

Bepaling van waterverbruiksdoeltreffendheid van veld in die sentrale Oranje-Vrystaat vanaf evapotranspirasiemetings

HA Snyman

Departement Weidingsleer, Posbus 339, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein 9300, Suid-Afrika.

Abstract

Determination of water use efficiency of veld in the central Orange Free State from evapotranspiration measurements

Hydraulic non-floating lysimeters were used to determine evapotranspiration (Et) and water use efficiency of veld in different successional stages, over a four-year period.

The mean yearly Et from the climax, subclimax and pioneer communities were respectively 614,95; 603,58 and 557,15 mm. On average the daily Et from climax, subclimax and pioneer communities was respectively 1,73; 1,71 and 1,55 mm. Measured evaporation (Es) from bare soil lysimeters was 31,6% less than Et from climax grass community.

Statistically significant differences ($P < 0,01$) in water use efficiency between the climax, subclimax and pioneer communities were recorded, with averages of 2,6830; 1,5840 and 0,9339 kg/ha above-ground dry matter accumulation for each mm of water evaporated.

Inleiding

In die Republiek van Suid-Afrika is daar 'n gebrek aan navorsing ten opsigte van vogverbruik van natuurlike veld en maniere om die doeltreffendheid daarvan te verhoog. In die verlede is dikwels meer rondom die eindproduk gekonsentreer, terwyl die dryfkragte van die weidingekosisteme nie die nodige aandag geniet het nie. Van al die dryfkragte in die weidingekosisteme wat produksie beïnvloed, blyk water (reënval) in die ariede en semi-ariëde gebiede, die beperkendste te wees. Daarom is dit noodsaaklik dat die waterbehoefte en die doeltreffende verbruik daarvan deur weiplante, meer wetenskaplik ondersoek moet word.

Waterbalansstudies in die Republiek van Suid-Afrika is in die verlede hoofsaaklik deur akkerboukundiges en landbouweerkundiges onderneem (De Bruyn, 1974; Mottram, 1985 en Du Preez, 1986). Die eerste evapotranspirasiestudie, met behulp van lisimeters onder natuurlike veldtoestande, is deur Opperman en Roberts (1975) in die sentrale grasveldgebied onderneem. Later het Snyman *et al.* (1980), ook in die sentrale grasveld, 'n waardevolle bydrae met betrekking tot die vergelyking van die evapotranspirasie van verskillende veldtoestande, onder optimale vogtoestande, gelewer.

Die doelstelling van hierdie studie was om ondersoek in te stel na waterverbruiksdoeltreffendheid van natuurlike veld in verskillende toestande of suksesiastadiums, deur die monitoring van evapotranspirasie. Hierdie ondersoek, wat met behulp van hidroliese lisimeters uitgevoer is, het onder natuurlike toestande oor die 1979/80 tot 1982/83-seisoen gestrek. Waterverbruiksdoeltreffendheid is in hierdie studie gedefinieer as die hoeveelheid bogrondse fitomassa geproduseer per eenheids-volume water geëvapotranspireer. Dieselfde verwantskap is deur Opperman (1975) en Snyman (1985) op natuurlike weiveld gebruik, om die waterverbruiksdoeltreffendheid van grasse uit te druk.

Prosedure

Proefsterrein

Die studie is op Sydenham, proefplaas van die Universiteit van

die Oranje-Vrystaat, uitgevoer. Die proefplaas is op die 19° 06' suiderbreedte- en op die 26° 75' oosterlengtegraad, op 'n hoogte van 1 350 m bo seevlak geleë. Die gebied ontvang hoofsaaklik somerreën met 'n langtermyn gemiddelde jaarlikse neerslag van 560 mm en 78 reëndae per jaar. In Januarie wissel die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur tussen 30°C en 33°C en in Julie is dit ongeveer 17°C. Die gemiddelde daaglikse minimum temperatuur is in die orde van 15°C in Januarie en 0°C in Julie terwyl uiterstes van 3°C en -11°C onderskeidelik reeds voorgekom het. 'n Gemiddelde rypperiode van 119 d kan vanaf middel Mei tot middel September voorkom.

Die rooisaandleemgrond waarop die navorsing gedoen is, behoort tot die Shorrockserie van die Huttonvorm. Drie duidelik onderskeibare horisonte, naamlik 'n ortiese A horison van 0 tot 200 mm, rooi apedale B₂ horison van 200 tot 600 mm en 'n pedokutaniese II B₂ horison van 600 tot 800 mm is geïdentifiseer. Die A, B₂ en II B₂-horisonte se brutodigtheid was onderskeidelik 1 480 kg m⁻³, 1 563 kg m⁻³ en 1 758 kg m⁻³, terwyl die kleinhoud onderskeidelik 10,6; 19,0 en 38,8% was.

Tegniek

Die nie-drywende hidroliese lisimeters wat in hierdie studie gebruik is, is soortgelyk maar groter as dié soos beskryf deur Opperman (1975) en Opperman en Roberts (1975). Navorsers soos Winter (1963), Dagg (1970), Myburgh (1970) en Kowal en Kassam (1973) het ook van soortgelyke tipe lisimeters gebruik gemaak in hulle waterverbruikstudies. Die grondhouer wat in hierdie studie gebruik is, is 0,80 m diep met 'n deursnee van 0,60 m en dus 'n oppervlakte van 0,2828 m². Die konstruksie, massa en temperatuur-kalibrasie, asook die uitleg van die lisimeters word volledig deur Snyman *et al.* (1980) en Snyman (1982) uiteengesit. Die lisimeters wat daagliks gelees is, se gevoeligheid is 0,58 mm.

Die grondvoginhoud van elke lisimeter is weekliks met behulp van 'n neutronvogmeter gemonitor. 'n Neutronvogmetertoegangsuis is tot 'n diepte van 0,80 m in die middel van elke lisimeter geplaas. Die grondvoginhoud is teen elke 200 mm interval gemonitor. Die neutronvogmeter is vir elke horison gekalibreer soos deur Moore (1980) en Snyman *et al.* (1987) beskryf. Ten einde die grondvoginhoud in al die lisimeters met die aanvang van hierdie studie tot dieselfde peil te bring, is elke lisimeter tot veldwaterkapasiteit aangevul.

Received 13 November 1987.

Behandelings

Die proefuitleg is 'n volledige ewekansige ontwerp met drie herhalings en vier behandelings. Die behandelings wat op die lisimeters toegepas is, was as volg:

- klimaksbedekking: 70% *Themeda triandra* en 30% *Digitaria eriantha*, met 'n basale bedekking van 9%;
- subklimaksbedekking: 50% *Eragrostis lehmanniana*, 25% *E. chloromelas* en 25% *Sporobolus fimbriatus*, met 'n basale bedekking van 6%;
- pionierbedekking: 60% *Aristida congesta* subsp. *congesta*, 20% *Cynodon hirsutus* en 20% *Tragus koelerioides*, met 'n basale bedekking van 3%; en
- onbedek: daar was geen plantegroei op hierdie lisimeters nie.

Die spesie-samestelling wat aan elke behandeling toegeken is, is gedoen op grond van basale bedekking. Hierdie suksessiestadiums dui op die plantopeenvolging, soos onder natuurlike veldtoestande in die sentrale Oranje-Vrystaat waargeneem en voorkom (Snyman, 1985).

Tussen einde November tot begin Januarie het daar 'n besondere droë periode by al vier proefseisoene voorgekom. Omdat die grasse in die lisimeters elke jaar tydens hierdie droë periode verwelk en dormant geraak het en weer met die voorkoms van die eerste ryp, kan elke proefseisoen in twee duidelik afgebakende groeiperodes verdeel word. Elke proefseisoen is dus in 'n voor- en nasomergroeiperiode verdeel wat amper ewe lank is.

Die grasse in die lisimeters is telkens ontblaar wanneer die plante dormant was, sodat die waterverbruiksdoeltreffendheid vasgestel kon word. Die klimaks- en subklimaksbedekking is tot 'n hoogte van 40 mm ontblaar en die pionierbedekking tot 'n 20 mm hoogte.

Perkolاسie

Die bepaling van perkolاسie in die lisimeters word volledig deur Snyman (1982) bespreek. Vir die 1979/80 tot 1982/83-seisoen, het daar in die lisimeters tot 'n diepte van 0,80m geen perkolاسiewater by enige van die plantbedekte lisimeters voorgekom nie. Gedurende die 1980/81-seisoen is wel op 03-03-1981 gemiddeld 3,89 mm perkolاسiewater in die onbedekte lisimeters gemonitor. Hierdie perkolاسie was die gevolg van bo-gemiddelde reënval gedurende Januarie en Februarie 1981 van onderskeidelik 194 en 176 mm. Die langtermyn gemiddeld vir hierdie twee maande is slegs onderskeidelik 89,5 en 83,2 mm. Volgens Snyman (1982), is in dieselfde lisimeters die vorige seisoen tussen 03-04-1978 tot 01-05-1978, waartydens soveel as 218,2 mm reën voorgekom het, ook in slegs die onbedekte lisimeters gemiddeld 6,79 mm perkolاسie gemonitor.

Resultate en bespreking

Evapotranspirasie (Et)

Gemiddelde Et vanaf die plantbedekte en evaporasie (Eo) vanaf die onbedekte lisimeters word vir elke groeiperiode binne die 1979/80 tot 1982/83-seisoen in Tabel 1 aangetoon, asook die totale reënval vir elke groeiperiode.

Die Et vir die klimaks- en subklimaksbedekking verskil vir al vier seisoene nie-betekenisvol van mekaar nie. Die hoogste totale Et het gedurende die 1980/81-seisoen voorgekom toe die klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking onderskeidelik 761,5; 729,8 en 663,0 mm water geëvapotranspireer het, waartydens

TABEL 1:
TOTALE REËNVAL (mm), GEMIDDELDE EVAPOTRANSPIRASIE (Et) EN EVAPORASIE (Eo) VANAF DIE PLANT- EN ONBEDEKTE LISIMETERS, VIR DIE 1979/80 TOT 1982/83-SEISOEN.

Periode	Reënval (mm)	Et (mm)			Eo (mm) Onbedek
		Klimaks	Subklimaks	Pionier	
1979/80-seisoen					
29-06-79 tot 12-11-79	176,5	261,80	263,2	218,4	141,4
16-11-79 tot 27-06-80	290,0	364,9	360,4	311,9	217,1
Totaal	466,5	626,7	623,6	530,3	358,5
1980/81-seisoen					
04-07-80 tot 29-11-80	158,7	158,8	152,9	133,8	114,7
29-11-80 tot 26-06-81	565,8	602,7	606,9	529,2	449,4
Totaal	724,5	761,5	729,8	663,0	564,1
1981/82-seisoen					
03-07-81 tot 12-01-82	378,3	422,7	430,4	395,7	343,5
15-01-82 tot 30-06-82	291,4	262,3	258,9	263,9	265,6
Totaal	669,7	685,0	689,3	659,6	609,1
1982/83-seisoen					
02-07-82 tot 03-01-83	172,2	238,7	222,0	231,3	190,6
07-01-83 tot 30-06-83	158,7	147,9	149,6	144,4	146,2
Totaal	330,9	386,6	371,6	375,7	336,8

TABEL 2:
BOGRONDSE FITOMASSAPRODUKSIE (kg/ha) EN WVD (kg/ha.mm) VAN DIE VERSKILLENDE SUKSESSIESTADIUMS, VIR DIE 1979/80 TOT 1982/83-SEISOEN.

Periode	Bogronde fitomassaproduksie (kg/ha)			WVD (kg/ha.mm)		
	Klimaks	Subklimaks	Pionier	Klimaks	Subklimaks	Pionier
1979/80-seisoen						
29-06-79 tot 12-11-79	1618,10	856,08	381,54	6,1807	3,2526	1,7470
16-11-79 tot 27-06-80	170,79	133,31	50,92	0,4680	0,3699	0,1633
Totaal	1788,89	989,39	432,46			
Gemid. hele seisoen				2,8545	1,5866	0,8155
1980/81-seisoen						
04-07-80 tot 29-11-80	160,18	133,31	50,92	1,0087	0,8718	0,3806
29-11-80 tot 26-06-81	1764,14	1159,83	667,26	2,9271	1,9111	1,2609
Totaal	1924,32	1293,14	718,18			
Gemid. hele seisoen				2,5270	1,7019	1,0832
1981/82-seisoen						
03-07-81 tot 12-01-82	2037,84	951,20	450,14	4,8210	2,2100	1,1376
15-01-82 tot 30-06-82	462,52	370,93	339,82	1,7633	1,4327	1,2877
Totaal	2500,36	1322,13	789,96			
Gemid. hele seisoen				3,6502	1,9181	1,1976
1981/83-seisoen						
02-07-82 tot 03-01-83	423,62	273,33	165,13	1,7747	1,2312	0,7139
07-01-83 tot 30-06-83	223,73	146,39	74,96	1,5803	0,9785	0,5191
Totaal	657,35	419,72	240,09			
Gemid. hele seisoen				1,7003	1,1295	0,6391

724,5 mm reënval voorgekom het. Die hoogste Eo vanaf die onbedekte lisimeters was 609,1 mm vir die 1981/82-seisoen, waartydens 669,7 mm reën voorgekom het. By sekere van die groeiperiodes is die Et hoër as die reënval wat oor daardie periode voorgekom het. Hierdie verskil kan aan die oordragvog vanaf die vorige seisoen (1978/79) toegeskryf word. Hierdie studie is met gemiddeld 262,2 mm oordragvog vanaf die 1978/79-seisoen in elke lisimeter begin.

Die gemiddelde seisoenale Et oor die vier seisoene vir klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking was onderskeidelik 614,95; 603,58 en 557,15 mm. Die beskikbare grondvog in elke lisimeter, wat die reënval en oordragvog vanaf die vorige seisoen insluit, was gemiddeld 618,3 mm per jaar vir die 1979/80 tot 1982/83 seisoen.

Die totale Eo vir die vier seisoene vanaf die onbedekte lisimeters was 31,6% minder as die Et wat vanaf die klimaksbedekking gemonitor is. Eo onder optimale vogtoestande, was volgens Snyman en Van Rensburg (1986a) gemiddeld 45% minder as die Et wat by 'n klimaksgrasbedekking voorgekom het.

Die laagste daaglikse gemiddelde Et wat oor die vier seisoene vir klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking voorgekom het, was onderskeidelik 0,20; 0,20 en 0,11 mm. Die hoogste daaglikse gemiddelde Et vir die laaste helfte van die droë 1982/83-seisoen was so laag as slegs 1,71; 1,60 en 1,61 mm onderskeidelik vir klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking. Die hoogste daaglikse gemiddelde Et het gedurende die tweede helfte van die 1980/81-seisoen voorgekom waartydens 565,8 mm reënval vanaf

begin Desember tot einde Junie aangeteken is. Tydens hierdie periode het klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking onderskeidelik soveel as gemiddeld 7,42; 7,28 en 5,95 mm water per dag geëvapotranspireer. Die daaglikse gemiddelde hoogste en laagste Eo vanaf die onbedekte lisimeters oor die vier seisoene gemonitor, was onderskeidelik 4,41 en 0,11 mm.

Die hoogste Et onder optimale vogtoestande in die sentrale grasveldgebied, wat deur Opperman (1975) aangeteken is, was 10,2 mm per dag vanaf 'n *Themeda triandra*-grasveld (8% basale bedekking) in vergelyking met 11,86; 9,79 en 5,36 mm per dag vir onderskeidelik 'n klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking deur Snyman *et al.* (1980), ook onder optimale grondvogtoestande, verkry.

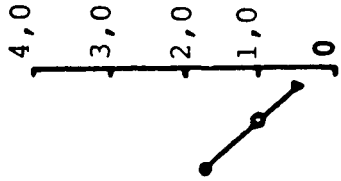
Die gemiddelde daaglikse Et vir al vier seisoene tydens hierdie studie was 1,73; 1,71 en 1,55 mm per dag onderskeidelik vir die klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking. Die gemiddelde daaglikse Et wat met behulp van 'n waterbalans vir die periode 1977/78 tot 1983/84 vir 'n klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking, met basale bedekkings van onderskeidelik 9; 6 en 3% bereken was, was onderskeidelik 1,36; 1,34 en 1,31 mm (Snyman, 1985). Hierdie waardes verskil nie veel van dié tydens hierdie studie verkry nie.

Die onbedekte lisimeters in hierdie studie het oor die vier seisoene 'n gemiddelde daaglikse Eo van 1,30 mm gehad. Snyman (1982) het onder natuurlike reënvaltoestande 'n daaglikse gemiddelde Eo van 1,02 mm oor 'n drie-jaar periode (gemiddeld 530,7 mm reënval) vasgestel.

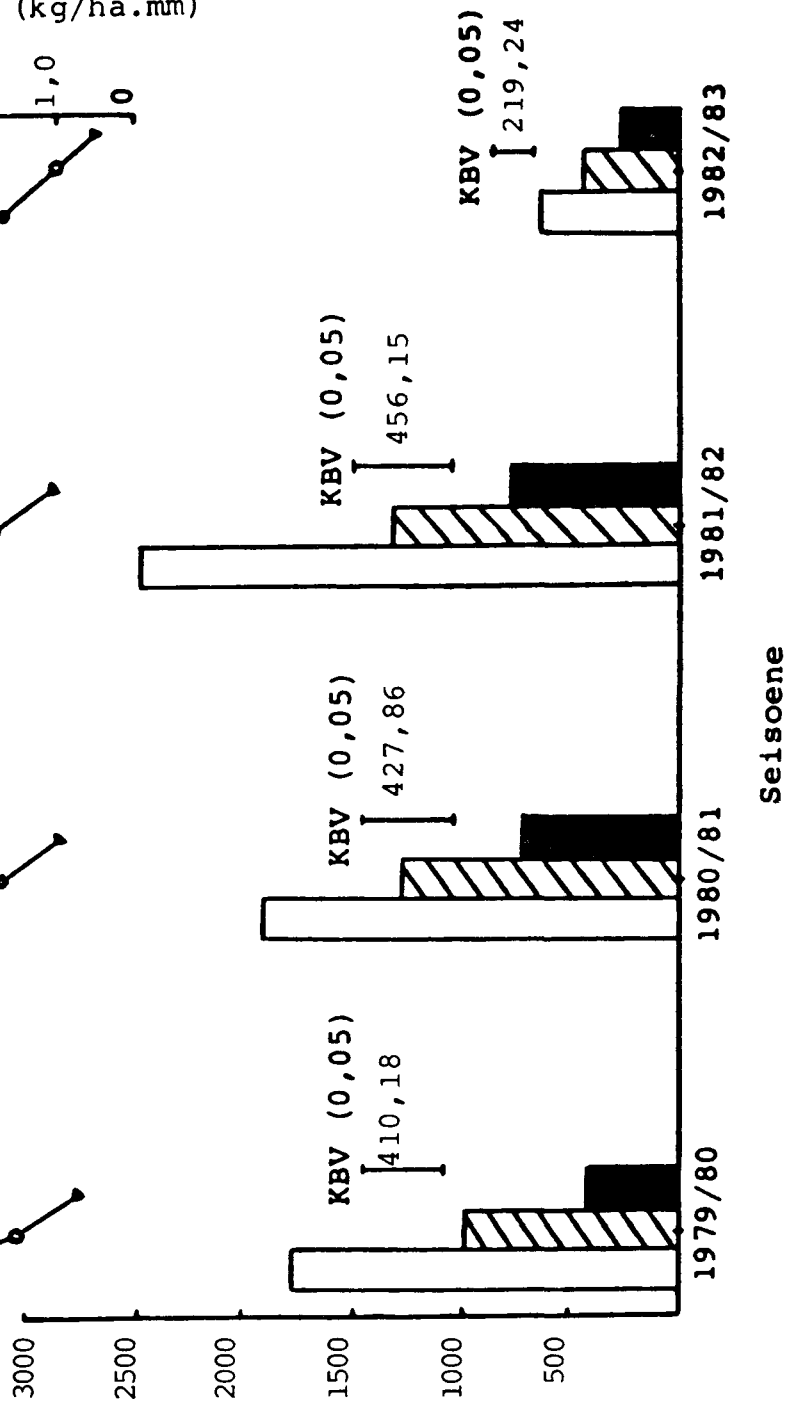
Suksessiestadiums

- Klimaks
- ◻ Subklimaks
- ◼ Pionier

Gemid. WVD (kg/ha.mm)



Totale bogronde fitomassaproduksie (kg/ha)



Figuur 1
Totale seisoenale bogronde fitomassaproduksie (kg/ha) en gemiddelde waterverbruikdoeltreffendheid (WVD) (kg/ha.mm) van die verskillende suksesiestadiums vir die 1979/80 tot 1982/83-seisoen.

Waterverbruiksdoeltreffendheid (WVD)

Die bogronde fitomassa geproduseer en die WVD van die verskillende suksesiastadiums word vir elke groeiperiode gedurende die 1979/80 tot 1982/83-seisoen in Tabel 2 aangetoon.

Die totale seisoenale bogronde fitomassaproduksie en gemiddelde WVD van die verskillende suksesiastadiums word grafies vir die 1979/80 tot 1982/83-seisoen in Fig. 1 voorgestel.

Die klimaksbedekking het vir al die groeiperodes statisties betekenisvol ($P < 0,01$) meer fitomassa geproduseer as die ander twee suksesiastadiums. Die subklimaksbedekking, wat die tweede hoogste bogronde fitomassa geproduseer het, het statisties betekenisvol ($P < 0,01$) meer geproduseer as die pionierbedekking vir al die seisoene. Die klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking het gemiddeld vir die 1979/80 tot 1982/83-seisoen onderskeidelik 1 717,73; 1 006,10 en 545,17 kg/ha bogronde fitomassa geproduseer vir gemiddeld 618,3 mm beskikbare grondvog oor hierdie periode. Snyman (1985) het oor 'n 7-jaar periode, vanaf 'n klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking, onderskeidelik 1 089,50; 671,44 en 292,24 kg/ha met gemiddeld 497,9 mm reënval, gemonitor.

Opvallend vanaf Tabel 2 en Fig. 1 is dat die bogronde fitomassaproduksie aansienlik varieer oor die seisoen, asook tussen seisoene. Hierdie verskille kan grootliks aan die wisseling in reënval en spesifiek die verspreiding van die reënval oor die seisoen toegeskryf word. Vir drie van die vier seisoene was die voorsomerproduksie betekenisvol hoër as dié van die nasomer.

Uit die resultate in Tabel 2 en Fig. 1 is dit duidelik dat die WVD van die klimaksbedekking aansienlik varieer oor die groeiseisoen en ook tussen die verskillende seisoene. Dit dui daarop dat die effektiwiteit van vogverbruik afhang van die periode waartydens die reënval voorkom, asook die hoeveelheid reënval. Alhoewel die subklimaks- en pionierbedekking vog baie ondoeltreffender as die klimaksbedekking verbruik het, is dit opvallend vanaf Tabel 2 en Fig. 1 dat die WVD van hierdie twee suksesiastadiums redelik konstant bly tussen die verskillende seisoene. Die doeltreffendheid waarmee die klimaksbedekking vog verbruik, word dus betekenisvol deur vogveranderinge beïnvloed. Die WVD tussen die verskillende suksesiastadiums verskil vir elke seisoen statisties betekenisvol ($F < 0,01$) van mekaar.

Die gemiddelde WVD oor die proefperiode (1979/80 tot 1982/83) was onderskeidelik vir die klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking 2,6830; 1,5840 en 0,9339 kg/ha.mm. Die beskikbare grondvog in elke lisimeter, wat reënval en oordragvog vanaf die vorige seisoen insluit, was gemiddeld 618,3 mm/a vir die 1979/80 tot 1982/83-seisoen.

Die gemiddelde WVD van 'n *Themeda triandra*-grasveld (8% basale bedekking) is volgens Opperman (1975) as 4,1 kg/ha.mm vasgestel. Die WVD onder optimale grondvogtoestande vir 'n klimaks- (9% basale bedekking), subklimaks- (6% basale bedekking) en pionierbedekking (3% basale bedekking) was volgens Snyman *et al.* (1980), onderskeidelik 9,15; 7,55 en 5,65 kg/ha.mm. Onder natuurlike reënvaltoestande het Snyman (1985) die WVD van 'n klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking op onderskeidelik gemiddeld 2,1; 1,2 en 0,6 kg/ha.mm vir die 1977/78 tot 1983/84-seisoen (479mm reënval gemiddeld) bereken, wat nie veel verskil van die resultate tydens hierdie studie verkry nie.

Tydens drie van die vier seisoene in hierdie studie, het die plante vog meer doeltreffend gedurende die voorsomerperiode, as tydens die nasomerperiode verbruik. Volgens Snyman *et al.* (1980) het 'n klimaks-, subklimaks- en pionierbedekking vog onder optimale vogtoestande ook meer doeltreffend verbruik gedurende die voorsomer as tydens die nasomer.

Snyman en Opperman (1984) het vasgestel dat hoe hoër die jaarlikse reënval oor 'n 6-jaar periode was, hoe kleiner was die verskil in WVD tussen 'n klimaks-, subklimaks- en pioniergrasbedekking en omgekeerd. Snyman en Van Rensburg (1986b) het aangetoon dat hoe platter die helling, hoe hoër is die WVD.

Gevolgtrekking

Die bevinding van hierdie ondersoek dui daarop dat dit nie net die totale neerslag, die intensiteit en verspreiding daarvan is wat die effektiwiteit van neerslag bepaal nie, maar veral die waterverbruiksdoeltreffendheid van die veld en die toestand waarin die veld verkeer. Die resultate toon duidelik dat natuurlike veld in 'n goeie toestand (klimaks), vog baie meer doeltreffend verbruik as veld in 'n swak toestand (pionier). In gebiede waar vog die beperkende omgewingsfaktor is, behoort dit elke veeboer se strewe te wees om sy weiveld in 'n klimakstoestand te kry. Deur die regte benuttingspraktyke toe te pas, wat 'n doeltreffende russtelsel insluit om in die basiese, ekologiese en fisiologiese behoeftes van die plant te voorsien, kan die natuurlike veld in 'n optimale toestand (klimaks) gehou word ten einde die hoogste WVD daarvan te verkry. Die besondere lae WVD gepaardgaande met veld in 'n swak toestand, verklaar waarom sulke veld gedurig aan droogtes onderhewig is ten spyte van hoë reënval. Die vervanging van ongewenste plantsoorte met gewenste plante, hou dus besliste voordele in ten opsigte van die verhoging van die WVD van natuurlike veld.

Die huidige status van landbouproduksie in Suid-Afrika, wat groter opbrengste per grond- of waterseenheid teen verminderde produksiekoste vereis, noodsaak kennis van die waterverbruiksdoeltreffendheid (WVD) van natuurlike weiplante en akkerbougewasse. Navorsing oor die invloed van intensiteit en frekwensie van ontblaring op die WVD van verskillende veldtoestande, sal in die toekoms beslis verder ondersoek moet word. Indien die invloed van menslik beheerbare faktore op die WVD gemonitor kan word, sal dit moontlik wees om praktiese bestuursmetodes te ontwikkel waardeur WVD verhoog kan word. Deur die regte weidingbestuurspraktyke toe te pas en dus te sorg dat die natuurlike veld in 'n optimale toestand (klimaks) is, kan die WVD vanaf weiveld aansienlik verhoog word.

Verwysings

- DAGG, M. (1970) A study of the water use of tea in East Africa, using a hydraulic lysimeter. *Agr. Meteorol.* 7 303-320.
- DE BRUYN, L.P. (1974) Die invloed van verbouingstegnieke, vogverbruik en interne plantvogstremming op die groei en produksie van *Zea mays* in marginale gebiede. D.Sc.Agric.-proefskrif, UOVS, Bloemfontein.
- DU PREEZ, W.H. (1986) Die invloed van vogstremming op die fotosintese en respirasie van twee mieliecultivars M.Sc.Agric.-verhandeling, Dept. Agronomie, UOVS, Bloemfontein.
- KOWAL, J.M. and KASSAM, A.H. (1973) Water-use, energy balance and growth of maize at Samonii. *Agric. Meteorol.* 12 391-406.
- MOORE, A. (1980) Waterbalansstudie in geselekteerde subhabitate van 'n Burkea-savanna. M.Sc.Agric.-verhandeling, UOVS, Bloemfontein.
- MOTTRAM, R. (1985) Certain weather plant and soil related aspects of water use by *Zea mays*. Ph.D. Thesis, Dept. of Agrometeorology, UOVS, Bloemfontein.
- MYBURGH, J. (1970) Ontwikkeling van 'n eenvoudige lisimeter. Jaarverslag, Navorsingsinstituut vir Tuinbou, Dept. van Landbou-egniese Dienste.
- OPPERMAN, D.P.J. (1975) Vog- en ontblaringstudies op meerjarige grasse in die sentrale Oranje-Vrystaat. D.Sc.Agric.-proefskrif, UOVS, Bloemfontein.
- OPPERMAN, D.P.J. and ROBERTS, B.R. (1975) Evapotranspiration

- studies on *Themeda triandra* under field conditions: A study in lysimeter methology. *Proc. Grassld. Soc. Sth. Afr.* 10 103-109.
- SNYMAN, H.A. (1982) Die hidrologiese siklus en waterverbruiksdoeltreffendheid van veld in verskillende suksesiastadiums, in die sentrale Oranje-Vrystaat. M.Sc. Agric.-verhandeling, UOVS Bloemfontein.
- SNYMAN, H.A. (1985) Vogbalansstudies op natuurlike veld van die sentrale Oranje-Vrystaat. Ph.D. Proefskrif UOVS, Bloemfontein.
- SNYMAN, H.A. en OPPERMAN, D.P.J. (1984) Afloopstudies vanaf natuurlike veld in verskillende suksesiastadiums van die sentrale Oranje-Vrystaat. *Tydskr. Weidingsveren. S. Afr.* 1(4) 11-15.
- SNYMAN, H.A. en VAN RENSBURG, W.L.J. (1986a) Hidrologiese siklus van natuurlike veld in die sentrale Oranje-Vrystaat. *SA Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 5(4) 181-185.
- SNYMAN, H.A. en VAN RENSBURG, W.L.J. (1986b) Effect of slope and plant cover on runoff, soil loss and water use efficiency of natural veld. *J. Grassld. Soc. Sth. Afr.* 3(4) 153-158.
- SNYMAN, H.A., OPPERMAN, D.P.J. en VAN DEN BERG, J.A. (1980) Hidrologiese siklus en waterverbruiksdoeltreffendheid van veld in verskillende suksesiastadiums. *Hand. Weidingsveren.; S. Afr.* 15 69-72.
- SNYMAN, H.A., VENTER, W.D., VAN RENSBURG, W.L.J. en OPPERMAN, D.P.J. (1987) Ranking of grass species according to visible wilting order and rate of recovery in the central Orange Free State. *J. Grassld. Soc. Sth. Afr.* 4(2) 78-81.
- WINTER, E.J. (1963) A new type of lysimeter. *J. Hort. Sci.* 38 160-168.
-