

'n Mikrobiologiese studie van 'kaal kolle' in die Giribesvlakte van Kaokoland, S.W.A.-Namibië

fairy circles. 102

A. Eicker, G.K. Theron en N. Grobbelaar
Departement Piantkunde, Universiteit van Pretoria, Pretoria

A microbiological study of 'bare patches' in the Giribes plains of Kaokoland, S.W.A.-Namibia. A study was made of the density of the bacteria and fungus populations in, on the edges of, and between 'bare patches' in the Giribes plain, Kaokoland. The density of the microbial populations showed, with the exception of anaerobic bacteria, a close relation to the density of the higher plants of these soils. The soil samples of the bare patches had the lowest microbial population level while the edge of the patches had the highest microbial population. Sixty three species of fungi belonging to 37 genera in total were isolated from these three soil types. The nature of the fungus population closely resembles those of other dry areas. *Aspergillus* and *Penicillium* species were generally the most numerous while many yeasts and dark coloured Dematiaceae also occurred quite commonly.

S. Afr. J. Bot. 1982, 1: 69–74

'n Studie is gemaak van die digtheid van die bakteriese en funguspopulasies van grondmonsters wat binne, op die rand van, en tussen kaal kolle in die Giribesvlakte van Kaokoland versamel is. Die digtheid van die mikrobiiese populasies het, met die uitsondering van die anaërobiese bakterieë, groot ooreenkoms getoon met die digtheid van die hoër plante in hierdie gronde. Die grondmonsters van die kaal kolle het die laagste mikrobiiese populasiedigtheid vertoon terwyl die rand van die kol die hoogste populasiedigtheid gehad het. Drie en sestig fungusspesies, behorende tot 37 genusse is in totaal uit die drie grondsoorte geïsoleer. Die aard van die fungusflora stem grootliks ooreen met dié van die ander droë gebiede. *Aspergillus*- en *Penicillium*-spesies was in die algemeen die volopste terwyl heelwat giste en donkerkleurige Dematiaceae ook voorgekom het.

S.-Afr. Tydskr. Plantk. 1982, 1: 69–74

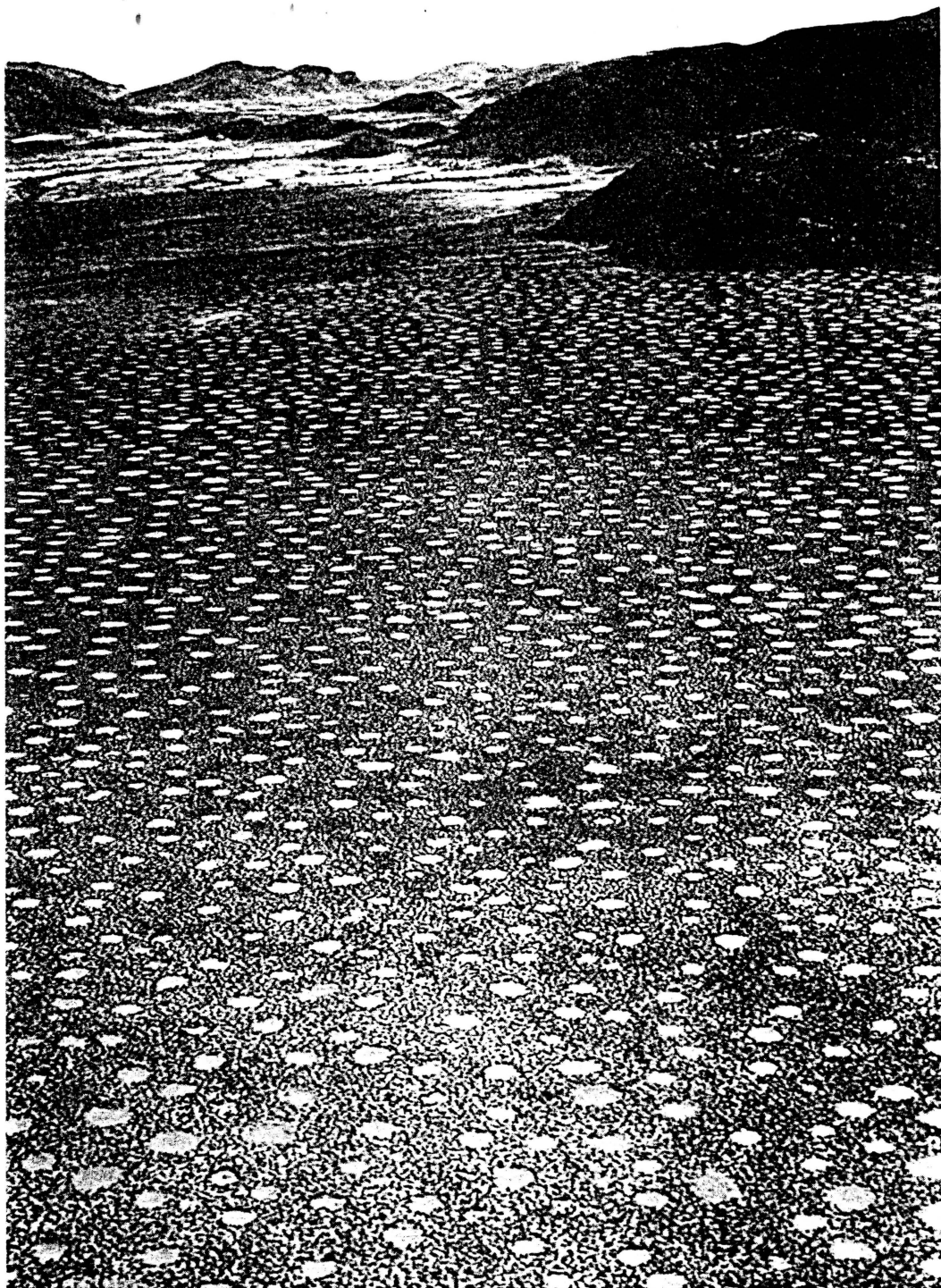
Keywords: bare patches, desert fungi, Kaokoland, microbial populations, soil fungi, thermophilic fungi

Inleiding

Kaal kolle wat meestal rond is en heeltemal sonder plantegroei is, word in die *Stipagrostis uniplumis* – *S. giessii* valleigrasveld (Viljoen 1980) in die Marienfluss, die Hartmansvallei en die Giribesvlakte van Kaokoland (17–20°S, 12–15°O) aangetref (Figuur 1). Die Giribesvlakte is in die Suide van Kaokoland, 25 km wes van Sesfontein geleë. Die gebied kom op 'n hoogte van 400–600 m bo seespieël voor en bestaan uit breë oop sandvalleie wat deur hoë berge omring word. Die grond van die valleie is diep en bestaan uit growwe sand met eutrofiëse eienskappe en behoort tot die Huttonvorm en wel die Moriahserie. Die gemiddelde jaarlikse reënval wissel tussen 100 en 150 mm en kom hoofsaaklik vanaf middel somer tot herfs voor. Die plantegroei word deur boomlose grasvelde of grasveld met ylverspreide struik gekenmerk. Van die struik is *Euphorbia damarana* Leach en *Parkinsonia africana* onder die algemeenste terwyl *Colophospermum mopane* (Kirk ex Benth.) Kirk ex Leonard ook voorkom. Die oorheersende grasspesies is *Stipagrostis uniplumis* (Licht. ex R & S) De Winter wat saam met *Eragrostis porosa* Nees op die grasvlakte aangetref word. Ander grassoorte van die gebied is *Schmidtia kalahariensis* Stent, *Enneapogon brachystachyus* (Jaib. & Spach) Stapf., *Stipagrostis giessii* Kers. en *S. obtusa* (Del.) Nees.

Op die rand van die ringvormige kaal kolle kom groot meerjarige polle van *Stipagrostis giessii* voor terwyl *S. uniplumis* tussen die kolle voorkom (Figuur 2). Die kaal kolle wissel van 5 m tot 8 m in deursnee. Gedurende die reënseisoen kom daar wel grassaailinge op die kolle voor maar hulle sterf vroeg af en bereik nie volwassenheid nie. Alhoewel daar verskeie teorieë oor die ontstaan van die plantegroeilose kolle van hierdie uitgestrekte gebied bestaan is hierdie interessante verskynsel nog nooit bevredigend verklaar nie.

Die doel van hierdie ondersoek was om vas te stel of die digtheid van die mikrobiiese populasies in en om die kaal kolle dieselfde patrone openbaar as dié van die hoër plante. Verder is gepoog om te bepaal of samestelling van die mikroörganismepopulasies enige lig op die probleem van die voorkoms en moontlike ontstaan van die kaal kolle kan werp. 'n Intensiewe floristiese opname is ook van die mikoflora gemaak aangesien daar, met die uitsondering van 'n baie beperkte ondersoek wat in die Namib gedoen is (Le Roux 1970), waartydens slegs sewe



Figuur 1 'n Lugfoto wat die hoë digtheid van die kaal kolle in die Giribesvlakte toon.

fungusgenusse geïsoleer is, skynbaar nog geen opnames van die mikrofungusse van S.W.A.-Namibië gemaak is nie.

Materiaal en Metode

Neem van die grondmonsters

Monsterneming is tot die boonste 30 mm grondlaag beperk en plantafval is sover moontlik uitgesluit. Grondmonsters is in die kaal kolle, die grasryke randgebied net buite die kaal kolle, en die 'gewone' grasveld tussen die kolle gedurende Maart 1977 en weer gedurende April 1978 versamel. Die monsters is met behulp van 'n vooraf gesteriliseerde metaalgrafie versamel en die grond is in

skoon, nuwe plastieksakke geplaas wat verseël is vir vervoer na Pretoria. Vir elke habitat is tien grondmonsters ewekansig geneem. Hierdie monsters is in die laboratorium deeglik vermeng om 'n saamgestelde, verteenwoordigende monster van ongeveer 1 kg van elke habitat te vorm.

Bepaling van die bakteriese populasie

Die verdunningsplaatmetode (Johnson *et al.* 1959) is vir die telling van bakterieë in die grond gebruik. Vyf gram van elke grondmonster is in 95 cm³ steriele, gedistilleerde water gesuspendeer en vir 30 min meganies geskud. 'n Verdunningsreeks is vervolgens van die primêre suspensie



Figuur 2 'n Kaal kol met *Stipagrostis giessii* op die rand van die kol en *S. uniplumis* tussen die kolle.

gemaak en 1 cm^3 hoeveelhede van elke verdunning is in elk van 10 petribakkies gepipetteer en deeglik met 20 cm^3 gesmelte agar by 50°C vermeng voordat die agar toegelaat is om te stol.

Vir die bepaling van die populasiedigtheid van mesofiele en termofiele bakterieë is peptoon – gisekstrakagar (Bacto-peptoon, 5 g; Difco-gisekstrak, 1 g; agar agar, 15 g en gedistilleerde water, 1 dm^3) gebruik.

Vir mesofiele bakterieë is die plate vir 7 dae by 25°C geïnkubeer terwyl plate vir 7 dae by 50°C geïnkubeer is vir die telling van termofiele bakterieë.

Vir die telling van anaërobiese bakterieë is 'n sukrose-gisekstrak – soutagar (sukrose, 5 g; K_2HPO_4 , 0,8 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,2 g; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,04 g; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,5 g; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,005 g; agar agar, 15 g; Difco-gisekstrak, 1 g; en gedistilleerde water, 1 dm^3) gebruik. Die verdunningsplate is vir 7 dae in 'n Brewer anaërobiese fles met 'Gaspak'-suurstofabsorbeerder (Baltimore Biological Laboratories) onder anaërobiese toestande by 25°C geïnkubeer. Alle tellings van die bakteriese kolonies wat op die agarplate ontwikkel het is met behulp van 'n Quebec-kolonieteller gedoen.

Bepaling van die funguspopulasie

Vir die bepaling van die populasiedigtheid en vir die isolering van fungusse van die verskillende habitate, is die gewysigde verdunningsplaattegniek van Menzies (1957) gebruik. Hoeveelhede van 25 g (op 'n droë-grond basis) van die betrokke grondmonster is in 250 cm^3 steriele, gedistilleerde water gesuspendeer en vir 30 min meganies geskud. Die suspensie is 5000 keer verdun en hoeveelhede van 1 cm^3 van die suspensie is in petribakkies met behulp van 'n steriele vlekvrystaal skeppertjie geplaas en deeglik met 20 cm^3 gesmelte agar by 50°C vermeng voordat die agar toegelaat is om te stol. Die

medium wat gebruik is, is Czapek-Doxagar met 0,5% Difco gisekstrak; 0,003% roos bengaal; $30 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ streptomisien en $5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ aureomisien. Die plate is vir minstens drie weke by 25°C geïnkubeer en periodiek ondersoek. Sodoende is kolonies van stadiggroeiende spesies toegelaat om voldoende uit te groei sodat dit geïsoleer kon word. Die funguskolonies is egter na een week se kweking getel toe hulle nog goed van mekaar onderskei kon word. In die oordrag, kweking en identifisering van die kulture is van standaard mikologiese tegnieke gebruik gemaak. Die subkulture is op aartappeldekstroseagar en aartappelwortelagar gekweek. Indien die groei op hierdie mediums onbevredigend was, is ook gebruik gemaak van 2% moutekstrakagar of natuurlike substrate soos gesteriliseerde grashalms. Penicilliums en aspergillusse is op Czapek-Doxagar gekweek terwyl nie-spolulerende kulture onder naby-ultravioletlig (Leach 1962) gekweek is in 'n poging om spoorvorming te indueer.

Resultate en Bespreking

Die resultate wat in Tabelle 1 & 2 en Figuur 3 voorsien word weerspieël die gemiddelde gegewens wat met drie eksperimente op elk van die twee versamelde grondmonsters uitgevoer is. Wat die populasiedigtheid van die mesofiele en termofiele bakterieë asook die fungusse betref (Figuur 3) is dit duidelik dat die kalkkolgrond relatief arm is in vergelyking met die rand- en grasveldgrond. As aanvaar word dat die populasies van die grasveld 'normaal' is vir hierdie gebied dan wil dit voorkom of iets in die randgebied die mesofiele bakterieë en fungusse bevoordeel sonder om enigsins dieselfde stimulerende invloed op die termofiele bakterieë uit te oefen. Die hoër digtheid van die mesofiele bakterieë en fungusse in die randgebied kan moontlik aan die groter beskik-

Tabel 1 Mikrofungusse wat uit grondmonsters van Kaokoland geïsoleer is**Mastigomycotina**

Mucoraceae

- Absidia cylindrospora* Hagem
Cunninghamella echinulata (Thaxt.) Thaxt ex Blakeslee
Mucor fragilis Bainier
M. spinosus van Tiegh.
Rhizopus stolonifer (Ehrenb. ex Link) Lind
Zygorhynchus sp.

Ascomycotina

Aspergillaceae

- Aspergillus fumigatus* Fres.
A. niger van Tiegh.
A. carneus van Tiegh.
A. nidulans (Eidam) Wint.
A. ochraceus Wilhelm
A. terreus Thom
Aspergillus sp.
Penicillium spp. (8spp)

Chaetomiaceae

- Chaetomium globosum* Kunze ex Steud.
C. olivaceum Cooke & Ellis

Pleosporaceae

- Pleospora* sp.
Sordaria fimicola (Roberge) Ces & de Not

Sporormiaceae

- Delitschia* sp.

Deuteromycotina

Spaeroidaceae

- Phoma* spp. (3spp)
Pyrenochaeta sp.

Melanconiaceae

- Colletotrichum* sp.

Cryptococcaceae

- Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arn.
Candida sp.
 Ongeïdentifiseerde gisagtige organismes

Moniliaceae

- Acremonium strictum* W. Gams
Arthrobotrys sp.
Cephalosporium sp.
Geotrichum candidum Link ex Leman
Gliocladium roseum Bain.
Paecilomyces sp.
Trichoderma lignorum (Tode) Harz
T. viride (Pers.) Gray

Dematiaceae

- Alternaria alternata* (Fr.) Keissler
A. tenuis Nees
Cladosporium tenuissimum Cooke
Cladosporium sp.
Curvularia lunata (Wakk.) Boedijn
Dreschlera sp.
Helminthosporium sp.
Humicola fuscoatra Traaen
H. grisea Traaen
H. lanuginosa (Griffon & Maublanc) Bunce
Periconia sp.
Pithomyces chartarum (Berk. & Curt.) M.B. Ellis
Stachybotrys chartarum (Ehrenb. ex Link) Hughes
Torula sp.

Tuberculariaceae

- Epicoccum nigrum* Link ex Fr.
Fusarium graminearum Schwabe
F. oxysporum Schlecht

Tabel 1 (vervolg)

- Fusarium* sp.
Mycelia Sterilia
Papulospora sp.
Rhizoctonia sp.

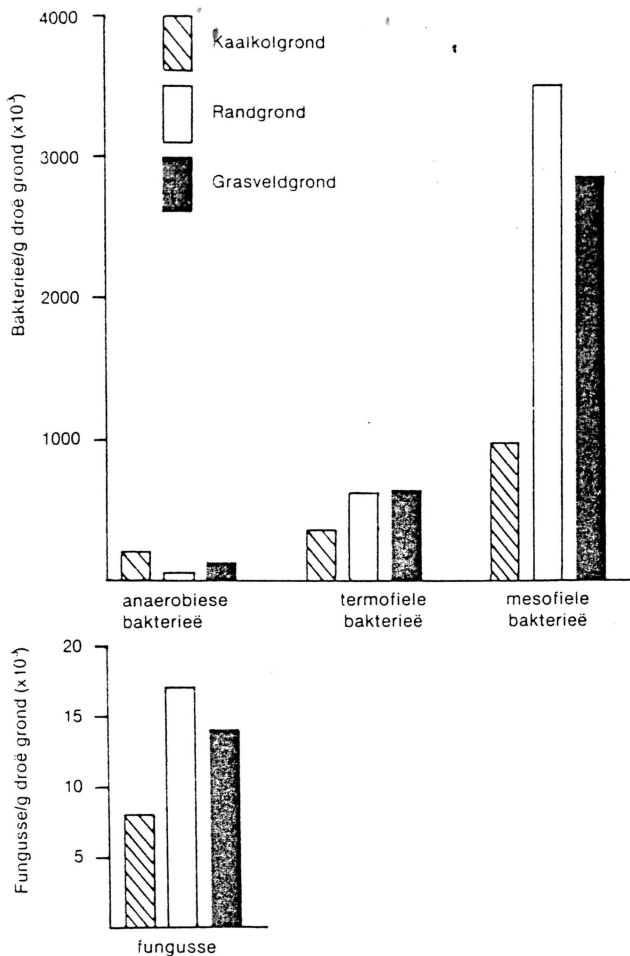
Tabel 2 Die relatiewe digtheid van fungusgenusse in gronde van die Giribesvlakte, SWA-Namibië

Genusse	% van al die fungusisolate verkry		
	Kaalkolgrond	Randgrond	Grasveldgrond
<i>Absidia</i>		4,1	2,4
<i>Acremonium</i>			3,6
<i>Alternaria</i>	4,7	3,4	4,7
<i>Arthrobotrys</i>		1,4	
<i>Aspergillus</i>	21,8	8,2	13,1
<i>Aureobasidium</i>	6,3	4,8	2,4
<i>Candida</i>	1,6		
<i>Cephalosporium</i>		0,7	
<i>Chaetomium</i>		3,4	
<i>Cladosporium</i>	18,7	6,8	4,7
<i>Colletotrichum</i>		0,7	
<i>Cunninghamella</i>			1,2
<i>Curvularia</i>		6,2	
<i>Delitschia</i>	1,6		
<i>Dreschlera</i>		2,7	1,2
<i>Epicoccum</i>		1,4	6,0
<i>Fusarium</i>	3,1	4,8	8,3
<i>Geotrichum</i>			1,2
<i>Gliocladium</i>		1,4	4,7
<i>Helminthosporium</i>		2,1	
<i>Humicola</i>	4,7	4,1	4,7
<i>Mucor</i>	3,1	2,7	
<i>Paecilomyces</i>		0,7	1,2
<i>Papulospora</i>		2,1	1,2
<i>Penicillium</i>	14,1	7,4	7,1
<i>Periconia</i>			1,2
<i>Phoma</i>		5,4	6,0
<i>Pithomyces</i>		0,7	
<i>Pleospora</i>			1,2
<i>Pyrenochaeta</i>			1,2
<i>Rhizoctonia</i>		0,7	
<i>Rhizopus</i>	3,1	6,2	6,0
<i>Sordaria</i>		1,4	
<i>Stachybotrys</i>		0,7	3,6
<i>Torula</i>		2,1	
<i>Trichoderma</i>	6,3	4,8	3,6
<i>Zygorhynchus</i>		0,7	
Ongeïdentifiseerde giste	10,9	8,2	9,5
Totale genusse betrokke	13	30	24

$$\text{Relatiewe digtheid per grondtipe} = \frac{\text{Getal isolate van die genus}}{\text{Totale getal isolate}} \times 100$$

baarheid van organiese materiaal in die vorm van plantafval van die relatief digte stand van *Stipagrostis giessii* toegeskryf word.

'n Verskynsel waarvoor daar geen eenvoudige verklaring gegee kan word nie, is die aansienlike hoër digtheid van anaërobieëse bakterieë in die kaalkolgrond relatief tot die grasveldgrond. Wat die verskynsel nog interessanter maak is die lae digtheid van hierdie bakterieë in die rand-



Figuur 3 Die populasiedigtheid van bakterieë en fungusse in kaalkolgrond, randgrond en grasveldgrond van die Giribesvlakte

gebied van die kolle waar hul digtheid selfs laer is as in die grasveld (Figuur 3). As in aanmerking geneem word dat die grond in al drie die subhabitante hoofsaaklik growwe sand met 'n lae klei inhoud is wat meeste van die tyd baie min water bevat en gevolglik goed deurlug is, is die relatief hoë anaërobiese bakteriepopulasie in die kaalkolgrond moeilik te verklaar.

Tydens die opname is 'n totaal van 63 spesies of taksonomiese entiteite van mekaar onderskei. Hulle verteenwoordig 37 genusse (Tabel 1). Verskeie van hierdie entiteite, behorende tot die genusse *Phoma* en *Penicillium* en ook giste is nie verder geïdentifiseer nie. Baie van die spesies is slegs eenkeer geïsoleer. Die relatiewe digtheid van verteenwoordigers van die verskillende fungusgenusse in die kaalkolgrond, randgrond en grasveldgrond word in Tabel 2 voorsien. Die kaalkolgrond het nie alleen 'n funguspopulasie met 'n lae digtheid relatief tot die ander gronde van die Giribesvlakte gehad nie, maar die verskeidenheid van taksons is ook aansienlik kleiner.

Verteenwoordigers van slegs 13 genusse is hier aangetref in vergelyking met 24 genusse in die grasveld en 30 genusse in die randgebied. Die randgebied is dus kwalitatief en kwantitatief die rykste van die drie grondsoorte aan fungusse. Uit Tabel 2 kan ook gesien word dat in al drie die ondersoekte grondsoorte individue van die genus *Aspergillus* 'n hoër relatiewe digtheid as die van enige ander fungusgenus gehad het. Die gronde is ook besonder

ryk aan giste, ander gisagtige organismes en aan *Penicillium*-spesies. Uit hierdie gegewens wil dit ook voorkom asof die kwalitatiewe genussamestelling van funguspopulasies in die drie grondsoorte baie goed ooreenstem. Nieteenstaande die lae absolute funguskonsentrasie in die kaalkolgrond, is daar tog in hierdie grondsoort individue van die genusse *Candida* en *Delitschia* geïsoleer maar glad nie in die ander twee grondsoorte met hul hoër fungusdigtheid waargeneem nie.

Alhoewel ekstensiewe studies reeds gedoen is oor die funguspopulasies van landbougronde, bosgronde en gebiede met hoë reënval (Cooke 1958; Domsch *et al.* 1980) is relatief min bekend oor die mikoflora van woestyngronde. Borut (1960) en Rayss & Borut (1958) het heelwat werk in Israel gedoen terwyl Durrell & Shields (1960) 'n uitgebreide studie gemaak het van die fungusflora van Nevada en Ranzoni (1968) die Sonora-woestyn in die V.S.A. en Meksiko mikologies ondersoek het. In Egipte het Moubasher & Abdel-Hafez (1978) 155 spesies van fungusse uit droë grond langs die Nylrivier en oases van die westelike woestyn geïsoleer. Uit hierdie en ander studies het sekere kenmerke van die mikoflora van baie droë gebiede begin deurskemer. Dit blyk dat woestyngronde nie 'n kenmerkende fungusflora het nie maar dat die flora tot 'n groot mate ooreenstem met dié van gronde in vogtiger gebiede. Daar is egter 'n neiging vir die gepigmenteerde spesies (veral Dematiaceae) om in hoër konsentrasies in woestyngronde voor te kom, soos ook uit hierdie studie van die Giribesvlakte blyk. Hierdie verskynsel is waarskynlik toe te skryf aan die groter weerstand van donkerkleurige swamme teen die nadelige invloed van ultraviolet bestraling (Durrell & Shields 1960).

Fungusse wat in warm woestyne groei moet moontlik in staat wees om hoë temperature te oorleef. Nogtans is baie min fungusse geïsoleer wat aan Cooney & Emerson (1964) se definisie vir termofiele fungusse voldoen. Alhoewel daar nie in hierdie studie van selektiewe isoleringstegnieke vir termofiele fungusse gebruik gemaak is nie, is daar slegs twee termofiele spesies, *Humicola grisea* en *H. lanuginosa* en een termotolerante spesie, *Aspergillus fumigatus* geïsoleer. 'n Verdere eienskap van woestyngronde is die hoë frekwensie waarop individue van *Aspergillus*- en *Penicillium*-spesies daarin voorkom. Griffen (1963) kon eksperimenteel aantoon dat grondmonsters wat by 'n RH van 81 tot 94% gehou is slegs deur spesies van bogenoemde twee genusse gekoloniseer kon word.

Die Giribesvlakte-grondmonsters is besonder ryk aan giste en gisagtige organismes. Baie van hierdie giste was gepigmenteerde en ook geneig tot miseliumvorming. Le Roux (1970) het heelwat sulke organismes in Namibgrond aangetref. Ranzoni (1968) het giste uit die Sonora-woestyn geïsoleer maar geen verdere vermelding van giste in woestyngronde is gevind nie.

Hierdie studie kon geen lig op die probleem van die ontstaan en/of instandhouding van die kaal kolle van die Giribesvlakte werp nie. Dit het egter wel getoon dat, met die uitsondering van die anaërobiese bakterieë, die mikrobiese digtheid van die kaal kolle aansienlik kleiner is as vir die omliggende gebiede waar 'n mens sal verwag dat meer organiese voedingstowwe vir die groei van heterotrofiese organismes beskikbaar behoort te wees.

Erkennings

Die Universiteit van Pretoria en die W.N.N.R word bedank vir finansiële steun en mej. H. Smith se tegniese assistensie word met dank erken.

Summary

Circular patches, completely free of vegetation occur in the grassland of the Marienfluss, Hartmans valley and Giribes plains in Kaokoland. No satisfactory explanation has been put forward for the origin and continued existence of these 'bare patches'. By making use of a dilution plate technique a study was made of the density of bacteria and fungi in, on the edge of, and between the bare patches of the Giribes plain. Population levels of mesophilic and thermophilic aerobic bacteria and of anaerobic bacteria were determined. No attempt was made to identify the bacteria. The fungus populations were studied in greater detail. The relative density of representatives of the various genera was determined in soil samples that were collected from (a) the bare patches, (b) the edge of the bare patches where the perennial grass *Stipagrostis giessii* Kers. grows and (c) from the grassland between the bare patches which is covered mainly by *S. uniplumis* (Light ex R & S) de Winter. With the exception of the anaerobic bacteria, the microbial populations exhibited a density which paralleled that of the higher plants of these soils. The soil samples of the bare patches had the lowest microbial population level while the edge of the patches had the highest microbial population density. In the case of anaerobic bacteria, however, the highest population density was found in the soil of the bare patches. No explanation could be given for this phenomenon. Sixty three species of fungi belonging to 37 genera in total were isolated from these three soil types. The nature of the fungus populations closely resembles that of other dry areas. From the bare patches species

representing 13 genera were isolated compared with species of 24 genera in the case of the grassland. Species from 30 genera were isolated from the more densely vegetated edge of the bare patches. *Aspergillus* and *Penicillium* species were generally most abundant while species of *Cladosporium*, *Curvularia*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Phoma*, *Rhizopus* and many yeasts were commonly encountered.

Verwysings

- BORUT, S. 1960. An ecological and physiological study on soil fungi of the Northern Negev (Israel). *Bull. Res. Council Israel* 8D: 65 – 80.
- COOKE, W.B. 1958. Ecology of fungi. *Bot. Rev.* 24: 341 – 429.
- COONEY, W.B. & EMERSON, R. 1964. Thermophilic fungi. W.H. Freeman and Co., San Francisco.
- DOMSCH, K.M., GAMS, W. & ANDERSON, TRAUTE-HEIDI. 1980. Compendium of soil fungi. Vols. 1 & 2. Academic Press, London.
- DURELL, L.W. & SHIELDS, L.M. 1960. Fungi isolated in culture from soils of the Nevada site. *Mycologia* 52: 636 – 641.
- GRIFFEN, D.M. 1963. Soil physical factors and the ecology of fungi. III. Activity of fungi in relatively dry soil. *Trans. Brit. mycol. Soc.* 46: 373 – 377.
- JOHNSON, L.F., CURL, E.A., BOND, J.H. & FRIBOURG, H.A. 1959. Methods for studying soil microflora — plant disease relationships. Burgess Publishing Co., Minneapolis.
- LEACH, C.M. 1962. Sporulation of diverse species of fungi under near ultraviolet radiation. *Canad. Journ. Bot.* 40: 151 – 161.
- LE ROUX, G.J. 1970. The microbiology of sand-dune ecosystems in the Namib desert. M.Sc-verhandeling, Univ. van Stellenbosch.
- MENZIES, J.D. 1957. A dipper technique for serial dilutions of soil for microbial analyses. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21: 660.
- MOUBASHER, A.H. & ABDEL-HAFEZ, S.I. 1978. Study on the mycoflora of Egyptian soils. *Mycopathologia* 63: 3 – 10.
- RANZONI, F.V. 1968. Fungi isolated in culture from soils of the Sonoran desert. *Mycologia* 60: 356 – 371.
- RAYSS, T. & BORUT, S. 1958. Contribution to the knowledge of soil fungi in Israel. *Mycopathol. Mycol. Appl.* 10: 142 – 174.
- VILJOEN, P.J. 1980. Veldtipes, verspreiding van groter soogdiere en enkele aspekte van die ekologie van Kaokoland. M.Sc-verhandeling, Univ. van Pretoria.