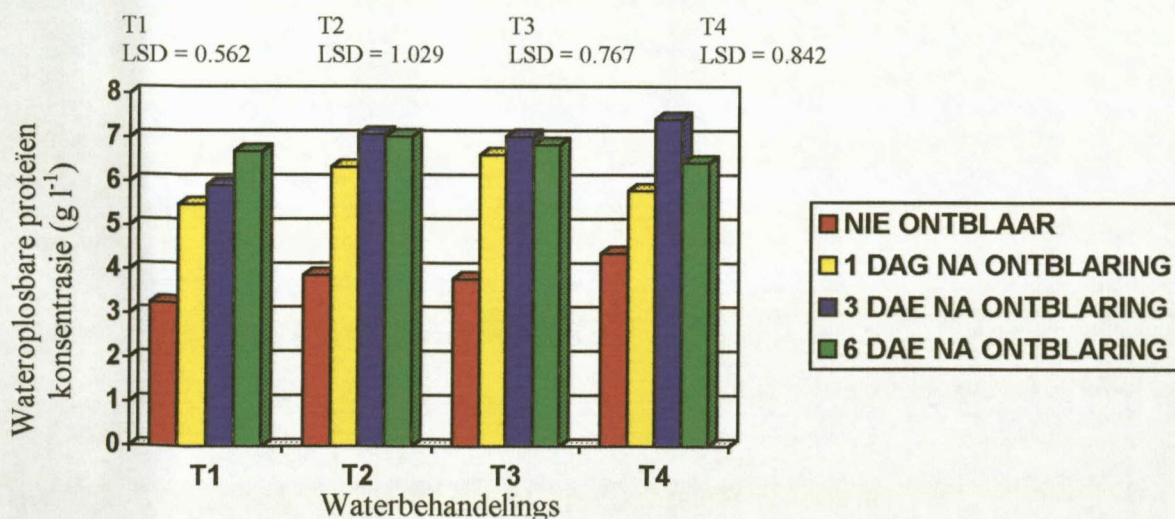


Fig. 5.12 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die blare voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die pyp groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.3 Reproductiewe groeistadium

5.3.1 Nie-strukturele koolhidraat

5.3.1.1 Wortels

Dieselfde tendense in die TNK konsentrasie geld as vir die wortels tydens die vegetatiewe groeistadium (Fig. 5.13). Dit moet in gedagte gehou word dat met die oes van die plantdele dit in die gevorderde reproductiewe groeifase was. Die plante kon hier moontlik al soos in die vegetatiewe groeistadium, begin reageer het op groei weens die gunstige groeitoestande na die reproductiewe groeifase.

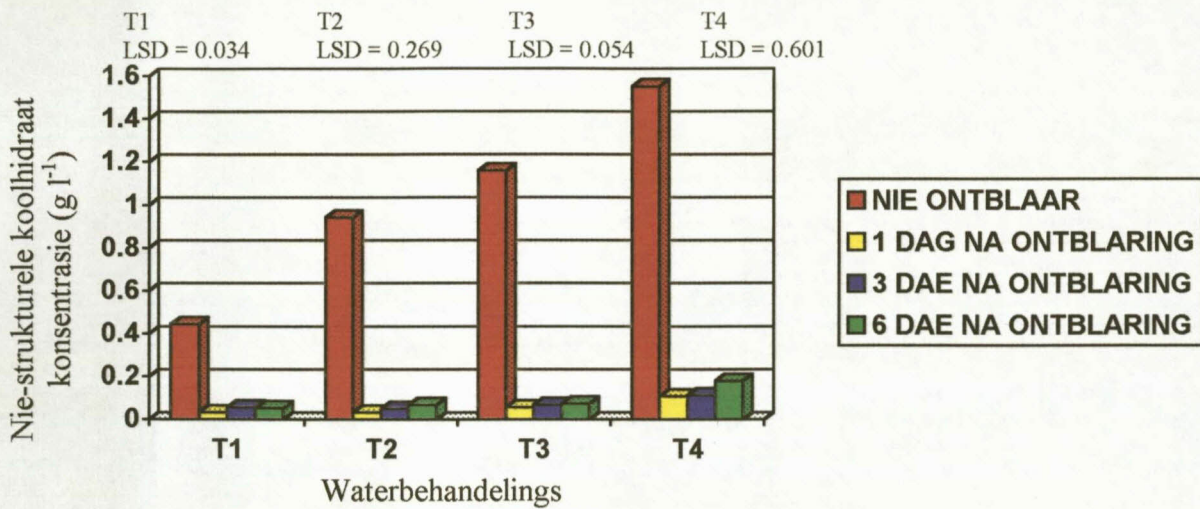


Fig. 5.13. Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die wortels voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die reproductiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.3.1.2 Stoppel

Dieselfde tendense in die TNK konsentrasie het gegeld as wat die geval was vir die stoppel tydens die vegetatiewe groeistadium (Fig. 5.14). Tydens die oes van hierdie waarnemings was die plantdele in die gevorderde reproductiewe groeifase. Die plante kon hier moontlik al soos in die vegetatiewe groeistadium, begin hergroeï het weens die gunstige groeitoestande.

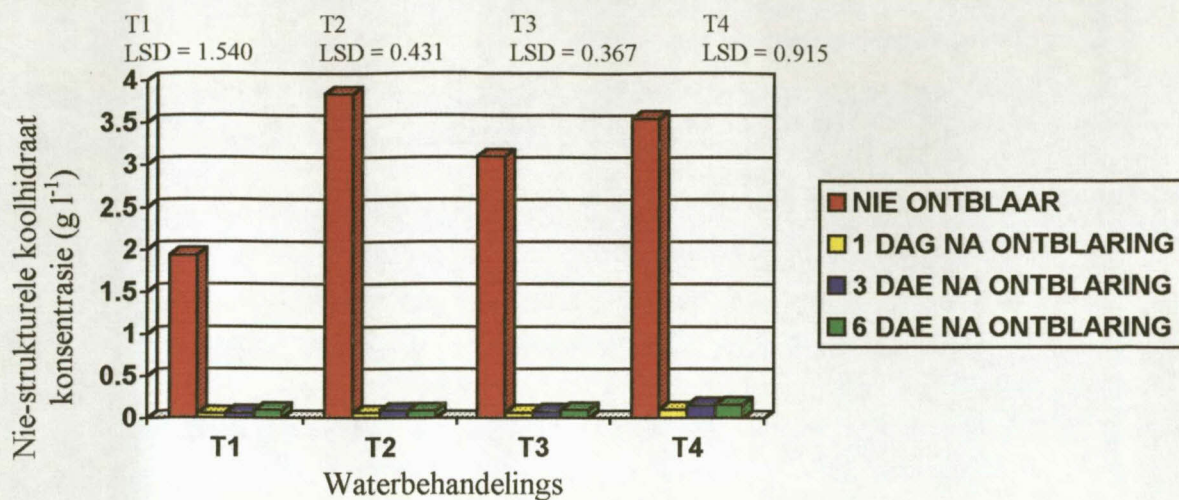


Fig. 5.14 Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die stoppel voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die reprodktiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.3.1.3 Blare

Net soos by die vegetatiewe groeistadium geld dieselfde tendense vir die TNK konsentrasie (Fig. 5.15). Die plante is in 'n gevorderde reprodktiewe groeifase geoes en kon hier moontlik soos in die vegetatiewe groeistadium begin reageer het op hergroei weens die gunstige groeitoestande (Fig. 5.15).

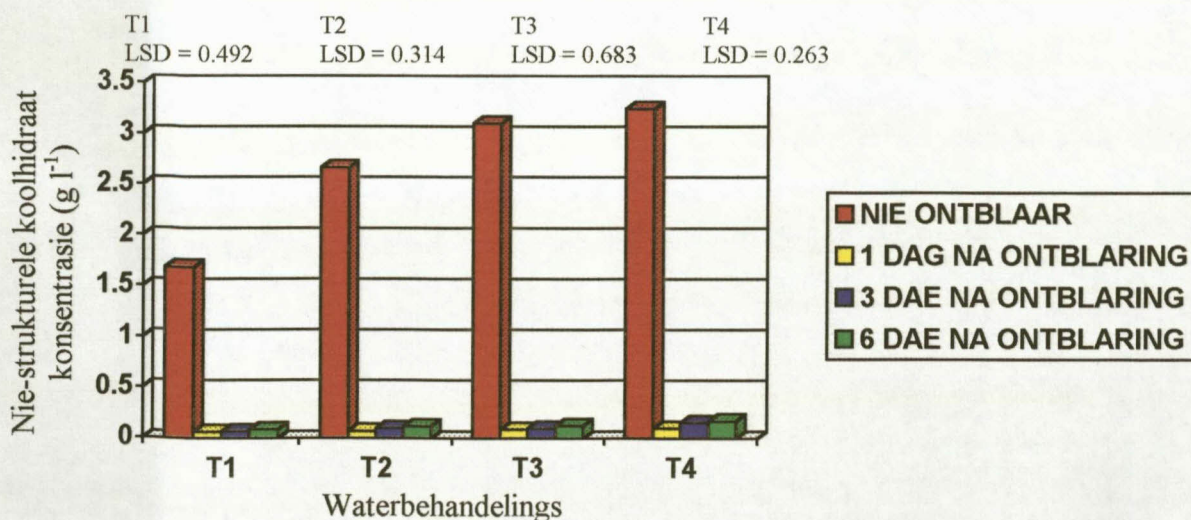


Fig. 5.15 Totale nie-strukturele koolhidraat konsentrasie in die blare voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die reprodktiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.3.2 Proteïen

5.3.2.1 Wortels

In die reprodktiewe groeistadium is daar binne T1, T2 en T3 geen betekenisvolle verskil ($P > 0.05$) in die WOPK vir enige van die ontblaringstye nie (Fig. 5.16). Binne T3 neem die WOPK af ($P < 0.05$) tot op dag 3 na ontblaring en neem weer toe totdat daar geen ($P > 0.05$) verskil tussen voor en 6 dae na ontblaring is nie. Weens die gevorderde stadium van monsterneming in die reprodktiewe groeifase en die steeds gunstige groeitoestande, reageer die plante hier moontlike baie soos in die vegetatiewe groeifase. Die intense waterstremming binne T4 veroorsaak moontlik dat die plante langer van wateroplosbare proteïen afhanklik is vir hergroei; daarom die konstante afname in die WOPK.

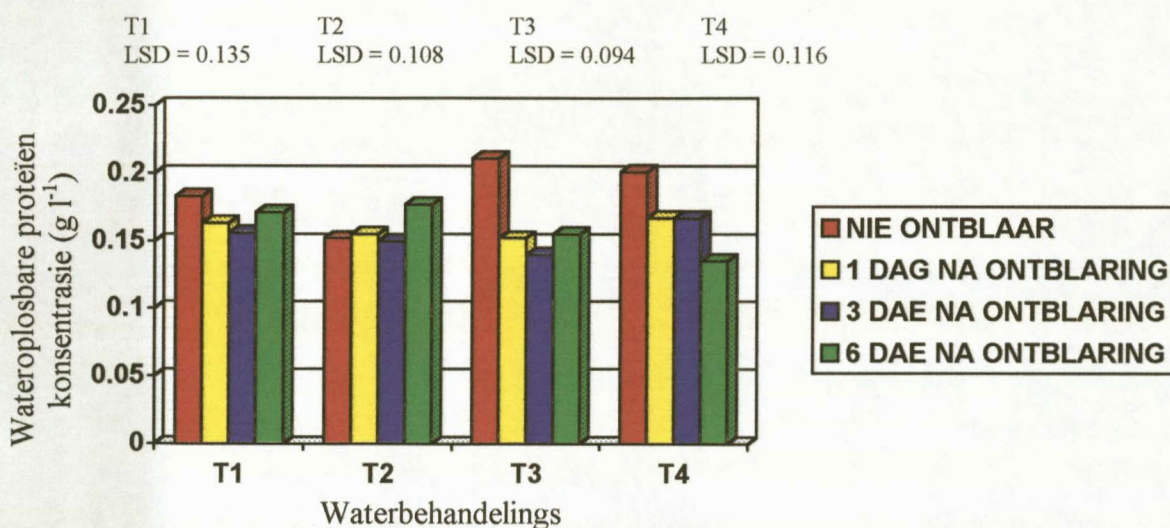


Fig. 5.16 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die wortels voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die reprodktiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.3.2.2 Stoppel

Binne T1, T2 en T4 daal ($P < 0.01$) die WOPK na ontblaring tot op dag 1 en styg ($P < 0.01$) daarna tot op dag 6 (Fig. 5.17). Die WOPK binne T3 daal nie-betekenisvol ($P > 0.05$) tot op dag 1 na ontblaring en styg ($P < 0.01$) dan tot op dag 6. Vir T1, T2 en T3 is die WOPK op dag 6 hoër ($P < 0.01$) as voor ontblaring. Binne T4 styg die WOPK sodat daar op dag 6 geen betekenisvolle verskil met die WOPK voor ontblaring is nie. Die bevindinge van Davidson & Milthorpe (1966) word dus ook hierin weerspieël.

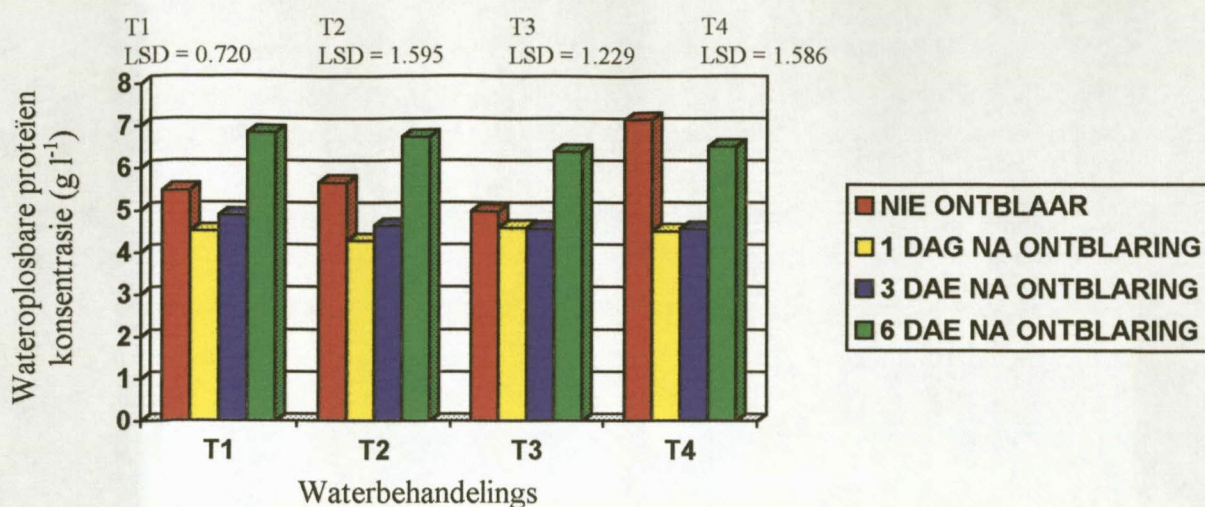


Fig. 5.17 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die stippel voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die reprodktiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

5.3.2.3 Blare

Dieselfde tendens geld as vir die WOPK in die vegetatiewe en die pyp groeistadium met dié verskil dat die WOPK binne T4 weer daal ($P < 0.05$) vanaf dag 3 tot dag 6 na ontblaring (Fig. 5.18).

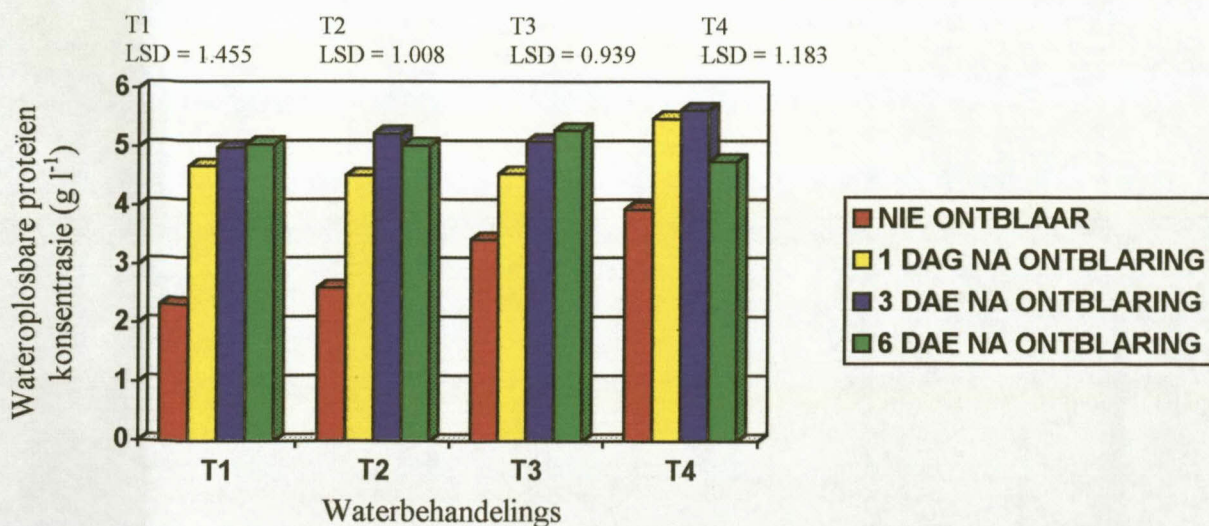


Fig. 5.18 Die wateroplosbare proteïen konsentrasie in die blare voor ontblaring, dag 1, dag 3 en dag 6 na ontblaring onder vier waterbehandelings in die reprodktiewe groeifase. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-76%, T3 = 25-50% and T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

HOOFSTUK 6

Wortelmasse en Wortellengte

6.1 Wortellengte

Die wortellengtes neem toe ($P < 0.01$) met 'n afname in die plant beskikbare water vir al die waterbehandelings vanaf T1 na T4 (Fig. 6.1). Die wortellengtes vir die verskillende ontblarings binne dieselfde waterbehandeling verskil nie ($P > 0.05$) van mekaar nie. Uit die resultate is dit dus duidelik dat wortellengte toeneem met 'n afname in plantbeskikbare water met in gedagte dat daar met 'n nat profiel begin is met planttyd. Dit wil dus voorkom asof baie hoë grondwaterpeile diep en goedverspreide wortelontwikkeling onbelangrik maak. Weaver & Clements (1938) wys daarop dat by relatief lae grondwaterpeile, wat nogtans genoeg vir wortelontwikkeling was, wortelgroei gestimuleer is om die absorberende worteloppervlakte te vergroot. By baie lae grondwaterpeile (soos by T4) behoort wortelontwikkeling te staak. In hierdie ondersoek het die grootste ($P < 0.01$) wortellengtes by T4 voorgekom. 'n Moontlike verklaring hiervoor is die sikliese uitdroging waaraan die plante onderwerp was voor die aanvang van die werklike waterbehandelings.

Die wortellengtes was die hoogste ($P < 0.01$) tydens die reproductiewe groeistadium oor al die waterbehandelings (T1, T2, T3 en T4). Geen verskil ($P > 0.05$) het tussen die wortellengtes tydens die vegetatiewe en pyp groeistadiums (oor al die waterbehandelings) voorgekom nie. Ten opsigte van 'n ontwikkelde wortelstelsel is *T. triandra* die beste toegerus vir oorlewing in tye wanneer water beperk is, vanweë die vermoë van die wortels om 'n groot volume grond vir water te benut. Hierdie feit onderstreep die vermoë van die spesie om droogtetoestande te oorleef deur sterk op wortelontwikkeling staat te maak. Die praktiese toepassing van die resultate t.o.v. die wortellengtes word wel beperk weens die beperkte ruimte vir wortelontwikkeling binne potte.

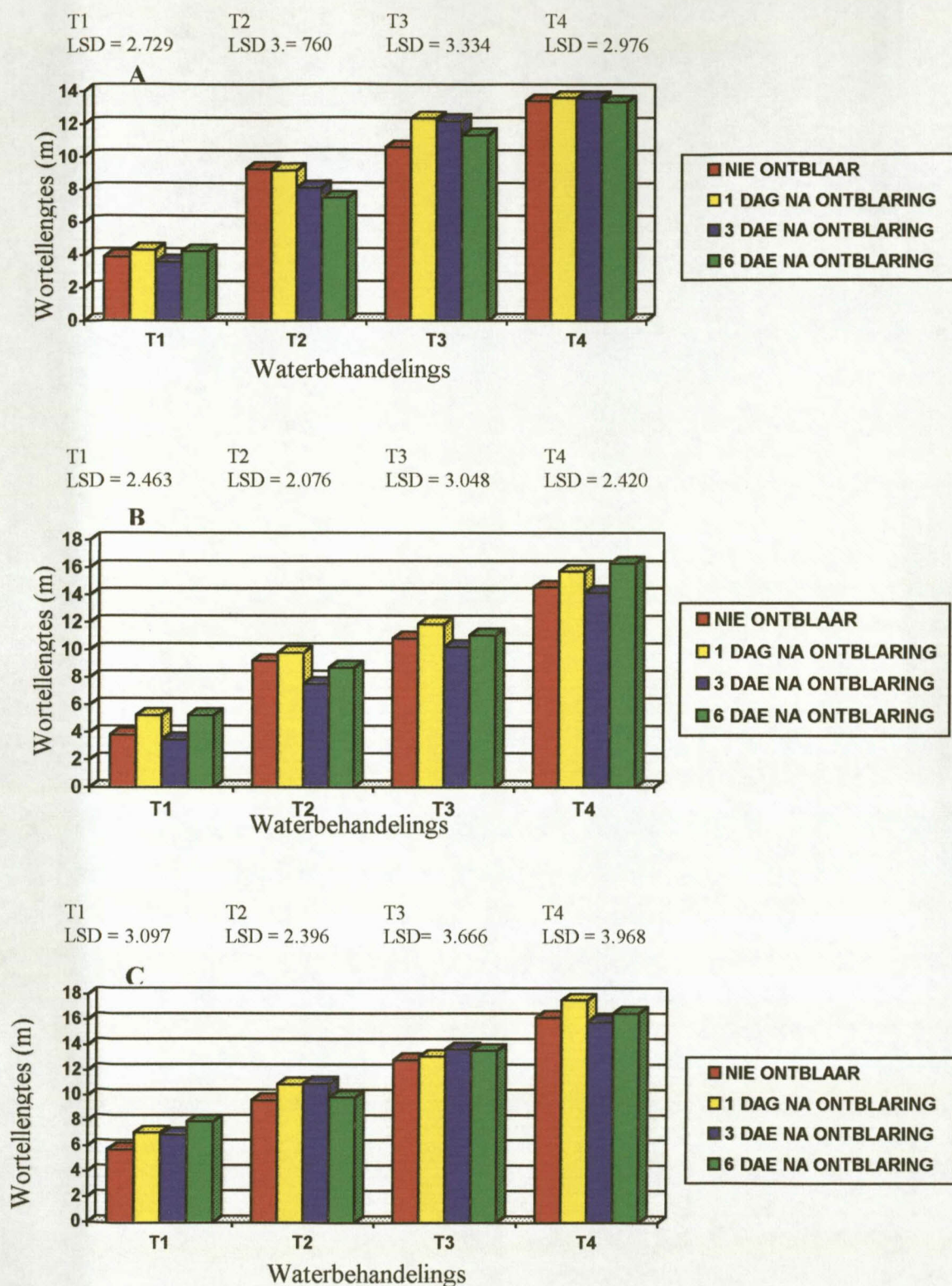


Fig. 6.1. Wortellengtes van *Themeda triandra* tydens die vegetatiewe (A), die pyp (B) en die reproductiewe (C) groeistadiums vir geen -, 1 dag na -, 3 dae na - en 6 dae na ontblaring. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% en T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

6.2 Wortelmasse

Die wortelmassas oor T1, T3 en T4 was hoër ($P < 0.05$) tydens die reprodktiewe groeistadium as vir die vegetatiewe en die pyp groeifase (Fig. 6.2). Binne T2 was die wortelmassas in die reprodktiewe groeistadium hoër ($P < 0.05$) as in die vegetatiewe groeifase, maar nie-betekenisvol hoër ($P > 0.05$) as in die pyp groeifase nie. Geen verskil ($P > 0.05$) het tussen die wortelmassas tydens die vegetatiewe en pyp groeistadiums vir T1, T2 en T3 voorgekom nie. Die wortelmassas binne T4 het toegeneem ($P < 0.01$) vanaf die vegetatiewe- na die pypstadium, en verder ($P < 0.01$) totdat dit die hoogste was in die reprodktiewe groeistadium. Die hoër wortelmassas in die reprodktiewe groeistadium kan verklaar word deur die laat stadium waarop monsterneming in hierdie groeifase geneem is, tesame met die feit dat waterstremming diep en weidverpreide wortelontwikkeling stimuleer (Weaver & Clements 1938; Blackman & Davies 1985; Chapin III 1991). Die wortelmassas neem wel toe ($P < 0.01$) onder T1 en af ($P < 0.05$) onder T2 vanaf dag 3 tot dag 6 na ontblaring, maar as geheel gesien is daar in die vegetatiewe groeistadium geen betekenisvolle ($P > 0.05$) verskil tussen die wortelmassas voor ontblaring en 1, 3 en 6 dae na ontblaring nie.

In die pyp groeifase is daar variasie in die wortelmassas binne T1 ($P < 0.01$), T2 ($P < 0.05$), T3 ($P < 0.05$) en T4 ($P < 0.05$), maar geen besliste tendens is vir elk van die verskillende ontblarings waarneembaar nie. Die wortelmassas binne T4 is wel hoër ($P < 0.01$) as vir T1, wat weereens bevestig dat waterstremming wortelmasse kan verhoog.

Die wortelmassas in die reprodktiewe groeifase het binne T1, T2 en T3 telkens toegeneem ($P < 0.01$) vanaf voor ontblaring, tot 3 dae na ontblaring, waarna die wortelmasse weer afgeneem ($P < 0.01$) het tot op dag 6 na ontblaring. Binne T4 was daar geen betekenisvolle ($P > 0.05$) verskil tussen die wortelmassas voor ontblaring, 1 dag en 3 dae na ontblaring nie. Die wortelmasse was op dag 6 wel betekenisvol laer as voor ($P < 0.05$) ontblaring, 1 dag ($P < 0.01$) en 3 dae ($P < 0.05$) na ontblaring. 'n Moontlike verklaring vir die afname in die wortelmassas vanaf dag 3 tot dag 6, na ontblaring, kan wees dat die baie dun en fyn worteltjies (wat ook bydra tot die wortelmasse) eerste afsterf en dit die wortelmassas laat daal. Hierdie moontlike verskynsel word nie in die wortellengtes weerspieël nie, aangesien die effens dikker

wortels in die bepaling van wortellengtes makliker waarneembaar is. Aangesien die grootste ($P < 0.05$) wortelmassas in die reprodktiewe groeistadium voorgekom het, kan afgelei word dat *T. triandra* die beste kans op oorlewing tydens droogtes het, ten opsigte van grondwateronttrekking, wanneer dit in die reprodktiewe groeifase is.

In droë dele lei ontblaring tot 'n afname in die koolhidraatreserwes, wat weer aanleiding gee tot 'n afname in die grootte (massa en lengte) van die wortelstelsel. Gevolglik verminder dit die plante se vermoë om voedingstowwe te absorbeer of om droogtes effektief te kan hanteer (Barnes & Hava 1963). Volgens Barnes (1956) lei ontblaring indirek tot 'n afname in die grootte van die wortelstelsel. Engel *et al.* (1998) het bevind dat herhaaldelike ontblaring tot 'n afname in die wortelmasa lei. Alhoewel hierdie tendens nie hier waargeneem is nie, is dit moontlik weens die kort periode van ses dae na ontblaring tot wanneer die laaste monster geneem is en die feit dat daar slegs eenmalig ontblaar is.

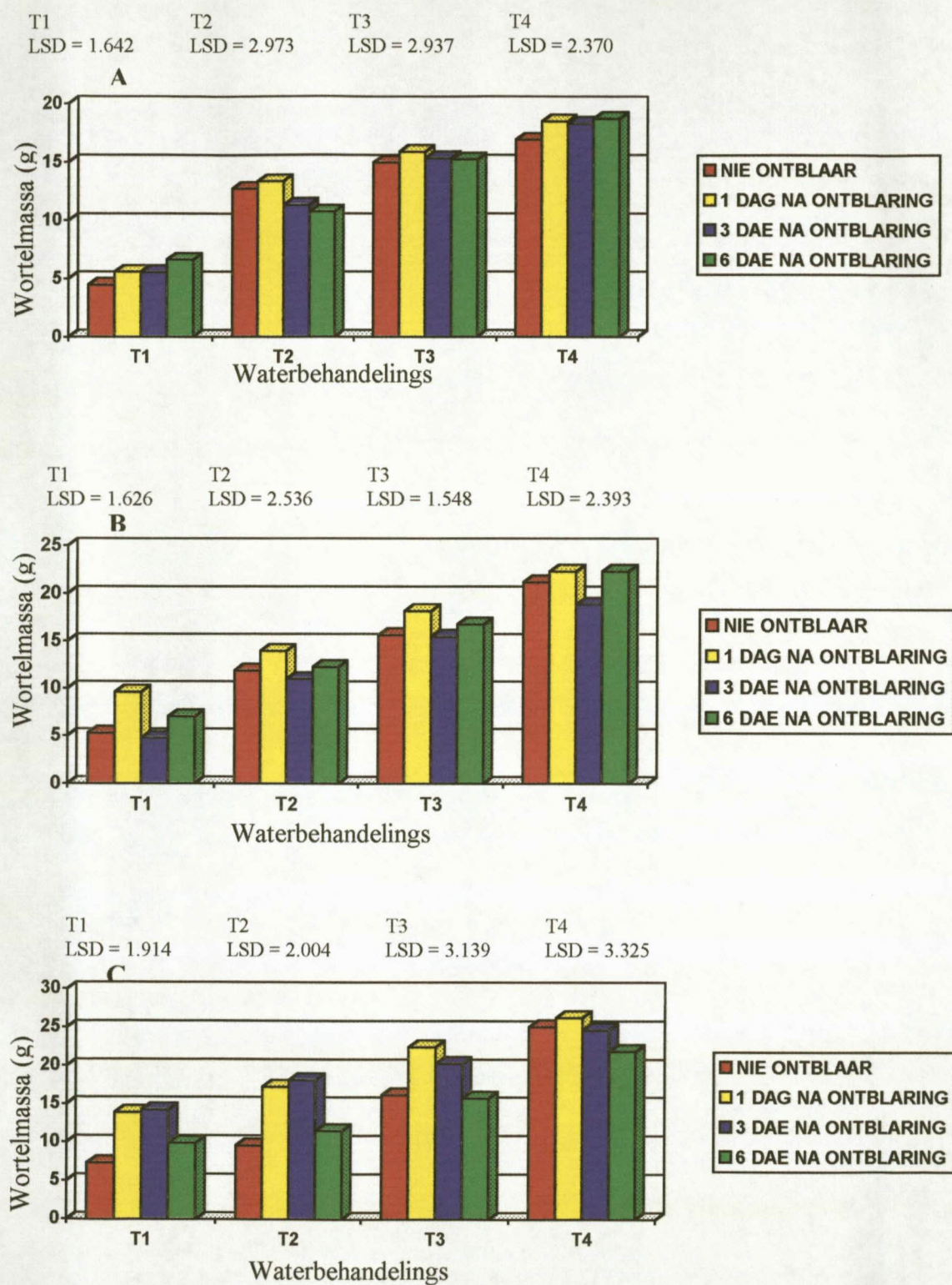


Fig. 6.2. Wortelmassas van *Themeda triandra* tydens die vegetatiewe (A), die pyp (B) en die reproductiewe (C) groeistadiums vir geen -, 1 dag na -, 3 dae na - en 6 dae na ontblaring. Waterbehandelings: T1 = 75-100%, T2 = 50-75%, T3 = 25-50% en T4 = 0-25% van Veldwaterkapasiteit.

6.3 Verwantskap

Die verwantskap tussen wortelmasse en wortellengte is vasgestel en word grafies in Fig. 6.3 voorgestel ($r^2=0.863$, $n=143$). In bylaag A₉ word die regressie-analise vir die wortelmasse/wortellengte in detail uiteengesit. Met die wortelmasse (kyk Fig. 6.3) van 'n *T. triandra* plant dus bekend, kan die wortellengte met 86.3% akkuraatheid afgelei word.

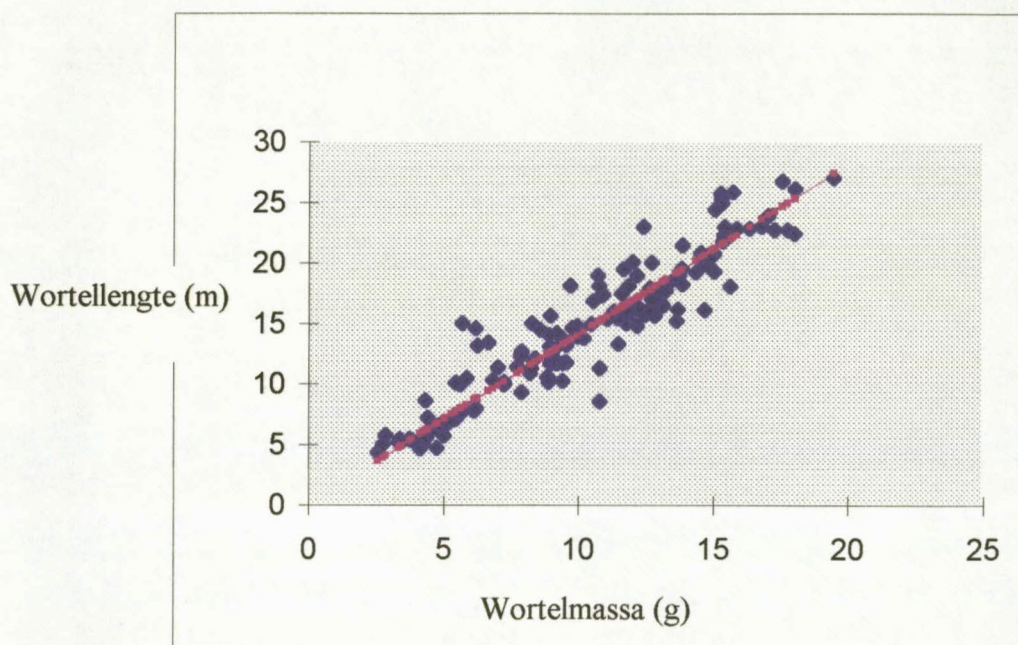


Fig. 6.3 Regressiekromme wat die verwantskap tussen die wortelmasse en die wortellengte aantoon ($y=0 + 1.406x$).

HOOFSTUK 7

Algemene gevolgtrekking en aanbevelings

Alhoewel die studie in die glashuis onder gekontroleerde toestande uitgevoer is, blyk dit tog dat die resultate verkry, 'n praktiese toepassing in weiveldbenutting kan vind. Die invloed van waterstremming op die groei en oorlewing, in kombinasie met groeiereserwestatus, is van fundamentele belang in die formulering van veldbestuurstrategieë in semi-ariëde gebiede. Dit is veral belangrik in die ariëde en semi-ariëde gebiede van Suid-Afrika waar 'n midsomer droogte meer die reël as die uitsondering is. Beperkte literatuur is wel beskikbaar oor die invloed van waterstremming op die groeiereswes van sleutelweiplante ten einde die volhoubare benutting van die weidingekosistiem te verseker. Dit is duidelik vanuit die resultate verkry uit hierdie studie dat waterstremming 'n groot invloed het op die groeiereswestatus en dat waterstremming en die groeistadium fluktuasies in die koolhidraatkonsentrasie in verskillende plantdele veroorsaak. Dit is duidelik uitgewys dat die stoppel van *Themeda triandra* Forsk. as die belangrikste groeiereswe opbergplek vir nie-strukturele koolhidrate en water-oplosbare proteïenreserwes funksioneer. Van Rensburg (1976) het ook bevind dat die som van die glukose, sukrose en styselfraksies van die hoogste was in die stoppel. Oor al die groeistadiums het die laagste wateroplosbare proteïen konsentrasies in die wortels voorgekom, wat verskil van die resultate van van Rensburg (1976) wat die wortels en daarna die stoppel as die belangrikste stoororgane beskou. Hierdie verskil lê moontlik in die feit dat van Rensburg (1976) totale ruproteïen bepaal het en nie net wateroplosbare proteïenreserwes nie.

Drastiese ontblaring van *Themeda triandra* onder toestande van waterstremming, plaas groot druk op die nie-strukturele koolhidraatreserwes wat vir hergroei gebruik word. In die pyp en reprodktiewe groeistadium word wateroplosbare proteïenreserwes ook vir hergroei gemobiliseer, maar is vir minder as 6 dae daarvan afhanklik. Dit blyk dus dat *T. triandra* ook van proteïen as groeiereswe kan gebruik maak, indien die koolhidraatreserwes laag is. Hierdie resultate bevestig bevindinge deur Ludlow (1986) dat die groei en oorlewing van weiplante afhanklik is van hul koolstofbalans. Indien groeitoestande (vog en temperatuur) gunstig is, kan 'n goeie produksie van natuurlike veld verwag word, indien die plante oor voldoende groeiereswes beskik om vinnige hergroei te laat plaasvind. Die resultate in hierdie

ondersoek illustreer die belangrikheid van omsigtige bestuur van *T. triandra* om volhoubare produksie en oorlewing in 'n ekologies sensitiewe semi-ariëde klimaat te verseker. Om 'n meer omvattende begrip van die funksionering van die hele weidingekosistiem te ontwikkel, moet die invloed van waterstremming op die groeiereserwe allokering in verskeie ander spesies ook ondersoek word.

Hierdie studie wat slegs op *T. triandra* uitgevoer is, kan wel as riglyn dien vir moontlike tendense wat met ander spesies in die semi-ariëde gebiede verwag kan word. Die seisoensvariasie gedurende verskillende groeistadiums is ook 'n aspek wat in die toekoms aandag behoort te geniet.

Hierdie studie het weereens beklemtoon waarom grasse in die ariëde en semi-ariëde gebiede, waar reënval die beperkte omgewingsfaktor is wat plantproduksie bepaal of beïnvloed, vir kort periodes gedurende die groeiseisoen groei. Tydens die gedeeltes van die groeiseisoen waartydens die plante aan waterstremming onderhewig is, word slegs gepoog om te oorleef, terwyl plantproduksie minimaal is. Die risiko bestuur van hierdie gebiede moet dus grootliks sentreer deur voldoende rusperiodes in die bestuursprogram in te bou. Minder aandag behoort dus geskenk te word aan hoe die plant benut word, maar eerder konsentreer op die rus van die plante, ten einde te oorleef, maar ook optimaal te produseer.

'n Groot leemte rondom kennis oor wortelontwikkeling en die invloed van ontblaring en waterstremming daarop bestaan vir 'n beter begrip oor die funksionering van die weidingekosistiem, in veral die droër dele. Hierdie studie het wel die belangrikheid en aanpassing uitgewys wat grasse het ten opsigte van wortelontwikkeling tydens droogteperiodes. Die belangrikheid van 'n goed verspreide wortelstelsel kan nie oorbeklemtoon word vir oorlewing tydens droogteperiodes nie. 'n Swak wortelstelsel gee aanleiding tot 'n meer droogtesensitiewe weiplant wat hoë risiko's vir oorlewing inhou.

In hierdie studie is daar net na waterstremming in kombinasie met ontblaring in 3 verskillende groeifases gekyk. Verdere studies ten opsigte van die geïntegreerde veranderings in die voedingstof-, water-, koolstof- en hormoonbalans sisteme in plante is nodig, eerder as om die fokus op 'n enkele omgewingsfaktor te plaas. Hierdie integrering sal 'n breë interdisiplinêre benadering verg, wat die vaardighede van verskillende fisioloë en ekoloë sal vereis.

HOOFSTUK 8

Opsomming

1. *Themeda triandra* plante is in 0.0039m³ potte in 'n glashuis by gekontroleerde temperature van 32⁰C ($\pm 2^0$ C) in die dag en 18⁰C ($\pm 2^0$ C) gedurende die nag ondersoek om midsomertemperature na te boots.
2. Vier water behandelings, nl. T1 = 75-100% (kontrole) van veldwaterkapasiteit (VWK), T2 = 50-75% van VWK, T3 = 25-50% van VWK en T4 = 0-25% van VWK is toegepas. Die watertoediening is progressief verminder totdat die verlangde stremingspunt vir elke behandeling bereik is. Hierdie vier waterbehandelings is toegepas vir die vegetatiewe-, pyp- en reprodktiewe groeistadiums.
3. Plantmateriaal is voor sonop geoes, gedroog, verdeel in wortels, stoppel en blare, gemaal en ontleed vir totale nie-strukturele koolhidrate (sukrose, glukose en stysel) en wateroplosbare proteïen.
4. Die TNK konsentrasie in al die plantdele binne al die groeistadiums neem toe ($P < 0.05$) met 'n toename in die intensiteit van die waterstremming van T1 na T4.
5. Binne hierdie studie is gevind dat die stoppel as die belangrikste sone vir nie-strukturele koolhidraat akkumulase, gevolg deur die wortels, funksioneer.
6. Die WOPK in die stoppel neem toe met 'n toename in die intensiteit van waterstremming vir die pyp ($P < 0.01$) en reprodktiewe ($P < 0.05$) groeifases. Die gebrek aan betekenisvolheid vir die WOPK verhoging vir die vegetatiewe stadium kan hoofsaaklik aan die inherente variasie in die data toegeskryf word.
7. Die toename in nie-strukturele koolhidraat en wateroplosbare proteïen, in die verskillende plantdele, met 'n toename in die intensiteit van waterstremming kan hoofsaaklik aan die inhibering van groei voor die staking van fotosintese toegeskryf word. Dit lei dan tot 'n verhoging in die konsentrasie fotosintate en dus groeiereswes.

8. Ontblaring induseer 'n afname ($P < 0.01$) in die TNK konsentrasie binne die wortels en stoppel oor al die groeistadiums. Groot hoeveelhede koolhidraat word dus vir hergroei gemobiliseer. Die afname ($P < 0.01$) in die TNK konsentrasie in die blare (oor al die groeistadiums) kan verklaar word deurdat monsterneming in die oggend voor sonopkoms gedoen is en die beperkte koolhidraat ook deur die nag vir respirasie benut word.
9. Ses dae na ontblaring het geen van die TNK konsentrasies na hul oorspronklike vlak soos voor ontblaring herstel nie. Nie-strukturele koolhidraat is van kardinale belang in die hergroei van *T. triandra* na drastiese ontblaring.
10. Die WOPK daal ($P < 0.01$) na ontblaring binne die pyp- en reprodktiewe groeifases, maar herstel slegs in die reprodktiewe groeifase binne 6 dae na ontblaring. Wateroplosbare proteïen word dus gemobiliseer vir hergroei na drastiese ontblaring tydens die pyp- en reprodktiewe groeifases.
11. Die WOPK in die blare neem ($P < 0.01$) toe direk na ontblaring en lei tot wateroplosbare proteïenvlakke hoër as voor ontblaring
12. Wortelmasse en wortellengte neem toe ($P < 0.01$) met 'n toename in waterstremming. Matig tot lae vlakke van plantbeskikbare water stimuleer dus wortelgroei sodat die plant die grondvolume tot sy beskikking vir die benutting van water beter benut.
13. Vanweë die hoë korrelasie ($r^2 = 0.863$, $n = 143$) tussen wortelmasse en wortellengte, kan wortelmasse gebruik word om wortellengte baie akkuraat af te lei.

LITTERATUURVERWYSINGS

- ADEGBOLA, A.A. 1966. Preliminary observations on the reserve carbohydrate and regrowth potential of tropical grasses. *Proceedings of the 10th International Grassland Congress* 933-936.
- ALBERDA, T. 1957. The effect of cutting, light intensity and night temperature on growth and soluble carbohydrate content of *Lolium perenne*. *Plant and Soil* 8: 199-230.
- ALBERDA, T. 1966. The influence of reserve substances on dry matter production after defoliation. *Proceedings of the 10th International Grassland Congress* 140-147.
- ALCOCER-RUTHLING, M., ROBBERECHT, R. & THILL, D.C. 1989. The responses of *Bouteloua scorpiodes* to water stress at two phenological stages. *Botanical Gazette* 159: 454-461.
- ARCHER, S. & DETLING, J.K. 1984. The effect of defoliation and competition on regrowth of tillers of two North American mixed grass prairie graminoids. *Oikos* 43: 351-357.
- ASPINALL, D. 1986. Metabolic Effects of Water and Salinity Stress in Relation to Expansion of the Leaf Surface. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 59-73.
- BARNES, D.L. 1956. Veld management studies at Gwebi College of Agriculture – Southern Rhodesia. M.Sc. dissertation, University of the Witwatersrand.
- BARNES, D.L. 1960. Growth and management studies on Sabi Panicum and Star Grass. Parts 1 and 2. *Rhodesian Journal of Agricultural Research* 57: 399-411.

- BARNES, D.L. 1961. Residual effects of cutting frequency and fertilizing with nitrogen on root and shoot growth, and the available carbohydrate content of the roots of Sabi Panicum (*Panicum maximum* Jacq.). *Rhodesian Journal of Agricultural Research* 58: 365-369.
- BARNES, D.L. & HAVA, K. 1963. Effects of cutting on seasonal changes in the roots of Sabi Panicum (*Panicum maximum* Jacq.). *Rhodesian Journal of Agricultural Research* 1: 107-109.
- BARTHOLOMEW, P.E. & BOOYSEN, P DE V. 1969. The influence of clipping frequency on reserve carbohydrates and regrowth of *Eragrostis curvula*. *Weidingsvereniging van suidelike Afrika* 4: 35-43.
- BLACKMAN, P.G. & DAVIES, W.J. 1985. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying. *Journal of Experimental Botany* 36: 39-48.
- BRADFORD, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of proteïen utilizing the principle of proteïen-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- BRISKE, D.D. & WOIE, B.M. 1984. Plant response to defoliation: morphological considerations and allocation of priorities. *Proceedings of the 2nd International Rangeland Congress*. Adelaide, Australia: 425-427.
- BROWN, P.W. 1995. The water relations of range plants: adaptation to waterdeficits. In: *Wildland plants: physiological ecology and developmental morphology*, eds. D.J. Bedunah & R.E. Sosebee, Soc. Range Management, Denver, Colorado: 291-414.
- BROWN, R.H. & BLASER, R.E. 1965. Relationships between reserve carbohydrate accumulation and growth rate in Orchard grass and tall fescue. *Crop Science* 5: 577-582.

- BUSSO, C.A., RICHARDS, J.H. & CHATTERTON, N.J. 1990. Nonstructural carbohydrates and spring regrowth of two cool-season grasses: Interaction of drought and clipping. *Journal of Range Management* 43 (4): 336-343.
- BUSSO, C.A. & RICHARDS, J.H. 1995. Drought and clipping effects on tiller demography and growth of two tussock grasses in Utah. *Journal of Arid Environments* 29: 239-251.
- CHAPIN III, F.S. 1991. Integrated responses of plants to stress. *BioScience* 40(1): 29-36.
- CHATTERTON, N.J., HARRISON, P.A., BENNETT, J.H. & ASAY, K.H. 1989. Carbohydrate Partitioning in 185 Accessions of Gramineae Grown Under Warm and Cool Temperatures. *Journal of Plant Physiology* 134: 169-179.
- CHRISTIANSEN, S. & SVEJCAR, T. 1987. Grazing effects on the total nonstructural carbohydrate pools in Caucasian Bluestem. *Agronomy Journal* 79: 761-764.
- CHUNG, H.H. & TRLICA, M.J. 1980. ^{14}C distribution and utilisation in blue gramma as affected by temperature, water potential and defoliation regimes. *Oecologia* 47: 190-195.
- CLADWELL, M.M., RICHARDS, J.H., JOHNSON, D.A., NOWAK, R.S. & DZUREC, R.S. 1981. Coping with herbivory: Photosynthetic capacity and resource allocation in two semi-arid *Agropyron* bunchgrass. *Ecologia* 50:14-24.
- COOK, C.W. 1966. Carbohydrate reserves in plants. *Utah Resources Series 31*. Utah Agricultural Experimental Station. Utah State University. Logan.
- DANCKWERTS, J.E. 1984. Towards improved livestock production off sweet grassveld. Ph.D. Thesis. University of Natal.

- DANCKWERTS, J.E. 1988. Growth and desiccation of *Themeda triandra* and *Sporobolus fimbriatus* in relation to diminishing moisture availability. *Joernaal van die Weidingsvereniging van suidelike Afrika* 5(2): 96-102.
- DANCKWERTS, J.E. 1993. Reserve carbon and photosynthesis: their role in regrowth of *Themeda triandra*, a widely distributed subtropical graminaceous species. *Functional Ecology* 7: 634-641.
- DANCKWERTS, J.E. & STUART-HILL, G.C. 1988. The effect of severe drought and management after drought on the mortality and recovery of semi-arid grassland. *Joernaal van die Weidingsvereniging van suidelike Afrika* 5: 218-222.
- DANCKWERTS, J.E. & GORDON, A.J. 1990. Partitioning, storage and remobilization of ¹⁴C assimilated by *Themeda triandra* Forsk. *Joernaal van die Weidingsvereniging van suidelike Afrika* 7: 97-105.
- DAVIDSON, J.K. & MILTHORPE, F.L. 1966. The effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. *Annals of Botany* 30: 185-198.
- DAVIES, A. 1965. Carbohydrate levels and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science* 65: 213-221.
- DE CUGNAC, A. 1931. Recherches sur les Glucides des Graminées. *Annales des Sciences Naturelles* 10e séries. 13: 1-129.
- DEREGIBUS, V.A., TRLICA, M.J. & JAMESON, D.A. 1982. Organic reserves in herbage plants: their relationship to grassland management. *CRC handbook of agricultural productivity*. M. Recheigl, JR. (ed). Volume I. Plant Productivity. CRC press Inc., Boca Raton, Florida.
- DEWALD, C.L. & SIMS, P.L. 1981. Seasonal vegetative establishment and shoot reserves of eastern gamagrass. *Journal of Range Management* 34: 300-304.

- DINA, S.J. & KLIKOFF. 1973. Effect of plant moisture stress on carbohydrate and nitrogen content of big sagebush. *Journal of Range Management* 26: 207-209.
- DU TOIT, J. 1979. Woolled sheep: necessary resting periods for pastures. Farming in South Africa. *Wool Production*.
- ENGEL, R.K., NICHOLS, J.T., DODD, J.L. & BRUMMER, J.E. 1998. Root and shoot responses of sand bluestem to defoliation. *Journal of Range Management* 51: 42-46.
- FISHER, R.A. 1949. The design of experiments. Edinburgh: Oliver and Boyd Ltd.
- FORD, C.W. & WILSON, J.R. 1981. Changes in Levels of Solutes during Osmotic Adjustment to Water Stress in Leaves of Four Tropical Pasture Species. *Australian Journal of Plant Physiology* 8: 77-91.
- GERBER, J.J. 1993. The effect of water stress and clipping on the growth and carbohydrate reserves of *Pentzia incana*. M.Sc. verhandeling. Universiteit van Natal.
- GIFFORD, R.M. & MORISON, J.I.L. 1985. Photosynthesis, water use and growth of a C₄ grass stand at high CO₂ concentration. *Photosynthesis Research* 7: 77-90.
- GONZALES, B., BOUCAUD, J., SALETTE, J., LANGLOIS, J. & DUYME, M. 1989. Changes in stubble carbohydrate content during regrowth of defoliated perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) on two nitrogen levels. *Grass and Forage Science* 44: 411-415.
- GRONDKLASSIFIKASIEWERK GROEP, 1991. Grondklassifikasie. 'n Taksonomiese sisteem vir Suid-Afrika. Memoirs oor die Natuurlike Landbouhulpbronne van Suid-Afrika Nr.15. Departement van Landbou-ontwikkeling, Pretoria.
- HILBERT, D.W. & REYNOLDS, J.M. 1991. A model allocating growth among leaf proteins, shoot structure and root biomass to produce balanced activity. *Annals of Botany* 68: 417-425.

- HODGKINSON, K.C. 1976. The effects of frequency and extent of defoliation, summer irrigation, and fertilizer on the production and survival of the grass *Danthonia caespitosa* Gaud. *Australian Journal for Agricultural Research* 27: 755-767.
- HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review. Plant Physiology* 24: 519-570.
- HSIAO, T.C. , FERERES, E., ACEVEDO, E. & HENDERSON, D.W. 1976. Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants, pp. 281-305. In: *Water and Plant life. Problems and Modern Approaches*, eds. O.L. Lange, L. Kappen & Schulze, E.-D. Springer-Verlag, New York.
- JAMESON, D.A. 1963. Responses of individual plants to harvesting. *The Botanical Review* 29: 532-594.
- JOHNSON, D.A. 1980. Improvement of perannial herbaceous plants for drought-stressed western rangelands. In: *Adaptations of plants to water and temperature stress*, eds, N.C. Turner & P.J. Kramer, John Wiley & Sons, New York: 419-433.
- KAUFMANN, R. 1981. Water relations during drought. In: *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants*, eds. L.G. Paleg & D. Aspinal, pp. 55-70. Academic press, Sydney.
- KIRKMAN, K.P. & MOORE, A.C. 1995. Research note: Qualification of the effects of defoliation on grass vigour. *African Journal For Range and Forage Science* 12(2): 89-91.
- KLUGE, M. 1976. Carbon and nitrogen metabolism under water stress, pp. 243-252. In: *Water and Plant life. Problems and Modern Approaches*, eds. O.L. Lange, L. Kappen & Schulze, E.-D. Springer-Verlag, New York.

- LANGER, R.H.M. (1972). How grasses grow. The Institute of Biology's *Studies in Biology* no 34. Edward Arnold Limited, 25 Hill Street, London, pp 17-35.
- LUDLOW, M.M. 1980. Adaptive significance of stomatal responses to water stress. In: *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*, eds. Turner, N.C. & Kramer, P.J. p 123-138. Wiley Interscience: New York.
- LUDLOW, M.M. 1986. Simultaneous pressure of water stress and defoliation in rangeland plants. p 433-436. In: P.J. Joss, P.W. Lynch & O.B. Williams (eds.), *Rangelands: A resource under siege*. Cambridge University Press. Cambridge. England.
- MARSHALL, C. & SAGAR, G.R. 1965. The influence of defoliation on distribution of assimilates in *Lolium multiflorum* Lam. *Annals of Botany* 29: 365-372.
- MAY, L.H. 1960. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. *Herbaceous Abstracts*: 239-245.
- MAYORAL, M.L., ATSMON, D., SHIMSHI, D. & GROMET-ELHANAN, Z. 1981. Effect of Water Stress on Enzyme Activities in Wheat and Related Wild Species: Carboxylase Activity, Electron Transport and Photophosphorylation in Isolated Chloroplasts. *Australian Journal of Plant Physiology* 8: 385-393.
- MCNAUGHTON, S.J., WALLACE, L.L. & COUGHENOUR, M.B. 1983. Plant adaptation in an ecosystem context: effects of defoliation, nitrogen and water on growth of an African C₄ sedge. *Ecology* 64: 307-318.
- MENDENHALL, W. & SINCICH, T. (1996). Principles of Experimental Design. *A Second Course in Statistics*. Fifth Edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. pp 582-595.
- MENKE, J.W. & TRLICA, M.J. 1981. Carbohydrate Reserve, Phenology and Growth Cycles of Nine Colorado Range Species. *Journal of Range Management* 34(4): 269-277.

- MOOLMAN, A.C., VAN ROOYEN, N. & VAN ROOYEN, M.W. 1996a. The effect of drought stress on the morphology of *Antheophora pubescens* Nees. *Suid Afrikaanse tydskrif vir Plantkunde* 62: 36-39.
- MOOLMAN, A.C., VAN ROOYEN, N. & VAN ROOYEN, M.W. 1996b. The effect of drought stress on the dry matter production, growth rate and biomass allocation of *Antheophora pubescens* Nees. *Suid Afrikaanse tydskrif vir Plantkunde* 62: 41-45.
- MOONEY, H.A. 1972. The carbon balance of plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 3: 315-346.
- MOORE, A.C. 1989. Sekere fenologiese en fisiologiese reaksies van *Themeda triandra* (Forsk.) op verskillende ontblaringskedules. MSc verhandeling, Potchefstroom Universiteit vir CHO.
- MOIR, W.H. & TRLICA, M.J. 1976. Plant communities and vegetation pattern as affected by various treatments in shortgrass prairies of northeastern Colorado. *Southwest Nature* 21: 359-371.
- MUNNS, R., GREENWAY, H., DELANE, R. & GIBBS, J. 1982. Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordeum vulgare* growing at high external NaCl. *Journal of Experimental Botany* 33: 574-583.
- NERD, A. & NOBLE, P.S. 1991. Effects of drought on water relations and non-structural carbohydrates in cladodes of *Opuntia ficus-indica*. *Physiologia Plantarum* 18: 495-500.
- NURSEY, W.R.E. 1971. Starch deposits in *Themeda triandra* Forsk. *Proceedings of the Grassland Society of southern Africa* 6: 157-160.

- O'CONNOR, T.G. & BREDEKAMP, G.J. 1997. Grassland. *Vegetation of Southern Africa*. Cowling, R.M., Richardson, D.M. & Pierce, S.M. (ed). Institute for Plant Conservation, University of Cape Town, South Africa. Cambridge University Press.
- OGDEN, P.R. & LOOMIS, W.E. 1972. Carbohydrate reserves of intermediate wheatgrass after clipping and etiolation treatments. *Journal of Range Management* 25: 29-32.
- OPPERMAN, D.P.J., HUMAN, J.J. & ROBERTS, B.R. 1976. Die invloed van ontblaring en vogstremming op die groeikragtigheid van *Themeda triandra* Forsk. onder gekontroleerde toestande. *Proceedings of the Grassland Society of southern Africa* 12:65-69.
- OPPERMAN, D.P.J., HUMAN, J.J. & VILJOEN, M.F., 1977. Evaporation studies on *Themeda triandra* Forsk. under field conditions. *Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa* 12: 71-76.
- OPPERMAN, D.P.J., ROBERTS, B.R. & VAN RENSBURG, W.L.J. 1969. The influence of defoliation on dry matter production and nutritive value of perennial veld grasses. *Agroplantae* 1: 133-138.
- OPPERMAN, D.P.J., ROBERTS, B.R. & VAN RENSBURG, W.L.J. 1970. Die invloed van ontblaring op die wortelgewigte, stoppelgewigte en reserwestatus van drie meerjarige veldgrasse (*Themeda triandra*, *Eragrostis lehmaniana* en *Cymbopogon plurinodis*). *Agroplantae* 2:51-60.
- PANDE, H. & SINGH, J.S. 1985. The influence of clipping and water stress on growth performance and nutrient value of four range grasses. *Proceedings of the Indian Academy of Science (Plant Science)* 95: 389-403.
- PIETERSE, P.A. & RETHMAN, N.F.G. 1999. Die invloed van N-bemesting en waterstremming op die droëmateriaalopbrengs en blaaroppervlakteienskappe van *Panicum maximum* cv. Gatton. *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* (In druk).

- RICHARDS, J.H. & CLADWELL, M.M. 1985. Soluble carbohydrates, concurrent photosynthesis and efficiency in regrowth following defoliation: a field study with *Agropyron* species. *Journal of Applied Ecology* 22: 907-920.
- ROBERTS, B.R. & OPPERMAN, D.P.J. 1966. The influence of defoliation on carbohydrate status and nutritive value of perennial veld grasses. *Proceedings of the X International Grassland Congress*. p: 940-943.
- ROWSE, H.R. & PHILLIPS, D.A. 1974. An instrument for estimating the total length of root in sample. *Journal of Applied Ecology* 11: 309-314.
- SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., BRADSTREET, E.D. & HEMMINGSEN, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-346.
- SCHULZE, E.R. 1979. Climate of South Africa. Part 8. General Survey. Weather Bureau, Pretoria.
- SCOTT, J.D. & RABIE, J.W. 1956. Preliminary studies on growth and development of *Eragrostis curvula* and *Themeda triandra*. *South African Journal of Science*. p: 207-210.
- SHACKELTON, C.M., MCKENZIE, B. & GRANGER, J.E. 1998. Seasonal changes in root biomass, root/shoot ratios and turnover in two coastal grassland communities in Transkei. *South African Journal of Botan.* 54: 465-471.
- SHERIFF, D.W., FISHER, M.J., RUSITZKA, G. & FORD C.W. 1986. Physiological Reactions to an Imposed Drought by two Twining Pasture Legumes: *Macroptilium atropurpureum* (Desiccation Sensitive) and *Galactia* (Desiccation Insensitive). *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 431-445.
- SIELING, K., CHRISTEN, O., RICHTERARDER, H. & HANUS, H. 1994. Effects of temporary water stress after anthesis on grain yield and yield components in different

- tiller categories of two spring wheat varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science* 173: 32-40.
- SKINNER, T.E. 1981. Droughts in perspective. *Proceedings of the Grassland Society of southern Africa* 16: 13-16.
- SLATYER, R.O. 1967. *Plant water relationships*. Academic press, New York: 366 pp
- SMITH, D. 1973. The nonstructural carbohydrates. *Chemistry and Biochemistry of Herbage*. (Ed. Butler, G.W. & Bailey, R.V.). Academic Press. London.
- SMITH, D. 1981. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. University of Wisconsin. College of Agriculture and Life Science Publication. R-2107. University of Wisconsin. Madison. USA.
- SMITH, L.H. & MARTEN, G.C. 1970. Foliar regrowth of alfalfa using ¹⁴C-labelled carbohydrates stored in roots. *Crop Science* 10: 146-150.
- SMITH, D., PAULSEN, G.M. & RAGUSE, C.A. 1964. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissue. *Plant Physiology* 39: 960-962.
- SNYMAN, H.A. 1993. The effect of defoliation during wilting on the production of *Themeda triandra* and *Eragrostis lehmanniana* in semi-arid grassland. *African Journal of Range and Forage Science* 10(3): 113--114.
- SNYMAN, H.A. 1994. Die invloed van ontblaring en wortelontwikkeling by grasse. *SA Koöp*. 9(5): 25-28.
- SNYMAN, H.A. 1998. Dynamics and sustainable utilization of rangeland ecosystems in arid and semi-arid climates of southern Africa. *Journal of Arid Environmnts* 39: 645-666.

- SNYMAN, H.A. & FOUCHÉ, H.J. 1991. Production and water use efficiency of semi-arid grasslands of South Africa as affected by veld condition and rainfall. *Water South Africa* 17: 263-268.
- SNYMAN, H.A. & FOUCHÉ, H.J. 1993. Production and water use efficiency of semi-arid grasslands of South Africa as affected by veld condition, rainfall and evapotranspiration. *African Journal for Range and Forage Science* 10: 21-24.
- SNYMAN, H.A. & OPPERMAN, D.P.J. 1983. Die invloed van vog- en ontblaingsbehandelings in hidrologiese eenhede op natuurlike veld. *Proceedings of the Grassland Society of southern Africa* 18: 124-130.
- SNYMAN, H.A., VENTER, W.D., VAN RENSBURG, W.L.J. & OPPERMAN, D.P.J. 1987. Ranking of grass species according to visible wilting order and rate of recovery in the central Orange Free State. *Proceedings of the Grassland Society of southern Africa* 4(2): 78-81.
- SNYMAN, H.A., VENTER, W.D. & VAN RENSBURG, W.L.J. 1997. Transpiration and water-use efficiency in response to water stress in *Themeda triandra* and *Eragrostis lehmanniana*. *Suid Afrikaanse tydskrif vir Plantkunde* 63(1): 55-59.
- STEINKE, T.D. 1975. Effect of height of cut on translocation of ^{14}C labelled assimilates in *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees. *Proceedings of the Grassland Society of southern Africa* 10: 41-47.
- STEINKE, T.D. & BOOYSEN, P. de V. 1968. The utilization of carbohydrate reserves and regrowth of *Eragrostis curvula* after different frequencies of defoliation. *Proceedings of the Grassland Society of southern Africa* 3: 105-110.
- STODDART, L.A., SMITH, A.D. & BOX, T.W. 1975. *Range Management*. Mc Graw – Hill Book Co., New York.

- TOFT, N.L., MCNAUGHTON, S.J. & GEORIADIS, N.J. 1987. Effects of Water Stress and Simulated Grazing on Leaf Elongation and Water Relations of an East African Grass, *Eustachys paspaloides*. *Australian Journal of Plant Physiology* 14: 211-226.
- TRLICA, M.J. 1977. Distribution and utilization of carbohydrate reserves in range plants. In: *Rangeland Plant Physiology*. Range Science Series No. 4 Ed. R.e. Sosebee. Denver.
- TRLICA, M.J. & SINGH, J.S. 1979. Translocation of assimilates and creation, distribution and utilization of reserves. In: *Arid-land Ecosystems: structure, functioning and management*. Eds. Goodall, D. & Perry, R.A, Cambridge University Press.
- TURNER, N.C. & BEGG, J.E. 1978. Response of pasture plants to water deficits. In: *Proceedings of symposium, Plant relations in pastures*, ed. J.R. Wilson, CSIRO, Melbourne: 50-66.
- VAN BILJON, P.L. 1981. 'n Omvattende ondersoek na die koolhidraatfraksies van *Themeda triandra*. Ph. D.-Proefskrif. Fakulteit van Natuurwetenskappe. Universiteit van die Vrystaat. Bloemfontein.
- VAN DER HEYDEN, F. 1992. Effects of defoliation on regrowth and carbon budgets of three semi-arid karoo shrubs. Ph. D. thesis. University of Cape Town, Cape Town.
- VAN DER HEYDEN, F. & STOCK, W.D. 1996. Regrowth of a semi-arid shrub following simulated browsing: the role of reserve carbon. *Functional Ecology* 10: 647-653.
- VAN DER WESTHUIZEN, F.G.J. & JOUBERT, J.G.V. 1983. The effect of cutting during anthesis on carbon dioxide absorption and carbohydrate contents of *Erharta calycina* and *Osteospermum sinuatum*. *Proceedings of the Grassland Society of South Africa* 18: 106-112.
- VAN RENSBURG, W.L.J. 1976. *Groeiereserwes by Themeda triandra Forsk.* Ph. D.-Proefskrif. Departement Plantkunde. Universiteit van die Vrystaat. Bloemfontein.

- VENTER, W.D. 1988. Die invloed van waterstremming op die groei van *Themeda triandra* en *Eragrostis lehmaniana*. M.Sc.(Agric.) verhandeling, Universiteit van die Vrystaat, Bloemfontein.
- VENTER, W.D., SNYMAN, H.A. & VAN RENSBURG, W.L.J. 1997. Photosynthetic response to water stress in *Themeda triandra* and *Eragrostis lehmanniana*. *South African Journal of Botany* 63: 37-41.
- VOLAIRE, F. 1995. Growth, carbohydrate reserves and drought survival strategies of contrasting *Dactylis glomerata* populations in a Mediterranean environment. *Journal of Applied Ecology* 32: 1, 56-66; 47 ref.
- WAITE, R. & BOYD, J. 1953. The water-soluble carbohydrates of grasses. Changes occurring during the normal life-cycle. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 4: 197-204.
- WAND, S.J.E., MIDGLEY, M.H.J. & PETERS, C. 1999. Responses of wild C₄ and C₃ grass (Poaceae) species to elevated atmospheric CO₂ concentration: a meta-analytic test of current theories and perceptions. Review Article. *Global Change Biology* 5: 723-741.
- WARD, C.Y. & BLAZER, R.E. 1961. Carbohydrate food reserve and leaf area in regrowth of orchardgrass. *Crop Science* 1: 366-370.
- WARDLAW, I.F. 1969. The effect of water stress on translocation in relation to photosynthesis and growth. II. Effect during leaf development in *Lolium temulentum*. *Australian Journal of Biological Science* 22: 1-6.
- WEAVER, J.E. & CLEMENTS, F.E. 1938. *Plant Ecology*. Ed. McGraw-Hill. New York, London.

- WEINMANN, H. 1948. Underground development and reserves of grasses: A review. *Journal of the British Grassland Society* 3: 115-140.
- WEINMANN, H. 1952. Carbohydrate reserves in grasses. *Proceedings of the sixth International Grassland Congress (Pensilvania)*: 655-660.
- WEINMANN, H. 1955. The chemistry and physiology of grasses. In: *The grasses and pastures of South Africa*, ed. D. Meredith, Central News Agency, Johannesburg: 571-600.
- WEINMANN, H. 1961. Review Article: Total available carbohydrates in grasses and legumes. *Herbage Abstracts* 31(4): 255-261.
- WHITE, L.M. 1973. Carbohydrate reserves of grasses: a review. *Journal of Range Management* 26: 13-18.
- WILSON, J.R. & NG, T.T. 1975. The influence of water stress on parameters associated with herbage quality in *Panicum maximum* var. *trichoglume*. *Australian Journal of Agricultural Research* 26: 1227-1236.
- WILSON, J.R. & LUDLOW, M.M. 1983. Time trends of solute accumulation and the influence of potassium fertilizer on osmotic adjustment of water stressed leaves of three tropical grasses. *Australian Journal of Plant Physiology* 10:523-537.
- WOLFSON, M.M. & TAINTON, N.M. 1999. The morphology and physiology of major forage plants. In: *Veld Management in South Africa*, ed. N.M. Tainton, University of Natal Press, Pietermaritzburg: 45-90.
- ZARROUGH, K.M., NELSON, C.J. & SLEPER, D.A. 1984. Interrelationships between rates of leaf appearance and tillering in selected tall fescue populations. *Crop Science* 24: 565-569.

BYLAE A

A₁ Koolhidraatfraksies vir die vegetatiewe, pyp en reproductiewe groeifases in die wortels, stoppel en blare voor ontblaring (g/l).

KOOLHIDRAAT

Vegetatief - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem (g/l)
1	1	0.714	
1	2	0.308	0.512
1	3	0.513	
2	1	2.177	
2	2	1.552	1.890
2	3	1.941	
3	1	1.936	
3	2	1.305	1.718
3	3	1.913	
4	1	2.054	
4	2	1.921	1.956
4	3	1.894	

Vegetatief - stoppels

Beh	Repl	Totaal	Gem (g/l)
1	1	2.060	
1	2	1.487	1.846
1	3	1.992	
2	1	3.930	
2	2	3.890	3.850
2	3	3.730	
3	1	3.310	
3	2	3.020	3.227
3	3	3.350	
4	1	4.270	
4	2	4.620	4.620
4	3	4.970	

Vegetatief - blare

Beh	Repl	Totaal	Gem (g/l)
1	1	1.997	
1	2	1.567	1.977
1	3	2.367	
2	1	2.230	
2	2	1.950	2.037
2	3	1.930	
3	1	2.330	
3	2	2.930	2.977
3	3	3.670	
4	1	1.990	
4	2	2.780	2.497
4	3	2.720	

Pyp - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem (g/l)
1	1	0.573	
1	2	0.295	0.446
1	3	0.471	
2	1	0.553	
2	2	0.627	0.611
2	3	0.653	
3	1	0.881	
3	2	0.926	0.897
3	3	0.884	
4	1	1.206	
4	2	1.055	1.136
4	3	1.147	

Pyp - stoppels

Beh	Repl	Totaal	Gem (g/l)
1	1	1.370	
1	2	0.860	1.130
1	3	1.160	
2	1	1.780	
2	2	3.280	2.583
2	3	2.690	
3	1	2.530	
3	2	2.470	2.677
3	3	3.030	
4	1	3.090	
4	2	2.750	2.823
4	3	2.630	

Pyp - blare

Beh	Repl	Totaal	Gem (g/l)
1	1	1.740	
1	2	0.830	1.293
1	3	1.310	
2	1	1.770	
2	2	2.100	1.957
2	3	2.000	
3	1	1.920	
3	2	2.020	2.173
3	3	2.580	
4	1	3.060	
4	2	2.960	3.017
4	3	3.030	

Reproductief - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem (g/l)
1	1	0.464	
1	2	0.426	0.443
1	3	0.440	
2	1	0.721	
2	2	1.131	0.941
2	3	0.971	
3	1	1.201	
3	2	1.131	1.160
3	3	1.149	
4	1	2.016	
4	2	1.092	1.551
4	3	1.545	

Reproductief - stoppels

Beh	Repl	Totaal	Gem (g/l)
1	1	1.200	
1	2	1.300	1.933
1	3	3.300	
2	1	3.550	
2	2	4.200	3.840
2	3	3.770	
3	1	3.400	
3	2	3.060	3.100
3	3	2.840	
4	1	3.320	
4	2	2.990	3.550
4	3	4.340	

Reproductief - blare

Beh	Repl	Totaal	Gem (g/l)
1	1	1.600	
1	2	2.100	1.687
1	3	1.360	
2	1	2.430	
2	2	2.910	2.670
2	3	2.670	
3	1	3.120	
3	2	2.570	3.103
3	3	3.620	
4	1	3.060	
4	2	3.230	3.250
4	3	3.460	

A₂ Koolhidraatfraksies vir die vegetatiewe en pyp groeifases in die wortels, stoppel en blare na ontblaring (g/l).

KOOLHIDRAAT HERGROEI

Veg-wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.071	0.079	0.060	0.070
1	2	0.066	0.075	0.082	0.074
1	3	0.101	0.119	0.115	0.112
1	4	0.123	0.111	0.108	0.114
3	1	0.077	0.062	0.078	0.072
3	2	0.086	0.093	0.104	0.094
3	3	0.135	0.149	0.142	0.142
3	4	0.172	0.165	0.177	0.171
6	1	0.081	0.077	0.071	0.076
6	2	0.098	0.107	0.100	0.102
6	3	0.155	0.144	0.162	0.154
6	4	0.173	0.192	0.188	0.184

Veg-stoppels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.126	0.138	0.118	0.127
1	2	0.146	0.156	0.150	0.150
1	3	0.148	0.129	0.144	0.140
1	4	0.179	0.161	0.169	0.170
3	1	0.142	0.130	0.118	0.130
3	2	0.152	0.157	0.166	0.159
3	3	0.183	0.168	0.173	0.175
3	4	0.196	0.190	0.207	0.198
6	1	0.135	0.150	0.143	0.143
6	2	0.160	0.152	0.142	0.151
6	3	0.176	0.190	0.165	0.177
6	4	0.192	0.229	0.212	0.211

Veg-blare

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.086	0.066	0.075	0.076
1	2	0.079	0.082	0.092	0.085
1	3	0.100	0.112	0.105	0.106
1	4	0.124	0.116	0.133	0.124
3	1	0.086	0.098	0.103	0.095
3	2	0.107	0.095	0.118	0.107
3	3	0.129	0.116	0.134	0.126
3	4	0.139	0.130	0.148	0.139
6	1	0.108	0.118	0.094	0.107
6	2	0.114	0.125	0.129	0.123
6	3	0.142	0.148	0.135	0.142
6	4	0.157	0.169	0.155	0.160

Pyp-wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.026	0.029	0.022	0.025
1	2	0.082	0.051	0.064	0.066
1	3	0.062	0.063	0.061	0.062
1	4	0.060	0.064	0.080	0.068
3	1	0.062	0.051	0.056	0.056
3	2	0.094	0.082	0.078	0.085
3	3	0.074	0.075	0.081	0.077
3	4	0.134	0.135	0.161	0.143
6	1	0.069	0.084	0.069	0.074
6	2	0.085	0.094	0.095	0.092
6	3	0.095	0.103	0.119	0.106
6	4	0.407	0.360	0.345	0.371

Pyp-stoppels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.047	0.035	0.034	0.039
1	2	0.058	0.069	0.069	0.066
1	3	0.046	0.048	0.052	0.049
1	4	0.109	0.091	0.103	0.101
3	1	0.049	0.060	0.082	0.063
3	2	0.118	0.087	0.108	0.105
3	3	0.077	0.095	0.094	0.089
3	4	0.255	0.239	0.223	0.239
6	1	0.072	0.073	0.074	0.073
6	2	0.139	0.138	0.156	0.144
6	3	0.105	0.095	0.107	0.102
6	4	0.314	0.301	0.310	0.308

Pyp-blare

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.127	0.137	0.123	0.129
1	2	0.148	0.147	0.168	0.154
1	3	0.117	0.107	0.136	0.120
1	4	0.338	0.330	0.364	0.344
3	1	0.090	0.091	0.104	0.095
3	2	0.133	0.138	0.156	0.142
3	3	0.107	0.125	0.100	0.111
3	4	0.255	0.239	0.223	0.239
6	1	0.095	0.119	0.131	0.115
6	2	0.064	0.075	0.075	0.072
6	3	0.112	0.119	0.112	0.114
6	4	0.085	0.091	0.091	0.089

A₃ Koolhidraatfraksies vir die reprodktiewe groeifases in die wortels, stoppel en blare na ontblaring (g/l).

Rep-wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.028	0.032	0.039	0.033
1	2	0.034	0.030	0.033	0.033
1	3	0.049	0.060	0.061	0.056
1	4	0.094	0.119	0.107	0.107
3	1	0.066	0.049	0.053	0.056
3	2	0.059	0.048	0.045	0.051
3	3	0.064	0.060	0.078	0.068
3	4	0.106	0.111	0.121	0.113
6	1	0.059	0.063	0.036	0.053
6	2	0.073	0.063	0.068	0.068
6	3	0.088	0.056	0.080	0.075
6	4	0.161	0.174	0.201	0.179

Rep-stoppels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.045	0.064	0.047	0.052
1	2	0.048	0.056	0.078	0.061
1	3	0.068	0.070	0.051	0.063
1	4	0.083	0.122	0.096	0.100
3	1	0.072	0.061	0.058	0.064
3	2	0.074	0.086	0.101	0.087
3	3	0.078	0.079	0.079	0.078
3	4	0.146	0.137	0.176	0.153
6	1	0.083	0.090	0.119	0.097
6	2	0.099	0.089	0.086	0.091
6	3	0.100	0.098	0.094	0.097
6	4	0.148	0.162	0.177	0.162

Rep-blare

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.071	0.090	0.107	0.089
1	2	0.105	0.118	0.139	0.121
1	3	0.124	0.128	0.130	0.127
1	4	0.170	0.167	0.182	0.173
3	1	0.084	0.061	0.058	0.068
3	2	0.097	0.086	0.121	0.101
3	3	0.076	0.100	0.087	0.088
3	4	0.106	0.116	0.084	0.102
6	1	0.045	0.070	0.071	0.062
6	2	0.066	0.068	0.078	0.071
6	3	0.113	0.085	0.097	0.098
6	4	0.142	0.176	0.159	0.159

A₄ Wateroplosbare proteïenfraksies vir die vegetatiewe, pyp en reproductiewe groeifases in die wortels, stoppel en blare voor ontblaring (g/l).

PROTEIN

Vegetatief - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	0.130	
1	2	0.201	0.158
1	3	0.143	
2	1	0.256	
2	2	0.201	0.235
2	3	0.249	
3	1	0.147	
3	2	0.151	0.152
3	3	0.158	
4	1	0.248	
4	2	0.194	0.200
4	3	0.158	

Vegetatief - stoppels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	2.950	
1	2	3.330	3.613
1	3	4.560	
2	1	6.110	
2	2	5.260	5.137
2	3	4.040	
3	1	4.040	
3	2	4.560	4.270
3	3	4.210	
4	1	5.470	
4	2	2.980	4.570
4	3	5.260	

Vegetatief - blare

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	1.890	
1	2	3.680	2.733
1	3	2.630	
2	1	3.580	
2	2	3.910	3.200
2	3	2.110	
3	1	4.000	
3	2	3.160	3.440
3	3	3.160	
4	1	4.840	
4	2	2.810	3.897
4	3	4.040	

Pyp - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	0.291	
1	2	0.091	0.183
1	3	0.167	
2	1	0.322	
2	2	0.096	0.239
2	3	0.298	
3	1	0.300	
3	2	0.152	0.238
3	3	0.263	
4	1	0.245	
4	2	0.200	0.227
4	3	0.237	

Pyp - stoppels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	4.630	
1	2	3.370	3.907
1	3	3.720	
2	1	4.370	
2	2	4.630	4.530
2	3	4.590	
3	1	4.950	
3	2	5.680	5.367
3	3	5.470	
4	1	4.840	
4	2	6.320	5.683
4	3	5.890	

Pyp - blare

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	3.210	
1	2	3.580	3.257
1	3	2.980	
2	1	3.160	
2	2	4.630	3.877
2	3	3.840	
3	1	3.580	
3	2	3.580	3.790
3	3	4.210	
4	1	5.058	
4	2	4.050	4.369
4	3	4.000	

Reproductief - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	0.302	
1	2	0.127	0.183
1	3	0.121	
2	1	0.205	
2	2	0.057	0.152
2	3	0.195	
3	1	0.287	
3	2	0.144	0.211
3	3	0.203	
4	1	0.261	
4	2	0.100	0.201
4	3	0.242	

Reproductief - stoppels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	5.680	
1	2	5.050	5.470
1	3	5.680	
2	1	6.950	
2	2	4.910	5.650
2	3	5.090	
3	1	4.630	
3	2	5.680	4.957
3	3	4.560	
4	1	7.580	
4	2	8.000	7.137
4	3	5.830	

Reproductief - blare

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	2.840	
1	2	1.210	2.333
1	3	2.950	
2	1	3.050	
2	2	2.400	2.613
2	3	2.390	
3	1	3.580	
3	2	3.330	3.433
3	3	3.390	
4	1	4.840	
4	2	3.840	3.947
4	3	3.160	

A₅ Wateroplosbare proteïenfraksies vir die vegetatiewe en pyp groeifases in die wortels, stoppel en blare na ontblaring (g/l)

PROTEIN HERGROEI

Veg-wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.095	0.110	0.099	0.101
1	2	0.153	0.169	0.177	0.166
1	3	0.135	0.140	0.160	0.145
1	4	0.134	0.150	0.124	0.136
3	1	0.113	0.141	0.109	0.121
3	2	0.136	0.153	0.171	0.153
3	3	0.143	0.159	0.135	0.146
3	4	0.137	0.132	0.179	0.149
6	1	0.121	0.142	0.129	0.131
6	2	0.143	0.151	0.132	0.142
6	3	0.157	0.147	0.139	0.148
6	4	0.125	0.138	0.117	0.127

Veg-stoppels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	3.568	3.754	3.738	3.687
1	2	3.398	3.472	3.410	3.427
1	3	3.201	3.364	3.265	3.277
1	4	4.597	4.650	4.613	4.620
3	1	3.398	3.472	3.410	3.427
3	2	3.467	3.557	3.340	3.455
3	3	3.454	4.142	4.271	3.956
3	4	4.963	4.061	4.901	4.642
6	1	4.594	4.057	4.265	4.305
6	2	4.019	4.545	4.323	4.296
6	3	4.164	4.032	3.998	4.065
6	4	4.383	4.555	4.574	4.504

Veg-blare

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	3.108	2.968	3.036	3.037
1	2	3.305	3.564	3.387	3.419
1	3	3.948	4.165	3.986	4.033
1	4	4.579	4.725	4.347	4.550
3	1	4.215	4.601	4.403	4.406
3	2	4.977	4.853	4.423	4.751
3	3	5.306	4.998	5.324	5.209
3	4	5.526	5.560	5.492	5.526
6	1	5.276	5.082	4.815	5.058
6	2	5.322	5.006	5.247	5.192
6	3	5.138	5.331	5.450	5.306
6	4	4.619	5.356	5.111	5.029

Pyp-wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.103	0.095	0.103	0.100
1	2	0.127	0.153	0.147	0.142
1	3	0.123	0.134	0.129	0.129
1	4	0.121	0.116	0.112	0.116
3	1	0.113	0.107	0.111	0.110
3	2	0.131	0.124	0.130	0.128
3	3	0.125	0.133	0.132	0.130
3	4	0.119	0.126	0.120	0.122
6	1	0.125	0.138	0.119	0.127
6	2	0.144	0.133	0.151	0.143
6	3	0.141	0.152	0.147	0.147
6	4	0.113	0.122	0.109	0.115

Pyp-stoppels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	4.749	4.807	4.768	4.775
1	2	4.048	4.535	4.768	4.450
1	3	4.574	4.379	4.651	4.535
1	4	4.729	4.671	5.080	4.827
3	1	4.807	4.904	4.768	4.827
3	2	6.800	7.025	6.772	6.866
3	3	7.025	7.784	6.800	7.203
3	4	6.998	7.087	7.028	7.038
6	1	7.334	7.194	7.531	7.353
6	2	7.475	7.222	7.503	7.400
6	3	6.828	6.463	7.194	6.828
6	4	3.678	4.749	5.352	4.593

Pyp-blare

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	5.331	5.537	5.613	5.494
1	2	6.434	6.382	6.177	6.331
1	3	6.306	6.946	6.562	6.605
1	4	5.844	5.716	5.818	5.793
3	1	5.793	6.024	5.947	5.921
3	2	7.257	6.964	7.052	7.091
3	3	6.876	6.847	7.344	7.022
3	4	7.562	7.267	7.431	7.420
6	1	6.847	6.408	6.818	6.691
6	2	7.198	7.081	6.788	7.022
6	3	6.730	6.730	7.052	6.837
6	4	6.434	6.229	6.613	6.425

A₆ Wateroplosbare proteïenfraksies vir die reproductiewe groeifases in die wortels, stoppel en blare na ontblaring (g/l)

Rep-wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	0.166	0.151	0.173	0.163
1	2	0.146	0.163	0.155	0.155
1	3	0.147	0.159	0.149	0.152
1	4	0.164	0.159	0.178	0.167
3	1	0.155	0.147	0.165	0.156
3	2	0.152	0.149	0.148	0.150
3	3	0.141	0.135	0.144	0.140
3	4	0.164	0.177	0.159	0.167
6	1	0.177	0.166	0.169	0.171
6	2	0.173	0.181	0.178	0.177
6	3	0.156	0.149	0.160	0.155
6	4	0.135	0.142	0.129	0.135

Rep-stoppels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	4.304	4.810	4.358	4.491
1	2	4.051	4.159	4.575	4.262
1	3	3.870	4.611	5.244	4.575
1	4	4.467	4.557	4.430	4.485
3	1	4.945	4.710	4.971	4.875
3	2	4.663	4.908	4.310	4.627
3	3	4.544	4.412	4.720	4.559
3	4	4.136	4.606	4.901	4.548
6	1	6.945	7.050	6.527	6.841
6	2	7.023	6.554	6.632	6.736
6	3	6.319	6.423	6.423	6.388
6	4	6.383	6.555	6.574	6.504

Rep-blare

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	4.236	4.726	5.099	4.687
1	2	4.236	4.805	4.511	4.517
1	3	4.726	4.256	4.668	4.550
1	4	5.597	5.527	5.364	5.496
3	1	5.127	5.015	4.858	5.000
3	2	5.746	5.413	4.570	5.243
3	3	5.060	5.746	4.530	5.112
3	4	5.798	5.530	5.597	5.642
6	1	5.373	5.060	4.746	5.060
6	2	4.925	5.104	5.082	5.037
6	3	5.015	5.328	5.530	5.291
6	4	4.593	4.613	5.096	4.767

A₇ Wortelmassas (g), -tellings en -lengtes (m) vir die vegetatiewe, pyp en reprodktiewe groeifases voor ontblaring.

WORTELMASSAS (g)**Vegetatief - wortels**

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	3.720	
1	2	4.680	4.460
1	3	4.980	
2	1	11.920	
2	2	14.780	12.700
2	3	11.400	
3	1	15.860	
3	2	14.740	14.920
3	3	14.160	
4	1	18.040	
4	2	16.360	16.893
4	3	16.280	

WORTELTELLINGS**Vegetatief - wortels**

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	298	
1	2	524	430.000
1	3	468	
2	1	994	
2	2	1342	1062.667
2	3	852	
3	1	1394	
3	2	1098	1168.333
3	3	1013	
4	1	1725	
4	2	1401	1479.667
4	3	1313	

WORTELLENGTES (m)**Vegetatief - wortels**

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	2.700	
1	2	4.747	3.896
1	3	4.240	
2	1	9.005	
2	2	12.158	9.627
2	3	7.719	
3	1	12.629	
3	2	9.947	10.584
3	3	9.177	
4	1	15.627	
4	2	12.692	13.405
4	3	11.895	

Pyp - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	5.290	
1	2	5.500	5.300
1	3	5.110	
2	1	10.520	
2	2	11.850	11.850
2	3	13.180	
3	1	16.030	
3	2	15.600	15.603
3	3	15.180	
4	1	20.720	
4	2	22.800	21.167
4	3	19.980	

Pyp - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	423	
1	2	482	424.000
1	3	367	
2	1	974	
2	2	1014	1014.000
2	3	1054	
3	1	1282	
3	2	989	1195.000
3	3	1314	
4	1	1658	
4	2	1750	1603.667
4	3	1403	

Pyp - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	3.832	
1	2	4.367	3.841
1	3	3.325	
2	1	8.824	
2	2	9.186	9.186
2	3	9.549	
3	1	11.614	
3	2	8.960	10.826
3	3	11.904	
4	1	15.020	
4	2	15.854	14.528
4	3	12.710	

Reprodktief - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	7.700	
1	2	6.520	7.387
1	3	7.940	
2	1	8.540	
2	2	10.220	9.627
2	3	10.120	
3	1	16.600	
3	2	16.130	16.223
3	3	15.940	
4	1	26.720	
4	2	25.800	25.160
4	3	22.960	

Reprodktief - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	676	
1	2	559	639.333
1	3	683	
2	1	1189	
2	2	1039	1069.667
2	3	981	
3	1	1443	
3	2	1509	1419.667
3	3	1307	
4	1	1937	
4	2	1735	1791.000
4	3	1701	

Reprodktief - wortels

Beh	Repl	Totaal	Gem
1	1	6.124	
1	2	5.064	5.792
1	3	6.188	
2	1	10.772	
2	2	9.413	9.690
2	3	8.887	
3	1	13.073	
3	2	13.671	12.861
3	3	11.841	
4	1	17.548	
4	2	15.718	16.225
4	3	15.410	

HERGROEI WORTELMASSAS (g)

Vegetatief - wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	5.160	5.920	5.660	5.580
1	2	12.660	13.740	13.600	13.333
1	3	16.120	14.960	16.480	15.853
1	4	19.820	17.500	18.080	18.467
3	1	6.230	4.980	5.420	5.543
3	2	11.730	10.850	11.340	11.307
3	3	15.650	16.960	13.300	15.303
3	4	17.660	18.980	18.210	18.283
6	1	5.730	7.050	7.120	6.633
6	2	9.870	10.250	12.070	10.730
6	3	15.380	14.590	15.620	15.197
6	4	17.880	19.520	18.660	18.687

Pyp - wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	10.420	9.890	8.590	9.633
1	2	13.840	14.940	13.050	13.943
1	3	18.920	18.070	17.440	18.143
1	4	22.300	21.770	22.810	22.293
3	1	5.420	4.290	4.600	4.770
3	2	11.660	11.260	10.040	10.987
3	3	16.000	14.990	15.340	15.443
3	4	19.180	18.050	19.280	18.837
6	1	6.980	6.520	7.610	7.037
6	2	12.260	12.880	11.640	12.260
6	3	17.320	16.820	16.030	16.723
6	4	22.680	21.450	22.710	22.280

WORTELTELLINGS

Vegetatief - wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	383	492	554	476
1	2	871	1123	1042	1012
1	3	1342	1297	1450	1363
1	4	1618	1422	1463	1501
3	1	517	303	373	398
3	2	1009	904	774	896
3	3	1372	1402	1265	1346
3	4	1459	1515	1527	1500
6	1	315	599	488	467
6	2	799	753	926	826
6	3	1264	1076	1415	1252
6	4	1394	1526	1498	1473

Pyp - wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	645	619	478	581
1	2	1097	1157	985	1080
1	3	1341	1309	1280	1310
1	4	1698	1693	1802	1731
3	1	412	284	456	384
3	2	989	909	601	833
3	3	1248	911	1220	1126
3	4	1583	1448	1658	1563
6	1	585	529	626	580
6	2	868	1003	1013	961
6	3	1198	1164	1299	1220
6	4	1904	1529	1957	1797

WORTELLENGTES (m)

Vegetatief - wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	3.470	4.457	5.019	4.315
1	2	7.891	10.174	9.440	9.168
1	3	12.158	11.750	13.136	12.348
1	4	14.658	12.882	13.254	13.598
3	1	4.684	2.745	3.379	3.603
3	2	9.141	8.190	7.012	8.114
3	3	12.429	12.701	11.460	12.197
3	4	13.218	13.725	13.834	13.592
6	1	2.854	5.427	4.421	4.234
6	2	7.238	6.822	8.389	7.483
6	3	11.451	9.748	12.819	11.339
6	4	12.629	13.825	13.571	13.341

Pyp - wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	5.843	5.608	4.330	5.260
1	2	9.938	10.482	8.923	9.781
1	3	12.149	11.859	11.596	11.868
1	4	15.383	15.337	16.325	15.682
3	1	3.732	2.573	4.131	3.479
3	2	8.960	8.235	5.445	7.546
3	3	11.306	8.253	11.052	10.204
3	4	14.341	13.118	15.020	14.160
6	1	5.300	4.792	5.671	5.254
6	2	7.864	9.087	9.177	8.709
6	3	10.853	10.545	11.768	11.055
6	4	17.249	13.852	17.729	16.277

A₉ Wortelmassas (g), -tellings en -lengtes (g) vir die reprodktiewe groeifases na ontblaring.

Reproduktief - wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	13.120	14.560	14.010	13.897
1	2	18.080	17.370	16.250	17.233
1	3	24.400	22.960	20.040	22.467
1	4	26.100	25.740	27.000	26.280
3	1	15.000	14.430	13.390	14.273
3	2	18.960	18.110	17.460	18.177
3	3	20.780	19.450	20.670	20.300
3	4	25.300	23.870	24.940	24.703
6	1	9.240	10.460	10.130	9.943
6	2	11.680	11.260	11.770	11.570
6	3	16.040	15.210	16.080	15.777
6	4	22.940	22.370	20.430	21.913

Reproduktief - wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	689	682	984	785
1	2	1068	1204	1352	1208
1	3	1661	1367	1324	1451
1	4	1989	1685	2147	1940
3	1	626	945	734	768
3	2	1183	1187	1279	1216
3	3	1604	1286	1654	1515
3	4	1688	1880	1690	1753
6	1	869	979	798	882
6	2	1040	1189	1054	1094
6	3	1393	1504	1620	1506
6	4	1853	1987	1643	1828

Reproduktief - wortels

DNO	Beh	Repl 1	Repl 2	Repl 3	Gem
1	1	6.242	6.178	8.914	7.112
1	2	9.675	10.907	12.248	10.944
1	3	15.048	12.384	11.995	13.142
1	4	18.019	15.265	19.450	17.578
3	1	5.671	8.561	6.650	6.961
3	2	10.717	10.753	11.587	11.019
3	3	14.531	11.650	14.984	13.722
3	4	15.292	17.032	15.310	15.878
6	1	7.873	8.869	7.229	7.990
6	2	9.422	10.772	9.549	9.914
6	3	12.620	13.625	14.676	13.640
6	4	16.787	18.001	14.884	16.557

A₁₀ Regressie-analise vir die wortelmasse-wortellengteverwantskap.

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.92889328
R Square	0.86284272
Adjusted R Square	0.85580046
Standard Error	2.09917712
Observations	143

<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	3936.400478	3936	893.308	6.99914E-63
Residual	142	625.7293291	4.407		
Total	143	4562.129807			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>	
Intercept	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
	2.699683738	1.40608631	0.015751077	89.27	1E-126	1.374949434	1.43722319	1.3749494	1.43722319

U.V.S. BIBLIOTEK