



HIERDIE EKSEMPLAAR MAG ONDER
GEEN OMSTANDIGHEDE UIT DIE
BIBLIOTHEEK VERWYDER WORD NIE

UOVS-SASOL-BIBLIOTHEEK 0135723



11102544860222000010

72/117

'N ONDERSOEK NA SEKERE ASPEKTE

VAN GRONDSTERKTE IN GRONDE

VAN DIE MANGANOSERIE

deur

ALAN THOMAS PETER BENNIE

Verhandeling voorgelê ter

gedeeltelike vervulling

van die vereistes vir

die graad

MAGISTER SCIENTIAE AGRICULTURAE

in die

Departement Grondkunde

Fakulteit van Landbou

Universiteit van die Oranje-Vrystaat

Bloemfontein

Januarie, 1972

Universiteit van die Oranje-Vrystaat
BLOEMFONTEIN

16-5-1972

KLAS No. 162143 Ber

No. 135723

BIBLIOTEEK

DESE KOPIE MAG ONDER
GEEN OMSTANDIGHED E UIT DIE
BIBLIOTHEK VERWYDER WORD NIE

INHOUD

HOOFSTUK

BLADSY

	UITTREKSEL	i
1	INLEIDING	1
	1.1 Algemeen	1
	1.2 Doel van ondersoek	9
2	VELDONDERSOEK VAN DIE VERBAND TUSSEN GRONDSTERKTE, VOLUMEDIGTHEID, BEWERKINGS= PRAKTYKE EN WORTELONTWIKKELING	12
	2.1 Doel	12
	2.2 Beskrywing van ondersoekgebied en gronde	12
	2.2.1 Ondersoekgebied	12
	2.2.2 Gronde	13
	2.3 Volumedigthede	14
	2.3.1 Metodes	14
	2.3.2 Resultate en bespreking	16
	2.4 Grondsterktes	17
	2.4.1 Apparaat	17
	2.4.2 Metodes	21
	2.4.2.1 Meettegnieke	21
	2.4.2.2 Monsterneming	23
	2.4.3 Resultate en bespreking	24
	2.5 Vergelyking van grondsterktes en volume= digthede tussen verskillende bewerkings= praktyke en gronde	25
	2.6 Invloed van grondsterkte en bewerkings= praktyke op die wortelontwikkeling van katoen	28
	2.7 Samevatting	30
3	VERWANTSKAPPE TUSSEN GRONDSTERKTE, VOLUME= DIGTHEID EN GRONDVOG	32
	3.1 Doel	32
	3.2 Materiaal en metodes	33
	3.2.1 Die gronde	33
	3.2.2 Voorbereiding en pakking van gronde	34
	3.2.3 Bepaling van grondsterkte	35

3.3	Resultate en bespreking	35
3.3.1	Verwantskap tussen grondsterkte en volumedigtheid by konstante vog=spannings	35
3.3.2	Verwantskap tussen grondsterkte en vog by verskillende volumedigthede	43
3.3.3	Meervoudige verwantskap tussen grondsterkte, grondvog en volume=digtheid	51
3.3.4	Praktiese toepassing van die bepaalde verwantskappe	53
3.4	Samevatting	55
4	DIE INVLOED VAN GRONDSTERKTE OP WORTELONTWIKKELING, BOGRONDSE GROEI EN VOEDINGSTOFOPNAME BY KORING EN KATOEN	58
4.1	Doel	58
4.2	Materiaal en metodes	60
4.2.1	Die grond	60
4.2.2	Voorbereiding en pakking van proefpote	60
4.2.3	Tegniek om die voginhoud van proefpote konstant te hou	61
4.2.4	Bepaling van die grondsterktes van die proefpote	64
4.3	Koringproef	65
4.3.1	Proefprosedures	65
4.3.2	Resultate en bespreking	66
4.4	Katoenproef	85
4.4.1	Proefprosedures	85
4.4.2	Resultate en bespreking	86
4.5	Samevatting	92
5	DIE INVLOED VAN VERSKILLENDE BESPROEINGS- PRAKTYKE OP GRONDSTERKTE	95
5.1	Doel	95
5.2	Materiaal en algemene metodes	98

(Inhoud 3)

HOOFSTUK	BLADSY
5.2.1 Die grond	98
5.2.2 Voorbereiding en pakking van proefpotte	98
5.2.3 Besproeiingsmetodes	99
5.2.4 Tegnieke vir verwydering van oortollige vog	101
5.2.5 Bepaling van grondsterkte	103
5.3 Invloed van besproeiingstempo op ploeg= laagverdigting	104
5.3.1 Prosedures	104
5.3.2 Resultate en bespreking	105
5.4 Onderlinge invloed van besproeiingspeil, besproeiingstempo en volumedigtheid van die ondergrond op ploeglaagverdigting	107
5.4.1 Prosedures	107
5.4.2 Resultate en bespreking	108
5.5 Samevatting	108
6 DIE INVLOED VAN VERTIKALE DRUK OP PLOEGLAAGVERDIGTING	112
6.1 Doel	112
6.2 Materiaal en metodes	113
6.2.1 Die grond	113
6.2.2 Voorbereiding en pakking van proefpotte	113
6.2.3 Tegniek vir toepassing van vertikale druk	114
6.3 Invloed van variërende druk by konstante vog	114
6.3.1 Prosedure	114
6.3.2 Resultate en bespreking	115
6.4 Invloed van konstante druk by variërende vog	118
6.4.1 Prosedure	118
6.4.2 Resultate en bespreking	118
6.5 Samevatting	121

HOOFSTUK	BLADSY
7	ONDERSOEK NA MOONTLIKE FAKTORE VERANT=
	WOORDELIK VIR DIE VERHOGINGS IN
	GRONDSTERKTE VAN ONDERGRONDE
	123
7.1	Doel
	123
7.2	Effek van suigaksie en besproeiing van
	proefpotte
	125
7.2.1	Prosedures
	125
7.2.2	Resultate en bespreking
	126
7.3	Invloed van massa en grondsterkte van
	bogronde
	127
7.4	Samevatting
	129
8	ALGEMENE BESPREKING
	132
	DANKBETUIGINGS
	135
	LITERATUURVERWYSINGS
	136
	BYLAAG
	144

U I T T R E K S E L

'n Onderzoek is op die gronde van die Manganoserie uitgevoer om vas te stel tot watter mate verandering in grondsterkte 'n invloed op wortelontwikkeling en plantegroei het.

'n Veldondersoek het getoon dat verskeie lae van hoë grondsterkte, wat vertikale wortelontwikkeling beperk, in die profiel identifiseer kan word. Hierdie lae is omskryf en gedefinieer onder twee hoofgroepe nl. ploeglaagverdigting, waarvan twee tipes onderskei is, en subploeglaagverdigting.

Standaardkurwes is vir die verband tussen grondsterkte en volumedigtheid by verskillende vogspannings en die verband tussen grondsterkte en grondvog by verskillende volumedigthede opgestel vir drie verskillende monsters van die Manganoserie. Dit het getoon dat die grondsterkte by 'n spesifieke volumedigtheid en veldwaterkapasiteit afneem met 'n toename in klei-inhoud en toeneem met 'n toename in die fynsandfraksie. Die onderlinge invloed van die drie veranderlikes is saamgevat deur 'n meervoudige regressievergelyking af te lei. Kritiese volumedigthede en grondvoggrense is afgelei.

Die invloed van grondsterkte op wortel- en plantontwikkeling is aan die hand van twee potproewe met koring en katoen ondersoek. 'n Tegniek is ontwikkel waarvolgens die potproewe by konstante grondvog, grondsterkte en voldoende deurlugting uitgevoer kon word. 'n Toename in grondsterkte het 'n afname in wortellengte by koring en penwortellengte by katoen tot gevolg gehad. Gevolglik het die volume grond, wat deur die wortels benut is, afgeneem met 'n toename in grondsterkte. Met 'n toename in grondsterkte het worteldeursnit toegeneem en sekondêre wortelontwikkeling afgeneem, met 'n gevolglike afname in aktiewe sorpsie-oppervlakte en worteldoeltreffendheid. As gevolg hiervan is 'n afname in K-, Ca- en P-konsentrasies en -opname in die bogrondse dele, sowel as 'n afname in bogrondse plantmassa met toename in grondsterkte by koring waargeneem. By katoen het slegs P-konsentrasie en -opname afgeneem met toename in grondsterkte.

Die/.....

Die graad van verdigting veroorsaak deur besproeiings= praktyke was heelwat laer as die veldwaardes. Vertikale druk deur implemente het meer verdigting veroorsaak, maar was sterk afhanklik van die grondvogpeil waarby die druk toegepas is. Daar is gevind dat die grondsterkte van die bogrond 'n invloed het op die grondsterkte van die ondergrond.

HOOFSUK I

I N L E I D I N G

1.1 ALGEMEEN

Een van die knellendste probleme wat die optimale benutting van die produksievermoë van 'n verskeidenheid hoë potensiaal landbougronde teenwerk, is grondverdigting. Met die gevorderde ontwikkeling in gebalanseerde en optimale bemestingspraktyke vir spesifieke gewasse en grondseries, toenemende gebruik van onkruidodors en plaagbeheermiddels, teel van hoër potensiaal kultivars, ens. is daar almeer tot die besef gekom dat swak grondfisiese toestande 'n belangrike produksiebeperkende faktor is. Daar is veral waargeneem dat die wortelstelsels van potensieel diep gewortelde gewasse dikwels uiters swak ontwikkel en vlak is, selfs op gronde wat potensieel 'n groot effektiewe diepte besit.

Die oorsaak van hierdie swak wortelstelsels is die ontstaan van verskillende sones van verdigting wat wortelontwikkeling in die profiel beperk, hoofsaaklik a.g.v. die hoë grondsterkte of meganiese weerstand wat hierdie sones bied teen wortelindringing en ander ongunstige fisiese toestande bv. deurlugting. Die belangrikste gevolg van hierdie swak wortelontwikkeling is dat baie ondoeltreffende benutting van die beskikbare grondvog plaasvind. Boonop is die vlak bogrond waartoe die wortels beperk word die grondlaag wat die ergste onderhewig is aan intense uitdroging.

Behalwe die ondoeltreffende benutting van grondvog, gaan die inperking van die wortels in 'n klein volume grond ook gepaard met:

(i) 'n ondoeltreffende benutting van plantvoedingstowwe en uitputting van veral die uitruilbare katione in die beperkte wortelsone, veral waar die klei-inhoud en bufferkapasiteit van die grond laag is;

(ii) ongunstige toestande vir wortelrespirasie;

(iii) die moontlike belemmering van die hele wortelstelsel van die plant a.g.v. hoë grondtemperatuur in die bogrond gedurende die warm somermaande en

(iv) hoë fisiologiese eise wat aan die plant gestel word a.g.v. enkele/.....

a.g.v. enkele of kombinasies van genoemde faktore sodat oesop= brengste asook die weerstand van die plant teen plantsiektes en plaë drasties verlaag word.

Verdigting is 'n proses wat gepaard gaan met bo- en/of ondergrondse kompaksie en degradasie van grondstruktuur deur, onder andere, die toepassing van verkeerde bewerkings- en besproeiingspraktyke. Die ergste graad van verdigting kom voor wanneer struktuurlose gronde intensief bewerk word. Wanneer hierdie gronde in 'n semi-ariëde klimaatstreek geleë is en besproei word, d.w.s. onderhewig is aan oorbenatting, afwiseselend gevolg deur intense uitdroging, neem verdigting rampspoedige afmeting aan (Gerard, Bloodworth, Burleson & Cowley, 1961).

Daar is gevind dat wortels in gronde met 'n matige tot sterk struktuur deur die porieë en krake groei. In die afwesigheid van krake, d.w.s. in gronde met swak ontwikkelde of geen struktuur, moet die groeiende wortel die grond deformeer om deur die grond te kan dring wanneer die grondporieë te klein is. Die meganiese weerstand wat die grond bied teen hierdie deformasie deur 'n groeiende wortel word deur grondkundiges gedefinieer as grondsterkte (Barley & Greacen, 1967). Die mate waartoe 'n grond by sekere grondfisiese toestande vervorm kan word deur 'n krag gelykstaande aan dié deur 'n wortel uitgeoefen, sal dus die mate van wortelontwikkeling in daardie grond bepaal. Die meganiese weerstand wat 'n grond bied teen wortelontwikkeling neem toe met 'n toename in kompaksie of verdigting van die grond.

Die bestudering van die meganiese eienskappe van die grond, in soverre dit betrekking het op plantegroei, het om verskeie redes relatief stadig ontwikkel. Daar is in die verlede meer aandag verleen aan die grondchemie, -morfologie, -klassifikasie en die ander afdelings van die grondfisika, veral grondvogverhoudings, grondlug, struktuur en tekstuur. Die gevolg was dat die grondmeganika van die grondkunde vreemd geraak het en as 'n geïntegreerde deel van die ingenieurswese beskou is. Die belangrikste rede hiervoor kan sekerlik toegeskryf word aan die min aandag wat deur grondkundiges verleen is aan die klassieke werke van Pfeffer en Schwendener (volgens Barley & Greacen, 1967), laat in die 19de eeu,

aangaande die/.....

aangaande die invloed van die meganiese omgewing op wortelgroei.

Die identifikasie van sones wat wortelontwikkeling beperk in die grondprofiel het aanleiding gegee tot die chemiese ondersoek van dié lae met die oog op die isolering van sementeringsmateriaal of die identifikasie van toksiese voedingselemente. Relatief min sukses is met hierdie studies behaal, behalwe in die geval van genetiese hardebanke en aluminiumtoksisiteit. Die benadering van die probleem uit 'n grondfisiese oogpunt was egter meer suksesvol en hoë volumedigtheidswaardes is in die lae aangetref, wat aanleiding gegee het tot die ondersoek van moontlike beperkende faktore in die digte lae soos grondvog, grondlug, grondtemperatuur, ens. Onbevredigende en weersprekende resultate het gelei tot die inskakeling van grondmeganika in die ondersoeke. Die sukses wat hierdeur behaal is, d.w.s. die aanvaarding van meganiese weerstand as 'n faktor wat plantegroei beïnvloed, en die ontwikkeling wat daarop gevolg het in die tegnieke om grondsterkte te bepaal, het 'n nuwe veld van navorsing vir die grondkundiges geskep.

Die teoretiese model van die kragte wat 'n rol speel tydens die deformasie van 'n grond deur plantwortels of deur die metaal voelpen van 'n penetrometer word breedvoerig bespreek deur Farrell & Greacen (1966), Barley & Greacen (1967) en Barley (1968).

Drie tipes deformasie in die grond is deur Barley & Greacen (1967) onderskei.

(i) Deformasie deur rekspanning: Hierdie tipe deformasie is veral van toepassing by tipiese verbrokkeling van die grondkors deur saailinge, soos aangedui in Fig. 1.1(a). Die opwaartse krag (y) waarmee die saailing druk, rek die kors uit totdat dit breek a.g.v. 'n te hoë rekspanning (r) in die laag.

(ii) Deformasie, sonder samepersing, deur skuifspanning: Die tipe deformasie wat deur 'n skuifspanning (s) veroorsaak word wanneer 'n saailing met 'n opwaartse krag (y) die oppervlaktekors deformeer, word in Fig. 1.1(b) aangedui. Dit is 'n tipiese deformasie van die grond deur skuifspanning waar samepersing nie 'n rol speel nie. Die grondkors gee mee wanneer die skuifspanning (s) tussen die gronddeeltjies deur die opwaartse krag (y) oorskry word.

(iii) Deformasie/.....

(iii) Deformasie deur skuifspanning met samepersing: In 'n saampersbare grond word vir die toename in lengte en volume van die groeiende wortel gekompenseer deur samepersing van die omringende grond deur skuifspanning. Dit is die mees algemene manier waarop groeiende wortels die grond vervorm, soos aangedui in Fig. 1.1(c). Dit is dan ook hierdie deformatiekrag, nl. skuifspanning (s) tesame met die samepersingskrag (f), wat gemeet moet word om 'n aanduiding van grondsterkte te verkry.

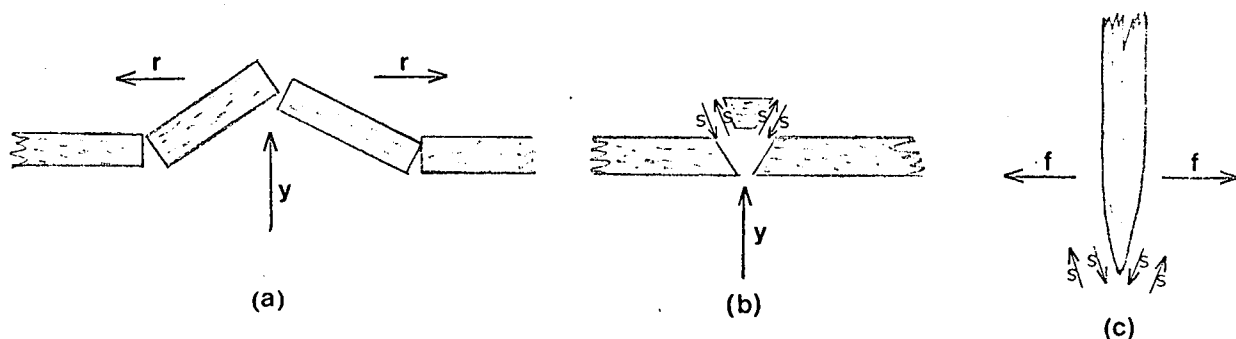


Fig. 1.1 - Voorbeelde van verskillende tipes deformatie in 'n grond

Die algemene metode om grondsterkte te meet, is om die weerstand wat die grond teen deformatie bied met 'n metaal voelpen te meet m.b.v. 'n penetrometer. Volgens Barley & Greacen (1967) kom wrywingskragte wat die lesing beïnvloed langs die kant, nl. wandwrywing ("skin friction"), en by die punt, nl. puntwrywing, van die voelpen voor. Die krag wat gemeet word $q = q_p + q_f$ waar q_p die druk per eenheidsoppervlakte op die punt van die voelpen is en q_f die krag benodig om die punt- en wandwrywing te oorkom. Die weerstand wat die grond bied teen deformatie met 'n voelpen, d.w.s. die grondsterkte gemeet met 'n penetrometer, verskil volgens Barley & Greacen (1967) van die weerstand wat die grond bied teen deformatie deur 'n verlengende wortel, d.w.s. die "ware" grondsterkte, en wel om die volgende redes:

- (i) Groeiende organe is elasties en groei om obstruksies.
- (ii) Die vorm van die orgaan verskil van dié van die voelpen.
- (iii) Die spanningverspreiding om die anisotropiese orgaan verskil van dié om die vaste voelpen.
- (iv) Wrywing en adhesie tussen die grond en orgaan verskil van dié/.....

van dié tussen die grond en die voelpe.

(v) Opname van water deur die orgaan veroorsaak 'n lokale verlagings in die voginhoud van die grond, wat weer die meganiese weerstand verhoog.

Dit is dus duidelik dat grondsterkte wat gemeet word met 'n metaal voelpe slegs 'n empiriese waarde is. Dit is egter tog bruikbaar vir korrelasiestudies en as 'n maatstaf van die graad van verdigting of kompaksie.

Grondsterkte is direk afhanklik van drie faktore, nl. die voginhoud, volumedigtheid en tekstuur van die grond. Die voginhoud van die grond bepaal die dikte van die waterfilms om die gronddeeltjies. Hoe dikker die waterfilms; hoe hoër die graad van mobiliteit van die deeltjies en hoe laer is die meganiese weerstand wat dit bied teen deformasie. Die hoër graad van mobiliteit van die deeltjies is die gevolg van die opheffing van die kohesiekragte, tussen die deeltjies, deur die adhesie van watermolekule aan die gronddeeltjies. Grondsterkte word bepaal deur die aantrekkingskrag per eenheidsoppervlakte tussen die deeltjies (kohesie), sowel as die saampersbaarheid van die grond en sal dus afneem met 'n toename in dikte van die waterfilms, d.w.s. met benatting (afname in kohesie en toename in saampersbaarheid), en toeneem met 'n afname in dikte van die waterfilms, d.w.s. met uitdroging (toename in kohesie en afname in saampersbaarheid). Die gevolg is dat grondsterkte, volgens Mathers, Lotspeich, Laase & Wilson (1966) en Gerard (1965), vir 'n spesifieke volumedigtheid 'n maksimum is waar 'n monomolekulêre waterfilm om die deeltjies voorkom. Ten einde die effek van vog op metings uit te skakel, is dit standaardprosedure om grondsterkte altyd by veldwaterkapasiteit te bepaal.

Die aantrekkingskrag a.g.v. kohesiekragte, per eenheidsoppervlakte, tussen die gronddeeltjies neem ook toe met 'n toename in die aantal kontakpunte en afname in die afstand tussen die deeltjies. 'n Toename in volumedigtheid (dus die graad van samepersing) van gronde in 'n sekere tekstuurklas sal dus gepaard gaan met 'n toename in die aantal kontakpunte en afname in die afstand tussen die deeltjies met 'n gevolglike toename in grondsterkte by 'n bepaalde voginhoud.

Die/.....

Die verandering in grondsterkte met die verandering in tekstuur van 'n grond hang nou saam met die saampersbaarheid van die grond. Volgens Gerard (1965) neem grondsterkte toe met 'n toename in klei- en slikinhoud van 'n grond terwyl die maksimum volumedigtheid vir 'n tweekomponent sisteem van fynsand en slikklei, volgens Bodman & Constantin (1965) verkry is by 'n mengsel van 75,2% fynsand en 24,5% slikklei. Wortelindringing word, volgens Wiersum (1957), by struktuurlose gronde beperk wanneer die porieë kleiner is as 0,2mm, of by korrelgroottes kleiner as 0,8mm. In die gebied wat deur die huidige studie gedek word, is bevind dat 98% (op basis van massa bepaal) van die gronddeeltjies van die Manganoserie op Vaalharts kleiner is as 0,8mm. Dus hoe fyner sand word; hoe kleiner word die porieë en hoe hoër word die meganiese weerstand teen wortelindringing, m.a.w. die grondsterkte. Dit is dus duidelik dat die verwantskap tussen grondsterkte, vog en volumedigtheid slegs vir die spesifieke tekstuur grond geld waarvoor dit bepaal is. Faktore soos sementeringsmateriaal en uitruilbare katione het 'n sekondêre invloed op grondsterkte.

Die invloed wat grondsterkte op plantegroei het, word primêr gekoppel aan die afname in doeltreffendheid van die wortelstelsel met 'n toename in grondsterkte. 'n Toename in grondsterkte gaan gepaard met 'n afname in die verlengingstempo van wortels, 'n afname in wortelvertakking, 'n toename in worteldeursnit en 'n gevolglike afname in die aktiewe sorpsie-oppervlakte per eenheidsmassa wortels.

Die teorie van wortelverlenging soos beskryf deur Pfeffer (volgens Gill & Bolt, 1955) kan kortliks as volg opgeson word: Wortels verleng deur die aksiale of vertikale verlenging van wortelselle, terwyl die meganiese weerstand van die omringende medium oorkom word deur 'n verhoging in die turgor van die selle. Wanneer die aksiale verlenging van 'n wortel beperk word deur 'n te hoë grondsterkte, vind radiale verdikking van die selle i.p.v. aksiale verlenging plaas. Hierdie verskynsel gee daartoe aanleiding dat korter en dikker wortelselle met dikker selwande gevorm word met 'n toename in grondsterkte en radiale verdikking van die wortel vind plaas om aan te pas by die verhoging in aksiale weerstand. Voorbeelde hiervan word geïllus-

treer deur/.....

treer deur Camp & Lund (1964) en Abdalla, Hettiaratchi & Reece (1969).

Pfeffer (volgens Gill & Bolt, 1955) het ook gevind dat die aksiale druk van 'n wortel direk afhanklik is van die radiale weerstand wat die omringende medium bied, dus of 'n wortel 'n hoë aksiale weerstand sal oorkom, hang af van die radiale weerstand. Wanneer die aksiale weerstand hoog is en die radiale weerstand laag, bv. 'n skerp oorgang van 'n los na 'n digter grond, sal die wortel die weg van minste weerstand volg en horisontaal verleng i.p.v. vertikaal, dus die wortel draai.

Die verband tussen grondsterkte en wortelontwikkeling word kortliks as volg deur Barley (1963) opgesom: "Soil resist the local deformation caused by roots, and, as there is a definite upper limit to the pressure which can be exerted by roots of a given species, growth may be prevented if the strength of the soil is sufficiently large. Moreover, there is a continuous decrease in the rate of root elongation as mechanical resistance rises to the level required to prevent further growth".

Wortels is volgens Barley & Greacen (1967) hoofsaaklik op twee maniere aangepas om die invloed van grondsterkte te verminder. Eerstens kan dit verlenging in die sone net agter die punt ondergaan en sodoende word oppervlaktewrywing vermindert en tweedens word die meeste groeipunte beskerm deur verharde weefsels sodat dit in staat is om 'n pad deur die grond te forseer indien nodig. Die vermoë van wortels om grondsterkte te oorkom, berus nie net by die fisiologiese eienskappe en vorm van die wortel nie, maar dit word ook bepaal deur die mate waartoe die boonste deel van die wortel geanker is. Barley & Greacen (1967) beweer ook dat die turgor van plant-selle afneem met 'n afname in die voginhoud van 'n grond. Die krag waarmee die wortels druk, neem dus af, terwyl grondsterkte onder dieselfde toestande toeneem.

Die krag waarmee die penwortel van 'n ertjie in 'n leem grondkern met volumedigtheid $1,7\text{g cm}^{-3}$ ingedring het, is deur Stolzy & Barley (1968) bepaal. Die gemiddelde waarde was 6,1 bar vir die ertjiewortel teenoor 'n gemiddelde penetrometerlesing van 7,3 bar soos gemeet met 'n metaalvoelpen van 3mm deursnit en 'n 60° keelvormige punt. Die laer weerstand

wat die/.....

wat die grond gebied het in die geval van die wortel kan moontlik toegeskryf word aan die skerper punt daarvan en omdat dit dunner (1,3mm) was as die voelpe.

Volgens Taylor & Gardner (1960) het die aantal wortels wat waslae van verskillende penetrasiewaardes binnegedring het, afgeneem met 'n toename in penetrasiewaarde. Taylor & Ratliff (1969) het die verband tussen wortelverlenging van katoen en grondboontjies in 'n Chesterfield leemsand ondersoek by verskillende vogpeile en grondsterktes. 'n Verhoging in grondsterkte tot 7,2 bar het 'n 50% afname in die verlengingstempo van katoenwortels tot gevolg gehad, terwyl die ooreenstemmende waarde vir grondboontjies 19,1 bar was. Taylor, Roberson & Parker (1966) het 'n konstante verband tussen persentasie wortelindringing van katoen en grondsterkte verkry vir vier grondseries wat verskil in tekstuur. Geen wortelindringing van katoen het plaasgevind bokant 'n grondsterkte van ongeveer 25 bar nie, ongeag die grondserie, terwyl 'n skerp afname in wortelindringing plaasgevind het deur die grondsterkte vanaf 3 na 15,5 bar te verhoog. Taylor & Gardner (1963) het vir katoenpenwortels in grondkerne 'n hoogs betekenisvolle lineêre korrelasie ($r = -0,96$) verkry tussen persentasie wortelindringing en grondsterkte terwyl die persentasie wortelindringing ook met volumedigtheid ($r = -0,59$) en voginhoud ($r = 0,48$) gekorreleer het. Dit is dus duidelik dat grondsterkte die vernaamste beperkende faktor in wortelindringing was.

Resultate verkry deur Barley (1963) dui aan dat mieliewortels ophou om te groei by 'n omringende druk van 0,6 bar of 'n grondsterkte van ongeveer 19 bar. Barley, Farrell & Greacen (1965) het tot die gevolgtrekking gekom dat grondsterkte die beperkende faktor by die verlenging en persentasie wortelindringing van ertjie- en koringwortels was in 'n rooi-bruin leemgrond. Hulle is ook van mening dat grondsterkte 'n faktor is wat wortelontwikkeling onder alle omstandighede en gronde beïnvloed en nie net waar sones van hoë grondsterkte voorkom nie.

Volgens Taylor, Burnett & Welch (1963) moet 'n katoenpenwortel dikker as 6mm wees anders verlaag dit wortelontwikkeling en oesopbrengs. Dit is dus duidelik dat die beperking

wat/.....

wat grondsterkte op worteldikte het netso belangrik is as die invloed daarvan op wortelverlenging.

Die oesopbrengs en groei van meeste gewasse word volgens Taylor, Locke & Box (1964) drasties verlaag deur 'n toename in grondsterkte tot omtrent 25 bar waarna daar nie 'n verdere afname in oesopbrengs met toename in grondsterkte plaasvind nie. Phillips & Kirkham (1962a) het gevind dat die verlaging in oesopbrengs van mielies, op 'n verdigte grond, die beste gekorreleer het met grondsterkte. Deur die 15 tot 30cm laag van 'n slikleem grond na $1,6 \text{ g cm}^{-3}$ te verdig, is 'n betekenisvolle verlaging in oesopbrengs, veral van koring, deur Wittsell & Hobbs (1965) verkry. 'n Afname in bogrondse groei en oesopbrengs van katoen, met 'n toename in grondsterkte is gevind deur Lowry, Taylor & Huck (1970). Carter, Stockton, Tavernetti & Colwick het (volgens Taylor & Bruce, 1968) gevind dat die oesopbrengs van katoen lineêr afgeneem het vanaf 3 600kg per hektaar by 'n grondsterkte van 3 bar na 1 450kg per hektaar by 'n grondsterkte van 40 bar.

Die diepte waarop 'n verdigte laag voorkom, het ook 'n invloed op die mate waartoe oesopbrengs beïnvloed word deur die verdigting. So het Lowry et al. (1970) byvoorbeeld gevind dat bogrondse groei en opbrengs van katoen afgeneem het hoe vlakker onder die grondoppervlakte die verdigting voorgekom het.

1.2 DOEL VAN ONDERSOEK

Grondsterkte, as 'n faktor wat plantontwikkeling beïnvloed, het nog nie die nodige aandag wat dit verdien weens die erns daarvan in Suidelike Afrika ontvang nie. Dit is opvallend dat die meeste navorsing aangaande wortelontwikkeling, in dié state, in subtropiese gebiede gedoen is waar verwag sou word dat 'n diep en doeltreffende wortelstelsel t.o.v. vogbenutting minder noodsaaklik is as byvoorbeeld in die semi-ariëde gebiede. Die rede hiervoor kan toegeskryf word aan die verskil in intensiteit van bewerking tussen die verskillende gebiede.

Die beperkende rol wat grondsterkte speel t.o.v. optimale bodembenutting in die semi-ariëde gebiede van die sentrale gebiede van die Republiek van Suid-Afrika, veral op die inten=

siewe/.....

siewe besproeiingskemas soos Vaalharts, Sandvet en die Benede-Oranjerivier, het gedurende die afgelope paar jaar sterk na vore getree. Gebeurtenisse wat hiertoe aanleiding gegee het was hoofsaaklik die afmetings wat "siektes" soos "rooidood" in katoen en "groeistilstandsiekte" in sultanas aangeneem het. 'n Swakontwikkelde wortelstelsel, hoë grondsterkte in verdigte lae, 'n wanbalans van voedingselemente in die plante en veral die lae kaliuminhoud van die "siek" plante (Laker, 1967; Van der Merwe, Brits & De Wet, 1969) kan deurgaans gekoppel word aan die voorkoms van hierdie "siektes". Min sukses is dusver behaal met ondersoeke om wortel-, swam-, of ander plantsiektes te koppel aan die verskyning van die simptome van hierdie "siektes". Swakontwikkelde wortelstelsels word ook by die meeste ander gewasse, soos koring en grondboontjies, in die gebiede aangetref. Hoewel toekomstige navorsing ander direkte oorsake vir genoemde "siektes" mag aantoon, is dit 'n onteenseglike feit dat grondverdichting in die streke onder bespreking as 'n produksiebeperkende faktor beskou moet word.

Hoewel verskeie persone waarnemings in verband met grondverdichting in die sentrale R.S.A. gemaak het, het Van der Merwe (verskeie ongepubliseerde data) die eerste daadwerklike grondsterktemetings op verskeie plekke gedoen (en feitlik deurgaans baie hoë waardes verkry).

Na aanleiding van al die voorgaande bevindings en 'n literatuuroorsig oor grondsterkte (Bennie, 1970) is in verskillende samespreking (Departement Grondkunde, U.O.V.S.) tot die gevolgtrekking gekom dat 'n basiese studie aangaande grondsterkte van primêre belang is vir die genoemde gebiede. Die uiteindelijke oogmerk is die daarstelling van 'n gunstige wortelzone, met 'n lae grondsterkte dwarsdeur die groeiseisoen, sodat wortelontwikkeling 'n optimum kan bereik. Eers dan kan die relatief hoë produksiepotensiaal van hierdie gronde ten beste benut word.

Die huidige studie was die eerste wat in verband met grondsterkte aan die U.O.V.S. onderneem is en daarom is in die eerste plek gepoog om doeltreffende tegnieke te vind, uit te toets, aan te pas en nuwes te ontwikkel waar nodig. Tweedens is gepoog om grondsterkte as 'n probleem by gewasproduksie in die studie=

gebied/.....

gebied pertinent te identifiseer en te definieer. Baie van die afleidings in verband met grondsterkte vir plaaslike omstandighede berus nog op blote vergelykings met literatuurgegevens en op hipotetiese redenasies. Navorsingsresultate was nodig om sommige van die hipoteses te staaf of te verwerp.

Verteenwoordigende gronde van die Manganoserie vanaf die Vaalhartsbesproeiingskema is vir die studie gekies. Vaalharts is 'n belangrike intensiewe produksiegebied en gronde van die Manganoserie beslaan verreweg die grootste oppervlakte van hierdie gebied (sowat 85% daarvan).

In die eerste fase is 'n kort veldondersoek te Vaalharts uitgevoer ten einde 'n realistiese idee te kry van die volumedigtheid en grondsterktes wat onder veldtoestande aangetref word. Dit is opgevolg deur 'n studie om die verwantskap tussen grondsterkte, grondvog, volumedigtheid en verandering in tekstuur binne die Manganoserie te bepaal. Hierna is die invloed van grondsterkte op die wortelontwikkeling, voedingstofopname en bogrondse groei van koring en katoen in potproewe bepaal.

Enkele faktore wat moontlik grondsterktes binne die ploeglaag mag verhoog, d.w.s. verdigting mag veroorsaak, is ook bestudeer. Dit sluit eerstens tipe en tempo van besproeiing en tweedens verskillende drukke (deur implemente) by verskillende vogtoestande in.

Die primêre doel van die huidige studie was nie die oplossing van die probleem van grondsterkte soos dit plaaslik voorkom nie (dit sou vergesog wees), maar om 'n basis te skep waarop verdere doelgerigte navorsing in die toekoms gegrond kan word.

VELDONDERSOEK VAN DIE
VERBAND TUSSEN
GRONDSTERKTE, VOLUMEDIGTHEID,
BEWERKINGS PRAKTYKE EN
WORTELONTWIKKELING

2.1 DOEL

Ten einde 'n sinvolle vertolking te heg aan resultate wat met laboratorium- of glashuisstudies verkry word, is dit wenslik om dit te vergelyk met gegewens en toestande wat in die praktyk aangetref word. Veldgegewens t.o.v. grondsterktes, volumedigthede, bewerkingspraktyke, besproeiingspeile en -tempos, ens, is dan ook in die huidige studie as noodsaaklik beskou by die beplanning en keuse van grense en peile vir laboratorium- en glashuisstudies sodat realistiese keuses gemaak kan word. Aangesien die enkele veldgegewens wat vir die studiegebied beskikbaar is (Van der Merwe, Brits & De Wet, 1969; Van der Merwe, 1970) heeltemal onvoldoende was, moes 'n veldondersoek as eerste fase onderneem word.

Daar is besluit om vir die verloop van die huidige studie net op die Vaalhartsbesproeiingskema en die dominante grondserie aldaar, nl. die Manganoserie, te konsentreer. 'n Besoek aan Vaalharts is derhalwe uitgevoer om gegewens in te samel aangaande:

- (i) die aard, tipe en omvang van die verdigtingsprobleem;
- (ii) grondsterkte- en volumedigtheidswaardes vir verdigte en nie-verdigte lae;
- (iii) die invloed van verdigting op die wortelontwikkeling van gewasse en
- (iv) die verband tussen bewerkingspraktyke en verdigting. Terselfdertyd is monsters vir laboratoriummetings versamel.

2.2 BESKRYWING VAN ONDERSOEKGEBIED EN GRONDE

2.2.1 Onderzoekgebied

Die Vaalhartsbesproeiingskema is tans die grootste besproeiingskema in die R.S.A. en beslaan ongeveer 36 000

hektaar/.....

hektaar waarvan 5 000 hektaar in die Taungs-Bantoereservaat val. Die plase beslaan van 17 tot 30 hektaar elk met 'n gemiddelde grootte van ongeveer 25 hektaar per plaas.

Die jaarlikse reënval varieer tussen 250 en 625mm met 'n gemiddelde jaarlikse neerslag van 427mm (Weerburo, 1954). Maksimum temperature van meer as 32°C is algemeen gedurende die somermaande.

Die belangrikste gewasse wat onder besproeiing verbou word, is grondbone, koring, katoen en lusern. Vloedbesproeiing word byna deurgaans toegepas.

2.2.2 Gronde

Die dominante grondserie van hierdie gebied is die Manganoserie (Huttonvorm), wat ongeveer 85% van die bewerkte oppervlakte beslaan. Ander grondseries wat deur Eloff (1971) geïdentifiseer is, is Shorrocks minus (Huttonvorm), Annandale (Clovellyvorm) en Sunvalley (Shortlandsvorm).

Die gronde van Vaalharts is van eoliese oorsprong, maar aan die oostekant van die gebied dagsoom andesitiese lawa van die Sisteem Ventersdorp met die gevolg dat bymenging plaasgevind het. Die Shorrocks minus en Sunvalleyseries word langs hierdie dagsome aangetref. Die geel sande (Annandaleseries) is meestal vlakker gronde, ongeveer 1 meter diep, wat deur 'n kalklaag onderlê word maar wat behalwe die kleurverskil identies is aan die Manganoserie. Dit het egter 'n baie beperkte voorkoms in die gebied.

Die sandkorrels van hierdie gronde is goed afgerond en swak gegradeer (goed gesorteer) met die grootste konsentrasie sandkorrels in die fynsandfraksie (0,2 tot 0,02mm). Soos reeds aangetoon is, word die wortelontwikkeling van plante, volgens Wiersum (1957), benadeel wanneer die poriegrootte kleiner as 0,2mm is. Laasgenoemde word verkry met 'n pakking van homogene sandkorrels van 0,8mm in deursnit. In die geval van die gronde onder bespreking is ongeveer 98% van die grondpartikels kleiner as 0,8mm.

Die gronde van die Manganoserie het geen struktuur en verkeer in 'n enkelkorrel toestand. Hoewel die gronde 'n hoë

interne/.....

interne dreinasievermoë besit, word 'n watertafel of tekens van 'n watertafel op heelwat plekke op ongeveer 1 meter diepte waargeneem, veral waar die onderliggende kalklaag ondeurdringbaar is. Die diepte van die solum wissel van 0,5 meter tot meer as 30 meter en word in baie gevalle onderlê deur 'n golwende kalklaag.

Vanweë die invloed van tekstuur op grondsterkte is daar besluit om die Manganoserie vir hierdie studie in drie fases, nl. die fynsanderige, intermediêre en kleierige fases, in te deel op grond van verskille in tekstuur. Veldgegevens ten opsigte van volumedigthede en grondsterktes is slegs vir eersgenoemde twee fases verkry. Die kleierige fase is egter in daaropvolgende laboratoriumwerk ingesluit. Die deeltjie=grootteverspreiding van verteenwoordigende voorbeelde van hierdie drie fases, soos bepaal met die hidrometermetode word in Tabel 2.1 aangegee.

TABEL 2.1 - Deeltjiegrootteverspreiding van die onderskeie fases van die Manganoserie

Fase	Deeltjiegrootteverspreiding				
	Grofwesand 2 - 0,5mm	Mediumsand 0,5 - 0,2mm	Fynsand 0,2 - 0,02mm	Slik	Klei
Fynsanderige	1,19	17,46	75,72	0,50	6,63
Intermediêre	7,73	20,56	64,92	0,80	7,80
Kleierige	6,90	18,24	63,04	1,34	12,36

'n Volledige profielbeskrywing van 'n modale profiel word in Bylaag 1 gegee. Kort beskrywings van al die profiele wat in die veldondersoek bestudeer is, word in Bylaag 2 ingesluit.

2.3 VOLUMEDIGTHEDE

2.3.1 Metodes

Metodes om volumedigthede te bepaal, word deur Blake (1965) beskryf, nl:

(i) die/.....

(i) die uitgrawingsmetode, waarvolgens die massa van die grond, wat uit 'n gat met 'n bekende volume kom, bepaal word;

(ii) die kernmetode, waarvolgens 'n monsterbuis met ringetjies van 'n bekende volume in die grond ingedryf word en die massa van die grondkern in die ringetjie daarna bepaal word;

(iii) die kluitmetode, waarvolgens 'n onversteurde kluit met 'n waslagie bedek word sodat die massa en volume daarvan bepaal kan word deur dit in water en lug te weeg en

(iv) stralingsmetodes, waar die transmissie of weerkaatsing van gammastrale, wat eweredig is aan die volumedigtheid, gemeet word.

Spesiale toerusting, wat nie beskikbaar was nie, word benodig by die uitgrawingsmetode en die stralingsmetode. Hierdie twee metodes is gevolglik gladnie oorweeg in die huidige studie nie.

Die kernmetode, metode (ii) hierbo beskryf, lyk na die maklikste en mees logiese metode vir die neem van 'n onversteurde monster vir die bepaling van volumedigtheid en grondsterktes. In 'n voorlopige studie is egter gevind dat die sanderige, struktuurlose tipe grond wat in die huidige studie ondersoek is, skynbaar versteur word tydens monsterneming met 'n silinder met ringe in. Die voorlopige studie het die volgende behels: 'n Staalsilinder, 31cm in deursnit en 26cm hoog, is met grond van die intermediêre fase gepak tot 'n volumedigtheid van $1,70 \text{ g cm}^{-3}$, die vog is aangevul tot by VWK en die grondsterkte is direk in die gepakte silinder (pot) bepaal as 13,75 bar op 2cm diepte. Hierna is monsters uit die pot getrek met behulp van die kernmetode. Daar is bevind dat die volumedigtheid van die kerne in die ringetjies slegs $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ was en dat die grondsterkte slegs 10,5 bar was. Daar het dus klaarblyklik versteuring van die grond plaasgevind.

Na aanleiding van die ongunstige resultate wat met die kernmetode verkry is, is die kluitmetode uitgetoets. In dié geval is slegs grondsterktelesings as kriterium gebruik en is baie meer bevredigende resultate as met die kernmetode verkry (Afdeling 2.4.2). Die kluitmetode is gevolglik

verkies/.....

verkies vir die neem van onversteurde monsters tydens die veldstudie. Kluite is in alle gevalle in duplikaat gemonster en die volumedigthede daarvan is in die laboratorium bepaal volgens die metode wat deur Blake (1965) beskryf is.

Tydens die veldondersoek is op ses plekke duplikaat kernmonsters parallel met kluitmonsters geneem. Die vergelykende volumedigthede word in Tabel 2.2 aangetoon.

TABEL 2.2 - Vergelyking van volumedigthede soos bepaal volgens die kern- en kluitmetodes

Monster nr.	Volumedigtheid (g cm^{-3})	
	Kernmetode	Kluitmetode
3	1,75	1,81
4	1,68	1,78
5	1,70	1,71
6	1,68	1,67
21	1,64	1,68
22	1,64	1,67

Uit Tabel 2.2 is dit duidelik dat die kernmetode ook in hierdie geval op 'n enkele uitsondering (monster 6) na, deurgaans laer volumedigthede gelewer het as die kluitmetode. Die grootte van die verskille het egter baie gevarieer van monster tot monster. Ten opsigte van grondsterktes het die metodes nog meer van mekaar verskil (Afdeling 2.4.2).

2.3.2 Resultate en bespreking

Die gemiddelde volumedigthede van die duplikate vir elke monster word in Bylaes 3 (intermediêre fase) en 4 (fynsanderige fase) verstrekk. Dit is duidelik dat die verkreeë waardes almal as hoog tot baie hoog bestempel kan word. Die volumedigthede vir die intermediêre fase was (op een uitsondering na) almal $1,67 \text{ g cm}^{-3}$ of hoër, met 'n hoogste waarde van $1,81 \text{ g cm}^{-3}$. Die nuwe-ondergrond, met 'n volumedigtheid van

$1,61 \text{ g cm}^{-3}$ /

$1,61\text{g cm}^{-3}$, was die enigste uitsondering. Die waardes vir die fynsanderige fase het gewissel van $1,65\text{g cm}^{-3}$ tot $1,70\text{g cm}^{-3}$. Laasgenoemde was dus oor 'n baie nouer gebied versprei (verskil tussen laagste en hoogste slegs $0,05\text{g cm}^{-3}$) as in die geval van die intermediêre fase (verskil tussen laagste en hoogste $0,20\text{g cm}^{-3}$).

Die data word in Afdeling 2.5 in meer detail bespreek.

2.4 GRONDSTERKTES

2.4.1 Apparate

Verskillende tipes kommersiële penetrometers, sowel as die gebruike en toepassing daarvan, word deur Davidson (1965) beskryf. Die geskikste modelle vir roetinegebruik in die grondkunde is sekerlik die sak- en Procterpenetrometers. Die sakpenetrometer ("pocket penetrometer") is ongeveer 15cm lank, het 'n massa van ongeveer 250g en 'n 6mm punt wat tot op 'n sekere merk met die hand in die grond ingedruk word. Die punt is direk in grondsterkte (bar of pond/vk duim) gekalibreer, wat teen die indruk van 'n staalveer gemeet word. Daar is ook ingenieursmodelle, wat in ander eenhede gekalibreer is, op die mark. Laasgenoemdes is egter nie geskik vir die bepaling van grondsterktes wat as 'n aanduiding van meganiese weerstand teen wortelindringing beskou word nie. Die Procterpenetrometer berus basies op dieselfde beginsels as die sakpenetrometer, maar dit is 'n groter en lompere apparaat as die sakpenetrometer. Hierdie penetrometers is gedurende die veldondersoek met mekaar vergelyk en daarna ook met die laboratoriumpenetrometer gekorreleer (Bylaag 5).

Laboratoriumpenetrometers wat gebruik word met die oog op meer akkurate metings kan in drie groepe ingedeel word. Die eerste groep is die konstante belading tipe ("constant load probe") wat deur Phillips & Kirkham (1962b) gebruik is. Hulle het die diepte bepaal wat 'n voelpen (1mm deursnit) in die grond ingedruk word deur belading met 'n konstante massa. Die tweede groep is die konstante diepte ("constant depth probe"), of die sg. induik ("indentation") tipe, wat bv. deur Taylor & Gardner (1963) gebruik is. Hier word die krag gemeet wat nodig is om 'n voelpen van 5mm deursnit 5mm diep in 'n grond

in te/.....

in te druk. Die derde groep is die konstante tempo tipe ("constant rate probe") wat bv. deur Barley, Farrell & Greacen (1965) gebruik is en meer volledig deur Cockroft, Barley & Greacen (1969) beskryf word. By hierdie tipe penetrometer word die krag gemeet wat nodig is om 'n voelpe van 1 tot 3 of meer mm in deursnit teen 'n konstante tempo in die grond in te druk.

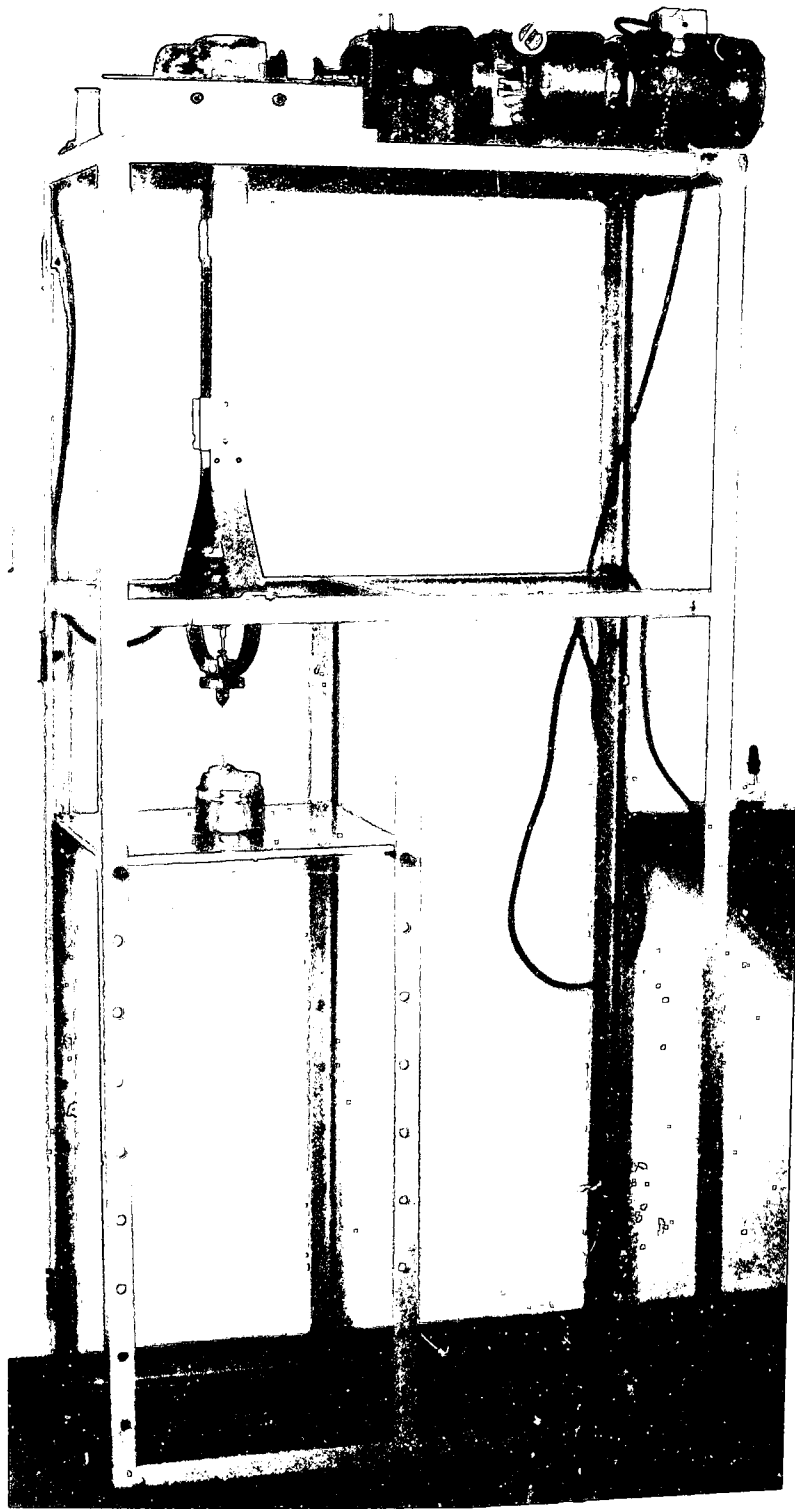
Die voor- en nadele van die verskillende tipes laboratoriumpenetrometers, sowel as die teorie van die tipes deformasie en kragte wat 'n rol speel, word volledig bespreek deur Farrell & Greacen (1966), Barley & Greacen (1967) en Greacen, Farrell & Cockroft (1968). Na aanleiding van die genoemde artikels en weens praktiese oorwegings is daar besluit om die konstante tempo penetrometer in die huidige studie te gebruik.

Laasgenoemde tipe apparaat was nie kommersieel beskikbaar nie en 'n apparaat is in medewerking met die personeel van die werkswinkel van die Fakulteit van Natuurwetenskappe aan die U.O.V.S. ontwerp en deur hulle gebou (Plaat 2.1). Die apparaat word meganies aangedryf deur 'n elektriese motor en deur inskakeling van 'n reeks rateenhede en 'n meganiese spoedreëlaar is dit so gemaak dat dit moontlik is om te werk teen enige indruktempo vanaf 0,3 tot 27cm per uur. Die krag wat nodig is om die voelpe teen 'n konstante tempo in die grond in te druk word bepaal deur 'n sensitiewe toetsring ("proving ring") wat tussen die spiraalvormige indrukstang en die voelpe ingeskakel is.

By hierdie tipe penetrometer kan drie faktore die bepaling van die grondsterkte beïnvloed, nl. die tipe voelpe wat gebruik word, die indruktempo en die indrukdiepte waarop die lesing geneem word. Hierdie faktore is ondersoek.

Die tipe voelpe wat deur Cockroft, Barley & Greacen (1969) beskryf word, is van vlekvrystaal gemaak, is 2mm in deursnit, het 'n 60° keëlvormige punt en is 5mm agter die punt dunner gemaak om wandwrywing te verminder. Die weerstand per eenheidsoppervlakte wat die grond bied teen die punt van die voelpe word egter afsonderlik van die wandwrywing, langs die kant van die voelpe, gemeet. Om so 'n sensitiewe voelpe na te maak sou egter moeilik wees en aangesien wandwrywing

volgens/.....



PLAAT 2.1 Konstante tempo penetrometer ge=
bruik in hierdie studie

volgens Taylor (persoonlike mededeling) slegs 'n geringe deel van die totale grondsterkte uitmaak in kohesielose gronde, soos dié wat in die huidige studie bestudeer is, is daar op 'n alternatiewe, byna soortgelyke, tipe voelpen besluit. Die voelpen is van vlekvrystaal, is 3mm in deursnit (vir meer stewigheid), het 'n 60° keëlvormige punt en is 8mm agter die punt afgewerk na 'n 2mm dikte (Nr. 1, Fig. 2.1). Hierdie voelpen is in twee lengtes vervaardig, nl. 10cm en 23cm. 'n Soortgelyke voelpen, maar met 'n deursnit van 6mm, 8mm agter die punt afgewerk na 4,5mm dikte en 32cm lank is gebruik vir bepalings dieper as 23cm.

Ten einde die effek van die keëlvormige punt en wandwrywing op metings met voelpen Nr. 1 te bepaal, is twee ander voelpenne met 3mm deursnit gebruik. Die een het 'n plat punt en ook 'n skouer met 8mm lengte agter die punt (Nr. 2, Fig. 2.1). Die ander een het weer 'n 60° punt, maar is direk agter die punt afgewerk na 2mm dikte (Nr. 3, Fig. 2.1).

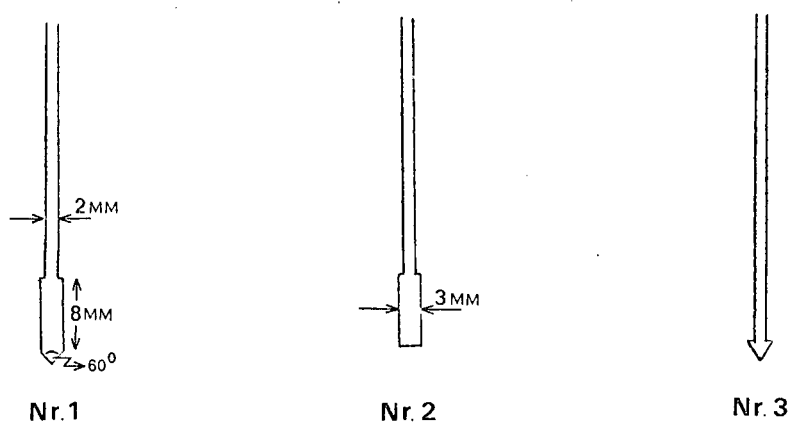


FIG. 2.1 - Tipes voelpenne wat ondersoek is

Die grondsterktes van vier grondmonsters is met elk van die drie tipes voelpenne bepaal. Elke bepaling is in duplikaat gedoen en die gemiddelde van elke paar duplikate word in Tabel 2.3 aangetoon.

TABEL 2.3/.....

TABEL 2.3 - Grondsterktes van vier verskillende grondmonsters, soos bepaal met drie verskillende voelpenne

Monster	Voelpen		
	1	2	3
	bar	bar	bar
1	4,50	4,50	3,50
2	4,50	5,00	3,50
3	12,00	12,50	10,00
4	13,25	15,00	12,00

Wanneer voelpenne 1 en 2 vergelyk word, word gesien dat voelpen Nr. 1 'n ietwat laer gemiddelde lesing gee as voelpen Nr. 2. Die verskille tussen individuele lesings met elke voelpen was egter groter as die verskille tussen die gemiddeldes met verskillende voelpenne. Die tipe punt het dus nie 'n wesenlike effek gehad nie. Wanneer voelpenne Nr's 1 en 3 vergelyk word, d.w.s. die effek van wandwrywing, word opgemerk dat die Nr. 3 voelpen sonder die skouer laer grondsterktes registreer. Die laer grondsterktes kan nie sondermeer algeheel toegeskryf word aan die uitskakeling van wandwrywing nie. Hierdie stelling word beredeneer aan die hand van die model wat in Fig. 2.2 voorgestel word.

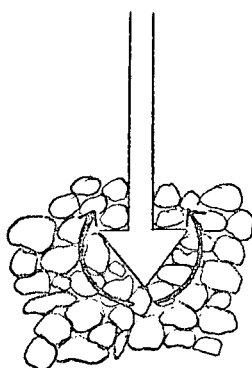


FIG. 2.2 - Verplasing van gronddeeltjies deur die Nr. 3 voelpen

Uit/.....

Uit Fig. 2.2 kan gesien word dat die grondpartikels in die geval van die skouerlose voelpen slegs om die punt glip (dit is veral die geval met goed afgeronde korrels) en direk agter die punt in 'n leë "kassie" beland. Indien daar 'n skouer aanwesig was, kon die partikels nie op die wyse om die punt beweeg nie en sou die punt voortdurend moes voortgaan om die partikels wat in die pad daarvan is weg te forseer tussen die reeds styfgepakte omringende partikels in. Die aanraking van hierdie opsygedrukte partikels teen die skouer sal wel ook in die proses 'n geringe mate van wandwrywing veroorsaak. Weens weerstand teen die indruk van partikels van voor die punt tussen die omringende partikels in, sal daar boonop 'n samepakking van partikels voor die punt plaasvind in die geval van 'n voelpen met 'n skouer. Hoe digter die aanvanklike pakking is; hoe groter sal hierdie effek wees. 'n Plantwortel word steeds dikker agter die punt daarvan en sal dus met dieselfde tipe probleem te kampe hê as wat hier beskryf is vir 'n voelpen met 'n skouer.

Daar is geen verskil waargeneem tussen syfers verkry met die 3mm en die 6mm voelpenne (albei Nr. 1 tipe) nie, mits albei voelpenne diep genoeg ingedruk word totdat die lesings konstant bly. Daar is besluit om die Nr. 1 tipe voelpenne te gebruik in die huidige studie. Die 3mm voelpen is feitlik deurgaans gebruik. Taylor & Ratliff (1969) het 'n voelpen gebruik wat feitlik identies is met laasgenoemde. Die enigste uitsondering is dat dit gladnie dunner gemaak is na die punt nie.

Behalwe waar spesifiek anders vermeld, moet aanvaar word dat alle grondsterkteresultate wat verder in hierdie verhandeling aangebied word, verkry is met die 3mm Nr. 1 tipe voelpen.

2.4.2 Metodes

2.4.2.1 Meettegnieke

Eerstens is die invloed van indruktempo op grondsterktebepalings ondersoek. Die indruktempos wat met mekaar vergelyk is, was 1, 5, 10, 15, 20 en 25cm per uur. Grond van die intermediêre fase (by VWK) is homogeen in staalsilinders

31cm/.....

31cm in deursnit en 26cm lank gepak en met plastiekomhulsels bedek om verdampingsverliese te verhoed. Die posisies van meting is ewekansig aan die behandelings (5 herhalings per behandeling) toegeken. Die lesings is op 'n konstante diepte (5cm) geneem. Statistiese ontleding van die resultate het getoon dat daar geen betekenisvolle verskille tussen behandelings was nie. Gevolglik het indruktempo nie 'n betekenisvolle invloed op die bepaling van grondsterkte met die Nr. 1 voelpen in gronde van die Manganoserie nie (Tabel 2.4).

TABEL 2.4 - Verwantskap tussen indruktempo en grondsterkte vir gronde van die Manganoserie

Indruktempo (cm uur ⁻¹)	Grondsterkte (bar)
1	10,7
10	11,8
15	11,2
25	11,2

Die afleiding wat gemaak is, nl. dat indruktempo nie 'n betekenisvolle invloed het op die grondsterktebepaling in gronde van die Manganoserie, behoort ook te geld vir ander grondseries met dieselfde tekstuur. 'n Meer omvattende ondersoek sal egter nodig wees wanneer daar met meer kleierige gronde gewerk word. Cockroft, Barley & Greacen (1969) het gevind dat in 'n grond met 65% klei die grondsterkte afgeneem het vanaf 19 bar by 'n indruktempo van 0,175mm uur⁻¹ na 10,4 bar by 6cm uur⁻¹. Bradford, Farrell & Larson (1971) het geen verskil gevind tussen die grondsterktes van 'n leemgrond (16% klei) wat bepaal is by indruktempos wat van 0,1 tot 13,1 cm uur⁻¹ gevarieer het nie. Taylor & Ratliff (1969) het met 'n voelpen byna identies aan die in die huidige studie gewerk en dit gebruik teen 'n indruktempo van 24cm uur⁻¹. Die invloed van indruktempo op grondsterktemetings is ook deur Waldron & Constantin (1970) ondersoek.

'n Indruktempo van 10cm uur⁻¹ is as standaardprosedure
aanvaar/.....

aanvaar vir die huidige studie.

Die diepte waarop die lesing geneem moet word, moet volgens Bradford, Farrell & Larson (1971) vyf maal groter wees as die deursnit van die voelpen, m.a.w. op minstens 1,5cm en 3cm vanaf die oppervlakte vir die 3mm en 6mm voelpenne onderskeidelik. Hierdie tendens is bevestig in voorlopige studies en daar is besluit om met die 3mm voelpen nie grondsterktes op indrukdieptes vlakker as 2cm te bepaal nie, en in elk geval sover moontlik eers wanneer die lesing konstant bly met diepte. Die diepte waarop 'n lesing konstant word, word volledig deur Barley & Greacen (1967) bespreek.

2.4.2.2 Monsterneming

In Afdeling 2.3.1 is aangetoon dat die kernmetode nie bevredigende resultate gelewer het as metode vir die neem van onverskeurde monsters nie en dat die kluitmetode baie beter resultate gelewer het. Ook vir grondsterktebepalings moes die kluitmetode dus aangepas word vir normale gebruik. By die neem van veldmonsters vir grondsterktemetings met die laboratoriumpenetrometer is dit nie alleen 'n vereiste dat die monster onverskeurd moet wees nie, maar daar mag boonop geen vogverlies uit die monster plaasvind vandat die monster geneem word totdat die grondsterkte daarvan bepaal is nie.

Die kluittegniek is gevolglik so ontwikkel dat 'n kluit van ongeveer 6cm in deursnit en 10cm hoog uit die monstersonne verwyder word en onmiddelik in gesmelte paraffienwas gedompel word vir sowat 3 sekondes. Nadat die was om die kluit gestol het, word dit weer vir drie sekondes in die gesmelte was gedompel en daarna afgekoel. Die proses word daarna nog drie keer herhaal. Voor indompeling word twee stukkies dun lyn (sowat 40cm lank) oorkruis om die kluit gebind om dit aan vas te hou. Die waslaag verhoed vogverlies en verhoed ook versteuring van die kluit tydens die (versigtige) hantering daarvan of dat dit verbrokkel wanneer die voelpen ingedruk word. Onmiddelik voordat die grondsterkte gelees word, word 'n klein gaatjie waardeur die voelpen onbelemmerd kan dring, versigtig in die was gemaak. Die kluit word dan stewig op die basisplaat van die grondsterkte-apparaat gemonteer.

Om hierdie/.....

Om hierdie tegniek te beproef, is grond van die intermedieë fase in 'n staalsilinder, 31cm in deursnit en 26cm hoog, gepak en tot by VWK benat. Die sterkte van die grond is direk in die silinder bepaal en 'n waarde van 15,25 bar is gevind. Twee kluite is daarna volgens die bespreekte metode uit die silinder verwyder en met was bedek. Die grondsterktes van die kluite is bepaal as 15,75 en 16,00 bar onderskeidelik.

Ter bevestiging van die relatiewe doeltreffendheid van die twee metodes is beide die kluit- en kernmetodes vir die neem van 'n aantal monsters gebruik gedurende die veldondersoek (Tabel 2.5).

TABEL 2.5 - Vergelyking van grondsterktes soos bepaal met verskillende metodes

Monster nr.	Laboratoriumpenetrometer		Sak= penetrometer	Procter= penetrometer
	Kernmetode	Kluitmetode		
	bar	bar	bar	bar
3	14,00	27,25	27,50	26,75
4	9,50	21,75	25,50	24,00
5	8,25	17,00	14,00	15,50
6	10,00	11,50	11,25	10,50
21	8,75	17,50	14,00	14,00
22	8,25	13,00	12,50	12,50

Dit is duidelik dat die kernmetode deurgaans baie laer waardes as die kluitmetode gelewer het. Laasgenoemde het baie goed met die sak- en Procterpenetrometers se direkte veldwaardes vergelyk (kyk ook Afdeling 2.4.3).

Die res van die monsters is volgens die kluitmetode geneem. Op al die plekke is ook direkte in situ lesings met beide die sak- en Procterpenetrometers in die veld geneem.

2.4.3 Resultate en bespreking

Die grondsterktes van die veldmonsters, in kluite
bepaal/.....

bepaal met die laboratoriumpenetrometer, word in Bylaes 3 en 4 saam met die ooreenstemmende volumedigthede aangetoon. In Bylaag 5 word dit saam met die veldmetings met die sak- en Procterpenetrometers verstrekk. Elke syfer in die bylaes is die gemiddeld van 'n duplikaatbepaling.

Die grondsterktes van die intermediêre fase (met die laboratoriumpenetrometer bepaal) het gewissel van 10,00 bar tot 29,50 bar, met 76% van die waardes 15,00 bar of hoër. Laasgenoemdes kan beskou word as redelik hoog tot hoog. Vir die fynsanderige fase het die grondsterktes van 12,00 bar tot 19,25 bar gewissel, met 92% van die waardes hoër as 15,00 bar. Hierdie resultate word in Afdeling 2.5 in meer detail bespreek.

Statistiese ontleding van die data in Bylaag 5 het 'n hoogs betekenisvolle korrelasie tussen die veldlesings met die sak- en Procterpenetrometers getoon ($r = 0,95$). Beide hierdie penetrometers het ook ewe goed en hoogs betekenisvol ($r = 0,86$) met die laboratoriumpenetrometer gekorreleer. Soos voorheen aangetoon, is laasgenoemde bepalinge almal in kluite gedoen. Die penetrometers het nie alleen goed met mekaar gekorreleer nie, maar die gemiddelde waardes was numeries baie na aan mekaar (16,94; 16,33 en 17,31 bar vir die Procter-, sak- en laboratoriumpenetrometers onderskeidelik).

2.5 VERGELYKING VAN GRONDSTERKTES EN VOLUMEDIGTHEDE TUSSEN VERSKILLENDEN BEWERKINGSPRAKTYKE EN GRONDE

Die gemiddelde grondsterktes en volumedigthede wat bepaal is vir die monsters wat gedurende die veldondersoek ingesamel is, word in Tabel 2.6 opgesom volgens behandelings.

TABEL 2.6/.....

TABEL 2.6 - Verwantskap tussen die mate van verdigting en behandeling van twee gronde

Grond	Behandeling	Gemiddelde volume= digtheid	Grond= sterkte
		g cm ⁻³	bar
Inter= mediêre fase	Nuwegrond		
	Onversteurde bogrond	1,68	17,00
	Onversteurde ondergrond	1,61	10,00
	Onversteurde ondergrond 25 jr onder intensiewe bewerking en besproeiing	1,68	13,62
	Ploeglaagverdigting, geploeg, vloedbesproei	1,71	17,46
	Ploeglaagverdigting, minimum= bewerking met tandimplement, vloedbesproei	1,68	16,75
	Subploeglaagverdigting	1,79	24,75
Fyn= sanderige fase	Onversteurde ondergrond, 28 jr onder intensiewe bewerking en besproeiing	1,67	17,06
	Ploeglaagverdigting, geploeg en vloedbesproei	1,68	18,00
	Ploeglaagverdigting, geploeg en sprinkelbesproei	1,67	16,75
	Ploeglaagverdigting, minimum= bewerking met tandimplement en vloedbesproei	1,66	14,38

Uit/.....

Uit Bylaes 3 en 4 en Tabel 2.6 is dit duidelik dat ploeglaagverdigting ernstige afmetings aanneem. Die volume= digthede vir hierdie groep monsters het gewissel van $1,65\text{g cm}^{-3}$ tot $1,78\text{g cm}^{-3}$. Die bepaalde grondsterktes was, met die uitsondering van profiele 11 en 14, bokant 15 bar. Dit is hoog as in ag geneem word dat waardes hoër as 15 bar volgens Taylor, Roberson & Parker (1966) die wortelontwikkeling van die meeste gewasse strem. Dit is ook hoog in vergelyking met kritiese waardes bepaal deur Taylor & Ratliff (1969) en aangehaal deur Greacen, Barley & Farrell (1968). Die posisie met die verkreeë waardes word ernstiger as in ag geneem word dat dié waardes in die veld met uitdroging potensieel tot hoër as 30 bar kan styg, soos uit Hoofstuk 3 sal blyk.

Streng gesproke is dit nie presies korrek om van "verdigting" van die bogrond te praat, in die sin van kunsmatige verdigting deur menslike aktiwiteite nie, as daarop gelet word dat die onversteurde bogrond van 'n nuwegrond ("virgin soil") 'n volumedigtheid van $1,68\text{g cm}^{-3}$ en 'n grondsterkte van 17,00 bar gehad het. Die grond is dus klaarblyklik in die natuurlike staat reeds baie verdig, met 'n gepaardgaande hoë grondsterkte. Die algemene bevinding op Vaalharts dat enige poging om die verdigte toestand deur bewerking te verbeter nie juis suksesvol is nie, aangesien die grond na die eerste daaropvolgende besproeiing of vlakbewerking weer netso dig is, moet aan laasgenoemde gekoppel word. Die grond keer klaarblyklik na elke bewerking basies slegs terug na die natuurlike toestand. Enige onoordeelkundige boerderypraktyk sal egter na verwagting die toestand verder vererger.

Die onversteurde ondergrond van die nuwegrond het 'n ietwat laer volumedigtheid as die bogrond gehad en 'n duidelike laer grondsterkte. Die onversteurde ondergronde van die bewerkte gronde van die intermediêre fase het 'n gemiddelde volumedigtheid ongeveer gelykstaande aan dié van die bogrond gehad. Die grondsterktes van die ondergronde was egter deurgaans laer as dié van die bogronde. Die laer grondsterktes in die ondergronde was nie 'n kunsmatige vogeffek nie, aangesien die voginhoud van dié monsters in werklikheid laer was as vir die bogronde.

In/.....

In profiele 2, 16, 17 en 18 is daar egter aan die anderkant definitiewe gevalle van subploeglaagverdigting gevind waar die volumedigtheid van $1,77\text{g cm}^{-3}$ tot $1,81\text{g cm}^{-3}$ gewissel het en die grondsterktes van 20,50 tot 29,50 bar. Laasgenoemde kan met uitdroging tot byna 50 bar styg. Hierdie dui op uiterste verdigting as gevolg van boerderypraktyke.

Wanneer die intermediêre fase met die fynsanderige fase vergelyk word, skyn dit asof laasgenoemde oor die algemeen 'n effens laer volumdigtheid het met byna geen verskil in grondsterkte tussen die fases nie (die subploeglaagverdigting uitgesluit).

In soverre dit boerderypraktyke aangaan, is dit duidelik dat nóg minimumbewerking met tandimplemente, nóg sprinkelbesproeiing 'n noemenswaardige verlaging in volumedigtheid of grondsterkte gelever het in vergelyking met die normale bewerking en vloedbesproeiing. Daar was nietemin nogtans 'n geringe laer neiging met eersgenoemde praktyke. Profiel 11 was 'n opvallende uitsondering waar minimumbewerking 'n baie laer grondsterkte gegee het. (Dit is dan ook verantwoordelik vir die lae gemiddelde van 14,38 bar in die laaste lyn van Tabel 2.6). In profiel 14 is egter 'n nóg laer grondsterkte gevind met konvensionele bewerking. Dit aantal profiele van elke tipe is egter te min om definitiewe patrone en tendense te onderskei.

2.6 INVLOED VAN GRONDSTERKTE EN BEWERKINGSPRAKTYKE OP DIE WORTELONTWIKKELING VAN KATOEN

Dit is deur verskeie persone waargeneem (ongepubliseerde waarnemings) dat die wortelontwikkeling van veral katoen in die gronde van die ondersoekgebied besonder swak is. Die wortels is ook meesal tot 'n baie vlak bogrondlagie beperk. Vertikale wortelontwikkeling word deur verdigte lae gestuit en die wortels draai dan horisontaal.

Bogenoemde waarnemings is gedurende die veldondersoek bevestig. Uit die veldondersoek blyk dit dat die penwortel van katoen in die meeste gevalle gedraai het by kliefvlakke wat klaarblyklik deur implemente veroorsaak is. Die verdigte

sones/.....

sones word dus ook deur kliefvlakke begrens. Twee duidelike kliefvlakke is onderskei. Die eerste kliefvlak is die grens tussen 'n los lagie bogrond en die sone van ploeglaagverdigting en kom ongeveer 10 tot 15cm vanaf die grondoppervlakte voor. Hierdie kliefvlak word veroorsaak deur die laaste bewerking wat deurgaans 'n baie vlak bewerking is (meesal met 'n eg). Die sone van ploeglaagverdigting begin dus op ongeveer 10cm diepte en strek tot op ongeveer 30cm vanaf die oppervlakte.

Subploeglaagverdigting, die sg. ploegbanke, is slegs op enkele lokaliteite waargeneem en kan toegeskryf word aan onoordeelkundige bewerkingspraktyke, bv. deur altyd van dieselfde ploegdiepte gebruik te maak. Die bokant van laasgenoemde tipe verdigting kom sowat 25 tot 30cm vanaf die grondoppervlakte voor en veroorsaak dus 'n kliefvlak op genoemde diepte.

Penwortels van katoen penetreer egter in baie min gevalle die ondergrond en die wortels word dus hoofsaaklik tot die ploeglaag of 'n gedeelte daarvan beperk. Drie faktore kan die oorsaak hiervan wees, nl:

(i) verdigting van die ondergrond as gevolg van bewerkingspraktyke of

(ii) abrupte oorgang van 'n lae na hoë grondsterkte, in die afwesigheid van ploeglaagverdigting, as gevolg van die natuurlike hoë grondsterkte van die ondergrond of

(iii) beperking van wortelgroei deur ploeglaagverdigting sodat die wortels gladnie die ondergrond bereik nie. Daar bestaan positiewe bewyse vir al drie faktore. Punte (i) en (iii) se voorkoms is in die voorgaande Afdelings bewys (Bylaes 3, 4 en 5 en Tabel 2.5). Die verskynsel dat wortels draai by 'n abrupte oorgang van 'n lossier na 'n digter laag (Punt (ii)) deurdar die wortel die weg van minste weerstand volg, is (volgens Gill & Bolt, 1955) deur Pfeffer bewys.

Twee tipes ploeglaagverdigting is gedurende die ondersoek onderskei. By die eerste tipe ploeglaagverdigting is die grondsterkte van hierdie verdigte laag reeds met planttyd hoog genoeg sodat wortelontwikkeling beperk word tot die boonste 15cm (of minder) van die profiel. Die penwortel verdwyn op ongeveer 15cm (Plaat 2.2, fotos A, B en C) en die enkele

wortels/.....

wortels wat wel die tipe 1 ploeglaagverdichtingsone penetreer, het slegs enkele sywortels. Hierdie is die ergste vorm van ploeglaagverdichting. Die tweede tipe ploeglaagverdichting is waar die laag met planttyd 'n lae grondsterkte het en met verloop van die groeiseisoen verdig. Die penwortel penetreer die ploeglaag (Plaat 2.3, fotos C & D en Plaat 2.2, foto D). Die verspreiding en vertakking van wortels in die tipe 2 ploeglaagverdichtingsone is egter swak. Op die genoemde fotos draai die penwortels laer af as gevolg van subploeglaagverdichting.

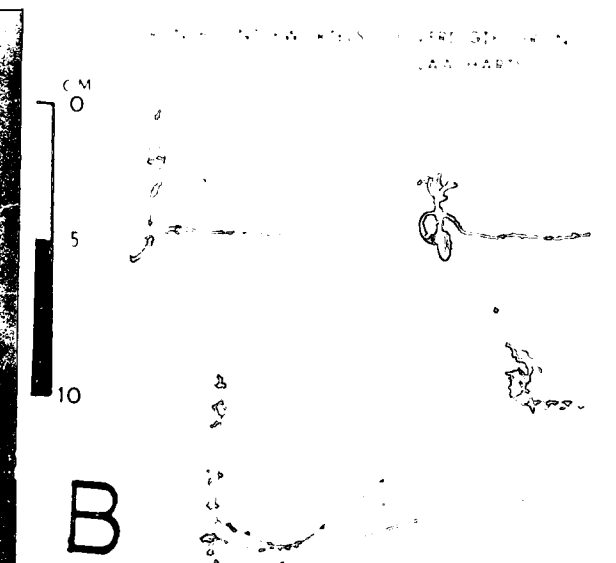
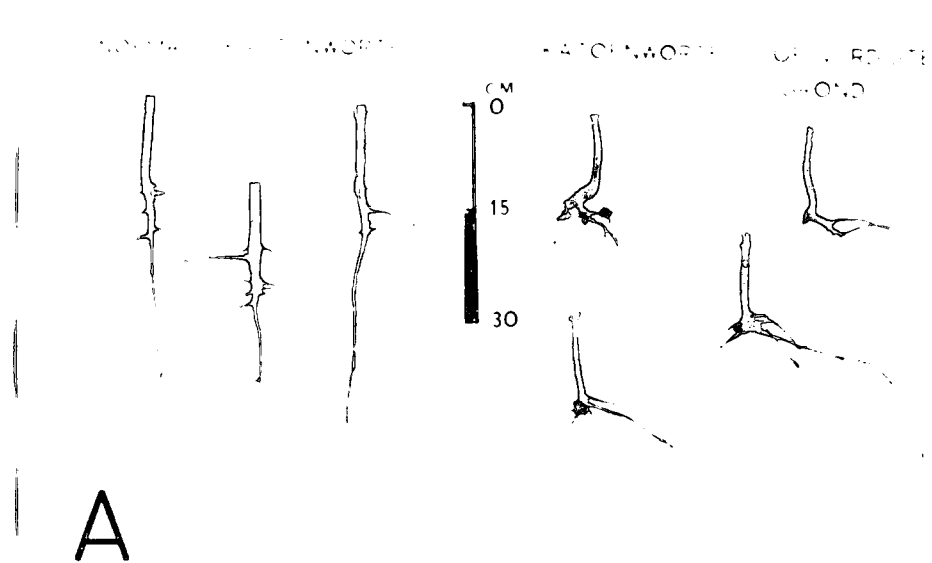
Op foto A van Plaat 2.3 word die wortelverspreiding van katoen, tot op 1 meter, in 'n nuwegrond (grondsterkte ongeveer 10 bar) aangedui. Wortelvertakking was goed en volop sywortels was tot op 30cm sigbaar, waarna dit begin afgeneem het. Waar minimumbewerking toegepas is, was vertikale wortelontwikkeling van katoen redelik (Plaat 2.3, foto B). Dit kan toegeskryf word aan die feit dat die wortels aangepas het by die homogene digte profiel (geen kliefvlakke). Sywortelontwikkeling is egter opvallend swakker as op foto A.

Foto D van Plaat 2.2 is 'n voorbeeld van 'n katoenpenwortel wat eers gedraai het op die subploeglaagverdichtingsone en daarna weer afwaarts gegroei het waar die verdigte laag deur 'n skeurploeg versteur is. Sywortelontwikkeling bly egter swak.

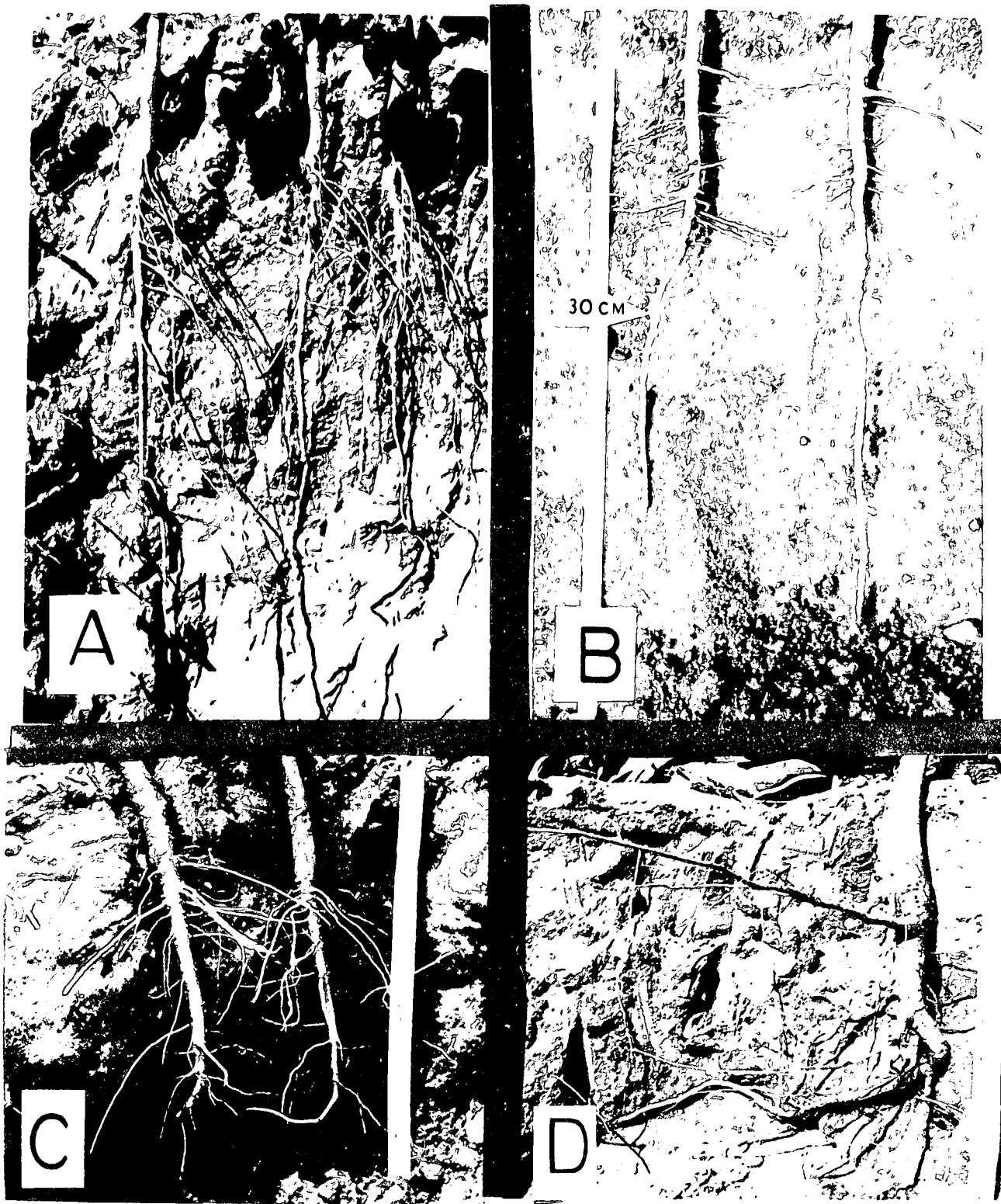
2.7 SAMEVATTING

Deur middel van vergelykende studies kon metodes gestandaardiseer word vir gebruik in die verskillende studies van die huidige ondersoek. Die feit dat die Procter- en sakpenetrometers sulke goeie korrelasie met die laboratoriumpenetrometer gelewer het, is van veel praktiese belang. Dit beteken dat eenvoudige veldmetings met eersgenoemde penetrometers baie goed met basiese laboratoriumdata vergelyk kan word. Op die wyse kan dan ook baie meer sinvolle interpretasies aan die velddata geheg word. Dit is egter 'n vereiste dat die grondvogpeil waarby die veldlesings geneem word, bekend moet wees. Laasgenoemde word in Hoofstuk 3 geïllustreer.

Die grondsterktes en volumedigthede wat in die veldonderzoek/.....



PLAAT 2.2 Katoen- en grondboontjiewortels in verdigte grond van die Manganoserie. A,B en C - Katoen- en grondboontjiewortels waar tipe 1 ploeglaagverdichting (Afdeling 2.6) voorkom. D - Katoen- en wortel waar tipe 2 ploeglaagverdichting en subploeglaagverdichting voorkom



PLAAT 2.3 Katoenwortels in gronde van die Manganoserie.
 A - katoenwortels in 'n onversteurde profiel van grond wat nie bewerk is nie (grondsterkte 10 bar). B - katoenpenwortels waar minimumbe-
 werking toegepas is. C - katoenwortels in bo-
 grond onder sprinkelbesproeiing. D - katoen-
 wortels in bogrond onder vloedbesproeiing

soek verkry is, is byna deurgaans vergelykbaar met die ergste grade van verdigting wat in die literatuur beskryf word deur, onder andere, Taylor, Mathers & Lotspeich (1964).

Ploeglaagverdigting wat wortelindringing (tipe 1) en/of wortelontwikkeling (tipe 2) beperk is by al die lokaliteite waargeneem. Subploeglaagverdigting kom minder algemeen voor, maar slegs enkele wortels van katoen en grondboontjies word in die ondergrond aangetref. Laasgenoemde kan toegeskryf word aan die abrupte oorgang in grondsterkte en die inherente hoë grondsterkte van die ondergrond.

Dit wil voorkom asof die inherente hoë potensiële grondsterkte van hierdie gronde in die natuurlike staat, wat toegeskryf kan word aan die swak gradering (goeie sortering) van deeltjiegroottes en gebrek aan struktuur, die hooforsaak vir die voorkoms van die verskillende verdigte sones is. Dit word waarskynlik vererger deur sekere bewerkings- en besproeiingspraktyke.

HOOFSTUK 3

VERWANTSKAPPE TUSSEN GRONDSTERKTE, VOLUMEDIGTHEID EN GRONDVOG

3.1 DOEL

Die bepaling van die verwantskappe tussen grondsterkte, grondvog en volumedigtheid word genoodsaak deur die feit dat grondsterkte direk afhanklik is van grondvog en volumedigtheid. 'n Verandering in enige van die twee onafhanklike veranderlikes, nl. grondvog of volumedigtheid, sal 'n verandering in die afhanklike veranderlike (grondsterkte) tot gevolg hê.

Hierdie verwantskappe is reeds deur Taylor & Gardner (1963), Gerard (1965) en Mathers et al. (1966) bestudeer. Hulle het ook gevind dat die verwantskap tussen die drie veranderlikes verskil tussen verskillende gronde, met die gevolg dat 'n spesifieke verwantskap slegs geld vir daardie spesifieke grond waarvoor dit bepaal is. Faktore wat die verwantskap beïnvloed, is hoofsaaklik verandering in tekstuur en die katioonsamestelling van die grond. Mathers et al. (1966) het gevind dat natriumversadigde gronde 'n hoër droë grondsterkte het as bv. kalsium- of aluminiumversadigde gronde. Die invloed van die voginhoud van 'n grond op grondsterkte is deur Greacen (1960) en Barley & Greacen (1967) bespreek.

Faktore wat volgens Lambe (volgens Gerard et al., 1966) grondsterkte beïnvloed, is:

(i) Grondsterkte word verlaag wanneer die netto aantrekkingskrag per eenheidsoppervlakte tussen die grondpartikels afneem.

(ii) Grondsterkte neem toe met 'n toename in aantrekkingskrag per eenheidsoppervlakte tussen die grondpartikels.

(iii) Versadiging van die uitruilkompleks met monovalente katione verlaag grondsterkte, terwyl di-, tri- en tetravalente katione grondsterkte verhoog.

Met 'n toename in grondvog neem die dikte van die waterfilms om die grondpartikels toe, met 'n gevolglike afname in die interpartikulêre aantrekkingskragte as gevolg van adhesie

van/.....

van watermolekules aan die partikels. Die gevolg is dus 'n hoër graad van mobiliteit van grondpartikels by 'n spesifieke volumedigtheid en sodoende word 'n afname in grondsterkte met 'n toename in voginhoud van die grond verkry. Met uitdroging neem die bindingskragte van die watermolekule tussen die grondpartikels, sowel as die ander interpartikulêre aantrekkingskragte, toe met 'n gevolglike afname in mobiliteit van die partikels en toename in grondsterkte.

Nicholls (volgens Gerard, Bloodworth, Burleson & Cowley, 1961) het eksperimenteel aangetoon dat die bindingskragte van water in gronde afhanklik is van die aantal en die dikte van die waterfilms. Die krag is eweredig aan die straal van die partikels en omgekeerd eweredig aan die afstand tussen die partikels.

'n Toename in volumedigtheid gaan weer gepaard met 'n afname in porieruimte en 'n digter pakking van die grondpartikels. Die gevolg is dat die saampersbaarheid van die grond afneem en die kontakoppervlakte, d.w.s. die netto aantrekkingskrag per eenheidsoppervlakte, tussen die grondpartikels toeneem. Hieruit is dit duidelik dat die mobiliteit van die grondpartikels sal afneem met 'n toename in volumedigtheid, wat dan aanleiding gee tot 'n toename in grondsterkte.

Die motivering vir hierdie ondersoek is om te bepaal tot watter mate veranderinge in voginhoud, graad van kompaksie (d.w.s. volumedigtheid) en verandering in tekstuur binne die Manganoserie grondsterktewaardes sal beïnvloed. Onderzoek is ook ingestel na die moontlikheid om 'n meervoudige regressie-vergelyking af te lei waarin die drie veranderlikes in een vergelyking saamgevat kan word.

3.2 MATERIAAL EN METODES

3.2.1 Die gronde

Die invloed van variasie in tekstuur, binne die Manganoserie, is ondersoek deur die verwantskappe tussen grondsterkte, voginhoud en volumedigtheid vir die drie fases van die Manganoserie te bepaal. Hierdie drie fases, nl. die fynsanderige, intermediêre en kleierige fases, is in Afdeling

2.2.2 bespreek en die granulêre samestelling van 'n verteenwoordigende monster van elk van die afsonderlike fases waarop die huidige studie uitgevoer is, word in Tabel 2.1 weergegee.

Deur die granulêre samestelling van hierdie monsters onderling te vergelyk, word waargeneem dat die fynsanderige fase bykans 11% meer fynsand maar ongeveer dieselfde klei-inhoud as die intermediêre fase het, terwyl die kleierige fase weer ongeveer 5% meer klei as die intermediêre fase het maar dieselfde fynsandinhoud. Deur die verwantskap wat daar tussen grondsterkte en volumedigtheid by 'n konstante voginhoud of vogspanning vir elke fase bestaan, onderling met mekaar te vergelyk, sal dit dus moontlik wees om te bepaal tot watter mate 'n variasie in klei- of fynsandinhoud grondsterktewaardes beïnvloed by spesifieke volumedigthede van die Manganoserie.

3.2.2 Voorbereiding en pakking van gronde

Byna dieselfde metode wat deur Taylor & Gardner (1963) gevolg is, is vir hierdie ondersoek gebruik behalwe dat daar met die pakking van die monsters gebruik gemaak is van 'n vibreerpen ("vibrating probe") wat op dieselfde beginsel berus as die metode deur Rosenberg (1959) beskryf.

Die lugdroë grond is deur 'n 2mm sif gesif, in 'n oond by 105°C vir 24 uur gedroog en in 'n desikkator afgekoel. Metaal-silinders 5,3cm in deursnit en 6cm lank is gebruik. Twee van hierdie houers is opmekaar en op 'n filtreerpapier geplaas. Die korrekte massa oonddroë grond is afgeweeg (sodat dit wanneer dit in die onderste houer gepak is, die verlangde volumedigtheid sal hê) en in die houers gevoeg. Die droë grond in die houers is daarna droog gekompakteer met behulp van 'n elektriese vibreerpen, wat voldoende was vir lae volumedigthede. Om volumedigthede hoër as $1,65\text{g cm}^{-3}$ te verkry, was bykomende kompaksie nodig. Dié is bewerkstellig deur die voginhoud van die monsters tot VWK te verhoog en, nadat dit vir ongeveer 6 uur gelaat is om ewewig te bereik, die monsters met behulp van 'n laboratoriumpers tot die korrekte volume saam te pers. Die monsters is hierna oornag versadig met water en daarna tot die verlangde vogspanning gebring met behulp van 'n drukmembraanapparaat. Nadat die verlangde

vogspanning/.....

vogspanning bereik is, is die grondsterkte en voginhoud (grawimetries) van elke afsonderlike monster bepaal.

'n Reeks volumedigthede met $0,05\text{g cm}^{-3}$ intervale is gebruik en 'n nuwe stel monsters is vir elke afsonderlike vogspanning voorberei. Monsters is in duplikaat voorberei.

3.2.3 Bepaling van grondsterkte

Die grondsterkte van elke monster is met die konstantetempo-laboratoriumpenetrometer bepaal. Lesings is geneem wanneer dit konstant was, gewoonlik tussen 2 en 3cm indrukdiepte. Twee metings is per monster geneem. Dit is gedoen deur 'n meting vanaf een kant te neem en dan die houer om te draai sodat die kant wat onder was bo kom en dan aan daardie kant ook 'n lesing te neem. Die gemiddeld van die twee metings is aanvaar as die grondsterkte van die monster.

Die vereiste wat Greacen, Farrell & Cockroft (1968) stel aan die gebruik van begrensde ("confined") monsters, nl. dat die deursnit van die houer 10 tot 15 maal groter moet wees as die deursnit van die voelpen, is nagekom. In hierdie geval was die deursnit van die houer (53mm) 17,67 maal groter as die deursnit van die 3mm voelpen.

3.3 RESULTATE EN BESPREKING

3.3.1 Verwantskap tussen grondsterkte en volumedigtheid by konstante vogspannings

Die resultate vir die verskillende fases word in Bylaag 6 saamgevat en 'n aantal verwantskappe word grafies in Figure 3.1, 3.2 en 3.3 aangedui. Vir die berekening van die verskillende verwantskappe en die statistiese verwerking van die data is van die individuele waardes gebruik gemaak. Slegs die gemiddeldes word egter in Bylaag 6 aangetoon en in die figure gestip.

Die verwantskap tussen grondsterkte en volumedigtheid, by konstante vogspanning, is aan die hand van verskillende statistiese modelle getoets en daar is bevind dat die logaritmiese funksie, nl. $\log Y = \log a + b \log X$, die beste passing gegee het.

Wanneer/.....

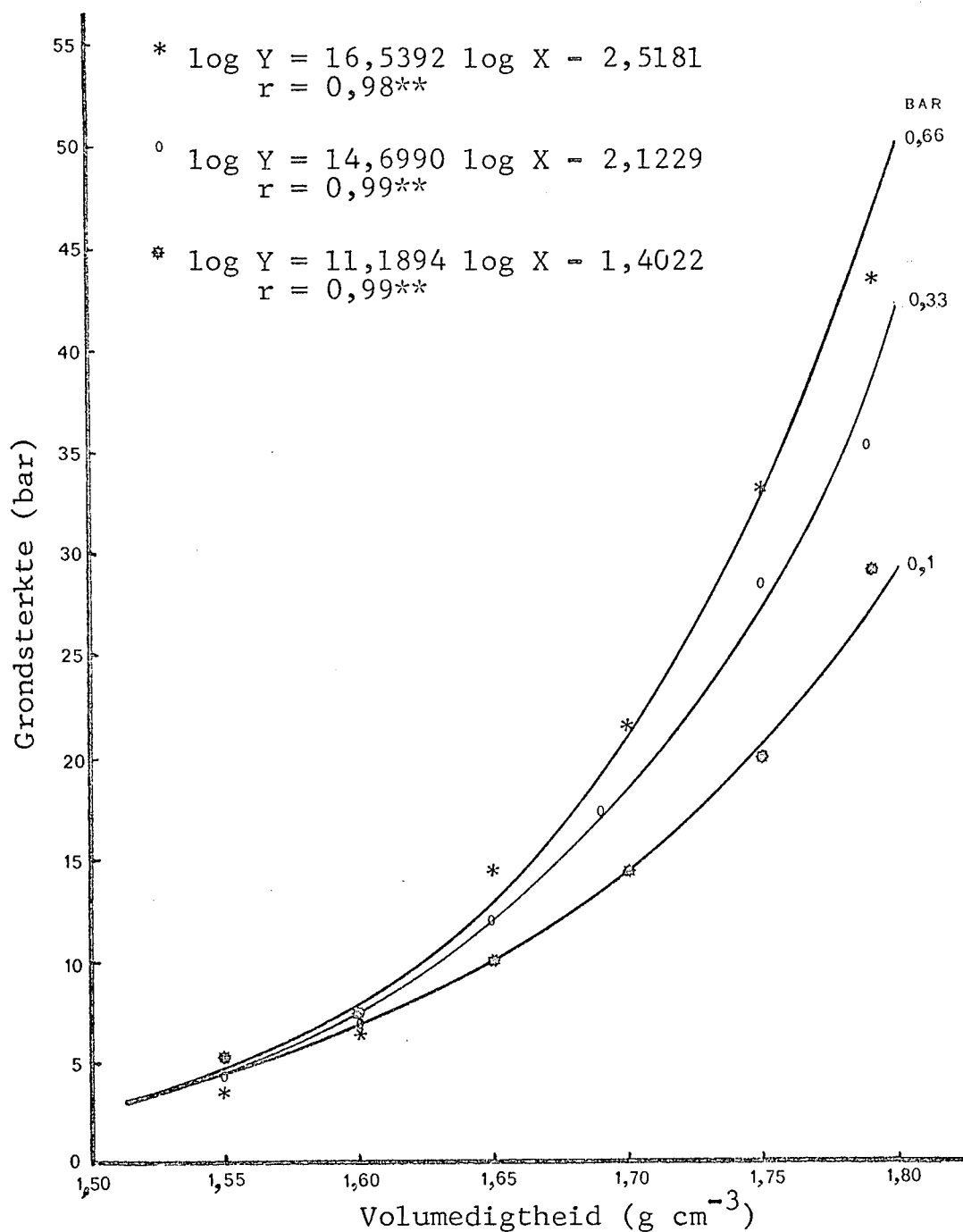


FIG. 3.1 - Verwantskap tussen grondsterkte en volume=
 digtheid by verskillende vogspannings vir
 die intermediêre fase (**Verband statisties
 betekenisvol by $P = 0,001$)

$$* \log Y = 11,1408 \log X - 1,1003$$

$$r = 0,98^{**}$$

$$^0 \log Y = 13,7962 \log X - 1,8104$$

$$r = 0,98^{**}$$

$$* \log Y = 14,9558 \log X - 2,1473$$

$$r = 0,96^{**}$$

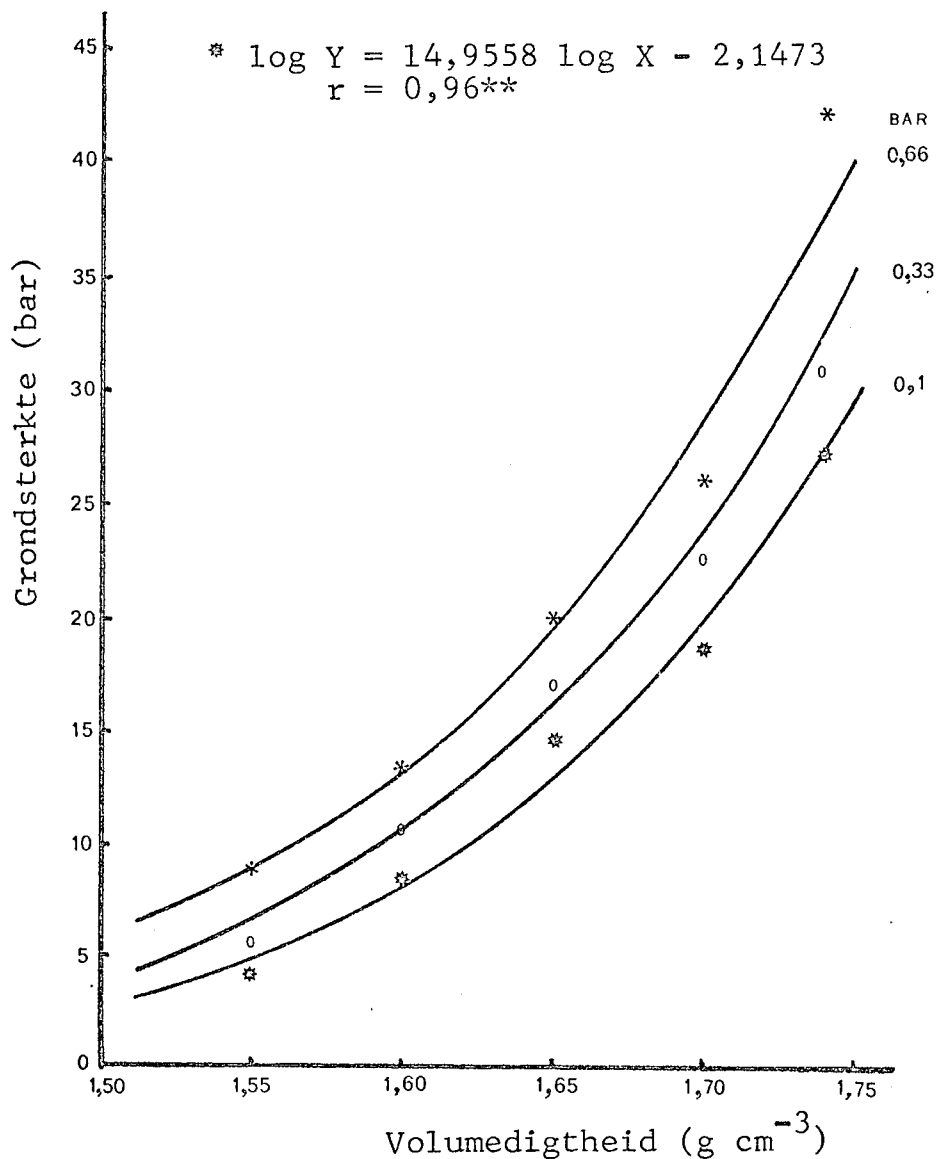


FIG. 3.2 - Verwantskap tussen grondsterkte en volumedigtheid by verskillende vogs=spannings vir die fynsanderige fase (**Verband statisties betekenisvol by $P = 0,001$)

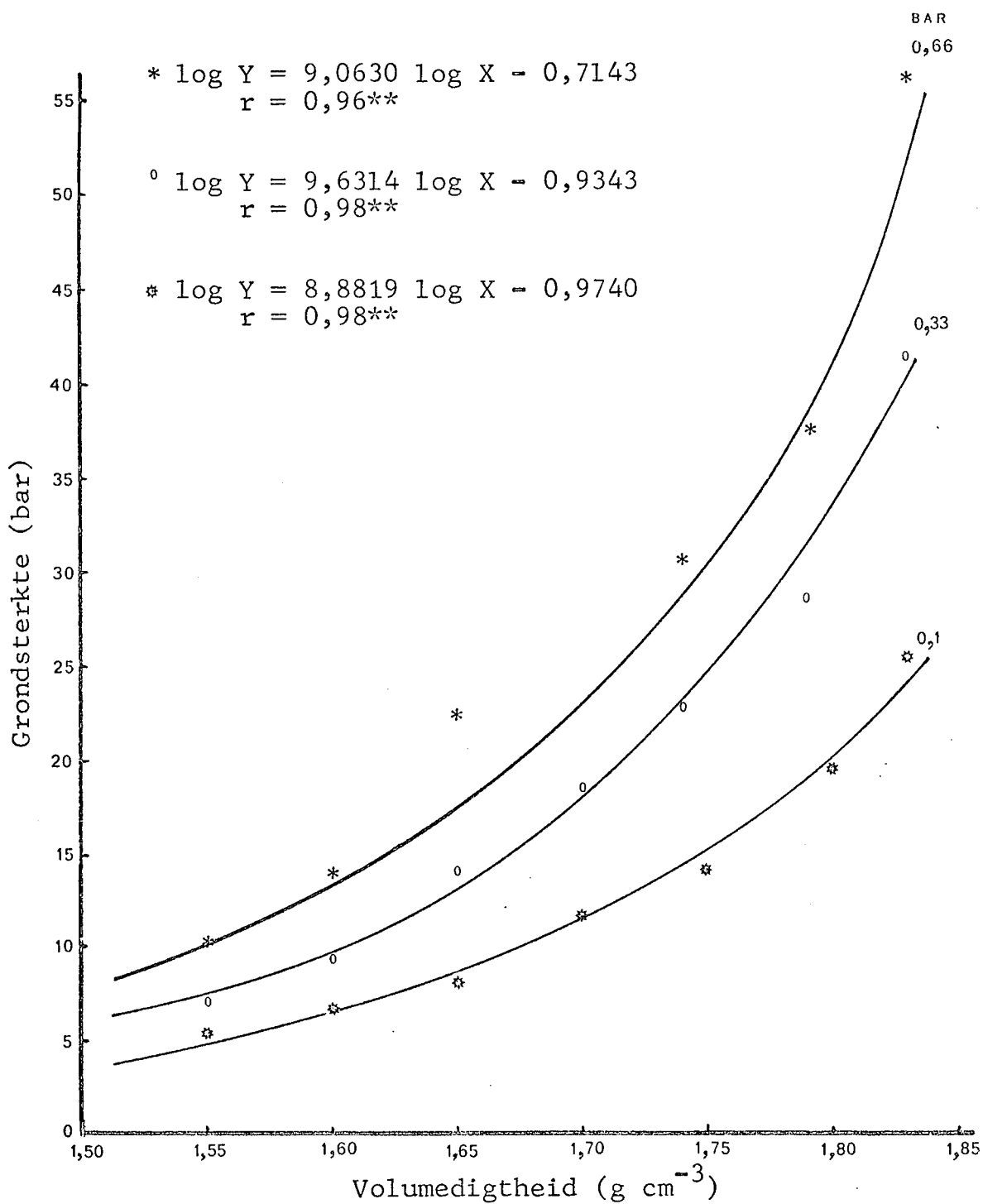


FIG. 3.3 - Verwantskap tussen grondsterkte en volumedigtheid by verskillende vogspannings vir die kleierige fase (**Verband statisties betekenisvol by $P = 0,001$)

Wanneer die verwantskap tussen grondsterkte en volumedigtheid vir die intermediêre fase (Fig. 3.1) bestudeer word, is dit duidelik dat die tempo van toename in grondsterkte (toename in grondsterkte per eenheidswaarde volumedigtheid) toeneem met verhoging in volumedigtheid bokant ongeveer $1,65 \text{ g cm}^{-3}$. By 0,66 bar vogspanning is die toename in grondsterkte met verhoging in volumedigtheid vanaf 1,55 na $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ byvoorbeeld 8,5 bar, terwyl 'n toename in volumedigtheid vanaf 1,70 na $1,80 \text{ g cm}^{-3}$ 'n toename van 29 bar in grondsterkte verteenwoordig. Dit beteken dat die grondsterkte vanaf $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ tot $1,80 \text{ g cm}^{-3}$ met 'n faktor van 3,4 keer vinniger toeneem as van 1,55 na $1,65 \text{ g cm}^{-3}$. By 0,33 bar is die ooreenstemmende faktor 3,1, teenoor 2,6 vir die 0,1 bar verband.

Die kritiese volumedigtheid waarna 'n verhoging in volumedigtheid 'n verhoogde tempo van toename in grondsterkte tot gevolg sal hê, is tussen 1,65 en $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ (ongeveer $1,675 \text{ g cm}^{-3}$), soos blyk uit die voorbeelde wat in Fig. 3.4 aangetoon word. Wanneer die verskillende faktore waarmee grondsterkte vinniger toeneem met 'n toename in volumedigtheid bokant $1,675 \text{ g cm}^{-3}$ onderling vergelyk word by die verskillende vogspannings is dit duidelik dat die faktore toeneem met 'n toename in vogspanning. Dit blyk uit die syfers wat in die vorige paragraaf aangetoon is en uit Fig. 3.4. 'n Moontlike verklaring vir hierdie verhoogde tempo van toename in grondsterkte met toename in volumedigtheid sal in Afdeling 3.3.2 gegee word.

In die geval van die fynsanderige fase (Fig. 3.2) is daar op dieselfde wyse te werk gegaan om 'n kritiese volumedigtheid af te lei. Die toename in grondsterkte per $0,05 \text{ g cm}^{-3}$ toename in volumedigtheid is bepaal by verskillende vogspannings. Die kritiese grens in hierdie geval is tussen 1,60 en $1,65 \text{ g cm}^{-3}$, dus ongeveer $1,625 \text{ g cm}^{-3}$. Die toename in grondsterkte met verhoging in volumedigtheid vanaf 1,55 na $1,60 \text{ g cm}^{-3}$, by 0,1 bar vogspanning, is 3 bar teenoor 7 bar vir die interval 1,65 na $1,70 \text{ g cm}^{-3}$, dus 'n vinniger toename in grondsterkte met 'n faktor van 2,3. Die ooreenstemmende faktore by 0,33 en 0,66 bar vogspannings is onderskeidelik

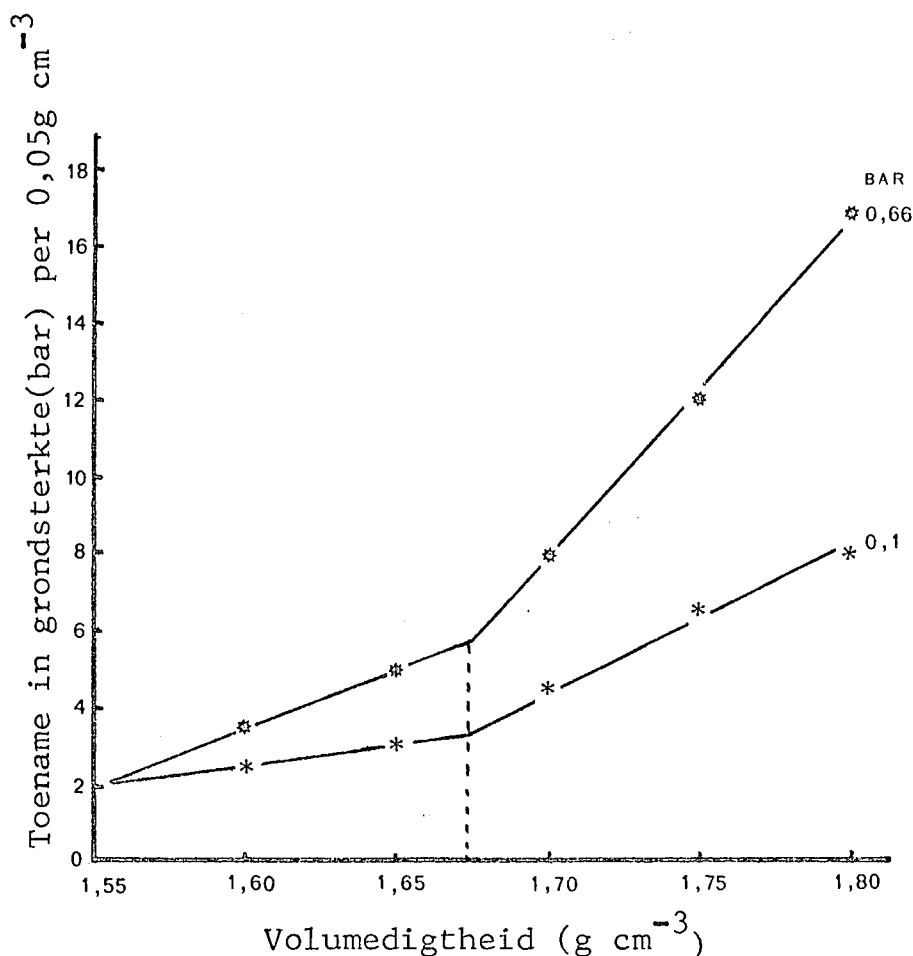


FIG. 3.4 - Verband tussen toename in grondsterkte per $0,05 \text{ g cm}^{-3}$ toename in volumedigtheid en ooreenstemmende volumedigthede

2 en 2,25. Hier was daar dus geen definitiewe neiging vir die faktor om toe te neem met toenemende vogspannings (dalende voginhoud) nie.

Die bepaling van die kritiese volumedigtheid vir die kleierige fase (Fig. 3.3) was moeiliker omdat die verhoging in tempo van toename in grondsterkte meer geleidelik plaasvind. Die kritiese grens vir die kleierige fase is, soos vir die fynsanderige fase, ook ongeveer $1,625 \text{ g cm}^{-3}$. Die faktor waarmee die grondsterkte vinniger toeneem met 'n toename in volumedigtheid bokant die kritiese waarde is onderskeidelik 1,9; 2,0 en 1,6 maal vinniger vir die 0,1; 0,33 en 0,66 bar verwantskappe.

Wanneer die verwantskappe tussen grondsterkte en volumedigtheid by 0,1 vogspanning vir die verskillende fases met mekaar/.....

mekaar vergelyk word (Fig. 3.5), word gevind dat by die verskillende volumedigthede die grondsterkte van die kleierige fase laer is as dié van die intermediêre fase, wat weer laer is as dié van die fynsanderige fase.

Hieruit kan afgelei word dat die saampersbaarheid van die gronde onder bespreking by 'n spesifieke volumedigtheid toeneem met 'n toename in klei-inhoud en afneem met 'n toename in die fynsandfraksie. Hierdie afleiding word gestaaf deur die maksimum volumedigthede (bepaal volgens die hoë kompaksie A.S.T.M. metode, beskryf deur Felt, 1965) van die fases wat in dieselfde volgorde geplaas kan word, nl. 2,02; 1,84 en 1,76g cm⁻³ onderskeidelik vir die kleierige, intermediêre en fynsanderige fases. By 'n volumedigtheid van bv. 1,70g cm⁻³ sal die kleierige, intermediêre en fynsanderige fases dus onderskeidelik tot 84,2; 92,4 en 96,6% van die potensiële maksimum saamgepers wees en sal die verdere saampersbaarheid van die gronde by 1,70g cm⁻³ dus dienooreenkomstig afneem, terwyl die grondsterkte gevolglik in dieselfde volgorde sal toeneem. By lae volumedigthede verander hierdie volgorde by hoër vogspannings na intermediêre fase laer as fynsanderige fase laer as kleierige fase omdat die grondsterkte van die kleierige fase vinniger met uitdroging toeneem as die ander fases. By hoë volumedigthede word die algemene patroon egter behou ongeag die vogspanning.

Die tempo van toename in grondsterkte met 'n toename in volumedigtheid neem dus ook in dieselfde volgorde toe. Vir 'n toename in volumedigtheid vanaf 1,65 na 1,75g cm⁻³ neem die grondsterkte van die kleierige, intermediêre en fynsanderige fases onderskeidelik toe met 6, 10 en 17 bar (by 'n vogspanning van 0,1 bar).

Uit voorgaande bespreking is dit duidelik dat die grondsterkte gemeet by VWK vir 'n spesifieke volumedigtheid aansienlik sal varieer binne die Manganoserie a.g.v. die variasie in tekstuur binne die serie.

3.3.2/.....

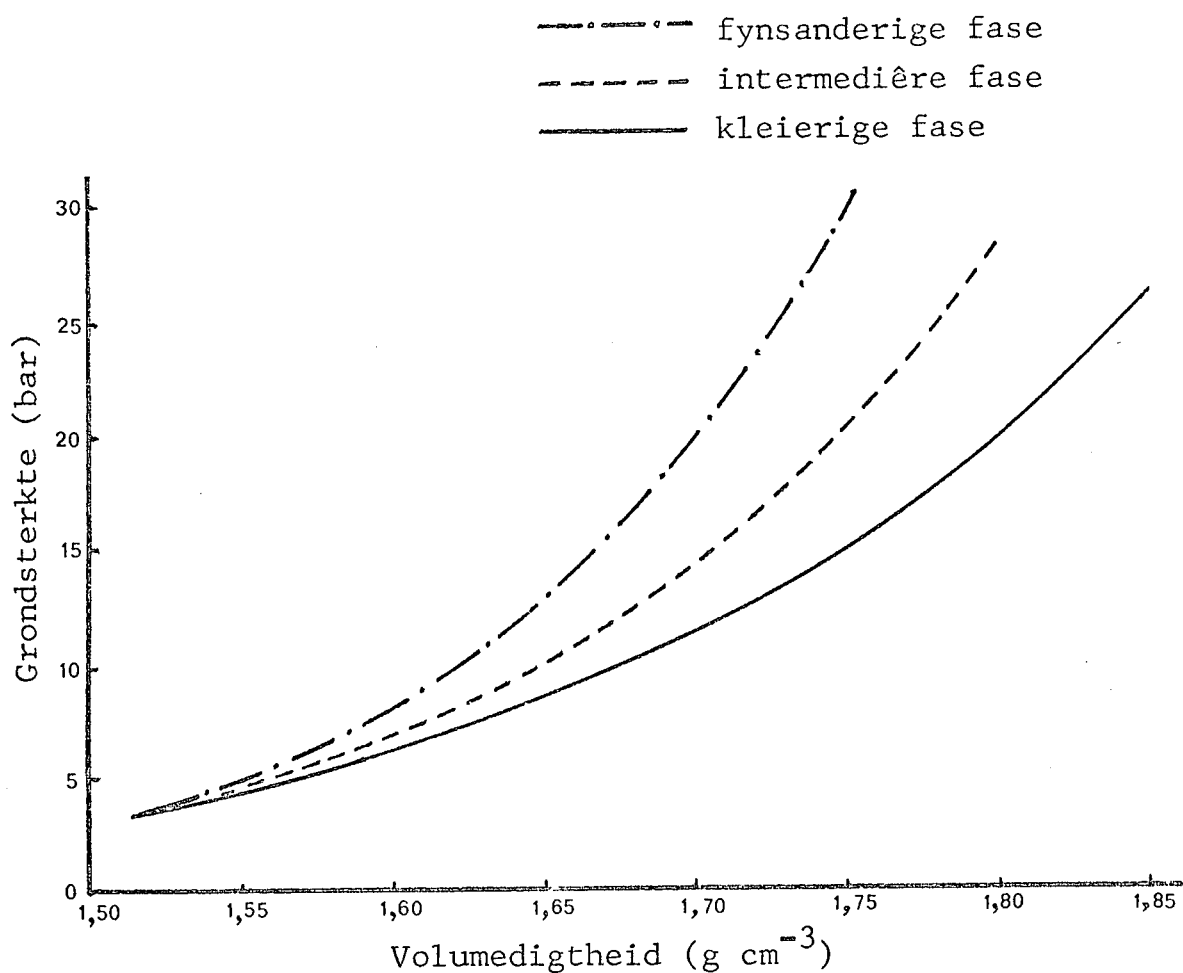


FIG. 3.5 - Verwantskap tussen grondsterkte en volumedigtheid by 0,1 bar vogspanning vir verskillende grondfases

3.3.2 Verwantskap tussen grondsterkte en vog by verskillende volumedigthede

Die resultate wat in hierdie Afdeling bespreek word, word in Bylaag 6 en in Figure 3.6, 3.7 en 3.8 aangebied. Die verwantskappe wat in die figure aangedui word, is weer eens vir die individuele waardes bereken maar slegs die gemiddelde waardes is gestip en in Bylaag 6 aangedui.

Die beste passing vir die verband is verkry met die funksie $\log Y = \log a + b (\log X)^{-1}$, terwyl die funksie $\log Y = \log a + b \log X$ in die geval van die kleierige fase ook hoogs betekenisvol gepas het.

Wanneer die verwantskap tussen grondsterkte en vog vir die intermediêre fase, soos aangedui in Fig. 3.6, bestudeer word, word gesien dat grondsterkte vir 'n spesifieke volumedigtheid vinniger, per eenheid vog, toeneem wanneer die voginhoud van die grond laer as 4,5% daal. Vir 'n afname in grondvog vanaf 6 na 5%, by 'n volumedigtheid van $1,79 \text{ g cm}^{-3}$, neem die grondsterkte met 2,75 bar toe terwyl 'n afname in vog vanaf 4 na 3% 'n 10,25 bar toename in grondsterkte verteenwoordig. Laasgenoemde toename is 3,7 keer groter as eersgenoemde. Dieselfde kritiese voggrens (4,5%) kan vir al die volumedigthede hoër as $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ afgelei word.

Vanaf Fig. 3.6 kan ook waargeneem word dat by 'n volumedigtheid van $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ die grondsterkte redelik konstant bly tot ongeveer 5% vog waarna dit geleidelik toeneem met 'n afname in voginhoud tot by ongeveer 3,75% vog. Hierna neem die grondsterkte egter weer vinnig af met verdere uitdroging. 'n Verklaring vir hierdie verskynsel is dat die bindingskrag van die watermolekule tussen die grondpartikels toeneem met uitdroging vanaf 5 na 3,75% waarna die kontak tussen die partikels verbreek word sodat die weerstand wat die grond bied teen deformasie (grondsterkte) afneem. Die afstand tussen die partikels is dus net te groot en die kontakoppervlakte tussen die partikels net te min om 'n volgehoue kontak met uitdroging te verseker. By volumedigthede van $1,60 \text{ g cm}^{-3}$ en laer is die afstand tussen die partikels te groot en die kontakoppervlakte te min sodat uitdroging geen invloed op

grondsterkte/.....

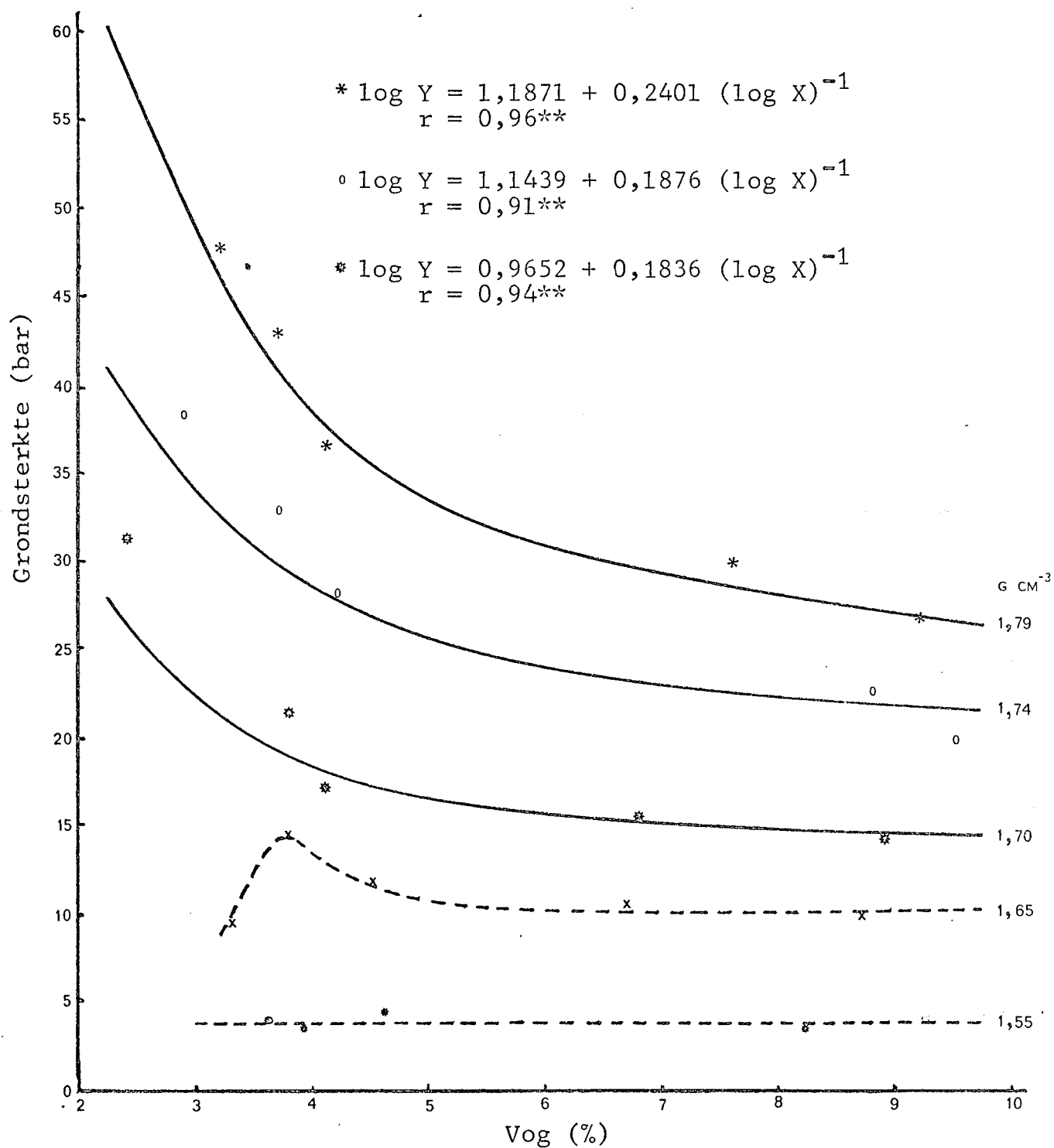


FIG. 3.6 - Verwantskap tussen grondsterkte en grondvog by verskillende volumedigthede vir die intermediêre fase (**Betekenisvol by $P = 0,001$)

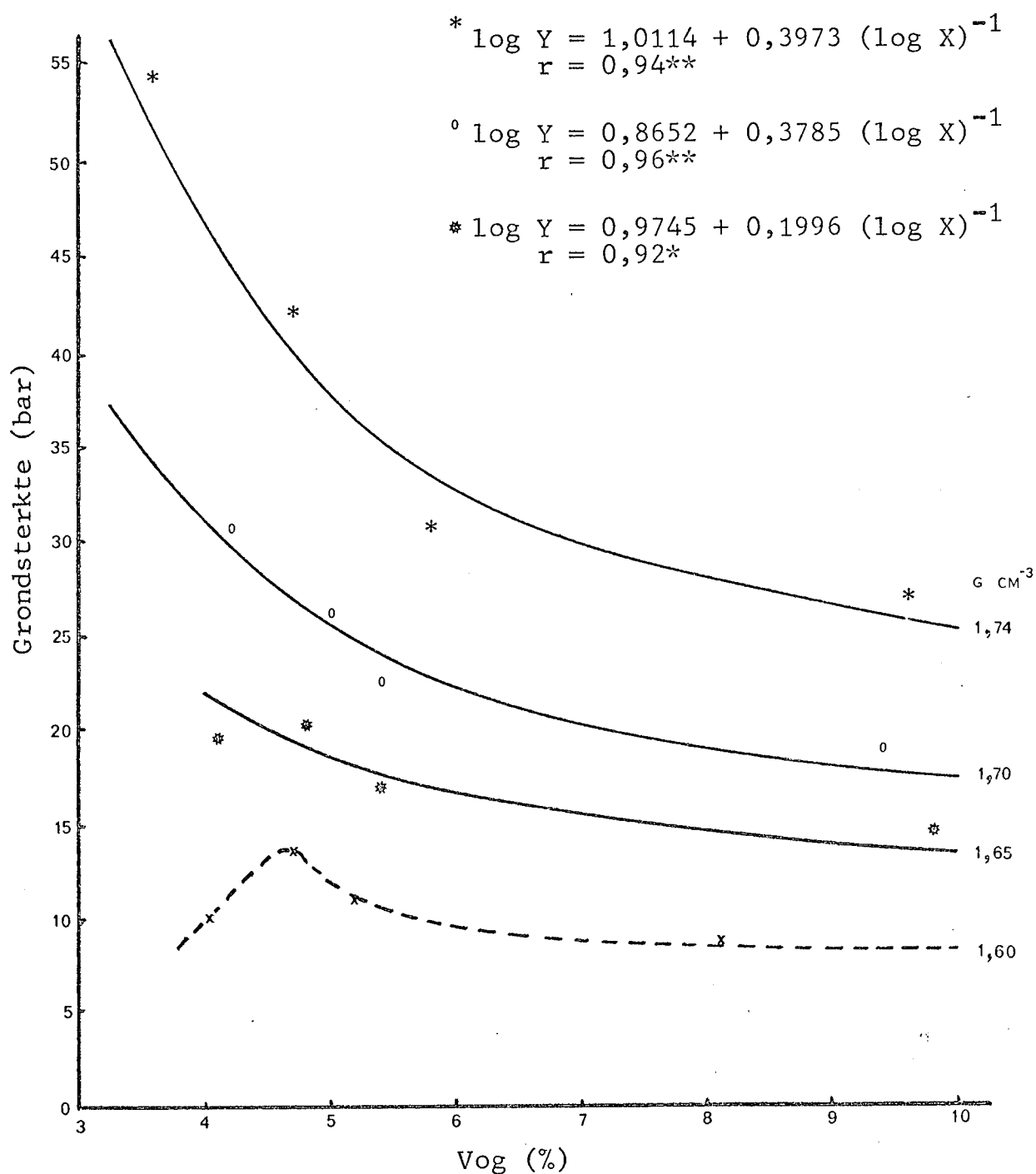


FIG. 3.7 - Verwantskap tussen grondsterkte en grondvog by verskillende volumedigthede vir die fyn-sanderige fase

(**Betekenisvol by $P = 0,01$)

(*Betekenisvol by $P = 0,05$)

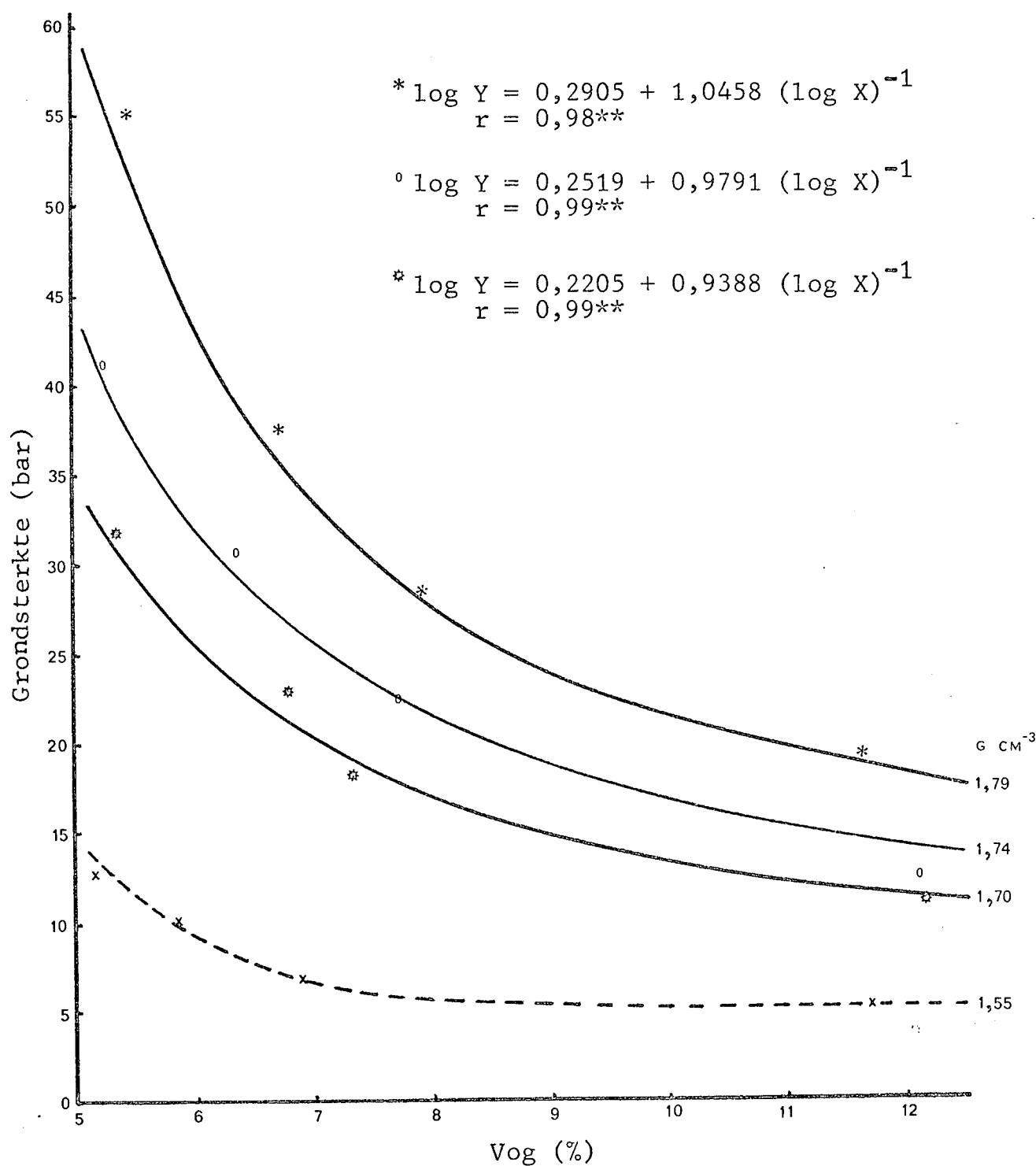


FIG. 3.8 - Verwantskap tussen grondsterkte en grondvog by verskillende volumedigthede vir die kleierige fase

(**Betekenisvol by $P = 0,01$)

(*Betekenisvol by $P = 0,05$)

grondsterkte het nie, soos aangedui in Fig. 3.6. Aan die anderkant neem die bindingskragte van die watermolekule tussen die grondpartikels toe met 'n afname in afstand en toename in kontakoppervlakte tussen die partikels wanneer die grond saamgepers (verdig) word bokant die kritiese volumedigtheid van $1,675 \text{ g cm}^{-3}$. Hierdie effek word meer duidelik wanneer die toename in grondsterkte met 'n afname in vog vanaf 8 na 4% by verskillende volumedigthede vergelyk word. By volumedigthede van $1,70$; $1,74$ en $1,79 \text{ g cm}^{-3}$ is die toename in grondsterkte 3,5; 6 en 10 bar respektiewelik. Die tempo van toename in grondsterkte met uitdroging neem dus toe met toename in volumedigtheid.

Die afleiding wat in die vorige paragraaf bespreek word, verklaar ook die verskynsel wat in Afdeling 3.3.1 waargeneem is, nl. dat, by 'n konstante vogspanning, die tempo van toename in grondsterkte met 'n toename in volumedigtheid vinniger plaasvind met 'n toename in volumedigtheid bokant die kritiese grens van $1,675 \text{ g cm}^{-3}$. Hierdie verhoogde tempo van toename in grondsterkte kan dus toegeskryf word aan die toename in aantrekkingskragte tussen die partikels met 'n afname in interpartikulêre afstand en toename in kontakoppervlakte a.g.v. die digter pakking van grondpartikels met toename in volumedigtheid. Twee faktore speel dus 'n rol by die toename in grondsterkte met toename in volumedigtheid by konstante vogspanning, nl. eerstens die afname in verdere saampersbaarheid van die grond met 'n toename in volumedigtheid (wat die primêre oorsaak vir die toename in grondsterkte is) en tweedens die toename in bindingskragte van die watermolekule en ander kohesiekragte, wat gepaard gaan met 'n toename in volumedigtheid en wat 'n sekondêre kumulatiewe toename in grondsterkte tot gevolg het.

Wanneer die verwantskap tussen grondsterkte en vog vir die fynsanderige fase (Fig. 3.7) bestudeer word, word dieselfde tendense as by die intermediêre fase waargeneem. By 'n volumedigtheid van $1,60 \text{ g cm}^{-3}$ begin uitdroging van die grond grondsterkte beïnvloed en by $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ volumedigtheid het uitdroging 'n volgehoue toename in grondsterkte tot gevolg. Die kritiese volumedigtheid is in hierdie geval dus ook ongeveer

$1,625 \text{ g cm}^{-3} / \dots\dots\dots$

$1,625 \text{ g cm}^{-3}$ soos afgelei in Afdeling 3.3.1. Die kritiese voginhoud waarna uitdroging 'n verhoogde tempo in toename van grondsterkte tot gevolg het, is ongeveer 5,5%. Die tempo van toename in grondsterkte met uitdroging neem ook vir hierdie fase toe met 'n toename in volumedigtheid. Die toename in grondsterkte vir die voginterval 8 tot 4% is byvoorbeeld 7, 12 en 19 bar onderskeidelik vir die volumedigthede $1,65$; $1,70$ en $1,74 \text{ g cm}^{-3}$.

Wanneer Fig. 3.8 bestudeer word, word gesien dat uitdroging reeds by lae volumedigthede van die kleierige fase 'n toename in grondsterkte tot gevolg het. Hierdie verskynsel kan toegeskryf word aan die groter kontakoppervlakte by lae volumedigthede as gevolg van die groter persentasie klein partikels (klei) in hierdie grond. Vir die kleierige fase is interpartikulêre aantrekkingskragte by lae volumedigthede dus hoër as by die ander twee fases. Die afleiding van 'n kritiese volumedigtheid word dus weer eens bemoeilik, soos dit ook die geval was by die verwantskap tussen grondsterkte en volumedigtheid van die kleierige fase.

Uit Fig. 3.8 word gesien dat die tempo van toename in grondsterkte met uitdroging ook toeneem met 'n toename in volumedigtheid. So byvoorbeeld verteenwoordig 'n afname in vog vanaf 10 na 6% 'n toename in grondsterkte van 2, 12, 15 en 21,5 bar onderskeidelik by volumedigthede van $1,55$; $1,70$; $1,74$ en $1,79 \text{ g cm}^{-3}$. Hieruit wil dit dus voorkom asof die keuse van $1,625 \text{ g cm}^{-3}$ as kritiese volumedigtheid (Afdeling 3.3.1) geregverdig is aangesien die toename in grondsterkte met uitdroging by $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ reeds te drasties is. Die tempo van toename in grondsterkte met uitdroging, by die verskillende volumedigthede, neem ook vir die kleierige fase vinniger toe met uitdroging onderkant 'n kritiese voggrens (8,5%) in hierdie geval.

Wanneer die verbande wat tussen grondsterkte en vog, by 'n bepaalde volumedigtheid, bestaan vir die verskillende fases van die Manganoserie met mekaar vergelyk word, word sekere verskille opgemerk (Fig. 3.9).

Die eerste waarneming is die variasie in grondsterkte

tussen/.....

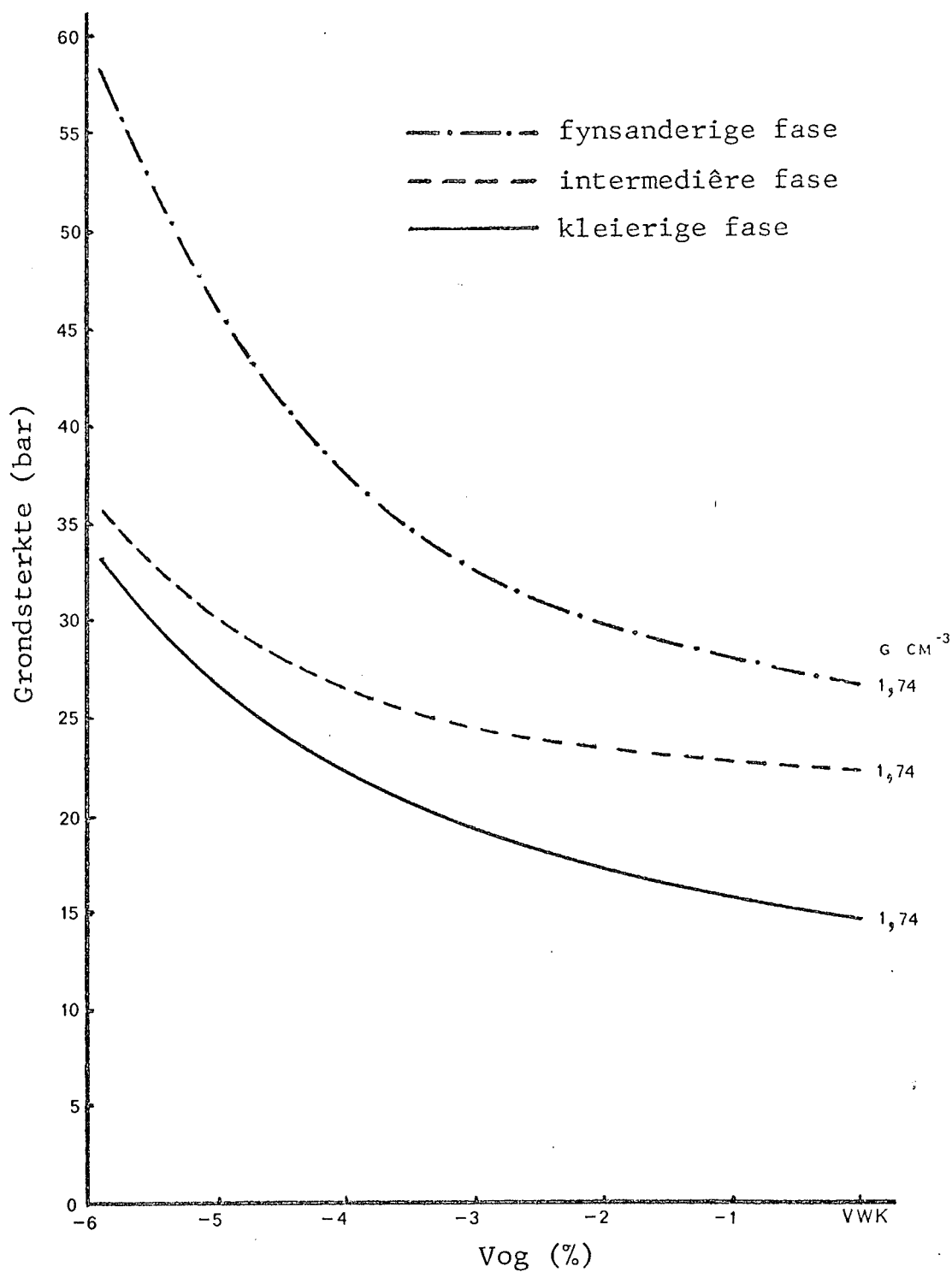


FIG. 3.9 - Verwantskap tussen grondsterkte en vog= inhoud by $1,74 \text{ g cm}^{-3}$ volumedigtheid vir die verskillende fases

tussen die fases by 'n konstante vogspanning, byvoorbeeld VWK, en by 'n bepaalde volumedigtheid. Die grondsterkte neem weer eens toe in die volgorde kleierige, intermediêre en fynsanderige fase. Die verklaring vir hierdie verskynsel is dieselfde wat in Afdeling 3.3.1 aangevoer is, nl. dat die graad van kompaksie toeneem vanaf die kleierige na die fynsanderige fases by 'n konstante volumedigtheid. Die graad van kompaksie by $1,74 \text{ g cm}^{-3}$ is 86,1; 94,6 en 98,3% onderskeidelik vir die kleierige, intermediêre en fynsanderige fases. (Die graad van kompaksie word bereken as: $\frac{\text{volumedigtheid} \times 100}{\text{Potensiële maksimum volumedigtheid}}$).

'n Tweede verskil wat waargeneem word, is ten opsigte van die tempo van toename in grondsterkte met uitdroging. Vir 'n 4% afname in grondvog vanaf VWK is die toename in grondsterkte 4; 7,75 en 11 bar onderskeidelik vir die intermediêre, kleierige en fynsanderige fases. Hierdie volgorde is moontlik die gesamentlike effek van die graad van kompaksie en toename in kontakoppervlakte a.g.v. 'n afname in grootte van die partikels van die onderskeie monsters wat 'n verhoogde bindings-effek van watermolekule met uitdroging tot gevolg het.

Uit die voorgaande bespreking is dit duidelik dat die geweldige verhogings in grondsterkte wat veroorsaak word deur uitdroging van die grond verhoed kan word deur praktyke waarvolgens die volumedigtheid van die wortelsone onder die kritiese waardes, nl. $1,625 \text{ g cm}^{-3}$ vir die kleierige en fynsanderige fases en $1,675 \text{ g cm}^{-3}$ vir die intermediêre fase, gehou word. Hierdie kritiese waardes sal ook verseker dat grondsterktewaardes dwarsdeur die groeiseisoen onder die kritiese grens van 15 bar (volgens Taylor, Roberson & Parker, 1966) bly. 'n Ander moontlikheid is om te verhoed dat die grond laer as die kritiese voggrense, nl. 4,5; 5,5 en 8,5% vir die intermediêre, fynsanderige en kleierige fases, uitdroog. Hierdie voggrense stem nagenoeg ooreen met die veginhoud van die onderskeie gronde by 0,33 bar suigspanning.

3.3.3/.....

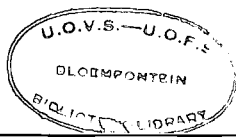
3.3.3 Meervoudige verwantskap tussen grondsterkte, grondvog en volumedigtheid

Weens die onderlinge verwantskap wat daar tussen grondsterkte, volumedigtheid en vog bestaan, is daar gepoog om aldrie die veranderlikes in een vergelyking saam te vat. Hierdie vergelyking sou aangewend kon word om die waarde van een veranderlike, bv. grondsterkte, te skat wanneer die waardes van die ander twee veranderlikes, in die geval volumedigtheid en vog, bekend is.

In hierdie geval is grondsterkte (X_1) die afhanklike veranderlike met grondvog (X_2) en volumedigtheid (X_3) die onafhanklike veranderlikes. Dit was dus moontlik om die meervoudige regressievergelyking $X_1 = a + b_2 X_2 + b_3 X_3$ te gebruik. Met die regressievergelykings vir die onderlinge verwantskappe tussen die veranderlikes bekend, was dit moontlik om die meervoudige regressievergelyking uit te brei na: $\log X_1 = \log a + b_2 (\log X_2)^{-1} + b_3 \log X_3$ wat dan ook vir al drie die fases die beste passing gegee het. Hierdie passing was in al die gevalle statisties hoogs betekenisvol. Die funksie $\log X_1 = \log a + b_2 \log X_2 + b_3 \log X_3$ het die tweede beste passing gegee, gevolg deur die verband $\log X_1 = \log a + b_2 \log X_2 + b_3 X_3$. Al hierdie funksies het statisties betekenisvolle passings gegee. Die vergelykings vir die verskillende fases word in Tabel 3.1 gegee.

In die gevalle van die intermediêre en fynsanderige fases geld die afgeleide vergelykings nie vir volumedigthede laer as die kritiese waardes nl. 1,675 en 1,625g cm⁻³ onderskeidelik nie.

Die doeltreffendheid van die onderskeie regressievergelykings is op die proef gestel deur die verband tussen grondsterkte en volumedigtheid by 0,1 en 0,66 bar vogspannings vir die verskillende fases te skat m.b.v. die vergelykings en dit met die bepaalde verwantskappe te vergelyk. Die resultate word in Bylaes 7.1 tot 7.3 aangedui. Die verskil tussen die bepaalde en geskatte verwantskappe is so gering dat dit nie as betekenisvol bestempel kan word nie. Die verskille kan egter in sommige gevalle verklaar word daardeur



dat/.....

135703

TABEL 3.1 - Meervoudige regressievergelykings vir die verwantskap tussen grondsterkte, grondvog en volumedigtheid vir die verskillende fases van die Manganoserie

Fase	Regressievergelyking*
Inter= mediêre	$\log X_1 = 0,1701 (\log X_2)^{-1} + 13,6553 \log X_3 - 2,1479$ (R = 0,97)
Fyn= sanderig	$\log X_1 = 0,3438 (\log X_2)^{-1} + 12,2265 \log X_3 - 1,8744$ (R = 0,96)
Kleie= rige	$\log X_1 = 0,8668 (\log X_2)^{-1} + 8,7520 \log X_3 - 1,7076$ (R = 0,84)

*waar X_1 = grondsterkte (bar); X_2 = grondvog (%) en
 X_3 = volumedigtheid (g cm^{-3})
 R = meervoudige korrelasiekoëffisiënt

dat die geskatte waardes vir die gemiddelde voginhoud van die monsters by 'n betrokke vogspanning bereken is, terwyl die voginhoud van die monsters waarin die grondsterkte bepaal is, hiervan verskil het. So byvoorbeeld is die verwantskap vir die intermediêre fase by 0,1 bar vogspanning geskat by 'n konstante grondvog van 8,64%. In die geval van die bepaalde verband het die voginhoud van die monsters toeneem met 'n toename in volumedigtheid soos aangedui in Bylaag 6 (9,16% by $1,79 \text{ g cm}^{-3}$). Die grondsterktes het dus dienooreenkomstig afgeneem, met die gevolg dat die geskatte verband effens hoër grondsterktewaardes gegee het by die hoër volumedigthede omdat die vog laer was.

Die geskatte en bepaalde verwantskappe tussen grondsterktes en vog by verskillende volumedigthede vir die verskillende fases word met mekaar vergelyk in Bylaes 7.4 tot 7.6. Die verskil tussen die geskatte en bepaalde verwantskappe kan weer eens nie as betekenisvol bestempel word nie.

Die/.....

Die aanwending van die afgeleide regressievergelykings om een veranderlike te skat, met die ander twee veranderlikes bekend, is ondersoek. Die volumedigthede en vogwaardes wat gedurende die veldondersoek ingesamel is, is gebruik om die ooreenstemmende grondsterktes m.b.v. die onderskeie vergelykings vir die intermediêre en fynsanderige fases te skat. Die resultate word in Bylaag 8 saamgevat. Daar bestaan 'n hoogs betekenisvolle lineêre verwantskap ($r = 0,85^{**}$; by 0,1% betekenisvol) tussen die geskatte en bepaalde grondsterktes. Die aanwending van die regressievergelykings was dus effek= tief. Dit is egter opvallend dat die ooreenkoms tussen die geskatte en bepaalde waardes baie beter was in die geval van die fynsanderige fase as in die geval van die intermediêre fase.

3.3.4 Praktiese toepassing van die bepaalde verwant= skappe

Die bepaalde verwantskappe tussen grondsterkte, grondvog en volumedigtheid is nie net van akademiese belang nie, maar dit het ook 'n omvangryke praktiese toepassing in grondsterktestudies. Die toename in grondsterkte met uit= droging by 'n spesifieke volumedigtheid beklemtoon byvoorbeeld die noodsaaklikheid van die handhawing van 'n konstante grond= vog in grondsterktestudies om wortelontwikkeling ens. te bepaal by verskillende volumedigthede.

Dit is ook moontlik, met die verwantskappe bekend, om die grense te bepaal waartussen grondsterktes in die veld sal varieer by 'n spesifieke volumedigtheid. Ter illustrasie is die grondsterkte by VWK en by ongeveer 15 bar vogspanning (PVP) vir 'n aantal volumedigthede, wat gedurende die veld= ondersoek bepaal is, bereken m.b.v. die regressievergelykings. Die resultate word in Tabel 3.2 aangedui.

Wanneer die bevindings beskryf deur Taylor, Roberson & Parker (1966) in gedagte gehou word, nl. dat 'n toename in grondsterkte bokant 15 bar wortelontwikkeling, plantegroei en oesopbrengs progressief verlaag tot by 25 bar, waarna dit 'n minimum bereik, dan baar die gegewens wat in Tabel 3.2 aan= gedui word sorg.

Indien/.....

TABEL 3.2 - Verwantskap tussen mate van verdigting en toename in grondsterkte met uitdroging vir die intermediêre en fynsanderige fases.

Fase	Beskrywing	Gemiddelde volume= digtheid	Grondsterkte	
			VWK	PVP
		g cm^{-3}	bar	bar
Inter= mediêre	Nuwegrond: Bogrond	1,68	12,82	19,45
	Ondergrond	1,61	8,50	8,50
	Bewerkte ondergrond	1,68	12,82	19,45
	Ploeglaagverdigting	1,71	15,92	24,79
	Subploeglaagverdigting	1,79	29,80	46,41
Fyn= sanderige	Bewerkte ondergrond	1,67	16,62	29,57
	Ploeglaagverdigting	1,68	17,88	31,85

Indien die volumedigthede in Tabel 3.2 vergelyk word met die kritiese volumedigthede wat bepaal is, nl. 1,675 en $1,625 \text{ g cm}^{-3}$ vir die intermediêre en fynsanderige fases onderskeidelik, kan al die monsters behalwe die nuwe-ondergrond as "verdig" bestempel word. Uitdroging veroorsaak in al die "verdigte" gevalle 'n toename in grondsterkte. Wanneer die effek van uitdroging op grondsterkte in ag geneem word, is dit duidelik dat selfs die grondsterkte van die onversteurde bewerkte ondergronde 'n nadelige invloed op wortelontwikkeling sal hê. In die ploeglaagverdichtingsones sal die toename in grondsterkte met uitdroging ook 'n ernstige nadelige invloed op wortelontwikkeling uitoefen. Vir beide gronde neem die aanvanklike grondsterkte van die ploeglaagverdichtingsone by VVK, wat reeds te hoog is, met meer as 50% toe met uitdroging. Hierdie ernstige toename in grondsterkte met

uitdroging/.....

uitdroging, vir die volumedigthede hoër as die kritiese waardes, is dus een van die faktore wat daartoe bydra dat die nadelige invloed van grondsterkte op plantegroei gedurende droë jare sulke ernstige afmetings aanneem.

Die grootte van die effek van verskille in vog beklemtoon verder die belangrikheid daarvan om die voginhoud van 'n grond te weet wanneer grondsterktelesings in die veld geneem word. As die normale praktyk behoort gepoog te word om die lesings sover moontlik te neem wanneer die grond naby veldwaterkapasiteit is. In dié voggebied het klein variasies in vog by enige volumedigtheid 'n relatief klein invloed op grondsterktes. Selfs dan kan die verkreeë waardes vir 'n spesifieke grond slegs sinvol geïnterpreteer word as 'n reeks standaardkurwes reeds vir die spesifieke grond opgestel is.

3.4 SAMEVATTING

Die onderlinge verwantskappe tussen grondsterkte, grondvog en volumedigtheid is bestudeer om eerstens te bepaal tot watter mate die veranderlikes mekaar onderling beïnvloed en tweedens tot watter mate 'n variasie in tekstuur, binne die Manganoserie, die verwantskappe sal beïnvloed. Om die invloed van 'n verandering in tekstuur te ondersoek is die verskillende verwantskappe vir die drie fases van die Manganoserie, nl. die fynsanderige, intermediêre en kleierige fases bepaal.

Die toename in grondsterkte met toename in volumedigtheid, by 'n konstante vogspanning, kan vir al die gevalle in twee fases ingedeel word nl. 'n fase van geleidelike toename in grondsterkte met toename in volumedigtheid tot by 'n kritiese volumedigtheid waarna 'n tweede fase van vinniger toename in grondsterkte intree. Die verhoogde tempo in toename van grondsterkte met toename in volumedigtheid bokant die kritiese waarde (d.w.s. die tweede fase toename) is toegeskryf aan die feit dat die interpartikulêre aantrekkingskragte en bindingskragte van die watermolekule tussen die partikels 'n bykomende toename in grondsterkte veroorsaak wanneer 'n sekere pakking van die partikels (by die kritiese volumedigtheid en hoër)

bereik/.....

bereik word. Twee faktore dra dus by tot die toename in grondsterkte met toename in volumedigtheid, nl. eerstens die afname in saampersbaarheid van die grond en tweedens die toename in netto aantrekkingskrag, per eenheidsoppervlakte, tussen die grondpartikels. Die kritiese volumedigthede vir die onderskeie fases was $1,625\text{g cm}^{-3}$ vir die kleierige en fynsanderige fases en $1,675\text{g cm}^{-3}$ vir die intermediêre fase.

Die toename in grondsterkte met uitdroging, by spesifieke volumedigthede, is ook gekenmerk deur twee fases van toename nl. 'n eerste fase van geleidelike toename in grondsterkte met uitdroging tot by 'n kritiese voginhoud gevolg deur 'n fase van vinniger toename in grondsterkte met verdere uitdroging. Die verhoogde tempo in toename van grondsterkte met uitdroging onderkant 'n kritiese vogwaarde is toegeskryf aan 'n drastiese toename in bindingskragte van die watermolekule wanneer die waterfilms om die grondpartikels 'n sekere kritiese dikte bereik. 'n Verhoging in tempo van toename, in grondsterkte met uitdroging is by 'n toename in volumedigtheid waargeneem. Dit is verklaar deur die toename in interpartikulêre aantrekkingskragte a.g.v. die groter kontakoppervlakte en kleiner afstand tussen die partikels met die digter pakking daarvan.

Die variasie in grondsterkte tussen die verskillende fases van die Manganoserie, by konstante volumedigtheid en vogspanning, is verklaar deur die verskille in graad van kompaksie wat daar tussen die verskillende fases by 'n spesifieke volumedigtheid bestaan. Hierdie verskille in graad van kompaksie is die gevolg van die verskil in die maksimum volumedigthede van die onderskeie fases wat van $1,76$ tot $2,02\text{g cm}^{-3}$ varieer.

Dit was ook moontlik om 'n meervoudige regressievergelyking, wat die verband tussen grondsterkte, grondvog en volumedigtheid aandui, vir elke fase af te lei. Hierdie vergelykings blyk ook uiters geskik te wees om die verband tussen twee veranderlikes te skat met die derde veranderlike konstant of om die waarde van een veranderlike te skat wanneer die waardes van die ander twee bekend is.

Deur vergelyking van die huidige data met volumedigthede

en/.....

en grondsterktes wat gedurende die veldondersoek vir die intermediêre en fynsanderige fases bepaal is, is daar tot die gevolgtrekking gekom dat grondsterktes met uitdroging van die gronde sorgwekkende waardes kan bereik.

HOOFSTUK 4

DIE INVLOED VAN GRONDSTERKTE OP WORTELONTWIKKELING, BOGRONDSE GROEI EN VOEDINGSTOFOPNAME BY KORING EN KATOEN

4.1 DOEL

Tot dusver is daar in die huidige studie hoofsaaklik aandag geskenk aan die verband tussen grondsterkte en die grondfaktore wat dit beïnvloed. Met behulp van die gegewens wat tydens die veldondersoek ingesamel is en die verwantskappe wat in die daaropvolgende studie vasgestel is, was dit moontlik om eerstens die grense te bepaal waartussen grondsterkte onder veldtoestande varieer en tweedens die mate waartoe die onderskeie faktore soos grondvog, volumedigtheid en tekstuur grondsterkte beïnvloed te bepaal. Die volgende logiese stap sou wees om te bepaal tot watter mate grondsterkte plantegroei beïnvloed onder gekontroleerde toestande van grondvog en volumedigtheid.

Die hoofdoel met hierdie eksperimente was gevolglik om, onder gekontroleerde toestande, die invloed van grondsterkte op wortelontwikkeling, bogrondse groei en voedingstofopname te bepaal, met koring en katoen as toetsgewasse.

Verskeie werkers het al met welslae sommige van hierdie aspekte ondersoek. So byvoorbeeld het navorsers soos Pfeffer (volgens Gill & Bolt, 1955), Abdalla, Hettiaratchi & Reece (1969) en Evans (1970) die direkte aksiale en radiale kragte van groeiende wortels gemeet. Ander werkers soos Taylor & Gardner (1960) en Gardner & Danielson (1964) het weer waslae met verskillende penetrasiewaardes in die grond geplaas en die persentasie wortels bepaal wat die verskillende waslae gepenetreer het onder verskillende toestande van grondvog, deurlugting, ensovoorts.

Phillips & Kirkham (1962b) en De Roo (1966) het glasbuisgebruik/.....

gebruik en wortelverlenging deur verskillende grondmengsels en by verskillende grondsterktes bepaal.

'n Gewilde tegniek is om grondkerne tot verskillende grondsterktes te pak in ringe, dit by spesifieke vogspannings te bring met behulp van die drukmembraanapparaat, ontkiemende sade bo-op die kerne te plaas en dit met 'n lagie grond te bedek. Na afloop van 'n periode word die persentasie wortels wat die verskillende kerne gepenetreer het, bepaal (Phillips & Kirkham, 1962b; Taylor & Gardner, 1963; Barley, Farrell & Greacen, 1965; Taylor, Roberson & Parker, 1966).

Taylor & Ratliff (1969) het van wortelkaste gebruik gemaak om die wortelverlengingstempo van grondboontjie- en katoenpenwortels by verskillende vogtoestande te bepaal. Schuurman (1965) het potte gebruik en die invloed van verskillende kombinasies van lae met verskillende volumedigthede op wortelontwikkeling van hawer bepaal.

Ander werkers soos Phillips & Kirkham (1962a), Taylor & Burnett (1964), Wittsell & Hobbs (1965) en Lowry, Taylor & Huck (1970) het sukses behaal met veldproewe deur lae op verskillende dieptes tot verskillende grondsterktes te kompakteer en die invloed daarvan op wortelontwikkeling en oesopbrengs van verskillende gewasse te bepaal.

Met inagneming van genoemde ondersoeke en die doel van die huidige ondersoek is die volgende aannames gemaak:

(a) 'n Potproef onder glashuistoestande sal die geskikste metode wees om die ondersoek uit te voer omdat faktore wat grondsterkte beïnvloed beter beheer kan word.

(b) Dit sal van ondergeskikte belang wees om die invloed van grondsterkte op die wortelverlengingstempo van die gewasse te bepaal aangesien dit reeds omvattend bestudeer is deur verskeie navorsers, o.a. Taylor & Ratliff (1969).

(c) Aangesien die oorgang tussen lae met verskillende grondsterktes 'n belangrike invloed op wortelontwikkeling het (Schuurman, 1965), sal dit noodsaaklik wees om die potte homogeen tot dieselfde grondsterkte te pak.

(d) Die vog in die potte moet konstant gehou word by ongeveer veldwaterkapasiteit aangesien 'n 1 tot 2% variasie in

grondvog/.....

grondvog dan weinig invloed op grondsterkte (Hoofstuk 3) of wortelontwikkeling (Taylor & Ratliff, 1969) sal hê.

(e) Geforseerde deurlugting moet toegepas word aangesien swak deurlugting, d.w.s. lae konsentrasies O_2 en hoë konsentrasies CO_2 , 'n nadelige invloed op wortelontwikkeling en voedingstofopname het, volgens Peterson (1950), Tackett & Pearson (1964a) en Tackett & Pearson 1964b).

(f) Dieselfde proefgrond moet vir al die potte gebruik word en dit moet vooraf deeglik gemeng word sodat homogeniteit in tekstuur en die konsentrasie voedingstowwe tussen die proefpotte verkry kan word.

Deur bogenoemde vereistes na te kom, sal dit moontlik wees om deur die gebruik van verskillende volumedigthede 'n reeks grondsterktes daar te stel waarby wortelontwikkeling, bogrondse groei en voedingstofopname ondersoek kan word.

4.2 MATERIAAL EN METODES

4.2.1 Die grond

'n Verteenwoordigende monster van die intermediêre fase van die Manganoserie is vir hierdie ondersoek gebruik. Die lugdroë bogrond is deeglik gemeng en gesif deur 'n 6mm sif. 'n Volledige chemiese ontleding van die grond is gemaak volgens die standaardmetodes wat deur die Dept. Grondkunde, U.O.V.S., gebruik word. Die resultate word in Bylaag 1 saamgevat. Slegs grond van die ploeglaag (A_p horison) is gebruik.

4.2.2 Voorbereiding en pakking van proefpotte

Swart politeenpotte 16cm in deursnit en 25cm hoog is gebruik vir hierdie proewe. Voordat die potte gepak is, is 'n 2cm gat deur die bodem van elke pot gemaak en met 'n dun (1mm) lagie glaswol bedek. 'n Laag suiwer sand (1 tot 2mm in deursnit) is daarna 1cm dik onder in elke pot gevoeg. Daarop is 'n filtreerpapier geplaas (die doel hiervan word in Afdeling 4.2.3 bespreek). Die massa van elke pot is hierna bepaal omdat dit benodig word by die berekening van die voginhoud van die potte.

Die/.....

Die voginhoud van die lugdroë proefgrond is bepaal en die massas lugdroë grond wat benodig word om 'n 20cm laag in die potte tot 1,55; 1,60; 1,65; 1,70; 1,75 en 1,80g cm⁻³ (oond=droë basis) te pak, is bereken. Vier potte is per volume=digtheid gebruik.

Die metodes waarvolgens die potte gepak is, word in Tabel 4.1 opgesom.

4.2.3 Tegniek om die voginhoud van proefpote konstant te hou

Twee van die belangrikste vereistes wat in Afdeling 4.1 gestel is aan die uitvoering van 'n grondsterkte=potproef was dat grondvog konstant moet bly vir die duur van die proef en dat voldoende deurlugting van die potte gehandhaaf moet word. Beide hierdie beperkings is oorkom deur lug teen 'n suigspanning van 0,2 bar deur die potte te suig. Deur die toepassing van hierdie tegniek is verseker dat alle oortollige vog wat swakker as ongeveer 0,1 bar vogspanning in die grond vasgehou word, verwyder is en voldoende deurlugting is terselfdertyd verseker. Die opstelling van die appaaraat word in Fig. 4.1 geïllustreer en op Plaat 4.1, foto A, aangedui.

Die doel van die sandlaag onder in elke pot is om die toegepaste suigspanning oor die hele bodem van die pot te versprei. Die filtreerpapier en lagie glaswol tree op as filters om onderskeidelik die inwassing van grond in die sandlaag en die uitsuig van die sand te verhoed.

Deur die potte te benat en periodiek elke 15 minute die massa daarvan te bepaal nadat met die suigaksie begin is, is gevind dat die voginhoud van die potte binne 2 uur ongeveer 10% bereik het waarna dit konstant gebly het. Na 'n suigperiode van 10 uur by wintertemperature (vir koring), en 8 uur by somertemperature (vir katoen), het die boonste paar millimeter van die potte begin uitdroog, onderkant die konstante vog, wat toegeskryf is aan die uitdrogingsaksie van die lug wat deurgesuig word en verdamping. Daar is gevolglik op 'n suigperiode van 10 uur per dag by die koringproef en 8 uur per dag vir die katoenproef besluit. Die suigperiodes het

elke/.....

TABEL 4.1 - Metodes waarvolgens proefpotte gekompakteer is

Verlangde grond= sterkte	Benaderde volume= digtheid	Metode
bar	g cm ⁻³	
3 tot 4	1,55	Korrekte massa lugdroë grond in potte geplaas sonder om te kompakteer. Kompaksie nie nodig.
4 tot 8	1,60	Grond droog gekompakteer deur vibrasie m.b.v. 'n vibrasieapparaat tot verlangde volume bereik is.
8 tot 12	1,65	Grond droog gevibreer totdat maksimum kompaksie bereik is, grondvog hierna aangevul tot by 8,6% (VWK); na ongeveer 6 uur die pot liggies gestamp tot grond verlangde volume bereik het.
12 tot 18	1,70	Grond droog gekompakteer deur vibrasie tot maksimum vassakking bereik is; grondvog hierna tot 16% (vloiegrens van die grond) verhoog; na 2 uur die pot liggies gestamp ("puddle") tot verlangde volumedigtheid.
18 tot 24	1,75	Grond in 'n aparte houer tot 12% vog benat en goed gemeng; grond hierna in die potte gekompakteer m.b.v. 'n hidroliese laboratoriumpers. (Die monster is in 4 afsonderlike en gelyke porsies gekompakteer deur dit saam te pers teen 5 bar totdat dit vir 10 sekondes konstant bly. Voordat die volgende laag ingevoeg en saamgepers is, is die oppervlakte van die vorige saamgeperste laag tot ongeveer 1cm diepte versteur m.b.v. 'n spatel om 'n abrupte oorgang tussen die lae te verhoed).
24 tot 28	1,80	Dieselfde metode as by 1,75g cm ⁻³ is gevolg, maar elke laag is teen 8 bar saamgepers totdat dit vir 10 sekondes konstant bly.

elke oggend in aanvang geneem net nadat die potte natgegooi is. Om verdampingsverliese te beperk, is die oppervlakte van die grond en elke pot met 'n lagie vermikuliet bedek.

Logingsverliese/.....

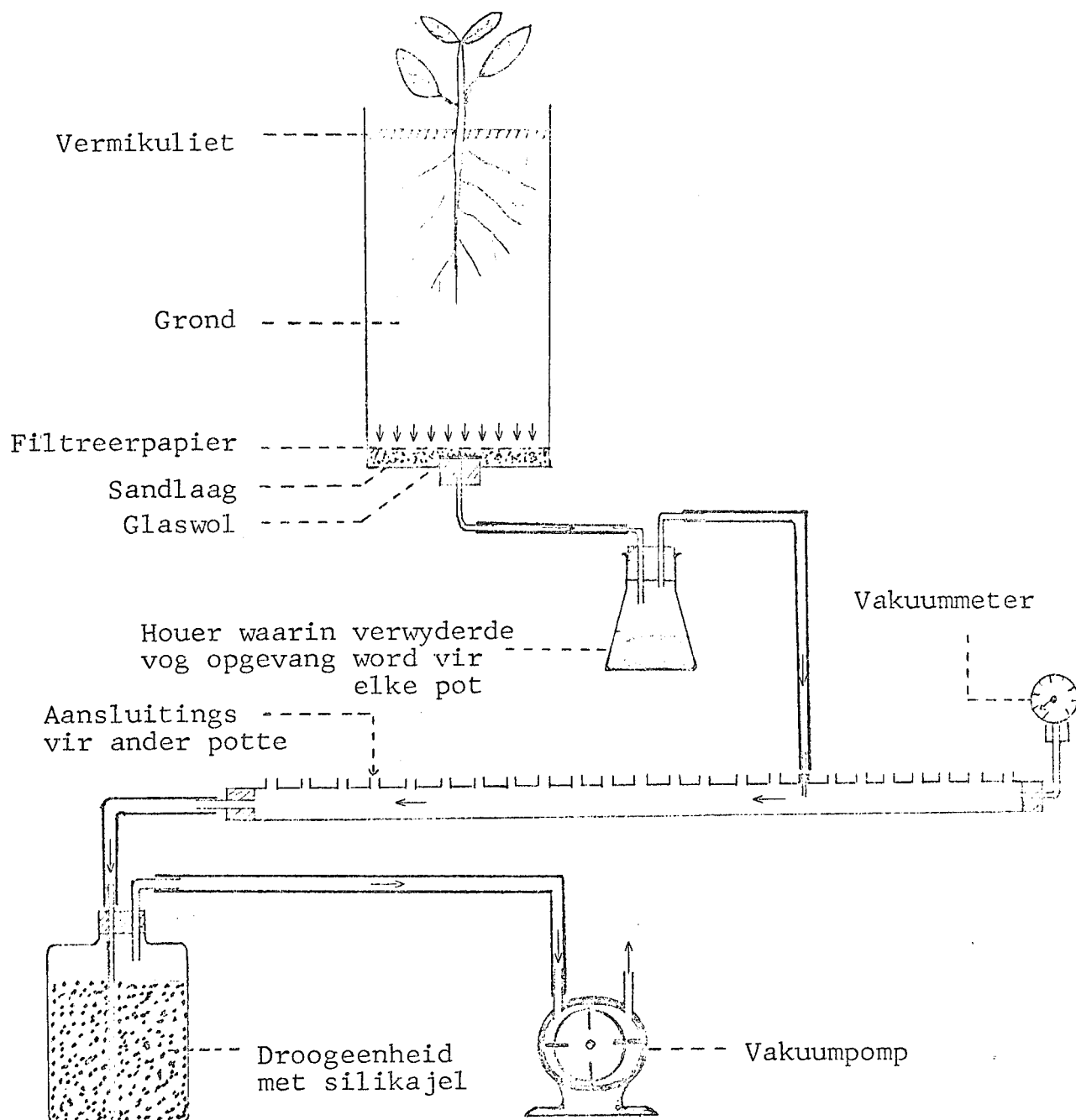


FIG. 4.1 - Skematiese voorstelling van apparate waarmee voldoende deurlugting en konstante grondvog in proefpotte verseker is (Plaat 4.1, foto A)

Logingsverliese van voedingselemente, byvoorbeeld stikstof, is verhoed deur die oplossing wat uit elke pot gesuig word apart op te vang en weer daaglik terug te gooi saam met die aanvullende vog.

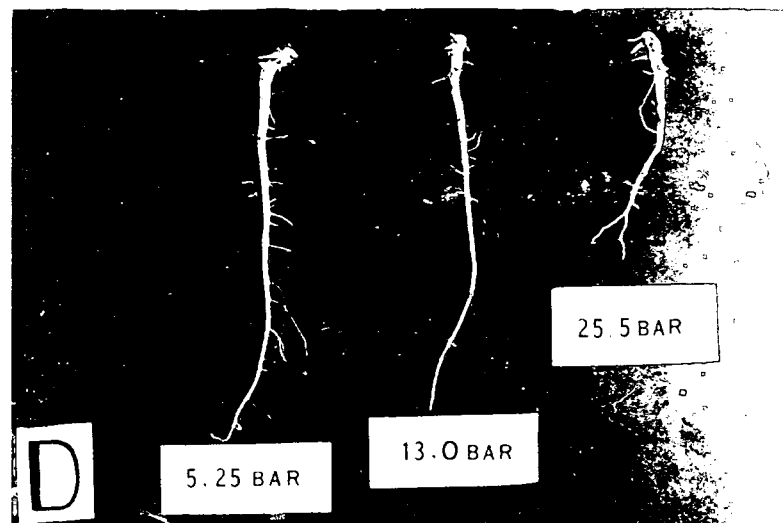
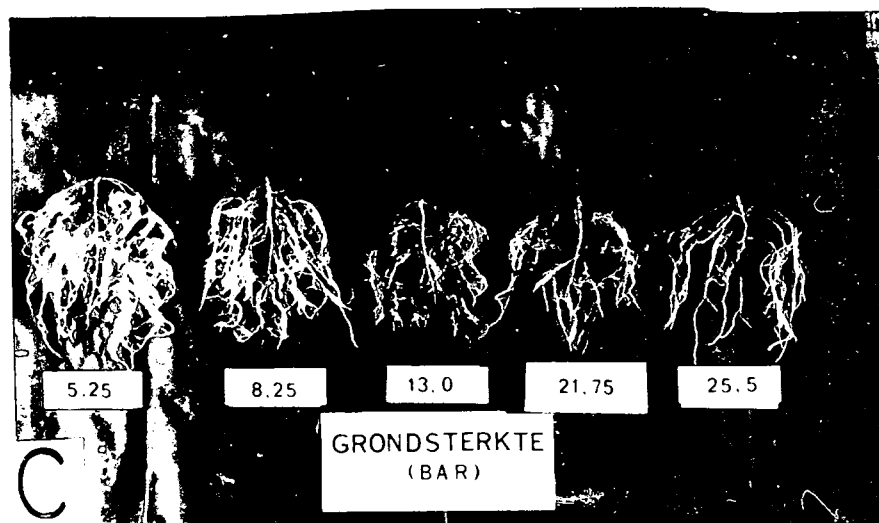
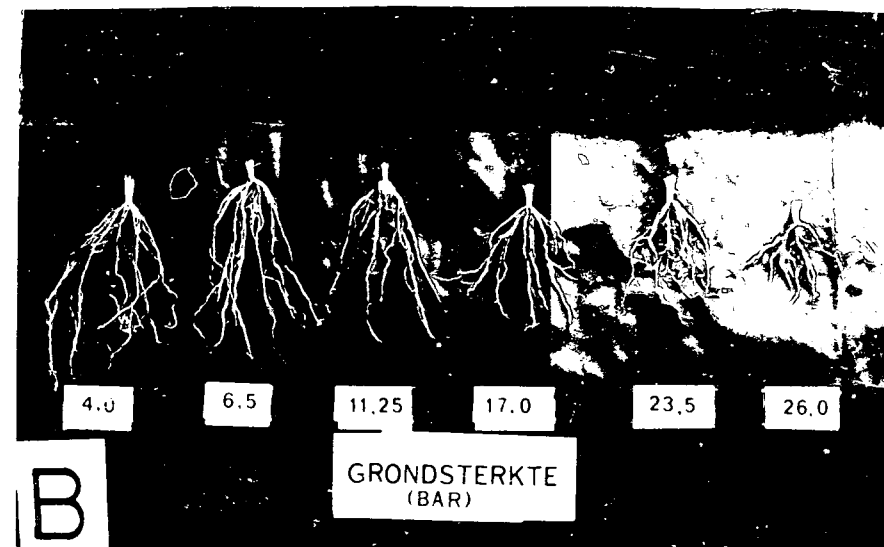
Die hoeveelheid gedistilleerde water, tesame met die uitgesuigde oplossing, wat elke oggend per pot toegedien is, was aanvanklik 175ml in totaal vir die koring (lugtemperatuur 20°C) en 250ml vir die katoen (lugtemperatuur 28°C). Hierdie toedienings was voldoende om te verseker dat daar tussen 25 en 50ml oplossing per pot uitgesuig is. Die daaglikse toediening is egter geleidelik met verloop van die proef verhoog tot ongeveer 200ml by die koringproef en 350ml per pot by die katoenproef sodat 25 tot 50ml uitsuigoplossing per pot per suigperiode gehandhaaf kon word. Hierdie tegniek het 'n konstante en homogene verspreiding van grondvog deur die potte verseker vir die duur van die proef. Die voginhoud van die potte, vir beide proewe, was gemiddeld 10,2% met 11,05 en 9,2% as die uiterste grense. Die suigperiode is met behulp van 'n tydskakelaar gereguleer.

Ander tegnieke wat oorweeg is, is dié gebruik deur Schuurman (1965), naamlik die aanvulling van die vog deur kapillêre styging vanaf 'n vrywatervlak, of aanvulling van vog m.b.v. die weegmetode. Beide hierdie metodes is egter as ondergeskik aan die ontwikkelde tegniek beskou. Met die weegmetode is byvoorbeeld in voorlopige werk gevind dat die voginhoud van die potte baie varieer met diepte.

4.2.4 Bepaling van die grondsterktes van die proefpotte

Die grondsterkte van elke pot is 5 dae na planttyd bepaal na voltooiing van die suigperiode van die betrokke dag. Lesings is op twee plekke in elke pot op elke 2cm indrukdiepte tot op 18cm geneem. Die gemiddeld van al die lesings per pot is geneem as die gemiddelde grondsterkte van die pot. Die grondsterktes was vir die meeste potte konstant met diepte en variasie tussen die duplikaatmetings was nie betekenisvol. Slegs die potte met 'n volumedigtheid van $1,70\text{g cm}^{-3}$ het 'n effense toename in grondsterkte (ongeveer 3 bar oor 18cm) met diepte getoon.

4.3/.....



PLAAT 4.1 A - Opstelling van die proefpotte, B - invloed van grondsterkte op wortellengte en verspreiding van koring, C - effek van grondsterkte op wortelverspreiding van katoen en D - afname in penwortellengte van katoen met toename in grondsterkte

4.3 KORINGPROEF

4.3.1 Proefprosedure

'n Stel van 24 proefpotte is volgens genoemde prosedure gepak en 'n reeks grondsterktes wat tussen 3,5 en 29 bar gevarieer het, is verkry. Die genommerde potte is ewekansig aan die verskillende posisies op trollies in die glashuis toegeken. Ses halfontkiemende sade van die mediumstrooi koringcultivar "Turpin 4" is per pot geplant en daar is sorg gedra dat al die sade ewe diep (2,5cm) geplant is. Die plantjies is 3 dae na opkoms tot 3 plante per pot uitgedun. Die glashuistemperatuur was 20°C vir die eerste 2 weke waarna dit verander is na 25°C in die dag en 15°C nagtemperatuur.

Na opkoms is 250ml 0,2% NH_4NO_3 oplossing per pot toegedien. Die toediening is daarna elke 7 dae herhaal om voldoende stikstofvoorsiening te verseker. Die posisies van die trollies is een maal per week gewissel volgens 'n vooraf bepaalde patroon.

Presies 30 dae na opkoms is die bogrondse dele afgeknip, in teepoloplossing en daarna in gedistilleerde water gewas, vir 48 uur by 70°C gedroog en die massa daarvan bepaal.

Die wortels is, onmiddellik nadat die bogrondse dele verwyder is, sorgvuldig uitgewas uit die potte. Onsuierhede is verwyder deur dit 'n tweede keer te was en daarna met 'n tangetjie skoon te maak. Wortels langer as 10cm is afgeknip en apart behandel. Die keuse van 10cm wortellengte as 'n onderskeidingslengte was 'n blote arbitrêre keuse. Die keuse is gemaak op grond van visuele waarneming dat wortels langer as 10cm uiters beperk is by hoë grondsterktes. Die keuse van 10cm as onderskeidingslengte was inderdaad 'n gelukkige besluit soos uit die korrelasiestudies sal blyk. Daarna is die wortels 48 uur by 70°C gedroog waarna die massas van die wortels langer as en korter as 10cm afsonderlik bepaal is vir elke pot.

Een gram van die gemaalde bogrondse dele is per monster veras, volgens die metode deur Eloff (1971) beskryf, en

opgeneem/.....

opgeneem in 10ml 1:2 HNO_3 . Daarna is dit opgemaak na 100ml met gedistilleerde water. In die geval van klein monsters waar daar nie 1 gram materiaal beskikbaar was nie, is die totale beskikbare massa gebruik. In hierdie oplossing is Na en K vlamfotometries bepaal, terwyl Ca, Mg en Zn atoomabsorpsiespektrofotometries bepaal is. Fosfor is kolorimetries bepaal volgens die geel metode (Eloff, 1971).

4.3.2 Resultate en bespreking

Die resultate is in Bylaes 9 tot 11 saamgevat, terwyl die korrelasies tussen die verskillende veranderlikes in Tabel 4.2 saamgevat word.

Die eerste, indien nie die belangrikste, afleiding is dat grondsterkte geen betekenisvolle invloed op die totale wortelmassa gehad het nie, maar dat toenemende grondsterkte 'n hoogs betekenisvolle afname in die massa wortels langer as 10cm veroorsaak het (Fig. 4.2 en Plaat 4.1, foto B). Die intensiteit van laasgenoemde effek word geïllustreer deur die feit dat die gemiddelde massa wortels langer as 10cm by die lae grondsterktes heelwat hoër as 0,2 g/pot was (met 'n hoogste waarde hoër as 0,3 g/pot, Pot 9) en by die hoogste grondsterkte net-net meer as 0,03 g/pot was (Pot 22). Dit verteenwoordig dus 'n tienvoudige afname in wortelmassa van die hoogste na die laagste massas verkry. Die massa wortels korter as 10cm neem terselfdertyd toe met 'n toename in grondsterkte. Hoewel die totale wortelmassa konstant bly met toename in grondsterkte neem die wortellengte dus af en word die wortels in die boonste paar sentimeters van die grond gekonsentreer. Dit impliseer dat die volume grond wat effektief deur die wortels benut is, afgeneem het met 'n toename in grondsterkte.

Tweedens is waargeneem dat die bogrondse plantmassa hoogs betekenisvol afgeneem het met 'n toename in grondsterkte (Fig. 4.3) en afname van die massa van die wortels langer as 10cm (Fig. 4.4). Totale wortelmassa en die massa wortels korter as 10cm het geen betekenisvolle invloed op plantmassa gehad nie. Volgens hierdie resultate is bogrondse plantmassa nie afhanklik van wortelmassa nie, maar wel afhanklik van

wortellengte/.....

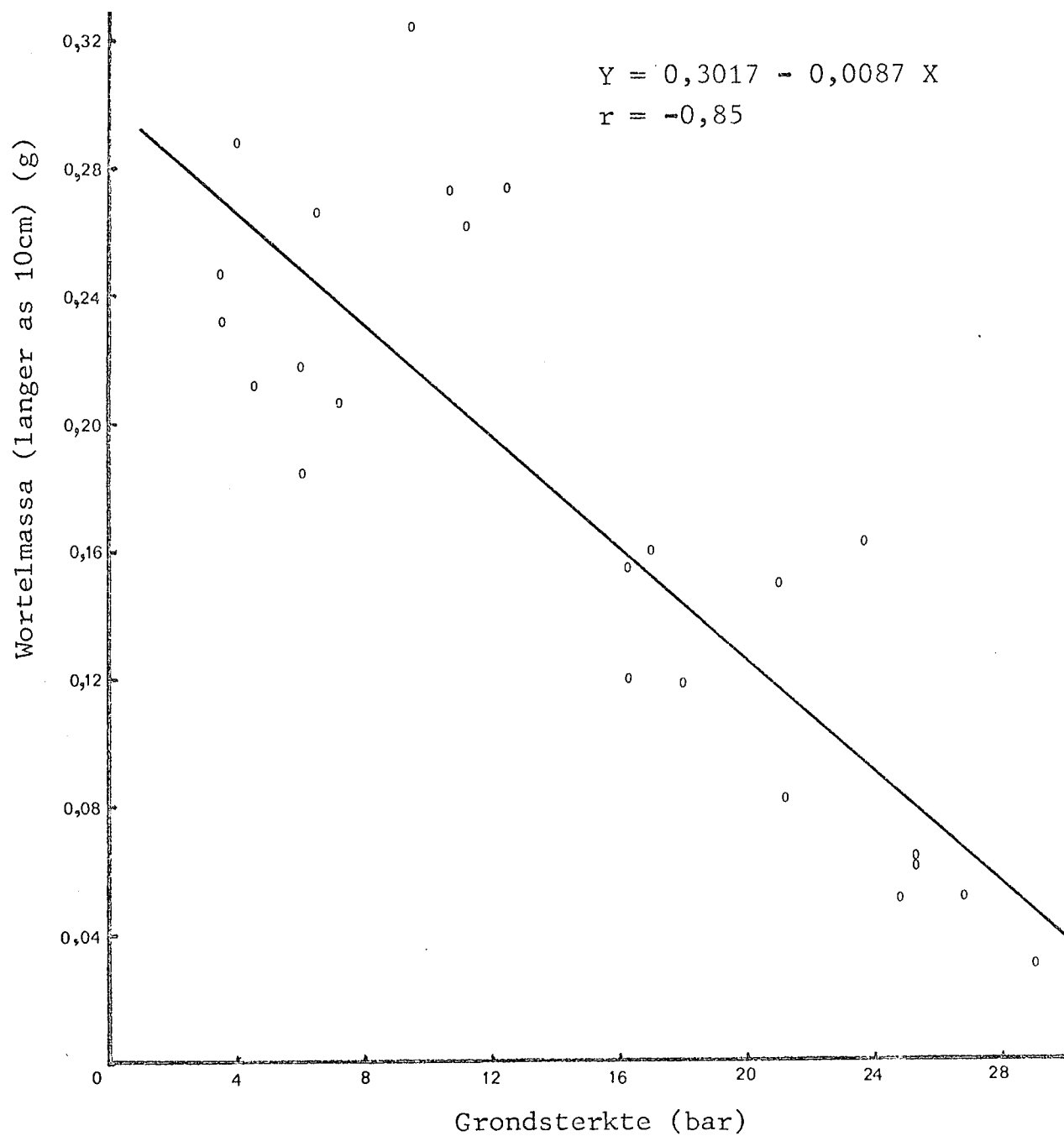


FIG. 4.2 - Verband tussen grondsterkte en massa wortels langer as 10cm vir koring

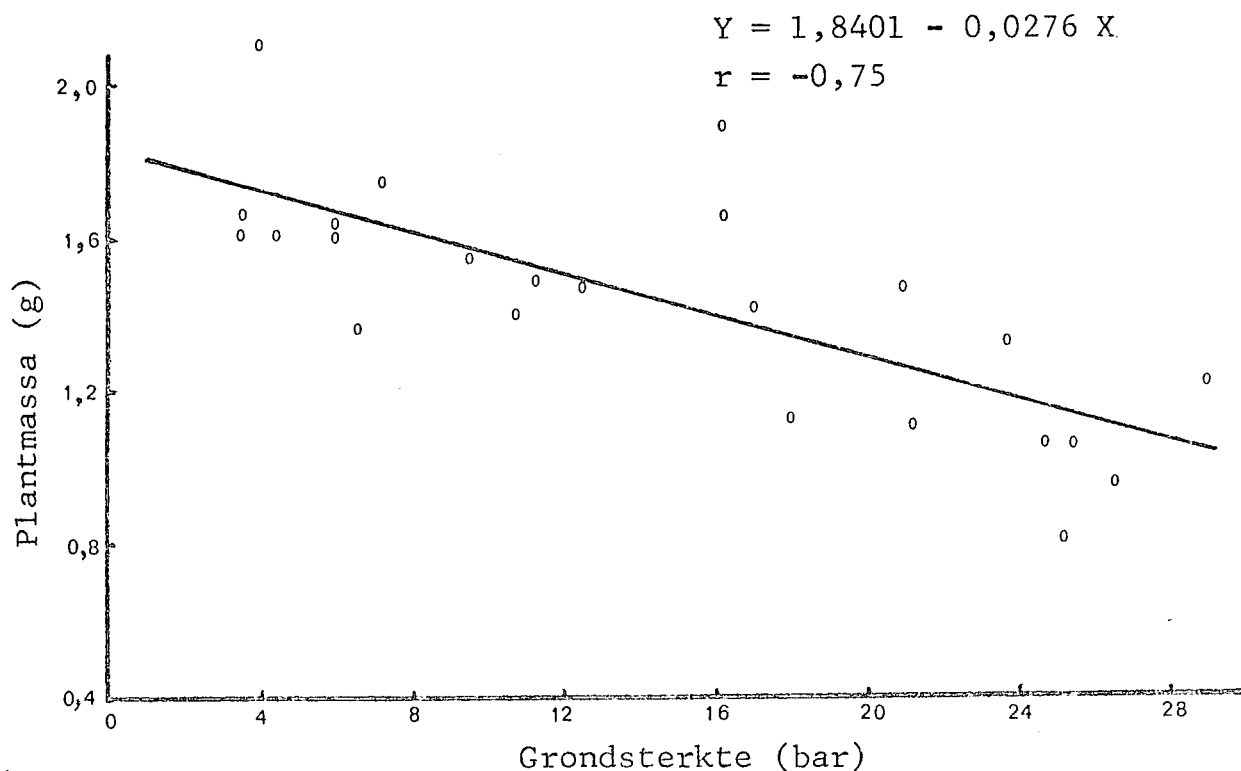


FIG. 4.3 - Effek van grondsterkte op boggrondse plantmassa van koring

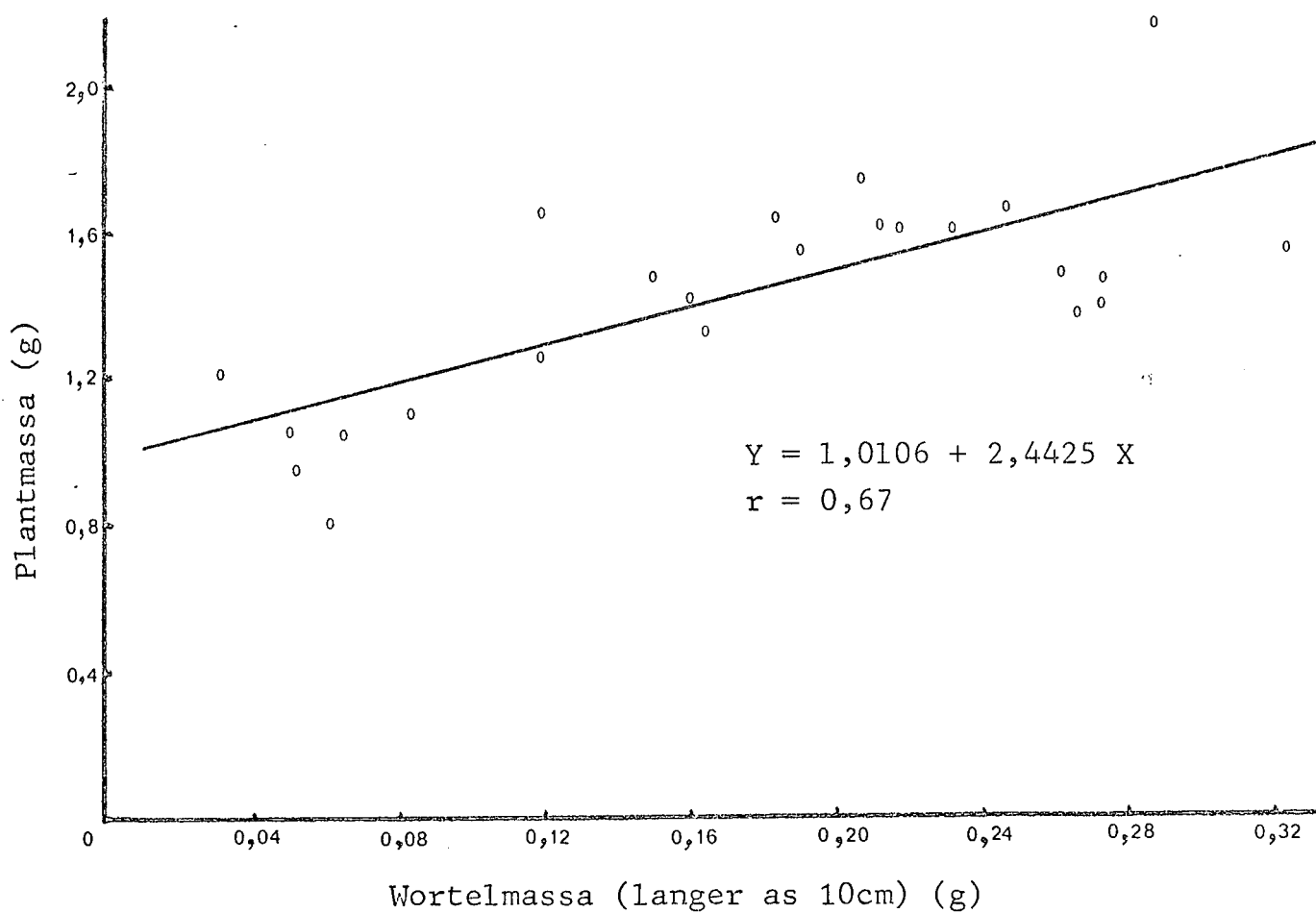


FIG. 4.4 - Verband tussen boggrondse plantmassa en massa wortels langer as 10cm, by koring

TABEL 4.2 - Korrelasie tussen verskillende veranderlikes
in die koringproef

Onafhanklike veranderlike (X)	Afhanklike veranderlike (Y)	Verwantskap	Korrelasie= koëffisiënt
grondsterkte	boggrondse plantmassa	lineêr	-0,75***
grondsterkte	totale wortelmasa	-	n.b.
grondsterkte	wortelmasa (korter as 10cm)	lineêr	+0,56*
grondsterkte	wortelmasa (langer as 10cm)	lineêr	-0,85***
grondsterkte	<u>boggrondse masa</u> wortelmasa verhouding	logaritmies	-0,84***
wortelmasa (langer as 10cm)	plantmasa	lineêr	+0,67**
totale wortelmasa	plantmasa	-	n.b.
wortelmasa (korter as 10cm)	plantmasa	-	n.b.
Grondsterkte	Ca-konsentrasie	lineêr	-0,86***
Grondsterkte	Ca-opname	lineêr	-0,85***
Wortelmasa (langer as 10cm)	Ca-konsentrasie	lineêr	+0,70***
Wortelmasa (langer as 10cm)	Ca-opname	lineêr	+0,70***
Grondsterkte	K-konsentrasie	lineêr	-0,93***
Grondsterkte	K-opname	lineêr	-0,88***
Wortels (langer as 10cm)	K-konsentrasie	lineêr	+0,82***
Wortels (langer as 10cm)	K-opname	lineêr	+0,77***
Grondsterkte	Na-konsentrasie	-	n.b.
Grondsterkte	Mg-konsentrasie	-	n.b.
Grondsterkte	Zn-konsentrasie	-	n.b.
Grondsterkte	P-konsentrasie	lineêr	-0,58*
Grondsterkte	P-opname	lineêr	-0,69***

Grondsterkte/.....

Onafhanklike veranderlike (X)	Afhanklike veranderlike(Y)	Verwantskap	Korrelasie= koëffisiënt
Grondsterkte	K/Mg verhouding	lineêr	-0,84***
Grondsterkte	Ca/Mg verhouding	lineêr	-0,89***
Grondsterkte	K/Ca verhouding	-	n.b.
Grondsterkte	Na/K verhouding	-	n.b.

*** betekenisvol by $P = 0,001$

** betekenisvol by $P = 0,01$

* betekenisvol by $P = 0,05$

n.b. nie betekenisvol

wortellengte, d.w.s. van die volume grond wat effektief deur die wortels benut word. Laasgenoemde is weer direk afhanklik van grondsterkte.

Mits monsters 15 en 16 (Bylaag 9) weggelaat word, word 'n besonder interessante patroon gevind vir die verband tussen grondsterkte en die verhouding bogrondse plantmassa : wortel= massa, soos in Fig. 4.5 aangetoon. (Potte 15 en 16 se bodele : wortels verhoudings is abnormaal hoog as gevolg van abnormaal hoë bogrondse plantmassas (Bylaag 9). Laasgenoemde is weer gekoppel aan abnormaal hoë fosforkonsentrasies in die plante, soos blyk uit Bylaag 10.).

Die verwantskap in Fig. 4.5 aangetoon, bestaan basies uit twee dele, met 'n grondsterkte van 8 bar as kritiese grens tussen die twee dele. By grondsterktes laer as 8 bar neem die verhouding bodele : wortels skerp toe met afnemende grondsterktes. By grondsterktes hoër as 8 bar word genoemde verhouding nie veel beïnvloed deur grondsterkte nie. Laasgenoemde word veral bevestig deur na die werklike waargenome waardes te kyk, eerder as na die verloop van die lyn wat die beste passing gee. Die verkreë patroon beteken dat die doeltreffendheid van die wortelstelsel, per eenheid wortel= massa, om bodele te produseer feitlik konstant was by grondsterktes hoër as 8 bar. By grondsterktes laer as 8 bar neem die doeltreffendheid van die wortels, per eenheid wortel= massa, egter skerp toe met dalende grondsterkte. Uit die

oogpunt/.....

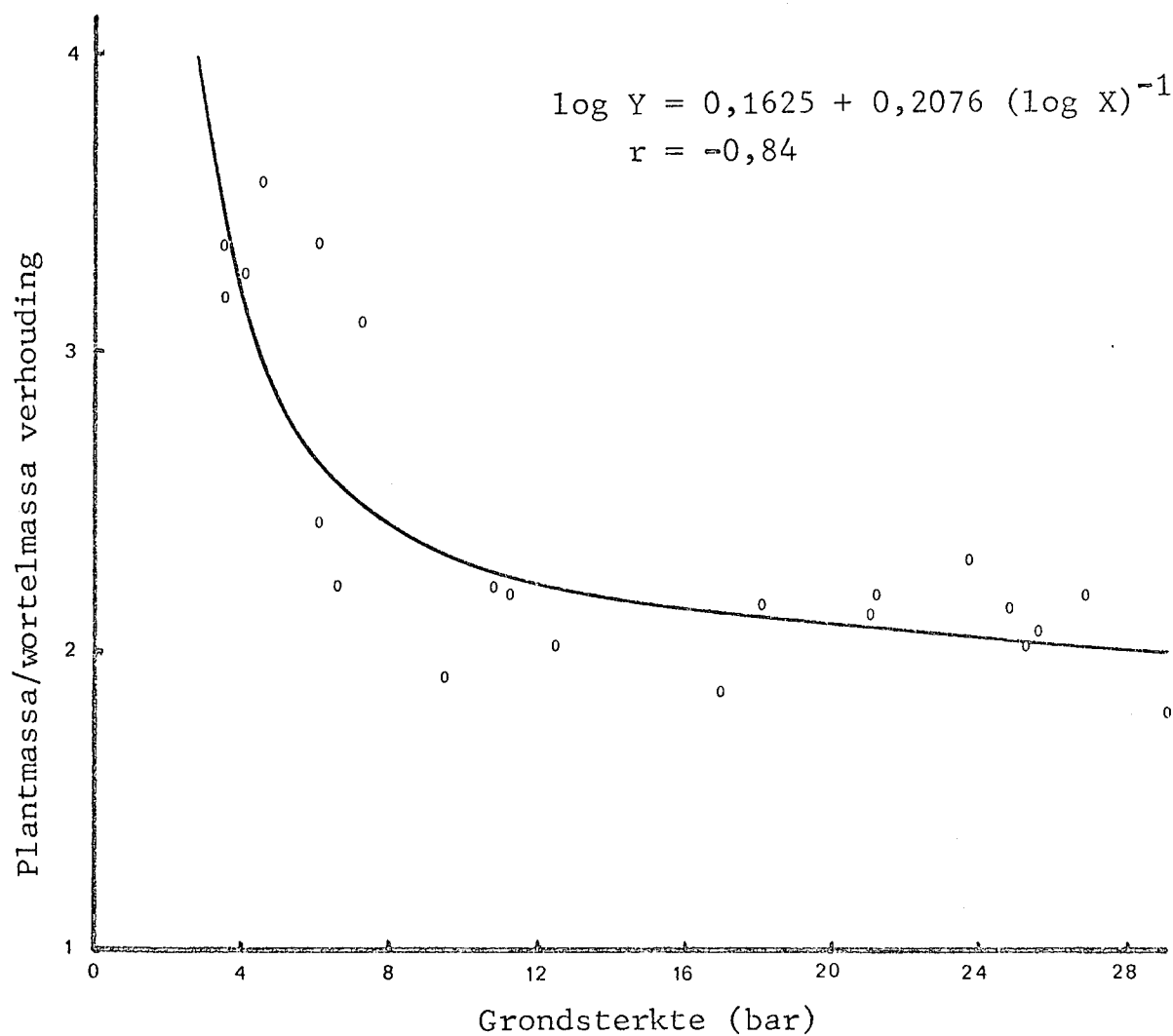


FIG. 4.5 - Invloed van grondsterkte op die verhouding tussen die bodele en wortels van koring

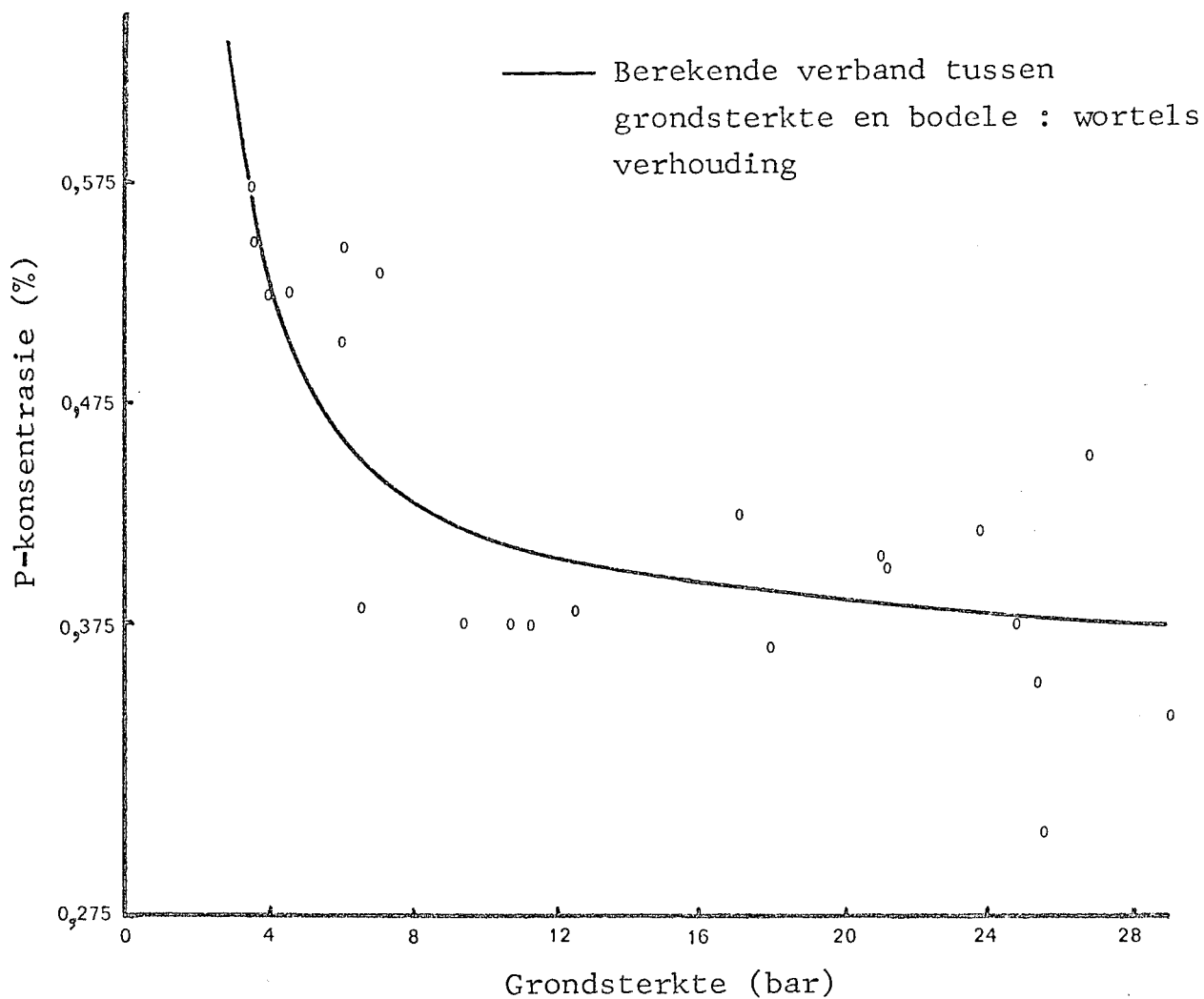


FIG. 4.6 - Verband tussen grondsterkte en P-konsentrasie van koringblare om die verwantskap tussen P-konsentrasie en worteldoeltreffendheid aan te toon
(Presies dieselfde kurwe en grafiek, van Fig. 4.5, waarop die P-konsentrasies aangebring is).

oogpunt van worteldoeltreffendheid behoort die oogmerk, met die spesifieke kombinasie van grond en gewas, klaarblyklik eerstens te wees om 'n grondsterkte laer as 8 bar te verkry en tweedens om die grondsterkte so ver as moontlik onderkant 8 bar te kry.

In Fig. 4.6 word die fosforkonsentrasies in die plante van die 22 potte, wat in Fig. 4.5 aangebied is, oorliggend op die verband tussen bodele : wortels verhouding en grondsterkte gestel. Hieruit is dit duidelik dat die fosforkonsentrasies se algemene patroon baie beslis laasgenoemde verwantskap naboots. Dit skyn dus asof die doeltreffendheid van die wortels om bodele te produseer ten nouste saamhang met die doeltreffendheid van die wortels om die fosforkonsentrasie in die bodele te verhoog. Selfs potte 15 en 16 staaf laasgenoemde stelling.

In Hoofstuk 2 is aangetoon dat grondsterktes laer as 8 bar nie in die veldondersoek voorgekom het nie. Onder die normale veldtoestande in die studiegebied heers dus deurgaans die posisie waar fosforkonsentrasies in die bodele nie wesenlik deur grondsterkte beïnvloed word nie. Terselfdertyd kom dit daarop neer dat worteldoeltreffendheid ten opsigte van fosforopname en produksie van bogrondse groei onder die waargenome veldtoestande beslis suboptimaal sal wees, as die huidige studie se gegewens as maatstaf geneem moet word.

Indien al die potte (15 en 16 ingesluit) in berekening gebring word, word 'n betekenisvolle lineêre daling in fosforkonsentrasie in die bodele gevind by toenemende grondsterkte (Fig. 4.7 en Tabel 4.2). Totale hoeveelheid fosfor opgeneem, daal ook lineêr met toenemende grondsterkte (Fig. 4.8 en Tabel 4.2). Aangesien bogrondse plantmassa gedaal het met toenemende grondsterkte en aangesien totale hoeveelheid voedingstof in die bodele 'n gekombineerde effek van voedingstofkonsentrasie en plantmassa is, moet verwag word dat enige daling in voedingstofkonsentrasie gepaard sal gaan met 'n baie skerper daling in hoeveelheid voedingstof in die bodele. Die hoeveelheid fosfor in die bodele daal dan ook van meer as 9mg per pot by die laagste grondsterktes tot

minder/.....

minder as 3mg per pot by die hoogste grondsterktes (Bylaag 11).

Beide kaliumkonsentrasie in die bodele (Fig. 4.9) en kaliumopname (Fig. 4.10) het hoogs betekenisvolle dalings getoon met toenemende grondsterktes. Hierdie korrelasies was besonder goed. Die hoeveelheid kalium in die bodele is verminder van meer as 80mg per pot tot slegs sowat 30mg per pot (Bylaag 11).

Dieselfde tendense as vir kalium is ook met kalsium gevind (Figure 4.11 en 4.12 en Bylaag 11).

Die magnesiumkonsentrasie in die plante is nie deur grondsterkte beïnvloed nie. Voortvloeiend hieruit en uit die effekte wat in die vorige twee paragrawe beskryf is, is gevind dat daar 'n hoogs betekenisvolle daling in die K : Mg verhouding en die Ca : Mg verhouding by toenemende grondsterktes in die plante was (Figure 4.13 en 4.14).

Die konsentrasie en die hoeveelheid kalium in die bodele het baie goed gekorreleer met die massa wortels langer as 10cm (Tabel 4.2). Die patroon vir kaliumkonsentrasies word in Fig. 4.15 voorgestel. Met kalsium is dieselfde effekte gevind (Tabel 4.2).

'n Afname in die K-, Ca- en P-konsentrasies in sonneblomblare, gemonster op 20 dae, met toename in kompaksie is ook waargeneem deur Murty (1964). Dieselfde tendens is ten opsigte van die K-konsentrasie in suikerrietblare waargeneem deur Cleasby (1964) en t.o.v. P en K in mielieblare deur Batchelder (1971).

Daar bestaan drie moontlike verklarings vir die bevinding dat kalium-, kalsium- en fosforopname deur die koring belemmer is deur toenemende grondsterktes. Die eerste verklaring berus op die basis dat die wortels by hoë grondsterktes ingeperk is in al kleiner volumes van 'n grond met 'n lae klei-inhoud en lae bufferkapasiteit ten opsigte van die aanvulling van uitruilbare K uit die nie-labiele poel (Laker, 1970). Die gevolg is dat die labiele K vinnig deur die hoë konsentrasie wortels verbruik word en dat die vrystelling van die elemente uit die nie-labiele vorms daarna te stadig plaasvind

om/.....

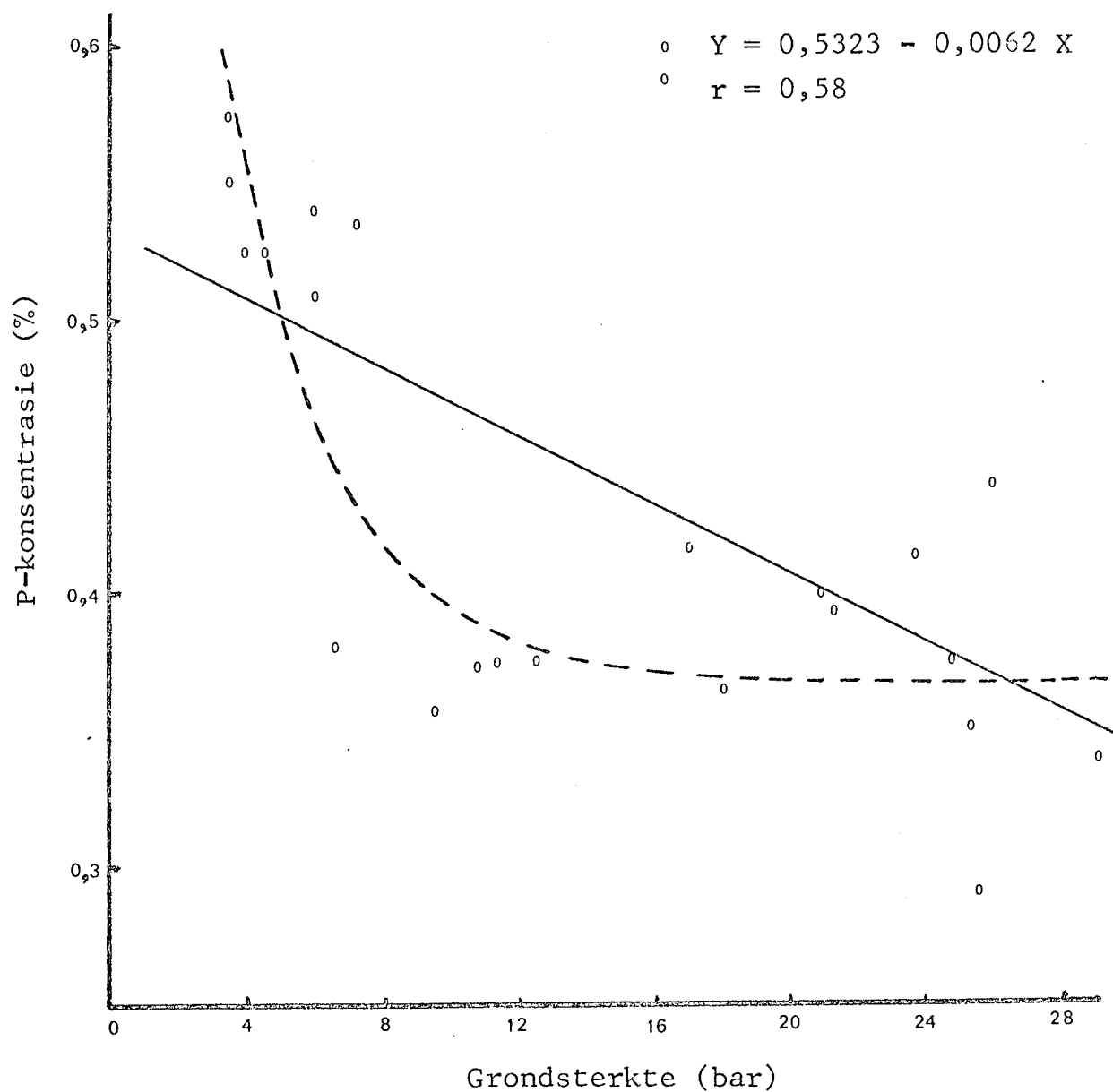


FIG. 4.7 - Invloed van grondsterkte op die P-konsentrasie van koringblare
 - - - sonder potte 15 & 16 (lyn nie bereken)

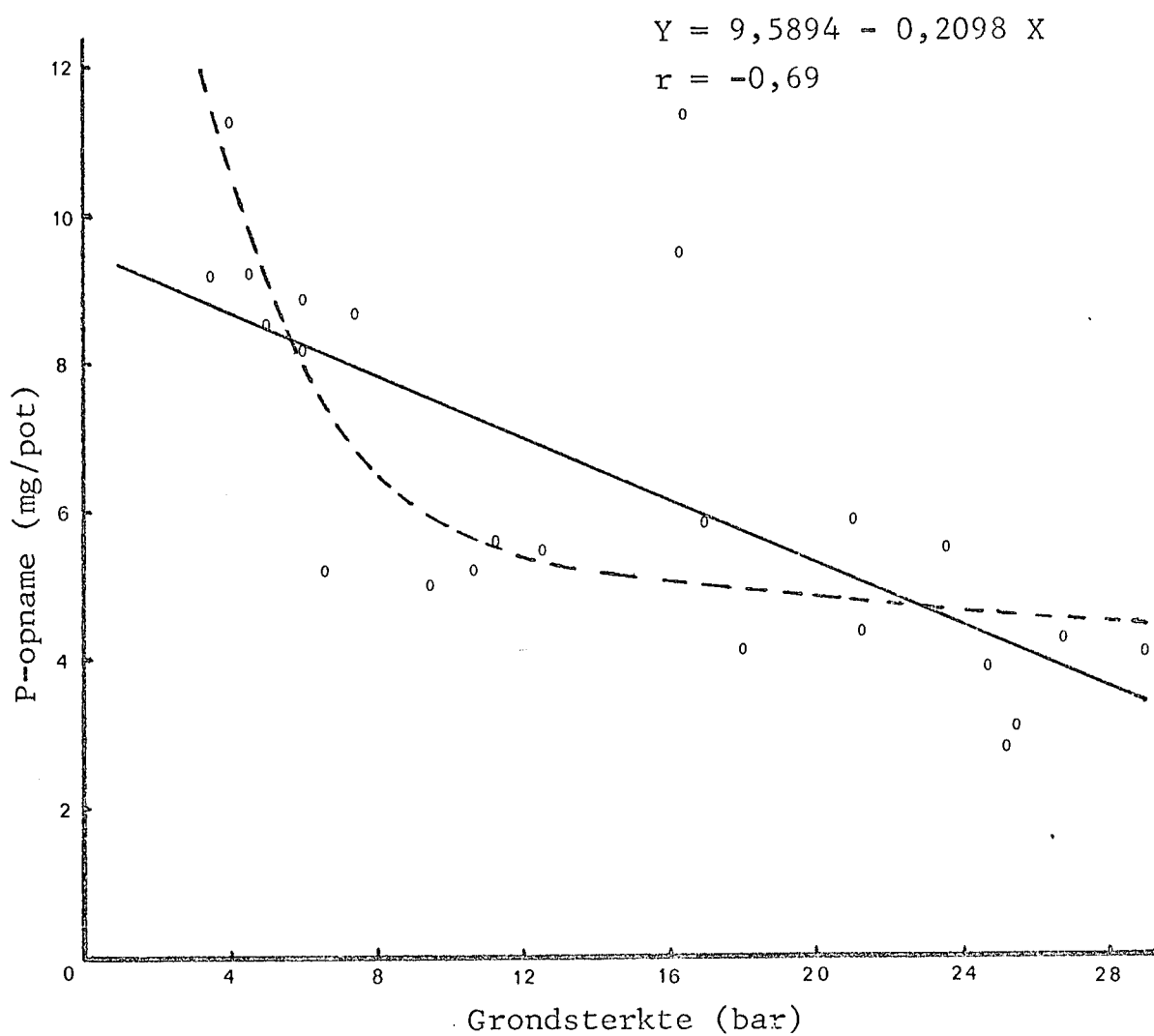


FIG. 4.8 - Effek van grondsterkte op die P-opname van koring
 - - - sonder potte 15 & 16 (lyn nie bereken)

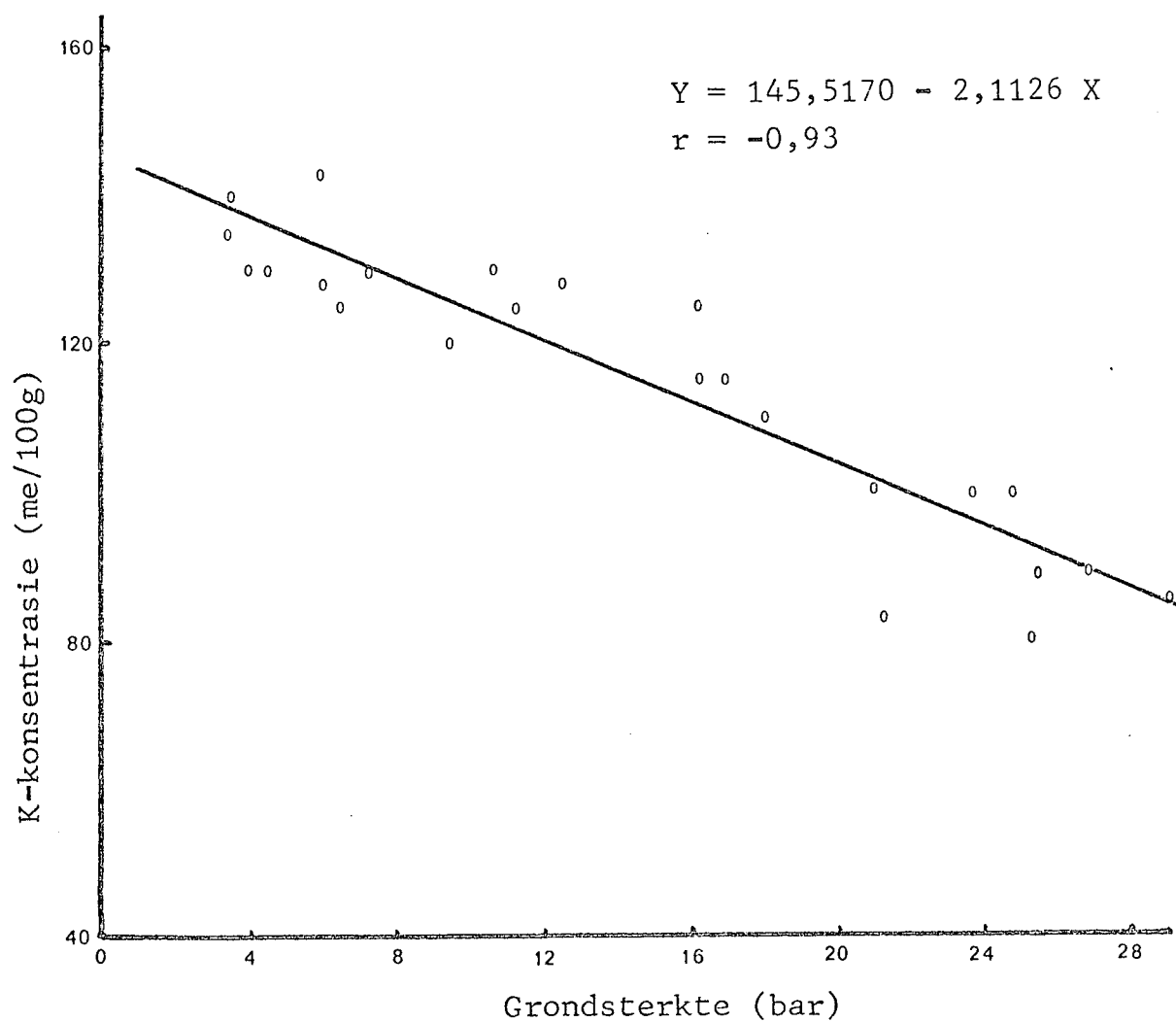


FIG. 4.9 - Verband tussen K-konsentrasie in koringblare en grondsterkte

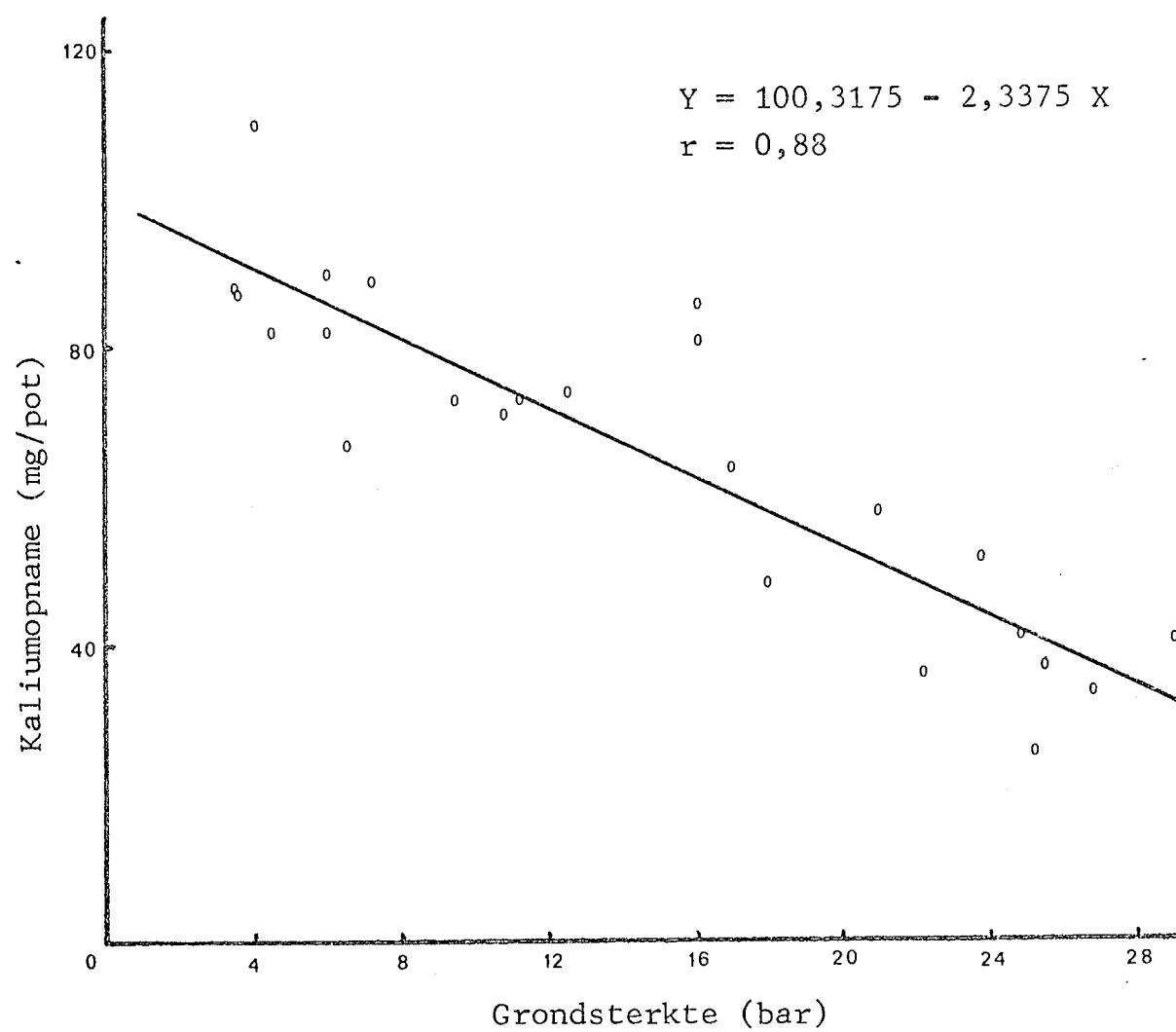


FIG. 4.10 - Effek van grondsterkte op die K-opname van koring

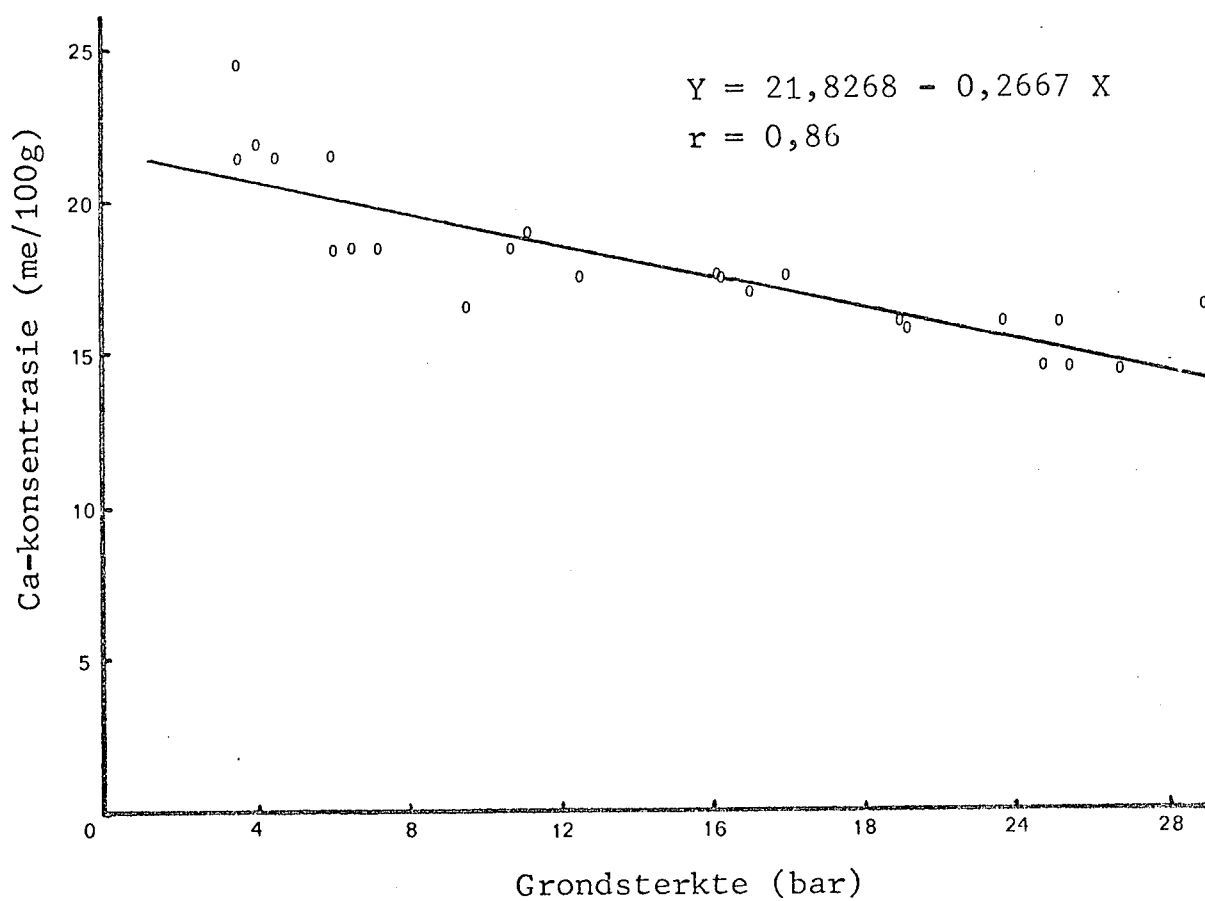


FIG. 4.11 - Verband tussen grondsterkte en die Ca-konsentrasie in koringblare

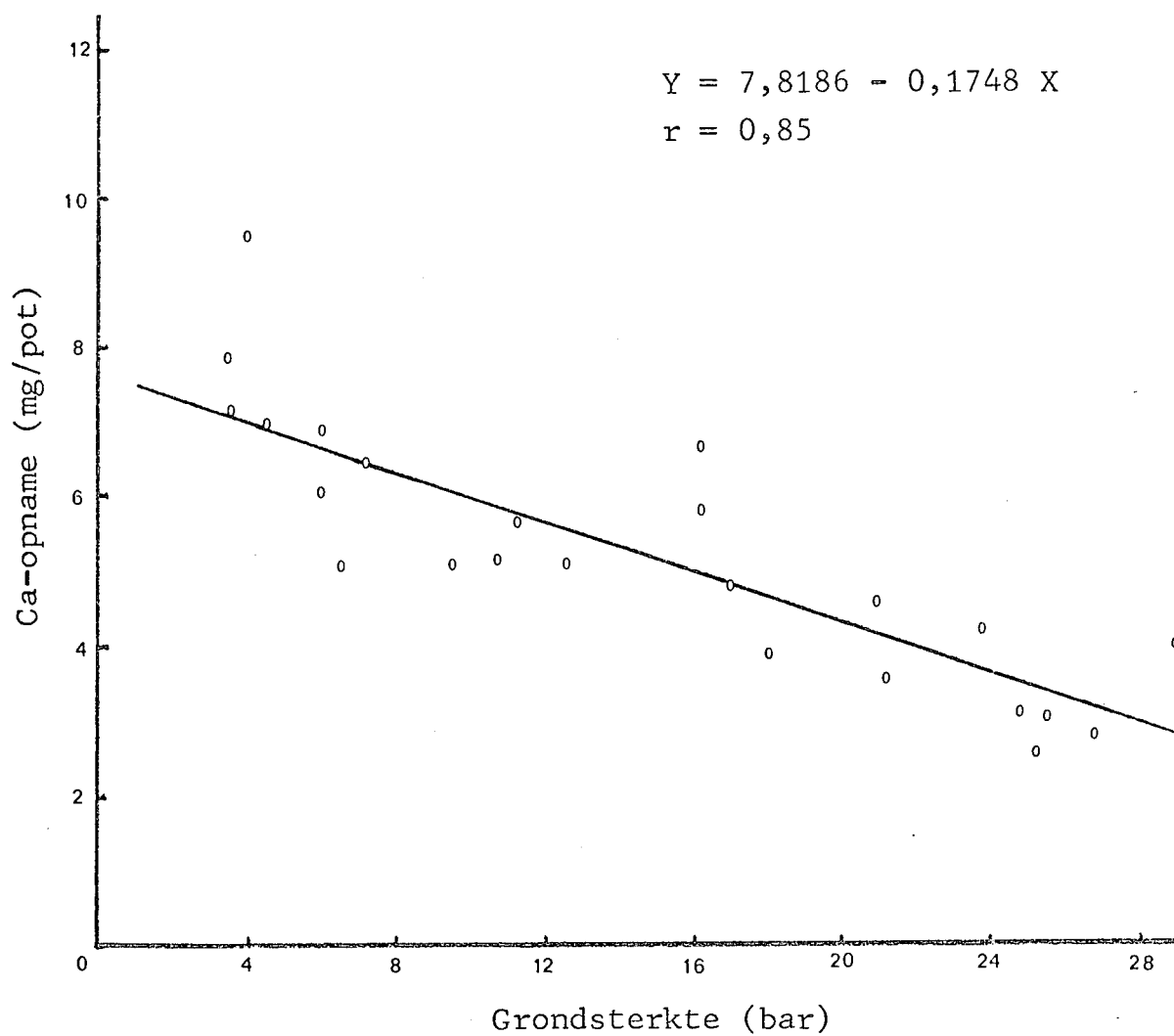


FIG. 4.12 - Invloed van grondsterkte op die Ca-opname van koring

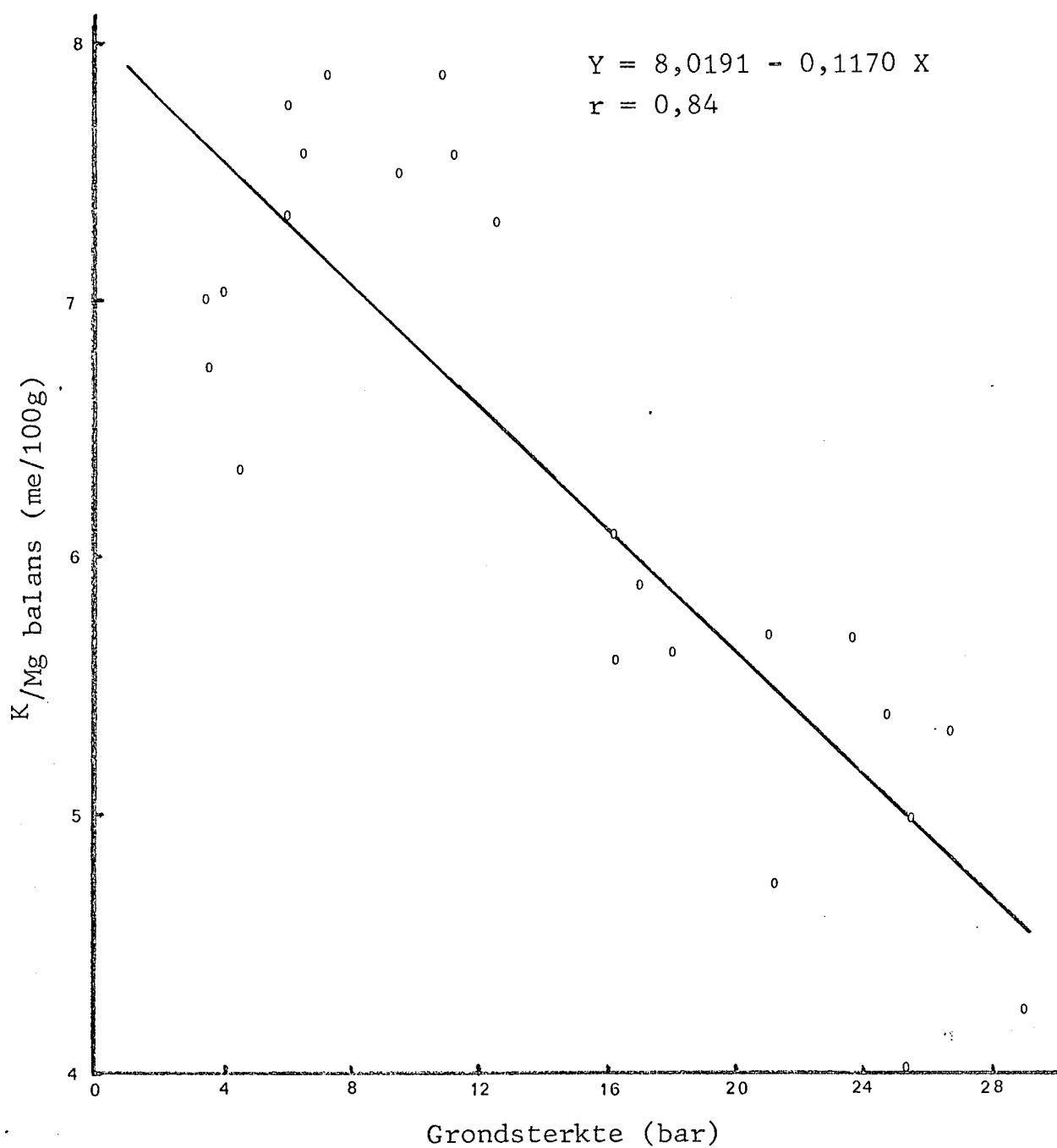


FIG. 4.13 - Effek van grondsterkte op die balans tussen K en Mg in die blare van koring

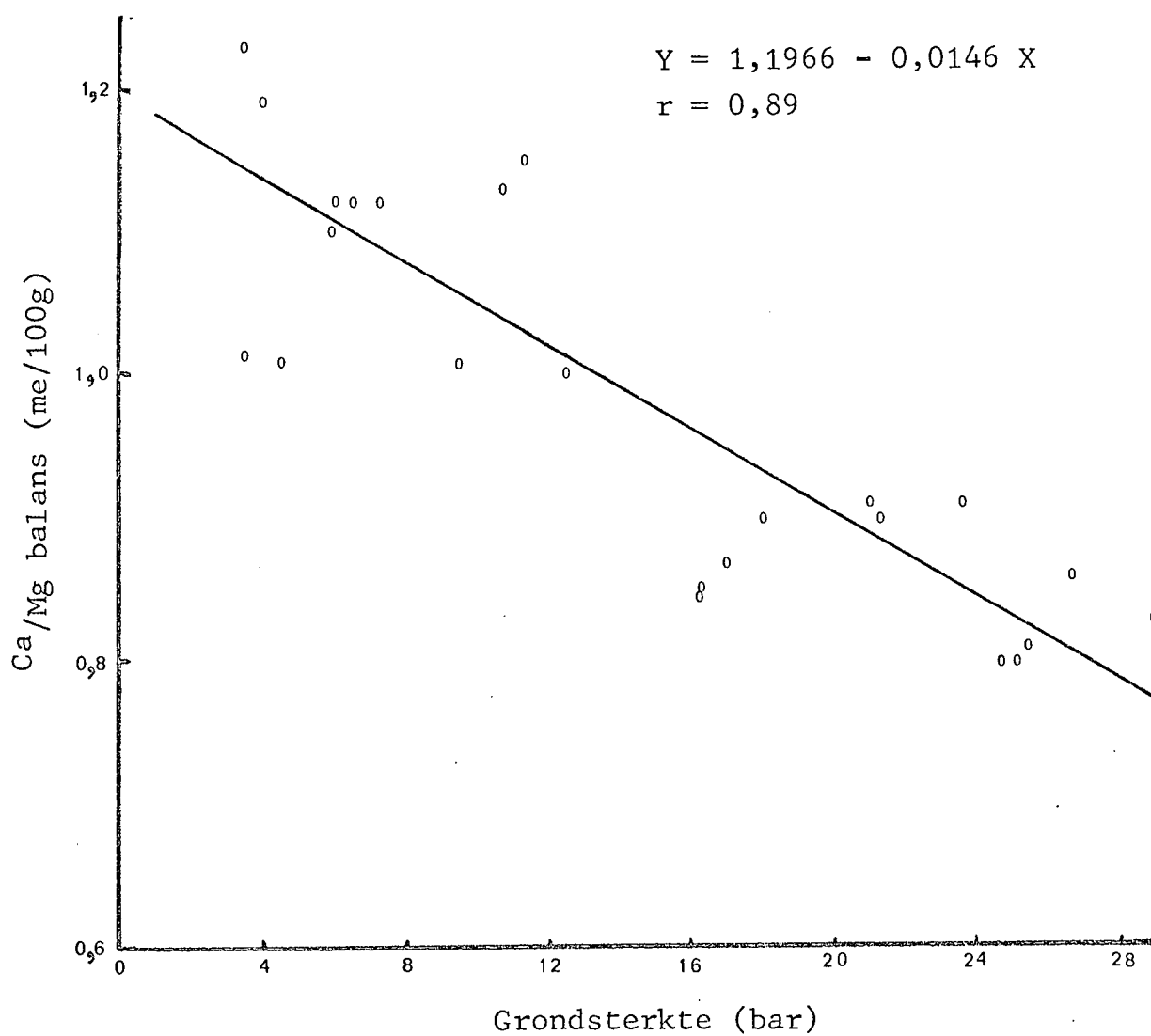


FIG. 4.14 - Invloed van grondsterkte op die balans tussen Ca en Mg in die blare van koring

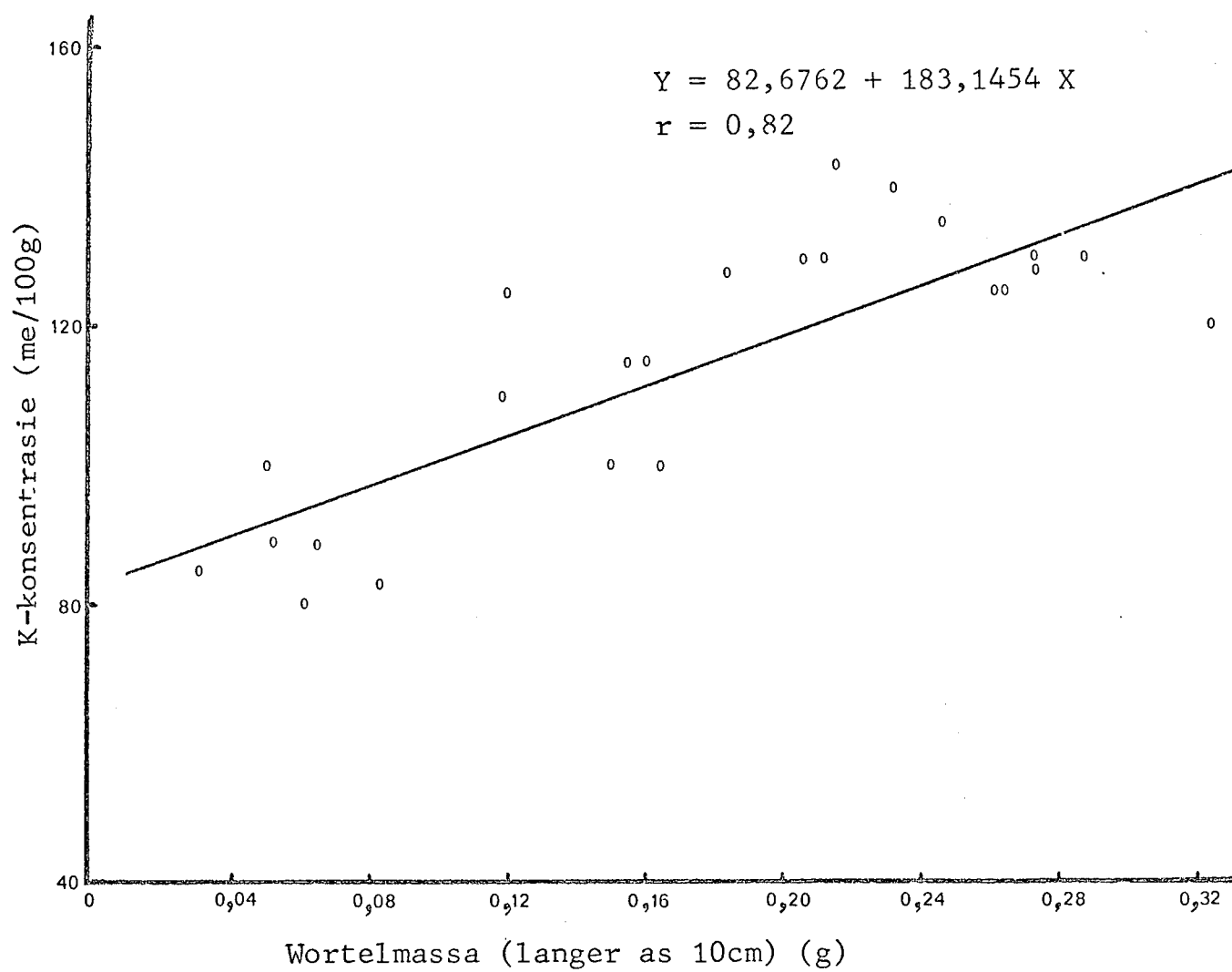


FIG. 4.15 - Effek van wortels langer as 10cm op K-konsentrasie in koringblare

om in die behoeftes van die plant te voorsien. By toenemende grondsterktes het 'n al groter volume grond in elke pot ook onbenut gebly en die voedingstowwe in daardie volume grond kon gevolglik geen bydrae maak tot plantvoedingstofopname nie.

Die groter hoeveelhede lang wortels wat by die lae grondsterktes gevind is, het gelei tot 'n beter benutting van die totale volume beskikbare grond deurdat die wortels daardie grond deurkruis het. Om die rede is dan ook die positiewe korrelasies tussen lang wortels en kaliumopname gevind.

Basies kan voorafgaande redenasies ook ten opsigte van kalsium en fosfor toegepas word.

Ten opsigte van kalium en kalsium kan daarop gewys word dat Eloff (1971) aangetoon het dat die Manganogronde van Vaalharts in twee duidelike onderskeibare gebiede ingedeel kan word. Ten spyte van prakties geen verskille tussen die uitruilbare kalium- en kalsiuminhoud van die gronde van die twee gebiede nie, was die kalium- en kalsiuminhoud van koring uit die een gebied feitlik deurgaans laer as in koring uit die ander gebied. Dit dui daarop dat die aanvulling van kalium (en kalsium) uit nie-uitruilbare vorms in die een gebied se gronde baie swakker is as dié uit die ander gebied se gronde. Die grond wat in die huidige studie gebruik is, kom uit die gebied wat, volgens Eloff (1971) se gegewens, 'n swak leweringsvermoë van genoemde elemente het. Die labiele poel van hierdie gronde sou dus na verwagting makliker uitgeput word, soos voor beskryf is.

Die tweede moontlike verklaring berus daarop dat, met 'n toename in grondsterkte, die worteldeursnit toeneem (Gill & Bolt, 1955 en Abdalla et al., 1969) en wortelvertakking, d.w.s. die aantal sy- en haarwortels, afneem (persoonlike waarnemings en Batchelder, 1971), met 'n gevolglike afname in die aktiewe sorpsie-oppervlakte per eenheidsmassa wortels. Die gevolg is dat, hoewel die totale wortelmassa nie afneem nie, die aktiewe sorpsie-oppervlakte of soortlike oppervlakte van die wortels afneem met toename in grondsterkte. Die

doeltreffendheid/.....

doeltreffendheid van die wortels ten opsigte van voeding=stofopname sal dan na verwagting dienooreenkomstig afneem. Na verwagting sal die opname van veral fosfor sterk beïnvloed word deur laasgenoemde meganisme omdat fosfor so onoplosbaar en immobiel in die grond is. Opname daarvan sal dan na verwagting ten nouste gekoppel wees aan die effektiewe sorpsie-oppervlakte wat direk in aanraking met opneembare fosfor kom.

Die derde moontlikheid is dat beide bogenoemde effekte 'n rol speel in die betrokke gronde onder bespreking. Laasgenoemde is waarskynlik die mees aanvaarbare moontlikheid.

Die effek van K : Mg wanbalanse by hoë grondsterktes verdien nadere beskouing in die lig van resultate wat in die O.V.S.-streek verkry is. In die huidige studie was die verandering in balans die gevolg van veranderinge in die kaliumkonsentrasie, terwyl die magnesiumkonsentrasie in die plante konstant gebly het. Dit moet onthou word dat die voedingstofinhoud van die grond nie gevarieer is nie. Laker (1967) het eerste vir 'n klein aantal sultanablaarmonsters gevind dat die kaliuminhoud van meer as 50 persent van die monsters laag was. Die magnesiumkonsentrasies was egter konstant. Dit kom neer op dieselfde patroon as voor beskryf. Die verskille kon nie verklaar word op grond van verskille in die uitruilbare katiooninhoud van die gronde nie. Van der Merwe et al. (1969) het ook K : Mg wanbalanse in "rooi=dood" katoen aangetoon. In die geval was dit egter nie net as gevolg van verlaagde kaliumkonsentrasies in die blare nie, maar magnesiumkonsentrasies was terselfdertyd hoër. Dit is reeds aangetoon dat hoë grondsterktes 'n algemene verskynsel in die veld is en dus beslis 'n rol mag speel by die waargenome effekte.

4.4 KATOENPROEF

4.4.1 Proefprosedure

Twintig proefpotte met grondsterktes wat tussen 4,5 en 25,5 bar gevarieer het, is volgens die bespreekte prosedures voorberei. Die genommerde potte is ewekansig aan

verskillende/.....

verskillende posisies op trolles in die glashuis toegeken. Drie half-ontkiemde sade van die katoencultivar "Cape Acala" (seleksie nr. 997) is per pot geplant teen 'n konstante plantdiepte van 2,5cm. Die plantjies is drie dae na opkoms uitgedun na een plant per pot. Die dagtemperatuur van die glashuis het gevarieer tussen 27 en 30°C en die nagtemperatuur tussen 20 en 22°C.

'n Stikstoftoediening van 250ml 0,2% NH_4NO_3 oplossing per pot is na opkoms gemaak en daarna elke 7 dae herhaal. Die posisies van die trolles is een maal per week gewissel volgens 'n voorafbepaalde patroon.

Die bogrondse plantdele is 33 dae na opkoms afgeknip, eers in 'n teepoloplossing en daarna in gedistilleerde water gewas. Die volwasse blare is van die stingels geskei, vir 48 uur by 70°C gedroog en die massa bepaal.

Terselfdertyd is die wortels sorgvuldig uit die potte gewas. Die onsuierhede is verwyder deur die wortels 'n tweede maal te was en daarna met 'n tangetjie die orige onsuierhede te verwyder. Nadat die penwortellengtes bepaal is, is die wortels vir 48 uur by 70°C gedroog en die massas bepaal.

Die volwasse blare is chemies ontleed volgens dieselfde prosedures wat by die koringproef beskryf is.

4.4.2 Resultate en bespreking

Die resultate word in Bylaes 12 en 13 saamgevat en die korrelasies tussen die verskillende parameters word in Tabel 4.3 weergegee.

By die interpretasie van die resultate wat in hierdie proef met katoen verkry is, moet vooraf daarop gewys word dat die proef baie onegalig was in vergelyking met die koringproef. Hiervoor is daar skynbaar verskeie redes. Die eerste is dat, weens die grootte van katoenplante, slegs een plant per pot gebruik kon word. In die koringproef kon die drie plante per pot individuele variasies uitkanselleer. Tweedens was die plante veral aanvanklik besonder onegalig en sou 'n langer groeiperiode hierdie effek beter

kon/.....

TABEL 4.3 - Korrelasie tussen grondsterkte, plantmassa, wortelmassa, penwortellengte, konsentrasie plantvoedingstowwe in die blare en hoeveelheid van sekere voedingstowwe in die blare van katoen

Onafhanklike veranderlike (X)	Afhanklike veranderlike	Verwantskap	Korrelasie koëffisiënt
grondsterkte	plantmassa	lineêr	n.b.
grondsterkte	wortelmassa	-	n.b.
grondsterkte	penwortellengte	lineêr	-0,83**
grondsterkte	plantmassa : wortel= massa verhouding	lineêr	-0,67**
grondsterkte	Na-konsentrasie	lineêr	0,60*
	K-konsentrasie	semi= logaritmies	0,64*
	Ca-konsentrasie	-	n.b.
	Mg-konsentrasie	-	n.b.
	Zn-konsentrasie	-	n.b.
	P-konsentrasie	logaritmies	-0,85**
grondsterkte	K-opname	-	n.b.
	P-opname	lineêr	-0,71**

** betekenisvol by $P = 0,01$

* betekenisvol by $P = 0,05$

n.b. nie betekenisvol

kon uitskakel. Derdens sou groter potte waarskynlik beter resultate gelewer het, soos aangetoon sal word.

'n Hoogs betekenisvolle afname in penwortellengte met toename in grondsterkte is waargeneem, soos aangedui in Fig. 4.16 en Plaat 4.1, foto D. In die potte met grondsterktes laer as ongeveer 12 bar was die penwortels egter potgebonde (met ander woorde dit het op die bodem gestuit) wat 'n aanduiding is dat heelwat langer potte vir hierdie tipe studie met penwortelgewasse gebruik moet word. Die

gevolg/.....

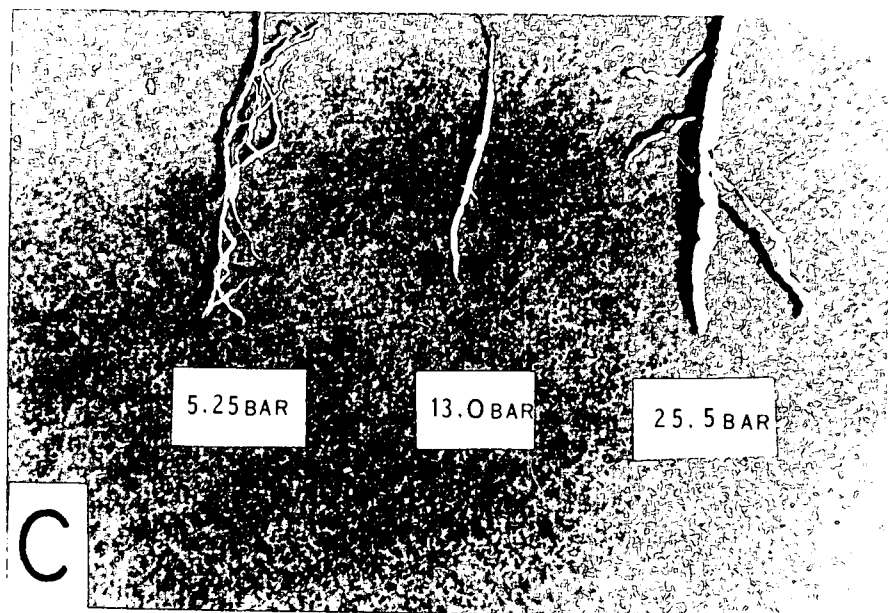
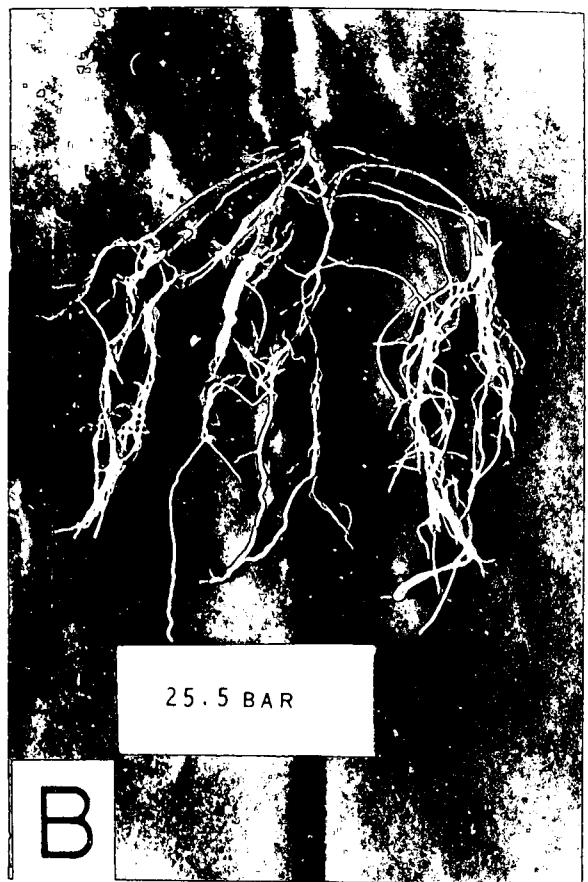
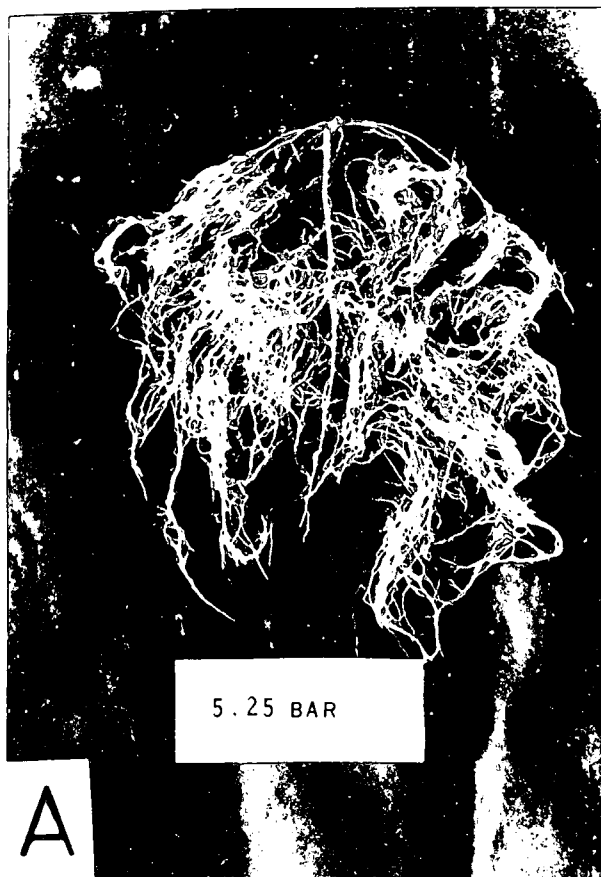
gevolg is dat die relatiewe afname in penwortellengte met toename in grondsterkte heelwat kleiner is as wat dit moes wees.

Soos in die geval van koring het grondsterkte geen betekenisvolle invloed op wortelmassa gehad nie en het die wortelmassa konstant gebly met 'n toename in grondsterkte. Belangrike sigbare waarnemings wat gemaak is, was eerstens dat die aantal sywortels, en die vertakking daarvan, drasties afgeneem het met 'n toename in grondsterkte, soos aangedui word in Plate 4.1 (foto C) en 4.2 (fotos A & B) en tweedens dat die dikte van die sywortels toegeneem het met 'n toename in grondsterkte (Plaat 4.2, foto C). Akkurate metings kon egter nie gemaak word om hierdie waarnemings statisties te bevestig nie.

Die waarneming dat die dikte van sywortels toegeneem het met toenemende grondsterktes sluit aan by die bevindinge van Pfeffer (volgens Gill & Bolt, 1955) en Abdalla et al. (1969) dat plantwortels met behulp van radiale uitsetting kompenseer vir 'n afname in aksiale groei as gevolg van toenemende grondsterktes. Die gevolg is dat die verlies in wortelmassa as gevolg van 'n afname in wortellengte en ~~ver~~ takking gekompenseer word deur die toename in dikte van die wortels met toename in grondsterkte. Die totale wortelmassa bly gevolglik konstant, soos dit die geval was met beide proewe. Totale wortelmassa blyk dus ongeskik te wees as maatstaf van effektiewe wortelontwikkeling.

Soos in Fig. 4.17 aangedui, neem die plantmassa met ongeveer 25% af met 'n toename in grondsterkte vanaf 4 na 20 bar. Weens die swak verspreiding van punte is hierdie verwantskap egter nie statisties betekenisvol nie. Die verhouding van bgrondse plantmassa tot wortelmassa het hoogs betekenisvol afgeneem met toename in grondsterkte (Fig. 4.18). Vir katoen (die huidige proef) is hierdie verband lineêr, terwyl dit in die geval van die koringproef kromlynig was (Fig. 4.5). As gevolg van die reglynige verband is dit onmoontlik om 'n kritiese grondsterkte vir katoen af te lei. Die afname in bgrondse plantmassa, asook die afname in die verhouding bodele : wortels is weer eens 'n aanduiding van

'n afname/.....



PLAAT 4.2 Wortelverspreiding van katoen by lae grondsterkte (A) en hoë grondsterkte (B), toename in worteldeursnit van katoensywortels met toename in grondsterkte (C)

'n afname in die doeltreffendheid van die wortels aangesien die wortelmassa konstant bly met 'n toename in grondsterkte.

'n Hoogs betekenisvolle afname van die P-konsentrasie in die blare en van die P-inhoud (mg/pot) van die blare is waargeneem (Fig. 4.19). Die patroon van die verband tussen fosforkonsentrasie in die plante en grondsterkte stem nou ooreen met dié wat in Fig. 4.6 vir koring aangetoon is. Die kritiese grondsterkte waarbo die fosforkonsentrasies in katoen redelik konstant gebly het, kan egter op sowat 10 bar gestel word waar dit by koring sowat 8 bar was. Behalwe natrium en kalium, wat elk 'n geringe, dog betekenisvolle, verhoging in konsentrasie by verhoogde grondsterkte getoon het, is die konsentrasie van geen ander bepaalde element in die katoen deur grondsterkte beïnvloed nie. Soos in die geval van koring kon die daling in die verhouding bodele : wortels dus ook by katoen die beste gekoppel word aan 'n daling in fosforkonsentrasie in die plante. In die geval was die ooreenkoms in die twee parameters se patrone egter nie so opvallend as by koring nie.

Die mees waarskynlike verklaring waarom die tendense ten opsigte van K en Ca wat by die koring waargeneem is nie hier voorkom nie, is eerstens die feit dat die katoenwortels dieper in die grond gepenetreer het en 'n groter volume grond daardeur benut is. Die feit dat die wortels die grond, selfs by hoë grondsterktes, so goed binnegedring het, moet gekoppel word aan die feit dat die grond in die potte egalig gepak was en dat daar dus geen skielike oorgang na 'n hoër grondsterkte was wat horisontale verspreiding van die wortels kon induseer nie. 'n Tweede moontlike verklaring is dat daar by katoen slegs een plant per pot was teenoor drie by koring sodat daar geen kompetisie tussen plante by die katoen was nie. Die feit dat die effekte op die vroeë groeistadium nie waargeneem is by katoen nie sluit nie die moontlikheid uit dat dit later in die groeiseisoen sou verskyn het nie.

Die afname in P-opname, met toename in grondsterkte, kan verklaar word deur die afname in die aktiewe sorpsieoppervlakte van die wortelstelsel a.g.v. 'n groot toename in worteldeursnit en afname in wortelvertakking wat

waargeneem/.....

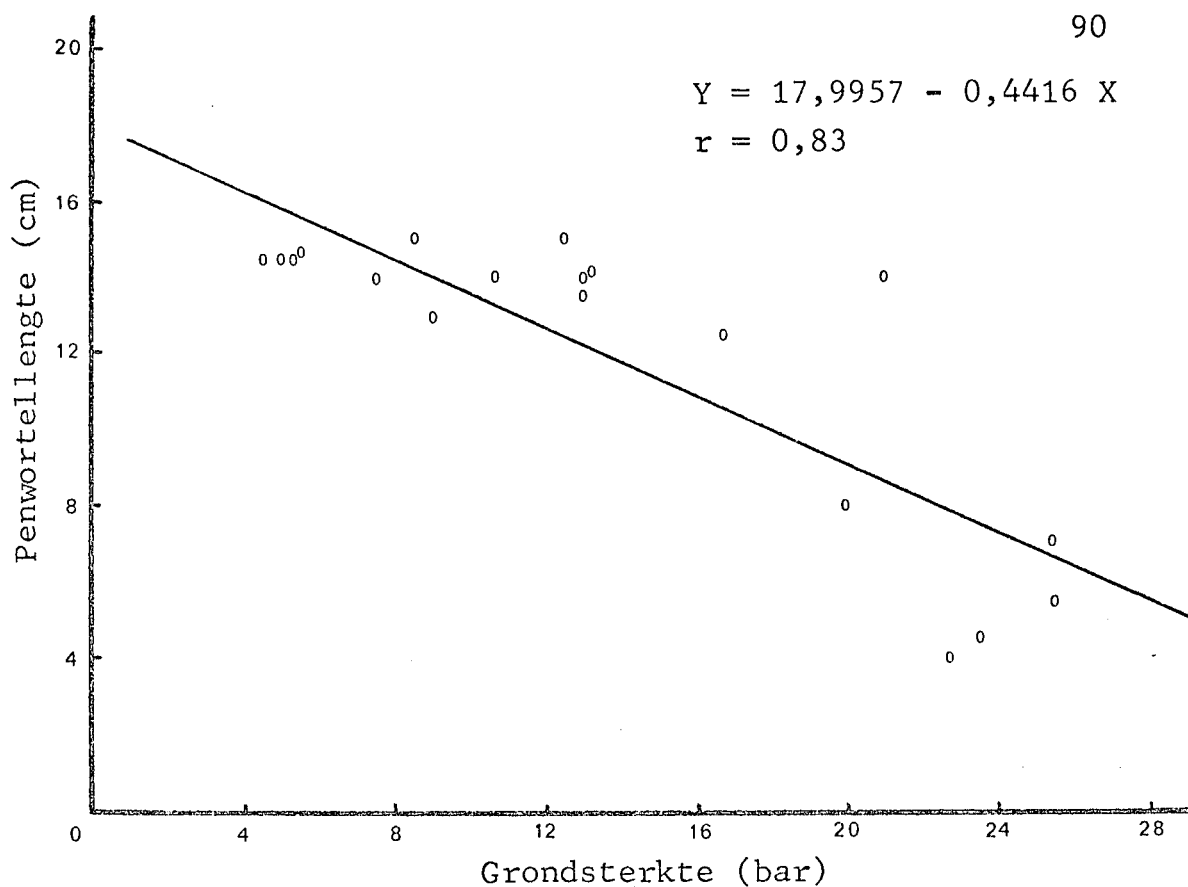


FIG. 4.16 - Effek van grondsterkte op die penwortellengte van katoen

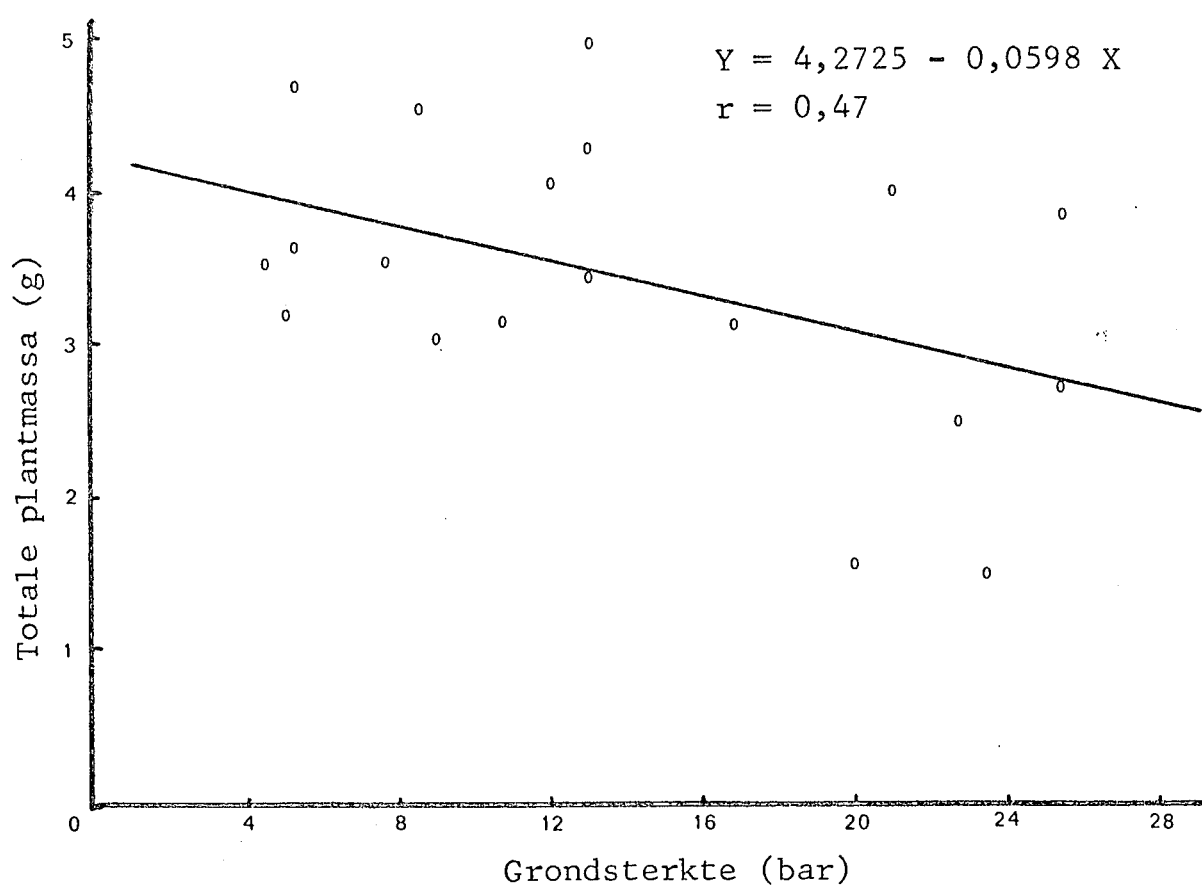


FIG. 4.17 - Invloed van grondsterkte op plantmassa van katoen

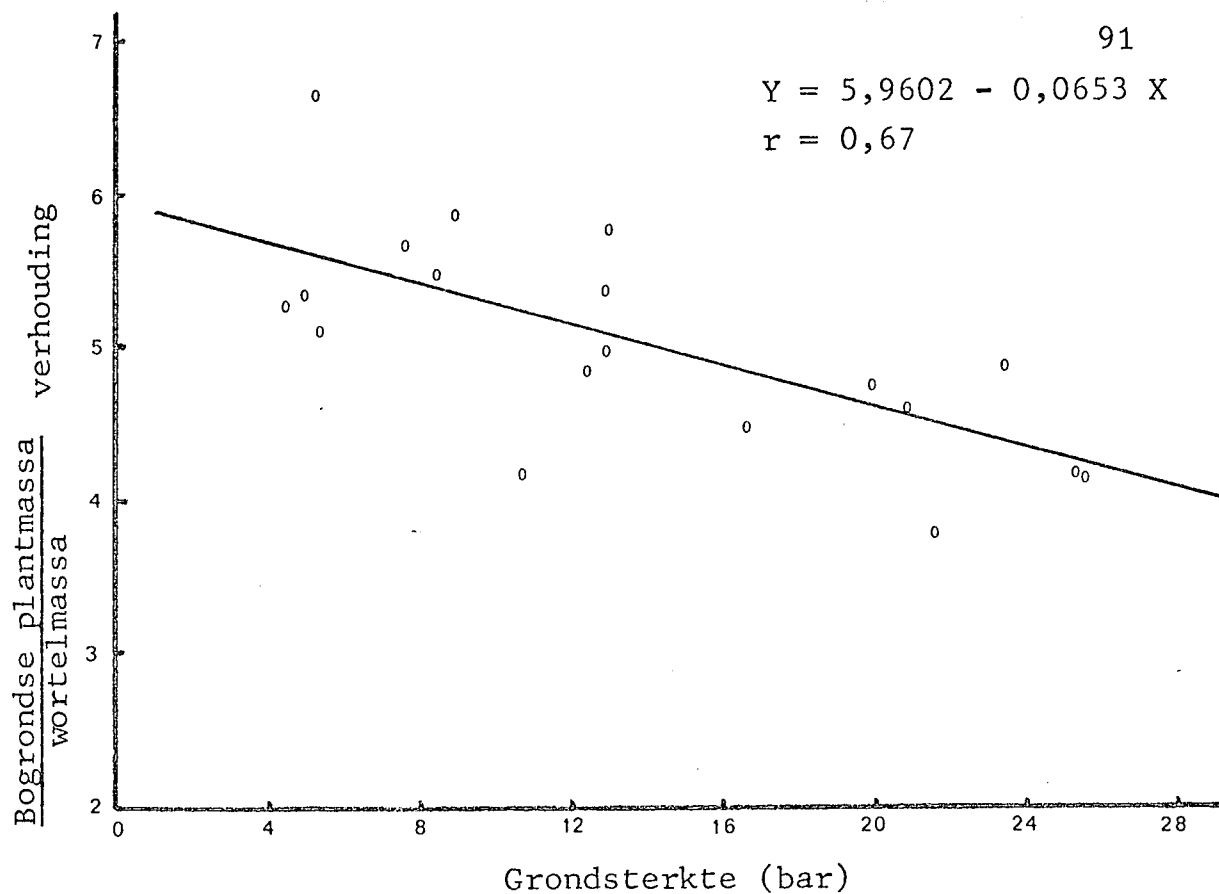


FIG. 4.18 - Verband tussen die verhouding van bogronde plantmassa tot wortelmassa en grondsterkte

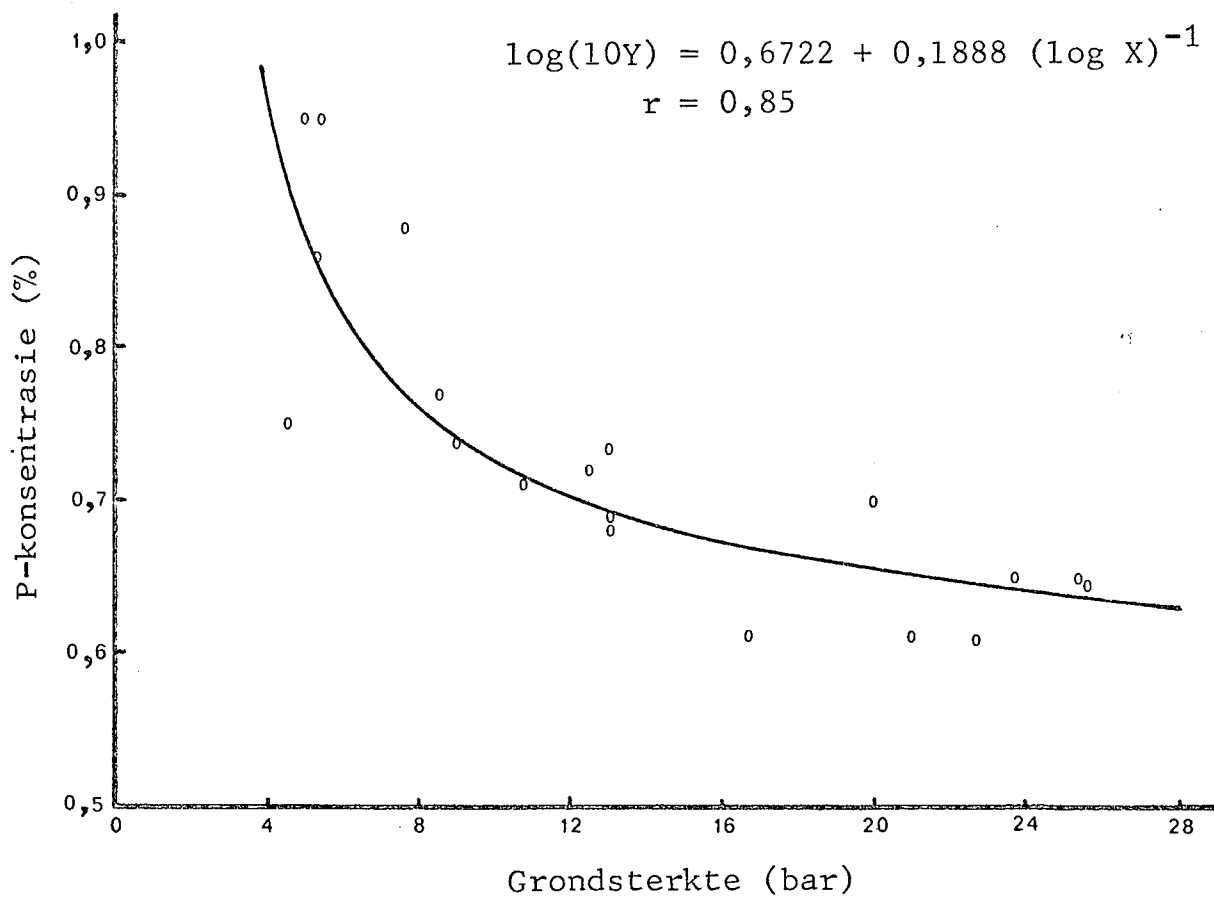


FIG. 4.19 - Effek van grondsterkte op die P-konsentrasie in die blare van katoen

waargeneem is (Plaat 4.2). Ter illustrasie van hoe vinnig die sorpsie-oppervlakte van die wortels afneem met toename in worteldeursnit is die relatiewe sorpsie-oppervlaktes (cm^2) per kubieke sentimeter wortelvolumen vir die drie wortels op foto C van Plaat 4.2 by benadering bereken (worteldeursnitte 0,75; 1,0 en 2,5mm onderskeidelik). Die resultaat word in Fig. 4.20 aangedui, vanwaar waargeneem kan word dat die sorpsie-oppervlakte afneem het van 6cm^2 by 2 bar grondsterkte na 3cm^2 by 18 bar; dus 'n 50% afname in sorpsie-oppervlakte per 16 bar toename in grondsterkte. Hierdie 50% afname is slegs die gevolg van toename in worteldeursnit en afname in wortelvertakking is nie eens in aanmerking geneem nie.

4.5 SAMEVATTING

Twee afsonderlike potproewe met koring (Turpin 4) en katoen (Cape Acala) is uitgevoer onder gekontroleerde toestande van grondvog en gronddeurlugting om die invloed van grondsterkte op wortelontwikkeling, voedingstofopname en bopgrondse groei van die onderskeie gewasse te bepaal.

By die koringproef het 'n toename in grondsterkte 'n afname in die massa van die wortels wat dieper as 10cm in die grond gepenetreer het tot gevolg gehad. Hieruit het gevolg dat die volume grond wat per pot deur die wortels benut is, afneem het met 'n toename in grondsterkte. Die plantmassa, sowel as die verhouding van bopgrondse plantmassa tot wortelmassa, het afneem met 'n toename in grondsterkte en afname in die wortels langer as 10cm. Die totale wortelmassa het konstant gebly met toenemende grondsterkte en gevolglik is die afname in doeltreffendheid van die wortels ten opsigte van voedingstofopname waarskynlik hoofsaaklik as gevolg van die inperking van die wortels in 'n kleiner volume grond met toename in grondsterkte.

'n Afname in die konsentrasie van K, Ca en P in die blare van koring is met toename in grondsterkte waargeneem. As moontlike verklaring vir hierdie afname is aangevoer dat die wortels, met afname in die volume grond wat benut word, die

labiele/.....

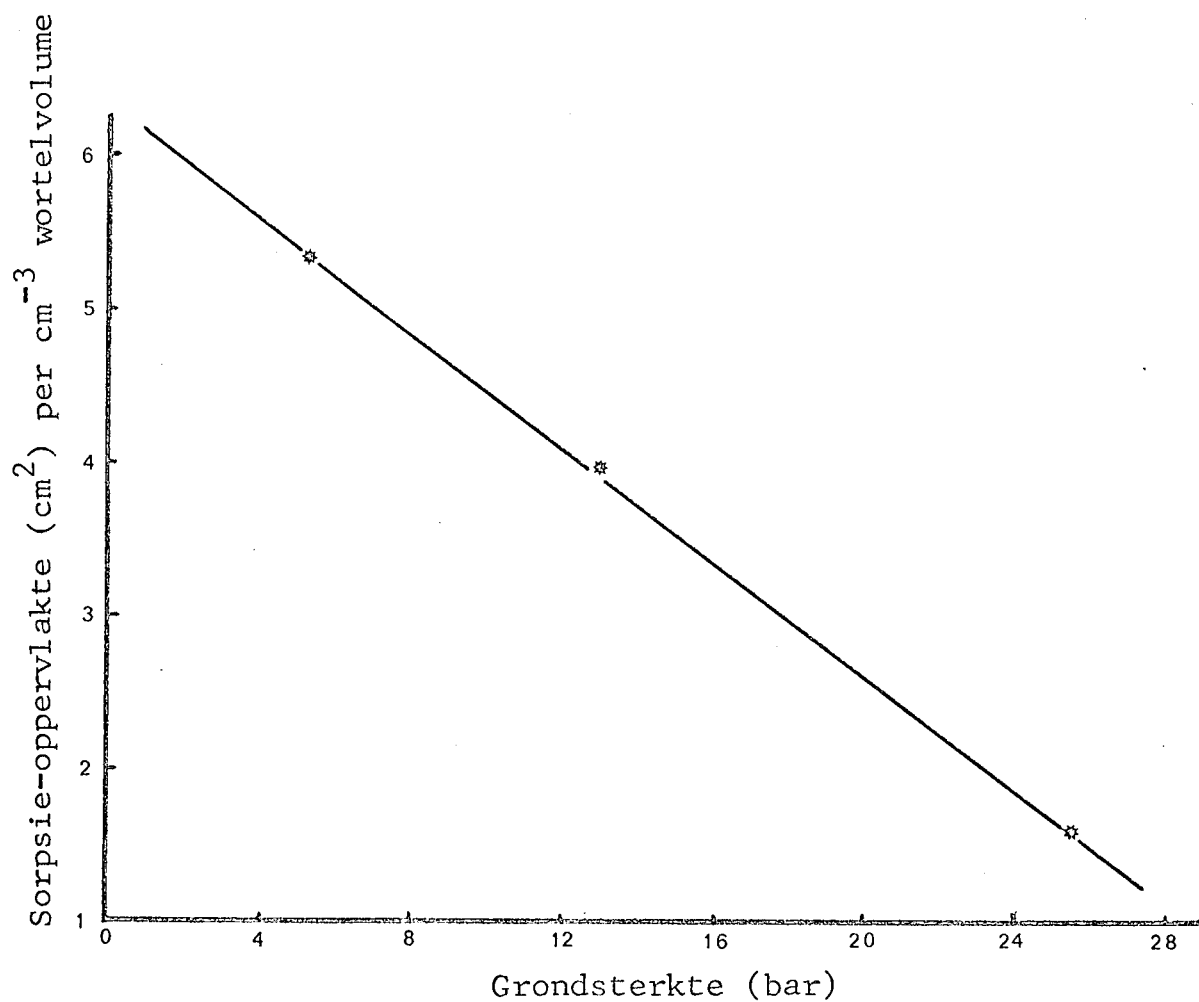


FIG. 4.20 - Afname in sorpsie-oppervlakte van katoenwortels met toename in grondsterkte soos bereken vanaf foto C, Plaat 4.2

labiele voedingstowwe in 'n toenemende graad lokaal verbruik. 'n Tweede moontlike verklaring is die afname in die aktiewe sorpsie-oppervlakte van die wortels a.g.v. die afname in wortelvertakking en toename in worteldeursnit met toename in grondsterkte. Dit is egter waarskynlik dat die afname in worteldoeltreffendheid met toename in grondsterkte 'n gesamentlike effek van genoemde verklarings is.

In die geval van katoen het 'n toename in grondsterkte 'n afname in penwortellengte, plantmassa en die verhouding van plantmassa tot wortelmassa gehad. Die wortelmassa was konstant vir al die grondsterktes, wat dus impliseer dat die worteldoeltreffendheid ook hier afgeneem het met toename in grondsterkte.

'n Hoogs betekenisvolle afname in die P-konsentrasies van die blare en P-opname met toename in grondsterkte is waargeneem, terwyl die konsentrasie van K en Na 'n baie geringe toename getoon het.

Die afname in wortelvertakking en toename in worteldeursnit met toename in grondsterkte was nog meer opvallend by katoen as by koring.

Uit vergelyking van die resultate van hierdie eksperimente met dié wat in die veldondersoek verkry is, kan verwag word dat bogrondse plantegroei, worteldoeltreffendheid en voedingstofopname onder die veldtoestande deurgaans suboptimaal sal wees. Daarby moet onthou word dat in die huidige studie deurgaans by gunstige vogtoestande gewerk is. 'n Afname in grondvog en die gepaardgaande toename in grondsterktes (Hoofstuk 3) sal die nadelige effekte vererger.

HOOFSTUK 5

D I E I N V L O E D V A N V E R S K I L L E N D E B E S P R O E I I N G S P R A K T Y K E O P G R O N D S T E R K T E

5.1 DOEL

In die voorgaande hoofstukke is aangetoon dat hoë volume= digthede en hoë grondsterktes 'n wesenlike verskynsel onder veldtoestande in die studiegebied is. Die verband tussen grondsterkte, volumedigtheid en grondvogpeil is daarna vir sekere Manganogronde gekarakteriseer. Daar is ook aangetoon dat hoë grondsterktes in hierdie gronde nie alleen wortelontwikkeling belemmer nie, maar ook 'n nadelige effek op bogrondse plantegroei en voedingstofopname het.

'n Studie om vas te stel watter faktore en praktyke verantwoordelik is vir die verdigting wat in die veld voorkom, is 'n noodsaaklike en logiese opvolging van voorgaande. In die volgende paar hoofstukke word hieraan aandag geskenk. Ten einde die resultate van die volgende hoofstukke beter te te interpreteer, moet die verskillende tipes verdigtingsones weer duidelik onderskei word. Dit word in Fig. 5.1 vir 'n hipotetiese profiel aangetoon.

Die faktore wat aanleiding gee tot korsvorming en die effek daarvan op plantegroei, is deur verskeie navorsers, soos Parker & Taylor (1965) en Taylor, Parker & Roberson (1966), bestudeer. Die navorsing in die huidige studie is egter toegespits op die ontstaan van suboppervlakte verdigting wat wortelontwikkeling benadeel.' Korsvorming is dus nie onder= soek nie.

Uit die literatuur is dit duidelik dat verdigting van die ploeglaag deur 'n hele reeks faktore veroorsaak kan word. Dit sluit in:

(i) Besproeiingspraktyke wat 'n oorversadiging van die bogrond, ten opsigte van grondvog, tot gevolg het. Dit lei tot konsolidasie en vassakking van die grondpartikels onder die invloed van swaartekrag a.g.v. die opheffing van die

interpartikulêre/.....

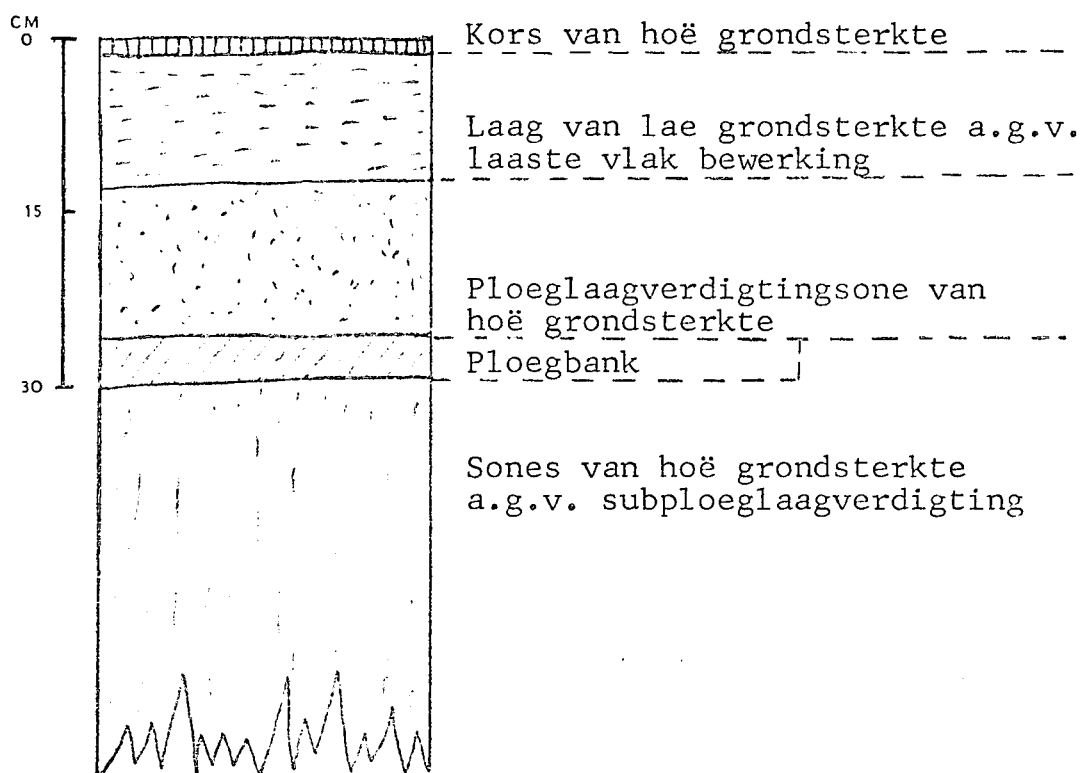


FIG. 5.1 - Sones van verskillende grondsterkte in 'n grondprofiel

interpartikulêre aantrekkingskragte. Kompaksie van die ploeglaag deur vloedbesproeiing of teen te hoë tempos van sprinkelbesproeiing is gevind deur Finkle & Nir (1959), Keller (1964), Morgan, Letey & Richards (1966) en Goryunov (1966). Behalwe die kompaksie van die ploeglaag het vloedbesproeiing, volgens Goryunov (1966), met verloop van tyd ook 'n drastiese afname in die waterstabiele mikroaggregaat van die grond tot gevolg. Die gevolg is dat die graad van verdigting wat deur vloedbesproeiing veroorsaak word, toeneem met verloop van jare.

(ii) Uitdroging van die grond teen 'n stadige tempo veroorsaak volgens Gerard et al. (1961), Gerard (1965) en Gerard, Cowley & Kunze (1966) 'n moontlike heroriëntasie en digter pakking van grondpartikels, met 'n gevolglike toename in die graad van verdigting. Hulle skryf ook die ontstaan van sones van ploeglaagverdichting in die laer Rio Grande Valley van/.....

van Texas toe aan die effek van uitdroging. Hierdie verdigtingsones was soortgelyk aan dié wat in die veldondersoek (Hoofstuk 2) geïdentifiseer is.

(iii) Beweging van die fyn grondpartikels uit die los bolaag na die onderste deel van die ploeglaag, kan tesame met konsolidasie van die deeltjies plaasvind.

(iv) Sementering van die grondpartikels deur verskillende sementeringsmiddels. Bewyse vir laasgenoemde twee faktore kon egter nie deur Milford, Kunze & Bloodworth (1961) en Taylor et al. (1964) gevind word nie.

(v) Toename in wortelvolum, wat tot gevolg het dat die volumedigtheid en grondsterkte van die grond in die onmiddellike omgewing van die groeiende wortel verhoog word. Hierdie verskynsel is deur Barley & Greacen (1967) en Greacen et al. (1968) beskryf.

(vi) Kompaksie van die ploeglaag deur implemente, wat deur verskeie navorsers bestempel word as die hooforsaak van ploeglaagverdigting. Dit word in Hoofstuk 6 bespreek.

(vii) Kombinasies van bogenoemde faktore mag ook 'n rol speel.

Taylor et al. (1964) het na afloop van 'n intensiewe ondersoek na die oorsake van ploeglaagverdigting tot die gevolgtrekking gekom dat die inherente hoë grondsterktes van die gronde tesame met verdigting tydens bewerking met implemente die primêre oorsake van die verdigte lae was. Die effek van hierdie verdigting is vererger deurdat 'n toename in grondsterkte met uitdroging voorgekom het.

Die oorsake vir die ontstaan van subploeglaagverdigting kan skynbaar onderverdeel word in eerstens die kompaksie deur implemente (ploegbanke) en tweedens verdigting as gevolg van intensiewe besproeiing. Hierdie aspekte word in Hoofstuk 7 behandel.

Aangesien die studie op die Vaalhartsbesproeiingskema toegespits is, beteken dit dat gewerk word met 'n gebied wat aan intensiewe besproeiing onderworpe is. Dit is dus logies om eerstens aandag te skenk aan die invloed van besproeiings=

praktyke/.....

praktyke (faktor (i) voor genoem) op ploeglaagverdigting. Daar moet onderskei word tussen die effek van oorbenatting en die effek van intense uitdroging. "Uitdrogingstudies" behels gewoonlik in werklikheid 'n studie van die gekombineerde effek van afwisselende oorbenatting en intense uitdroging. In die huidige studie is gekonsentreer op die effek van benattingsmetodes, -tempo's en -peile. Daar is sorg gedra dat die proefgrond gedurende die studie nooit laer as veldwaterkapasiteit uitdroog nie.

Drie faktore kan die graad van versadiging van die ploeglaag met water en die verdigting daarvan gedurende besproeiing beïnvloed, nl. die tempo van watertoediening, die hoeveelheid water toegedien en die deurlaatbaarheid of hidroliese geleiding van die ondergrond. Die tempo van besproeiing is deur Keller (1964) as die belangrikste faktor aangetoon en is daarom eerste ondersoek. 'n Tweede eksperiment waarin die effekte van die hoeveelheid water toegedien en digtheid van die ondergrond in kombinasie met die tempo van toediening ondersoek is, is daarna uitgevoer.

5.2 MATERIAAL EN ALGEMENE METODES

5.2.1 Die grond

'n Verteenwoordigende monster van die intermediêre fase van die Manganoserie is vir hierdie ondersoek gebruik. Met behulp van die metode van Sowers (1965) is vasgestel dat die vloeigrens van die grond by 15,75% vog was. Hieruit volg dat versadiging van die grond bokant ongeveer 16% vog 'n konsolidasie van die grondpartikels tot gevolg sal hê.

5.2.2 Voorbereiding en pakking van proefpotte

Vir die eksperiment (Afdeling 5.3) waarin die invloed van besproeiingstempo op ploeglaagverdigting ondersoek is by 'n konstante besproeiingspeil en hidroliese geleiding van die ondergrond, is die volgende prosedure gevolg: Staalsilinders 26cm in deursnit en 60cm hoog, met 'n sifdraadbodem, is gebruik. Die regte massa lugdroë grond (voginhoud bekend) wat benodig is om in die potte 'n 38cm laag tot 'n

volumedigtheid/.....

volumedigtheid van $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ (oonddroë basis) te kompakteer, is in die potte gevoeg. Die grond is gekompakteer deur dit te benat tot 16% vog en die pot versigtig te skud totdat die grond tot die verlangde volume vasgesak het. Die potte is hierna vir 'n week lank in die son op 'n sandlaag geplaas om af te droog. Die res van elke pot ('n 22cm dik laag) is hierna gevul met 'n konstante massa lugdroë kluite.

Vir die tweede eksperiment (Afdeling 5.4) is kleiner potte gebruik aangesien bevind is dat die wat in die eerste eksperiment gebruik is te moeilik hanteerbaar was. Spesiale politeenpotte (Afdeling 5.2.4) met 'n deursnit van 15cm en 'n hoogte van 40cm is gebruik. Volumedigthede van $1,55$ en $1,80 \text{ g cm}^{-3}$ is in hierdie eksperiment vir die ondergronde gebruik. Die massas grond wat benodig is om 'n 18cm laag in die betrokke potte tot die onderskeie volumedigthede te pak, is in die potte gevoeg. 'n Volumedigtheid van $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ is verkry deur die grond droog te kompakteer met behulp van 'n vibrasieapparaat. Om die grond tot $1,80 \text{ g cm}^{-3}$ te kompakteer, is die grondvog tot 12% verhoog en die grond is met behulp van 'n hidroliese laboratoriumpers saamgepers teen 'n samepersingskrag van 6 bar. Nadat die oortollige vog uit die ondergrond verwyder is (Afdeling 5.2.4), is die potte verder gevul met 'n bepaalde massa lugdroë kluite per pot.

By beide eksperimente is uitdroging van die potte deur verdamping na besproeiing verhoed deur die potte met plastiekomhulsels te bedek.

Soos vroeër aangetoon, is die Manganogronde struktuurloos. Die pak van fyn grond in die potte sal dus in hierdie opsig nie veel verskil van die toestand wat in die veld heers nie. Los kluite is vir bogrond gebruik as nabootsing van bewerkte grond. Fyn gesifte grond is nie beskou as geskik vir hierdie doel nie.

5.2.3 Besproeiingsmetodes

Verskillende tempos van sprinkelbesproeiing is verskry deur van twee "Rain Bird" (model 25 PJ DA) sproeiers gebruik te maak. 'n Eienskap van hierdie sproeiers is dat

dit/.....

dit verstel kan word om in 'n sirkel of slegs 'n segment van die sirkel te besproei. Wanneer die sproeiers in 'n volle sirkel besproei, is die leweringstempo op 'n spesifieke punt $3,2\text{mm uur}^{-1}$ per sproeier of $6,4\text{mm uur}^{-1}$ waar die sproeiers oorvleuel. Die tempos kan verhoog word deur die sproeiers net half- of kwartsirkels te laat besproei soos aangedui word in Fig. 5.2. Op dié wyse word die water meer kere per tydseenheid op 'n spesifieke punt toegedien.

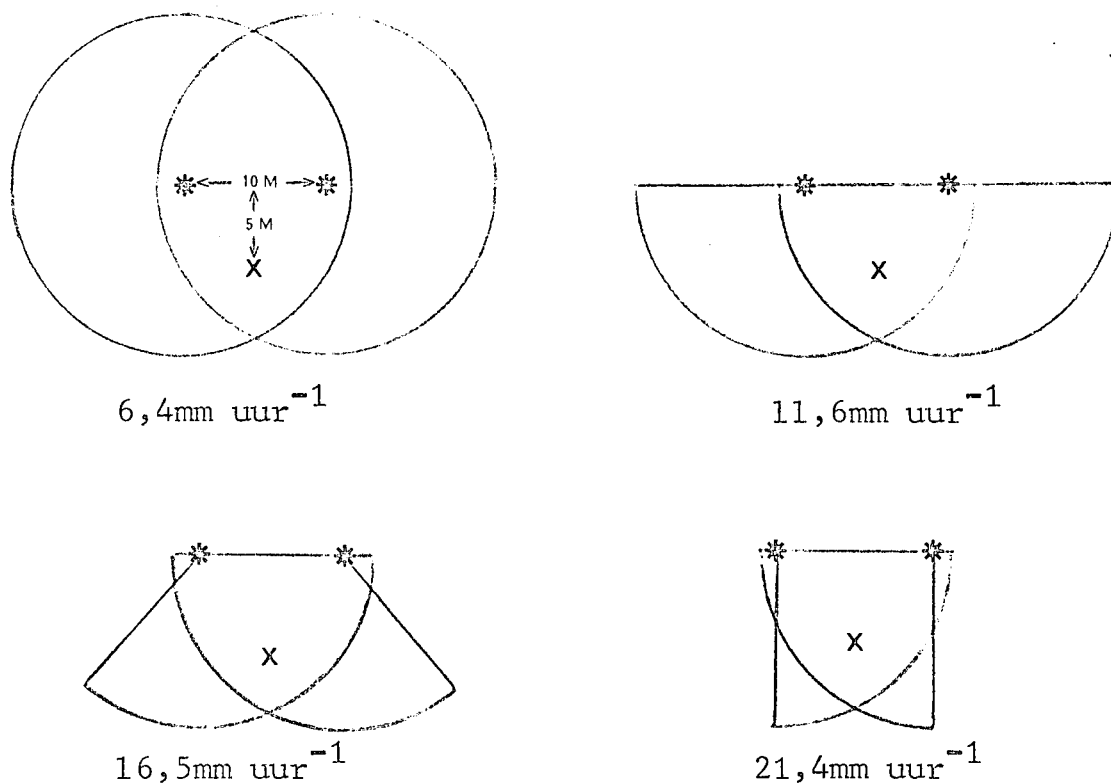


FIG. 5.2 - Opstelling van sprinkelsproeiers vir verskillende leweringstemos (* sproeiers; X - proefpote)

Vloedbesproeiing is nagemaak deur 'n plastiekskyf bo-op die oppervlakte van die grond te plaas voordat die berekende volume water toegedien is. Die doel van die skyf was om turbulensie en versteuring van die grondoppervlakte gedurende die toedieningsaksie te verhoed. Wanneer 'n geploegde land die eerste maal vloedbesproei word, is waargeneem dat by die waterfront die water vinnig tussen die kluite deurbeweeg tot op die ploegsool vanwaar dit horisontaal op die ploegsool vloei en die los ploeglaag word sodoende eers van onder af

met/.....

met water versadig voordat die waterfront oorbeweeg. Hierdie verskynsel is ook deur Lonsdale (1969) beskryf. Om hierdie verskynsel so goed as moontlik na te boots, is die volume water redelik stadig toegedien sodat dit eers tussen die wand van die pot en die grond kon inloop.

5.2.4 Tegnieke vir verwydering van oortollige vog

Voordat die graad van verdigting met behulp van 'n penetrometer bepaal kon word, moes die voginhoud van die potte eers homogeen verlaag word na veldwaterkapasiteit. Gewone uitdroging kon nie gebruik word nie omdat dit 'n onegale voginhoud in die potte teweegbring. Wanneer die gemiddeld gelykstaande aan veldwaterkapasiteit is, is die potte bo heelwat te droog en onder te nat.

Die eerste tegniek wat aangewend is, was om die potte wat in die eerste eksperiment gebruik is op 'n laag van dieselfde grond as wat in die potte gebruik is, te plaas sodat die oortollige vog onder swaartekrag kon uitdreineer. Gedurende die tyd is die potte met 'n plastiekdeksel bedek om te verhoed dat verdampingsverliese oormatige uitdroging van die boonste grondlae veroorsaak. Hierdie metode was onsuksesvol aangesien die potte nie laer as 12% wou dreineer nie (VWK 8,64%).

'n Tweede tegniek is toe aangewend waarvolgens geforseerde dreinerings van die potte toegepas is. Die potte is met spesiaal vervaardigde staaldeksels bedek, soos aangedui in Fig. 5.3 (a). Lug is deur middel van 'n kompressor teen 'n druk van 0,1 bar deur die potte forseer totdat die grondvog veldwaterkapasiteit bereik het, gewoonlik na ongeveer 72 uur. Hierdie tegniek was uiters suksesvol en 'n homogene verplasing van die oortollige grondvog is regdeur die potte verkry.

Hierdie potte was egter te swaar en moeilik hanteerbaar, met die gevolg dat kleiner potte vir die tweede eksperiment gebruik is. Hierdie gemodifiseerde potte, wat in Fig. 5.3 (b) geïllustreer word, is vervaardig van P.V.A. pyp met 'n 15cm deursnit. Dit is in 40cm lengtes gesaag en van digte bodems voorsien. 'n Dun 6mm plastiese pypie is in die bodem van die pot geïnstalleer. Die punt van die pypie binne in die pot is met 'n lagie glaswol bedek. 'n Sandlaag, 1cm dik, is onder

in/.....

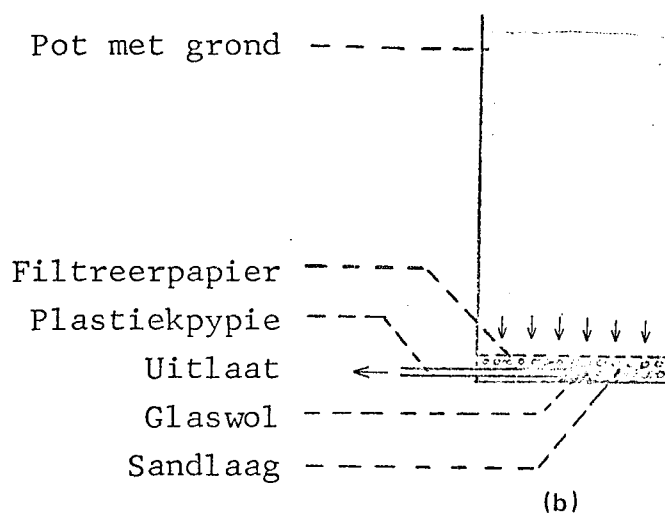
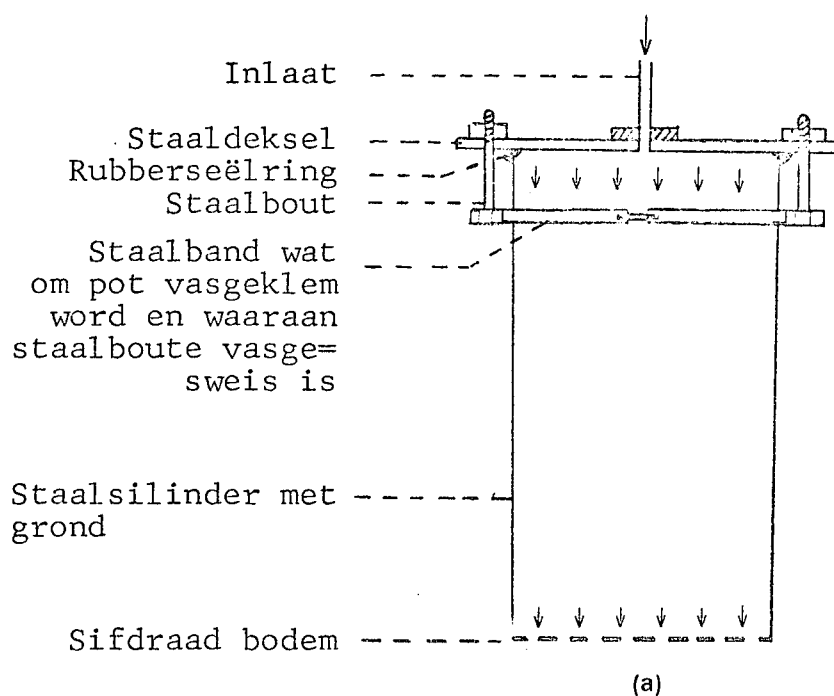


FIG. 5.3 - Apparate wat vir die toepassing van gefor= seerde dreinerings van die proefpote gebruik is

in elke pot gevoeg en met 'n filtreerpapier bedek. In hierdie potte is geforseerde dreinerings bewerkstellig deur 'n suigkrag van 0,2 bar toe te pas deur konneksie van 'n vakuumpomp aan die pypies onder in die potte. Die doel van die sandlaag is om die suigspanning eweredig oor die bodem van die pot te versprei. Die filtreerpapier en glaswol dien as filters om die inwassing van grond in die sandlaag en die uitsuig van sandkorrels onderskeidelik te verhoed.

Die toepassing van hierdie tegniek was ook suksesvol en deur die massa van die potte gereeld te bepaal, is vasgestel wanneer veldwaterkapasiteit bereik is. Verdampingsverliese uit die bogrond is verhoed deur plastiekdeksels oor die potte te plaas. Behalwe vir die eerste eksperiment, in hierdie hoofstuk beskryf, is hierdie politeenpotte vir al die verdere proewe van die huidige ondersoek gebruik (ook dié in Hoofstukke 6 en 7).

5.2.5 Bepaling van grondsterkte

Die grondsterkte van die ploeglaag is gebruik as aanduiding van die graad van verdigting daarvan. Die grondsterkte van die ploeglaag is bepaal deur 'n lesing op elke 2cm indrukdiepte te neem. Twee stelle metings is per pot geneem.

Die posisies van meting is as volg bepaal: 'n Plastiekskyf met dieselfde deursnit as die potte is gebruik. Ses posisies van meting is versprei op die plastiekskyf aangedui met nommers langs gaatjies waardeur die metings geneem kon word. Om te verseker dat die plastiekskyf na verskillende besproeiings altyd weer in dieselfde posisie op elke pot geplaas word, is merke op die plastiekskyf en op die wand van die potte aangebring wat moes ooreenstem wanneer die skyf op die pot geplaas word. Hierdie tegniek het verseker dat geen twee metings op dieselfde posisie geneem sou word of dat lesings nie te naby aanmekaar geneem sou word in 'n spesifieke pot nie.

Vir die eerste eksperiment is die metings met die 6mm voelpeen geneem en die posisies van meting is so versprei dat dit nie nader as 6cm aan mekaar geneem is nie. Vir die

tweede/.....

tweede en al die daaropvolgende eksperimente, wat in die volgende hoofstukke bespreek word, is die metings met die lang (23cm) 3mm voelpen geneem. In die geval is die metings nie nader as 4cm aan mekaar geneem nie.

Al die metings is by veldwaterkapasiteit (8,6% vog) geneem.

5.3 INVLOED VAN BESPROEIINGSTEMPO OP PLOEGLAAGVERDIGTING

5.3.1 Prosedures

Vyf besproeiingstempos, naamlik 6,4; 11,6; 16,5; 21,4mm uur⁻¹ en vloed, is gebruik met vier herhalings per behandeling. Twintig staalsilinders 26cm in deursnit en 60cm hoog, wat voorsien is van sifdraad bodems is voorberei volgens die metodes wat in Afdeling 5.2.2 bespreek is. Die ondergronde van die potte is deurgaans tot dieselfde volumedigtheid, nl. 1,68g cm⁻³, wat ooreenstem met die gemiddelde volumedigtheid van die bewerkte ondergronde, gepak om 'n konstante hidroliese geleiding van die ondergrond te verseker. 'n Konstante hoeveelheid van 50mm water is per besproeiing toegedien.

Vier genommerde potte is ewekansig aan elke behandeling toegeken. Na toepassing van 'n behandeling is die potte vir 2 dae gelaat om ewewig te bereik. Die plastiekdeksels was reeds op hierdie stadium in posisie op die potte. Daarna is die voginhoud van die potte na veldwaterkapasiteit verlaag deur middel van die tegniek in Afdeling 5.2.4 beskryf. Nadat die grondsterkte van die ploeglaag bepaal is, is dieselfde behandelings weer op dieselfde potte herhaal, d.w.s. vir 'n tweede siklus.

Die voginhoud van elke pot is bepaal deur 'n vogmonster met behulp van 'n dun monsterboor op elke posisie van meting te neem onmiddellik nadat die grondsterkte bepaal is. Dit was egter uiteindelik nie nodig om 'n korreksie vir variasie in grondvog aan te bring nie aangesien vog, by die graad van verdigting wat verkry is, nie 'n invloed op grondsterkte het het nie.

Uitdroging van die potte is in alle gevalle verhoed deur

die/.....

die potte ook tussen siklusse met plastiekdeksels te bedek.

5.3.2 Resultate en bespreking

Die dikte van die ploeglaagverdichtingsones is vir elke pot bepaal vanaf die diepte waar grondsterkte skerp begin toeneem het tot by die oorgang na die ondergrond. Die grondsterkte van die ploeglaagverdichtingsone is verkry deur die gemiddeld van al die lesings wat op elke 2cm diepte in die verdigte sone met die twee stelle metings geneem is, te bereken. Die gemiddelde grondsterktes en diktes van die ploeglaagverdichtingsones word in Tabel 5.1 aangegee. Elke grondsterkte was die gemiddeld van 4 herhalings, waar die syfer vir elke herhaling weer die gemiddeld was van 'n aantal lesings, soos voor beskryf is.

TABEL 5.1 - Invloed van besproeiingstempo op die grondsterkte en dikte van die ploeglaagverdichtingsone

Besproeiings= tempo	Grondsterkte van ploeglaagverdichtingsone		Dikte van ploeglaagverdichtingsone	
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 1	Siklus 2
mm uur ⁻¹	bar	bar	cm	cm
6,4	3,87	4,95	5,5	7,0
11,6	3,95	3,98	5,0	11,0
16,5	3,55	3,92	7,0	9,0
21,4	2,95	4,08	5,0	7,0
Vloed	3,00	3,70	14,0	14,0
KBV ₁ P = 0,05	0,91		4,52	
P = 0,01	1,13		5,57	
KBV ₂ P = 0,05	0,64		2,66	
P = 0,01	0,89		3,69	

KBV₁: Betekenisvolheid tussen behandelings

KBV₂: Betekenisvolheid tussen siklusse

Die waarneming wat gemaak word, is dat die verkreeë graad van ploeglaagverdichting baie laer is as die veldwaardes

(Hoofstuk 2)/.....

(Hoofstuk 2). Dit is egter 'n algemene verskynsel in die literatuur dat die verdigting wat onder eksperimentele toestande in potte verkry word deurgaans baie laer is as die veldwaardes (o.a. Gerard et al., 1961). Statistiese ontleding van die data het getoon dat vir die eerste siklus die $11,6\text{mm uur}^{-1}$ besproeiingstempo 'n betekenisvolle hoër grondsterkte as die $21,4\text{mm uur}^{-1}$ tempo en vloed in die ploeglaagverdichtingsone tot gevolg gehad het. Na die tweede siklus was die grondsterkte by $6,4\text{mm uur}^{-1}$ betekenisvol hoër as by vloed. Hieruit kan afgelei word dat daar geen vaste tendens vir die verband tussen besproeiingstempo en grondsterkte van die ploeglaagverdichtingsone gevind is nie. Die hipotese dat 'n toename in besproeiingstempo 'n toename in die graad van ploeglaagverdichting tot gevolg het, kon dus nie in die geval bevestig word nie. Die grondsterkte van die ploeglaagverdichtingsone het slegs by $6,4$ en $21,4\text{mm uur}^{-1}$ besproeiingstempos hoogs betekenisvol en by vloed betekenisvol toegeneem van die eerste na die tweede siklus.

Die dikte van die ploeglaagverdichtingsone was na die eerste siklus vir vloed hoogs betekenisvol dikker as by die ander behandelings. Na die tweede siklus was dit egter net hoogs betekenisvol dikker as $6,4$ en $21,4\text{mm uur}^{-1}$ en betekenisvol dikker as by $16,5\text{mm uur}^{-1}$. Tussen die siklusse het die dikte van die ploeglaagverdichtingsone net by $11,6\text{mm uur}^{-1}$ besproeiingstempo hoogs betekenisvol toegeneem. By die ander sprinkeltempos was daar ook geringe (nie betekenisvolle) toenames in dikte. Hieruit volg dat vloedbesproeiing byna die hele ploeglaag met die eerste besproeiing verdig het, terwyl die dikte van die ploeglaagverdichtingsone by die ander besproeiingstempos toegeneem het tydens die tweede besproeiing.

Dit wil voorkom asof 'n te hoë besproeiingstempo nie 'n verklaring bied vir die ontstaan van ploeglaagverdichting nie. Moontlike verklarings hiervoor is eerstens dat die laagste besproeiingstempo ($6,4\text{mm uur}^{-1}$) reeds te hoog is. Dit is egter onwaarskynlik. 'n Ander moontlikheid is dat die waterstabiele mikroaggregaat van die grond wat gebruik is reeds vooraf in die veld deur langdurige vloedbesproeiing en bewerking

tot/.....

tot so 'n mate vernietig is dat geen verskil nou verkry word nie.

Die ander twee faktore wat 'n rol kan speel, naamlik besproeiingspeile en die volumedigtheid van die ondergrond is, in kombinasie met besproeiingstempo, in die volgende eksperiment ondersoek.

5.4 ONDERLINGE INVLOED VAN BESPROEIINGSPEIL, BESPROEIINGSTEMPO EN VOLUMEDIGTHEID VAN DIE ONDERGROND OP PLOEGLAAGVERDIGTING

5.4.1 Prosedures

Vir hierdie eksperiment is drie besproeiingstempos (6,4; 20mm uur⁻¹ en vloed), drie besproeiingspeile (25, 50 en 100mm) en twee volumedigthede van die ondergrond (1,55 en 1,80g cm⁻³) gekombineer. Twee herhalings is per kombinasie gebruik.

Agtien van die politeenpotte se ondergronde is tot 'n volumedigtheid van 1,55g cm⁻³ gepak en die ander 18 s'n tot 1,80g cm⁻³, soos beskryf in Afdeling 5.2.2.

Voordat die bogronde bygevoeg is, is die voginhoud van die ondergrond by 1,80g cm⁻³, wat nat gekompakteer is, eers tot by veldwaterkapasiteit verlaag met behulp van die metode in Afdeling 5.2.4 beskryf. By 1,55g cm⁻³ is die grondvog van die ondergronde aangevul tot by veldwaterkapasiteit. Die grondsterktes van die ondergronde van elke pot, is hierna vir elke sentimeter tot op 4cm indrukdiepte bepaal en aangeteken (Dit word in Hoofstuk 7 gebruik).

Die potte is daarna ewekansig aan die verskillende behandelingskombinasies toegeken en behandel soos in Afdeling 5.2.3 bespreek.

Na twee dae (vir ekwilibreering) is die grondvoginhoud van die potte verlaag na veldwaterkapasiteit (Afdeling 5.2.4) en die grondsterkte bepaal. Hierdie prosedure is herhaal nadat die behandeling van die onderskeie potte 'n tweede maal toegepas is.

5.4.2 Resultate en bespreking

Die grondsterkte van die ploeglaagverdichtingsone is bepaal deur die gemiddelde lesing van twee metings per pot 2cm bokant die oorgang na die ondergrond te neem.

Die grondsterkte van die ploeglaagverdichtingsones na die tweede siklus (gemiddelde van twee herhalings m.a.w. van 4 metings) by die verskillende behandelings word in Tabelle 5.2 en 5.3 saamgevat.

Die grondsterktes van die verdigte sones is weer eens baie laer as die waardes wat tydens die veldondersoek bepaal is, nl. ongeveer 3,3 bar in die potte teenoor die waardes van ongeveer 16 bar, by VWK, in die veld.

'n Statistiese ontleding van die data het getoon dat slegs besproeiingspeile 'n statisties betekenisvolle invloed op die grondsterkte van die ploeglaagverdichtingsone gehad het (Tabel 5.3). Die grondsterkte van die ploeglaagverdichtingsone by die 25mm besproeiingspeil was betekenisvol (by $P = 0,05$) laer as dié by die 100mm besproeiingspeil.

Hoewel die besproeiingspeile wat in die praktyk gebruik word heelwat hoër as 25mm is, is 'n te hoë besproeiingspeil skynbaar nie die oorsaak van ploeglaagverdichting in die veld nie. Die graad van verdichting (minder as 4 bar) wat in die huidige studie deur die hoë besproeiingspeile veroorsaak is, was nog baie laer as die veldwaardes.

Vanaf die resultate verkry met beide eksperimente kan daar dus afgelei word dat die konsolidasie van die grondpartikels gedurende besproeiing as sulks feitlik geen bydrae maak tot die ontstaan van ploeglaagverdichting nie. Indirekte bydraes in kombinasie met ander faktore kan egter nie sondermeer uitgeskakel word nie.

5.5 SAMEVATTING

Een van die faktore wat kan aanleiding gee tot ploeglaagverdichting is, volgens o.a. Keller (1964), die oorverdichting van die ploeglaag ten opsigte van grondvog gedurende vloedbesproeiing/.....

TABEL 5.2 - Grondsterkte van ploeglaagverdichtingsone soos beïnvloed deur besproeiingstempo, hoeveelheid water toegedien en volumedigtheid van die ondergrond

Besproeiings= tempo	Hoeveelheid toegedien	Volumedigheid van ondergrond	Grondsterkte van ploeglaagverdigh= tingsone	
mm uur ⁻¹	mm	g cm ⁻³	bar	
6,4	25	1,55	3,25	
		1,80	2,81	
	50	1,55	3,94	
		1,80	3,81	
	100	1,55	3,44	
		1,80	3,31	
	20,0	25	1,55	3,13
			1,80	2,94
50		1,55	2,75	
		1,80	3,06	
100		1,55	4,38	
		1,80	3,75	
Vloed		25	1,55	3,19
			1,80	2,12
	50	1,55	3,38	
		1,80	3,88	
	100	1,55	3,50	
		1,80	3,56	
	KBV	n.b.		

TABEL 5.3 - Grondsterktes van die ploeglaagverdichtingsones
by verskillende besproeiingspeile

Besproeiingspeil	Grondsterkte
mm	bar
25	2,91
50	3,47
100	3,66
KBV P = 0,05	1,68

vloedbesproeiing. Die oorversadiging van die ploeglaag sou dan aanleiding gee tot die konsolidasie van die grondpartikels onder die invloed van swaartekrag.

Die drie faktore wat die graad van versadiging van die ploeglaag bepaal, naamlik die besproeiingstempo, besproeiingspeil en die waterdeurlaatbaarheid van die ondergrond is in die huidige eksperimente gevarieer sodat verskillende grade van versadiging van die bogrond verkry kon word. Die graad van verdigting is gemeet deur die grondsterkte van die verdigte laag te bepaal.

Die enigste bewys wat ter ondersteuning van die voorgestelde hipotese gevind kon word met hierdie eksperimente was dat 'n besproeiingspeil van 25mm 'n statisties betekenisvolle laer graad van ploeglaagverdigting tot gevolg het as hoër besproeiingspeile. Die werklike verskille was egter baie klein. Die graad van ploeglaagverdigting deur die hoër besproeiingspeile veroorsaak (minder as 4 bar grondsterkte) was boonop baie laer as die veldwaardes wat ongeveer 16 bar is by veldwaterkapasiteit.

Die algemene gevolgtrekking is dat die oorversadiging van die ploeglaag met vog en konsolidasie van die grondpartikels onder die invloed van swaartekrag direk geen wesenlike oorsaak van intense ploeglaagverdigting is nie. Die bekamping van hierdie tipe verdigting bloot deur gebruik van lae tempos

en/.....

en peile van besproeiing, gekombineer met 'n vinnige deurlaatbaarheid van die ondergrond blyk dus nie op hierdie stadium 'n oplossing te wees nie.

Wanneer besproeiingstempos en -peile met intense uitdroging gekombineer word, mag groter verskille tussen besproeiingspraktyke egter voorkom. Die effek van uitdroging is grootliks afhanklik van die afstand tussen partikels en die oriëntering van partikels wat die aard van die kontak tussen partikels bepaal. 'n Studie van afwisselende benatting en intense uitdroging is 'n tydsame proses en geen resultate is gevolglik op die huidige stadium daaroor beskikbaar vir die gronde wat in die huidige studie ondersoek is nie.

Die grondvogpeil waarby bewerkingspraktyke toegepas word, sal verdigting ook na verwagting beïnvloed. Hierin sal besproeiingspraktyk ook 'n indirekte rol speel. In Hoofstuk 6 word meer aandag geskenk aan enkele aspekte ten opsigte hiervan.

HOOFSTUK 6

D I E I N V L O E D V A N V E R T I K A L E D R U K O P P L O E G L A A G V E R D I G T I N G

6.1 DOEL

In Afdeling 5.1 is daarop gewys dat kompaksie as gevolg van druk wat deur implemente uitgeoefen word een van die oorsake van ploeglaagverdichting mag wees. Die invloed van implemente op grondverdichting is reeds deur verskeie navorsers soos Doneen & Henderson (1953), Cooper & Nichols (1959) en Bassett & McDaniel (1967) bestudeer.

Die Vaalhartsbesproeiingskema is 'n gebied waar intensiewe bewerking toegepas word. Dit bring mee dat verskillende tipes implemente verskeie kere per jaar oor 'n spesifieke land beweeg. Tydens elkeen van hierdie bewerkings is daar die moontlikheid van kompaksie. Met die toepassing van vloedbesproeiing in die gebied word 'n baie goed voorbereide saadbed vereis vir die vestiging van gewasse. Op Vaalharts word vir saadbedvoorberedings reiding alleen ongeveer vier vlak sekondêre bewerkings toegepas na die primêre bewerking (omploeg) van 'n land. Waar chemiese onkruidbeheer toegepas word, word die aantal sekondêre bewerkings vermeerder tot sowat ses per gewas (groeiseisoen). Die twee bykomende bewerkings vir toepassing van chemiese onkruidbeheer word met 'n wisselgangskotteleg en sleepeg onderskeidelik gedoen.

Die groot aantal bewerkings wat uitgevoer word, is 'n uitvloeisel van die meganisasie in die landbou. Laasgenoemde maak dit moontlik om 'n bewerking baie vinniger en makliker uit te voer as toe diere of swakker tipes implemente in gebruik was.

Die intensiteit van die druk wat uitgeoefen word, het ook 'n invloed op die mate van kompaksie. Groter en swaarder implemente behoort dus die effek te vererger.

Die grondvoginhoud waarby 'n bewerking uitgevoer word, bepaal ook die graad van kompaksie wat verkry kan word, soos aangetoon deur Weaver & Jamison (1951) en Vomocil, Fontaine &

Reginato/.....

Reginato (1958). Standaard internasionale metodes om die maksimum kompaksie van 'n grond te bepaal, berus daarop dat die kompaksiëkrag konstant gehou word en die voginhoud van die monster varieer word (Felt, 1965). Die grondvoginhoud waarby maksimum kompaksie verkry word, stem gewoonlik redelik ooreen met die veldwaterkapasiteit van die spesifieke grond, soos bewys is deur Maud (1960). Dit is skynbaar die algemene praktyk op Vaalharts om die primêre sowel as sekondêre bewerkings van die grond meestal by ongeveer veldwaterkapasiteit uit te voer.

Na aanleiding van bogenoemde gegewens is die invloed van variërende statiese druk by verskillende vogpeile in twee eksperimente ondersoek. Die doel met hierdie eksperimente was om te bepaal tot watter mate die ploeglaag moontlik verdig kan word deur variërende vertikale druk en deur die druk by variërende grondvog toe te pas.

6.2 MATERIAAL EN METODES

6.2.1 Die grond

'n Verteenwoordigende monster van die intermediêre fase van die Manganoserie, soos beskryf in Afdeling 2.2.2, is gebruik vir hierdie ondersoek. Die potensiële maksimum volumedigtheid van die grond, bepaal volgens die metode van Felt (1965), is $1,835 \text{ g cm}^{-3}$ en word verkry by 8,36% grondvog. Hierdie grondvoginhoud (8,36%) waarby maksimum verdigting verkry is, is net effens laer as die veldwaterkapasiteit (0,1 bar vogspanning) nl. 8,64%. Dit stem dus ooreen met die bevindinge van Maud (1960).

6.2.2 Voorbereiding en pakking van proefpotte

Die spesiaal ontwerpte proefpotte wat in Afdeling 5.2.4 beskryf is, is gebruik. Die ondergrond van al die potte is tot $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ volumedigtheid gepak, wat ooreenstem met die gemiddelde volumedigtheid van die gronde onder bewerking (Afdeling 2.5).

Die massa grond wat benodig is om 'n 18cm laag in die

potte/.....

potte tot die $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ volumedigtheid te pak, is in die potte gevoeg. Die voginhoud van die grond is tot 16% verhoog, waarna die potte liggies gestamp is totdat die grond tot die verlangde volume vasgesak het. Die voginhoud van die potte is daarna verlaag na veldwaterkapasiteit met behulp van die suigtegniek (Afdeling 5.2.4).

Die grondsterkte van die ondergronde is daarna vir elke 1cm indrukdiepte, tot op 4cm, bepaal.

Die bogronde wat gebruik is, word by die onderskeie proefprosedures bespreek.

6.2.3 Tegniek vir toepassing van vertikale druk

Die vertikale druk wat deur die agterwiel van 'n trekker op die grond uitgeoefen word, soos gemeet met behulp van vervormingsmeters wat in die grond installeer is, varieer skynbaar van 0,75 tot 4 bar, volgens Cooper, Van der Berg, McColley & Erickson (1957), Trabbic, Lask & Buchele (1959) en Reaves & Cooper (1960).

Die druk wat deur implemente op die grond uitgeoefen word, is in die huidige studie nageboots deur die grond saam te pers met behulp van 'n hidroliese laboratoriumpers, totdat die verlangde druk vir 30 sekondes konstant bly. Ishii & Tokunaga (1969) het 'n soortgelyke tegniek gebruik, maar die grond is saamgepers totdat die druk vir 3 minute konstant gebly het. Hierdie tydperk word egter as onrealisties beskou.

6.3 INVLOED VAN VARIERENDE DRUK BY KONSTANTE VOG

6.3.1 Prosedure

In hierdie eksperiment is die toename in graad van verdigting, veroorsaak deur 'n toename in vertikale statiese druk, by 'n konstante voginhoud ondersoek. Veldwaterkapasiteit (8,64% vog) is hiervoor gekies. Vier behandelings, naamlik 0, 1, 2 en 3 bar vertikale druk, is gebruik met twee herhalings per behandeling. Konstante massas lugdroë grond wat deur 'n 6mm sif gesif is, is tot by veldwaterkapasiteit

benat/.....

benat, deeglik gemeng en op die voorbereide "ondergrond" in elke pot geplaas.

Die verskillende drukke is daarna toegepas soos beskryf in Afdeling 6.2.3. Die graad van verdigting is bepaal deur grondsterktelesings vir elke 2cm indrukdiepte in duplikaat te neem tot op 18cm en daarna elke 1cm tot op 23cm. Elke syfer is dus die gemiddeld van 4 lesings (2 potte per behandeling en 2 stelle lesings per pot).

6.3.2 Resultate en bespreking

Die gemiddelde grondsterktes vir die 0 tot 6, 6 tot 12 en 12 tot 18cm lae van die ploeglaag is bepaal en die resultate word in Fig 6.1 aangedui. Die toename in grondsterkte met diepte, by die verskillende behandelings, word in Fig. 6.2 voorgestel.

Wanneer Figure 6.1 en 6.2 bestudeer word, word waargeneem dat die graad van verdigting vir al die behandelings toeneem met 'n toename in diepte. Hierdie waarneming is veral insiggewend aangesien verwag word dat die meeste kompaksie op of naby die oppervlakte plaasvind. 'n Moontlike verklaring vir die toename in grondsterkte van die ondergrond sal in Hoofstuk 7 verstrekk word.

Tweedens het die graad van kompaksie vinnig lineêr toeneem tot by 2 bar statiese druk, waarna die toename effens afgeneem het. Dieselfde afplatting in die graad van verdigting teenoor kompaksiekrag is deur Meredith & Patrick (1961) waargeneem, hoewel hulle eintlik die verband tussen volumedigtheid en kompaksiekrag ondersoek het.

Wanneer die grondsterkte van die 12 tot 18cm laag (Fig. 6.1) vergelyk word met veldgegewens van die ploeglaagverdichtingsone (Hoofstukke 2 en 3) sal waargeneem word dat dit selfs by die hoogste druk laer is as die gemiddelde veldwaarde, nl. 9 bar teenoor 16 bar. Die graad van verdigting van die ploeglaag, by veldwaterkapasiteit, veroorsaak deur 'n afwaartse druk van 2 of 3 bar is egter hoër as die konsolidasie deur water wat in Hoofstuk 5 gevind is. Hieruit kan afgelei/.....

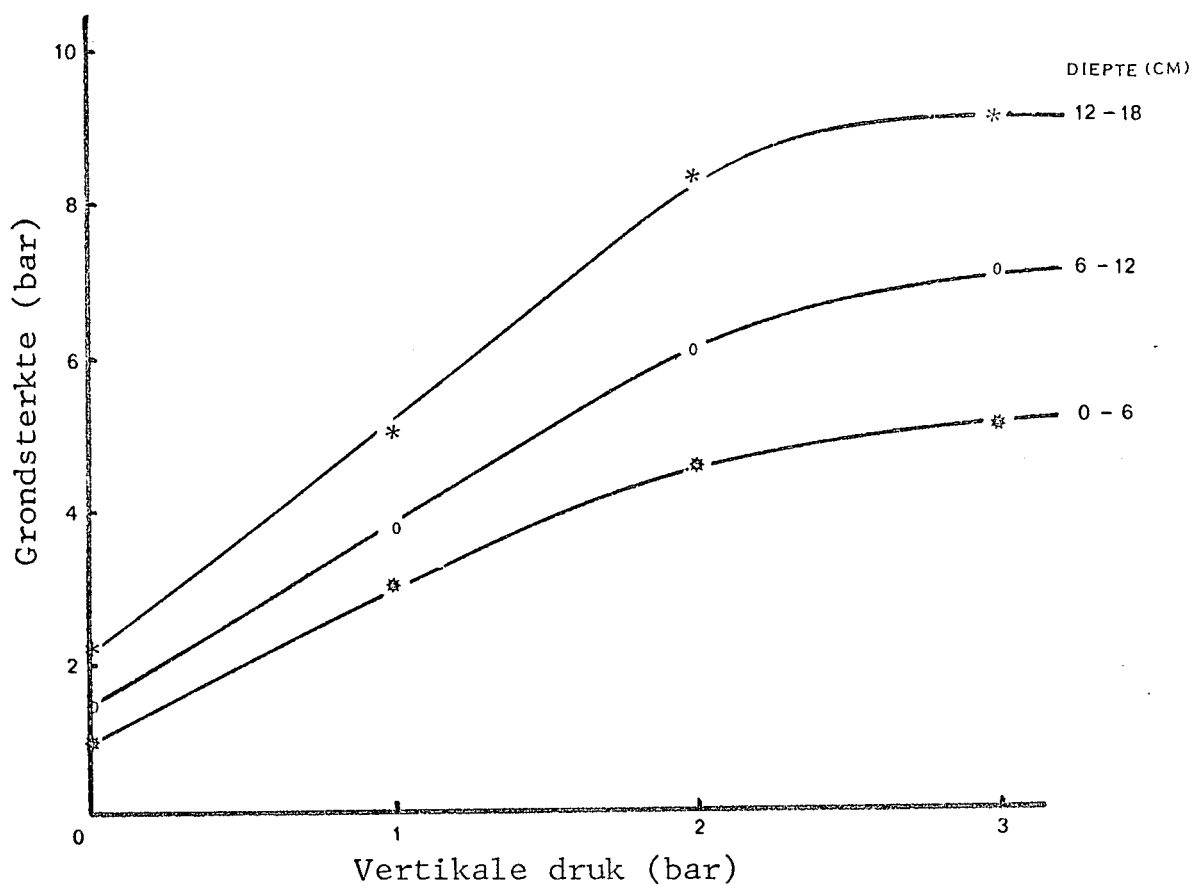


FIG. 6.1 - Invloed van statiese vertikale druk op die grondsterkte van die ploeglaag, op verskillende dieptes, by VWK

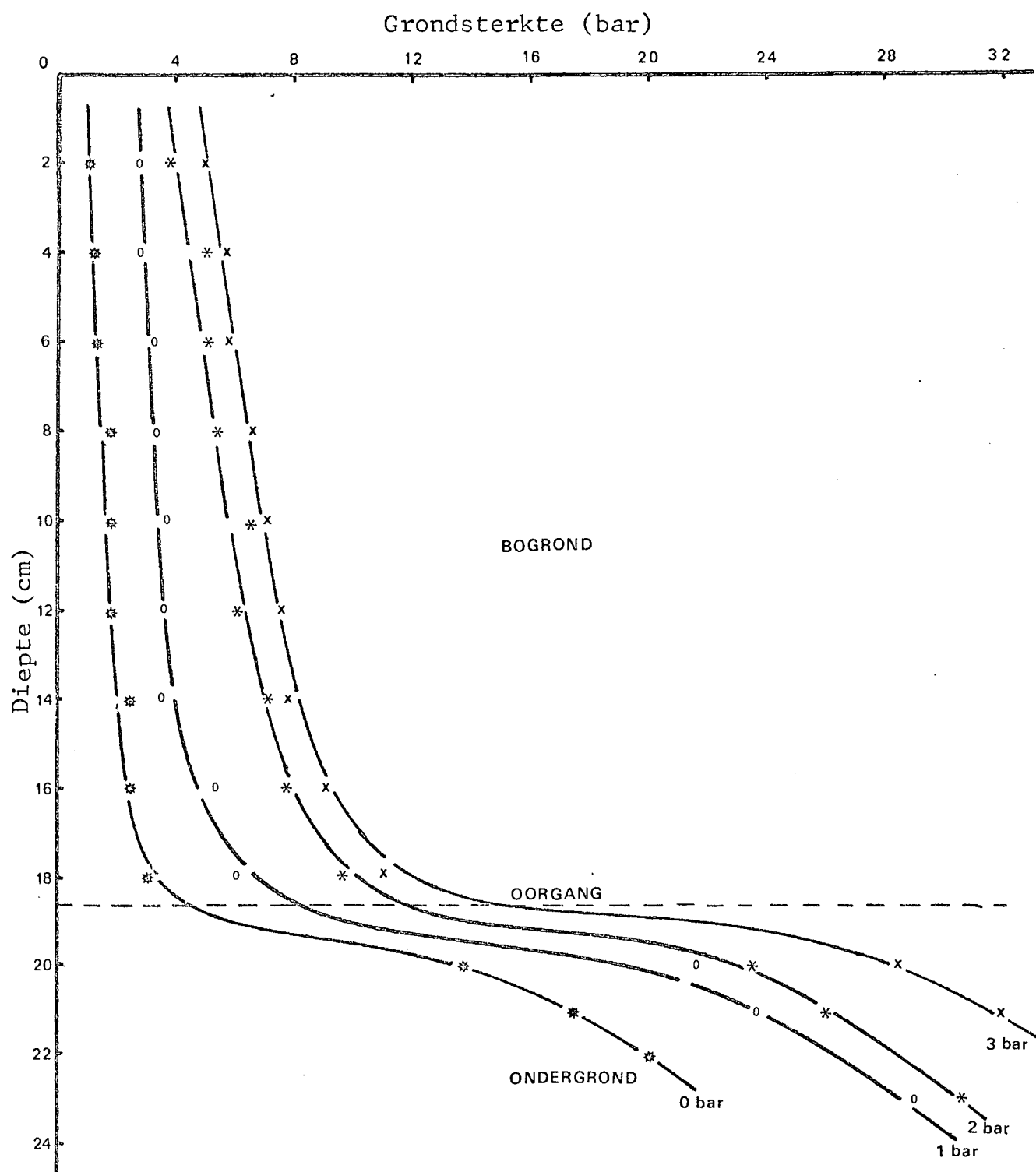


FIG. 6.2 - Toename in grondsterkte van die ploeglaag met diepte na kompaksie m.b.v. statiese vertikale drukke, by veldwaterkapasiteit

afgelei word dat die drukeffek van implemente 'n groter bydrae tot ploeglaagverdigting lewer as die konsolidasie-effek van besproeiingspraktyke.

6.4 INVLOED VAN KONSTANTE DRUK BY VARIËRENDE VOG

6.4.1 Prosedure

Vyf grondvogpeile, naamlik 0,5 (lugdroog), 3, 5, 7 en 8,64% is gebruik vir die onderskeie behandelings, met twee herhalings per behandeling. Konstante massas gesifte (deur 'n 6mm sif) lugdroë grond is tot die onderskeie grondvogpeile van die verskillende behandelings gebring, deeglik gemeng en in die verskillende potte gevoeg. Al die bogronde is daarna, met behulp van die tegniek in Afdeling 6.2.3 bespreek, saamgepers teen 'n konstante vertikale druk van 2 bar.

Die voginhoud van die onderskeie bogronde is hierna verhoog tot ongeveer 2% bokant veldwaterkapasiteit, waarna dit tot VWK verlaag is met behulp van die suigtegniek.

Die mate van verdigting is bepaal deur grondsterktelesings vir elke 2cm indrukdiepte te neem vir die bogrond en elke 1cm vir die ondergrond tot op 'n totale diepte van 23cm. Die lesings is in duplikaat by veldwaterkapasiteit geneem.

6.4.2 Resultate en bespreking

Die gemiddelde toenames in grondsterkte vir die 0 tot 6, 6 tot 12 en 12 tot 18cm sones van die ploeglaag met toename in grondvog waarby dit saamgepers is, is bepaal en word in Fig. 6.3 geïllustreer. Die toename in grondsterkte met diepte van die ploeglaag, vir 3 vogpeile, word in Fig. 6.4 aangedui.

Dieselfde tendens wat met die vorige eksperiment verkry is, naamlik 'n toename in graad van kompaksie met diepte in die ploeglaag, is ook in hierdie geval waargeneem by al die behandelings.

Die graad van kompaksie neem ook skerp toe met 'n toename

in/.....

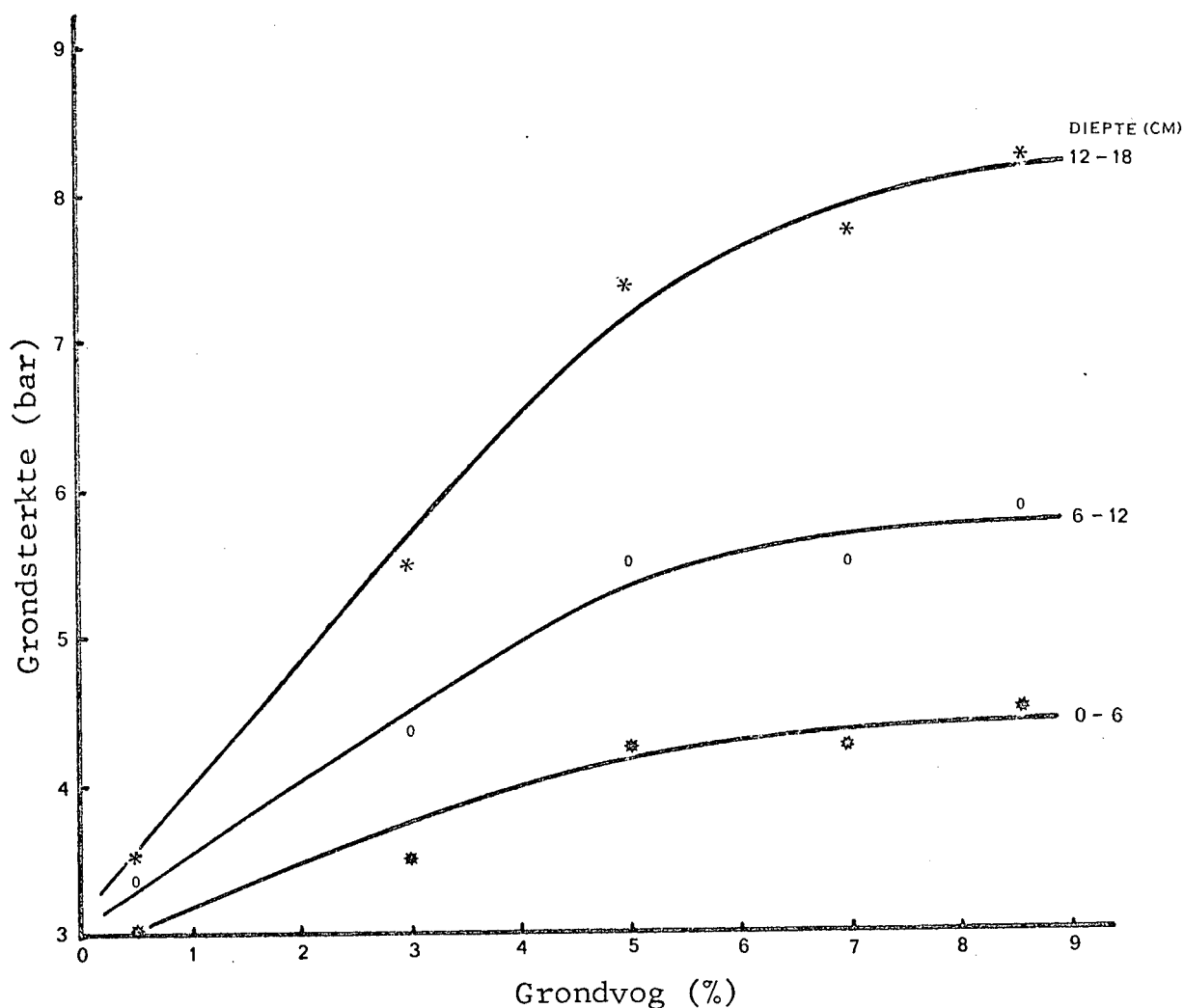


FIG. 6.3 - Invloed van verskillende grondvogpeile op die grondsterkte van die ploeglaag, op verskillende dieptes, na kompaksie deur 'n vertikale statiese druk van 2 bar

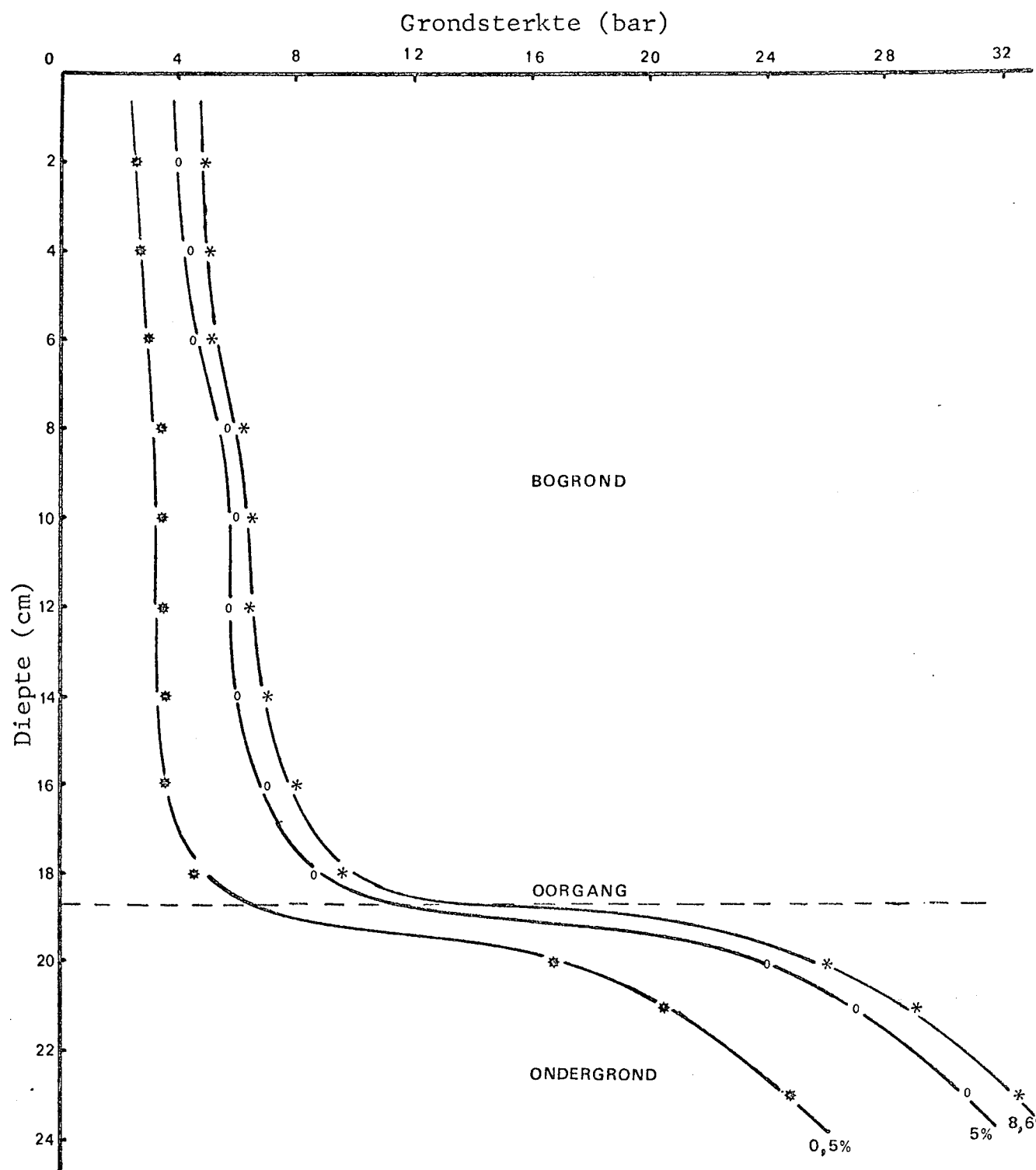


FIG. 6.4 - Toename in grondsterkte, van die ploeglaag, met diepte na kompaksie met 2 bar vertikale statiese druk by verskillende grondvogpeile

in die grondvogpeil waarby die druk toegepas is tot by 'n grondvoginhoud van 5%. Bokant 5% vog tot by 8,64% vog (die voginhoud by 0,1 bar) is daar slegs 'n baie geringe en onbeduidende toename in kompaksie met toename in die vogpeil waarby druk toegepas is. Dit impliseer dat, vir die spesifieke grond, 'n betekenisvolle afname in kompaksie deur vertikale druk eers gevind word wanneer die grondvogpeil onder 5% daal. Hoe laer die vogpeil onder 5% is wanneer die druk toegepas word; hoe minder kompaksie sal voorkom.

Ook in hierdie eksperiment was die hoogste grondsterktes wat verkry is, baie laer as dié wat in die veldondersoek waargeneem is.

6.5 SAMEVATTING

Die moontlikheid dat ploeglaagverdichtingsones veroorsaak word deur vertikale druk deur implemente tydens sekondêre bewerkingspraktyke, d.w.s. bewerking nadat geploeg is, is ondersoek. By konstante grondvog het kompaksie toegeneem met toename in druk tot by 2 bar, waarbo die toename in kompaksie slegs gering was by toenemende druk. By konstante druk, het die graad van kompaksie skerp toegeneem met 'n toename in grondvog tot by 5% vog, waarbo die toename uiters gering was by toenemende voginhoud waarby die druk toegepas is.

Die graad van verdigting van die los, nagebootste "ploeglaag" het met diepte toegeneem tot 'n maksimum net bokant die oorgang na die gepakte ondergrond. Die meeste kompaksie deur druk wat op die oppervlakte toegepas word, vind dus onder in die ploeglaag plaas en nie na aan die oppervlakte nie.

Die ergste graad van ploeglaagverdigting wat in die huidige eksperimente verkry is, was nog baie laer as die waardes wat in die veld gevind is. Dit was egter reeds 8,5 bar, wat hoër is as die grens waarby die verhouding van bodele : wortels en P-konsentrasie in koring (Hoofstuk 4) tot 'n minimum beperk is.

Hoë grondsterktes kon na verwagting verkry word deur

vertikale/.....

vertikale druk op te volg met 'n besproeiingsiklus (Hoofstuk 5). Kombinasié van dié twee effekte sou na 'n enkele drukuitoefening en daaropvolgende besproeiing reeds 'n aansienlike hoër grondsterkte tot gevolg hê. Herhaling van die toegepaste druk en daaropvolgende besproeiings deur 'n aantal siklusse, soos in die praktyk voorkom, sal uiteindelik ook 'n baie groter bruto effek hê. 'n Langtermynstudie waarin laasgenoemde vir die Manganogronde bestudeer word, word as 'n noodsaaklike opvolging beskou.

Uit die huidige hoofstuk en Hoofstuk 5 is dit duidelik dat vertikale druk alleen 'n baie groter effek op ploeglaag= verdigting het as wat besproeiing alleen het.

HOOFSTUK 7

ONDERSOEK NA MOONTLIKE FAKTORE VERANTWOORDELIK VIR DIE VERHOOGINGS IN GRONDSTERKTE VAN ONDERGRONDE

7.1 DOEL

Tydens die eksperimente, wat in Hoofstukke 5 en 6 bespreek is, is waargeneem dat die grondsterkte van die ondergronde in die potte toeneem het nadat die onderskeie behandelings toegepas is. Hierdie waarneming was heel toevallig en teen die verwagting in. Die grondsterktes van die ondergronde is by veldwaterkapasiteit bepaal, nadat die potte gepak is, maar voordat die bogronde bo-op geplaas is, om vas te stel of die potte homogeen en tot die verlangde volumedigtheid gepak is. Nadat die bogronde bygevoeg en die behandelings toegepas is, is die grondsterktes van die bogronde bepaal as maatstaf vir die graad van kompaksie. Die grondsterktes is eers tot ongeveer 1cm onderkant die oorgang na die ondergronde bepaal, maar nadat die toename in grondsterkte waargeneem is, is die grondsterkte vir elke 1cm indrukdiepte tot op 4cm binne die ondergrond bepaal.

Die toename in grondsterkte van die ondergrond vir 'n aantal potte uit die eksperiment wat in Afdeling 5.4 bespreek is, word in Tabel 7.1 aangedui. In daardie eksperiment is die konsolidasie-effek van verskillende besproeiingspraktyke op die ploeglaag ondersoek.

Uit Tabel 7.1 kan waargeneem word dat die grondsterkte van die ondergronde meesal verdubbel of byna verdubbel het. Hierdie tendens is by al die potte waargeneem. As moontlike verklarings vir die toename in grondsterkte is gedink aan:

(i) translokasie van die fyn grondpartikels uit die ploeglaag na die ondergrond (a) tydens die besproeiing van die potte of (b) gedurende die verwydering van die oortollige vog m.b.v. die suigtegniek; en

(ii) moontlike verdigting van die ondergrond onder die invloed/.....

TABEL 7.1 - Waargenome toenames in grondsterktes van ondergronde

Grondsterkte op 2cm indrukdiepte			
Voor behandeling	Na behandeling	Toename in grondsterkte	
bar	bar	bar	%
17,88	33,63	15,75	88,09
17,13	31,44	14,31	83,54
18,13	32,44	14,31	78,97
16,88	34,06	17,18	101,78
16,25	33,44	17,19	105,78
4,50	9,13	4,63	102,89
3,88	7,94	4,06	104,64
5,25	11,12	5,87	111,81
4,00	8,62	4,62	115,50

invloed van die drukeffek van die massa bogrond wat intussen bygevoeg is.

In die eksperimente wat in Hoofstuk 6 bespreek is, het ook 'n toename in grondsterkte van die ondergrond voorgekom. Hier= die toenames in grondsterkte was afhanklik van die druk wat toegepas is en van die vogpeil waarby die druk toegepas is (Figure 6.2 en 6.4). Laasgenoemde toenames in grondsterkte van die ondergronde kan dus moontlik toegeskryf word aan die drukeffek van die behandelings wat toegepas is.

In hierdie hoofstuk sal daar dan gepoog word om 'n verkla= ring te vind vir die onverwagte toenames in grondsterkte van die ondergronde wat in die besproeiingseksperimente (Hoofstuk 5) waargeneem is. Die invloed van die besproeiing van die potte en van die suigaksie is eerste ondersoek. Die tweede ondersoek het voortgespruit uit die resultate wat met die eerste onder= soek verkry is.

7.2/.....

7.2 EFFEK VAN SUIGAKSIE EN BESPROEIING VAN PROEFPOTTE

7.2.1 Prosedures

Die moontlike verplasing van grondpartikels uit die bogrond na die ondergrond, as die oorsaak van die waargenome toename in grondsterkte van die ondergrond, deur die besproeiings- of suigaksie is as volg ondersoek: Ses van die spesiale proefpotte is gebruik en ondergronde met 'n volumedigtheid van ongeveer $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ is gebruik. (Die potte is voorberei volgens die metode in Afdeling 6.2.2 bespreek). Die grondsterkte van die ondergrond van elke pot is vir elke 1cm indrukdiepte bepaal tot op 4cm.

Die invloed van die besproeiingsaksie sowel as die suigaksie is uitgeskakel deur in 2 potte suiwer growwe sand (korrelgrootte 1 tot 2mm) as bogrond te gebruik. Hierdie potte dien dus as kontroles aangesien hierdie tipe bogrond geen fyn partikels bevat wat as gevolg van die besproeiingsaksie (50mm vloed) of suigaksie na die ondergrond verplaas kan word nie.

Die effek van die besproeiingsaksie is ondersoek deur in 2 potte lugdroë kluite as bogrond te gebruik, die potte te besproei (50mm vloed) en twee dae te laat om te ewilibreer. Daarna is die bogrond sorgvuldig verwyder voordat die ondergrond tot veldwaterkapasiteit gebring is m.b.v. die suigtegniek. Hierdie behandeling elimineer dus die moontlikheid dat fyn partikels gedurende die suigaksie uit die bogrond na die ondergrond verplaas word.

Die orige twee potte is normaalweg behandel. Dit is naamlik van 'n bogrond bestaande uit lugdroë kluite voorsien, besproei (50mm vloed) en met die bogrond steeds in posisie gesuig. Indien geen van die vorige twee behandelings 'n toename in grondsterkte van die ondergrond tot gevolg gehad het nie, kon enige toename in grondsterkte wat met hierdie behandeling verkry word, toegeskryf word aan die effek van die suigaksie.

Die grondsterktes van die ondergronde is, na behandeling,

by/.....

by veldwaterkapasiteit bepaal.

7.2.2 Resultate en bespreking

Die resultate word in Tabel 7.2 saamgevat.

TABEL 7.2 - Grondsterkte van ondergronde by verskillende behandelings

Effek	Grondsterkte op 2cm indrukdiepte		
	Voor behandeling	Na behandeling	Toename
	bar	bar	bar
Kontrole	10,25	16,75	6,50
Besproeiingsaksie	11,50	12,75	1,25
Suigaksie	10,75	18,50	7,75

Die opvallendste waarneming uit Tabel 7.2 is dat die grondsterkte van die ondergrond van die kontrolepotte baie toegeneem het. Hierdie waarneming impliseer dat die toename in grondsterkte nie aan die besproeiings- of suigaksie toegeskryf kan word nie. Tweedens word opgemerk dat die twee potte waarin die besproeiingsaksie ondersoek is, en die suigaksie uitgeskakel is, slegs 'n geringe toename in die grondsterkte van die ondergrond getoon het. Hierdie toename is gering en skynbaar te wyte aan eksperimentele variasie eerder as aan 'n werklike effek van inwassing van grondpartikels deur die besproeiingsaksie. Aangesien die kontrole ook 'n toename in grondsterkte getoon het, kon die toename in grondsterkte van die ondergrond in die potte waar die suigaksie ondersoek is, nie sondermeer aan die suigaksie toegeskryf word nie.

Uit voorgaande was dit duidelik dat daar 'n sekere basiese ooreenkoms moes wees tussen die potte wat as kontrole gedien het en dié waarin die suigaksie getoets is. Dit moes ook op hierdie basiese punt verskil van die potte waarin die besproeiingsaksie uitgetoets is. By nadere beskouing word opgemerk

dat/.....

dat laasgenoemde geen boggrond gehad het op die stadium toe die grondsterkte van die ondergrond na die behandeling bepaal is nie. Eersgenoemdes het wel op hierdie stadium boggronde op die ondergrond gehad.

Die sand wat as boggrond vir die kontrolepotte gedien het, is hierna versigtig verwyder en die grondsterkte van die ondergrond bepaal. In dié geval was dit slegs 10,25 bar op 2cm indrukdiepte, wat dieselfde was as voor behandeling. Die verhoging in grondsterkte met 6,25 bar wat voor verkry is, kan dus toegeskryf word aan die effek van die massa sand wat op die ondergrond gelê het toe die grondsterkte van die ondergrond na behandeling bepaal is.

7.3 INVLOED VAN MASSA EN GRONDSTERKTE VAN BOGROND

Uit die voorgaande was dit duidelik dat die aanwesigheid van 'n boggrondlaag 'n aansienlike invloed op die grondsterkte van die ondergrond kan hê. Om dié waarneming te probeer bevestig, is die boggronde van 6 van die potte wat in Afdeling 6.3 bespreek is, verwyder en die grondsterktes van die ondergronde daarna bepaal (Tabel 7.3).

Uit die verkreeë resultate (Tabel 7.3) is dit duidelik dat die toenames in grondsterkte van die ondergronde, wat voorgekom het nadat die behandelings (Afdeling 6.3) toegepas is, totaal uitgeskakel kon word deur die boggronde te verwyder voordat die grondsterktes van die ondergronde bepaal word.

Uit Afdeling 6.3 is dit duidelik dat die grondsterktes van die ondergrond gevarieer het volgens die druk wat toegepas is. Al die ondergronde het egter na die normale terugkeer na verwydering van die boggrond. Direkte kompaksie deur die toegepaste druk kon dus nie die oorsaak wees van die verhoogde grondsterktes in die ondergronde nie. Die totale massa boggrond was in al die gevalle konstant en kan ook nie die variasies verklaar nie. Al afleiding wat gemaak kan word, is dat die mate van verdigting of grondsterkte van die boggrond 'n invloed moes hê op die grondsterkte van die ondergrond.

Om hierdie stelling te ondersoek, is die korrelasie

tussen/.....

TABEL 7.3 - Grondsterktes van ondergronde na verskillende behandelings

Grondsterkte op 2cm indrukdiepte		
Voor behandeling	Na behandeling, met bogrond in posisie	Nadat bogrond verwyder is na behandeling
bar	bar	bar
11,50	23,50	11,25
11,50	24,00	12,00
10,25	26,75	10,75
12,00	25,25	11,50
11,00	32,25	11,50
13,00	31,75	12,00

tussen die gemiddelde grondsterkte van die 12 tot 18cm laag in die bogrond (die laag onmiddellik op die ondergrond) en die grondsterkte van die ondergrond na behandeling, gemeet met die bogrond nog in posisie, bepaal. Al die waarnemings van die twee eksperimente wat in Hoofstuk 6 beskryf is, is gebruik. 'n Hoogs betekenisvolle ($P = 0,001$) lineêre verband is gevind tussen die grondsterkte van die laag wat onmiddellik op die ondergrond rus en die grondsterkte van die ondergrond self (Fig. 7.1). Hierdie verskynsel kan moontlik toegeskryf word daaraan dat verhoogde kompaksie (grondsterkte) van die bolaag die verplaasbaarheid van grondpartikels in die ondergrond deur die indringende voelpe teenwerk en sodoende 'n hoër grondsterktelesing gee. In die vroeëre werk met die ringetjies is, veral by hoë grondsterktes, waargeneem dat 'n keëlvormige hopie grond rondom die voelpe uitgestoot word tydens die neem van die grondsterktelesings. 'n Hoë bolaagdruk ("overburden pressure") sal die vorming van so 'n keël belemmer. In Hoofstuk 2 is daarop gewys (Fig. 2.2) dat die laer lesings wat met die voelpe sonder 'n skouer verkry is, juis toegeskryf word aan die feit dat partikels by daardie voelpe slegs om die punt beweeg en agter die punt in 'n leë "kassie" beland.

Dit/.....

Dit word dan nie weg en veral nie verder opwaarts forseer nie.

Die effek van bolaagdruk ("overburden pressure") op die grondsterkte van die onderlaag (ondergrond) en die ontwikkeling van gewasse is deur Bradford et al. (1971) ondersoek. Hulle het gevind dat die wortelverlengingstempo van grondboontjie=penwortels, in die onderlaag, afgeneem het met 'n toename in bolaagdruk. Hierdie waarneming dui daarop dat die grondsterkte van die onderlaag toeneem het met 'n toename in bolaagdruk, aangesien bevind is dat die verlengingstempo van grondboontjie=wortels direk afhanklik is van grondsterkte (Taylor & Ratliff, 1969).

Voorgenoemde effek mag 'n belangrike bydraende faktor wees tot die uiters swak wortelgroei wat op Vaalharts in die ondergronde aangetref word. Aangesien die grondsterktes van die bogronde reeds hoog is, sal dit 'n groot invloed op die ondergronde hê. In die lig van die verkreeë resultate moet die vraag ook gestel word of die grondsterktes wat in die veld in ontblote ondergrond van bo af geneem word 'n absoluut getroue weergawe sal wees van die situasie wat onder natuurlike toestande deur wortels ervaar word.

7.4 SAMEVATTING

Moontlike verklarings vir die onverwagte toenames in grondsterkte van die ondergronde, in die eksperimente wat in Hoofstukke 5 en 6 bespreek word, is ondersoek.

Met behulp van 'n proses van eliminasië is daar tot die gevolgtrekking gekom dat die bolaagdruk, naamlik die graad van bolaagverdigting of die grondsterkte van die paar sentimeters bokant die oorgang van die bo- na die ondergrond, die oorsaak van die waargenome verhoging was. 'n Hoogs betekenisvolle ($r = 0,96$) korrelasie tussen die grondsterkte van die 12 tot 18cm laag in die bogronde, en die grondsterkte van die ondergrond is verkry.

Daar is tot die gevolgtrekking gekom dat 'n toename in bolaagdruk 'n afname in die opwaartse verplaasbaarheid van die grondpartikels in die ondergrond, d.w.s. 'n toename in

grondsterkte/.....

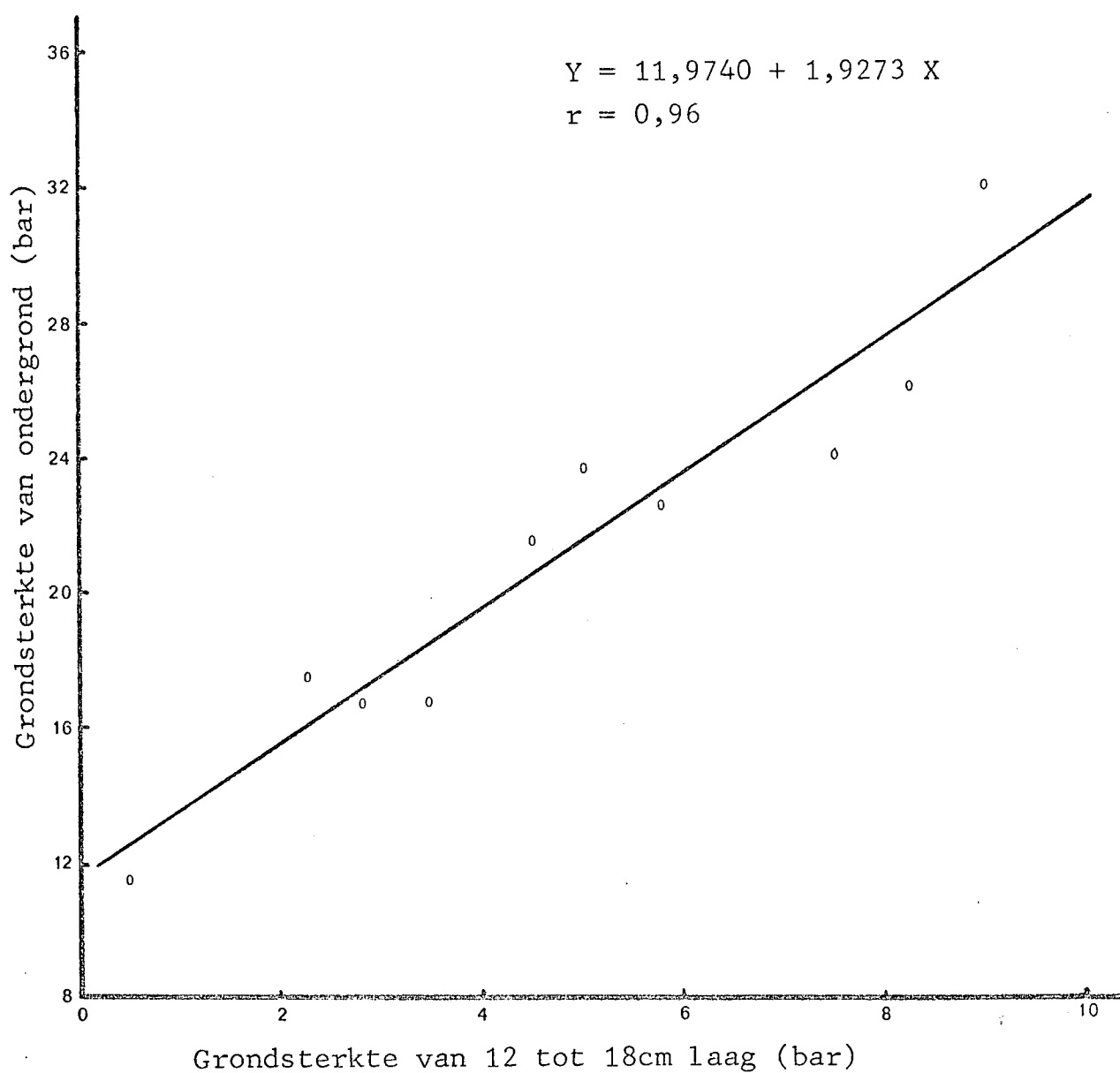


FIG. 7.1 - Verband tussen die grondsterkte van die 12 tot 18cm laag in die bogrond en die grondsterkte van die ondergrond

grondsterkte tot gevolg het.

Dit is noodsaaklik dat hierdie waarneming opgevolg word deur 'n intensiewe ondersoek na die invloed van bolaagdruk op grondsterktebepalings. Op hierdie stadium skyn dit asof die tegniek van grondsterktelesings in ondergronde in die veld baie versigtig oorweeg sal moet word.

ALGEMENE BESPREKING

Op die besproeiingskemas in die sentrale dele van die Republiek van Suid-Afrika is die paradoksale verskynsel waargeneem dat dit tegelyk gekenmerk word deur diep, goed-gedreineerde gronde en deur uiters swak en vlak wortelstelsels van verboude gewasse. Tesame met laasgenoemde word verskeie probleme in gewasverbouing en onbevredigend lae opbrengste ondervind. Die bevinding van Van der Merwe (1970) dat hoë grondsterktes in die gronde aangetref word, was dus 'n goeie motivering vir die onderneem van 'n basiese studie oor grondsterktes in die gebied.

As eerste uitgangspunt was die Vaalhartsbesproeiingskema die logiese keuse aangesien dit nie alleen die grootste besproeiingskema is nie, maar 'n redelike homogene gebied is waarin 'n spesifieke grondserie (Mangano) absoluut dominant is.

Die veldondersoek in die huidige studie het bevestig dat hoë grondsterktes en volumedigtheid 'n wesenlike probleem in die Manganogronde van Vaalharts is. 'n Kompliserende faktor in die verband is die feit dat hoë grondsterktes en volume-digtheid ook in die nuwegrond voorgekom het. Uit die verdere werk skyn dit dan ook asof hierdie inherente potensiële hoë grondsterktes van hierdie grond moontlik een van die belangrikste bydraende faktore tot die voorkoms van die hoë grondsterktes in die bewerkte gronde is. Die effek van bolaagdruk op die grondsterktes van die ondergronde maak 'n verdere belangrike bydrae tot hierdie verskynsel.

Uit voorgaande wil dit voorkom asof die oplossing vir die probleem van hoë grondsterktes in die bewerkte gronde ook maatreëls sal moet insluit om hierdie natuurlike hoë grondsterktes op te hef. Die gebruik van chemiese grondverbeteraars ("soil conditioners") met die oog op 'n mate van struktuurvorming in hierdie struktuurlose gronde sou die aangewese oplossing wees, mits dit ekonomies toegepas kan word. Die afgelope seisoen het Van der Merwe (persoonlike mededeling) reeds sukses daarmee behaal op die Sandvetbe-

sproeiingskema./.....

sproeiingskema.

Die hoë inherente grondsterktes van die Manganogronde vanaf Vaalharts kan skynbaar hoofsaaklik toegeskryf word aan die struktuurloosheid, hoë fynsandfraksie, lae klei-inhoud, goeie afronding van die sandpartikels en swak gradering (goeie sortering) van die gronde. As gevolg hiervan word digte pakking verkry wat aanleiding gee tot hoë volumedigtheid. Grondsterkte is weer direk afhanklik van volumedigtheid.

Dit is aangetoon dat die grondsterkte onder 'n sekere kritiese voginhoud van die grond skerp styg by hoë volumedigtheid. Deur te sorg dat die voginhoud van die grond nie te laag daal nie, kan die intensiteit van die effek dus beperk word. Indien die volumedigtheid egter laag genoeg is, het vog geen effek nie.

Afgesien van die direkte verband tussen voginhoud en grondsterkte speel vog ook 'n indirekte rol in die sin dat die vogpeil waarby vertikale druk toegepas word 'n invloed het op kompaksie deur die druk. Vir die monster waarmee gewerk is, het hierdie effek byna konstant geword vir enige vogpeil bokant 5%. Die effek van drukintensiteit het ook skerp toegeneem tot by 'n druk van 2 bar en daarbo feitlik konstant geword.

By die studie van die effek van hoë grondsterktes op plantegroei word daar gewoonlik gekonsentreer op die verband tussen grondsterkte en wortelontwikkeling. Uit die huidige potproewe is dit duidelik dat hoë grondsterktes wortelgroei sowel as bogrondse groei benadeel. Hierdie effek word toegeskryf daaraan dat die doeltreffendheid van die wortelstelsel belemmer word. Een van die hooforsake hiervan is skynbaar die vermindering van die sorpsie-oppervlakte van die wortels. Hierdeur word die opname van verskillende plantvoedingstowwe, veral fosfor, beperk. Uit die proewe kan afgelei word dat dit noodsaaklik is om die grondsterktes van hierdie gronde so laag as moontlik onder 8 bar te kry.

Dit is duidelik dat die natuurlike grondsterktes van die

tipe/.....

tipe grond onder bespreking en verwante gronde in ag geneem moet word by die bepaling van die produksiepotensiaal van die gronde en die beplanning van boerderypraktyke daarvoor. Dit is duidelik dat dit nie verwag kan word om die grondsterktes van die gronde deur middel van bewerkingspraktyke vir lang genoeg termyne te verlaag nie. Die grond sal so vinnig moontlik na die natuurlike staat probeer terugkeer. Drukeffekte deur implemente tydens bewerking sal hierdie proses verhaas en uiteindelik selfs hoër grondsterktes induseer. Dit skyn ook asof bewerkings eerder tot 'n absolute minimum beperk moet word.

Die effekte wat in die huidige studie verkry is, moet opgevolg word met basiese, doelgerigte veldproewe waarin al die effekte en faktore uitgetoets word. Dit moet ook uitgebrei word na ander belangrike grondsoorte uit die gebied, met die oog op sinvolle vergelykings. In hierdie verband word veral gedink aan die groot oppervlakte in die Sentrale Oranjeriviergebied waar soortgelyke gronde aan dié wat in die huidige studie ondersoek is na verwagting as deel van die Oranjerivierontwikkelingsprojek onder besproeiing gebring sal word. Dit bestaan uit verskillende sanderige series van die Huttonvorm waarvan die grofheid van die sandfraksie varieer en die ooreenstemmende series in die Clovellyvorm. Tydige grondsterktestudies op hierdie gronde, met 'n kritiese vergelyking tussen verskillende series kan help om verwagte probleme by voorbaat uit te skakel deur oordeelkundige beplanning.

D A N K B E T U I G I N G S

Die skrywer wens langs hierdie weg sy opregte dank oor te dra aan Dr. M.C. Laker, Senior Lektor van die Departement Grondkunde aan die U.O.V.S., onder wie se besielende en entoesias= tiese leiding hierdie ondersoek uitgevoer is asook vir sy onbaatsugtige opoffering met die voorbereiding van hierdie verhandeling.

Die skrywer wil hiermee ook sy erkenning en opregte dank aan die volgende persone en instansies betuig:

Prof. R. du T. Burger, Hoof van die Departement Grondkunde, U.O.V.S., Mnr. A.J. van der Merwe, Landbounavorsingsinstituut, Glen en Mnr. T.H. van Rooyen, Lektor van die Departement Grondkunde, U.O.V.S., vir hul vrugbare kritiek gedurende die voorlopige beplanning van hierdie ondersoek.

Die Departement van Landbou-tegniese Dienste vir die vrystelling van amptelike pligte ten einde hierdie ondersoek uit te voer.

Dr. J.J. Human, Senior Lektor van die Departement Agronomie aan die Universiteit van die O.V.S., en my kollegas vir hul opbouende kritiek gedurende die ondersoek.

Mev. R.P. Hunt en Mej. Y.M. Attwood vir hul tegniese bystand met die ontleding van die plantmonsters.

ISEN vir die verskaffing van rekenaarfasiliteite en Stewarts & Lloyds vir die verskaffing van besproeiingstoerusting.

Mej. Annatjie Koorzen vir haar doeltreffende en netjiese tik= werk.

My vrou, Hilda, vir haar aanmoediging en veral vir haar prak= tiese hulp en aandeel in die voorbereiding van hierdie verhan= deling.

L I T E R A T U R V E R W Y S I N G S

- ABDALLA, A.M., HETTIARATCHI, D.R.P. & REECE, A.R. 1969. The mechanics of root growth in granular media. *J. of Agric. Eng. Res.* 14, 236 - 248.
- BARLEY, K.P. 1963. Influence of soil strength on growth of roots. *Soil Sci.* 96, 175 - 180.
- BARLEY, K.P. 1968. Deformation of the soil by the growth of plants. *Trans. 9th Int. Congr. Soil Sci.* 1, 759 - 766.
- BARLEY, K.P., FARRELL, D.A. & GREACEN, E.L. 1965. The influence of soil strength on the penetration of a loam by plant roots. *Aust. J. Soil Res.* 3, 69 - 79.
- BARLEY, K.P. & GREACEN, E.L. 1967. Mechanical resistance as a soil factor influencing the growth of roots and underground shoots. *Adv. in Agron.* 19, 1 - 43.
- BASSET, J.R. & McDANIEL, A.R. 1967. Trafficability of four loess soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 31, 115 - 117.
- BATCHELDER, A.R. 1971. Root characteristics in relation to ion and water uptake. *Diss. Abstr. Int.* 31, 7037.
- BENNIE, A.T.P. 1970. Grondsterkte. Ongepubliceerde seminaar. Dept. Grondkunde. U.O.V.S.
- BLAKE, G.R. 1965. Bulk density. In: *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties* (Ed. C.A. Black). Madison: Am. Soc. Agron.
- BODMAN, G.B. & CONSTANTIN, G.K. 1965. Influence of particle size distribution in soil compaction. *Hilgardia* 36, 567 - 591.
- BRADFORD, J.M., FARRELL, D.A. & LARSON, W.E. 1971. Effect of soil overburden pressure on penetration of fine metal probes. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35, 12 - 15.

- CAMP, C.R. & LUND, Z.F. 1964. Effect of soil compaction on cotton roots. *Crops & Soils* 17 (2), 13 - 14.
- CLEASBY, T.G. 1964. Symposium on soil compaction. *Proc. of the South African Sugar Tech. Ass.*
- COCKROFT, B., BARLEY, K.P. & GREACEN, E.L. 1969. The penetration of clays by fine probes and root tips. *Aust. J. Soil Res.* 7, 333 - 348.
- COOPER, A.W. & NICHOLS, M.L. 1959. Some observations on soil compaction tests. *Agric. Eng.* 40, 264 - 267.
- COOPER, A.W., VAN DEN BERG, G.E., MCCOLLEY, H.F. & ERICKSON, A.E. 1957. Strain gauge cell measures soil pressure. *Agric. Eng.* 38, 232 - 246.
- DAVIDSON, D.T. 1965. Penetrometer measurements. In: *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties* (Ed. C.A. Black). Madison: Am. Soc. Agron.
- DE ROO, H.C. 1966. Root training by plastic tubes. III Soil aeration appraised by tube grown plants. *Agron. J.* 58, 483 - 486.
- DONEEN, L.D. & HENDERSON, D.W. 1953. Compaction of irrigated soil by tractors. *Agric. Eng.* 34, 94 - 95.
- ELOFF, J.F. 1971. Studies oor die toeganklike fosforstatus van sekere Vaalhartsgronde. *M.Sc. Agric. Verhandeling. U.O.V.S.*
- EVANS, G.N. 1970. A technique of stimulation of radial root growth in soil and some experimental results. *Soil Sci.* 109, 376 - 387.
- FARRELL, D.A. & GREACEN, E.L. 1966. Resistance to penetration of fine probes in compressible soil. *Aust. J. Soil Res.* 4, 1 - 17.

- FELT, E.J. 1965. Compactibility. In: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical properties (Ed. C.A. Black). Madison: Am. Soc. Agron.
- FINKLE, H.J. & NIR, G. 1959. Gravity vs. sprinkling methods of irrigation. A comparative study. Soil Sci. 88, 16 - 24.
- GARDNER, H.R. & DANIELSON, R.E. 1964. Penetration of wax layers by cotton roots as affected by some soil physical conditions. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28, 457 - 461.
- GERARD, C.J. 1965. The influence of soil moisture, soil texture, drying conditions and exchangeable cations on soil strength. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29, 641 - 645.
- GERARD, C.J., BLOODWORTH, M.E., BURLESON, C.A. & COWLEY, W.R. 1961. Hardpan formation as affected by soil moisture loss. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 25, 460 - 463.
- GERARD, C.J., COWLEY, W.R. & KUNZE, G.W. 1966. Influence of drying conditions on non-capillary porosity. Soil Sci. 102, 59 - 63.
- GILL, W.R. & BOLT, G.H. 1955. Pfeffer's studies of the root growth pressures exerted by plants. Agron. J. 47, 166 - 168.
- GORYUNOV, N.S. 1966. Influences of irrigation methods on some soil properties. Soviet Soil Sci. 14 - 19.
- GREACEN, E.L. 1960. Water content and soil strength. J. Soil Sci. 11, 313 - 333.
- GREACEN, E.L., BARLEY, K.P. & FARRELL, D.A. 1968. Mechanics of root growth in soils with particular reference to the implications for root distribution. In: Root growth. (Ed. W.J. Whittington) London: Butterworths.

- GREACEN, E.L., FARRELL, D.A. & COCKROFT, B. 1968. Soil resistance to metal probes and plant roots. Trans. 9th. Int. Congr. Soil Sci. 1, 769 - 779.
- ISHII, K. & TOKUNAGA, Y. 1969. Soil compaction caused by tractor traffic. 3. Relationships between soil-moisture content and compaction for several soil types. Soil Sci. Pl. Nutrition 15, 95.
- KELLER, J. 1964. Less soil compaction with low application rate sprinkling. Proc. Sprinkler Irrig. Ass., 45 - 50.
- LAKER, M.C. 1967. Enkele gedagtes oor groeistilstandsiekte. Ongepubliseerde verslag. Univ. van die O.V.S.
- LAKER, M.C. 1970. Cationic equilibria in selected soils and soil materials. D. Sc. Agric. Thesis. U.C.F.S.
- LONSDALE, J.E. 1969. The possibility of flood irrigation exaggerating plough soles and methods of investigating this possibility. Unpubl. seminar. Dept. Crop Science. Univ. Natal.
- LOWRY, F.E., TAYLOR, H.M. & HUCK, M.G. 1970. Growth rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of soil pans. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34, 306 - 309.
- MATHERS, A.C., LOTSPEICH, F.B., LAASE, G.R. & WILSON, G.G. 1966. Strength of compacted Amarillo fine sandy loam as influenced by moisture, clay content and exchangeable cation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30, 788 - 791.
- MAUD, R.R. 1960. The compaction of sugar-belt soils at various moisture levels. Proc. 34th Congr. S. Afr. Sug. Tech. Ass., 154 - 160.
- MEREDITH, H.L. & PATRICK, W.H. 1961. Effects of soil compaction on subsoil root penetration and physical properties of three soils in Louisiana. Agron. J. 53, 163 - 167.

- MILFORD, M.H., KUNZE, G.W. & BLOODWORTH, M.E. 1961. Some physical, chemical and mineralogical properties of compacted and adjacent soil layers in coarse-textured soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 25, 511 - 514.
- MORGAN, W.C., LETEY, J. & RICHARDS, S.J. 1966. Physical soil amendments, soil compaction, irrigation, and wetting agents in turf-grass management. I Effects on compactability, water infiltration rates, evapotranspiration and number of irrigations. Agron. J. 58, 525 - 528.
- MURTY, G.S. 1964. The effect of soil compaction on plant growth and nutrient uptake and a technique to study it's mechanism. Diss. Abstr. 25, 1 452 - 1 453.
- PARKER, J.J. & TAYLOR, H.M. 1965. Soil strength and seedling emergence relations. I Soil type, moisture retention, temperature and planting depth effects. Agron. J. 57, 289 - 291.
- PETERSON, J.B. 1950. Relations of soil air to roots as factors in plant growth. Soil Sci. 70, 175 - 185.
- PHILLIPS, R.E. & KIRKHAM, D. 1962a. Soil compaction in the field and corn growth. Agron. J. 54, 29 - 33.
- PHILLIPS, R.E. & KIRKHAM, D. 1962b. Mechanical impedance and corn seedling growth. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26, 319 - 322.
- REAVES, C.A. & COOPER, A.W. 1960. Stress distribution in soils under tractor loads. Agric. Eng. 41, 20 - 31.
- ROSENBERG, N.J. 1959. A vibrating probe method for compacting small volumes of soil. Soil Sci. 88, 288 - 290.
- SCHUURMAN, J.J. 1965. Influence of soil density on root development and growth of oats. Plant & Soil 22, 352 - 374.

- SOWERS, G.F. 1965. Consistency. In: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties (Ed. C.A. Black). Madison: Am. Soc. Agron.
- STOLZY, L.H. & BARLEY, K.P. 1968. Mechanical resistance encountered by roots entering compact soils. Soil Sci. 105, 297 - 301.
- TACKETT, J.L. & PEARSON, R.W. 1964a. Oxygen requirements of cotton seedling roots for penetration of compacted soil cores. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28, 600 - 605.
- TACKETT, J.L. & PEARSON, R.W. 1964b. Effect of carbon dioxide on cotton seedling root penetration of compacted soil cores. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28, 741 - 743.
- TAYLOR, H.M. & BRUCE, R.R. 1968. Effects of soil strength on root growth and crop yield in the Southern United States. Trans. 9th Int. Congr. Soil Sci. 1, 803 - 814.
- TAYLOR, H.M. & BURNETT, E. 1964. Influence of soil strength on the root-growth habits of plants. Soil Sci. 98, 174 - 180.
- TAYLOR, H.M., BURNETT, E. & WELCH, N.H. 1963. Cotton growth and yield as affected by taproot diameter within a simulated restrain soil layer. Agron. J. 55, 143 - 144.
- TAYLOR, H.M. & GARDNER, H.R. 1960. Use of wax substrates in root penetration studies. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24, 79 - 81.
- TAYLOR, H.M. & GARDNER, H.R. 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. Soil Sci. 96, 153 - 156.
- TAYLOR, H.M., LOCKE, L.F. & BOX, J.E. 1964. Pans in the Southern Great Plains soils. III Their effect on yield of cotton and grain sorghum. Agron. J. 56, 542 - 545.

- TAYLOR, H.M., MATHERS, A.C. & LOTSPEICH, F.B. 1964. Pans in the Southern Great Plains soils. I Why root-restricting pans occur. *Agron. J.* 56, 328 - 332.
- TAYLOR, H.M., PARKER, J.J. & ROBERSON, G.M. 1966. Soil strength and seedling emergence relations. II A generalized relation for Gramineae. *Agron. J.* 58, 393 - 395.
- TAYLOR, H.M. & RATLIFF, L.F. 1969. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and water content. *Soil Sci.* 108, 113 - 119.
- TAYLOR, H.M., ROBERSON, G.M. & PARKER, J.J. 1966. Soil strength-root penetration relationships for medium- to coarse-textured soil materials. *Soil Sci.* 102, 18 - 22.
- TRABBIC, G.W., LASK, K.V. & BUCHELE, W.F. 1959. Measurement of soil-tyre interface pressures. *Agric. Eng.* 40, 678 - 681.
- VAN DER MERWE, A.J. 1970. Fisiese eienskappe van die Mangano-grondserie onder bewerking en besproeiing. Referaat gelewer by die 3de Nasionale Kongres van die Bodemkundige vereniging van S.A. Bloemfontein.
- VAN DER MERWE, A.J., BRITS, G.J. & DE WET, D.F. 1969. Chemiese ondersoek van die rooidoodprobleem by katoen in die westelike besproeiingsgebiede. *Agrochemophysica* 1, 87 - 92.
- VOMOCIL, J.A., FOUNTAINE, E.R. & REGINATO, R.J. 1958. The influence of speed and drawbar load on the compacting effect of wheeled tractors. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 22, 178 - 181.
- WALDRON, L.J. & CONSTANTIN, G.K. 1970. Soil resistance to a slowly moving penetrometer. *Soil Sci.* 109, 221 - 226.
- WEAVER, H.A. & JAMISON, V.C. 1951. Effects of moisture on tractor tyre compaction of soil. *Soil Sci.* 71, 15 - 23.

WEERBURG. 1954. Klimaat van Suid-Afrika. W.B. 19. Pretoria: Staatsdrukker.

WIERSUM, L.K. 1957. The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. Plant & Soil 9, 75 - 85.

WITTSELL, L.E. & HOBBS, J.A. 1965. Soil compaction effects on field plant growth. Agron. J. 57, 534 - 537.

BYLAAG 1 - Profielbeskrywing: Manganoserie

Horison	Diepte (cm)	Beskrywing
Ap	0 - 30	5YR ⁴ /6, gelerig rooi, vogtig, fyn=sand, brokkelrig, struktuurloos, wortels frekwent, oorgang abrupt, perm. vinnig.
B21	30 - 60	5YR ⁴ /4, rooibruin, vogtig, fynsand, brokkelrig, struktuurloos, wortels seldsaam, oorgang geleidelik, perm. vinnig.
B22	60 - 90	5YR ⁴ /4, rooibruin, vogtig, fynsand, brokkelrig, struktuurloos, geen wortels, oorgang geleidelik, perm. vinnig.
B2g	90 - 100+	7.5YR ⁵ /8, stk bruin, volop duidelik groot tot 2cm geel en pers vlekke, fynsand, los, struktuurloos, geen wortels, perm. baie vinnig, tekens van vorige watertafel, seldsame sag=te Fe Mn konkr.

Diepte (cm):	0 - 30	30 - 60	60 - 90	90 - 100+
Horison :	Ap	B21	B22	B2g

Deeltjiegrootteverspreiding %

Growwe sand	7,20	7,10	7,10	7,15
Medium sand	19,30	21,10	20,30	20,05
Fyn sand	67,50	64,70	64,40	64,60
Slik	0,00	0,00	0,00	0,00
Klei	6,00	8,00	8,00	8,00
Tekstuurklas	fSa	fSa	fSa	fSa

Uitruilbare + oplosbare katione (me/100g)

Na	0,04	-	-	-
K	0,28	-	-	-
Ca	2,26	-	-	-
Mg	1,38	-	-	-
KAV	2,86	-	-	-

P (Olsen)	26 d.p.m.	-	-	-
Zn (0,1 H Cl)	1,54 d.p.m.	-	-	-
pH H ₂ O(1:2,5)	6,7	7,2	7,0	6,8
Ca Cl ₂ (1:2,5)	6,1	6,3	6,5	6,1
Ohm R ²⁵ °C	1 560	1 380	1 000	560

BYLAAG 2 - Waarnemings in profiele van die Manganoserie
gedurende veldondersoek

Profiel Nr.	Beskrywing
1	Intermediêre fase; nuwegrond; katoen geplant sonder om grond te versteur; wortelontwikkeling goed tot op 1 meter, met volop sywortels (Plaat 2.2, foto A).
2	Intermediêre fase; mieliebedekking; geploeg, en daarna net een maal vloedbesproei; intense subploeglaagverdichting op 30cm wat wortelontwikkeling van mielies beperk tot ploeglaag.
3	Intermediêre fase; katoenbedekking; geploeg en losgemaak met skeurploeg; vloedbesproei, meeste wortelontwikkeling in boonste 20cm van profiel, vertakking van wortels swak na 20cm (Plaat 2.2, foto D).
4 & 5	Fynsanderige fase; katoenbedekking; geploeg; sprinkelbesproei; wortelontwikkeling goed in ploeglaag, volop sywortels, maar swak onderkant ploeglaag (Plaat 2.2, foto C).
6 & 7	Fynsanderige fase; katoenbedekking; geploeg; sprinkelbesproei; wortelontwikkeling goed in ploeglaag maar geen wortels penetreer ondergrond.
8 & 9	Fynsanderige fase; katoenbedekking; geploeg; vloedbesproei; wortelontwikkeling redelik in ploeglaag.
10 & 11	Fynsanderige fase; katoenbedekking; minimumbewerking, katoen geplant nadat grond losgemaak is met tandimplement, sonder om te ploeg; vloedbesproeiing; wortelontwikkeling redelik en penwortel draai nie soos in ander gevalle (Plaat 2.2, foto B).
12	Intermediêre fase; katoenbedekking; geploeg en losgemaak met skeurploeg; vloedbesproei; meeste wortelontwikkeling in boonste 20cm, vertakking van wortels swak na 20cm.
13 & 14	Intermediêre fase; mieliebedekking; geploeg en daarna een maal gevloed; wortelontwikkeling goed.
15	Intermediêre fase; katoenbedekking; vloedbesproei; minimumbewerking, slegs losgemaak met tandimplement; wortelontwikkeling redelik.

16, 17 & 18/.....

BYLAAG 2 - Vervolg

Profiel No	Beskrywing
16, 17 & 18	Intermediêre fase; mieliebedekking; intense subploeglaagverdigting wat indringing van mieliewortels verhoed.
19	Intermediêre fase; grondboontjiebedekking; geploeg; vloedbesproei; wortels hoofsaaklik beperk tot boonste 10cm van profiel.

BYLAAG 3 - Volumedigthede en grondsterktes van monsters
geneem tydens veldondersoek - intermediêre
fase van Manganoserie

Nr.	Profiel	Diepte	Beskrywing	Volume= digthede	Grond= sterktes	Vog
		cm		g cm^{-3}	bar	%
1	1	10 - 20	nuweboggrond	1,68	17,00	5,96
2		35 - 40	nuwe-onder= grond	1,61	10,00	4,55
4	3	5 - 12	ploeglaag= verdigting	1,78	21,75	7,03
5		16 - 22	ploeglaag= verdigting	1,71	17,00	6,06
6		40 - 46	ondergrond	1,67	11,50	3,91
19	12	15 - 22	ploeglaag= verdigting	1,69	18,50	5,90
20		40 - 46	ondergrond	1,67	15,00	5,34
21	13	15 - 22	ploeglaag= verdigting	1,68	17,50	6,83
22		40 - 46	ondergrond	1,67	13,00	5,11
23	14	15 - 22	ploeglaag= verdigting	1,69	10,25	7,19
24		40 - 46	ondergrond	1,72	15,00	6,08
25	15	15 - 22	ploeglaag= verdigting	1,68	16,75	5,71
29	19	15 - 22	ploeglaag= verdigting	1,71	19,75	5,25
3	2	25 - 30	subploeglaag= verdigting	1,81	27,25	7,60
26	16	25 - 30	subploeglaag= verdigting	1,77	20,50	5,34
27	17	25 - 30	subploeglaag= verdigting	1,78	21,75	5,69
28	18	25 - 30	subploeglaag= verdigting	1,80	29,50	6,10

BYLAAG 4 - Volumedigthed en grondsterktes van monsters
geneem tydens veldondersoek - fynsanderige
fase van Manganoserie

Nr.	Profiel	Diepte	Beskrywing	Volume= digthede	Grond= sterktes	Vog
		cm		g cm^{-3}	bar	%
7	4	10 - 16	ploeglaag= verdigting	1,65	16,25	4,61
8		30 - 35	ondergrond	1,69	18,00	5,15
9	5	10 - 16	ploeglaag= verdigting	1,66	16,75	7,36
10		30 - 35	ondergrond	1,66	15,75	5,79
11	6	10 - 16	ploeglaag= verdigting	1,68	15,50	8,44
12		30 - 35	ondergrond	1,68	15,75	5,88
13	7	10 - 16	ploeglaag= verdigting	1,70	18,50	8,98
14		30 - 35	ondergrond	1,65	18,75	5,00
15	8	10 - 16	ploeglaag= verdigting	1,66	16,75	5,28
16	9	10 - 16	ploeglaag= verdigting	1,69	19,25	6,43
17	10	10 - 16	ploeglaag= verdigting	1,65	16,75	7,10
18	11	10 - 16	ploeglaag= verdigting	1,66	12,00	5,66

BYLAAG 5 - Vergelyking van grondsterktes soos bepaal met
'n Procter-, sak- en laboratoriumpenetrometer

Nr.	Procterpenetrometer	Sakpenetrometer	Laboratorium= penetrometer
	bar	bar	bar
1	15,50	15,50	17,00
2	11,25	11,25	10,00
3	26,75	27,50	27,25
4	24,00	25,50	21,75
5	15,50	14,00	17,00
6	10,50	11,25	11,50
7	17,00	14,00	16,25
8	21,00	19,75	18,00
9	17,25	15,50	16,75
10	14,00	12,75	15,75
11	17,00	14,00	15,50
12	17,50	15,50	15,75
13	12,00	12,75	18,50
14	15,50	15,50	18,75
15	19,00	21,00	16,75
16	16,25	15,50	19,25
17	12,75	9,75	16,75
18	14,00	12,75	12,00
19	21,00	21,00	18,50
20	12,75	12,75	15,00
21	14,00	14,00	17,50
22	12,75	12,75	13,00
23	12,75	9,75	10,25
24	12,75	12,75	15,00
25	15,50	15,50	16,75
26	22,50	21,00	20,50
27	21,50	21,00	21,75
28	28,00	28,25	29,50
29	21,00	21,00	19,75
Gem.	16,94	16,33	17,31

BYLAAG 6 - Verwantskappe tussen grondsterkte, grondvog
en volumedigtheid vir verskillende gronde van
die Manganoserie

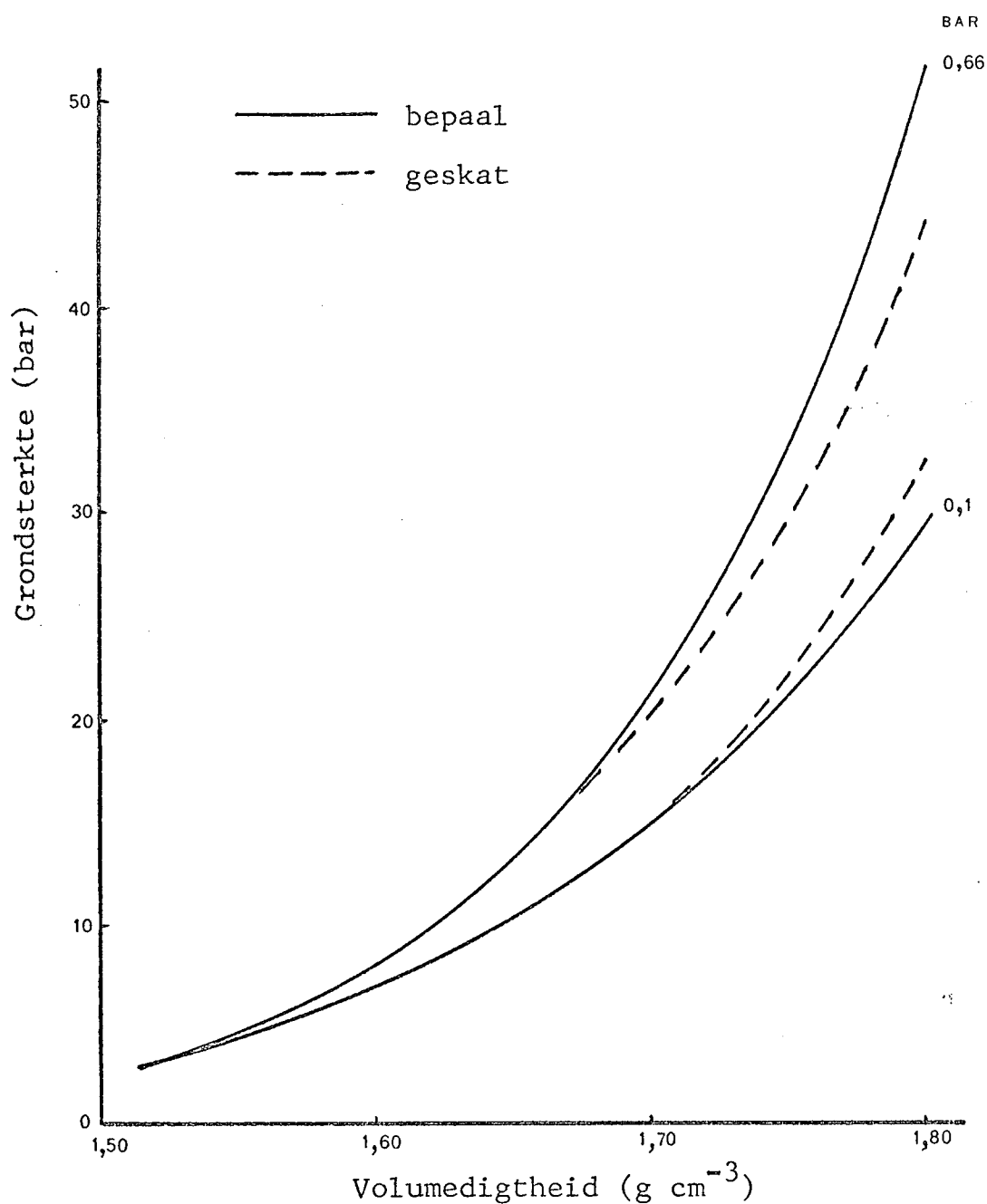
Fase	Suigspanning	Vog	Volumedigtheid	Grondsterkte
	bar	%	g cm^{-3}	bar
Intermediêre	0,1	7,48	1,55	5,25
		8,19	1,60	7,50
		8,68	1,65	10,00
		8,88	1,70	14,50
		9,45	1,75	20,00
		9,16	1,79	27,00
	0,2	8,20	1,55	3,50
		8,36	1,60	6,50
		6,72	1,65	10,75
		6,80	1,70	15,75
		8,76	1,74	22,75
		7,63	1,79	30,25
	0,33	4,59	1,55	4,50
		5,39	1,60	7,00
		4,52	1,65	12,00
		4,10	1,70	17,25
		4,21	1,74	28,50
		4,11	1,79	36,75
	0,66	3,85	1,55	3,50
		4,18	1,60	7,00
		3,79	1,65	14,50
		3,82	1,70	21,50
		3,69	1,75	33,00
		3,69	1,79	43,25
	2,0	3,60	1,55	4,00
		3,00	1,60	5,50
		3,29	1,65	9,50
		2,41	1,70	31,50
		2,89	1,74	38,50
		3,18	1,79	48,00

BYLAAG 6 - Vervolg

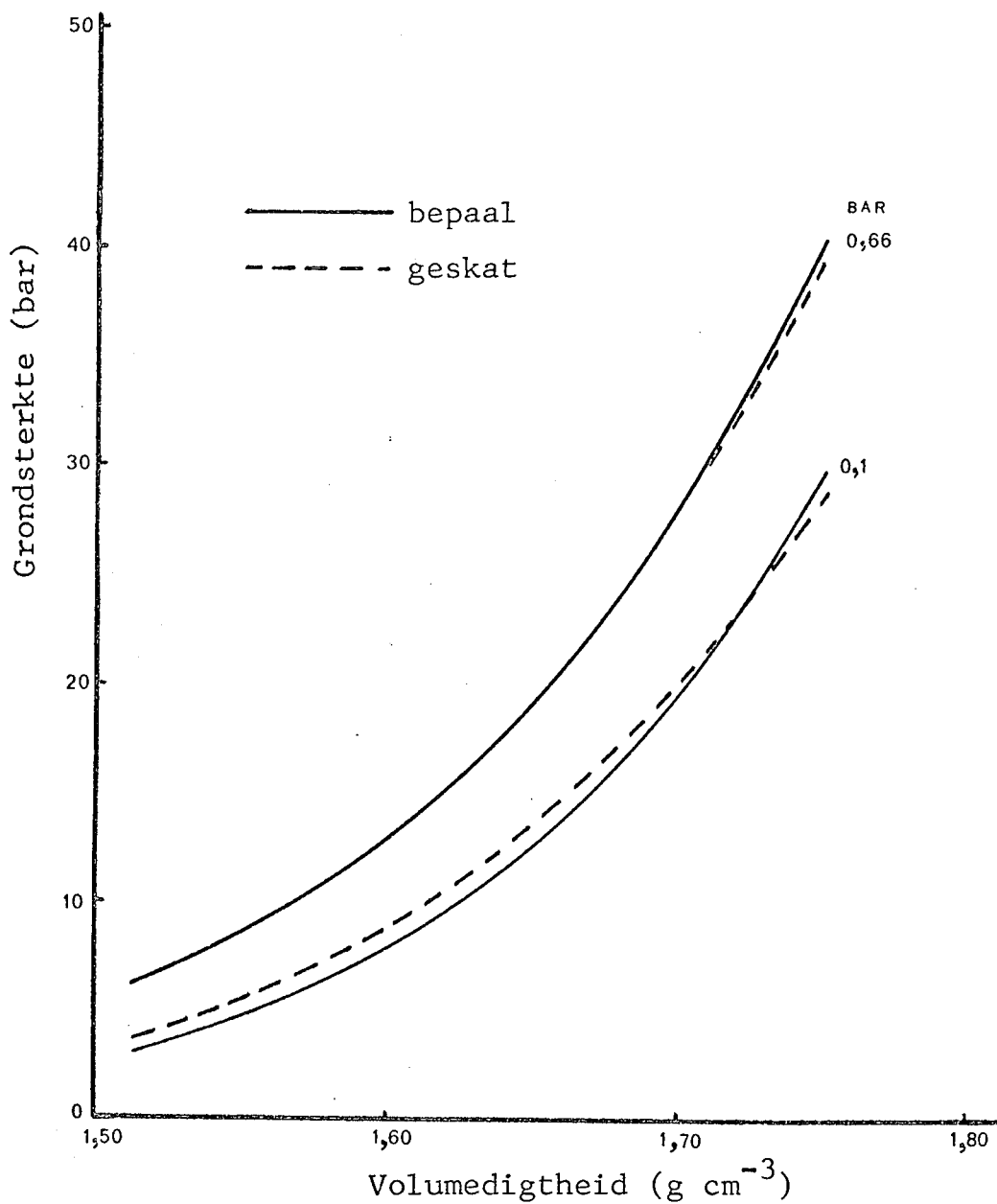
Fase	Suigspanning	Vog	Volumedigtheid	Grondsterkte
	bar	%	g cm ⁻³	bar
Fynsanderige	0,1	7,86	1,55	4,25
		8,12	1,60	8,75
		9,84	1,65	14,75
		9,42	1,70	18,75
		9,59	1,74	27,25
	0,33	5,46	1,55	5,75
		5,23	1,60	10,75
		5,36	1,65	17,00
		5,36	1,70	22,50
		5,77	1,74	30,75
	0,66	5,08	1,55	9,00
		4,65	1,60	13,25
		4,79	1,65	20,00
		4,98	1,70	26,00
		4,71	1,74	42,25
	1,0	4,13	1,55	5,00
		4,00	1,60	10,25
		4,07	1,65	19,50
		4,17	1,70	30,50
		3,59	1,74	54,50
Kleierige	0,1	11,67	1,55	5,50
		11,25	1,60	6,75
		11,75	1,65	8,00
		12,16	1,70	11,50
		12,13	1,75	14,00
		11,58	1,80	19,50
		12,45	1,83	25,50
	0,3	6,94	1,55	7,00
		7,01	1,60	9,25
		7,19	1,65	14,00

BYLAAG 6 - Vervolg

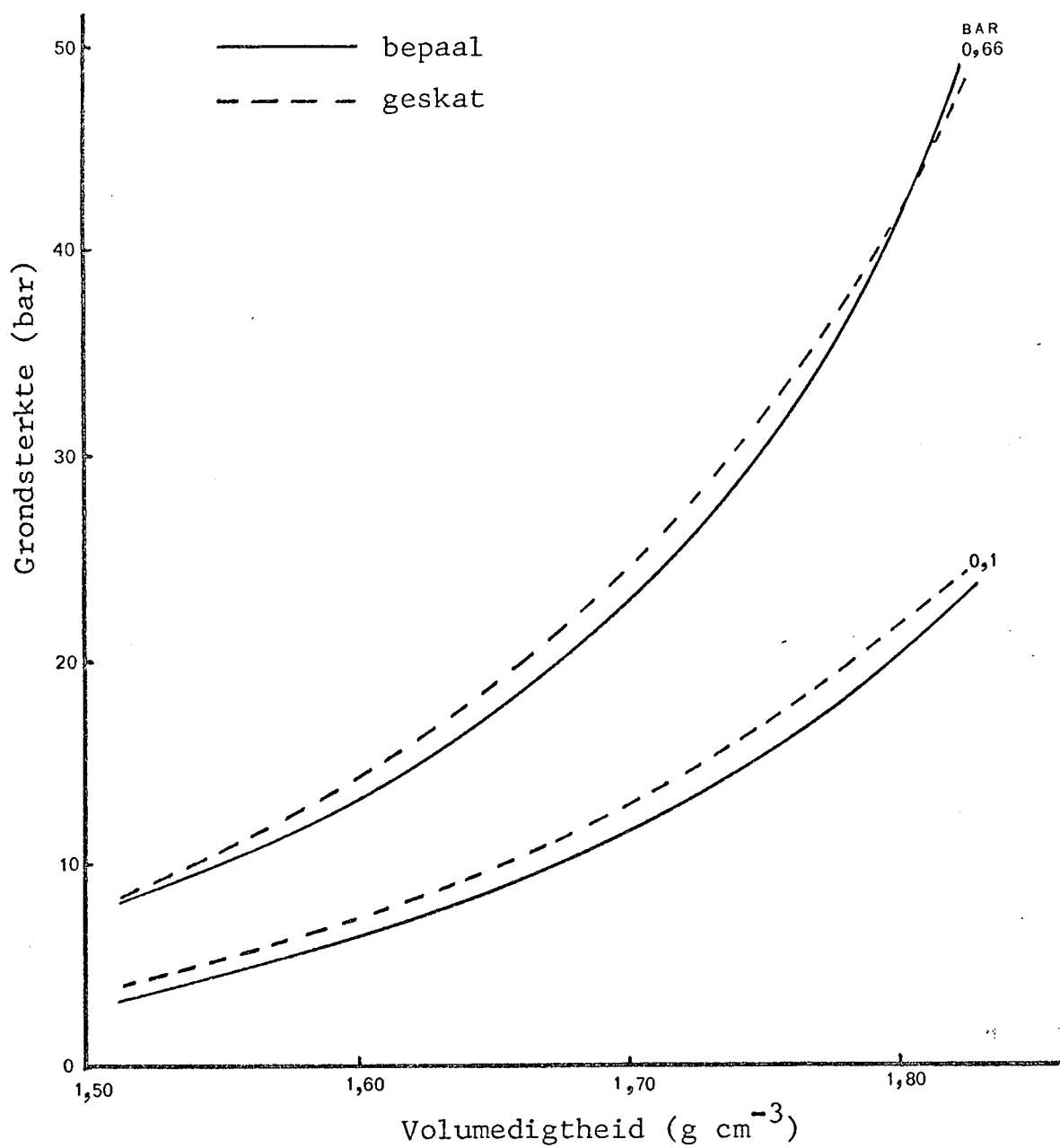
Fase	Suigspanning	Vog	Volumedigtheid	Grondsterkte
	bar	%	g cm ⁻³	bar
		7,41	1,70	18,50
		7,74	1,74	22,50
		7,88	1,79	28,50
		7,73	1,83	41,50
	0,66	5,84	1,55	10,25
		5,92	1,60	14,00
		6,34	1,65	22,25
		6,75	1,70	23,00
		6,30	1,74	30,75
		6,66	1,79	37,50
		6,54	1,83	56,50
	1,0	5,08	1,55	13,00
		5,25	1,60	21,25
		5,22	1,65	27,25
		5,33	1,70	32,00
		5,22	1,74	41,25
		5,38	1,79	55,00
		5,20	1,83	72,50



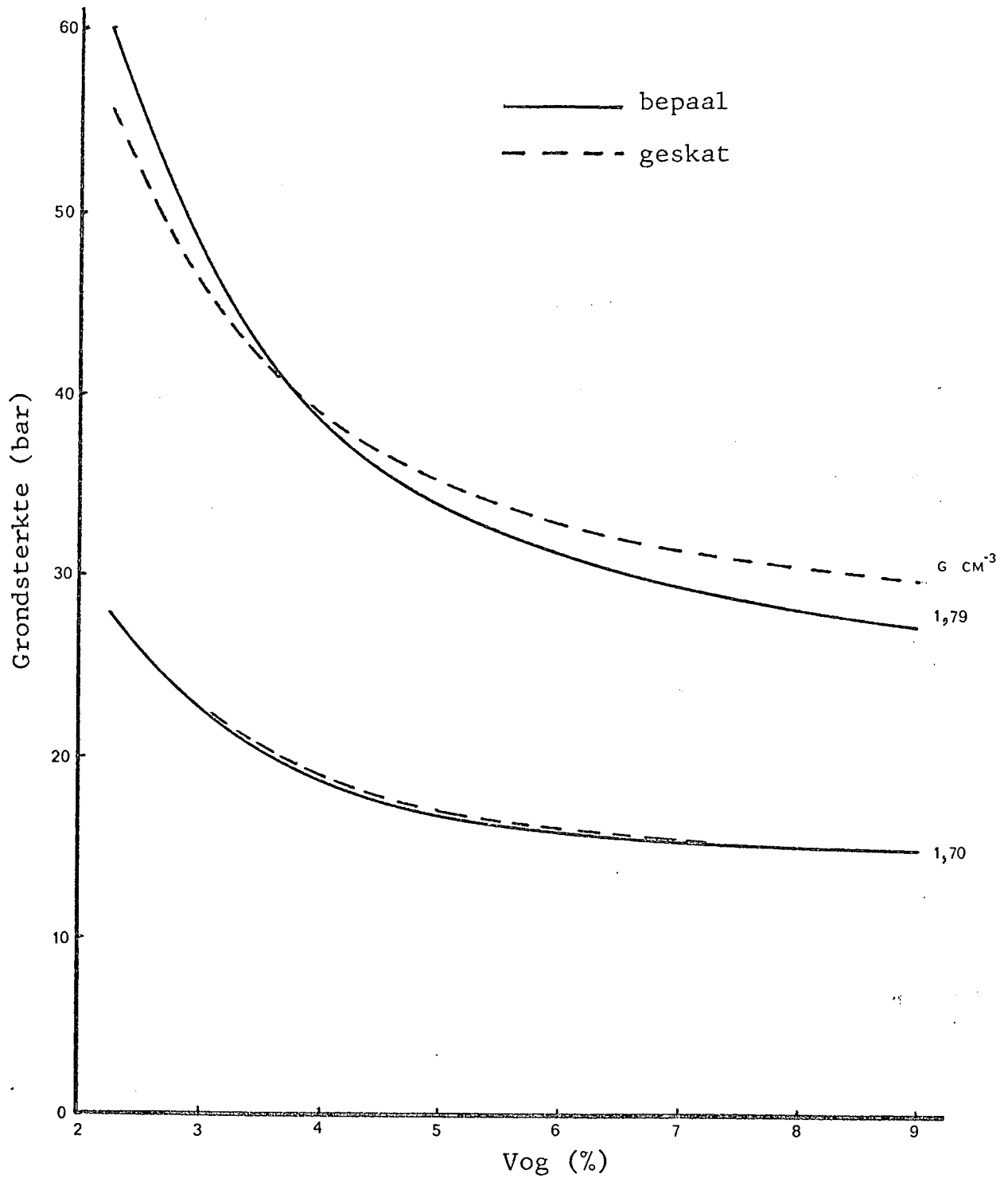
BYLAAG 7.1 - Verband tussen berekende en geskatte verwantskappe tussen grondsterkte en volumedigtheid by 0,1 en 0,66 bar vogspannings vir die intermediêre fase



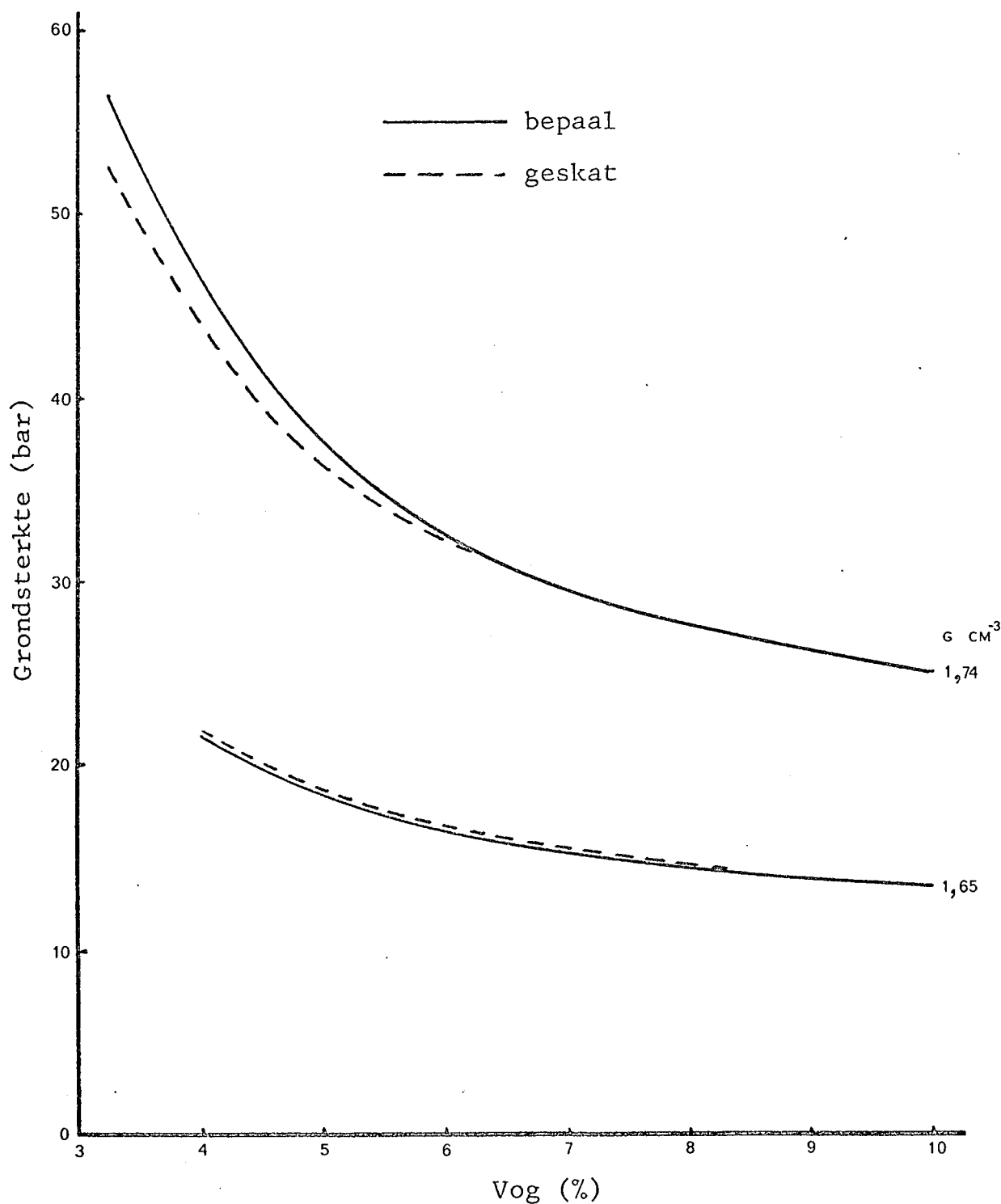
BYLAAG 7.2 - Verband tussen berekende en geskatte verwantskappe tussen grondsterkte en volumedigtheid by 0,1 en 0,66 bar vogs=spannings vir die fynsanderige fase



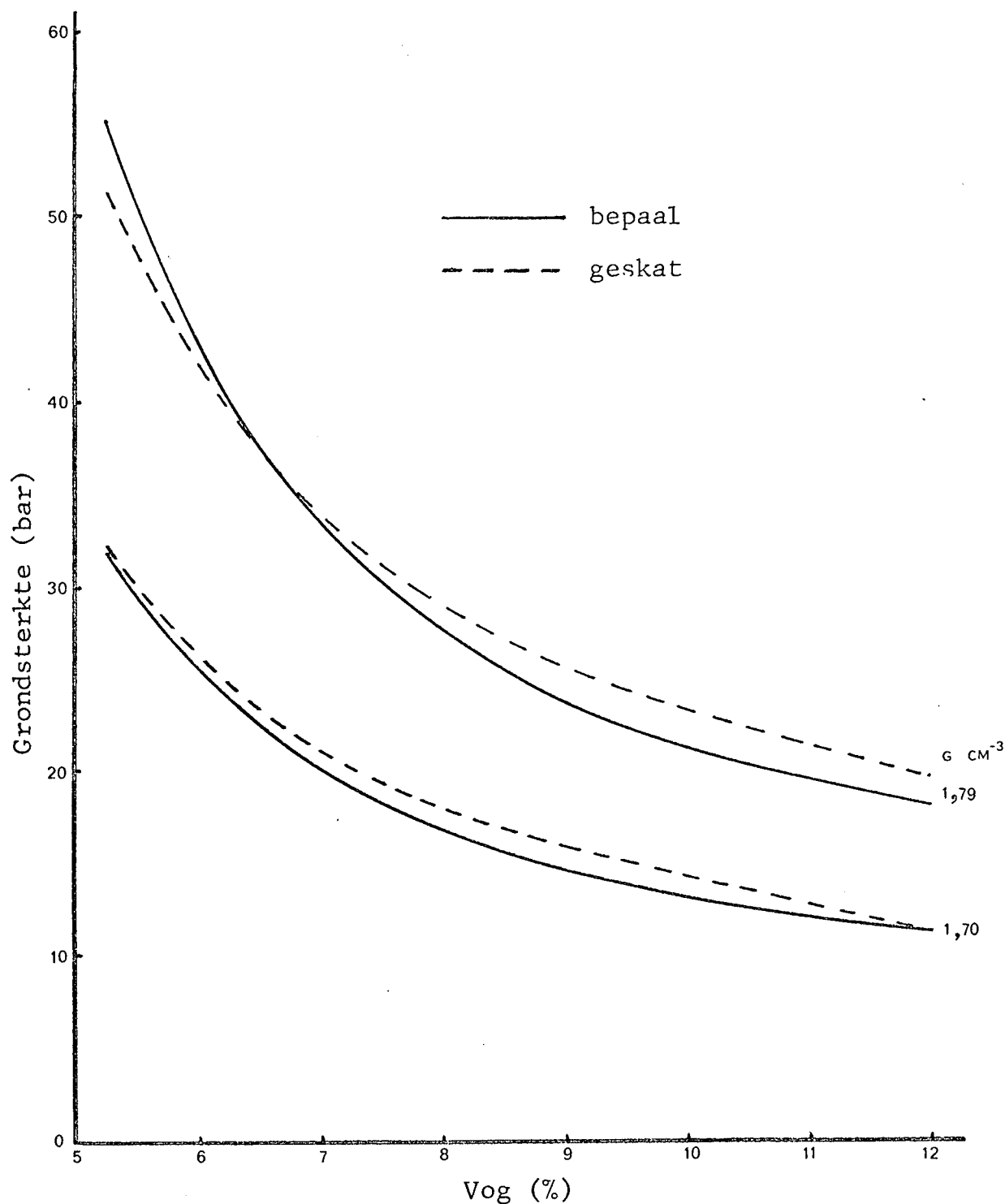
BYLAAG 7.3 - Verband tussen berekende en geskatte verwantskappe tussen grondsterkte en volumedigtheid by 0,1 en 0,66 bar vog=spannings vir die kleierige fase



BYLAAG 7.4 - Vergelyking van berekende en geskatte verwant=
skappe tussen grondsterkte en vog by 1,70 en
 $1,79 \text{ g cm}^{-3}$ volumedigthede vir die intermediêre
fase



BYLAAG 7.5 - Vergelyking van berekende en geskatte verwantskappe tussen grondsterkte en vog by $1,65$ en $1,74 \text{ g cm}^{-3}$ volumedighede vir die fynsanderige fase



BYLAAG 7.6 - Vergelyking van berekende en geskatte verwantskappe tussen grondsterkte en vog by 1,70 en 1,79g cm⁻³ volumedighede vir die kleierige fase

BYLAAG 8 - Grondsterktes van veldmonsters soos bepaal
m.b.v. kluitmetode en geskat m.b.v. meervoudige
regressievergelykings vir die ooreenstemmende
volumedigthede en vog

Fase	Vog	Volumedigthheid	Grondsterkte	
			Bepaal	Geskat
	%	g cm ⁻³	bar	bar
Intermediêre	5,96	1,68	17,00	14,06
	4,55	1,61	10,00	8,61
	7,60	1,81	27,25	36,64
	7,03	1,78	21,75	29,65
	6,06	1,71	17,00	17,82
	3,91	1,67	11,50	15,14
	5,90	1,69	18,50	15,31
	5,34	1,67	15,00	13,40
	6,84	1,67	17,50	10,00
	5,11	1,67	13,00	13,58
	7,19	1,69	10,25	14,55
	6,08	1,72	15,25	19,28
	5,71	1,68	16,75	14,22
	5,25	1,60	9,75	7,49
	5,34	1,77	20,50	29,65
	5,69	1,78	21,75	31,41
	6,10	1,80	29,50	35,99
	5,25	1,71	19,75	18,62
	8,39	1,65	9,00	10,14
Fynsanderige	4,61	1,65	16,25	17,88
	5,15	1,69	18,00	24,83
	7,36	1,66	16,25	16,34
	5,79	1,66	15,75	18,57
	8,44	1,68	15,50	17,84
	5,88	1,68	15,75	21,23
	8,98	1,70	18,50	20,01
	5,00	1,65	18,75	18,91
	5,25	1,66	16,75	19,68
	6,43	1,69	19,25	21,75
	7,10	1,65	16,75	15,44
	5,66	1,66	12,00	18,76

BYLAAG 9 - Wortelmassas en boggrondse plantmassas vir koringproef

Pot Nr.	Grondsterkte	Wortelmassas		Totaal	Boggrondse dele	<u>Boggrondsmassa</u> <u>wortelmassa</u>
		korter as 10cm	langer as 10cm			verhouding
	bar	gram	gram	gram	gram	
1	3,50	0,2487	0,2471	0,4958	1,6734	3,375
2	3,50	0,2699	0,2320	0,5019	1,6075	3,203
3	4,00	0,3738	0,2879	0,6617	2,1653	3,272
4	4,50	0,2390	0,2124	0,4514	1,6200	3,589
5	7,25	0,3547	0,2065	0,5612	1,7525	3,123
6	6,00	0,3007	0,1842	0,4849	1,6382	3,375
7	6,00	0,4436	0,2176	0,6612	1,6116	2,437
8	6,50	0,3486	0,2655	0,6141	1,3712	2,233
9	11,25	0,4117	0,2620	0,6737	1,4943	2,218
10	9,50	0,4800	0,3240	0,8040	1,5500	1,928
11	10,75	0,3512	0,2733	0,6245	1,4016	2,244
12	12,50	0,4506	0,2737	0,7243	1,4745	2,036
13	17,00	0,5958	0,1602	0,7560	1,4218	1,881
14	18,00	0,4056	0,1192	0,5248	1,1260	2,146
15	16,25	0,4410	0,1548	0,5958	1,9065	3,200
16	16,25	0,3403	0,1199	0,4602	1,6626	3,613
17	21,25	0,4220	0,0832	0,5052	1,1120	2,201
18	26,75	0,3865	0,0519	0,4384	0,9644	2,200
19	23,75	0,4070	0,1641	0,5711	1,3280	2,325
20	21,00	0,5420	0,1500	0,6920	1,4775	2,135
21	24,75	0,4400	0,0514	0,4914	1,0633	2,164
22	29,00	0,6418	0,0312	0,6730	1,2218	1,815
23	25,50	0,4416	0,0650	0,5066	1,0559	2,084
24	25,25	0,3362	0,0606	0,3968	0,8065	2,033

BYLAAG 10 - Konsentrasie van verskillende voedingselemente
in die koringbodele

Pot Nr.	Grondsterkte	me/100g oonddroë plantmateriaal				d.p.m.	%
		Na	K	Ca	Mg	Zn	P
	bar						
1	3,50	1,60	135	21,5	20,0	39	0,550
2	3,50	1,75	140	24,5	20,0	43	0,574
3	4,00	1,30	130	22,0	18,5	35	0,525
4	4,50	1,45	130	21,5	20,5	29	0,525
5	7,25	1,53	130	18,5	16,5	31	0,534
6	6,00	1,27	128	18,5	16,5	31	0,546
7	6,00	1,27	143	21,5	19,5	28	0,510
8	6,50	1,23	125	18,5	16,5	26	0,380
9	11,25	1,15	125	19,0	16,5	28	0,374
10	9,50	0,88	120	16,5	16,0	29	0,375
11	10,75	1,14	130	18,5	16,5	26	0,373
12	12,50	0,93	128	17,5	17,5	32	0,376
13	17,00	1,10	115	17,0	19,5	37	0,418
14	18,00	1,18	110	17,5	19,5	30	0,365
15	16,25	1,18	115	17,5	20,5	39	0,600
16	16,25	1,55	125	17,5	20,5	33	0,575
17	21,25	1,55	83	15,8	17,5	37	0,397
18	26,75	1,67	89	14,4	16,7	20	0,444
19	23,75	1,00	100	16,0	17,5	32	0,415
20	21,00	0,93	100	15,5	17,0	34	0,403
21	24,75	1,06	98	14,4	18,1	38	0,375
22	29,00	1,10	85	16,5	20,0	29	0,340
23	25,50	2,06	89	14,4	17,8	29	0,289
24	25,25	1,96	80	16,0	20,0	34	0,350

BYLAAG 11 - Totale opname per pot en verhoudings tussen voedingstowwe in koring

Pot Nr.	Grondsterkte	Opname mg/pot			K/Mg	Ca/Mg	K/Ca	Na/K
		K	Ca	P				
	bar							
1	3,50	88,4	7,20	9,20	6,75	1,08	6,28	0,012
2	3,50	87,9	7,88	9,23	7,00	1,23	5,71	0,013
3	4,00	110,0	9,53	11,37	7,03	1,19	5,91	0,010
4	4,50	82,3	6,97	9,20	6,34	1,05	6,05	0,011
5	7,25	89,0	6,48	8,75	7,88	1,12	7,03	0,012
6	6,00	81,9	6,06	8,95	7,76	1,12	6,92	0,010
7	6,00	90,1	6,93	8,22	7,33	1,10	6,65	0,009
8	6,50	67,1	5,07	5,21	7,58	1,12	6,75	0,010
9	11,25	73,1	5,68	5,59	7,58	1,15	6,58	0,009
10	9,50	72,7	5,12	5,00	7,50	1,03	7,27	0,007
11	10,75	71,2	5,19	5,23	7,88	1,13	7,03	0,009
12	12,50	73,7	5,16	5,55	7,31	1,00	7,31	0,007
13	17,00	64,0	4,83	5,94	5,90	0,87	6,76	0,010
14	18,00	48,4	3,94	4,11	5,64	0,90	6,28	0,011
15	16,25	85,8	6,67	11,44	5,61	0,85	6,57	0,010
16	16,25	81,3	5,82	9,56	6,10	0,85	7,14	0,012
17	21,25	36,1	3,56	4,37	4,74	0,90	5,25	0,019
18	26,75	33,6	2,80	4,28	5,33	0,86	6,18	0,019
19	23,75	51,9	4,25	5,51	5,71	0,91	6,25	0,010
20	21,00	57,8	4,58	5,95	5,88	0,91	6,45	0,009
21	24,75	40,7	3,08	3,99	5,41	0,80	6,81	0,018
22	29,00	40,6	4,03	4,15	4,25	0,83	5,15	0,013
23	25,50	36,7	3,06	3,05	5,00	0,81	6,18	0,023
24	25,25	25,2	2,58	2,82	4,00	0,80	5,00	0,026

BYLAAG 12 - Penwortellengte, plantmassa, wortelmasa en verhouding van bogrondse plantmassa
tot wortelmasa van katoen

Pot Nr.	Grondsterkte	Penwortellengte	Blaarmassa	Stingelmasa	Totale plantmasa	Wortelmasa	<u>Plantmasa</u> <u>wortelmasa</u> verhouding
	bar	cm	g	g	g	g	
1	5,00	14,5	1,8411	1,3846	3,2257	0,5972	5,40
2	5,25	14,5	2,5491	2,1339	4,6830	0,9099	5,15
3	5,25	14,5	1,4838	2,1665	3,6503	0,5445	6,70
4	4,50	14,5	2,0789	1,4683	3,5472	0,6663	5,32
5	9,00	13,0	1,7806	1,2687	3,0493	0,5195	5,87
6	12,50	15,0	2,3353	1,7219	4,0572	0,8410	4,82
7	8,50	15,0	2,7398	1,8117	4,5515	0,8236	5,52
8	7,75	14,0	2,1123	1,4295	3,5418	0,6229	5,69
9	13,00	14,0	2,3991	1,8865	4,2856	0,7376	5,81
10	13,00	13,5	1,9773	1,4698	3,4471	0,6843	5,04
11	13,00	14,0	2,5939	2,3977	4,9916	0,9212	5,42
12	10,75	14,0	1,8905	1,2565	3,1470	0,7454	4,22
13	16,75	12,5	2,4659	1,7026	3,1685	0,8365	3,79
14	-	-	-	-	-	-	-
15	21,00	14,0	2,3252	1,6857	4,0109	0,8676	4,62
16	22,75	4,0	1,5592	0,9318	2,4910	0,5497	4,53
17	25,50	7,0	2,0728	1,7780	3,8508	0,9167	4,20
18	20,00	8,0	1,0047	0,5694	1,5741	0,3263	4,82
19	23,50	4,5	0,9391	0,5623	1,5014	0,3041	4,94
20	25,50	5,5	1,5379	1,1715	2,7094	0,6415	4,22

BYLAAG 13 - Konsentrasie van verskillende voedingselemente in, en opname daarvan deur, die
volwasse blare van katoen

Pot Nr.	Grondsterkte bar	me/100g oonddroë materiaal					d.p.m.	%	Opname deur blare mg/pot	
		Na	K	Ca	Mg	Zn			K	P
1	5,00	3,15	75,3	350	98	31		0,950	54,20	17,49
2	5,25	2,81	77,3	320	89	27		0,860	77,03	21,92
3	5,25	2,29	77,7	380	89	29		0,950	45,03	14,10
4	4,50	2,25	85,5	305	90	25		0,750	69,50	15,59
5	9,00	2,33	92,0	320	89	28		0,740	64,05	13,18
6	12,50	2,41	89,5	345	87	32		0,720	81,71	16,81
7	8,50	2,09	90,5	320	84	32		0,770	96,93	21,10
8	7,75	2,17	85,5	360	90	33		0,880	70,61	18,59
9	13,00	2,33	101,5	320	89	26		0,690	95,20	16,55
10	13,00	2,13	95,0	340	88	22		0,730	73,44	14,43
11	13,00	2,31	86,0	330	90	24		0,680	87,20	17,63
12	10,75	2,05	92,3	330	90	24		0,710	68,21	13,42
13	16,75	2,09	88,5	345	90	24		0,610	85,32	15,04
14	-	-	-	-	-	-		-	-	-
15	21,00	3,15	97,0	315	88	30		0,610	88,17	14,18
16	22,75	3,05	91,5	300	88	26		0,610	55,77	9,51
17	25,50	3,00	92,5	335	83	28		0,650	74,95	13,47
18	20,00	3,05	84,5	290	88	23		0,700	33,19	7,03
19	23,50	3,25	84,5	300	87	29		0,650	31,02	6,10
20	25,50	3,15	100,0	300	83	29		0,650	60,13	10,00