

Die invloed van N-peil, grondtipe en waterstremming op die produksie en watergebruiksdoeltreffendheid van *Panicum maximum* cv. Gatton

PA Pieterse*, NFG Rethman en J van Bosch

Afdeling Weidingkunde, Departement Grondkunde en Plantproduksie, Fakulteit Landbouwetenskappe, Universiteit van Pretoria, Pretoria 0002, Suid-Afrika

Abstract

The influence of N fertilisation, soil type and water stress on the growth rate and water use efficiency of *Panicum maximum* was evaluated in a pot trial at the University of Pretoria. There were 5 levels of N application on 3 different soil types and the treatments were replicated under conditions of water stress. It was concluded that N fertilization, at levels higher than 80 kg N·ha⁻¹, does have a significant effect on both growth rate and water-use efficiency, but that its influence was overshadowed by soil type and availability of groundwater. Water-use efficiency also decreases as the season progresses. From the results of this trial it seems to be good policy, to irrigate only till the first cut or the first half of the summer.

Uittreksel

Die invloed van N-bemesting, grondtipe en waterspanning op die groeitempo en watergebruiksdoeltreffendheid van *Panicum maximum* is in 'n potproef aan die Universiteit van Pretoria ondersoek. Daar was 5 N-peile en 3 verskillende grondtipes. Al die behandelingskombinasies is onder toestande van voldoende grondwater en onder waterstremming toegepas. Daar is tot die gevolgtrekking gekom dat N-bemesting, by vlakke van meer as 80 kg N·ha⁻¹, 'n betekenisvolle invloed op beide groeitempo en watergebruiksdoeltreffendheid het, maar dat die effek oorskadu word deur die invloed van die grondtipe en die beskikbaarheid van grondwater. Watergebruiksdoeltreffendheid het ook afgeneem soos die seisoen gevorder het. Dit mag dus goeie beleid wees om volle besproeiing van die gewas tot en met die eerste snysel of die eerste helfte van die groeiseisoen te beperk.

Extended summary

The aim of the trial was to determine the influence of N fertilisation, soil type and water stress on the growth rate and water-use efficiency of *Panicum maximum*. The trial was conducted in pots in a controlled environment over 3 seasons, using a different type of soil each season. In the 1989/90 season, it was on a clay loam soil and the fertilisation levels were 0, 20, 60, 180 and 300 kg N·ha⁻¹. In the 1990/91 season, it was on sandy clay loam and the N levels were 0, 20, 60, 180, and 540 kg·ha⁻¹. In the 1991/92 season, it was done on a clay soil with N levels of 0, 80, 160, 240 and 320 kg·ha⁻¹. All the N was applied in a single dressing. There were 2 levels of irrigation, one half of the pots were watered to 90% of the mass at field capacity every 2 to 3 d and the other half received on average 1 l of water every week. The grass was harvested at a height of 7 cm, when the first inflorescences appeared, resulting in 4 cuts per season.

From the results it is clear that N levels up to 60 kg N·ha⁻¹ had little or no effect on the growth rate or water-use efficiency of the grass. The highest growth rate and water-use efficiency were obtained with the highest level of fertilisation when water was freely available and even under stress conditions, on 2 of the 3 soils in the trial. The highest stubble mass was also obtained with the highest N application. Water-use efficiency also decreased as the season progressed. It may therefore be good policy to use expensive irrigation water only up to the first cut, after which the crop should produce and survive on natural precipitation.

Different reactions to N application and water stress were observed on the different soils and it has been concluded that although the level of N application does have an influence on growth rate and water-use efficiency, other soil factors overshadow this influence.

Inleiding

Panicum maximum cv. Gatton word deur Humpreys (1974) beskryf as 'n variëteit van medium hoogte, afkomstig vanaf Suid-Rhodesië (Zimbabwe). Die spesie is inheems aan die subtropiese gebiede van Suidelike Afrika, waar dit veral in die onderboom subhabitat voorkom (Smit en Rethman, 1989). Kennard en Walker (1973) het, na aanleiding van navorsing wat in Rhodesië (Zimbabwe) gedoen is, hierdie assosiasie toegeskryf aan die feit dat die saailinge van *P. maximum* beter aangepas is by die onderboom subhabitat, terwyl die saailinge van *Heteropogon contortus* en *Hyparrhenia filipendula*, wat gewoonlik saam met *P. maximum* in dieselfde veldtipe aangetref word, nie daar kan oorleef nie. Bosch en Van Wyk (1970) was van mening dat die assosiasie eerder aan die verbeterde grondvrugbaarheid in die subhabitat toegeskryf kan word en dat stikstof 'n belangrike rol in aanpasbaarheid speel, aangesien die gras veral met peuldraende bome, wat bekend is vir hul vermoë om stikstof te bind, geassosieer word. Donaldson et al. (1984) het ook aangetoon dat dié spesie floreer onder toestande van relatief hoë grondfosfaat en stikstofinhoud. Du Pisani et al. (1986) het, in 'n ondersoek na die invloed van grondvrugbaarheid op die produksie van cv. "Green Panic", ook hoër opbrengste by hoër fosfaat- en stikstofvlakke verkry.

Ng et al. (1975) het die invloed van waterstremming op die groei en waterverhoudings van *P. maximum* var. *Trichoglume*

* To whom all correspondence should be addressed.

Received 19 November 1993; accepted in revised form 14 March 1994.

ondersoek en bevind dat plante wat aan stremming blootgestel is, stadiger ontwikkel en ook kleiner is. Die relatiewe blaarwaterpotensiaal van plante wat aan stremming onderwerp is, het baie gevarieer, na gelang van die beskikbaarheid van grondwater. In 'n ondersoek na die invloed van waterstremming op die kwaliteit van "Green Panic", het Wilson (1983) gevind dat al die plantfraksies (groen blare, dooie blare en stingels) 'n hoër verteerbaarheid gehad het as waar water altyd volop beskikbaar was. In proewe deur Stout (1992), op 4 gronde in sentraal Pennsylvania, is gevind dat beide grondtipe en N-bemesting 'n invloed op die watergebruiksdoeltreffendheid (WGD) van *Panicum virgatum* het. Afhangende van grond en stikstofpeil, het die WGD-syfer gewissel tussen 161 en 282.3 kg·ha⁻¹·cm⁻¹ H₂O toegedien. Stout is egter van mening dat die plantspesie die belangrikste faktor by die bepaling van WGD is. Plaaslik is daar nog geen navorsingsresultate oor die reaksie van *P. maximum* op relatief hoë N-peile of die WGD van die spesie gepubliseer nie.

Die doel van hierdie ondersoek was om die invloed van N-bemesting, grondtipe en waterstremming op die produksie en WGD van *P. maximum* cv. Gatton te bepaal.

Metode

Die proef is oor 3 seisoene in 10 l potte, in 'n glashuis waarin die temperatuur beheer is (18 tot 32°C), op die proefplaas van die Universiteit van Pretoria uitgevoer. Die potte is vooraf met plastieksakke uitgevoer, om logging te vermy en met 12 kg grond gevul. Vir die bepaling van produksie is die proef op 3 grondtipes, te wete 'n sandkleileem, 'n kleileem en 'n klei uitgevoer. As gevolg van personeelprobleme gedurende die eerste seisoen, is die watergebruiksdoeltreffendheidsbepalings net op die sandkleileem en klei gedoen is. Voor die aanvang van die proef is die gronde chemies ontleed, sodat enige moontlike tekorte vroegtydig reggestel kon word (Tabel 1). Die waterhouvermoë van die gronde is bepaal deur 'n 10 l pot, waaruit water vrylik kon dreineer, met 12 kg lugdroë grond te vul. Die massas van die pot plus droë grond is bepaal, waarna dit benat is totdat die water uit die pot begin dreineer het. Die pot is toe met 'n plastieksak bedek, om verdamping vanaf die grondoppervlak te voorkom en vir 2 d gelaat. Na 2 d is die massa van die pot met die nat grond bepaal. Deur die massa van die pot plus droë grond hiervan af te trek, is 'n goeie skatting van die waterhouvermoë van die grond verkry.

Die stremmingsbehandeling is dieselfde tyd gevestig, maar is nadat die N-bemesting toegedien is, aan waterstremming onderwerp. Dié deel van die proef is as volg benat:

Desember: 1 l water per pot elke 6 d

Januarie: 1 l water per pot elke 5 d

Februarie: 1 l water per pot elke 6 d

Maart: 1 l water per pot elke 7 d

April: 1 l water per pot elke 15 d

As in aanmerking geneem word dat die potte gemiddeld 2.5 l benodig het vir benatting tot op veldkapasiteit en onttrekking deur volgroeiende plante, soos bepaal in die deel wat elke 2 d benat is, ongeveer 500 tot 750 ml per dag was, is dit duidelik dat die plante in hierdie deel van die proef feitlik permanent onder waterspanning was. As gevolg van die feit dat die grond gekrimp het wanneer dit uitge droog het en dit gevolglik van die kant af weggetrek en barste gevorm het, was benatting; in hierdie deel, ten spyte van die feit dat die hele pot nie tot by veldkapasiteit gebring is nie, nie net tot die boonste grondlagie beperk nie.

Saad van *P. maximum* cv. Gatton, wat in die handel verkry is, is aan die begin van die lente in die potte gesaai en die stand is geleidelik uitgedun, so dat daar, teen die tyd dat die saailinge gevestig was, net 5 plante per pot oorgebly het.

Na die laaste uitdunning, is die bemestingsbehandelings, wat uit 5 N-peile (in die vorm van KAN) bestaan het, eenmalig aan die potte toegedien. Die proef is oor 3 seisoene uitgevoer. In die 1989/90 seisoen is 'n kleileemgrond gebruik en was die N-toedienings ekwivalent aan 0, 20, 60, 180 en 300 kg N·ha⁻¹·a⁻¹ onderskeidelik. In die 1990/91 seisoen is dit op 'n sandkleileemgrond uitgevoer en was die toedienings dieselfde as in die vorige seisoen, met die uitsondering van die hoogste toediening wat verhoog is tot 540 kg N·ha⁻¹·a⁻¹. Aangesien daar in die vorige 2 seisoene geen reaksie met 20 kg N·ha⁻¹ verkry is nie is daar besluit om dit in die 1991/92 seisoen uit te laat en was die N-peile op die kleigrond, met sy inherente hoë vrugbaarheid, 0, 80, 160, 240 en 320 kg N·ha⁻¹·a⁻¹. Hierna is die potte geweeg en met gedeïoniseerde water tot by 50% van die massa by veldkapasiteit benat. Die potte in die behandeling wat voldoende water ontvang het, is daarna vir die duur van die proefperiode elke 2 tot 3 dae geweeg en tot op dieselfde vlak (90% van die massa by veldkapasiteit) benat. Hierdie potmassas is genoteer en aan die einde van die seisoen is die watergebruik bereken. Daar was deurgaans 4 herhalings per behandelingskombinasie en die potte is eenmaal per week geroteer, om die invloed van omgewingsvariasie uit te skakel.

Die plante is op 'n hoogte van 7 cm afgesny, sodra die eerste bloeiwyses verskyn het. Daar is 4 keer per seisoen gesny. Hierdie materiaal is dan vir 24 tot 48 uur tot konstante massa in 'n oond by 75°C gedroog en geweeg. Aan die einde van die seisoen is die stoppelmasse ook bepaal.

Die produksiedata word aangebied as g·pot⁻¹·d⁻¹. Die data is met behulp van die CIM-prosedure, wat in die SAS-program beskikbaar is, ontleed.

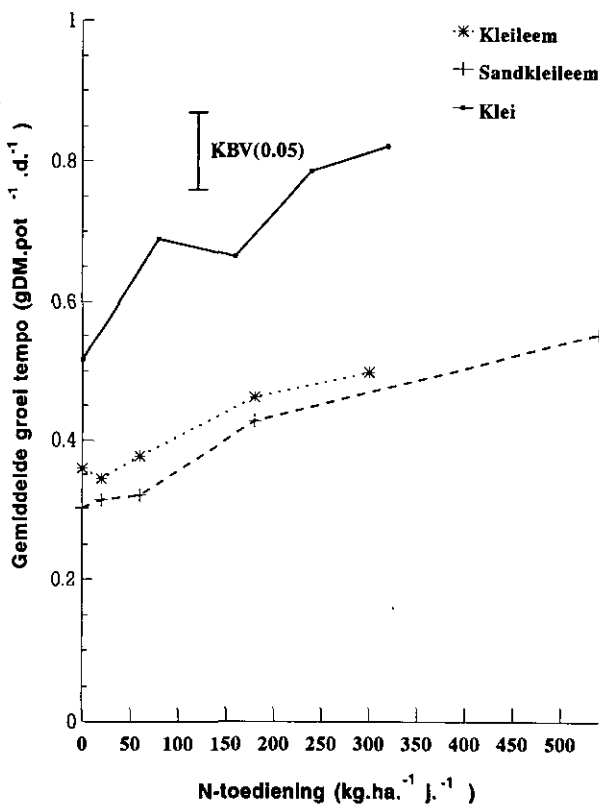
TABEL 1
FISIËSE EN CHEMIESE SAMESTELLING EN pH VAN GRONDE WAAIOP DIE INVLOED VAN N-BEMESTING OP DIE WATERGEBRUIKSDOELTREFFENDHEID EN PRODUKSIE VAN *P. MAXIMUM* cv. GATTON GEËVALUEER IS

Grondtipe	Sand %	Slik %	Klei %	Fosfor (P) Bray I mg·kg ⁻¹	Kalium(K) mg·kg ⁻¹	Kalsium(Ca) mg·kg ⁻¹	Magnesium(Mg) mg·kg ⁻¹	pH (H ₂ O)
Sandkleileem	64	15	21	12	113	1035	158	6.2
Kleileem	55	11	34	22	279	153	409	6.8
Klei	37	17	46	26	261	1238	1184	5.7

Resultate en bespreking

Groeitempo

Op die sandkleileem- en kleileemgronde, was daar by die behandeling wat voldoende water ontvang het tot by 60 kg N·ha⁻¹·a⁻¹ geen betekenisvolle ($p \leq 0.05$) verskille in die gemiddelde groeitempo nie. Eers by 'n toediening van 180 kg N·ha⁻¹·a⁻¹ was die groeitempo betekenisvol hoër. Hierna het dit egter afgeplat en was daar weereens geen betekenisvolle verhoging met 'n verhoging in N-peil nie. Daar was ook geen betekenisvolle verskille tussen die 2 gronde nie, hoewel dit op die kleileemgrond, by die ooreenstemmende N-peil, deurgaans hoër was as op sandkleileemgrond. Op die kleigrond was die groeitempo, as gevolg van die inherente hoër vrugbaarheid van die grond, betekenisvol hoër as op die ander 2 gronde. Hier was daar ook 'n betekenisvolle verhoging in produksie met die eerste inkrement (80 kg N·ha⁻¹·a⁻¹) in die stikstofbehandeling. Hierna was daar 'n verlaging (hoewel nie betekenisvol nie) by 160 kg N·ha⁻¹·a⁻¹, maar weer 'n skerp toename na 240 kg N·ha⁻¹·a⁻¹, waarna dit afgeplat het (Fig. 1). In ooreenstemming met die resultate van navorsing, wat op hoë vrugbaarheidsvereistes van die spesie gedui het (Bosch en Van Wyk, 1970, Donaldson et al., 1984 en Du Pisani et al., 1986) is die hoogste groeitempo is in al 3 seisoene by die hoogste N-peil gerealiseer.

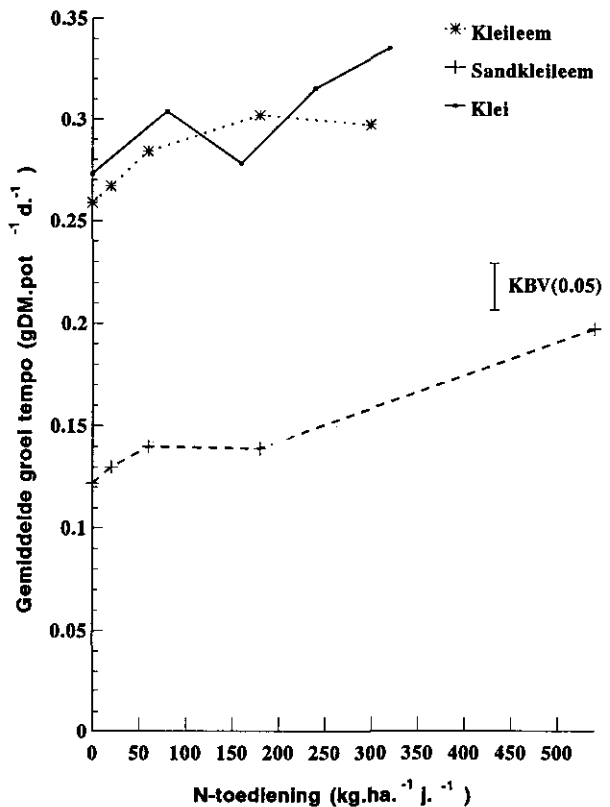


Figuur 1

Die invloed van verskillende peile van N-bemesting en grondtipe op die produksie van *P. maximum* cv. *Gatton*, onder toestande van voldoende grondwater

By die stremmingsbehandeling was die tendens baie dieselfde as by die behandeling wat voldoende water ontvang het (Fig. 2). Die groeitempo op die sandkleileem was egter nou betekenisvol

laer as dié op die kleileem- en kleigronde (oor die hele spektrum van N-peile) en was daar geen betekenisvolle verskil tussen die groeitempo op die kleileem- en kleigronde nie. Op die sandkleileemgrond is die hoogste groeitempo, wat dan ook betekenisvol hoër was as by die ander N-peile op dieselfde grond, by die hoogste N-peil (540 kg N·ha⁻¹) verkry, terwyl die piek reeds by 180 kg N·ha⁻¹ op die kleileemgrond verkry is. Die vorm van die groeitempokromme op die kleigrond is ook baie na aan dié van die behandeling op dieselfde grond wat voldoende water ontvang het. Daar was weereens 'n skerp afname in groeitempo by die 160 kg N·ha⁻¹ peil met 'n skerp toename na die 240 kg N·ha⁻¹ peil. Die hoogste groeitempo is by die 320 kg N·ha⁻¹ peil verkry wat weereens betekenisvol hoër was as by die ander N-peile (Fig. 2).



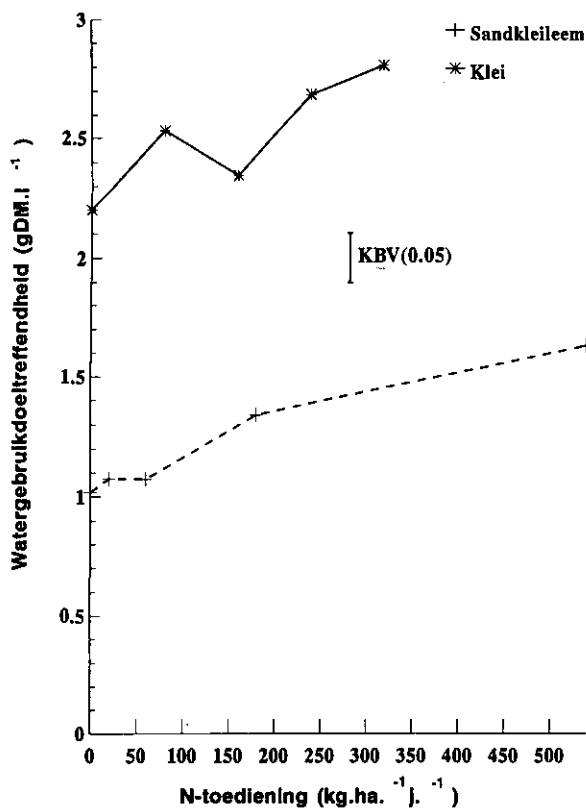
Figuur 2

Die invloed van verskillende peile van N-bemesting en grondtipe op die produksie van *P. maximum* cv. *Gatton*, waar die plante aan waterstremming onderwerp word

Watergebruiksdoeltreffendheid

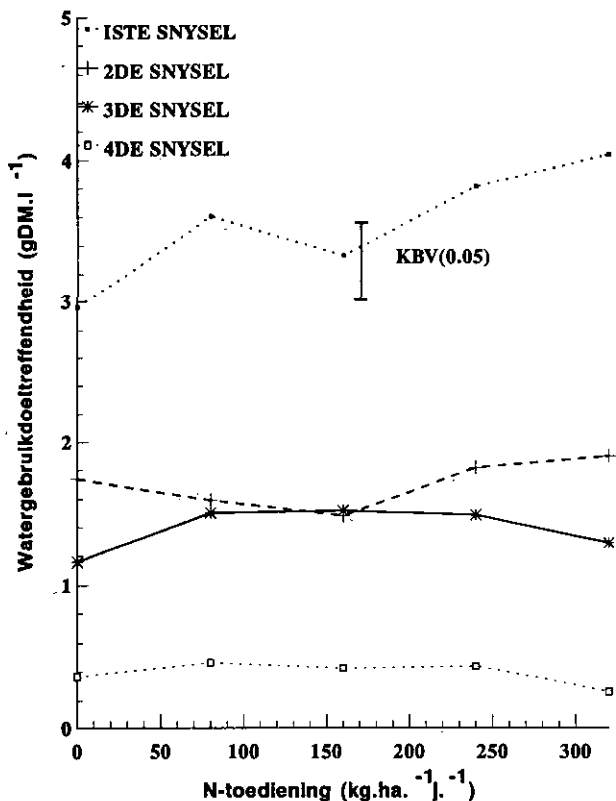
Om die WGD-syfers van hierdie proef om te skakel na kg·ha⁻¹·mm⁻¹ H₂O, moet die waardes in die grafieke met 10 vermenigvuldig word. Die WGD by die sandkleileem was deurgaans betekenisvol laer as by die kleigrond. N-bemesting het hier ook feitlik geen betekenisvolle verskille in die WGD tot gevolg gehad nie en was dit slegs die WGD by die 0 en die hoogste N-peil wat wel betekenisvol verskil het. By die kleigrond, was die WGD by die 240 en 320 kg N·ha⁻¹ peile betekenisvol beter as by die 0 peil, met geen betekenisvolle verskille tussen die ander N-peile nie (Fig. 3).

Gedurende die loop van die seisoen, was daar ook 'n afname in die WGD. Die hoogste WGD is met die eerste snysel verkry, waarna daar 'n afname was (Fig. 4).



Figuur 3

Die invloed van verskillende peile van N-bemesting en grondtipe op die WGD van *P. maximum* cv. Gatton, onder toestande van voldoende grondwater

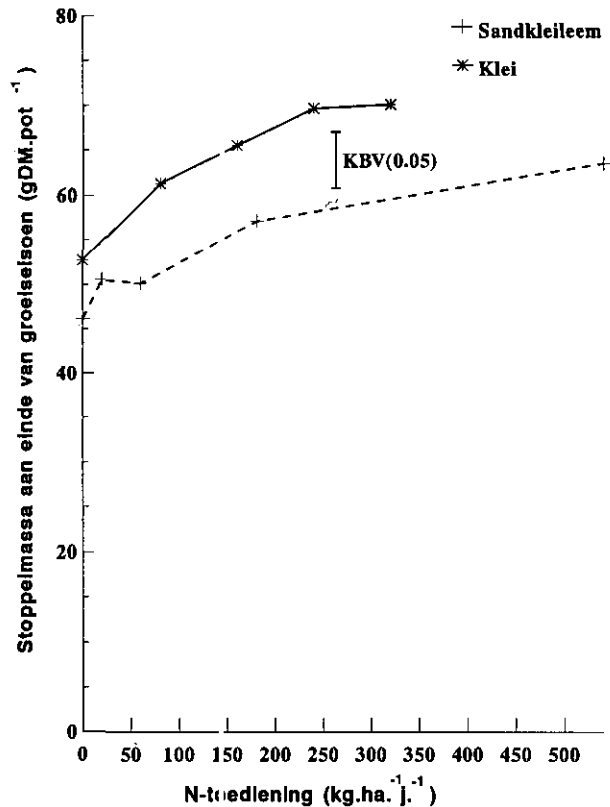


Figuur 4

Die invloed van verskillende peile van N-bemesting op die WGD van *P. maximum* cv. Gatton, met verskillende snysels gedurende die 1991/92 groeiseisoen

Stoppelmasse

By die behandelings wat voldoende water ontvang het, het 'n toename in N-peil bokant 60 kg N·ha⁻¹, 'n betekenisvolle verhoging in die stoppelmasse op beide die klei- en sandkleileemgrond gehad. Hoewel daar by die kontrole geen betekenisvolle verskil in die stoppelmasse tussen die 2 gronde was nie, was hierdie verskil wel betekenisvol by 'n N-toediening van meer as 80 kg N·ha⁻¹ (Fig. 5).



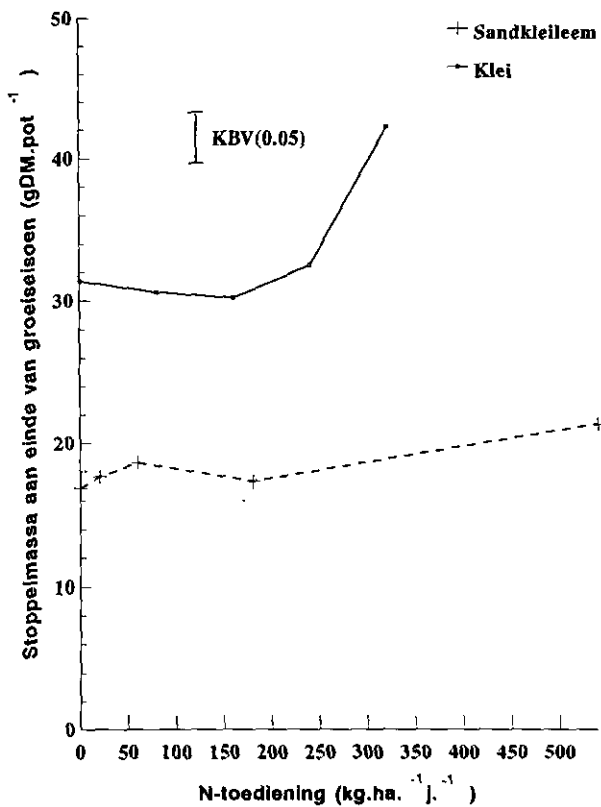
Figuur 5

Die invloed van verskillende peile van N-bemesting en grondtipe op die stoppelmasse van *P. maximum* cv. Gatton, onder toestande van voldoende grondwater

By die stremmingsbehandeling, was daar by die kleigrond 'n aanvanklike geringe afname in stoppelmasse met 'n verhoging in die N-toediening en was daar eers by 240 kg N·ha⁻¹ 'n geringe toename. Die hoogste stoppelmasse is egter met 320 kg N·ha⁻¹ verkry en dit was dan ook betekenisvol hoër as by die ander N-peile. Op die sandkleileemgrond is die hoogste stoppelmasse by 540 kg N·ha⁻¹ verkry, maar daar was geen betekenisvolle verskil tussen N-peile nie (Fig. 6).

Gevolgtrekking

Uit die voorafgaande resultate is dit dus duidelik dat in ooreenstemming met die resultate van Stout (1992) stikstofbemesting 'n merkbare invloed op sowel groeitempo as WGD van *P. maximum* cv. Gatton het en dat grondtipe en die beskikbaarheid van water hierdie reaksie tot 'n groot mate beïnvloed. Dit wil voorkom dat, ten minste in die vestigingsjaar, dit glad nie die



Figuur 6

Die invloed van verskillende peile van N-bemesting en grondtipe op die stoppelmasa van *P. maximum* cv. Gatton, waar die plante aan waterstremming onderwerp word

moeite regverdig om minder as 80 kg N·ha⁻¹ toe te dien nie, aangesien daar in hierdie proef geen betekenisvolle reaksie by sulke lae N-peile verkry is nie. Die WGD het ook afgeneem, soos die seisoen gevorder het. Waar water dus skaars of duur is, sal dit volgens die data in hierdie proef, voordelig wees om die besproeiing van hierdie weiding na die eerste snydel af te skaal of heeltemal te

staak. Die resultate behoort egter nog onder veldtoestande getoets te word. Die invloed van so 'n stap op die groeikragtigheid van die weiding in die daaropvolgende seisoen, sal ook ondersoek moet word. Die opdeling van die N-toediening in paalemente van ongeveer 100 kg N, wat dan na elke snydel toegedien word, om sodoende die WGD te verhoog, is 'n verdere alternatief wat ondersoek behoort te word.

Dankbetuigings

Omnia word bedank vir die finansiële ondersteuning van die projek en die Universiteit van Pretoria vir die verskaffing van infrastruktuur en tegniese ondersteuning.

Literatuurverwysings

- BOSCH, OJH en VAN WYK, JJP (1970) Die invloed van bosveldbome op die produktiwiteit van *Panicum maximum*: 'n Voorlopige verslag. *Hand. Weidingsveren. S. Afr.* 5 69-74.
- DONALDSON, CH, ROOTMAN, GT and GROSSMAN, D (1984) Long term nitrogen and phosphorus application to veld. *J. Grassl. Soc. South. Afr.* 1 (2) 27-32.
- DU PISANI, LG, VAN RENSBURG, WLJ and OPPERMAN, DJP (1986) Influence of soil pH and fertilization on the dry matter production, chemical composition and digestibility of perennial grasses: II *Panicum maximum* Jacq. *J. Grassl. Soc. South. Afr.* 3 (3) 109-112.
- HUMPHREYS, LR (1974) *A Guide to Better Pastures for the Tropics and Sub-tropics*. Wright Stephenson & Company (Australia) Pty Ltd (3rd edn.).
- KENNARD, DG and WALKER, BH (1973) Relationships between tree canopy cover and *Panicum maximum* in the vicinity of Fort Victoria. *Rhod. J. Agric. Res.* 11 145-153.
- NG, TT, WILSON JR and LUDLOW, MM (1975) Influence of water stress on water relations and growth of a tropical (C₄) grass, *Panicum maximum* var. *trichoglume*. *Aust. J. Plant Physiol.* 2 581-595.
- SMIT, GN and RETHMAN NFG (1989) Implikasies van subhabitat-diversiteit en die rol van bestuur op die voorkoms van 'n aantal grasspesies van die suuragtige-gemengde bosveld. *Tydskrif Weidingsveren. S. Afr.* 6 (1) 44-50.
- STOUT, WL (1992) Water-use efficiency of grasses as affected by soil, nitrogen and temperature. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56 897-902.
- WILSON, JR (1983) Effects of water stress on *in vitro* dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. *Aust. J. Agric. Res.* 34 391-401.

GUIDE TO AUTHORS

AIMS AND SCOPE

This journal publishes refereed, original work in all branches of water science, technology and engineering. This includes water resources development; the hydrological cycle; surface hydrology; geohydrology and hydrometeorology; limnology; mineralisation; treatment and management of municipal and industrial water and waste water; treatment and disposal of sewage sludge; environmental pollution control; water quality and treatment; aquaculture; agricultural water science; etc.

Contributions may take the form of a paper, a critical review or a short communication. A **paper** is a comprehensive contribution to the subject, including introduction, experimental information and discussion of results. A **review** may be prepared by invitation or authors may submit it for consideration to the Editor. A **review** is an authoritative, critical account of recent and current research in a specific field to which the author has made notable contributions. A **short communication** is a concise account of new and significant findings.

GENERAL

Submission of manuscript

The submission of a paper will be taken to indicate that it has not, and will not, without the consent of the Editor, be submitted for publication elsewhere. Manuscripts should be submitted to:

The Editor
Water SA
PO Box 824
Pretoria 0001
South Africa.

Reprints

One hundred free reprints of each paper will be provided. Any additional copies or reprints must be ordered from the printer (address available on request).

Language

Papers will be accepted in English or Afrikaans. Papers written in Afrikaans should carry an extended English summary to facilitate information retrieval by international abstracting agencies.

Abstracts

Papers should be accompanied by an abstract. Abstracts have become increasingly important with the growth of electronic data storage. In preparing abstracts, authors should give brief, factual information about the objectives, methods, results and conclusions of the work. Unsubstantiated viewpoints should not be included.

Refereeing

Manuscripts will be submitted to and assessed by referees. Authors bear sole responsibility for the factual accuracy of their publications.

Correspondence

State the name and address of the author to whom correspondence should be addressed on the title page.

SCRIPT REQUIREMENTS

Lay-out of manuscript

An original typed script in double spacing together with three copies should be submitted. Words normally italicised should be typed in italics or underlined. The **title** should be concise and followed by authors' names and complete addresses. A paper may be organised under main headings such as **Introduction, Experimental, Results, Discussion (or Results and Discussion), Conclusions, Acknowledgements and References.**

Contents of manuscripts

The International System of Units (SI) applies. Technical and familiar abbreviations may be used, but must be defined if any doubt exists.

Tables

Tables are numbered in arabic numerals (Table 1) and should bear a short but adequate descriptive caption. Their appropriate position in the text should be indicated.

Illustrations and line drawings

One set of original figures and two sets of copies should accompany each submission. Photographs should be on glossy paper (half-tone illustrations should be kept to the minimum) and enlarged sufficiently to permit clear reproduction in half-tone. All illustrations, line-drawings and photographs must be fully identified on the back, numbered consecutively and be provided with descriptive captions typed on a separate sheet. Authors are requested to use proper drawing equipment for uniform lines and lettering of a size **which will be clearly legible after reduction.** Freehand or typewritten lettering and lines are not acceptable. The originals should be packed carefully, with cardboard backing, to avoid damage in transit.

Revised manuscripts

The **final accepted and updated** manuscript should be submitted on disk, and accompanied by an identical paper copy. WordPerfect is the preferred software format, but Wordstar, Multimate, MS-Word or DisplayWrite are also acceptable. Please indicate which program was used.

References

Authors are responsible for the accuracy of references. References to published literature should be quoted in the text as follows: Smith (1982) or (Smith, 1982). Where more than two authors are involved, the first author's name followed by et al. and the date should be used.

All references are listed alphabetically at the end of each paper and not given as footnotes. The names of all authors should be given in the list of references. Titles of journals of periodicals are abbreviated according to **Chemical Abstracts Service Source Index (Cassi).**

Two examples of the presentation of references are the following:

GRABOW, WOK, COUBROUGH, P, NUPEN, EM and BATEMAN, BW (1984) Evaluations of coliphages as indicators of the virological quality of sewage-polluted water. *Water SA* 10(1) 7-14.

WETZEL, RG (1975) *Limnology*. WB Saunders Company, Philadelphia. 324pp.