

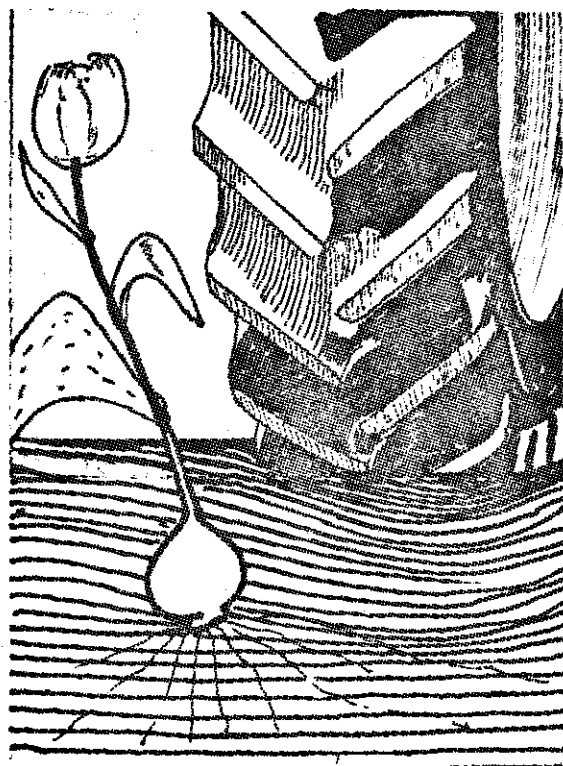
LABORATORIUM VOOR BLOEMBOLLENONDERZOEK

LISSE



BIBLIOTHEEK
PPO sector Bloembollen
Postbus 85
2160 AB Lisse
0252 462121

INVLOED VAN BODEMVERDICHTING OP DE PRODUKTIE VAN BLOEMBOLLEN OP
DUINZANDGRONDEN



Ir. G.G.M. van der Valk (Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, gestationeerd op het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse)

Dr. F.A.M. de Haan (Landbouwhogeschool, afd. Landbouwscheikunde en Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen)

D
1-12
ISN 359514

Rapport 21, januari 1974.

I N H O U D

1. INLEIDING	1
2. OVERZICHT VAN DE PROEVEN	1
3. VERANDERINGEN IN DE GROND	2
3.1. Bodemdichtheid, poriënvolume en vochtgehalte	2
3.2. Bodemdichtheid en waterdoorlatendheid	5
3.3. Bodemverdichting en luchtgehalte	6
3.4. Bodemdichtheid en waterberging	8
3.5. Bodemdichtheid en mechanische weerstand	9
4. GEWASREACTIE	10
4.1. Beworteling	10
4.2. Gewasontwikkeling en opbrengst	14
4.2.1. Tulpen	14
4.2.2. Hyacinten	15
4.2.3. Narcissen	17
4.3. Samenvatting van de gewasreacties	17
5. DE BODEMDICHTHEID IN DE OMGEVING VAN LISSE EN BREEZAND	17
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	20
7. LITERATUUR	22

1. INLEIDING

De bloembollenbedrijven op zandgronden hebben de vierwielige trekker ten behoeve van de mechanisatie van het veldwerk aanvankelijk met enige reserve aanvaard. Dit was vooral het geval in de zuidelijke bloembollenstreek. Deze reserve kwam voor een belangrijk deel voort uit de vrees dat de produktie zou verminderen als gevolg van de bodemverdichting die door het berijden van de grond met zware machines zou kunnen ontstaan. Om na te gaan of de vrees gegrond was, werden in 1967 en 1968 proeven uitgevoerd op het proefterrein van het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek te Lisse. Ofschoon de resultaten van deze proeven reeds elders in gedeelten zijn gepubliceerd (DE HAAN en VAN DER VALK, 1969, 1971; KALISVAART, 1935; VAN DER VALK, 1971) leek het toch gewenst deze samen te vatten in een rapport, waarin wordt gewezen op de mogelijke gevolgen van een grotere bodemdichtheid en wordt aangegeven hoe nadelige gevolgen van verdichting kunnen worden beperkt. Voor meer gedetailleerde informatie zij verwezen naar de literatuur die aan het slot van dit rapport wordt genoemd.

2. OVERZICHT VAN DE PROEVEN

In september 1967 werd een perceel kalkhoudende zanderijgrond 50 cm diep geploegd, waarna met behulp van een rupstrekker 4 proefstroken van 15x40 meter werden verdicht. Er werden vier verdichtingsobjecten gemaakt door 0, 1, 3 of 5 maal met een Caterpillar D4 spoor aan spoor over de velden te rijden. Deze objecten worden hierna aangeduid met de cijfers I t/m IV, waarbij IV het 5 maal bereden object voorstelt. De objecten lagen in tweevoud. Op deze velden werden dat najaar zonder verdere grondbewerking tulpen, hyacinten en narcissen geplant.

Omdat grote ontwateringsverschillen binnen het proefveld optraden tijdens de winter van 1967/68 werd het proefveld in augustus 1968 voorzien van een drainagebuizensysteem op een diepte variërend van 0,70 tot 0,80 m beneden het maaiveld. Dit systeem werd aangesloten op een betonnen put met bemaling. In september 1968 werden met behulp van een spitmachine stroken, ter breedte van ongeveer 6 meter, losgemaakt tot resp. 0,10, 0,20 en 0,30 m diepte in een richting loodrecht op de lengte-as van de verdichtingsobjecten (zie fig. 1). Vervolgens werden opnieuw, rekening houdend met de vruchtwisselingseisen, tulpen, hyacinten en narcissen geplant.

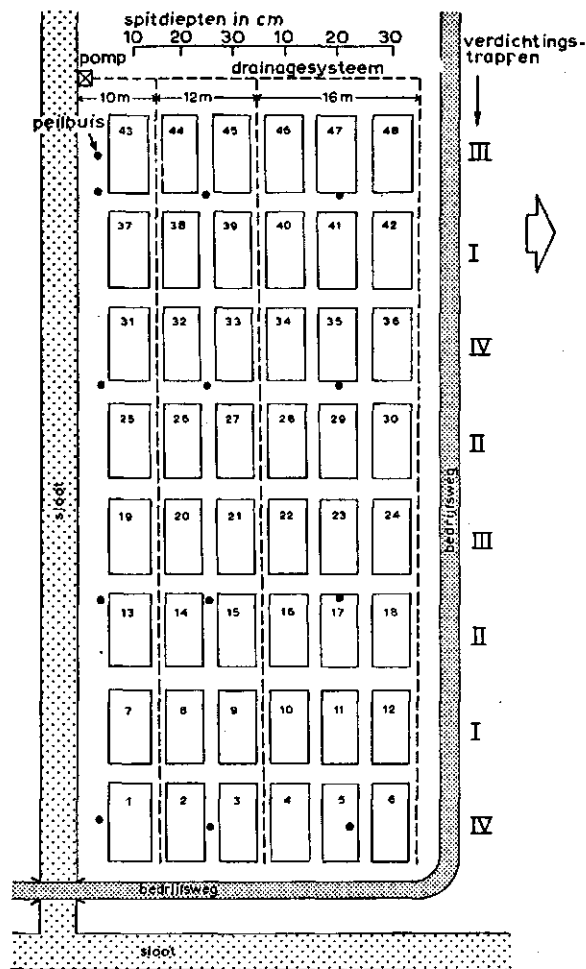


Fig. 1.
Schets van het verdichtingsproefveld te Lisse voor het proefjaar 1968/69

3. VERANDERINGEN IN DE GROND

3.1. Bodemdichtheid, poriënvolume en vochtgehalte

Grond bevat een aantal open ruimten (poriën). De afmetingen en het aantal van deze ruimten bepalen mede de geschiktheid van het milieu voor de plantewortel. Een belangrijk criterium voor de geschiktheid van grond voor bepaalde gewassen is daarom het percentage van het grondvolume dat door poriën wordt ingenomen. Dit percentage wordt bepaald door stalen ringen (Kopecky-ringen) die een volume van 100 cm^3 ontsluiten, in de grond te drijven, de inhoud ervan te drogen bij 105°C en vervolgens te wegen en uit dit gewicht en het soortelijk gewicht van grond het totale volume van de gronddeeltjes te berekenen. Iedere ver-

andering van de dichtheid van grond gaat gepaard met veranderingen van de totale inhoud van de open ruimten.

De eerste metingen van het poriëngehalte werden uitgevoerd ter verkenning van de bodemdichtheid in het perceel. Naar aanleiding van de gevonden waarden werd besloten om het perceel door ploegen in een meer homogene uitgangstoestand te brengen. Uit tabel 1 blijkt dat ook het poriën-volume daardoor duidelijk toenam. Hierna werden gedeelten van het perceel 1, 2, 3 of 5 maal met een Caterpillar D4 bereiden.

Tabel 1. Poriënvolume in procenten van het grondvolume vóór en na het ploegen en na het verdichten van de grond.

Diepte in cm	Vóór ploegen	Na ploegen	Na berijden			
			I	II	III	IV
5-10	49,1	53,7	47,7	43,8	41,8	40,5
15-20	47,3	47,5	47,2	42,9	41,4	39,9
25-30	45,6	47,9	46,4	42,4	41,6	40,5
35-40	43,8	47,7	46,1	42,8	42,5	42,3

Uit de cijfers in tabel 1 valt af te leiden dat het effect van het berijden op het poriënvolume het grootst was bij 1x berijden en bij meermalen berijden langzamer toenam. Voorts blijkt in de periode na het ploegen tot het moment van verdichting de dichtheid door natuurlijke zetting van de grond duidelijk te zijn toegenomen.

Bij een dichtere pakking van de gronddeeltjes neemt het aantal grote poriën af en het aantal kleine aanmerkelijk toe. Deze verandering heeft belangrijke gevolgen voor de lucht- en waterhuishouding van de grond. Dit blijkt bijvoorbeeld duidelijk uit figuur 2, die samengesteld is met behulp van gegevens van metingen aan grondkolommen. Deze geeft het vochtgehalte van de grond weer op verschillende hoogten boven het grondwater bij verschillende dichtheden van de grond. Een dichte grond bevat op een geringe afstand boven het grondwater minder vocht, maar op een grotere (circa 25 cm) meer vocht dan een losse grond. Ook de maaivelddaling die optreedt ten gevolge van de verdichtingsbewerking, draagt nog bij tot een stijging van de vochtgehalten. Deze maaivelddaling bedroeg t.o.v. object I voor de objecten II t/m IV resp. 5, 7 en 10 cm. Dit betekent bij een oorspronkelijke grondwaterstand van 50 à 55 cm een relatief

sterke grondwaterstandstijging.

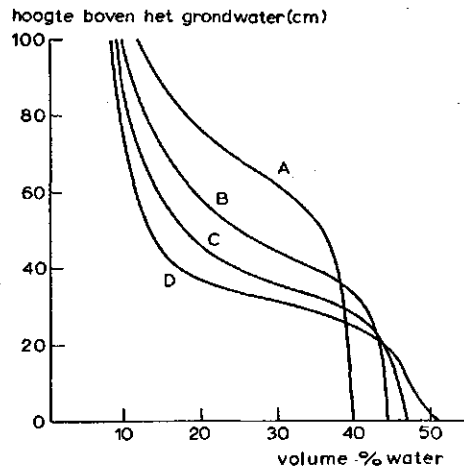


Fig. 2.
Vochtgehalte van duinzandgrond boven het grondwaterniveau in afhankelijkheid van het poriënvolume van de grond (A: poriënvolume 40%; B: 43%; C: 47%; D: 51%).

Het totale effect van beide factoren, te weten poriënverandering en maaiveld daling, komt tot uiting in de gemeten vochtgehalten (Tabel 2).

Tabel 2. Vochtgehalten (v in %) op enkele diepten beneden het maaiveld en de daarmee corresponderende hoogten boven het grondwater (h) na het berijden.

Meetdiepte in cm beneden het maaiveld	Object							
	I		II		III		IV	
	v	h	v	h	v	h	v	h
5-10	19,6	49	26,7	44	34,7	42	33,5	39
15-20	25,7	39	36,0	34	35,7	32	34,2	29
25-30	30,7	29	36,5	24	36,1	22	34,8	19
35-40	41,3	19	36,1	14	36,0	12	34,7	9

Ook hieruit blijkt dat het vochtgehalte in de bovengrond sterk toenam en in de diepste lagen afnam, naarmate de grond meer was verdicht. Het vochtgehalte in de diepe lagen was echter in het algemeen lager dan op grond van metingen aan grondkolommen was verwacht (zie ook figuur 2). Dit kan een gevolg zijn van luchtinsluitingen.

3.2. Bodemdichtheid en waterdoorlatendheid

De doorlatendheid van de grond voor water is afhankelijk van de dichtheid van de grond. Dit effect werd gemeten aan een groot aantal met water verzadigde monsters en weergegeven in figuur 3.

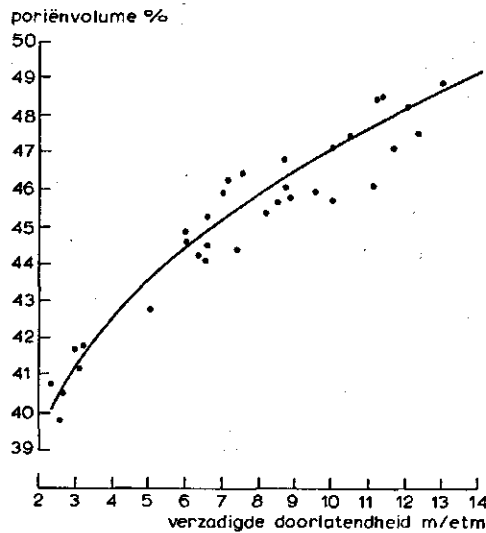


Fig. 3.

Verband tussen het poriënvolume en de verzadigde waterdoorlatendheid voor een aantal grondmonsters uit de omgeving van Lisse.

De doorlatendheid is uitgedrukt in het aantal m^3 water dat per dag door een m^2 grondoppervlak kan worden getransporteerd als het drukverschil per meter stroomrichting 1 meter waterkolom bedraagt.

Deze zogenaamde verzadigde doorlatendheid blijkt af te nemen van $13 m^3/m^2$ per dag (= 13 m/dag) bij een poriënvolume van 49% tot ongeveer $2,5 m^3/m^2$ per dag bij een poriënvolume van 40%. Ofschoon dit een aanzienlijke verlaging is, veroorzaakt dit in deze humus- en slibarme gronden bij niet te grote sloot- of drainafstanden geen wateroverlast. Bij hogere slib- en humusgehalten kan de doorlatendheid echter zodanig lage waarden bereiken, dat de waterafvoer stagneert.

Boven het grondwater is de grond niet meer met water verzadigd, omdat een deel van de poriën met lucht gevuld is. De doorlatendheid van deze onverzadigde grond bepaalt mede de droogtegevoeligheid of de opdrachtigheid van een grond in perioden van vochtonttrekking. Deze onverzadigde doorlatendheid, ook wel het cappillair geleidingsvermogen genoemd, is ook sterk afhankelijk van de dichtheid van de grond, zoals blijkt uit

de gegevens in tabel 3.

Tabel 3. Cappillair geleidingsvermogen (in mm/dag) van duinzandgrond bij verschillende vochtspanningen en poriënvolumina.

Vochtspanning (in cm's water- kolom)	Poriënvolumina in %			
	51,0	49,2	47,3	45,3
0	13 350	10 100	7 800	4 700
10	4 600	2 200	850	1 200
20	260	200	180	490
30	6,0	13,0	42	150
40	0,32	1,2	3,1	28,0
50	0,03	0,16	0,32	3,2

De doorlatendheid bij 0 cm vochtspanning (hierbij zijn alle poriën met water gevuld, zoals dit juist onder het grondwatervlak het geval is) komt uiteraard overeen met de verzadigde doorlatendheid (fig. 3). Deze neemt, zoals reeds is vermeld, af met toenemende dichtheid. Bij vochtspanningen groter dan 20 cm neemt de onverzadigde doorlatendheid echter toe, naarmate de grond dichter wordt, zodat boven het grondwater het cappillaire vochttransport minder weerstand zal ondervinden naarmate de grond dichter is. De cappillaire aanvoer van vocht vanuit het grondwater naar de plant is dus in het algemeen gebaat bij een niet te losse grond.

3.3. B o d e m v e r d i c h t i n g e n l u c h t g e h a l t e

Behalve voedingsstoffen en water heeft de plantewortel ook zuurstof nodig. Deze wordt aangevoerd via het gastransport dat in de grond optreedt. De mogelijkheid van gastransport in de grond ten behoeve van de wortels is afhankelijk van het gehalte aan met lucht gevulde poriën. Onderzoek heeft aangetoond, dat er tussen de opbrengst van het gewas en het luchtgehalte van de grond een duidelijk verband bestaat. Dit luchtgehalte is gelijk aan het verschil tussen het poriënvolume van de grond en het vochtgehalte en hangt dus af van de afstand tot de grondwaterspiegel en van de poriëngrootteverdeling (fig. 2).

Om het effect van grondverdichting op alleen het luchtgehalte te bepalen zou men de luchtgehalten op vergelijkbare hoogten boven het grondwater moeten bestuderen. Aangezien echter voor de praktijk het effect ten opzichte van het maaiveld van belang is en bij de genomen proeven boven-

dien maaiveldverlaging en verdichting gecombineerd voorkomen, zijn de luchtgehalten in de grond gemeten op gelijke diepte t.o.v. het maaiveld. In fig. 4 is het luchtgehalte weergegeven in relatie met het poriënvolume op verschillende diepten.

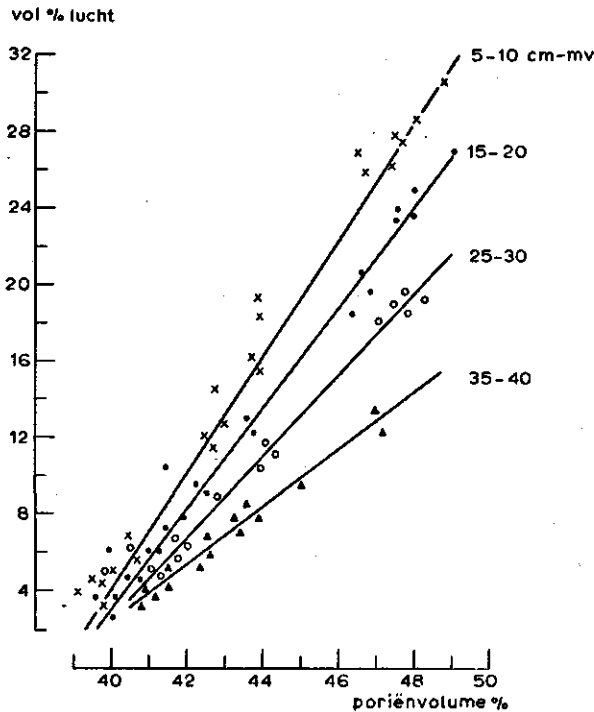


Fig. 4. Verandering van het luchthoudend poriënvolume bij wijziging van het totale poriënvolume voor verschillende diepten beneden het maaiveld in een duinzandgrond.

Voor een goede ontwikkeling en functionering van het wortelstelsel is in het algemeen in de omgeving daarvan een luchtgehalte van 10-15% noodzakelijk. Uit fig. 4 blijkt dat aan deze eis wordt voldaan tot op een diepte van 30 cm, zolang het poriënvolume niet daalt beneden 44%. Op 40 cm diepte moet het poriënvolume minstens 46% bedragen. Zou men echter de grondwaterstand verlagen, dan blijkt dat ook daar bij een poriënvolume van 44% nog aan de gestelde eis wordt voldaan. Men zal zich derhalve wat de luchthuishouding van de wortels bij verdichting van de grond betreft meer kunnen veroorloven naarmate de ontwateringsdiepte groter is.

3.4. Bodemdichtheid en waterberging

Bij toenemende dichtheid zal ook de waterberging in de grond veranderen. Deze waterberging is een belangrijke eigenschap, omdat hij, mét de stromingsweerstand van de grond, de omvang van de grondwaterstandsverandering in perioden van regenval en verdamping bepaalt. Als men de hoeveelheid lucht in de grond als maat neemt voor de hoeveelheid water die in de grond kan worden geborgen, kan men met behulp van fig. 2 berekenen hoeveel mm effectieve neerslag nodig is om (gerekend naar de evenwichtstoestand) de grondwaterstand van een bepaald niveau tot verschillende hoogten te laten stijgen. Voor twee ver uiteengelegen poriënvolumina zijn dergelijke berekeningen uitgevoerd (zie fig. 5).

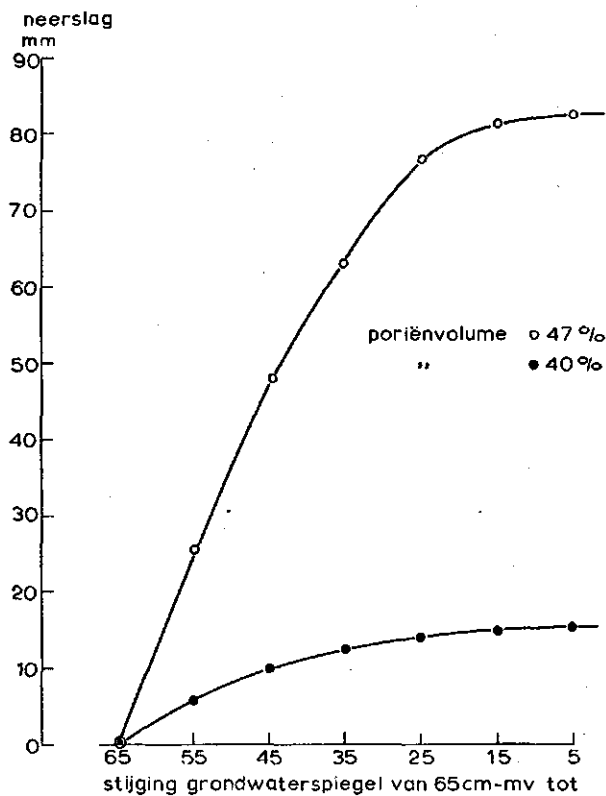


Fig. 5.

Stijging van de grondwaterspiegel als functie van de effectieve neerslag voor grond van het verdichtingsproefveld bij poriënvolumina van 47% en 40%

Uit de figuur blijkt dat bij de verdichte grond een kleine neerslaghoeveelheid reeds een belangrijke grondwaterstijging kan veroorzaken. De hoeveelheid water die in een grond kan worden geborgen, wordt soms

uitgedrukt in de bergingscoëfficiënt. Deze kan worden afgeleid uit neerslag- en grondwaterstandgegevens. Onder 'bergingscoëfficiënt' van een grond verstaat men de hoeveelheid water, uitgedrukt in centimeters, die de grondwaterstand in deze grond een centimeter doet stijgen. Indien bijvoorbeeld een bui van 20 mm de grondwaterstand 100 mm doet stijgen, dan is de bergingscoëfficiënt 20/100 of 0,20.

Voor het proefveld is nagegaan hoe de bergingscoëfficiënt tijdens herfst en winter wordt beïnvloed door de verdichting. Door de onderlinge beïnvloeding van de grondwaterstand in de naast elkaar liggende objecten kon dit in het veld niet exact worden vastgesteld. Wel bleek de bergingscoëfficiënt sterk afhankelijk te zijn van de grondwaterdiepte. Wanneer de ontwateringsdiepte afnam van 50 tot 30 cm, daalde de waarde van de bergingscoëfficiënt van 0,15 tot 0,04; een gevolg van de verdichting: iedere verkleining van de ontwateringsdiepte, ook die als gevolg van de maaiveldvaling, verlaagt de bergingscoëfficiënt.

3.5. B o d e m d i c h t h e i d e n m e c h a n i s c h e w e e r s t a n d

Bij toenemende dichtheid neemt de wrijvingsweerstand tussen de bodemdeeltjes toe, worden de bodemdeeltjes moeilijker ten opzichte van elkaar verplaatsbaar en worden de poriën minder vervormbaar. Is de diameter van de poriën kleiner dan die van de top van de wortels en zijn bovendien de gronddeeltjes niet verplaatsbaar, dan wordt de wortelgroei ernstig belemmerd. Deze mechanische weerstand of indringingsweerstand werd op het proefveld gemeten met een penetrometer, een instrument waarvan de konusvormige punt tot een bepaalde diepte in de grond wordt gedreven en waarop de daarvoor benodigde kracht kan worden afgelezen. De metingen werden direct na de verdichtingsbehandeling verricht.

Van iedere laag van 10 cm dikte werd de hoogste weerstand genoteerd. Deze indringingsweerstand is afhankelijk van drie factoren, nl. het poriënvolume, het organische stofgehalte en het vochtgehalte van de grond. Daar het organische stofgehalte laag was en uniform verdeeld over de meetdiepte en de verschillen in vochtgehalte op het moment van meten klein (dicht bij verzadiging) waren, geven de waarnemingen een eenduidig beeld van de relatie tussen dichtheid en indringingsweerstand (fig. 6). Hieruit blijkt dat de weerstand slechts in geringe mate toeneemt als het poriënvolume daalt van 48 tot 44%. Een verdere

dichtheidstoename leidt echter tot een scherpe stijging van de voor indringing benodigde kracht tot ongeveer 17 kg/cm^2 bij een poriënvolume van 41,5%.

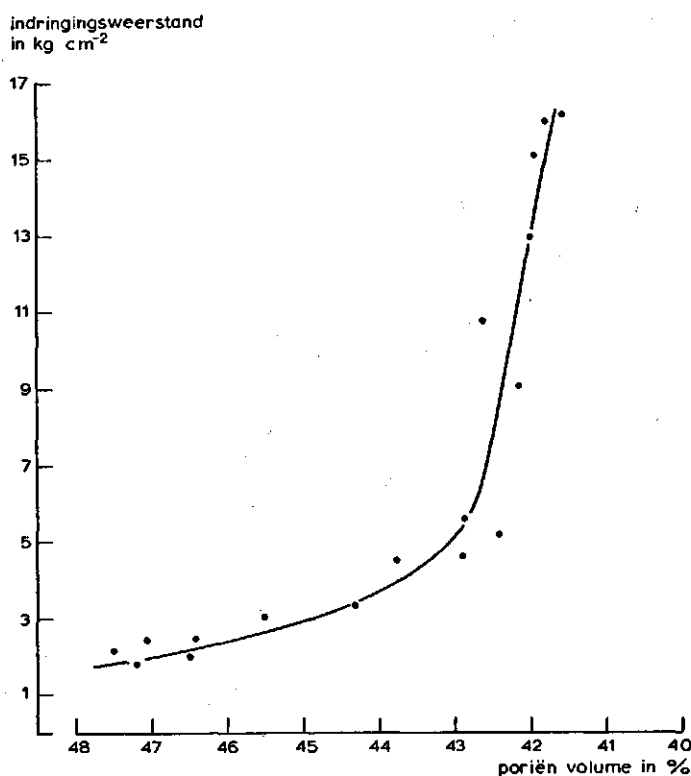


Fig. 6.

Verband tussen de indringingsweerstand van een duinzandgrond en het poriëngehalte

4 GEWASREACTIE

4.1. B e w o r t e l i n g

Uit het voorgaande blijkt dat een verdichting van de grond als gevolg van het berijden met voertuigen het milieu voor de plantewortels sterk kan veranderen. De veranderingen betreffen zowel de lucht- en waterhuishouding als de indringingsweerstand. Deze hebben invloed op zowel de omvang als de activiteit van het wortelstelsel. De reactie van de beworteling op de verdichting werd daarom bestudeerd om eventuele opbrengstverschillen te kunnen verklaren.

De omvang van de beworteling werd in beide jaren gemeten door per object drie grondkolommen met een doorsnede van 4 dm^2 in lagen van 5 cm dik uit te graven. Deze grondmonsters van 2 dm^3 werden met veel water gezeefd om grond en wortels te scheiden. Daarna werd het natgewicht van de wortels per laag bepaald.

De normale wortelontwikkeling van tulpen, hyacinten en narcissen vindt op een niet verdichte grond, onder voor de bloembollenstreek representatieve ontwateringsomstandigheden, vooral plaats in de winter en het voorjaar en is eind april vrijwel voltooid (tabel 4). De bewortelingsdiepte is beperkt tot ca 40 cm.

Tabel 4. De worteldichtheid (gewicht van wortels in grammen per dm³ grond) van tulpen (cv. 'Andes'), hyacinten (cv. 'Pink Pearl') en narcissen (cv. 'Golden Harvest') op verschillende data tijdens het groeiseizoen (niet verdichte grond).

Datum	Diepte beneden het maaiveld (in cm)						
	0-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45
	tulpen						
15 nov. 1967	1,47	-	-	-	-	-	-
22 jan. 1968	6,79	2,70	1,17	0,41	0,09	-	-
25 apr. 1968	9,08	5,23	2,98	1,84	1,70	0,96	-
14 juni 1968	8,52	5,94	3,92	2,50	0,71	0,04	-
	hyacinten						
15 nov. 1967	0,88	-	-	-	-	-	-
22 jan. 1968	3,39	0,48	-	-	-	-	-
25 apr. 1968	4,45	2,77	1,44	0,61	0,41	0,06	-
14 juni 1968	3,58	2,18	1,28	1,20	0,52	0,23	-
	narcissen						
15 nov. 1967	11,28	-	-	-	-	-	-
22 jan. 1968	11,35	7,97	2,92	1,37	0,09	-	-
25 apr. 1968	8,73	10,17	2,40	1,48	1,01	-	-

Het effect van de verdichting en de daaropvolgende grondbewerking op het poriënvolume en de beworteling wordt in fig. 7 weergegeven voor de objecten I en IV.

Duidelijk blijkt de sterke beperking van de bewortelingsdiepte in object IV en het gunstige effect van de grondbewerking die in het tweede jaar na de proeven werden uitgevoerd. Tengevolge van de drainage en de daarmee gepaard gaande verbetering van het luchtgehalte in de grond was in geen van de objecten het luchtgehalte beperkend voor de groei. De indringingsweerstand van de grond bleef als enige groeibeperkende factor over.

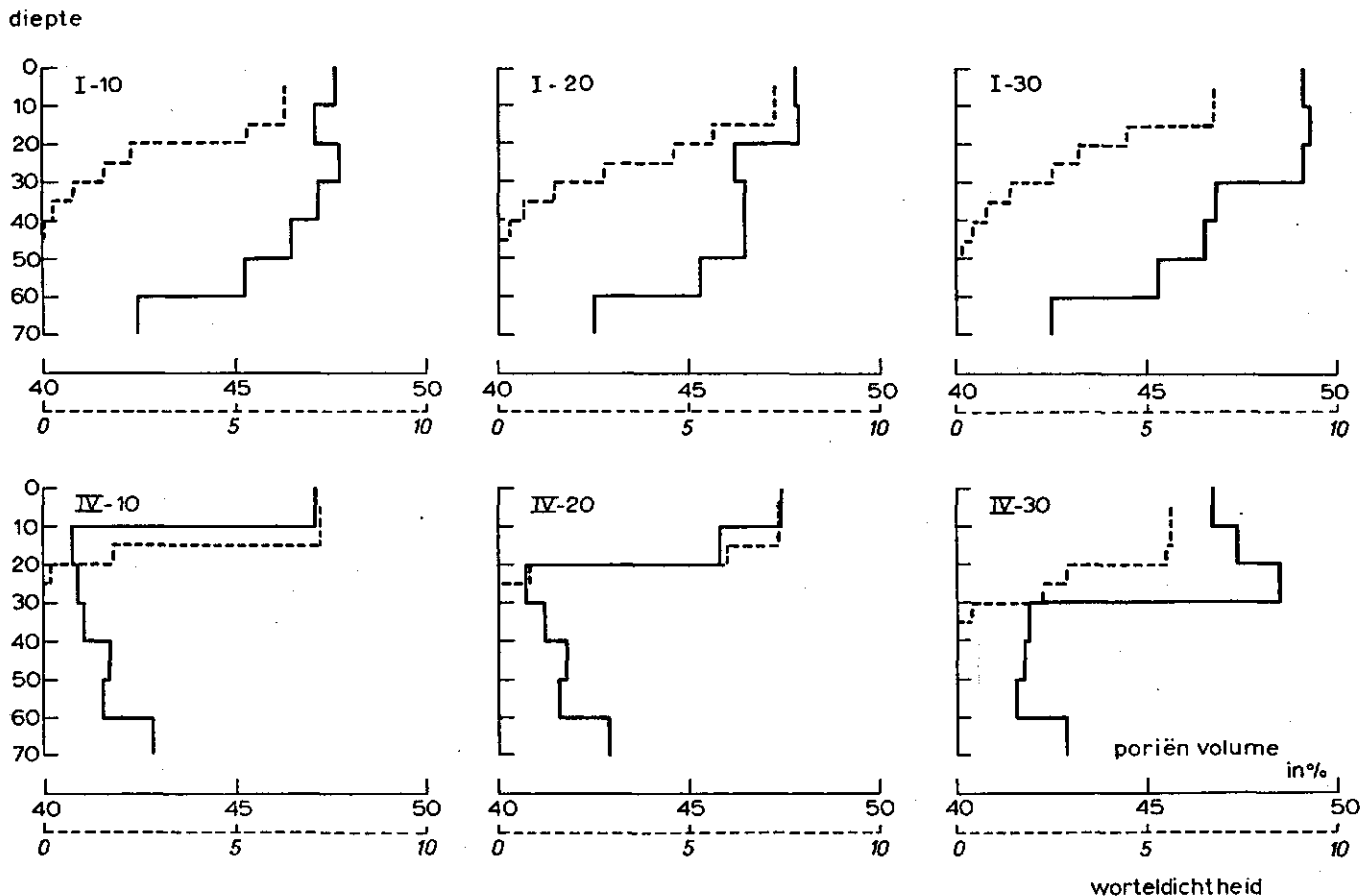


Fig. 7.

Gemeten waarden van het poriënvolume (—) in niet verdichte (I) en verdichte (IV) duinzandgrond na grondbewerking tot resp. 10, 20 en 30 cm diepte en de worteldichtheid (-----) in deze bodemprofielen.

Aan de hand van de verzamelde gegevens betreffende poriënvolume en worteldichtheid is getracht het verband tussen deze factoren te bepalen. Om de gegevens betreffende alle meetdiepten te kunnen gebruiken, werd bij een poriënvolume $\geq 47\%$ de worteldichtheid per meetdiepte op 100 gesteld; de worteldichtheid bij een lager poriënvolume werd uitgedrukt in procenten van de worteldichtheid bij dit poriënvolume (zie fig. 8). Ondanks de grote spreiding blijkt duidelijk dat de worteldichtheid minimaal wordt bij een poriënvolume beneden 43 à 44%. Deze grenswaarde is aanzienlijk hoger dan in de literatuur voor andere gewassen wordt vermeld (4), maar sluit goed aan bij de waarnemingen gedaan bij potproeven met tulpen (2).

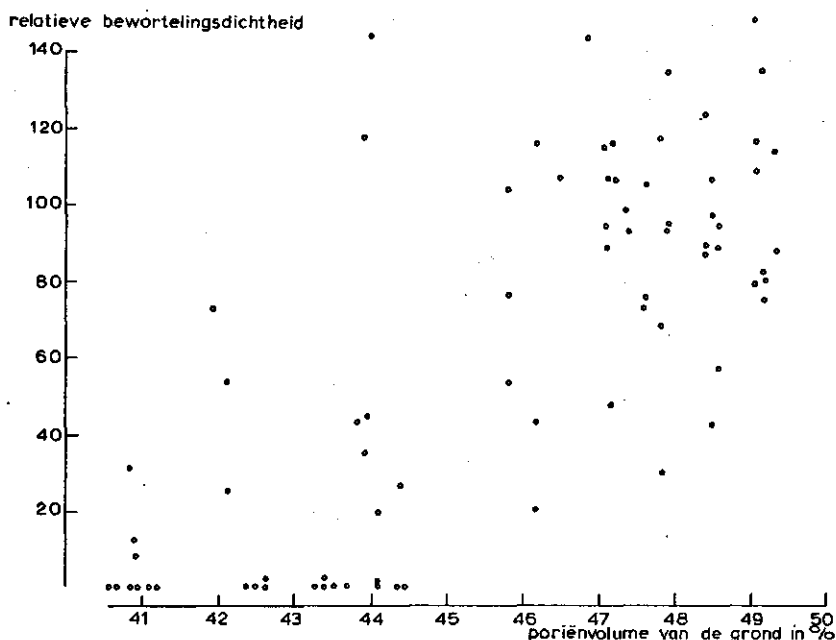


Fig. 8.
Beworteling van tulpen, hyacinten en narcissen als gevolg van verschillen in poriënvolume van de grond.

Vergelijking van de figuren 6 en 8 leert dat het traject van poriënvolumina, waarin de indringingsweerstand sterk toeneemt, vrijwel overeenkomt met dat waarin de bewortelingsdichtheid vermindert. Het was opvallend dat de drie bolgewassen in dit opzicht geen verschillen vertoonden, al moet worden opgemerkt dat de waarnemingsmethode het aantonen van kleine verschillen niet toeliet.

In beide jaren was de tendens aanwezig dat bij een beperking van de dieptegroei van de wortels ook de hoeveelheid gevormde wortels afnam. Daar de wortels in de omgeving van verdichte lagen een grotere dikte hebben, betekent dit een extra afname van de wortellengte en het worteloppervlak.

Voor de plant betekent een vermindering van de bewortelingsdiepte een toename van de afstand tussen de grondwaterspiegel en de wortelzone en dientengevolge een grotere kans op droogteschade in het voorjaar.

Anderzijds kan echter de cappillaire aanvoer iets groter worden door verdichting (tabel 3). Deze effecten kunnen momenteel nog niet kwantitatief tegen elkaar worden afgewogen.

4.2. Gewason twikkeling en opbrengst

4.2.1. Tulpen

In beide jaren werden per object 8 proefveldjes van 3 m² beplant met 64 bollen per m², maat 10-11. In 1967 werden de proeven met bollen van cv. 'Andes' (gem. gewicht 16,2 gram) en in 1968 met bollen van cv. 'Apeldoorn' (gem. gewicht 19,2 gram) uitgevoerd. In 1967/68 trad op een aantal sterk verdichte velden wateroverlast op. Deze veroorzaakte een late opkomst en lage opkomst- en bloeipercentsages op plaatsen waar de afvoerintensiteit van het water, zoals werd afgeleid uit dagelijkse stand- en regenvalgegevens, laag was. Dat de ontwateringstoestand in 1967/68 hiervan de oorzaak was, bleek ook uit het achterwege blijven van opkomst- en bloeiverschillen in het tweede jaar, toen de ontwateringsintensiteit door de aanleg van de drainage was vergroot. In beide jaren bleek echter de bladstrekking omstreeks de bloei eerder te stagneren naarmate de verdichting sterker was en op geringere diepte werd aangetroffen. Dit kan men opmaken uit de gegevens in tabel 5. Daarin zijn weliswaar de bladgewichten gegeven, maar, aangezien het bladgewicht per eenheid van bladoppervlak geen verband met de dichtheid vertoonde, zijn de gewichten evenredig aan de bladoppervlakten.

Tabel 5. Bladgewicht per plant (in gram) in afhankelijkheid van de bodemdichtheid en de grondbewerkingsdiepte.

Object	1967/1968		1968/1969 (19/5)			
	22/4	10/6	grondbewerkingsdiepte (cm)			
			10	20	30	
Tulpen	I	19,7	24,0	40,7	43,2	39,9
	II	16,4	17,6	33,4	38,3	38,8
	III	14,9	13,4	31,4	38,9	39,9
	IV	15,1	14,2	29,9	39,2	40,0
Hyacinten	I	16,7	44,4	61,8	63,3	67,2
	II	14,4	32,1	57,4	60,5	67,3
	III	12,2	26,9	53,8	58,3	64,2
	IV	13,0	29,4	53,3	60,2	65,4
Narcissen	I			109	106	118
	II			102	99	104
	III			89	98	109
	IV			87	109	112

De groeiduur wordt mede bepaald door de afstervingstijd van het gewas. In 1968 was in de objecten I t/m IV 50% van het bladoppervlak op resp. 22 juni, 15 juni, 13 juni en 12 juni afgestorven. In 1969 waren er geen verschillen in afstervingstijd tussen de verdichtingsobjecten.

In vele gevallen echter komen verschillen in afstervingstijd als gevolg van een bepaalde behandeling alleen onder daarvoor gunstige omstandigheden, bijv. bij hoge luchttemperaturen, tot uiting.

Het effect op de opbrengst is voor 1967/68 samengevat in tabel 6 en voor 1968/69 in fig. 9.

Tabel 6. Opbrengst van tulpen en hyacinten in kg/are in 1967/68.

Cultivar	Aantal malen bereden				Plantgewicht
	0	1	3	5	
Andes	339,7	294,3	247,2	200,4	105
Pink Pearl	340,2	284,9	252,8	249,7	85

Bij vergelijkbare bodemdichtheid verschilt het absolute opbrengstniveau in beide jaren als gevolg van cultivar-, plantgewicht- en seizoenverschillen. Relatief is echter het effect van de verdichting voor beide jaren vrijwel hetzelfde en is het aanzienlijk als de verdichte lagen direct onder de bol beginnen. Met toenemende grondbewerkingsdiepte neemt het nadelige effect sterk af en bij een grondbewerkingsdiepte van 30 cm is het nauwelijks meer merkbaar. Met andere woorden: de dichtheid van de grond heeft vrijwel geen invloed meer op de groei als de dichtheidsverschillen maar op een diepte groter dan 30 cm voorkomen. Uit het feit dat een niet-gespitte, losse grond hetzelfde opbrengstniveau heeft als een verdichte, gespitte grond blijkt dat dan van een oorspronkelijke verdichting door berijden geen schadelijke nawerking te verwachten is.

4.2.2. Hyacinten.

In beide jaren werden bollen van cv. 'Pink Pearl', maat 10-11, geplant op 8 velden met een oppervlakte van 3 m². In 1967 was het bolgewicht gemiddeld 16,7 gram en in 1968 23,6 gram. Wat opkomst en bloei betreft, was de reactie overeenkomstig die van de tulpen in beide jaren. Vanaf de bloei werden ook in dit gewas duidelijke verschillen in bladontwikkeling zichtbaar, waarbij de grootste bladgewichten op de meest losse objecten voorkwamen (tabel 5). De verschillen in afstervingstijd waren in 1968 kleiner dan bij de tulpen en kwamen in 1969 niet voor. De gemiddel-

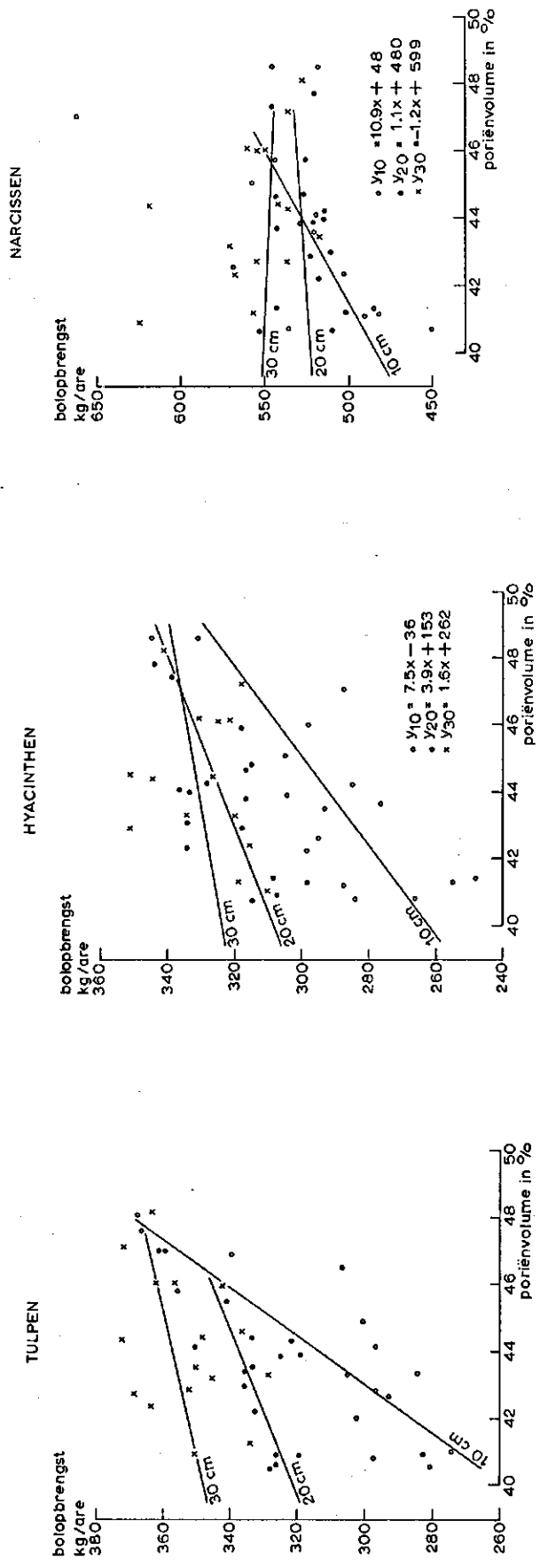


Fig. 9. Opbrengst van tulpen, hyacinten en narcissen als functie van het poriënvolume beneden de bewerkingsdiepte, voor drie verschillende bewerkingsdiepten.

de opbrengsten zijn voor 1967/68 weergegeven in tabel 6 en voor 1968/69 in figuur 9. Evenals tulpen reageren ook hyacinten qua opbrengst sterk op de diepte van de verdichte laag en vrijwel in dezelfde mate.

4.2.3. Narcissen.

Van de cv. 'Golden Harvest' werden in 1967 48 bollen van 60 gram en in 1968 40 bollen van 75 gram geplant per m^2 . Dit gebeurde eveneens op 8 velden (in tweevoud aanwezig: 0 x, 2 x, 3 x en 5 x bereiden) van $3 m^2$ per object. In tegenstelling tot de tulpen en hyacinten ondervonden de narcissen geen invloed van dichtheid en ontwateringsintensiteit wat opkomst en bloei betreft. Dit zou erop wijzen dat narcissen minder gevoelig zijn voor wateroverlast. Na de bloei was het bladgewicht in de objecten III en IV duidelijk minder naarmate de grondbewerking in 1968 oppervlakkiger was geweest. Verschillen in afstervingstijd traden in geen van de beide jaren op. De invloed van de bodemdichtheid op de opbrengst van de narcissen was kleiner dan bij de tulpen en hyacinten en een grondbewerkingsdiepte van 20 cm was reeds voldoende om het effect van de dichtheid van de ondergrond uit te schakelen (fig. 9).

4.3. S a m e n v a t t i n g v a n d e g e w a s r e a c t i e s

De wortels ondervinden een mechanische weerstand, die samenhangt met het poriënvolume van de grond. De dichtheid van de grond had daarom een duidelijke invloed op de bewortelingsdiepte en op de hoeveelheid gevormde wortels. De gegevens wijzen op een samengaan van een kleinere bewortelingsdiepte en een geringer wortelgewicht met een kleiner bladoppervlak. Het verschil in bladstrekking is ongetwijfeld een van de oorzaken van de opbrengstverschillen.

5. BODEMDICHTHEID IN DE OMGEVING VAN LISSE EN BREEZAND

Om een indruk te krijgen van de verdichtingstoestand op bedrijven werd de grond dichtheid op enkele daarvan in de zuidelijke bloembollenstreek (Lisse en omstreken) en in de omgeving van Breezand, in 1968 en in 1970 onderzocht. Het laatstgenoemde gebied komt in zoverre met de zuidelijke bloembollenstreek overeen dat de zandgronden vrijwel dezelfde korrelgrootteverdeling hebben (5). Verschillend zijn echter onder meer de ontwateringstoestand, de dikte van het zanddek en het bedrijfstype. Wat dit laatste betreft is vooral het feit dat de bedrijven in de omgeving van Breezand gemiddeld groter zijn en het veldwerk daar een hogere graad van mechanisatie heeft bereikt, kenmerkend.

In 1968 werd gedurende de maand augustus een aantal plekken laagsgewijze bemonsterd en de waarde van het poriënvolume en de lucht- en vochtverdeling in de grond vastgesteld. Per perceel werden drie bemonsteringskuilen gegraven waarin per laag telkens zes grondmonsters met behulp van Kopecky-ringen werden uitgestoken. In de omgeving van Lisse werden 12 percelen bemonsterd, in Breezand 6 percelen. Een gemiddeld beeld van de in beide gebieden aangetroffen situaties is gegeven in figuur 10.

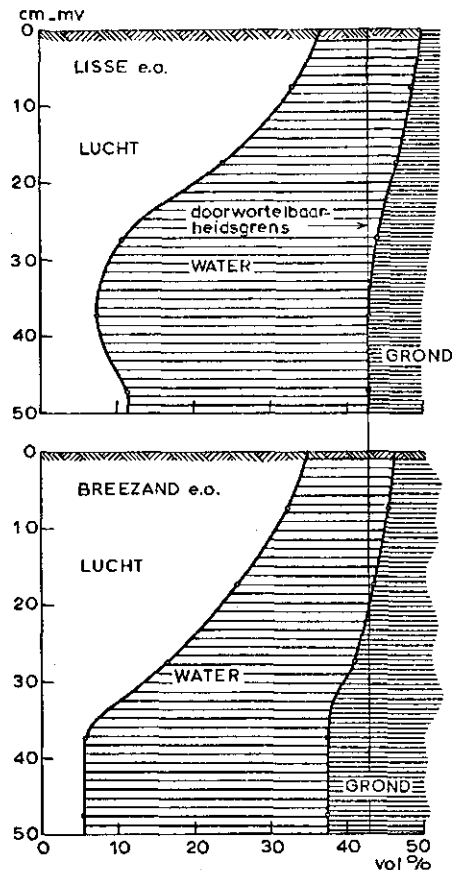


Fig. 10
Het gemiddelde verloop van de grond - water - lucht-- verhouding in een aantal bloembollenpercelen in de omgeving van Lisse (bovenste figuur) en in de omgeving van Breezand (onderste figuur).

Uit deze figuur blijkt dat de gronden in de omgeving van Breezand beneden een diepte van ongeveer 25-30 cm duidelijk dichter zijn dan in de omgeving van Lisse. Dit is een gevolg van het feit dat men daar bij het ploegen meestal niet dieper gaat dan 35 cm. In de omgeving van Lisse was het kabelploegen, waarbij de grond wordt losgemaakt tot op een diepte van 50 à 60 cm nog vrij algemeen gebruikelijk. In Breezand werd in een aantal percelen op 30 à 40 cm diepte, een poriënvolume van 44% of minder aange-

troffen, zodat de grond daar slecht of niet doordringbaar was voor wortels. De praktijkervaring dat dit niet schadelijk is voor de productie, stemt goed overeen met de proefveldresultaten van 1968/69, waaruit bleek dat de verdichtingen op grotere diepte weinig of geen invloed hebben. De diepe grondbewerking, zoals deze wordt toegepast in de zuidelijke bloembollenstreek, lijkt economisch dus alleen verantwoord als vruchtwisselingsmaatregel en niet om de wortelontwikkeling te bevorderen.

In het kader van een opbrengstonderzoek van het Landbouw-Economisch Instituut en het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek werden in mei 1970 op 56 verschillende plaatsen in de zuidelijke bloembollenstreek op twee diepten de dichtheid van de grond en de bewortelingsintensiteit gemeten; de gekozen diepten waren 15-20 cm en 30-35 cm beneden maaiveld. Alle onderzochte percelen bestonden uit kalkhoudende duinzandgrond, die vrijwel geen slib en slechts weinig organische stof bevatte. In fig. 11 is voor beide diepten de variatie in de poriënvolumina die werd gemeten, weergegeven.

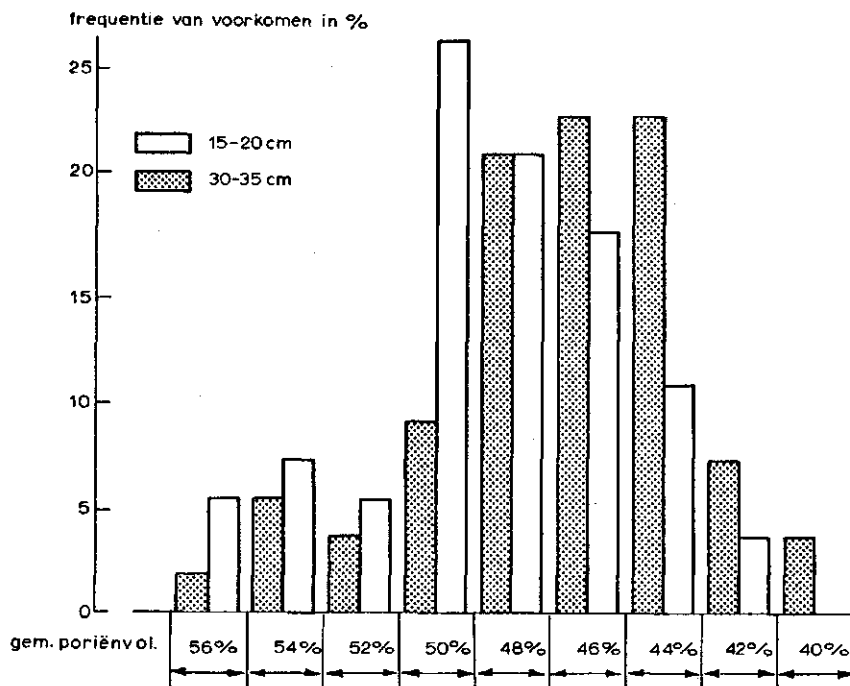


Fig. 11. Poriëngehalten die op twee diepten in de zuidelijke bloembollenstreek in 56 percelen werden gemeten.

Slechts in ongeveer 10 van de 56 gevallen werd op een diepte van 30-35 cm een poriënvolume kleiner dan 44% gevonden. Tijdens dit onderzoek werd ook de bewortelingsdichtheid gemeten. In fig. 12 is de relatieve

worteldichtheid (de verhouding tussen het op 30 en op 20 cm diepte aangetroffen wortelgewicht) uitgezet tegen het poriënvolume in de laag van 30-35 cm diepte.

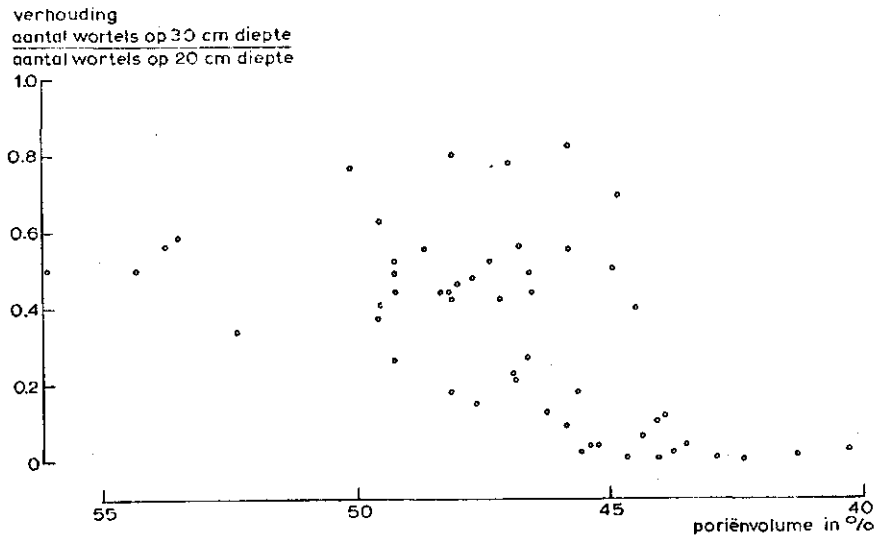


Fig. 12.

De relatieve bewortelingsdichtheid van tulpen cv. 'Apeldoorn' op 30 cm diepte als gevolg van verschillen in dichtheid van de grond in een aantal bloembollenpercelen.

Hieruit blijkt hetzelfde als uit de verdichtingsproeven, namelijk dat de wortelgroei sterk stagneert bij een poriënvolume van 44% of minder (vergelijk ook fig. 7).

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Aan de hand van de resultaten van een proefveldonderzoek op een kalkhoudende zanderijgrond te Lisse is een overzicht gegeven van de invloeden die de bodemdichtheid uitoefent op de water- en luchthuishouding van de grond en op de beworteling en produktie van enkele bloembolgewassen. Verdichting heeft grote invloed op de vocht- en luchtgehalten in de grond (fig. 2 en 4) en kan bij de gebruikelijke ontwateringsdiepte een ongunstige invloed hebben op de zuurstofvoorziening van de wortels. De stromingsweerstand van verzadigde grond neemt op slib- en humusarme percelen bij toenemende verdichting wel af doch blijft in het algemeen nog hoog genoeg om geen schade te veroorzaken. De opstijging van vocht vanaf het grondwater wordt door verdichting verbeterd, waardoor de kans op droogteschade vermindert (fig. 3 en tabel 3).

De vermindering van de hoeveelheid water die in de grond kan worden geborgen na verdichting van de grond, vergroot de grondwaterstandsfluctuaties en zou de kans op schade door wateroverlast kunnen vergroten (fig. 5).

Bij grotere bodemdichtheid neemt de kracht die nodig is om in de grond in te dringen, vooral bij poriënvolumina rond 44 tot 42%, sterk toe (fig. 6). Daardoor blijken de bewortelingsmogelijkheden sterk af te nemen (fig. 8 en 12). Beperking van de bewortelingsdiepte gaat vaak gepaard met vermindering van de wortelhoeveelheid en van de hoeveelheid blad. Dit laatste lijkt een van de belangrijkste oorzaken te zijn voor de geconstateerde effecten van bodemverdichting op de bolproductie (fig. 9).

Uit het onderzoek is gebleken dat het gewas niet meer op een dichte ondergrond reageert indien de verdichting op tenminste 30 à 35 cm beneden het maaiveld voorkomt. Diepere grondbewerking is dan dus alleen verantwoord uit het oogpunt van ziektebestrijding en vruchtwisseling.

LITERATUUR

- HAAN, F.A.M. de en G.G.M. VAN DER VALK, 1969. Verband tussen bodemverdichting en waterbeheersing speciaal met betrekking tot de bloembollenteelt. Tuinbouwmeded. 32, 7/8 : 252-268.
- HAAN, F.A.M. de, G.G.M. VAN DER VALK en J. BEUVING, 1969. I.C.W., Wageningen. Meded. 121; 55 pp.
- HAAN, F.A.M. de en G.G.M. VAN DER VALK, 1971. Effect of compaction on physical properties of soil and in root growth of ornamental bulbs. First intern. Symp. on Flowerbulbs, Noordwijk/Lisse 1970: II : 326-331. Ed. I.S.H.S., Den Haag; 1971.
- HIDDING, A.P. en C. VAN DER BERG, 1960. The relation between pore volume and the formation of root system in soils with sandy layers. 7th Int. Congr. Soil Sci. 1 : 369-374.
- KALISVAART, C., 1935. Over de mechanische samenstelling en de praktische waardering van een aantal Hollandse zeezandgronden. Versl. Landbouwk. Onderz. 41. B.
- VALK, G.G.M. van der, 1971. Gevolgen van grondverdichting voor de bloembollenteelt op de zandgronden. Theorie en Praktijk, 116 : 9-13.
- VALK, G.G.M. van der en F.A.M. DE HAAN, 1969. Gevolgen van bodemverdichting voor de produktie van bloembolgewassen. I.C.W., Wageningen, nota 498; 41 pp.
- VALK, G.G.M. van der en F.A.M. DE HAAN, 1971. Invloed van de grond en de grondbewerkingsdiepte op de produktie van enkele bloembolgewassen. I.C.W., Wageningen, nota 589; 17 pp.