

NN31545.0498

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

NOTA 498

10 februari 1969

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

GEVOLGEN VAN BODEMVERDICHTING VOOR
DE PRODUKTIE VAN BLOEMBOLGEWASSEN

ir G.G.M. van der Valk en dr ir F.A.M. de Haan

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0102 0391

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemid-
delen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking.

July 1941

United States of America

Washington, D.C.

July 1941

July 1941

July 1941

The following information was obtained from the files of the
Department of the Interior, Bureau of Land Management, and
the Bureau of Reclamation, and is being furnished to you for
your information. It is not to be used for any other purpose
without the express written consent of the Department of the
Interior.

I N H O U D

	blz.
INLEIDING	1
PROEFOPZET	1
REACTIE VAN DE GROND OP DE VERDICHTING	3
Poriënvolume en luchtgehalte	3
De ontwateringstoestand	7
REACTIE VAN DE GEWASSEN OP DE VERDICHTING	11
Tulpen	11
Hyacinthen	17
Narcissen	23
ANALYSE VAN DE OORZAKEN VAN PRODUKTIE-VERSCHILLEN	26
Tulpen	27
Hyacinthen	33
Narcissen	37
SAMENVATTING	41

100

RECEIVED

CHANDLER

RECEIVED BY CHANDLER TO CHANDLER

CHANDLER TO CHANDLER

CHANDLER TO CHANDLER

CHANDLER TO CHANDLER

CHANDLER

CHANDLER

CHANDLER

CHANDLER TO CHANDLER

CHANDLER TO CHANDLER

CHANDLER

CHANDLER

CHANDLER

CHANDLER

1. INLEIDING

De ontwikkeling van de mechanisatie op bloembollenbedrijven in de zuidelijke bloembollenstreek ontmoet bezwaren bij veel kwekers. Zij verwachten dat de produktie van hun gewassen door het berijden van het land met zware werktuigen als trekkers, mestverspreiders e.d. zal worden benadeeld.

In het algemeen mag men inderdaad verwachten dat verdichting van de grond als gevolg van het gebruik van genoemde werktuigen een zeker risico inhoudt voor de produktie. Gezien de grote waarde van de produktie per eenheid van oppervlak zouden opbrengstdalingen reeds spoedig de beoogde besparingen op arbeid te niet kunnen doen.

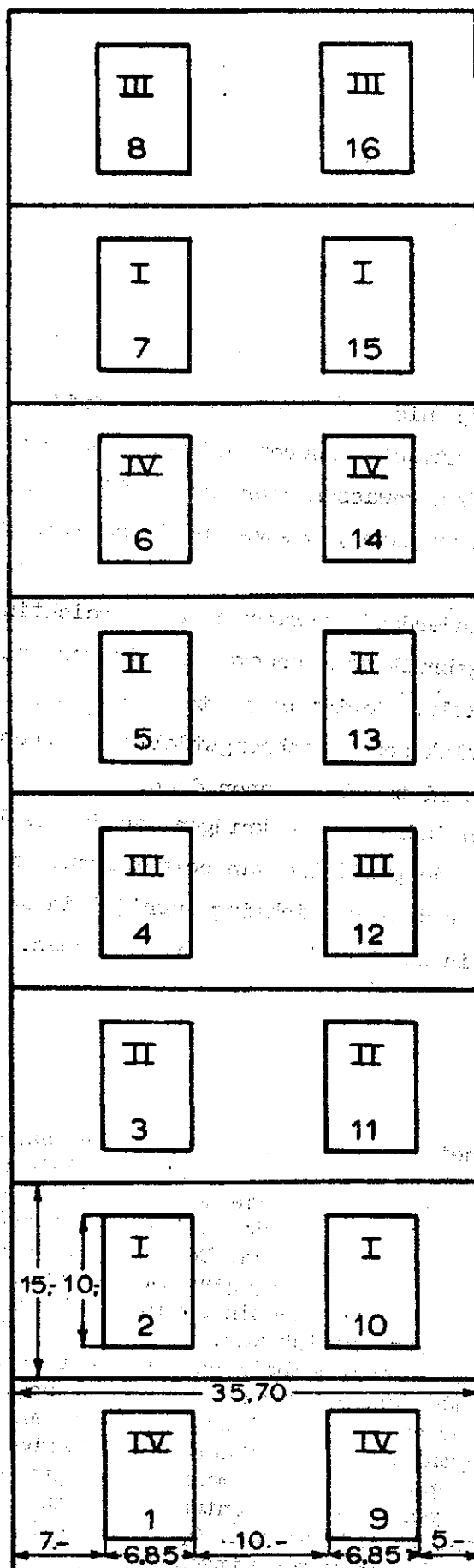
Het is daarom gewenst een indruk te verkrijgen van de gevolgen van verdichting van de grond voor de produktie van bolgewassen, en tevens een inzicht in de wijze waarop deze verdichting ingrijpt in de waterhuishouding van de grond en in het groeiproces van het gewas.

2. PROEFOPZET

Als eerste stap in het verdichtingsonderzoek werd aandacht besteed aan de reactie van bolgewassen op verdichte duinzandgronden. Deze reactie kan zich zowel direct, via mechanische weerstand voor wortelgroei, als indirect, via de gewijzigde water- en luchthuishouding van de grond, manifesteren. De eerste proefopzet werd dusdanig gekozen, dat kon worden uitgegaan van verschillende verdichtingstrappen terwijl per verdichtingstrap de dichtheid in het profiel vanaf de plantdiepte gelijk was.

Door het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek te Lisse werd een perceel kalkhoudende zanderijgrond met 2 à 3 % org. stof ter beschikking gesteld; op ca 3 meter diepte gaat het zand over in slibhoudende afzettingen. Het perceel werd in september 1967 geploegd tot ca 40 cm diepte, waarna de maaiveldshoogte 9 cm - NAP was. De grond is niet gedraineerd en ontwatert op twee brede, noord-zuid en oost-west lopende sloten. Op 21 september 1967 werden 8 objecten van 15 x 35 meter uitgezet die met behulp van een Caterpillar D4 zodanig werden bereiden dat twee blokken ont-

sloot



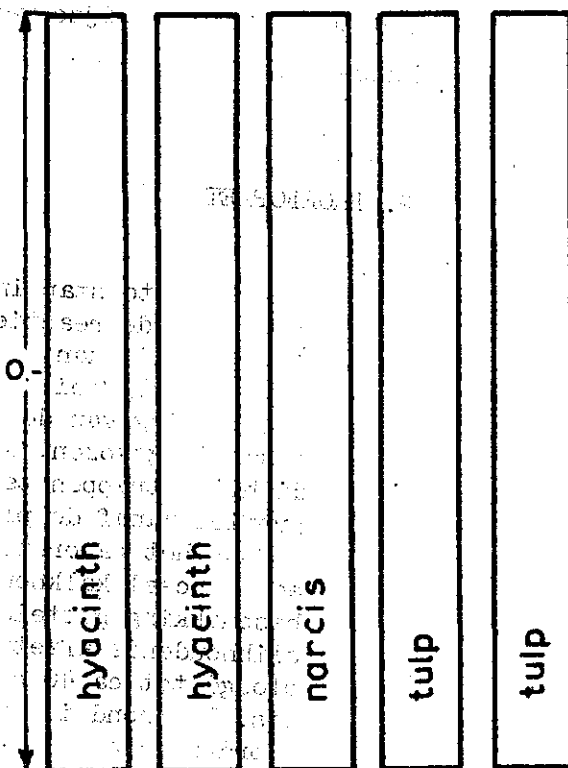
VERDICHTINGSTRAPPEN

I, II, III, IV.

1-16 nummering van de veldjes



detail van een veldje



sloot

Fig. 1. Schematisch overzicht van het verdichtingsproefveld en detail van een der veldjes

stonden van 4 velden met verschillende dichtheden, (fig. 1) in volgorde van toenemende dichtheid in het vervolg aangeduid met de cijfers I t/m IV. Bij het begin van deze behandelingen was de grondwaterstandsdiepte ca 50 cm-maaiveld.

De afmetingen van de velden moesten zo groot mogelijk zijn omdat met name voor de reactie van de waterhuishouding op de verdichting met een vrij sterke randwerking rekening gehouden moest worden. De grenzen werden bepaald door de terreinafmetingen.

Zoals weergegeven in fig. 1, werden de gewasproeven aangelegd in twee stroken evenwijdig in oost-west richting op resp. gemiddeld 20 en 38 m vanaf de sloot.

In deze stroken werden, zonder verdere grondbewerking, twee bedden hyacinthen en tulpen en ertussen een bed narcissen geplant ter lengte van 10 meter per proefveld (zie detail fig. 1). De tulpen c.v. Andes, zift 10, gewicht per bol gemiddeld 16,2 gram, werden op 26 oktober uitgeplant in een plantverband van 16 stuks per m² en een regelafstand van 25 cm.

De hyacinthen c.v. Pink Pearl zift 10, bolgewicht gemiddeld 16,7 gram werden op 25 oktober geplant na een kwikontsmetting en een behandeling met formaline. De regelafstand was 25 cm en de dichtheid 13 stuks/m².

De narcissen c.v. Golden Harvest, spanen met een gemiddeld gewicht van 60 gram, werden op 3 oktober geplant, eveneens op een regelafstand van 25 cm met ca 12 bollen per m².

Alle gewassen werden tijdens de winter met riet afgedekt en ontvingen na verwijdering van dit dek in het voorjaar een normale kunstmestgift. Eind juni werden per gewas in ieder bed twee proefveldjes uitgezet van 3 meter lengte, waarvan de opbrengst werd bepaald. De tulpen werden eind juni, de hyacinthen op 2 en 3 juli en de narcissen op 30 juli gerooid.

Tijdens de groei van het gewas werden regelmatig proefrooitingen en bewortelingsmetingen uitgevoerd.

Ook de grond in de verschillende verdichtingsobjecten werd bemonsterd voor de bepaling van het poriënvolume en het luchtgehalte.

Per object werd dagelijks de grondwaterstand gemeten.

3. REACTIE VAN DE GROND OP DE VERDICHTING

3.1. P o r i ë n v o l u m e e n l u c h t g e h a l t e

Op 31 augustus 1967 werd de uitgangstoestand van de grond vastgelegd door op 3 plaatsen een volumebemonstering met behulp van Kopecky-ringen uit te voeren; per plek werden vier dieptes in vijfvoud bemonsterd.

Teneinde zeker te zijn van een gelijke uitgangssituatie over het gehele veld bij de aanleg van de verdichtingstrappen werd het perceel gekabelploegd. Drie dagen na het kabelploegen, op 12 september, werd bovenbeschreven bemonstering herhaald. Beide bepalingen werden verricht

onder vergelijkbare weers- en ontwateringsomstandigheden.

De resultaten zijn, als gemiddelde per bemonsteringsdiepte, weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Waarden van het poriënvolume, vochtgehalte en luchtgehalte vóór en na kabelploegen

diepte cm-m.v.	vol. % poriën		vol. % vocht		vol. % lucht	
	voor	na	voor	na	voor	na
5-10	49,1	53,7	12,5	18,2	36,6	35,5
15-20	47,3	47,5	21,4	26,9	25,9	20,6
25-30	45,6	47,9	37,7	27,6	7,9	20,3
35-40	43,8	47,7	36,1	28,4	7,7	19,3

Door het kabelploegen werd over de gehele bemonsteringsdiepte een vergroting van het poriënvolume bereikt; verbetering van de luchthuishouding trad slechts op in de laag van 20-40 cm.

Na realisatie van de verdichtingsobjecten werden deze, met 8 ringen per laag, allen bemonsterd op 4 dieptes. De resultaten zijn, wederom als gemiddelde, per verdichtingstrap weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Waarden voor het poriënvolume, vochtgehalte en luchtgehalte van de verschillende verdichtingstrappen

diepte cm-m.v.	vol. % poriën				vol. % vocht				vol. % lucht			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
5-10	47,7	43,8	41,8	40,5	19,6	26,7	34,7	33,5	28,1	17,1	7,1	7,0
15-20	47,2	42,9	41,4	39,9	25,7	36,0	35,7	34,2	21,5	6,9	5,7	5,7
25-30	46,4	42,4	41,6	40,5	30,7	36,5	36,1	34,8	15,7	5,9	5,5	5,7
35-40	46,1	42,8	42,5	42,3	41,3	36,1	36,0	34,7	4,8	6,7	6,5	7,5

Tussen de objecten I en II komen de grootste verschillen in dichtheid voor. Dit is verklaarbaar doordat de verdichtingstrappen II, III en IV werden bereikt door resp. 1, 3 en 5 gangen met een Caterpillar D4. Logischerwijze neemt het effect per gang duidelijk af naarmate de grond reeds dichter in elkaar zit.

Per verdichtingstrap blijken de verschillen tussen de bemonsteringsdiepten klein; enigermate is de tendens aanwezig van een geringe dichtheidstoename met de diepte bij de lossere objecten en een geringe afname met de diepte bij de dichtste objecten.

Ernstige mechanische beklemming voor de groei en ontwikkeling van het wortelstelsel van de meeste gewassen op zandgronden begint op te treden bij een totaal poriënvolume van ongeveer 40 % (HIDDING en VAN DE BERG). Dit betekent derhalve dat het optreden van een dergelijke mechanische belemmering op de verdichtingstrap IV niet uitgesloten moet worden geacht.

Het luchtgehalte in de grond wordt enerzijds bepaald door de hoogte boven de grondwaterspiegel, anderzijds door de dichtheid van de grond. Dit laatste vindt zijn verklaring in de veranderende pF-curve bij veranderende dichtheid; naarmate eenzelfde grond dichter in elkaar komt zitten zal het aantal grote poriën afnemen, terwijl het aantal kleine poriën sterk toeneemt; hierdoor krijgt de pF-curve over het algemeen een steiler verloop, waardoor op eenzelfde hoogte boven het grondwaterniveau het volume-percentages lucht bij grotere dichtheid kleiner wordt dan in de lossere grond.

Bij verdichting van de grond zal echter ook het maaiveld dalen; hierdoor wordt de ontwateringsdiepte geringer dan in de oorspronkelijke toestand, waardoor eveneens het luchtgehalte in de bewortelingszone wordt verkleind. De maaiveldsdaling werd in de verschillende verdichtingstrappen inderdaad waargenomen. Ten tijde van de bemonstering bedroegen de maaiveldshoogten voor de objecten I t/m IV resp. 9, 14, 16 en 19 cm-NAP. De grondwaterstand bevond zich op dat moment op ± 65 cm-NAP.

Wil men dus de zuivere invloed van de dichtheidstoename op het luchtgehalte kennen dan dient men de waarden voor het luchtgehalte op overeenkomstige niveaus boven het grondwater met elkaar te vergelijken, aannemende dat per verdichtingstrap het poriënvolume over de gehele

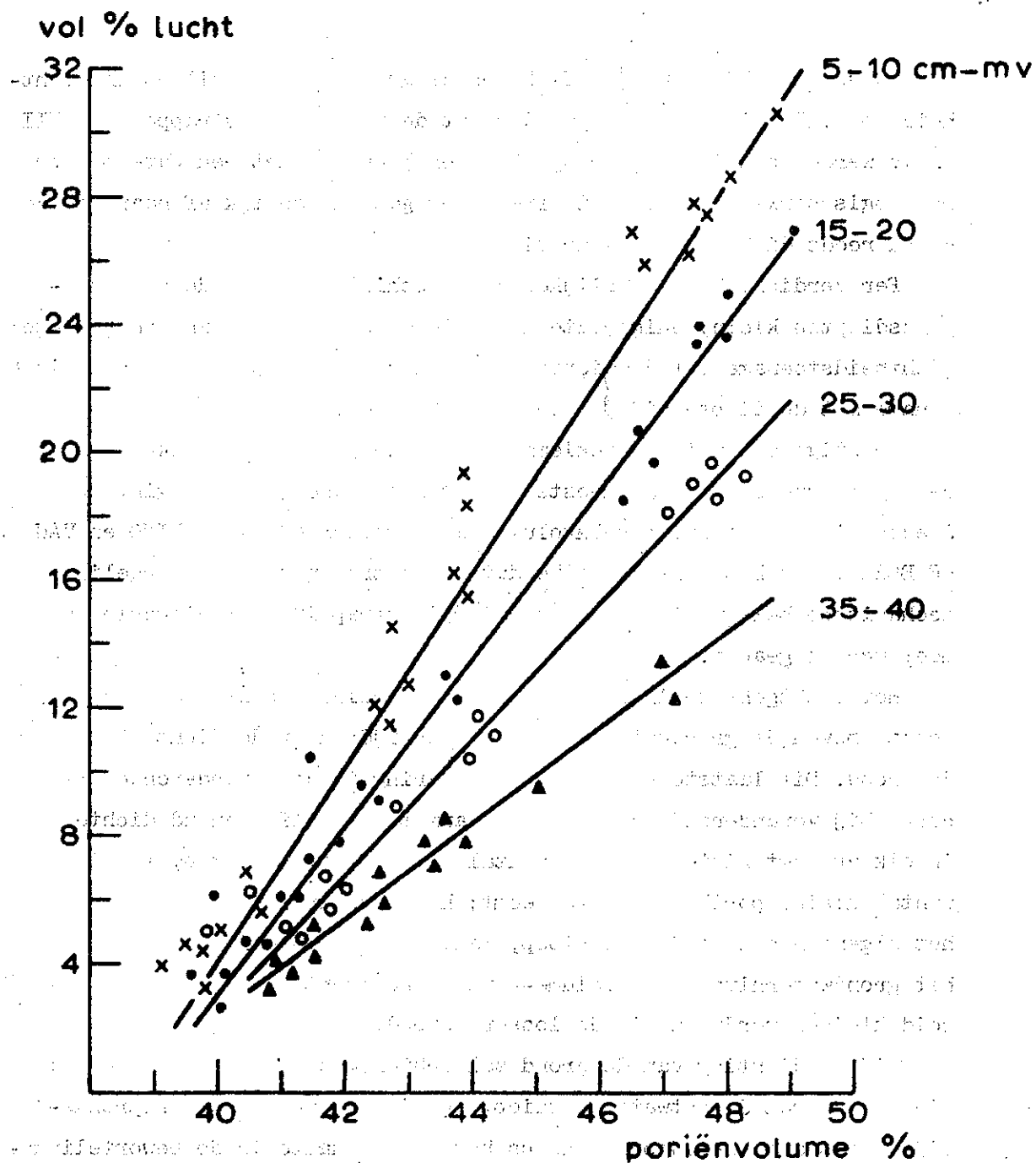


Fig. 2. Verandering van het luchthoudend poriënvolume bij wijziging van
altes het totale poriënvolume voor verschillende dieptes beneden maaiveld

diepte gelijk is; zoals tabel 2 laat zien is deze aanname niet onredelijk. Doet men dit, dan blijkt het luchtgehalte zeer sterk op de dichtheidstoename te reageren.

Voor de plantewortel is slechts de totale hoeveelheid lucht in de bewortelingszone van belang en doet het er weinig toe of deze na verdichting van de grond nu kleiner geworden is door maaiveldsdaling of door een gewijzigde pF-curve. Op grond van diverse onderzoeken mag worden aangenomen dat een luchtgehalte van tenminste 10-15 % in de bewortelingszone nodig is voor een goede ontwikkeling en functionering van het wortelstelsel.

Figuur 2 geeft een illustratie van het effect van verdichting op het luchtgehalte. Hierin zijn het poriënvolume en het luchtgehalte, zoals gemeten aan een groot aantal monsters verspreid over alle verdichtingstrappen, per bemonsteringshorizont tegen elkaar uitgezet. Deze gegevens hebben betrekking op een grondwaterniveau van 65 cm-NAP (overeenkomend met een grondwaterstand van 56 en 46 cm-m.v. voor resp. de verdichtingstrappen I en IV). Indien nu het grondwaterniveau wordt verlaagd zullen de lijnen in de grafiek naar boven verschuiven; deze verschuiving zal niet helemaal evenwijdig zijn aangezien de pF-curve van de grond met een poriënvolume van 40 % steiler verloopt dan van de lossere grond met bv. 50 % poriën.

Uit figuur 2 blijkt dat bij de heersende grondwaterstand in de laag van 25-30 cm nog aan de luchtgehalte-eisen wordt voldaan zolang het poriënvolume van deze laag 46 % of meer bedraagt; wordt de grond verdicht tot 44 % poriën dan treden in deze zelfde laag reeds ongunstige aeratie-omstandigheden op. Zou de grondwaterstand worden verlaagd dan zal het luchtgehalte van deze laag ook bij een poriënvolume van 44 % nog aan de eisen kunnen voldoen.

Met andere woorden: naarmate de ontwateringsdiepte groter is zal men zich wat de verdichting van de grond betreft meer kunnen permitteren zolang maar niet een poriënvolume wordt bereikt waarbij mechanische belemmering van de wortelgroei op gaat treden.

3.2. De ontwateringstoestand

Het proefveld is gelegen in de hoek van een perceel, begrensd door twee sloten. Dit heeft het nadeel, dat de ontwateringstoestand

over het gehele proefveld sterk verschillend is. Immers, in diagonale richting over het proefveld vanuit het kruispunt der sloten moet een systematische toename van de grondwaterstandsfluctuaties worden verwacht, aangezien in die richting de slootafstand toeneemt en de afvoersnelheid van het water kleiner wordt.

Het werd niet onmogelijk geacht dat dit effect de reactie van de gewassen op de verdichting in sterke mate zou kunnen vertroebelen; met deze situatie moest echter gedurende het eerste jaar van de proeven genoegen worden genomen.

Teneinde het verloop van de grondwaterstand zo nauwkeurig mogelijk te kunnen vervolgen werden per verdichtingsobject drie grondwaterstandsbuizen geplaatst op resp. 15, 30 en 45 meter vanaf de oost-west sloot. In de periode van 20 september 1967 tot 1 maart 1968 werden in deze 24 buizen dagelijks, behoudens in het weekeinde, de grondwaterstanden gemeten.

De neerslaghoeveelheden werden dagelijks geregistreerd op het Rijkstuinbouwconsulentschap te Lisse.

Met behulp van deze gegevens werden voor de verschillende veldjes de afvoer-intensiteiten bepaald, uitgedrukt als de hoeveelheid afvoer per eenheid van opbolling, S/m_0 . Hiertoe werden voor alle 16 veldjes (waarvan 1 t/m 8 gelegen zijn op ca 21 meter vanaf de oost-west sloot en de overigen op ca 36 m, zie ook fig. 1) een aantal periodes gekozen met eenzelfde begin- en eind-grondwaterstand. Aangezien in bedoelde periodes de verdamping verwaarloosd kan worden is alle gevallen neerslag tot afvoer gekomen. Uit het verloop van de grondwaterstand ten opzichte van het slootpeil kan voor de betreffende periode de gemiddelde opbolling worden berekend. De verhouding tussen de gemiddelde afvoer en de gemiddelde opbolling levert dan voor deze periode de waarde voor S/m_0 .

Deze methode ter bepaling van de afvoerintensiteit is niet bijzonder nauwkeurig aangezien per dag slechts eenmaal de grondwaterstand wordt gemeten, welke waarde dan als voldoende representatief voor de gehele dag moet worden beschouwd. Ook wat de neerslag betreft is men slechts geïnformeerd omtrent de totale hoeveelheid welke per etmaal gevallen is. Verbetering van de nauwkeurigheid kan worden verkregen middels een doorlopende registratie van grondwaterstanden en neerslag.

In tabel 3 zijn voor de verschillende veldjes, gerangschikt naar

verdichtingstrap, de afvoerintensiteiten gegeven; deze waarden zijn de gemiddelden van een aantal periodes.

Tabel 3. Gemiddelde waarde van de afvoerintensiteit, S/m_0 , voor de verschillende veldjes

I		II		III		IV	
veldje	S/m_0	veldje	S/m_0	veldje	S/m_0	veldje	S/m_0
2	0,041	3	0,033	4	0,029	1	0,050
10	0,029	11	0,024	12	0,026	9	0,040
7	0,020	5	0,023	8	0,022	6	0,022
15	0,015	13	0,018	16	0,018	14	0,020

Bekijkt men deze gegevens per verdichtingstrap dan kan (met behulp van figuur 1) worden vastgesteld, dat de ligging van de veldjes ten opzichte van beide sloten duidelijk tot uiting komt; naarmate de slootafstand groter wordt neemt de afvoerintensiteit af. Een vergelijking van de waarden voor de verschillende verdichtingstrappen onderling laat zien, dat het effect van de verdichting op de afvoerintensiteit zo dit al aanwezig mocht zijn, sterk wordt overschaduwd door de invloed van de slootafstand.

De waarden van de afvoerintensiteit werden gebruikt voor een berekening van de bergingsfactor, dit is: het aantal centimeters water dat nodig is per centimeter grondwaterstandswijziging. Hiertoe werd voor een aantal gevallen de afvoer per etmaal berekend uit de waarde van de afvoerintensiteit van het betreffende veldje en de voor dat etmaal gemiddelde hoogte van de grondwaterstand boven slootpeil. Het verschil tussen neerslag en afvoer levert dan de toe- of afname van de hoeveelheid water welke in de grond is geborgen. Het quotiënt van deze waarde en de grondwaterstandswijziging is de bergingsfactor.

In figuur 3 zijn de gevonden waarden voor de bergingsfactor uitgezet tegen de diepte van de grondwaterstand. De invloed van de ontwateringsdiepte op de bergingsfactor is zeer duidelijk; bij een afname van de ontwateringsdiepte van 50 tot 35 cm-m.v. neemt het bergingspercentage af van 15 % tot 4 %; bij nog geringere ontwaterings-

bergingsfactor

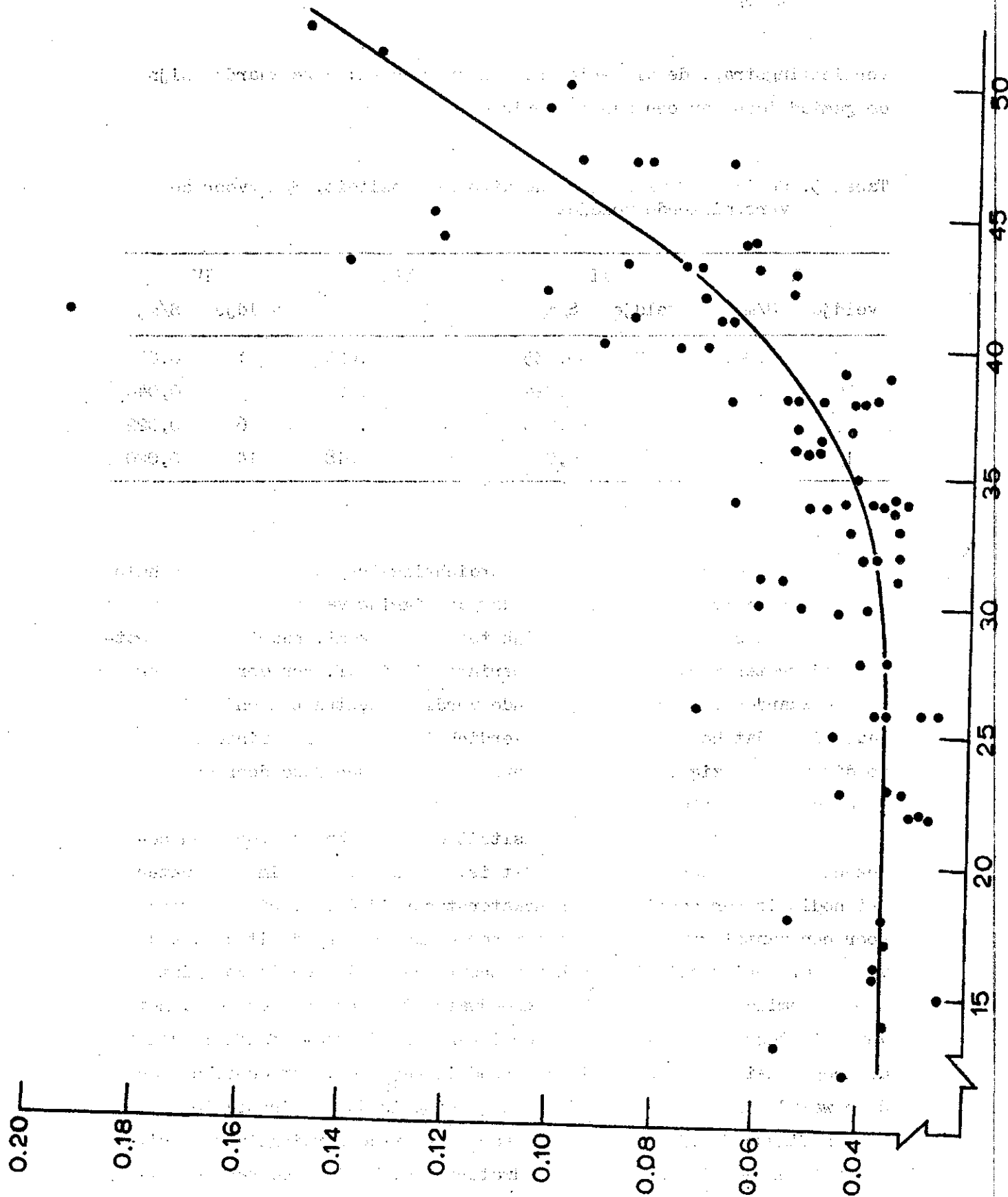


Fig. 3. Het verloop van de bergingsfactor als functie van de ontwateringsdiepte

ontwateringsdiepte, in cm-mv

diepten verandert er weinig meer aan de bergingsfactor. Dit wordt verklaard doordat de knik in de pF-curve ligt bij een zuigspanning van ongeveer 35 cm water; beneden deze waarde loopt de pF-curve vrij steil, bij 35 cm zuigspanning ligt de stoel van de pF-curve, waardoor het bergend vermogen bij grotere waarden voor de zuigspanning sterk gaat toenemen.

Aangezien door verdichting de pF-curve van de grond verschuift en verandert, zou men verwachten, dat de bergingsfactoren voor de verschillende verdichtingstrappen zouden verschillen. Aan de hand van de hier bewerkte veldwaarnemingen kan deze specifieke invloed van de verdichting op het bergingspercentage niet worden vastgesteld. Indirect volgt het effect van verdichting wel uit fig. 3, aangezien iedere maaiveldsdaling, en derhalve ook die welke het gevolg is van verdichting, aanleiding geeft tot geringere bergingspercentages.

In figuur 4 zijn, tezamen met de neerslaggegevens en de schommelingen in het peil van Rijnlands boezem 3 tijd-stijghoogtediagrammen gegeven voor veldjes waarvan de afvoerintensiteit resp. 0,050, 0,033 en 0,015 bedroeg. Met behulp van deze tijd-stijghoogtediagrammen kan informatie worden verkregen omtrent de duur en de mate waarin de grondwaterstand een bepaald niveau overschrijdt; hieruit kunnen conclusies getrokken worden aangaande de vocht- en luchthuishouding van de wortelzone. Bij de analyse van de opbrengstverschillen zullen deze sommen van overschrijdingswaarden voor een aantal niveaus besproken worden.

4. REACTIE VAN DE GEWASSEN OP DE VERDICHTING

Voor de verschillende gewassen werden waarnemingen verricht omtrent de opkomst, bloei, gewasontwikkeling, afsterving en opbrengst. Ook de wortelontwikkeling werd nagegaan; de gegevens hierover zullen later worden besproken bij de analyse van de oorzaken van produktieverschillen.

4.1. T u l p e n

a. Opkomst

Op de sterkst verdichte objecten was de opkomst van het gewas iets vroeger dan op de minder verdichte veldjes. Wat betreft het aantal opgekomen planten bleven de meest verdichte objecten sterk achter. Ook

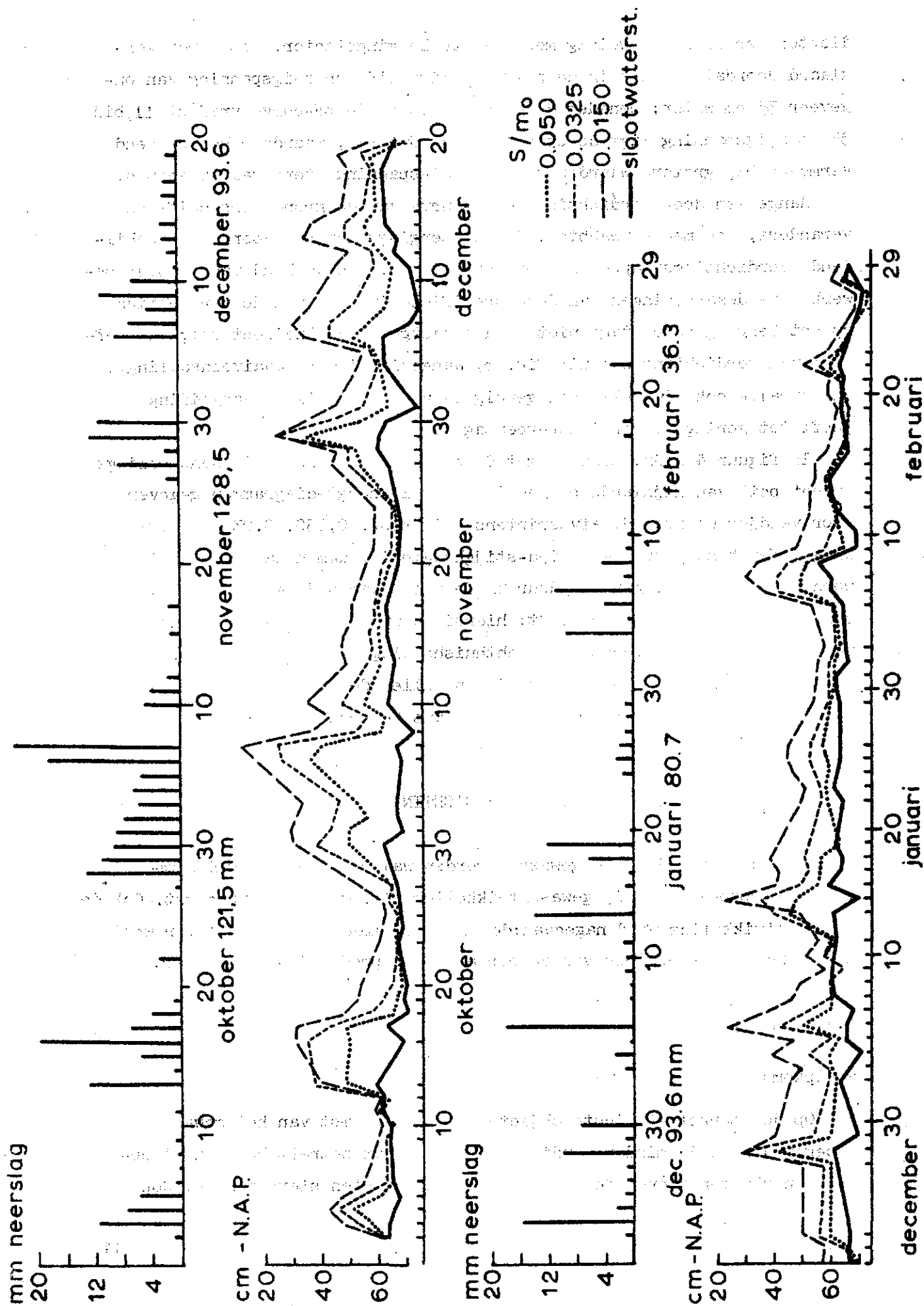


Fig. 4. Tijd-stijghoogte diagrammen voor veldjes met verschillende afvoerintensiteit, met bijbehorende neerslaggegevens en sloopwaterstanden

hierbij bleek de afvoerintensiteit een zeer grote rol te spelen (zie tabel 4); de veldjes met hoge afvoerintensiteit van object IV gaven nauwelijks verschillen te zien met de minder verdichte objecten; hieruit blijkt reeds, zoals later nader zal worden toegelicht, dat de verschillen in opkomst niet als een direct gevolg van de grotere bodemdichtheid alleen kunnen worden geïnterpreteerd. Waarschijnlijk moet de lagere ligging van de verdichte objecten, en de daaruit voortvloeiende hogere gemiddelde grondwaterstand en sterkere grondwaterstandsfluctuaties, als oorzaak worden aangewezen voor de gevonden verschillen.

Tabel 4. Gegevens betreffende de opkomst, bloei en opbrengst van tulpen op de verschillende verdichtingsobjecten

Verd. trap	No veldje	Afvoer intensiteit	Percentage niet-opkomst	Percentage niet-bloei	Opbrengst in kg/are
I	2	0,041	2	2	343,2
	7	0,020	2	3	315,5
	10	0,029	5	5	350,9
	15	0,015	4	4	349,3
II	3	0,033	1	0	302,6
	5	0,023	7	7	293,5
	11	0,024	4	3	304,9
	13	0,018	6	8	276,3
III	4	0,029	2	2	295,2
	8	0,022	4	5	232,9
	12	0,026	7	10	238,6
	16	0,018	14	21	222,2
IV	1	0,050	4	4	248,7
	6	0,022	14	19	198,0
	9	0,040	4	4	215,8
	14	0,020	40	52	139,0

De waterschade was het sterkst op de grenzen van de hoger gelegen onverdichte velden en de lagere verdichte velden. Waarschijnlijk is dit effect veroorzaakt door oppervlakkige afstroming van water bij een volledige verzadiging van het bodemprofiel. Ook zal hierbij ongetwijfeld afstroming over de hallaag tijdens de natte dool in januari een rol gespeeld hebben.

b. Bloei

Ook de bloei was op de verdichte velden iets vroeger dan op de minder verdichte objecten. Zoals tabel 4 laat zien reageert het bloeipercentage nog iets sterker op de ontwateringstoestand dan het opkomstpercentage.

Bij een deel van de opgekomen planten waren de bloemen reeds verdroogd; uit de grootte van de verdroogde bloemen bleek dat dit reeds korte tijd na het planten moet zijn gebeurd.

In de zwaar beschadigde objecten bloeide weliswaar een groot aantal planten, doch met een bloem die kleiner was en spitzer van bloemblad. Overigens waren alle gradaties in vroegheid van verdroging en van bloemgrootte waar te nemen.

c. Gewasontwikkeling

Tabel 5 geeft waarnemingen omtrent de ontwikkeling van spruit, bol en blad; deze getallen per veldje zijn gemiddelden over 10 planten.

De spruit- en bloemlengte, gemeten op 15 februari, gaf slechts geringe verschillen te zien voor de verschillende verdichtingstrappen, alhoewel enigszins de tendens aanwezig was dat III en IV wat achter bleven bij I en II.

Op 22 april was het bolgewicht nog gelijk, doch het bladgewicht begon reeds af te nemen met toenemende verdichting; op 10 juni waren de verschillen evident, echter niet tussen III en IV onderling.

Tabel 5. Ontwikkeling van spruit, bol en blad van tulpen

verd.		15/2		22/4		10/6		
trap	veldje	mm	lengte spruit	bloem	gew.nw.bol	blad	gew.nw.bol	blad
I	2		13.2	8.4	5.9	15.8	57.2	25.4
	7		12.2	8.3	5.0	23.2	48.9	25.1
	10		13.2	8.8	4.9	20.1	49.8	24.2
	15		11.7	7.6	6.7	19.5	42.5	21.5
	gemidd.		12.6	8.3	5.6	19.7	49.6	24.0
II	3		13.8	8.8	6.7	16.8	42.2	17.4
	5		12.6	8.4	4.6	18.5	42.4	18.5
	11		11.6	7.6	3.9	13.2	37.6	17.2
	13		12.2	8.5	5.0	17.2	40.8	17.3
	gemidd.		12.6	8.3	5.1	16.4	40.7	17.6
III	4		12.2	7.7	4.6	16.9	43.2	16.5
	8		11.7	7.4	6.1	14.8	29.9	11.4
	12		11.9	7.4	5.4	14.1	36.8	13.5
	16		10.8	7.4	5.2	13.8	39.0	12.2
	gemidd.		11.7	7.5	5.3	14.9	37.2	13.4
IV	1		12.8	8.4	5.3	15.3	42.5	17.3
	6		14.5	9.7	5.2	15.4	-	16.2
	9		12.1	8.0	5.8	18.5	38.7	16.9
	14		5.8	-	5.4	11.0	31.6	8.0
	gemidd.		11.3		5.4	15.1	38.5	14.2

d. Afsterving

Deze werd gemeten door een schatting te maken van het percentage van het bladoppervlak, dat nog groen was; dit geschiedde op acht verschillende data. De resultaten zijn weergegeven in tabel 6.

Tabel 6. Afsterving van tulpen, uitgedrukt als percentage groen bladoppervlak ten opzichte van totaal bladoppervlak

verd. trap	veldje no	datum							
		28/5	31/5	4/6	10/6	17/6	20/6	24/6	28/6
I	2	75	80	75	80	70	65	45	10
	7	70	80	70	70	70	65	50	15
	10	85	85	75	80	65	70	35	10
	15	85	85	80	85	70	70	55	20
II	3	60	65	65	65	50	40	10	< 5
	5	60	70	60	60	30	30	10	< 5
	11	70	70	60	60	35	40	10	< 5
	13	60	65	65	60	30	35	10	< 5
III	4	55	60	60	60	35	30	10	< 5
	8	50	60	55	55	10	15	5	< 5
	12	60	55	50	65	20	15	5	< 5
	16	60	65	55	65	15	20	5	< 5
IV	1	55	60	55	60	25	20	5	< 5
	6	55	60	60	55	20	20	10	< 5
	9	65	70	60	55	35	40	15	< 5
	14	60	55	50	70	30	25	5	< 5

De objecten III en IV stierven vrijwel gelijktijdig af; object I bleef verreweg het langste groen.

De verkleuringen die voor 10 juni werden waargenomen moeten waarschijnlijk aan andere oorzaken dan afsterving worden toegeschreven; zij traden bij sommige cultivars ook in de praktijk op en moeten mogelijk aan

nachtvorst worden toegeschreven.

e. Opbrengst

De tulpen werden gerooid in de periode van 24 juni tot 1 juli, indien tenminste 90 % van het blad was afgestorven. De totaal gewichten van de opbrengsten zijn per veldje weergegeven in tabel 4.

Op het onverdichte object was de opbrengst goed tot zeer goed. Duidelijk weerspiegelt zich de invloed van de verdichting op de opbrengst. Dit wordt nogmaals gedemonstreerd in figuur 5, waarin de gemeten opbrengst per veldje werd uitgezet tegen de waarde van het poriënvolume in de laag van 10-30 cm-maaiveld van het betreffende veldje; ook de bijbehorende afvoerintensiteiten ($\times 1000$) zijn in de figuur weergegeven. Over het gehele traject van poriënvolumina doet het verdichtingseffect zich gelden; ook hierbij speelt de afvoerintensiteit echter weer een rol: vooral op de sterk verdichte objecten produceren de veldjes met hoge afvoerintensiteit aanzienlijk meer dan die met lage S/m_0 waarde.

Indien als maat voor de produktie niet het totaalgewicht doch de gewichtsvermeerdering wordt genomen komt het verdichtingseffect nog duidelijker naar voren; verkleining van het poriënvolume tot 42,5 % ; 41,5 % en 40 % veroorzaakt dan een opbrengstdaling van resp. 20, 40 en 60 %.

4.2. H y a c i n t h e n

a. Opkomst

In maart bleek dat de hyacinthebollen op sommige veldjes in een aantal gevallen geen spruit vormden. Bij opgraven van de bollen bleken deze dan vaak verrot te zijn. Over de gehele lijn genomen was de opkomst van de hyacinthen echter beter dan van de tulpen (zie tabel 7).

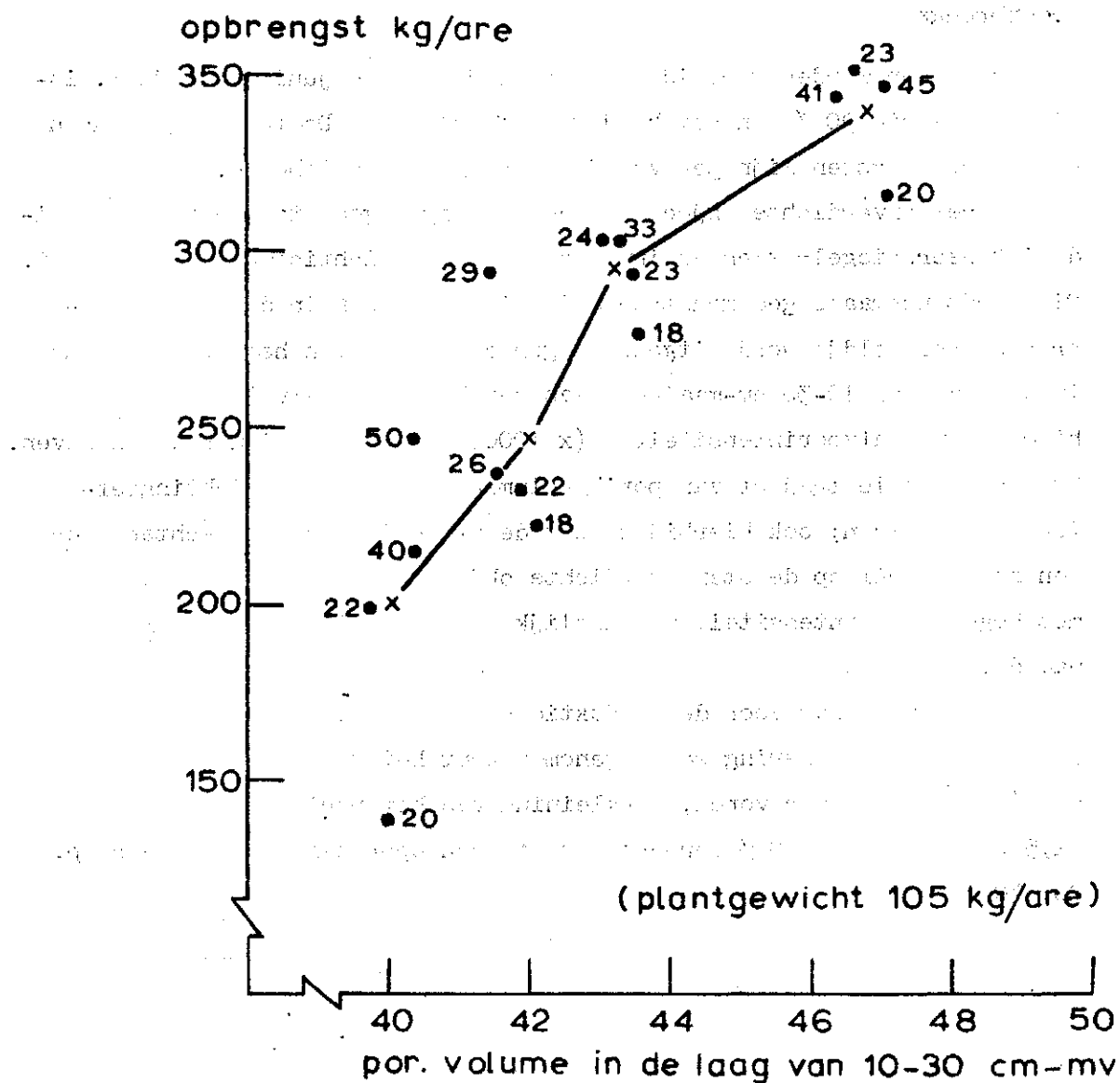


Fig. 5. Opbrengst van tulpen als functie van het poriënvolume in de laag 10-30 cm - mv; per veldje is de waarde van de afvoerintensiteit (x 1000) vermeld

Tabel 7. Gegevens betreffende opkomst, bloei en opbrengst van hyacinthen op de verschillende verdichtingsobjecten

Verdichtings- trap	Veldje	S/m_0	Percentage niet-opkomst	Percentage niet-bloei	Opbrengst in kg/are
I	2	0,041	0	2	361,0
	7	0,020	0	1	341,2
	10	0,029	1	2	328,1
	15	0,015	1	8	330,5
II	3	0,033	2	5	300,1
	5	0,023	2	10	306,1
	11	0,024	1	13	279,5
	13	0,018	5	52	254,0
III	4	0,029	4	13	275,8
	8	0,022	2	8	284,5
	12	0,026	15	75	224,7
	16	0,018	10	61	226,4
IV	1	0,050	2	4	262,7
	6	0,022	7	10	257,6
	9	0,040	2	6	278,8
	14	0,020	16	97	199,7

Opnieuw blijkt, dat de waarde van de afvoerintensiteit van invloed is op de opkomst. Dit effect is wederom duidelijker bij toenemende verdichting.

b. Bloei

Zoals tabel 7 laat zien reageerde ook bij de hyacinthen de bloei zeer sterk op de ontwateringstoestand; zolang de grond maar niet verdicht is doen lage waarden voor de afvoerintensiteit weinig schade; bij toenemende verdichting echter worden de percentages niet-bloei zeer hoog bij kleine S/m_0 waarden.

Op het moment van planten was de bloem reeds volledig in de bol

c. Gewasontwikkeling

De gemiddelde spruitlengte, zoals gemeten op 15 februari, nam enigermate af met toenemende verdichting. In het bolgewicht was op 22 april geen verschil, op 7 juni daarentegen een afname met toenemende verdichting waar te nemen. Voor het bladgewicht traddeze tendens reeds op op 22 april. Opnieuw gedragen de objecten III en IV zich niet consistent in de reeks; dit moet toegeschreven worden aan de grote verschillen in afvoerintensiteit, welks waarde ook de gehele gewasontwikkeling sterk blijkt te beïnvloeden.

Tabel 8. Gegevens omtrent bol, spruit en bladontwikkeling hyacinthen

Verd. trap	Veld no	15/2		22/4		7/6	
		mm lengte	bloem spruit	gew. bol	blad	gew. bol	blad
I	2		42.0 56.0	17.9	16.3	53.7	44.6
	7		42.0 54.5	17.1	17.5	49.4	42.7
	10		45.3 54.1	17.6	18.5	50.0	47.4
	15		32.5 52.0	18.2	14.4	48.5	42.9
		gemidd.	40.5 54.2	17.7	16.7	50.4	44.4
II	3		39.2 52.7	19.0	13.7	44.3	31.6
	5		35.3 55.7	18.1	14.5	48.2	35.6
	11		39.7 50.8	19.0	16.6	46.1	34.0
	13		37.5 51.2	19.5	12.7	43.2	27.7
		gemidd.	37.9 52.6	18.9	14.4	45.4	32.1
III	4		31.1 50.7	17.7	12.3	39.2	27.0
	8		44.8 54.2	18.2	12.3	42.4	32.3
	12		34.8 46.5	19.0	12.3	44.1	29.5
	16		29.4 48.3	19.7	11.9	33.7	19.8
		gemidd.	35.0 49.9	18.7	12.2	39.8	26.9
IV	1		42.0 54.0	17.6	14.4	43.9	34.0
	6		29.0 49.5	18.0	12.8	41.5	30.2
	9		35.7 50.0	17.4	14.9	42.7	32.6
	14		9.5 42.3	19.6	10.1	37.0	20.7
		gemidd.	29.1 48.9	18.2	13.0	41.3	29.4

d. Afsterving

Evenals bij tulpen waren de verschillen in afsterving van de hyacinthen binnen elk der verdichtingsobjecten gering; hierdoor kan voor de afsterving wel een betrouwbare gemiddelde waarde per verdichtings-trap worden gegeven.

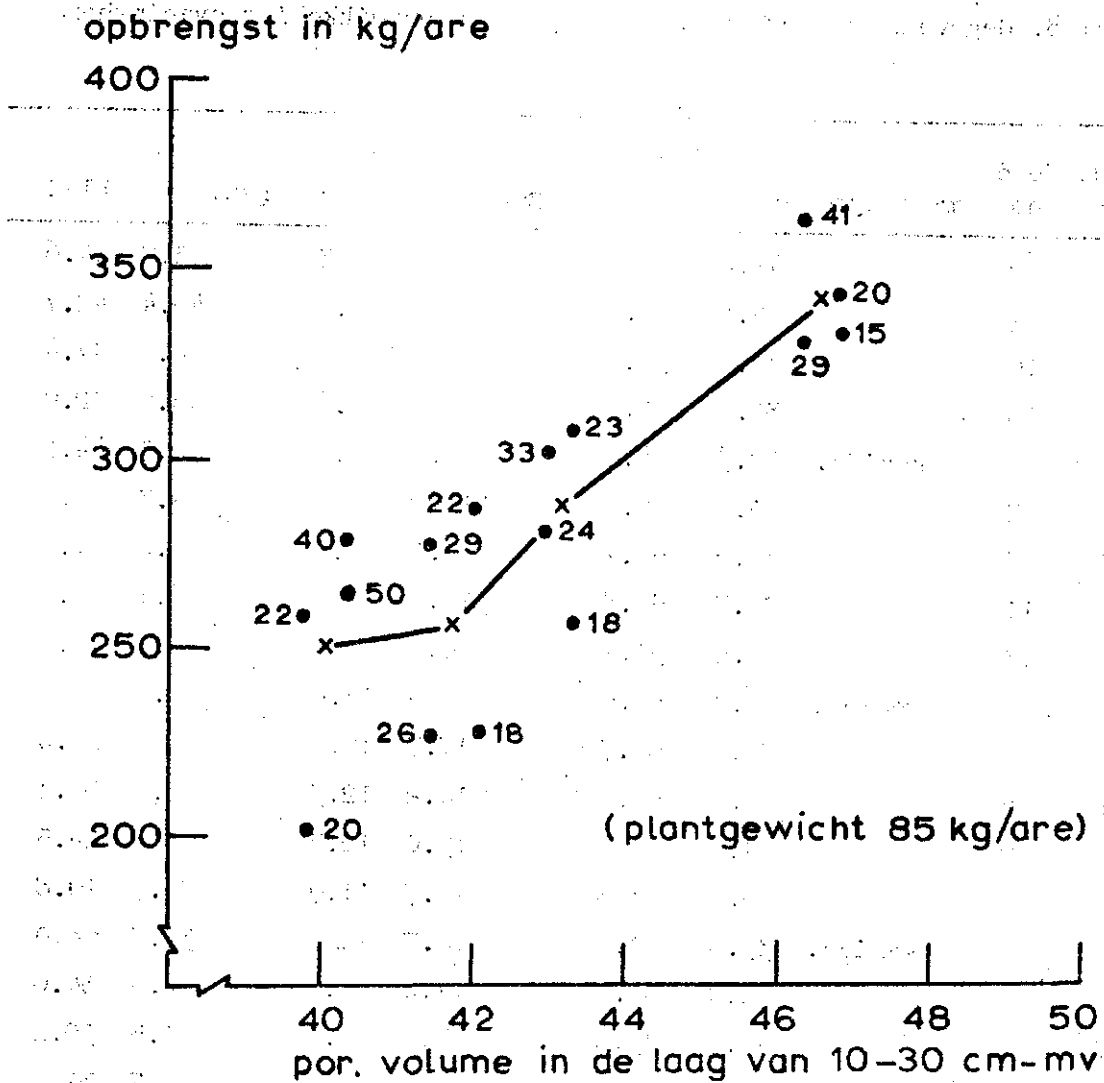


Fig. 6. Opbrengst van hyacinthen als functie van het poriënvolume in de laag 10-30 cm - mv; per veldje is de waarde van de afvoerintensiteit ($\times 1000$) vermeld

Tabel 9. Afsterving van hyacinthen, uitgedrukt als percentage groen bladoppervlak ten opzichte van totaal bladoppervlak

Verd.trap	4-6	data 17-6	28-6
I	100	92	82
II	95	80	68
III	95	76	61
IV	92	77	62

Uit tabel 9 blijkt dat ook voor hyacinthen de afsterving later optreedt naarmate de grond minder is verdicht.

e. Opbrengst

De rooiling van het gewas werd uitgevoerd op 2 en 3 juli. In de laatste kolom van tabel 7 zijn de opbrengsten, in kg/are, weergegeven.

In figuur 6 zijn de opbrengsten voor alle veldjes afzonderlijk uitgezet tegen het poriënvolume in de laag van 10-30 cm-maaiveld. Per punt is tevens de waarde van de afvoerintensiteit ($\times 1000$) vermeld.

Het nadelige effect van de verdichting op de opbrengst is voor hyacinthen wat lager dan voor tulpen. Bij de sterkst verdichte objecten wordt de produktie zeer duidelijk extra nadelig beïnvloed indien de afvoerintensiteit waarden heeft van 0,020 of lager.

4.3. N a r c i s s e n

Van de drie op het proefveld verbouwde gewassen was de reactie van narcissen op de verdichting het minst duidelijk. Dit geldt voornamelijk tot aan het tijdstip van de bloei.

Zo werd tussen de verschillende velden geen verschil in spruitlengte gemeten in begin maart, na verwijdering van het rietdek.

Ook het aantal planten, en later het aantal bloemen, stond niet in enig verband met de verdichting, noch met de waarde van de ontwateringsintensiteit.

Aangezien op de betreffende veldjes precies dezelfde omstandigheden hebben geheerst als op de tulpe- en hyacintheveldjes kan hieruit worden

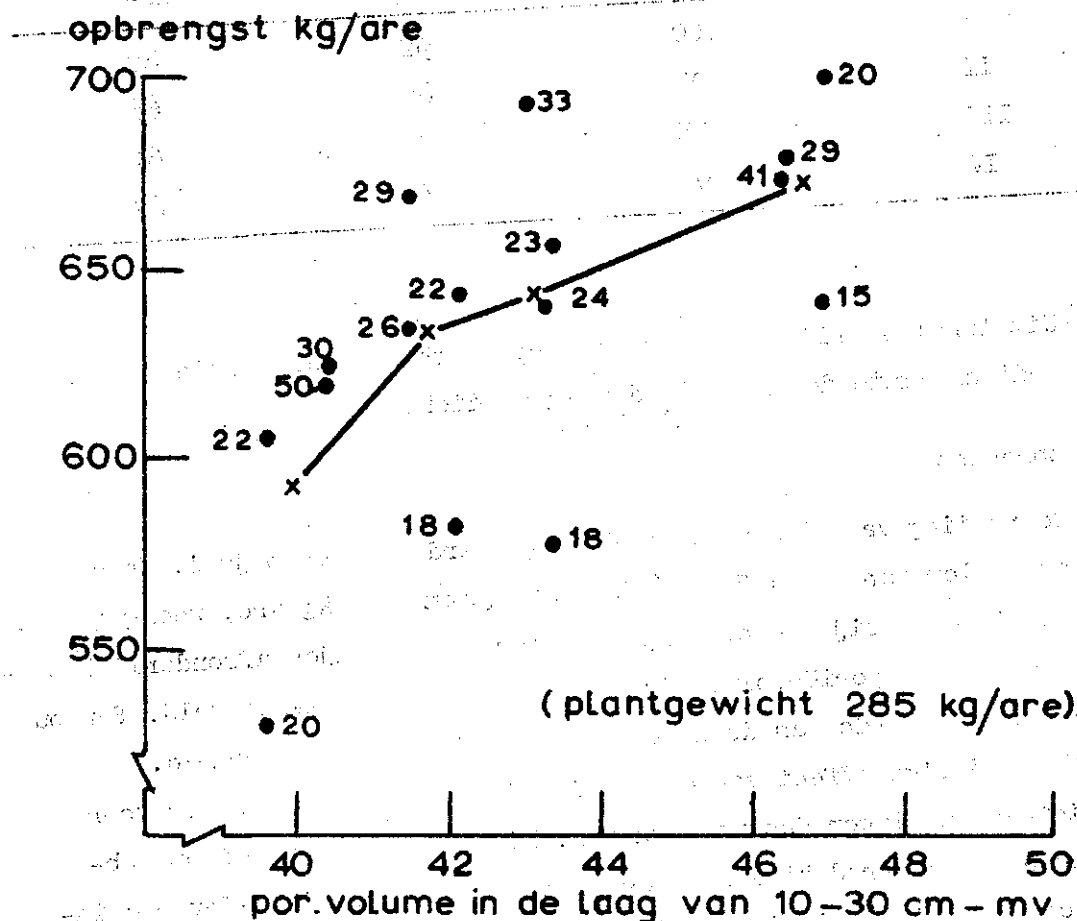


Fig. 7. Opbrengst van narcissen als functie van het poriënvolume in de laag 10-30 cm - mv; per veldje is de waarde van de afvoerintensiteit ($\times 1000$) vermeld

geconcludeerd dat narcissen aanzienlijk minder gevoelig zijn.

De verklaring hiervoor is waarschijnlijk gelegen in het tijdstip van planten; de plantdatum lag voor narcissen drie weken vroeger dan voor de tulpen en hyacinthen. Hierdoor zal de bolontwikkeling al verder zijn geweest op het moment dat wateroverlast begon op te treden; het is bekend dat de gevoeligheid voor ongunstige aeratie-omstandigheden in de grond afneemt naarmate de bol verder is ontwikkeld.

Na de bloei begonnen wel duidelijk verschillen op te treden in de bladontwikkeling en de kleur der bladeren; deze verschillen werden alleen gevonden tussen de veldjes van verdichtingstrap I en de overigen; de andere veldjes vertoonden geen verschillen onderling.

Ook in de afsterving waren over het gehele proefveld geen verschillen waarneembaar.

In de opbrengst echter werden wel duidelijke verschillen gevonden. Op 30 juli werden de bollen gerooid en na droging aan de lucht (teneinde de rotting van de huid te voorkomen) gewogen. De opbrengsten, in kg/are, zijn in figuur 7 uitgezet tegen de waarde van het poriënvolume in de laag van 10-30 cm-maaiveld; evenals bij de overige opbrengstcurves zijn per veldje de afvoerintensiteiten ($\times 1000$) vermeld. Alhoewel de opbrengstlijn minder steil verloopt dan bij hyacinthen is toch een duidelijke invloed van de verdichting op de opbrengst aanwezig. Opnieuw blijven de veldjes met lage afvoerintensiteiten sterk achter in de produktie. Gezien het eerdere verloop van de gewasontwikkeling moet hieruit geconcludeerd worden, dat de narcissen de slechte ontwateringsomstandigheden beter overleefd hebben dan tulpen en hyacinthen, en aanvankelijk geen nadelige gevolgen vertoonden. De uiteindelijke opbrengst wordt echter wel sterk gedrukt.

5. ANALYSE VAN DE OORZAKEN VAN PRODUKTIE-VERSCHILLEN

Zoals uit het voorgaande is gebleken kan verdichting van duinzandgrond bij een ontwateringsdiepte, zoals die in de bloembollenteelt op deze gronden gebruikelijk is, een grote invloed uitoefenen op de produktie van bloembolgewassen. Onder verdichting dient hier dan te worden verstaan: de samendrukking van de grond met alle gevolgen voor de dichtheid en de waterhuishouding.

De verdichting oefent zijn invloed op de gewasontwikkeling in eerste instantie uit via de plantedelen die zich in de grond bevinden, de bol en de wortels. De invloed van de bodemomstandigheden op deze beide onderdelen van de plant kan moeilijk gescheiden worden, vooral bij proeven onder veldomstandigheden. Indien bijvoorbeeld de wortelontwikkeling stagneert kan niet duidelijk worden vastgesteld of dit een direct gevolg is van ongunstige groeiomstandigheden rond de wortels dan wel van een verstoring van het metabolisme van de bol door minder goede aeratie. Ditzelfde geldt min of meer voor de spruitontwikkeling vóór de bloei; ook daar kan de rol van wortels en oude bol moeilijk worden gescheiden.

Voor de drogestofproduktie na de bloei zijn de omvang en de verdeling van het wortelstelsel en de omvang van de bovengrondse, assimilerende delen van belang.

Voor een analyse van de waargenomen opbrengstverschillen zijn derhalve metingen omtrent de omvang van het wortelstelsel vereist. In de literatuur zijn nauwelijks gegevens beschikbaar over de beworteling van bloembolgewassen en in het geheel niet over de reactie op bodemdichtheid en luchthuishouding van de grond.

Voor periodieke waarnemingen aan het wortelstelsel is het mogelijk om voor de sterk wisselende situatie van de lucht- en waterhuishouding van de grond een inzicht te krijgen in het tijdstip waarop en de omstandigheden waaronder de wortelontwikkeling nadelig wordt beïnvloed. Daarom werden op 3 data op alle veldjes en in alle gewassen metingen verricht omtrent de beworteling en de bol- en spruitontwikkeling. Deze data waren resp. 15 nov., 22 jan. en 25 april; nadien, op 14 juni, werden dezelfde metingen nog eenmaal uitgevoerd doch alleen op de minst en de sterkst verdichte veldjes. Bij de bemonstering van 15 nov.,

kort na een zeer natte periode (zie fig. 4), werden per veldje en per gewas 10 planten met wortel en al uitgegraven en onderzocht op het aantal wortels per bol, het wortelgewicht en de wortellengte; bovendien werden de spruit- en bloemontwikkeling gemeten. Op de overige data werd de bewortelingsintensiteit per bodemlaag van 5 cm dikte gemeten door in het veld grondkolommen van 20 x 20 cm laagsgewijze te bemonsteren en na verwijdering van de grond het natte wortelgewicht te bepalen.

5.1. T u l p e n

Gegevens omtrent de bemonstering van 15 nov. van de tulpen zijn weergegeven in tabel 10. De waarnemingen aan de planten betreffen de spruitlengte en de wortellengte, aantal wortels en wortelgewicht. De variatie in de grondwaterstand in de periode voorafgaande aan de bemonstering is gekarakteriseerd door de som van de overschrijdingswaarden van de niveaus 10, 20 en 30 cm-m.v. (SOW_{10} , SOW_{20} en SOW_{30}); behalve de SOW waarden zijn in tabel 10 tevens het aantal niveau-overschrijdingen en de gemiddelde grootte ervan in centimeters weergegeven.

Bij een waarde van SOW_{30} van 100 of meer bleken de wortels en de wortelkrans geheel te zijn verrot; de overeenkomende waarden voor SOW_{20} en SOW_{10} bedroegen resp. 30 en 10. De overschrijdingshoogte die kan worden toegestaan voordat verrotting van wortels en/of bol optreedt hangt natuurlijk sterk samen met de overschrijdingsduur. Zo kunnen, door een grafische weergave van de wortelgewichten in een assenstelsel van overschrijdingshoogte in cm en overschrijdingsduur in dagen, voor het overschrijdingsniveau 20 cm-m.v. de volgende combinaties van duur en hoogte worden afgelezen waarbij algehele stagnatie van de wortelgroei optreedt:

duur in dagen	hoogte in cm
2	14
3	12
4	10
6	7
8	6

Tabel 10. Gewasgegevens van tulpen c.v. Andes, volgens bemonstering van 15-11-'67. De gegevens omtrent de grondwaterfluctuaties betreffen de periode 28/10-10/11

Verd. trap	Veldje	1000S/m ₀	spruit- lengte mm	wortels			SOW ₁₀	SOW ₂₀	SOW ₃₀	gemidd. per overschrij- dingsdag en aantal over- schr.dagen ()		
				aantal/bol	gew./bol gr.	lengte/bol mm en max. lengte ()				SOW ₁₀	SOW ₂₀	SOW ₃₀
I	2	41	41	189	1,89	28 (40)	0	0	4	0(0)	0(0)	2(2)
	7	20	42	208	2,14	23 (38)	0	10	32	0(0)	5(2)	11(3)
	10	29	42	163	2,27	31 (56)	0	1	21	0(0)	1(1)	11(2)
	15	15	38	185	1,55	17 (27)	10	31	95	5(2)	10(3)	11(9)
		gem. 41		186	1,96	25						
II	3	33	44	181	1,69	24 (40)	0	11	34	0(0)	6(2)	11(3)
	5	23	39	146	0,97	30 (23)	6	27	77	6(1)	9(3)	10(8)
	11	24	43	154	1,39	19 (33)	5	25	60	3(2)	13(2)	10(6)
	13	18	40	168	1,32	15 (26)	13	40	116	7(2)	8(5)	13(9)
		gem. 42		162	1,34	18						
III	4	29	42	165	1,60	22 (32)	1	20	57	1(1)	10(2)	12(5)
	8	22	43	157	1,27	16 (29)	0	14	57	0(0)	7(2)	8(7)
	12	22	41	163	0,75	8 (14)	14	43	108	7(2)	9(5)	13(8)
	16	18	36	-	-	0	8	28	98	8(2)	14(2)	11(9)
		gem. 41		121	0,91	12						
IV	1	50	41	169	1,55	26 (37)	0	3	19	0(0)	3(1)	10(2)
	6	22	35	-	-	0	9	34	103	5(2)	11(3)	12(9)
	9	40	39	164	1,30	17 (29)	0	4	27	0(0)	2(2)	7(4)
	14	20	36	-	-	0	14	50	135	7(2)	8(6)	15(9)
		gem. 38		83	0,71	11						

Aan de hand van gegevens uit tabel 10 kan worden nagegaan of in dit vroege stadium van de gewasontwikkeling enige invloed van de waarde van het poriënvolume op de wortelgroei aanwezig is. Hiertoe werd een selectie gemaakt van een aantal veldjes waarvan verondersteld kan worden dat de waterhuishouding zoveel mogelijk gelijk is; in dit geval werden veldjes gekozen met een afvoerintensiteit (1000 S/m_0) van ongeveer 20. Opgemerkt moet worden dat er, ondanks gelijke afvoerintensiteit toch nog enige variatie in de water- en luchthuishouding van de betreffende veldjes mogelijk is door bv. verschillen in de bergingscoëfficiënt, doch gezien de beschikbare gegevens is de voorgestelde selectie het beste wat gedaan kan worden. In fig. 8 zijn de wortelgewichten in gr./bol uitgezet tegen de waarde van het poriënvolume voor veldjes met een afvoerintensiteit van ± 20 . Volgens deze figuur lijkt de tendens aanwezig dat de grootte van het poriënvolume reeds in een zeer vroeg stadium een belangrijk effect heeft op de wortelgroei. Dit is enigszins in tegenstelling tot de verwachting aangezien men zou veronderstellen dat in de eerste periode na het planten nog voldoende uitwijkmogelijkheid voor de wortels aanwezig is, waardoor van enige mechanische belemmering nauwelijks sprake zou zijn. Echter bij het planten werden de bollen zoveel mogelijk op de (bij de verdichte veldjes) vaste ondergrond geplaatst en bovendien waren op 15-11 reeds wortels aanwezig ter lengte van enige centimeters (tabel 10); hierdoor lijkt mechanische remming van de wortelgroei, ook in dit uiterst vroege stadium van de gewasontwikkeling, niet onwaarschijnlijk.

In tabel 11 wordt voor de vier verschillende verdichtingstrappen een samenvatting gegeven van de resultaten van de bewortelingsbemonsteringen op de verschillende data; hieruit kan de ontwikkeling van de bewortelingsintensiteit, uitgedrukt als grammen vers gewicht per dm^3 grond, worden afgelezen. Onder aan elke kolom is de totale hoeveelheid wortels, in grammen per m^2 bodemoppervlak over de gehele bewortelingsdiepte, aangegeven.

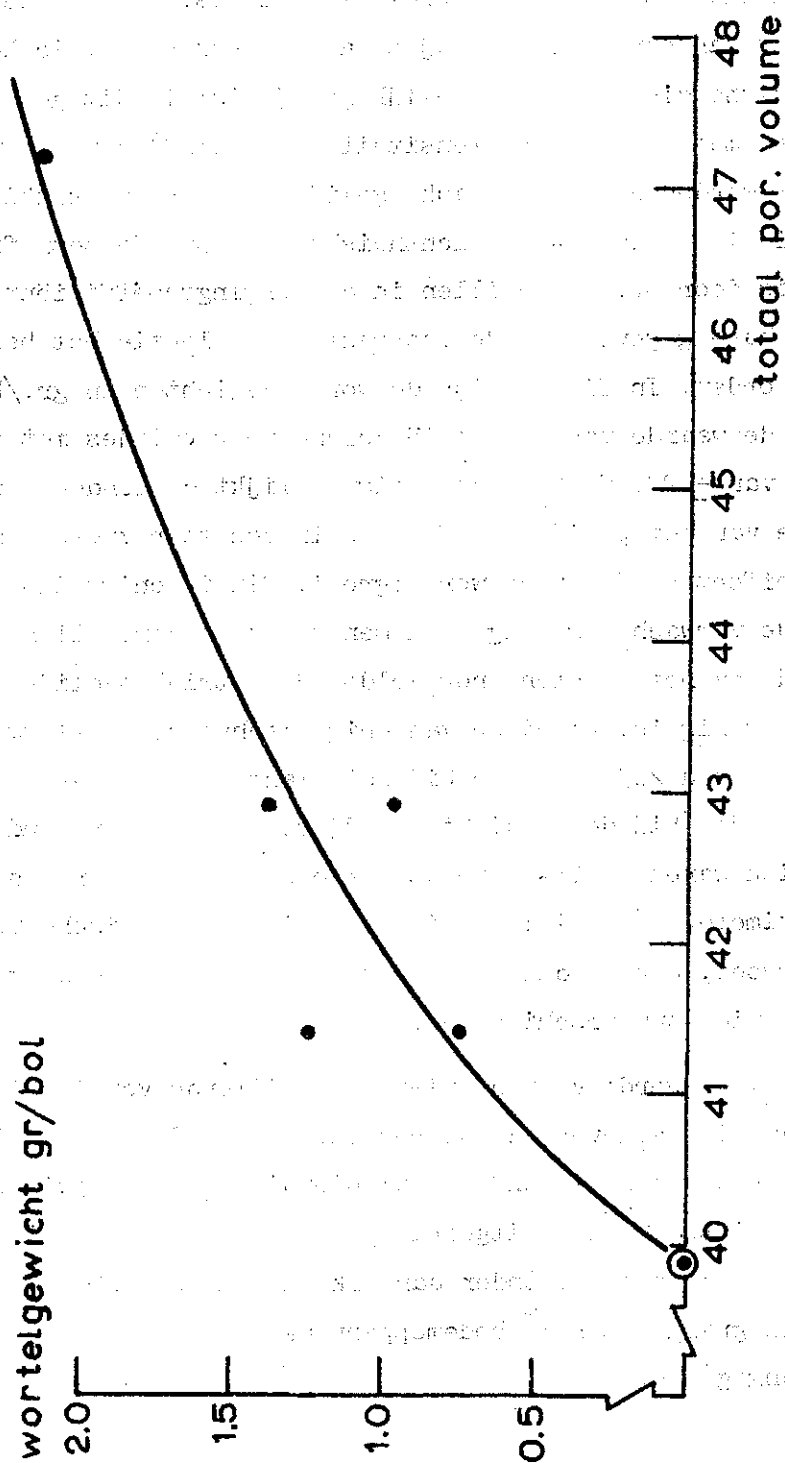


Fig. 8. Verband wortelgewicht van tulpen (gr/bol) op 15 november en totaal porienvolume, voor veldjes met afvoerintensiteit van $\pm 0,020$

Tabel 11. Ontwikkeling van de bewortelingsintensiteit, in gr./dm³ grond, van tulpen, c.v. Andes

Verd. trap datum	I				II				III				IV				
	15/11	22/1	25/4	14/6	15/11	22/1	25/4	15/11	22/1	25/4	15/11	22/1	25/4	15/11	22/1	25/4	14/6
5-15	1,47	6,79	9,08	8,52	1,01	9,39	9,78	0,68	6,89	8,24	0,53	7,40	9,67	11,51			
15-20	-	2,70	5,23	5,94	-	1,35	2,63	-	0,15	2,30	-	0,20	0,74	1,19			
20-25	-	1,17	2,98	3,92	-	0,04	0,18	-	0,02	0,12	-	-	-	-			
25-30	-	0,41	1,84	2,50	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-			
30-35	-	0,09	1,70	0,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
35-40	-	-	0,96	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
grammen/m ²	147	898	1544	1507	101	1009	1119	68	698	945	53	750	1004	1270			

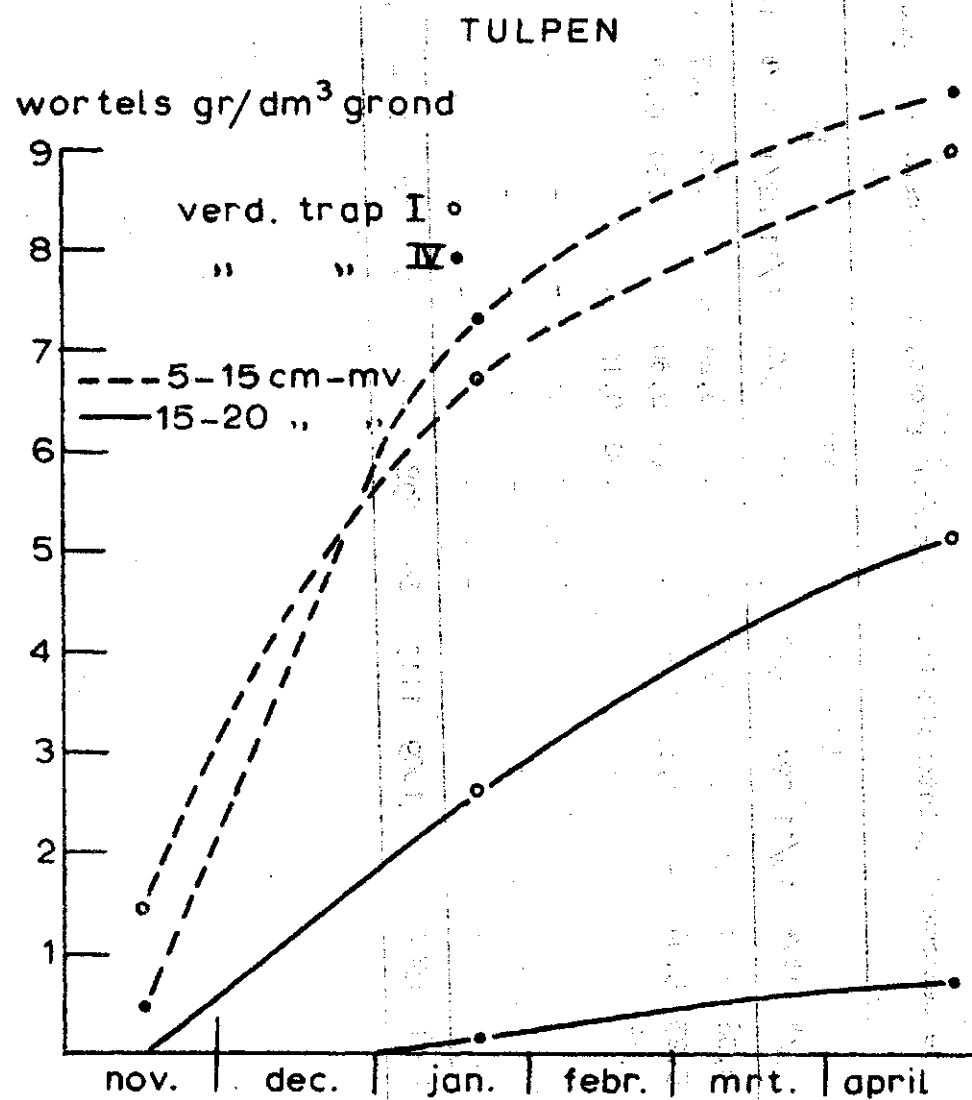


Fig. 9. Ontwikkeling van de beworteling van tulpen voor twee verschillende verdichtingstrappen op twee dieptes

De ontwikkeling van het wortelstelsel blijkt omstreeks de bloei vrijwel te zijn voltooid.

Bij toenemende verdichting neemt weliswaar ook de totale wortel-massa enigszins af, doch het meest in het oog springende van tabel 11 is de zeer sterke afname van de dieptegroei van de wortels naarmate de grond sterker is verdicht. Ook het uiterlijk van de wortels op de meest verdichte veldjes was duidelijk afwijkend; hier waren de wortels dik, bros en kronkelig, hetgeen duidelijk wijst op groeibelemmering.

In figuur 9 is de toename van de beworteling gedurende het groeiseizoen voor twee verschillende laagdieptes grafisch weergegeven. In de bovenlaag treedt aanvankelijk een wat sterkere wortelgroei op bij het meest losse object; later in het seizoen echter bevat deze laag bij het verdichte object meer wortels dan bij het losse, juist omdat hier de wortels in hun dieptegroei worden belemmerd. In de laag 15-20 cm-mv. vindt op verdichtingstrap I nog een vrij sterke wortelgroei plaats in de loop van de tijd, terwijl op verdichtingstrap IV in deze horizont nauwelijks wortels worden aangetroffen.

Figuur 10 tenslotte vormt een grafische weergave van de bewortelingsintensiteit, zoals gemeten op 25 april. Er is een zeer groot verschil tussen de objecten I en IV, terwijl de tussenliggende verdichtings-trappen II en III hier tussenin liggen.

5.2. H y a c i n t h e n

In tabel 12 zijn op soortgelijke wijze als voor tulpen werd gedaan de resultaten van de bemonsteringen betreffende de beworteling van hyacinthen samengevat.

Het wortelgewicht van de hyacinthen is, ook als men het verschil in plantdichtheid in rekening brengt, nog aanzienlijk lager dan dat van tulpen. Ook bij dit gewas krijgt men de indruk dat na half april nauwelijks nog wortelgroei plaats vindt; overigens is het verloop van de wortelgroei naar de dieper liggende lagen wat trager dan bij tulpen. Opnieuw komt de sterke remming van de dieptegroei tengevolge van toenemende verdichting duidelijk naar voren.

Figuur 11 vormt een weergave van de bewortelingsintensiteit met de diepte volgens de gegevens van 25 april; opnieuw een zeer duidelijk verschil tussen de trappen I en IV; de reactie op de objecten II en III is vrijwel gelijk aan die van IV.

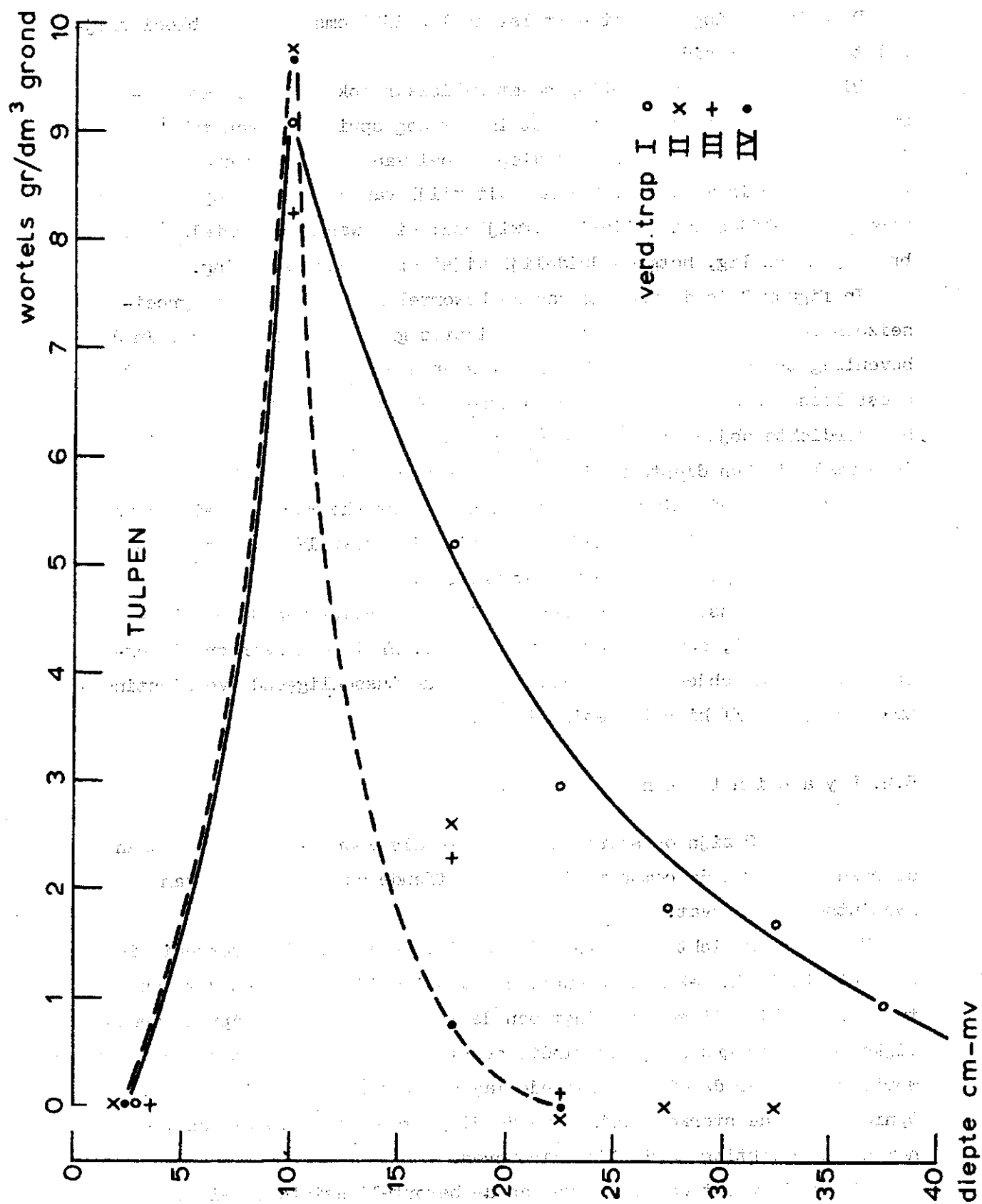


Fig. 10. Verloop van de beworteling van tulpen met de diepte, op 25 april

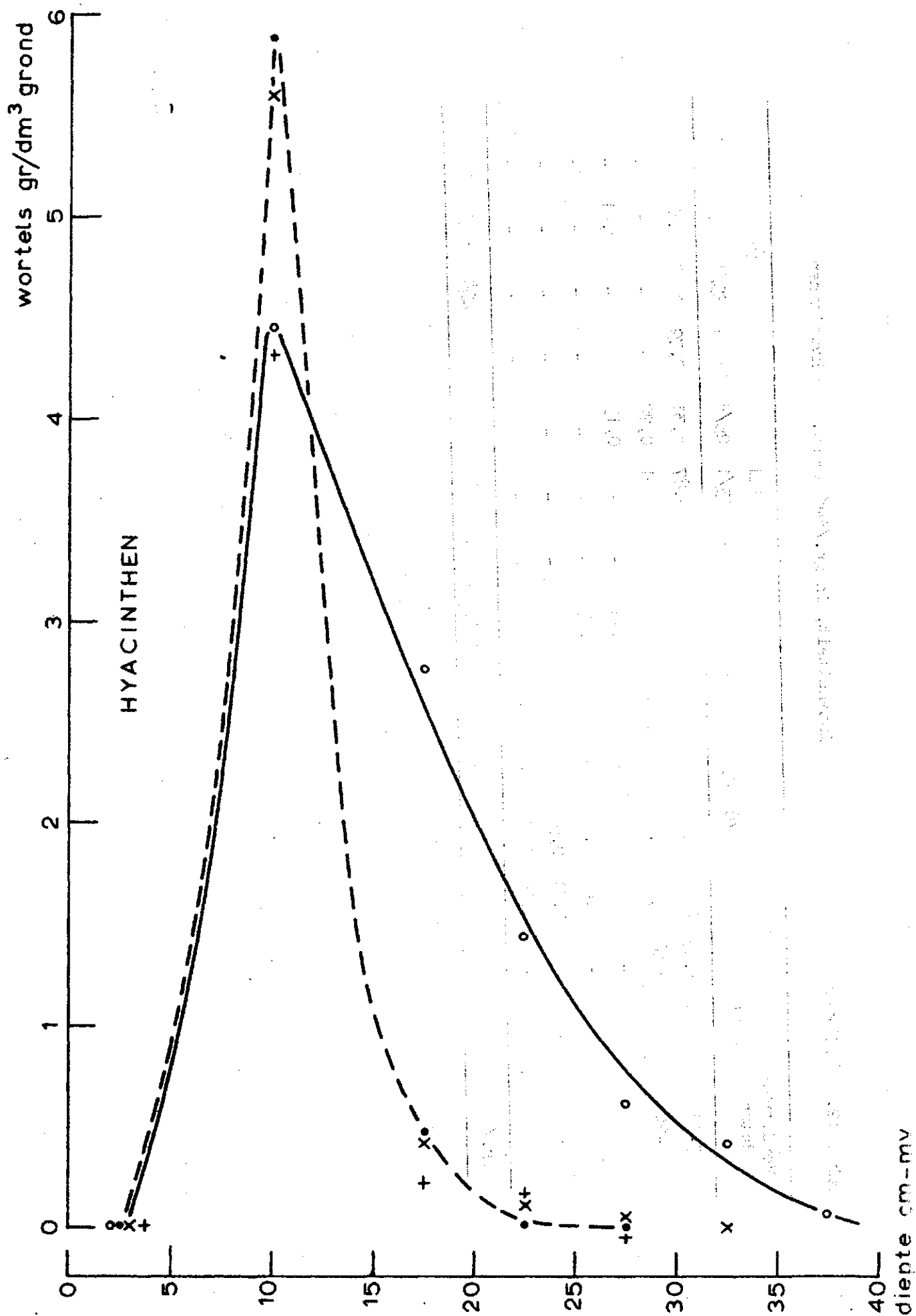


Fig. 11. Verloop van de beworteling van hyacinthen met de diepte, op 25 april

Tabel 12. Ontwikkeling van de bewortelingsintensiteit, in gr./dm³ grond, van hyacinthen

Verd. trap datum	I				II				III				IV			
	23/11	25/1	25/4	14/6	23/11	25/1	25/4	23/11	25/1	25/4	23/11	25/1	25/4	25/1	25/4	14/6
5-15	0,88	3,39	4,45	3,58	0,67	2,98	5,60	0,17	2,87	4,31	0,39	2,54	5,89	5,33		
15-20	-	0,48	2,77	2,18	-	0,03	0,43	-	0,01	0,22	-	-	0,47	0,80		
20-25	-	-	1,44	1,28	-	-	0,12	-	-	0,13	-	-	0,01	-		
25-30	-	-	0,61	1,20	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-		
30-35	-	-	0,41	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
35-40	-	-	0,06	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
gr./m ²	88	363	709	628	67	300	589	17	288	459	39	254	613	573		

5.3. Narcissen

Tabel 13 geeft het verloop van de bewortelingsintensiteit weer voor narcissen. Bij dit gewas vindt de sterkste uitbreiding van het wortelstelsel plaats tijdens de winter; omstreeks eind januari is reeds ongeveer 80 % van het uiteindelijke wortelgewicht bereikt. De uitbreiding van het wortelstelsel naar de diepere grondlagen gaat door tot in april. De maximale diepte die uiteindelijk wordt bereikt is wat groter dan bij de beide andere gewassen; dit zou, in overeenstemming met de geringere gevoeligheid voor grondwaterfluctuaties, kunnen wijzen op een kleinere aeratiebehoefte en/of een grotere resistentie tegen de gevolgen van ongunstige aeratietoestand.

De verdichting leidt niet alleen tot een beperking van de bewortelingsdiepte, maar ook de omvang van het wortelstelsel wordt gereduceerd. Dit laatste komt in de gewichtsverhoudingen niet tot zijn recht omdat bij narcissen de worteldikte sterk met de diepte afneemt; dit in tegenstelling tot de situatie bij tulpen waarbij de worteldikte over de gehele diepte vrijwel constant blijft.

De bemonsteringsgegevens van 25 april zijn grafisch verwerkt in figuur 12.

Voor alle drie gewassen, die op het proefveld werden verbouwd, is dus een zeer duidelijke afname van de bewortelingsintensiteit met de diepte waar te nemen bij toenemende verdichting. Op basis van de tot nu toe verkregen resultaten kan echter nog niet met zekerheid worden vastgesteld of deze groeiremming het gevolg is van mechanische weerstand door te grote dichtheid van de grond, of van fysische weerstand door ongunstige aeratie, via de waterhuishouding eveneens samenhangend met de verdichtingstoestand. Deze twee factoren kunnen slechts van elkaar gescheiden worden door middel van proeven, waarbij in alle verdichtingstrappen de aeratie-toestand optimaal wordt gehouden.

Afgezien van de werkelijke oorzaak van de groeiremming kan worden geconcludeerd dat, onder handhaving van het huidige grondwaterpeil, toenemende verdichting tot niveaus, zoals in de proef aangelegd, belangrijke beperking van de bewortelingsintensiteit tot gevolg heeft. Dit zal zijn weerslag vinden in de uiteindelijke opbrengsten, indien de vochtvoorziening van het gewas door onvoldoende beworteling stagneert.

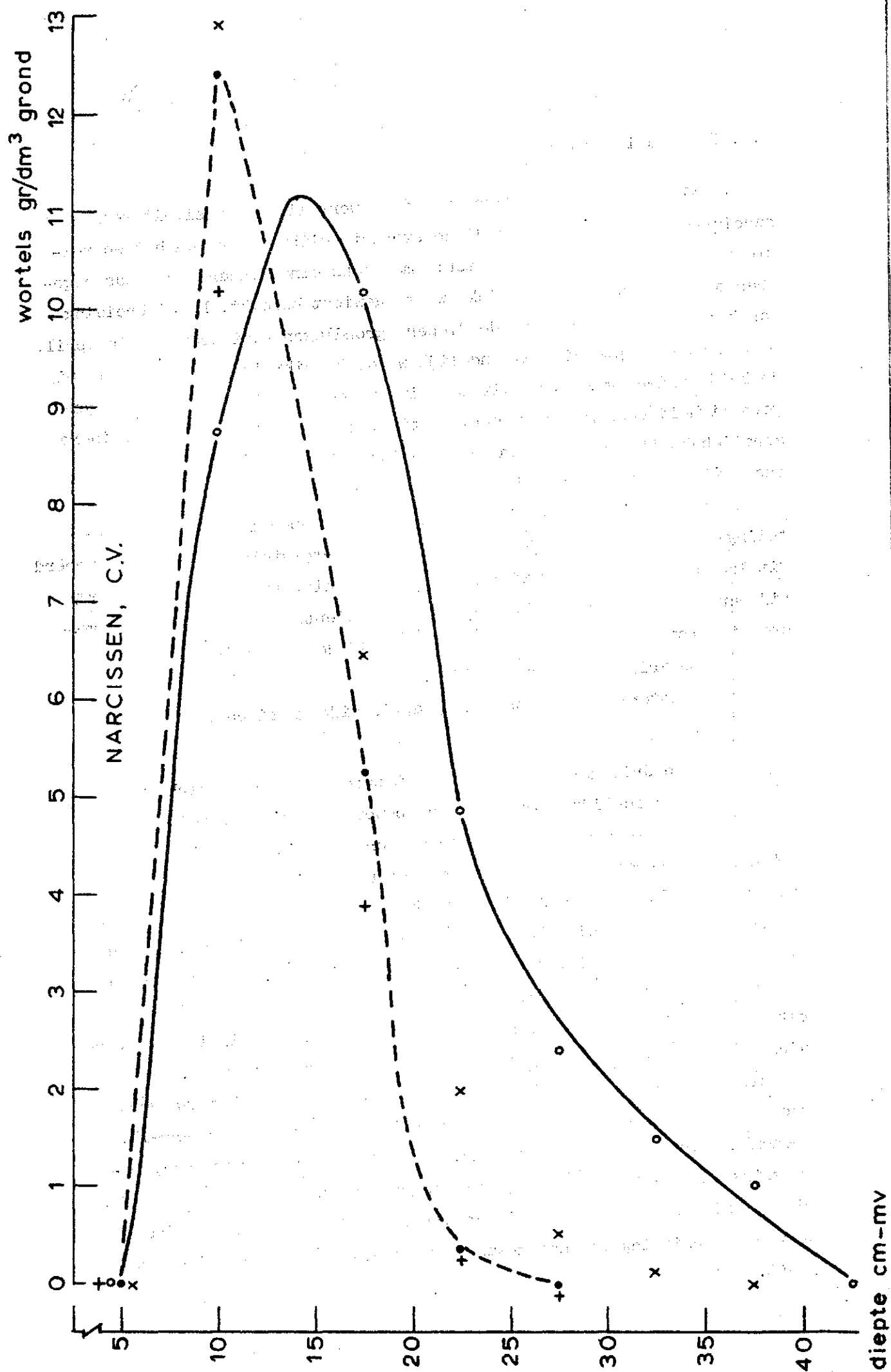


Fig. 12. Verloop van de beworteling van narcissen met de diepte, op 25 april

Tabel 13. Ontwikkeling van de bewortelingsintensiteit in gr./dm^3 grond, van narcissen

Verd.trap datum	I				II				III				IV			
	22/11	30/1	25/4	22/11	30/1	25/4	22/11	30/1	25/4	22/11	30/1	25/4	22/11	30/1	25/4	25/4
5-15	11,28	11,35	8,73	11,22	12,73	12,91	9,12	9,90	10,20	7,04	10,79	12,41				
15-20	-	7,97	10,17	-	3,95	6,44	-	4,30	3,87	-	3,32	5,47				
20-25	-	2,92	4,84	-	1,28	1,99	-	0,59	0,24	-	0,03	0,36				
25-30	-	1,37	2,40	-	-	0,52	-	-	-	-	-	-				
30-35	-	0,09	1,48	-	-	0,12	-	-	-	-	-	-				
35-40	-	-	1,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
40-45	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
gr./m^2	1128	1753	1869	1122	1535	1695	912	1235	1226	704	1247	1533				

Aanvankelijk is de spruitgroei alleen afhankelijk van de aanvoer van koolhydraten vanuit de bol, namelijk in de periode vanaf het planten tot de opkomst. Alle omstandigheden die ingrijpen in het metabolisme van de bol zullen deze groei beïnvloeden. Behalve naar de spruit worden ook koolhydraten, via de wortelkrans, naar de wortels getransporteerd. Hierdoor zijn zowel de vroege spruitgroei als de eerste wortelgroei in sterke mate afhankelijk van de aeratie van de bol in deze periode; dit weerspiegelt zich op het proefveld zeer duidelijk in zowel de opkomst als de wortelbemonsteringen van november, waarbij de veldjes met de ongunstigste waterhuishouding duidelijk achter blijven.

Na de opkomst treedt bij afnemende wortelontwikkelingssnelheid een periode op met een zeer sterk en snelle spruitontwikkeling.

De assimilatie neemt toe en het gewas wordt in steeds sterkere mate voor zijn voortbestaan afhankelijk van de vochttoevoer via het wortelstelsel uit de grond naar de bladeren.

Uit incidentele waarnemingen is gebleken, dat de vochtgehalten in de profielen op de verschillende objecten tijdens droge periodes slechts zeer weinig daalden. De vochtspanningen waren dus zeer laag en verschilden weinig. Indien toch verschillen in afsterving en productie zijn opgetreden zou de oorzaak daarvan gezocht kunnen worden in een onvoldoende opnamecapaciteit van het wortelstelsel onder omstandigheden van sterke verdamping op de objecten met ondiepe en beperkte beworteling.

SAMENVATTING

Teneinde vast te kunnen stellen of de vrees voor verdichting van de grond door voortschrijdende mechanisatie in de zuidelijke bloembollenstreek gerechtvaardigd is werd te Lisse een proefveld aangelegd, waarop door berijden met een lichte bulldozer verschillende niveaus van verdichting werden verkregen. Het poriënvolume op deze verdichtingstrappen bedroeg resp. ongeveer 47 %, 43 %, $41\frac{1}{2}$ % en $40\frac{1}{2}$ %. De ligging van het proefveld ten opzichte van de omringende sloten was zodanig dat de waarde van de afvoerintensiteit van de verschillende veldjes zeer sterk verschilde; hierdoor werd de duidelijkheid van de resultaten ten aanzien van het directe verdichtingseffect in sterke mate vertroebeld.

Metingen van het luchtgehalte van de grond toonden aan dat dit door het berijden sterk daalde, zowel door het dichter worden van de grond als door de zakking van het maaiveld.

De drie verbouwde gewassen, tulpen, narcissen en hyacinthen, vertoonden zowel wat opkomst, ontwikkeling als opbrengst betreft een duidelijke reactie op de verdichting. Intensieve wortelbemonsteringen toonden aan dat dit effect moet worden toegeschreven aan de ontwikkeling van het wortelstelsel; dit bleef op de sterk verdichte objecten duidelijk achter bij de lossere veldjes. Vooralsnog kon niet worden bewezen of de remming van de beworteling het gevolg was van mechanische of fysische weerstand, of een combinatie van beiden.

● ● ● ●

1