

DANKBETUIGING

'n Groot woord van dank aan alle vakkundiges, tegnici en arbeiders wat oor die jare betrokke was met die uitvoering van die projek.

VERWYSINGS

Giess, W. 1971. A preliminary vegetation map of South West Africa. *Dintera* 4:4 — 27.

TIDMARSH, C.E.M. & HAVENGA, C.M. 1954. The Wheelpoint Method of Survey and Measurement of Semi-open Grasslands and Karoo Vegetation in South Africa. *Bot. Surv. of S. Afr. Mem. No. 29.*

VERSFELD, W. v. R. 1986. Die benutting van ariede Kalahariveld met ses produksiestelsels. *Agricola* 3: 50—59.

FAKTORE WAT DIE ONTKIEMING VAN GRASSE BEÏNVLOED

F.V. BESTER

ADMINISTRASIE VIR BLANKES, LANDBOONAVORSING

Privaatsak 13186, Windhoek 9000



F.V. Bester,
Hooflandbounavorser.

INLEIDING

Met die aanvang van die 1986/87 reënseisoen het relatief goeie neerslae in die oostelike gedeelte van die Mariental-distrik in die gemengde boom- en struiksavanna voorgekom. Die suurgras (*Schmidtia kalahariensis*) het ontkiem en opgekom. Gedurende November tot Januarie het lugtemperatuur gestyg en het die jong suurgrasplantjies doodgebrand. Gedurende die maande Februarie tot April het daar wel reën geval, maar die reaksie van die gras ten opsigte van opkoms was so teleurstellend, dat selfs na 200 mm neerslag sekere areas nog totaal ontbloot was en daar nie 'n krieseltjie weiding beskikbaar was nie.

Daar was redelik gespekuleer oor die oorsaak van hierdie fenomenale verskynsel. Redes aangevoer was "suurreën", allelopatie en selfs dat die saadbron uitgeput is. Om die oorsaak te probeer vasstel, is grond- en watermonsters geneem en ontleed. Die resultate het aangetoon dat daar wel suurgrassaad in die grond teenwoordig was en dat die water vir menslike gebruik geskik was. Ook geen buitengewone hoë konsentrasies van die makro- sowel as die mikro-elemente is in die watermonsters gevind nie. Navorsing wat op suurgras gedoen is, dui wel daarop dat die gras inhiberende stowwe bevat wat die ontkieming van saad tydelike onderdruk.

Om die gekompliseerdheid van die ekosisteem en sy werking met betrekking tot bogenoemde verskynsel te verstaan, is dit belangrik dat die fisiologie van die saad en die ontkieming daarvan verstaan word. Dit dien hier vermeld te word dat die sisteem onder ons huidige boerderytoestande nie meer 'n natuurlike ekosisteem is nie en gevolglik is dit uiters noodsaaklik dat die werking van die sisteem verstaan moet word om sodoende die boerdery so prakties moontlik daarvolgens aan te pas.

Hierdie artikel poog om 'n oorsig te gee oor die fisiologie van die saad asook die faktore wat ontkieming en dormansie van saad bewerkstellig. Verder word daar gepoog om 'n verklaring te vind vir die swak ontkieming van die suurgrassaad in die Aranos-omgewing.

ONTKIEMING

Die ontkiemingsproses van saad word aan die gang gesit deur

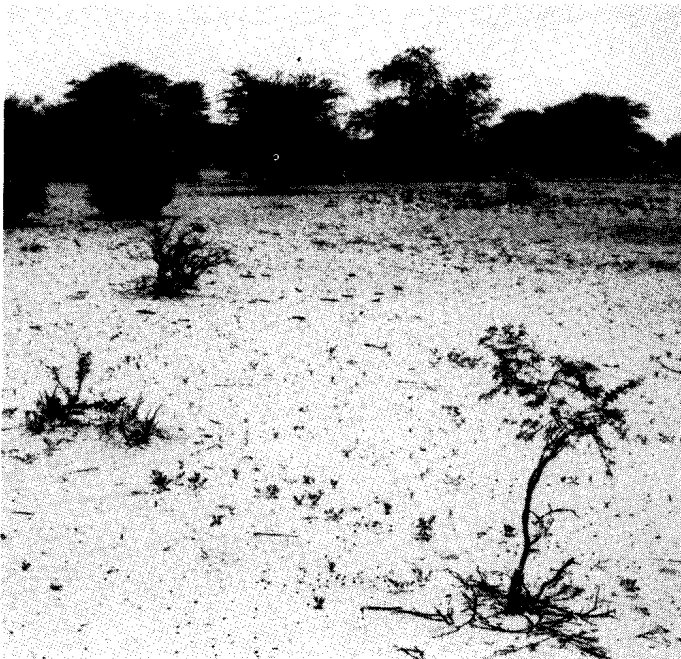
- i) omgewingsstimuli, byvoorbeeld beskikbare vog en suurstof, of deur
- ii) komplekse interaksies tussen temperatuur, lig en endogene stowe wat groei inhibeer of bevorder.

Die ontkiemingsproses van die saad geskied in vier stappe, naamlik:

- i) Imbibisie of opneem van water hoofsaaklik deur die proteïen-komponent van die saad.
- ii) Hidrasie en aktivering van die ensiemsintese-meganisme.
- iii) Selvergroting en selverdeling.
- iv) Fenotipiese ontkieming of die groei van wortels deur die huid

Akkerbougewasse ontkiem gelyktydig onder 'n wye reeks temperatuur sonder spesiale omgewingsbehoefes, behalwe vir voldoende vog en suurstof. Dit is egter onwaarskynlik dat gelyktydige ontkieming van alle sade by veldplante sal voorkom. Indien afwisselende ontkieming nie voorgekom het nie, kan 'n enkele "gunstige" toestand die uitwis van die totale populasie van 'n betrokke plantsoort tot gevolg hê. Die sade van veldplante ontkiem met intervalle oor 'n lang periode en benodig spesiale vlakke van omgewingsfaktore en kombinasies van faktore vir aanvaarbare ontkieming. Plantsoorte in dieselfde plantgemeenskap het ook selde of ooit dieselfde algemene reaksie ten opsigte van omgewingsbeheerde ontkieming. Hierdie verskynsel kan toegeskryf word aan die versillende mikro-klimatiese binne 'n gemeenskap sowel as verskillende behoeftes vir groei en ontwikkeling.

'n Baie belangrike faktor met betrekking tot die ontkieming van saad wat in gedagte gehou moet word, is dat die opkom van saad baie meer groei-energie verg as die ontkiemingsproses en daarom is die opkomsersentasie van plante laer as die ontkiemingspersentasie.



Ontblote grond as gevolg van swak ontkieming.

RUSTENDE FASE OF DORMANSIE

Die vertraging van die ontkieming van saad kan wees as gevolg van die aard van die saadhuud of die kondisie van die embryo (saadkiem) of 'n kombinasie van beide faktore. In die eerste geval word daar verwys na saadhuiddormansie en in die tweede na embriodormansie.

Saadhuiddormansie word veroorsaak deur (i) die ondeurlaatbaarheid ten opsigte van water, (ii) die ondeurlaatbaarheid ten opsigte van suurstof en (iii) die weerstand wat die saadhuud bied teen die uitsetting van die embryo en die saadinhoud.

Fisiologies behels embriodormansie 'n verandering van die volle of gedeeltelike ontwikkeling van die embryo, met ander woorde met saadstorting is die embryo half-ontwikkel en differensiasie onvoltooid.

Dormansie word onderhou deur eienskappe van die saadhuud of deur 'n inhiberende/aktiverende balans in die embryo. Die meganisme van dormansie-opheffing en ontkieming is (i) die verhoging van die deurlaatbaarheid van die saadhuud en (ii) 'n toename in die groeipotensiaal of voltooiing van die ontwikkeling van die embryo. In laasgenoemde geval kan dormansie alleenlik opgehef word wanneer toestande gunstig is vir ontkieming. Met ander woorde, indien die ontkiemingsvereistes (temperatuur, vog ens.) nie geskik is nie, sal die differensiasieproses dus nie voltooi word nie.

Toestande wat dormansie beëindig, varieer tussen plantsoorte, plek en die klimaat van die omgewing. Onder veldtoestande word dormansie beëindig deur

- i) 'n verandering in dagtemperatuur,
- ii) lae temperatuur stratifikasie,
- iii) endogene stowwe in die saad,
- iv) dormansiereguleerders in die grond, en
- v) die koolsuurgas-suurstof-konsentrasie in die grond.

Hoë koolsuurgas- en lae suurstofkonsentrasies in die grond word veroorsaak deur die respirasie van mikro-organismes en swak

sirkulasie van die grondatmosfeer. Die plasing van die saad diep onder die grondoppervlakte onderdruk die ontkiemingsproses en veroorsaak 'n sekondêre dormansie as gevolg van die lae suurstofvlak.

Metodes wat onder laboratoriumtoestande gebruik is om die dormansie van sade op te hef, is soos volg:

- i) Verswakking van die huud deur skarifikasie om die deurlaatbaarheid van die huud te verhoog.
- ii) Uitloging van oplosbare (endogene) inhibeerders met groot hoeveelhede water.
- iii) Stratifikasie — narypingsperiode.
- iv) Lugdroë berging.

FAKTORE WAT DORMANSIE EN ONTKIEMING VAN SADE BÊINVLOED

Daar is reeds verwys na die term dormansie asook die werkingsmeganisme daarvan. Dormansie word teweë gebring of opgehef deur verskeie faktore wat op die saad inwerk. Daardie faktore wat dormansie by sade bewerkstellig, staan bekend as inhibeerders. Indien die invloed van hierdie inhibeerder uitgeskakel word, word dormansie opgehef en die ontkiemingsproses aan die gang gesit.

Lig

Dormansie of die aktivering van die ontkieming van saad is afhanklik van lig met spesifieke golflengtes asook die intensiteit van bestraling.

Onder veldtoestande word die golflengtes van lig beïnvloed deur:

- i) Tyd van die dag.
- ii) Seisoen.
- iii) Weerstoestande (bewolking, sneeubedekking ...).
- iv) Diepte van die saad onder die grond.

Hetsy natuurlike of kunsmatige lig wat ontkieming inhibeer of bevorder, speel die volgende ook 'n rol:

- i) Die plantsoort.
- ii) Kondisie en intensiteit van inkubasie.
- iii) Duur van inkubasie periode.
- iv) Die golflengtes lig wat aangewend word.

Sade van sommige plantsoorte het 'n langdurige ligbehandeling nodig om ontkieming te bewerkstellig terwyl die tempo van ontkieming van ander plantsoorte progressief afneem namate die tyd van blootstelling aan bestraling verleng is. Sade wat van lig-aktiverende ontkieming afhanklik is en wat diep onder die grond begrawe word, waar die deurlating van ligstrale laag is, het 'n verlengde periode van blootstelling nodig om 'n ekwivalente of gelykwaardige intensiteit van bestraling as op die grondoppervlakte te verkry. Grondbewerking het tot gevolg dat sekere sade aan bevredigende ligbehoefte vir ontkieming blootgestel word. Die omgekeerde is egter ook waar. Hierdie beginsels word algemeen by onkruidbeheer toegepas.

Temperatuur

Lug- en grondtemperatuur is van kardinale belang vir die ontkieming van sade. Temperatuurruiterstes kan egter 'n nadelige invloed op die saad hê.

Alhoewel ontkieming by temperatuurruiterstes vir sommige aangepaste plantsoorte moontlik is, is die algemene temperatuurreeks vir ontkieming tussen 10° C en 30° C met uiterstes van 0° en 70° C. Geen ontkieming vind meer plaas by 75° C nie.

Dag- en nagtemperatuur skommeling is onder veldtoestande 'n normale verskynsel. Die wisseling tussen dag- en nagtemperatuur is nodig vir beduidende ontkieming by 'n verskeidenheid plant-

soorte. Hierdie skommeling in temperatuur beskadig die huid wat dan 'n verhoging in die deurlaatbaarheid van die huid tot gevolg het. Saad wat dus 'n behoefte aan temperatuurskommeling van 'n sekere breedte het, sal nie ontkiem indien dit op 'n diepte geplaas word waar temperature konstant is nie. In so 'n geval is grondversteuring nodig om ontkieming te bevorder.

Buiten 'n letale effek mag super-optimale temperature ook sekondêre dormansie tot gevolg hê. Hierdie sekondêre dormansie word veroorsaak deur die aktivering van inhibeermiddels in die saad.

Brand bevorder ook die ontkieming van 'n verskeidenheid plantsoorte. Die beskadiging en verandering van die struktuur van die saadhuid asook die warmte wat die inhibeermiddels inaktiveer, word as verklaring aangevoer.

Saadhuid

Soos reeds genoem is saadhuidormansie die gevolg van die ondeurlaatbaarheid van die huid ten opsigte van vogopname en gaswisseling asook die weerstand wat die saadhuid bied teen die uitsetting van die embryo en die saadinhoud. Vog en suurstof is nodig vir die differensiasie van die embryo sodat ontkieming kan plaasvind.

Onder veldtoestande word die deurlaatbaarheid van die huid verhoog deur:

- i) Skommeling in temperatuuruiterses.
- ii) Afsluiting teen gronddeeltjies.
- iii) Mikro-biologiese aktiwiteite.

Behalwe vir die reeds genoemde twee faktore wat ontkieming onderdruk, mag daar in die huid sowel as in die embryo ontkieming-inhibeerders teenwoordig wees wat ontkieming onderdruk totdat hierdie inhibeerders geëlimineer word deur:

- i) Uitloging.
- ii) Metaboliese inaktivering.
- iii) Transformasie van die inhibeermiddel.

Die loging van inhibeerders uit die huid vind plaas deur 'n reënneerslag met genoegsame intensiteit en duur om die konsentrasie van die inhibeerder tot so 'n vlak te verlaag dat dit nie meer ontkieming onderdruk nie.

Waterverhouding

Tesame met temperatuur is die proses van hidrasie (die absorpsie van vog deur die huid) die belangrikste faktor wat die metaboliese aktiwiteit van die saad aktiveer en ontkieming tot gevolg het.

Die tempo van ontkieming asook die totale aantal sade wat ontkiem, is afhanklik van die hoeveelheid vog wat in die grond beskikbaar is en wat deur die huid opgeneem kan word. Daar is 'n minimum vog-inhoud waarby ontkieming nie plaasvind nie. Indien die vog-inhoud van die saad bokant hierdie minimum peil is, word die metaboliese aktiwiteite versnel en word ontkieming geaktiveer. Die dormante fase van die saad word dus gehandhaaf by lae vogpeile in die grond deurdat die metaboliese tempo so laag is dat ontkieming nie plaasvind nie. Die rol van water in die ontkiemingsproses kan kortliks omskryf word as die proses van

- i) hidrasie waarna die
- ii) protoplasma aktief word en die reserwe voedingstowwe oplosbaar gemaak word deur die inwerking van ensieme en
- iii) respirasie toeneem en die opgeloste reserwestowwe na die groeiende dele, soos die kiemwortel, vervoer word. Die hidrasieproses gedurende die vroeë ontkiemingstadium kan omgekeer word sonder om die ontkieming later nadelig te beïnvloed. Gevolglik kan 'n droogte intree en die vogpeil kan daal sonder dat die saad kiemkrag verloor. In teenstelling hiermee kan 'n langdurige droë periode tydens die eerste stadium van ensiemsintese onomkeerbare skade tot gevolg hê. Afwisselende nat en droë siklusse bevorder die ontkieming van sommige plantsoorte, met die voorbehoud dat die droë siklus nie te lank en die uitdrogingsproses nie te vinnig is nie.

Osmotiese eienskappe van die grondwateroplossing en die matrikspotensiaal van die grond beïnvloed ook die ontkieming van sade. Die osmotiese kragte ontstaan as gevolg van die teenwoordigheid van soute en ander opgeloste stowwe in die water. Die matrikspotensiaal weerspieël die voghouvermoë asook die beweging van die water in die grond, en word bepaal deur die klei-inhoud van die grond. Die matrikskragte ontstaan as gevolg van die suigkrag en kapillêre effekte. In wese kan hierdie twee kragte 'n waterstres op die plant tot gevolg hê omdat die plant nie die water kan opneem nie.

Eienskappe soos saadgrootte, oppervlak: volume-verhouding (wat deur geriffeldheid verhoog word), saadvorm, teenwoordigheid van slymvormende weefsel en diggroeiende kaffies beïnvloed die graad van kontak tussen die saad en grondporieë en dus die water-absorberende oppervlakte.

Alhoewel ontkieming en groei met groot hoeveelhede vog geassosieer word, kan metaboliese aktiwiteite van saad wel by lugdroë berging of lae vogpeile plaasvind.

Allelopatie

Die ontkieming van saad mag onderdruk word deur die teenwoordigheid van spesifieke stowwe (inhibeermiddels) in die grond wat van dieselfde plantsoort of ander plantsoorte in die gemeenskap afkomstig is. 'n Plant kan dus deur allelopatie sy eie ontkieming of die ontkieming van sade van ander plantsoorte onderdruk.

Allelopatiese stowwe kan op verskeie maniere vrygestel word en in die grond beland naamlik:

- i) Loging deur reën.
- ii) Afskeiding of uitsweet.
- iii) Vervlugting.
- iv) Ontbinding van die plant.

Om onder veldtoestande effektief te wees, moet so 'n inhibeerder sterk of gekonsentreerd genoeg wees ten spyte van 'n verdunningseffek (reën), verlies as gevolg van absorpsie deur plante, mikro-biologiese ontbinding en chemiese reaksies met organiese en anorganiese stowwe in die grond.

Saad en ontkiemingspolimorfisme

Verskeie plantsoorte produseer twee of meer morfologies duidelik onderskeibare sade wat verskillende omgewingsbehoefte het vir ontkieming. Hierdie morfologiese onderskeibare sade ontwikkel gewoonlik op verskillende dele van die bloeiwyse.

Faktore wat morfologiese verskillende sade op dieselfde plant tot gevolg het, mag geneties van aard wees, met ander woorde 'n inherente eienskap van die plant, of as gevolg van omgewingsfaktore soos 'n droë periode gedurende saadvorming.

Morfologiese eienskappe van saad wat die ontkieming beïnvloed, is soos volg:

- i) Verskil in huiddikte.
- ii) Saadgrootte.
- iii) Inherente tydsduur van die embryoontwikkeling.
- iv) Chemiese samestelling van die huid.

Sade op dieselfde plant mag ook verskil in volwassenheid. Sade wat nie volwassenheid bereik het nie, mag 'n narypingsperiode of 'n ander gespesialiseerde toestand nodig hê om ontkieming te verseker.

Narypingsperiode

'n Narypingsperiode is essensieël omdat dit die saad in staat stel om ongunstige toestande of seisoene vir ontkieming te oorbrug.

Daar is reeds genoem dat dormansie teweë gebring word deur 'n onontwikkelde embryo, sekere morfologiese eienskappe van die saad of inhibeermiddels in die saad of embryo. Gedurende die narypingsperiode word hierdie inhiberende effekte opgehef sodat

die ontkieming van die saad kan plaasvind. Hierdie inhiberende effekte word alleenlik opgehef wanneer toestande vir ontkieming gunstig is.

Gedurende die narypingsperiode word die prosesse voltooi wat lei tot volwassenheid van die saad, met ander woorde volledige embriodifferensiasie word voltooi. Ander faktore wat 'n rol speel om die inhiberende effek gedurende die narypingsperiode op te hef, is soos volg:

- i) Verandering in die huiddeurlaatbaarheid.
- ii) Verandering in die huid se spankrag.
- iii) Afname in die konsentrasie inhibeermiddels in die huid of embrio.

Sade van sekere woestynplante ontkiem sodra hulle volwassenheid bereik het en gestort is of selfs as hulle nog aan die plant is. Sade van ander plante het egter die narypingsperiode nodig wat kan varieer van enkele weke tot etlike jare.

Die kiemkrag van gestoorde grassade het tot 35% afgeneem na 14 jaar en tot 16% na 20 jaar. Na 26 jaar het die gestoorde grassaad nie meer ontkiem nie terwyl die sade van struik na 20 jaar nie meer ontkiem het nie.

MOONTLIKE OORSAKE VIR SWAK ONTKIEMING VAN DIE SUURGRAS

Soos reeds genoem was daar redelik gespekuleer oor die oorsaak van die swak ontkieming van die suurgras. Dit word egter duidelik gestel dat die oorsaak nie as gevolg van een enkele faktor is nie, maar dat 'n reeks faktore 'n rol mag gespeel het.

In hierdie konteks is die begrip *suurreën* tweeledig; dit kan wees as gevolg van besoedelde lug of as gevolg van die vrystelling van hoë konsentrasies van een of meer van die makro-elemente in die grond gedurende swaar donderbuie. Die eersgenoemde begrip van *suurreën* kan uitgeskakel word omrede *suurreën* selfs in die stede en nywerhede van Suid-Afrika tans nie 'n beduidende faktor is nie. Laasgenoemde speel ook volgens kenners nie 'n rol nie en kan die pH van die neerslag nie op hierdie wyse noemenswaardig verander word nie.

Werk deur Van Niekerk (1972) op suurgras dui daarop dat die gras wel organiese stowwe in die blare het. Oplosbare ekstraksies deur loging het die ontkieming van saad tot 'n mate onderdruk. In die teks word dit duidelik uitgespel dat die konsentrasie van so 'n *inhibeerder* baie hoog moet wees om enigsins 'n noemenswaardige effek te hê. Gevolglik kon die verskynsel van allelopatie nie alleen 'n bepalende faktor gewees het nie.

Faktore wat onder veldtoestande die ligsamestelling en -intensiteit beïnvloed, is weergee. Slegs weerstoestande en die diepte van die saad onder die grond is faktore wat die ontkieming van die saad moontlik kon beïnvloed. Geen abnormale weerstoestande soos langdurige bewolktheid is aangeteken nie. Ontkieming van suurgras is suksesvol bewerkstellig deur areas, waar slegs dubbeltjies ontkiem het, vlak te bewerk.

Die algemene temperatuurgrense vir suksesvolle ontkieming van saad is tussen 0° C en 30° C. So is ook gevind dat *suurgras* die beste ontkiem het by 25° C. By 15° C was die ontkiemingspersentasie 25%, by 35° C was dit 30%, en by 40° C het minder as 5% van die sade ontkiem. Die normale persentasie van ontkieming van suurgrassaad is tussen 70 en 80. Dit moet weereens hier in gedagte gehou word dat die opkom van saad meer groeienergie verg as die ontkiemingsproses.

Aangesien daar nie lugtemperatuur-syfers vir Aranos beskikbaar is nie, is die syfers van die naaste weerstasie, naamlik Kalahari Proefplaas, geneem. Indien die minimum en maksimum lugtemperatuur van Februarimaand vir die jare 1986 en 1987 met die gemiddelde syfer vanaf 1963 tot 1985 vergelyk word, is daar geen betekenisvolle verskille nie. Die hoogste maksimum temperatuur gemeet in Februarie was 40° C. Die maksimum temperatuur gemeet gedurende Februarie vir die jare 1986 en 1987 was onderskeidelik 36° C en 38° C. Die hoogste maksimum temperatuur te Kalahari Proefplaas vir Oktober 1986 tot Januarie 1987

was onderskeidelik 36° C, 36° C, 39,5° C en 40,3° C. Ten spyte van die hoë temperature was die ontkieming van suurgras gedurende die aktiewe groeiseisoen te Kalahari Proefplaas nie abnormaal swak nie. Met ontkiemingsproewe onder gekontroleerde toestande word die temperatuur oor die hele periode van ontkieming konstant gehou. Die naaste grondtemperatuursyfers beskikbaar was te Hardap. Hierdie syfers toon op dieptes van 10 cm, 20 cm en 30 cm geneem om 08h00, 14h00 en 20h00 dat 1987 laer was as 1986. Gedurende 1986 was die ontkieming van suurgras "normaal".

Reënval bly die kritiese en bepalende faktor wat die ontkieming en opkoms van die grasplant beïnvloed. In Tabel 1 word die maandelikse totale neerslag te Aranos vir die jare 1985, 1986 en 1987 weergegee.

TABEL 1 — Neerslag te Aranos in mm:

MAANDE	JARE		
	1985	1986	1987
Januarie	16.00	0.50	—
Februarie	19.00	29.50	37.40
Maart	37.50	4.00	4.50
April	3.50	19.00	—
Mei	—	—	—
Junie	—	0.30	—
Julie	—	3.50	—
Augustus	—	—	—
September	—	—	—
Oktober	7.00	14.00	23.00
November	16.00	*	10.00
Desember	4.70	*	*
Totaal	92.00	70.80	74.90

* Syfers nie beskikbaar nie.

Die gemiddelde langtermyn (40 jaar) neerslag vir Februarie is 53,6mm. Aranos is geleë tussen die 250mm tot 300mm isohete. Vanaf bogenoemde resultate is dit baie duidelik dat die neerslag vër onder die langtermyn gemiddelde was.

Suurgrassaad is met intervalle nadat dit goeies is, geplant om 'n moontlike narypingsperiode te bepaal. Die sade is gesaai 2 maande, 3 maande, 6 maande en 14 maande na opberging. Die ontkiemingspersentasie was onderskeidelik 5%, 10% 30% en 45%.

In die teks word daarop gewys dat morfologies duidelik onderskeibare sade (ontkiemings polimorfisme) gevorm word as gevolg van inherente genetiese eienskappe van die plant en as gevolg van ongewingstoestande. In die praktyk word suurgras plante van verskillende ouderdomme aangetref.

BESPREKING

Uit voorafgaande uiteensetting met betrekking tot die ontkieming van saad blyk dit asof klimaatsfaktore, met die klem op die neerslag, die belangrikste rol gespeel het by die swak ontkieming van die suurgrassaad. Ander faktore was sekondêr. Wisselvallige en lae neerslag tesame met hoë temperature die voorafgaande seisoene kon swak saadset en onvolwasse saad tot gevolg gehad het en gevolglik is die ontkiemingsvermoë ook daardeur beïnvloed.

Die mikro-klimaat as gevolg van beweiding moet ook hier in berekening gebring word. Dit wil sê, hoe swakker die plantbedekking, hoe ongunstiger is die mikro-klimaat vir ontkieming en vestiging.

LITERATUURVERWYSINGS

- McDonough, W.T. 1977. Seed Physiology: Rangeland Plant Physiology. Society for Range Management: Range Science Series No 4.
- Van Niekerk, J.P. 1972. Ondersoek na die invloed van bepaalde omgewingsfaktore op *Schmidtia kalahariensis* en *Enneapogon cenchroides*. M. Sc. (Agric.)-Verhandeling, Universiteit van Stellenbosch.