

NN 8201

no 393

Co

L. J. J. van der Kloes

Bodemkundige aspecten van de teelt van
enige tuinbouwgewassen

BIBLIOTHEEK
DER
BOUWBOEGESCHOOL
WAGENINGEN

NN08201.393

Bodemkundige aspecten van de teelt van enige tuinbouwgewassen

Dit proefschrift met stellingen van
LOUIS JACOB JAN VAN DER KLOES, landbouwkundig ingenieur,
geboren te Bandoeng, Indonesië, 1 oktober 1920,
is goedgekeurd door de promotor, **Dr. Ir. P. BURINGH**,
hoogleraar in de tropische bodemkunde

De Rector Magnificus van de Landbouwhogeschool,
F. HELLINGA

Wageningen, 9 november 1965

L. J. J. van der Kloes

Bodemkundige aspecten van de teelt van enige tuinbouwgewassen

with a summary

Pedological aspects of the culture of some horticultural crops

Proefschrift

ter verkrijging van de graad van doctor in de landbouwkunde,
op gezag van de Rector Magnificus, Ir. F. HELLINGA,
hoogleraar in de cultuurtechniek,
te verdedigen tegen de bedenkingen van een commissie uit de Senaat
van de Landbouwhogeschool te Wageningen
op woensdag 22 december 1965 te 16.00 uur



1965 *Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie
Wageningen*

STELLINGEN

- I Bodemgeschiktheids- en behandelingsadviezen, uitsluitend berustend op gegevens van het granulaire en het hydrologische profiel, die niet tevens gebaseerd zijn op waarnemingen aangaande het bewortelings- en het structuurprofiel, moeten voor tuinbouwkundige doeleinden als verouderd worden beschouwd.

Dit proefschrift

- II Met het oog op de grote behoefte aan een wetenschappelijke adviesbasis voor de mechanische bodemverbetering, verdient onderzoek van de fysische bodemfactoren, die van betekenis zijn voor de teelt van tuinbouwgewassen, voorrang boven dergelijk onderzoek van de chemische bodemfactoren.

- III Omdat biologisch bodemonderzoek pas op lange termijn resultaten kan afwerpen bestaat de kans dat de belangstelling voor dergelijk onderzoek vermindert. Dit houdt het gevaar in dat het belang van een dergelijk onderzoek voor de bodemverbetering wordt onderschat.

- IV Ofschoon op vele tuinbouwbedrijven wel waterbeheersingsmiddelen aanwezig zijn, wordt hiervan veelal op een onjuiste wijze gebruik gemaakt.

Dit proefschrift

- V Er bestaat een achterstand in de ontwikkeling van werktuigen waarmee in kassen en warenhuizen een tussenlaag kan worden verbeterd.

Dit proefschrift

- VI Onderzoekingen naar de betekenis van de bodem voor de teelt van tuinbouwgewassen moeten zoveel mogelijk geïntegreerd per gewas worden verricht, waarbij een nuttig gebruik van een pedotron kan worden gemaakt.

Dit proefschrift

- VII Voor het oplossen van vraagstukken van bodemmoeheid bij tuinbouwgewassen is een nauwe samenwerking van bodemkundigen en planteziektenkundigen essentieel.

- VIII Onvoldoende bekendheid met de taak van de rijkstuinbouwconsulenten in algemene dienst werkt remmend op de wisselwerking tussen de praktijk en de tuinbouwkundige instanties voor onderzoek en voorlichting.

- IX Het landbouwkundig onderzoek en de voorlichting voor de landbouw passen te weinig arbeid in groepsverband toe.
- X Het verdient aanbeveling doelbewust gebruik te maken van het 'verfrissend' effect dat ontstaat door het veranderen van de werksituatie van landbouwkundige onderzoekers en voorlichters.
- XI De theorie van MCGREGOR, dat de mens geen aangeboren afkeer heeft van werken, is een beter uitgangspunt voor de organisatie van instellingen voor landbouwkundig onderzoek en voorlichting voor de landbouw dan het hiërarchische principe.

MCGREGOR: De menselijke kant van het ondernemen. Samson (1963).

Deze dissertatie verschijnt tevens als Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 665

© Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1965

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or any other means without permission from the publishers.

Inhoud

Legenda / legend	1
1 Inleiding	3
1.1 Bodemkunde, bodemgeschiktheid, bodembehandeling	3
1.2 Bodemkunde in de tuinbouwvoorlichting	3
1.3 Bodemkundig onderzoek per gewas	5
1.3.1 Appelbomen	7
1.3.2 Tulpen	7
1.3.3 Rozen	8
1.3.4 Komkommers	8
2 Bodem en beworteling	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Karakterisering van de bodem	9
2.2.1 Het granulaire profiel	11
2.2.2 Het hydrologische profiel	12
2.2.3 Het structuurprofiel	15
2.2.4 Het bewortelingsprofiel	18
2.2.4.1 <i>De methode van onderzoek</i>	18
2.2.4.2 <i>De bijzonderheden van het bewortelingsprofiel</i>	20
2.2.4.3 <i>De beworteling en de structuur</i>	22
2.2.4.4 <i>De interpretatie van het bewortelingsprofiel</i>	25
2.3 Beschrijving van enkele hoogproducerende gronden	26
2.4 Het bodembehandelingsadvies	27
2.4.1 De ontwatering	28
2.4.2 De bodembewerking	29
2.4.3 De voorziening met organische stof	30
3 Bodemkunde van appelbomen, geteeld op zavel- en kleigronden	31
3.1 Inleiding	31
3.2 Karakterisering van de bodem	32
3.2.1 Het granulaire profiel	33
3.2.2 Het hydrologische profiel	33
3.2.3 Het structuurprofiel	35
3.2.4 Het bewortelingsprofiel	39
3.3 Beschrijving van de bodem van twee hoogproducerende appelpercelen	42
3.3.1 Een matig humeuze, zware zavel nabij Geldermalsen	42
3.3.2 Een matig humeuze, lichte klei in de Hoekse Waard	43

3.4	De bodembehandeling	44
3.4.1	De ontwatering	45
3.4.2	De bodembewerking	46
3.4.3	De voorziening met organische stof	50
4	Bodemkunde van tulpen, geteeld op zavel- en kleigronden	55
4.1	Inleiding	55
4.2	Karakterisering van de bodem	56
4.2.1	Het granulaire profiel	56
4.2.2	Het hydrologische profiel	56
4.2.3	Het structuurprofiel	58
4.2.4	Het bewortelingsprofiel	60
4.3	Beschrijving van de bodem van twee hoogproducerende tulpenpercelen	61
4.3.1	Een zeer humeuze, zware zavel uit het Grootslag	61
4.3.2	Een humusrijke, matig zware klei uit de Westerkogge	62
4.4	De bodembehandeling	63
4.4.1	De ontwatering	63
4.4.2	De bodembewerking	63
4.4.3	De voorziening met organische stof	65
5	Bodemkunde van kasrozen	67
5.1	Inleiding	67
5.2	Karakterisering van de bodem	67
5.2.1	Het granulaire profiel	68
5.2.2	Het hydrologische profiel	69
5.2.3	Het structuurprofiel	70
5.2.4	Het bewortelingsprofiel	71
5.3	Beschrijving van de bodem van een hoogproducerende rozenkas	72
5.3.1	Een humusrijke, zware zavel uit de Legmeerpolder	72
5.4	De bodembehandeling	74
5.4.1	De ontwatering	74
5.4.2	De bodembewerking	75
5.4.3	De voorziening met organische stof	77
6	Bodemkunde van vroeg gestookte komkommers	78
6.1	Inleiding	78
6.2	Karakterisering van de bodem	79
6.2.1	Het granulaire profiel	79
6.2.2	Het hydrologische profiel	82
6.2.3	Het structuurprofiel	82
6.2.4	Het bewortelingsprofiel	86
6.3	Beschrijving van de bodem van twee hoogproducerende komkommer- bedrijven	88
6.3.1	Een zeer humeuze zware zavel uit Dubbeldam	88
6.3.2	Een venige kleigrond uit Sloten	89
6.4	De bodembehandeling	90
6.4.1	De ontwatering	90

6.4.2	De bodembewerking	92
6.4.3	De voorziening met organische stof	93
7	Experimenteel bodemkundig onderzoek	94
7.1	Samenhang van de bodemkunde, de bodembehandeling en de teelt	94
7.2	Methoden van onderzoek bij de bodembehandeling	95
7.3	Een pedotron	96
7.4	Gebruiksmogelijkheden van een pedotron	97
7.4.1	De bodemgeschiktheid	98
7.4.2	De bodembehandeling	99
7.4.3	Het bodemkundig basisonderzoek	99
	Samenvatting	100
	Summary	102
	Literatuur	104

Legenda/legend

Structuurprofiel/structural profile

(naar Jongerius, 1957/according to Jongerius, 1957)

STRUCTUURVORMEN/shape of the structural elements

- A2a kruimelachtige structuur/*crumbly structure*
- A3a rond granulair/*rounded granular*
- A4a onregelmatig afgerond blokkig/*irregular subangular blocky*
- A5a onregelmatig blokkig/*irregular blocky*
- B3a samengesteld ruw prisma/*roughly faced compound prism*
- B5a enkelvoudig ruw prisma/*roughly faced simple prism*
- E1 korst zonder intacte structuurelementen/*crust without complete structural elements*
- F2b brugstructuur/*braced structure*
toevoeging: h = humus, k = klei en/of silt, ij = ijzeroxyden
addition: h = humus, k = clay and/or silt, ij = iron oxide
- G1a3 sponsstructuur met overwegend verticale gangen/*spongy structure with mainly vertical voids*
- G1b poreuze sponsstructuur/*porous spongy structure*
- G1c fijnporeuze sponsstructuur/*fine porous spongy structure*
- H2 gestoord gelaagd complex/*disturbed macroscopic inherited laminated fabrics*
- J1 dicht gepakt zand/*compact sand*
- J2 half-loos gepakt zand/*half open packed sand*
- S kluiten/*clods*

POROSITEIT/porosity

- | | | |
|--|---|---|
| 1 de elementen bevatten alle typen poriën
<i>the elements contain all kinds of pores</i> | } | 15 à 25% van het totale volume van het element
<i>15 to 25% of the total volume of the element</i> |
| 2 ze bevatten slechts micro- ($< 30 \mu$) en eventueel mesoporiën ($30-100 \mu$)
<i>they contain micro- ($< 30 \mu$) and possibly mesopores ($30-100 \mu$)</i> | | |
| 3 ze bevatten alleen macroporiën ($> 100 \mu$)
<i>they contain almost exclusively macropores ($> 100 \mu$)</i> | | |

toevoeging + : porositeit > 25%
additional characteristic + : porosity > 25%
 toevoeging — : porositeit < 15%
additional characteristic — : porosity < 15%

STRUCTUURGRAAD/*grade of structure*

	Hele elementen in procenten <i>complete elements in %</i>			
	< 15%	15-30%	30-70%	> 70%
De elementen zijn door openbreken te isoleren <i>The elements can be isolated by disintegration</i>	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
De elementen worden reeds bij lossteken geïsoleerd <i>The elements are already isolated when the soil is dug out</i>		1	2	3

GROOTTEKLASSE/*size classification*

	Indeling in mm / <i>size in mm</i>							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Holoëdrische elementen <i>Holoëdric elements</i>	< 1	1-2	2-5	5-10	10-20	20-50	50-100	> 100
Prismatische elementen <i>Prismatic elements</i>	< 10	10-20	20-50	50-100	100-200	> 200		
Platige elementen <i>Platy elements</i>	< 1	1-2	2-5	5-10	> 10			

HUIDJES/*coatings*

β_2 pershuidje met wortelsporen/*coating formed by pressure with root traces*

Bewortelingsprofiel / *root-system profile*

- ↓ plant/*plant*
- wortel/*root* < $\frac{1}{2}$ mm diameter
- wortel/*root* $\frac{1}{2}$ -1 mm diameter
- wortel/*root* 1-5 mm diameter
- wortel/*root* 5-10 mm diameter
- wortel/*root* > 10 mm diameter
- + dode wortel/*dead root*

Granulair profiel / *granular profile*

Slib: fractie < 16 μ
Slib (clay): < 16 μ

1 Inleiding

1.1 Bodemkunde, bodemgeschiktheid, bodembehandeling

De bodemkunde, studie van de bodem, heeft vele facetten. Deze zijn weerspiegeld in de secties van de Internationale Bodemkundige Vereniging. In deze publikatie wordt in het bijzonder ingegaan op de *geschiktheid* van de bodem voor enkele tuinbouwgewassen. Hierbij valt de nadruk slechts op een enkel facet van de bodemkunde. Reeds uit andere onderzoeken, zoals o.a. van VAN LIERE (1948), DE BAKKER (1950) en VAN DER MEER (1952) is gebleken, dat de wijze waarop de bodem wordt verzorgd, van grote invloed is op de opbrengst. Daarom moet bij het onderzoek naar de geschiktheid van de bodem voor een bepaalde teelt tevens de behandeling van de bodem worden bestudeerd. Onder *bodembehandeling* in de tuinbouw verstaan wij in navolging van BUTIJN (1961) 'alle handelingen die de tuinder verricht om de bodemvruchtbaarheid in stand te houden of te verbeteren'. Daartoe rekent men de veranderingen in de geschiktheid van de bodem in chemische, fysische en biologische zin. BUTIJN noemt als vormen van bodembehandeling de bodembewerking, de ontwatering, de watervoorziening, de bemesting met organische en anorganische stoffen, de vruchtopvolging, de ziektebestrijding e.d. Ook de chemische onkruidbestrijding, voorzover deze bodemkundige gevolgen heeft, zou hierbij gerekend moeten worden.

De reeks maatregelen die onder het begrip 'bodembehandeling' valt, is zeer uitgebreid. Wij hebben ons daarom beperkingen moeten opleggen. Zo laten wij de bemesting met anorganische meststoffen onbesproken. De gronden die wij in onze studie hebben betrokken, worden regelmatig op hun chemische toestand onderzocht en de bemesting wordt hierop afgestemd. Voor een overzicht van het bemestingsonderzoek van een aantal tuinbouwgewassen kan worden verwezen naar een tweetal publikaties (VAN DER BOON, 1953; DEN DULK, 1962).

Voorts is de watervoorziening slechts hier en daar ter sprake gebracht. Alleen bij die teelten waar men een verkeerd gebruik van beregeningsinstallaties maakt, werd gewezen op de nadelige gevolgen die hieruit kunnen voortvloeien. Op het gebied van tijdstip en hoeveelheid toe te dienen water is eveneens een en ander gepubliceerd (o.a. BUTIJN, 1961; VAN DEN ENDE, 1954, 1955; DE VOS, BRAAMS en TEN CATE, 1960).

De vruchtopvolging en de ziekte- en onkruidbestrijding zijn veelal buiten beschouwing gelaten, omdat de invloed hiervan op de bodemgeschiktheid nog weinig bestudeerd is. Waar mogelijk hebben wij enkele opmerkingen hierover gemaakt.

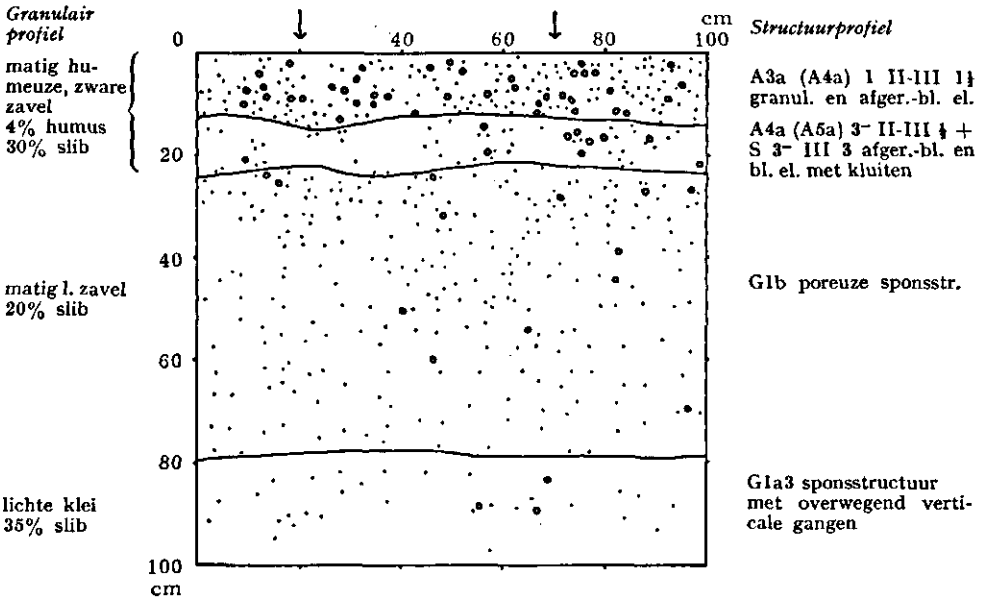
1.2 Bodemkunde in de tuinbouwvoorlichting

De in de bodemkunde gespecialiseerde assistenten van de Rijkstuinbouwvoorlich-

tingsdienst die zich met bodemkundige vraagstukken bezighouden, komen dagelijks met verschillende aspecten van de bodemgeschiktheid voor bepaalde teelten in aanraking. Sommigen hebben niet alleen te maken met diverse teelten, zoals bijv. de fruitteelt, de groenteteelt in de open grond of onder glas, de sierteelten enz., maar

Fig. 1 Bewortelingsprofiel van een zeer goed gewas bloemkool. Het gewas heeft een uitgebreide en intensieve beworteling. Hoewel de grondwaterstand door de te ondiepe, en bovendien niet werkende drainage, periodiek tot in de bewortelde lagen stijgt, heeft het gewas hiervan niet geleden

BLOEMKOOL LECLERF, LEEUWARDEN: gepland mei 1962; uitstekend gewas; opname 30 augustus 1962.



Hydrologisch profiel: gedraineerd op 8 x 0,70 m; grondwaterstand op 0,80 m — maaiveld; reductie vanaf 0,80 m; drainage functioneert niet meer.

Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1.

Fig. 1 Root-system profile of a very good crop of cauliflower. The crop has an extensive and intensive root formation. Although the water table periodically reaches the rooted layers as a result of the insufficiently deep drainage, which is also out of order, the crop did not suffer as a result

ook met een grote verscheidenheid in bodemgesteldheid. De bodembehandeling speelt hierbij een grote rol. Sommige teelten worden bedreven op uiteenlopende gronden, die daarom verschillend moeten worden behandeld wil men van een goede oogst verzekerd zijn. De maatstaven waarnaar de geschiktheid van de bodem wordt beoordeeld, vertonen verschillen, deels omdat er regionale verschillen in bodemgesteldheid bestaan, deels ook vanwege uiteenlopende opvattingen over het effect van bepaalde bodembehandelingsmaatregelen. Van de praktijkervaringen, die in de loop der jaren zijn opgedaan, hebben wij bij onze studies een dankbaar gebruik gemaakt.

Wij hebben bij de verwerking van deze gegevens getracht de verschillende in de praktijk toegepaste maatregelen te bezien vanuit bodemkundig standpunt. Hierbij is ons gebleken dat het bodemkundig onderzoek nog sterker zou kunnen worden afgestemd op de behoeften van de tuinbouwpraktijk. Het bodemkundig onderzoek van voor de tuinbouw belangrijke vraagstukken is niet alleen zeer rendabel (EDELMAN, 1945, 1948, 1953) en daarom van belang voor de advisering door de Rijks-tuinbouwvoorlichtingsdienst, maar ook de wetenschappelijke aspecten zijn interessant.

Gestimuleerd door wijlen Prof. dr. C. H. Edelman, door Prof. dr. P. Buringh en door dr. G. de Bakker, toenmaals directeur van de Tuinbouw, hebben wij onze bodemkundige studies in het bijzonder geconcentreerd op de betekenis van de bodemstructuur en de waterhuishouding voor de beworteling van tuinbouwgewassen. Hoewel gebleken is dat aan de toegepaste methoden van onderzoek, t.w. die van BUTIJN (1958) voor de beworteling en die van JONGERIUS (1961) voor de structuur, nog enkele bezwaren zijn verbonden, heeft onze studie gegevens opgeleverd die voor de advisering ten aanzien van de bodemgeschiktheid en de bodembehandeling zeer bruikbaar zijn gebleken.

1.3 Bodemkundig onderzoek per gewas

De eisen die verschillende tuinbouwgewassen aan de bodem stellen, lopen sterk uiteen. Ook de maatregelen ter behandeling van de bodem zijn per gewas zeer verschillend. De wijze en het tijdstip waarop men de maatregelen uitvoert, zijn eveneens van grote betekenis voor het slagen van de teelt. Het is daarom noodzakelijk de bodemkundige vraagstukken in verband met de teelt en per gewas te bestuderen (EDELMAN, 1948).

Wij hebben onze studie verricht op een groot aantal zorgvuldig uitgekozen tuinbouwbedrijven, waar de bestudeerde gewassen onder verschillende omstandigheden werden geteeld. Hierdoor hebben wij een inzicht gekregen in de eisen die bepaalde gewassen aan de bodem en de bodembehandeling stellen. Van een viertal belangrijke tuinbouwgewassen zijn de resultaten van ons onderzoek in deze publikatie verwerkt. Getracht is ieder hoofdstuk dat aan het betreffende gewas is gewijd, tot een afgerond geheel te maken. Daardoor komen wel eens herhalingen voor, maar deze waren bij deze werkwijze niet te vermijden. Een aantal gegevens is reeds als afzonderlijke publikaties verschenen (HULSHOF, VAN DER KLOES en SCHELLEKENS, 1960; ARNOLD BIK e.a., 1962; EGBERTS e.a., 1964).

De keuze van de gewassen is bepaald zowel door het economisch belang van deze gewassen als door de bijzonderheden en teeltwijze hiervan. Het zijn respectievelijk de appel, de tulp, de roos en de komkommer. Door deze keuze is getracht voorbeelden te geven van tuinbouwgewassen die verschillende eisen aan de bodemgesteldheid en de bodembehandeling stellen. Verwacht mag worden dat de toepassing van de resultaten van bodemkundig onderzoek, bij deze teelten in de praktijk ook spoedig rendement zullen afwerpen (EDELMAN, 1953).

Voor alle vier bestudeerde gewassen geldt dat de beworteling een zekere samenhang vertoont met de bovengrondse ontwikkeling en met de opbrengst. Bij een goed ontwikkeld wortelgestel treft men vrijwel steeds een goede opbrengst aan. Bij een

Fig. 2 Granulaire en afgerond-blokkige structuurelementen (A3a A4a) in een bovengrond (wortels van bloemkool).

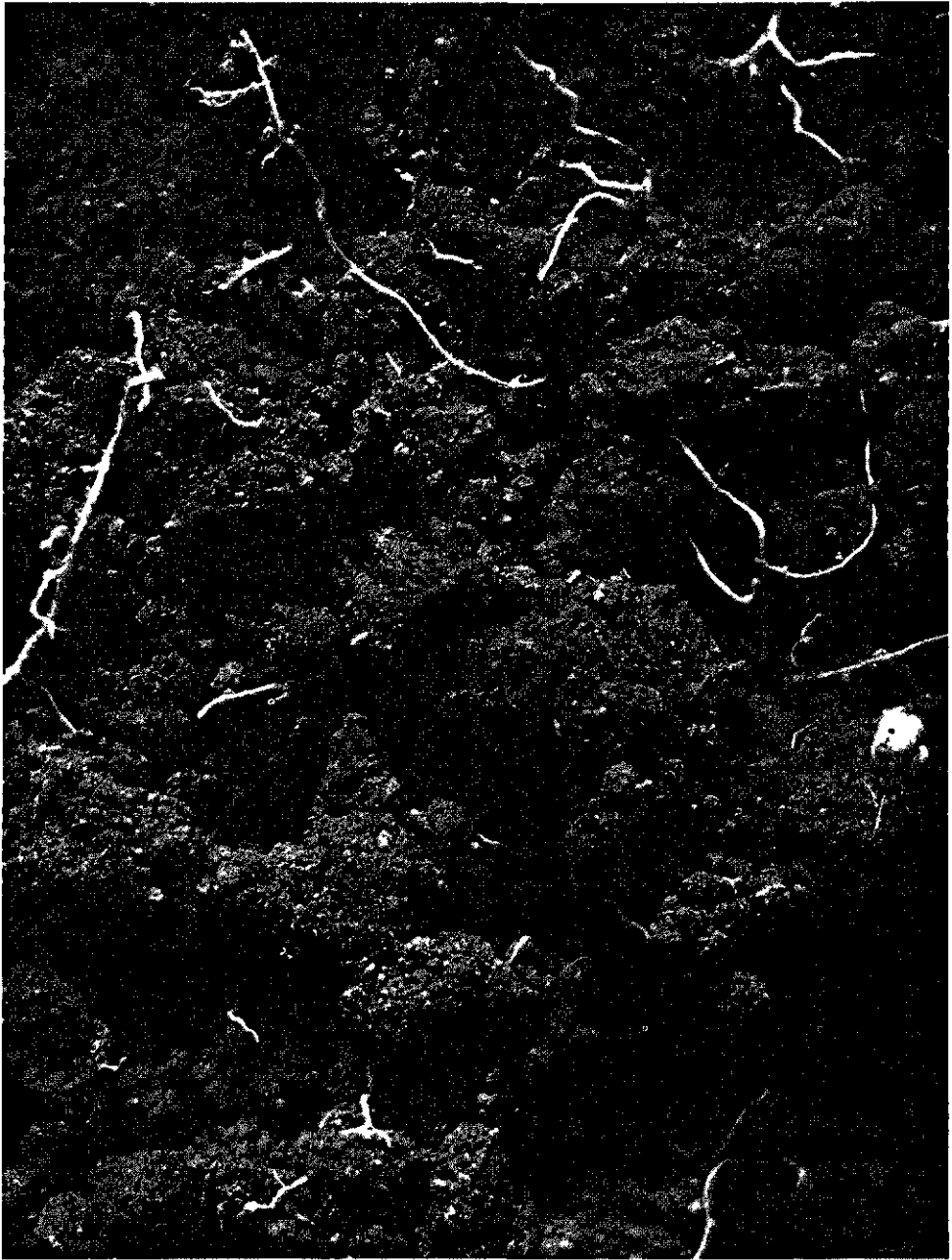


Fig. 2 Granular and sub-angular blocky structural elements (A3a A4a) in a topsoil (cauliflower roots).

matige ontwikkeling kan de opbrengst goed zijn, maar men vindt hier ook matig producerende gewassen. Bij een slechte wortelontwikkeling komt slechts in een klein aantal gevallen een bevredigende opbrengst voor. Naarmate de beworteling slechter is moet de tuinder meer zorg besteden om het bewortelde deel van de bodem in goede conditie te houden. Fouten in de behandeling hebben bij een slecht wortelgestel ernstiger gevolgen dan bij een goed ontwikkeld wortelstelsel.

De beworteling van alle door ons onderzochte tuinbouwgewassen vertoont een verband met de bodemstructuur. Het is mogelijk gebleken de bewortelbaarheid van de verschillende structuren in algemene lijnen aan te geven. Behalve op de structuur blijken wortels van tuinbouwgewassen bijzonder sterk op wateroverlast te reageren. De gewassen worden door de granulometrische opbouw van de bodem beïnvloed voor zoverre deze verband houdt met de bewerkbaarheid, de structuur en de waterhuishouding.

1.3.1 Appelbomen

Uit het onderzoek van appelbomen op zavel- en kleigronden is ons gebleken dat de granulaire opbouw van de bodem voor de geschiktheidsbeoordeling slechts van beperkte betekenis is. De vroegere waarneming, dat een aflopend profiel (d.i. naar onderen toe 'lichter' wordend) (EDELMAN, 1950 en vele anderen) gunstig is voor appels, berust in de meeste gevallen op het voorkomen van een gunstige structuur in diepere lagen (60 à 150 cm) (HULSHOF, VAN DER KLOES en SCHELLEKENS, 1960). Hoewel dit vaak samengaat met een lichter worden van de ondergrond, behoeft dit geen regel te zijn. Waarnemingen ten aanzien van de bodemstructuur zijn daarom van groot belang voor de geschiktheidsbeoordeling (keuze van rassen en onderstammen). De structuur is tevens van betekenis voor de adviezen over de bodembehandeling. Aan de hand van de structuurgegevens kan bijv. vastgesteld worden of, en zo ja welke bodemverbeteringsmaatregelen gewenst zijn en wat de beste ontwateringsdiepte is enz. Nog al te veel troffen wij bij ons onderzoek een onvoldoende ontwatering aan. Hierdoor kunnen lagen in de ondergrond (60 à 150 cm diepte) die een goede structuur hebben, voor dit diepwortelende gewas onbereikbaar zijn.

1.3.2 Tulpen

Bij de teelt van tulpen op zavel- en kleigronden vereisen de plant- en oogstwerkzaamheden dat de bovengrond niet te zwaar is, maar ook niet te licht. Een te zware bovengrond levert meestal bezwaren op voor de mechanische uitvoering van deze werkzaamheden; een te lichte bovengrond is gevoelig voor verslemping. De kans op het optreden van verslemping is juist bij de bollenteelt zo groot, omdat de grond wordt bewerkt en beplant vlak voor de doorgaans vochtige wintermaanden. Verslemping van de grond bevordert het optreden van wateroverlast, waarop de wortels van tulpen sterk reageren. Ook op de structuur van de bewortelde zone van de bodem tot ± 40 cm diepte, reageert het gewas duidelijk. Hieruit blijkt dat de structuur zowel voor de geschiktheidsbeoordeling als voor de advisering over de bodembehan-

deling van grote betekenis is. De tulpentelers zouden nog meer aandacht aan de bodembedekking en de ontwatering moeten besteden.

1.3.3 Rozen

De rozenkassen in het tuinbouwcentrum Aalsmeer liggen overwegend op oude zeekleigronden (VAN LIERE, 1949), die in veel gevallen tot enige diepte bewerkt zijn (50 à 70 cm). Deze bewerkingen, die vroeger toegepast werden als ziektebestrijdings- en tegenwoordig als bodemverbeteringsmaatregel, zijn in een aantal gevallen nadelig voor de beworteling van kasrozen. Vooral indien slempgevoelig materiaal uit de ondergrond voor verbetering van de stugge tussenlaag was gebruikt, werd achteruitgang van de bodemstructuur waargenomen. Het bewortelingspatroon van rozen vertoont samenhang met deze bodemstructuur. Het verdient daarom aanbeveling de structuur bij de geschiktheidsbeoordeling en het behandelingsadvies te betrekken. Een belangrijke verbetering van de teeltresultaten blijkt in veel gevallen ook bereikt te kunnen worden door de kassen te draineren. Hierdoor kan soms een ondergrond (60 à 150 cm diepte) met een goede structuur voor dit diepwortelende gewas worden ontsloten.

1.3.4 Komkommers

De bedrijven waarvan wij de bodem bestudeerden in verband met de teelt van gestookte komkommers, lagen op zeer uiteenlopende gronden. Zowel zavel- en klei-, als zand- en veengronden worden voor de teelt gebruikt. Ook worden de komkommerplantjes in verschillende soorten organisch materiaal uitgezet. Het is ons gebleken dat de komkommerwortels na korte tijd reeds de grond van de kas of het warenhuis bereiken en zich dan daarin ontwikkelen. Hierbij reageert de beworteling op de bodemstructuur.

In een aantal gevallen zou de grondbewerking kunnen worden gericht op het verbeteren van een laag onder de bovengrond, waarin minder goede structuren voorkomen. Aan de hand van de bodemstructuur kan ook worden geadviseerd of na afloop van de teelt de ingebrachte organische stof ter plaatse voor bodemverbetering kan worden gebruikt.

In een zeer groot aantal gevallen bleek bij ons onderzoek verder dat nogal eens onoordeelkundig wordt beregend. Men geeft gemakkelijk te veel water en te grote hoeveelheden ineens. Weliswaar gaat men meer en meer op drainage over, maar hierdoor kan niet steeds wateroverlast worden voorkomen. Deze treedt in een aantal gevallen op boven de eerder beschreven lagen met een minder goede structuur. In deze gevallen geeft drainage geen oplossing, maar moet men de desbetreffende lagen verbeteren.

2 Bodem en beworteling

2.1 Inleiding

De samenstelling en de eigenschappen van de bodem tot een diepte van 100 à 150 cm beneden maaiveld, zijn belangrijk bij de beoordeling van de bodemgeschiktheid voor bepaalde tuinbouwgewassen. Het doel van het veldbodemkundig onderzoek ten behoeve van de tuinbouw is het zodanig karakteriseren van de bodem dat aan de hand daarvan de reactie van tuinbouwgewassen kan worden voorspeld. Niet alleen de actuele bodemgeschiktheid, maar ook de potentiële geschiktheid na toepassing van bepaalde maatregelen, moet worden vastgesteld (VAN DAM, 1963). Bij een bodemkundig advies zal daarom niet alleen rekening moeten worden gehouden met de aangetroffen bodemomstandigheden, maar ook met de mogelijkheden van bodembehandeling (VAN DER KLOES, 1964; STRIJBOSCH, 1960). Op dit gebied nemen de mogelijkheden namelijk voortdurend toe. Behalve kennis van de bodem en van de bodembehandeling, is inzicht in de teelt van tuinbouwgewassen noodzakelijk voor het uitbrengen van een advies. De kennis van de bodem en de bodembehandeling moet verder afgestemd zijn op de betreffende gronden. Het behoeft geen betoog dat op deze wijze een oordeel over de geschiktheid van een bodem niet voor een lange periode geldig is, zoals ook VAN DAM (1963) opmerkt.

Teneinde het inzicht in de bodemkunde van de teelt van tuinbouwgewassen te vergroten, hebben wij bodemkundig onderzoek verricht op een groot aantal bedrijven. Behalve de beschrijving van de bodem op de wijze zoals gebruikelijk bij de Stichting voor Bodemkartering (Schema voor Profielbeschrijving) zijn ook waarnemingen aan het wortelstelsel verricht.

De keuze van de gewassen, waarvan de resultaten van het onderzoek in deze publikatie zijn opgenomen, is gebaseerd op het belang van de teelt. In een viertal afzonderlijke hoofdstukken (3, 4, 5 en 6) zijn behalve deze resultaten ook enkele economische gegevens van de teelt vermeld. Verder zijn enkele bijzonderheden van de teelt zelf opgenomen, omdat ze verband houden met de bodemkundige aspecten. Zo zijn twee overjarige en twee eenjarige gewassen gekozen, waarvan de een onder glas en de ander in de open grond wordt geteeld. Ter vermindering van doublures is een aantal algemeen geldende bodemkundige opmerkingen samengevoegd in de hierna volgende paragrafen.

2.2 Karakterisering van de bodem

Men bestudeert en beschrijft de bodem aan de hand van een verticale doorsnede (profiel). Aan het profiel kan men het verloop van een aantal afzonderlijke eigenschappen van de bodem tot een diepte van 100 à 150 cm waarnemen (EDELMAN,



Fig. 3 Gedeelte van profiel van een uit drie lagen opgebouwde bodem (van 10-50 cm diepte). De kleiige bovengrond, waarvan nog 10 à 15 cm te zien is, heeft een lichtere samenstelling en een andere structuur dan de 'knikkige' tussenlaag. De lichtgekleurde ondergrond bestaat uit zavel. De wortels zijn van tulpen.

Fig. 3 Part of a profile consisting of three layers of soil (depth 10-50 cm). The clayey topsoil, of which 10 to 15 cm can be seen, has a lighter texture and a different structure from the 'knikkige' intermediate layer. The light coloured subsoil consists of loam. The roots are of tulips.

2 cm

1958). Het verloop van de granulometrische opbouw kan het granulaire profiel worden genoemd. Op overeenkomstige wijze hebben wij de termen hydrologisch profiel, structuurprofiel en bewortelingsprofiel gebruikt.

In de hoofdstukken over de afzonderlijke gewassen bespreken wij de bodemgesteldheid aan de hand van deze karakteristieken.

In veel tuinbouwgronden treft men drie lagen aan die gemakshalve resp. bovengrond tussenlaag en ondergrond zullen worden genoemd. Er kan ook meer dan één tussenlaag voorkomen. Niet alleen de aard en de eigenschappen, ook de diepte waarop de lagen voorkomen en de dikte van de lagen zijn van belang bij de karakterisering van de bodem.

De bovengrond wordt meestal gekenmerkt door de aanwezigheid van organische stof en de invloed van al of niet recente, periodiek terugkerende grondbewerkingen. Op de functie van de organische stof in de bodem wordt slechts incidenteel nader ingegaan. Op dit gebied kan verwezen worden naar diverse publikaties (o.a. KORTLEVEN, 1961; MINDERMAN, 1961; JONGERIUS, 1961, 1962). Het zou wellicht mogelijk zijn een organische-stofprofiel te beschrijven (EDELMAN e.a., 1963). Wij hebben dit echter niet gedaan.

De dikte van de bovengrond kan variëren van 10 tot 50 en meer cm. Een korst aan de oppervlakte van de bovengrond wordt in dit verband niet als afzonderlijke laag beschouwd, evenmin als laagsgewijs optredende verschillen die het gevolg zijn van kort op elkaar volgende grondbewerkingen (bijv. ploegen en frezen) tot verschillende diepten.

De diepte van periodieke grondbewerking is vaak geringer dan de dikte van de oorspronkelijke bovengrond. Op den duur kan een aanzienlijk verschil tussen bewerkte en niet bewerkte bovengrond ontstaan en is er sprake van een tussenlaag. Men noemt deze soms ploegzool (DE LEENHEER, 1959) of freeszool (SLITS e.a., 1957). Een tussenlaag kan echter ook een andere ontstaanswijze hebben en verschilt dan meestal ook in samenstelling van de boven- en ondergrond. De diepte waarop een tussenlaag voorkomt, kan sterk uiteenlopen (van ± 10 tot 50 cm of meer beneden maaiveld). De dikte kan enkele centimeters tot enkele decimeters bedragen.

De ondergrond is de diepst in de bodem aangetroffen laag en heeft een aard en eigenschappen die afwijken van de tussenlaag (-lagen). De ondergrond kan beginnen op een diepte van ± 15 cm (bijv. als geen tussenlaag aanwezig is) tot 50 à 60 cm en ook nog dieper, bijv. bij opgevaaren (VAN LIERE, 1948) of opgebaggerde gronden (DU BURCK, 1957). De dikte van de laag is meestal meer dan 30 à 40 cm.

Deze drie lagen, de bovengrond, de tussenlaag en de ondergrond, kunnen op zichzelf een zekere macro-gelaagdheid vertonen, die hier buiten beschouwing wordt gelaten. Deze vorm van gelaagdheid wordt behandeld bij de structuur.

2.2.1 Het granulaire profiel *)

In bepaalde gronden wordt de gelaagdheid veroorzaakt door verschillen in granulaire samenstelling (EDELMAN e.a., 1963). Deze verschillen kunnen zowel zeer gering

* Het is de gewoonte om in bodemkundige adviezen aan de tuinders over slib te spreken en niet over lutum. Met slib wordt bedoeld de korrelfractie kleiner dan 16 micron, met lutum de korrelfractie kleiner dan 2 micron. Wij hebben ons bij dit gebruik aangesloten, hoewel dit niet in overeenstemming is met de in de moderne bodemkunde algemeen aanvaarde terminologie

als zeer groot zijn, de overgangen geleidelijk of abrupt. Scherpe overgangen en een uiteenlopende samenstelling van opeenvolgende lagen worden door EDELMAN en zijn leerlingen (1950) als ongunstig beschouwd. Men noemt dergelijke lagen in de bodem daarom wel 'storend'. Zo worden zware lagen in zavelige of lemige gronden als storend aangemerkt. Veenlagen kunnen storend werken in gronden van hoofdzakelijk minerale samenstelling, evenals sommige zand- of kleilagen in veengronden enz. Overigens reageren niet alle gewassen gelijk op een bepaalde storing. Hoe geleidelijker de overgang van de ene laag naar de andere is, des te beter acht men de bodem. Men prefereert een geleidelijke overgang van zwaarder naar lichter: dit zijn de zgn. aflopende profielen, die tot de beste tuinbouwgronden worden gerekend (EDELMAN, 1945; EGBERTS, 1950, PIJLS, 1948).

Uit ons onderzoek blijkt dat het geschiktheidsoordeel niet uitsluitend op het granulaire profiel kan worden gebaseerd. Wel speelt dit mee bij de beoordeling van de mogelijkheden om maatregelen, zoals bewerken, zaaien, planten en oogsten, machinaal te kunnen uitvoeren. Aangezien het belang van de consistentie van de bodem (BAKKER, 1964; BOEKEL, 1959; KUIPERS, 1959) voor de verschillende tuinbouwgewassen niet gelijk ligt, wordt dit punt apart besproken bij de diverse te behandelen gewassen.

De granulaire samenstelling van de bodem heeft eveneens betekenis voor de hydrologische eigenschappen, zoals bij de bespreking van dit onderwerp naar voren zal komen. Ook de samenhang van het granulaire profiel met het structuurprofiel komt ter sprake bij de behandeling daarvan.

De gegevens over het granulaire profiel, die in de hoofdstukken over de afzonderlijke teelten worden vermeld, zijn niet speciaal voor ons onderzoek geproduceerd. Wij hebben gebruik gemaakt van de op dit punt beschikbare kennis. Voor glasteelten is deze kennis beperkt, omdat bij het grondmonsteronderzoek de mechanische samenstelling gewoonlijk niet wordt bepaald. Bij ons onderzoek is dan ook volstaan met schattingen.

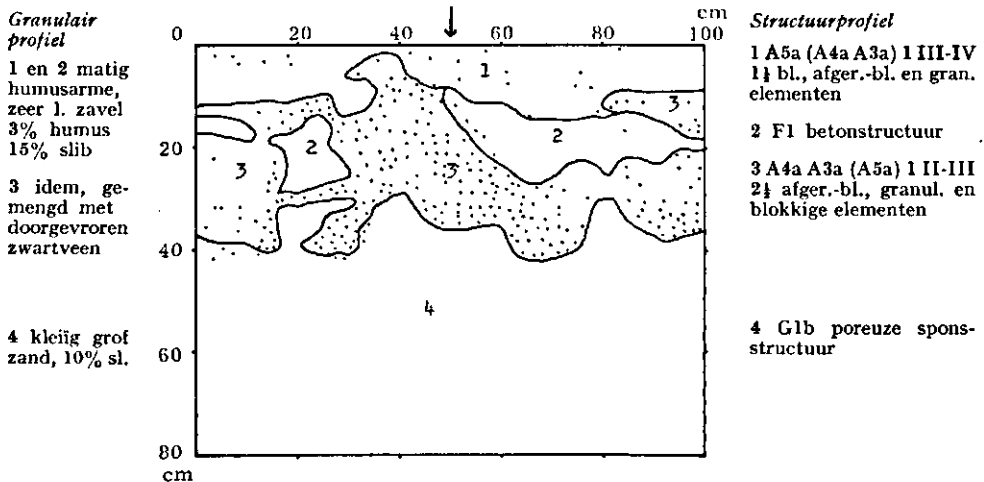
Hoewel het granulaire profiel als een min of meer constante karakteristiek kan worden beschouwd, zijn er talloze voorbeelden van tuinbouwgronden die eertijds door menselijk ingrijpen een ander granulair profiel hebben gekregen (man-made soils, EDELMAN, 1953; VAN LIERE, 1948; DE VISSER, 1958). In de toekomst zal rekening moeten worden gehouden met steeds toenemende technische mogelijkheden om wijzigingen in de natuurlijke opbouw van de bodem aan te brengen. Men denke aan de bezanding van gronden (VAN DER VALK en SCHOONEVELD, 1962), aan de toediening van grote hoeveelheden stadsvuilcompost of veen (ZOETEMAN, 1961), verder aan de diepe grondbewerkingen (VAN DER MEER en WILLET, 1964; OTTO, 1959; VAN DER VALK en SCHOONEVELD, 1962; WIND en HIDDING, 1963) en het omspuiten van de bodem, maatregelen waarmee men de granulaire opbouw van de bodem totaal kan veranderen. De ontwikkeling gaat zo snel, dat de bodemkundige kennis hierbij ten achter blijft. Er zal evenwel op dit terrein een grote behoefte aan advisering ontstaan.

2.2.2 Het hydrologische profiel

Aan het hydrologische profiel zijn twee aspecten te onderscheiden. Het eerste betreft dat deel van het water in de bodem dat voor de plant beschikbaar is; het

Fig. 4 Bewortelingsprofiel van aardbeien op een perceel waarop bodemverbetering is toegepast. De kluiten van de tussenlaag, die onbewerkt zijn gebleven (2), zijn niet doorworteld. De met doorgevroren zwartveen gemengde laag is daarentegen intensief doorworteld (3)

AARDBEI TALISMAN, BENEDEN-LEEUWEN: gepland voorjaar 1960; opname dwars op rij; augustus 1961.



Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwaterstand dieper dan 0,60 m —maaiveld (varieert van 0,60 tot 1,50 m)

Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 4 Root-system profile of strawberries on a plot to which soil improvement was applied. The clods of the intermediate layer untouched by the plough (2) are not penetrated by roots. On the other hand, the layer mixed with frozen black peat has a highly developed root system (3).

tweede is het grondwater en de bewegingen van de grondwaterspiegel (HAANS, 1961). Zoals uit het navolgende zal blijken is de term hydrologisch profiel enigszins pretenzieus, omdat wij op dit punt over betrekkelijk weinig gegevens van de onderzochte gronden beschikken. Desondanks is de term in de volgende hoofdstukken gebruikt, omdat gehoopt mag worden dat het begrip, dat reeds enige ingang gevonden heeft, door verder onderzoek meer inhoud zal krijgen.

De vochttoestand van dat deel van de bodem dat voor de plant van betekenis is, is aan sterke veranderingen onderhevig. Men streeft er door watergeven en ontwateren voortdurend naar de toestand zo gelijkmatig mogelijk te houden. Dit is een eerste vereiste voor het succes van de teelt.

Sommige glastuinders gaan bij het vaststellen van het tijdstip en de hoeveelheid van watergeven uit van de eigenschappen van hun bodem en verder grotendeels van het gewas en het weer. Ook geven zij soms op gezette tijden water. Zij zouden daarbij tevens de toestand van de bodem zelf moeten betrekken. Dat dit vooral bij gewassen die onder glas geteeld worden tot verbetering kan leiden, moge blijken uit de betreffende hoofdstukken.

In de fruitteelt is men begonnen met het opstellen van een vochtbalans van een aantal standaardgronden. Deze balans wordt opgesteld op basis van het vochthoudend vermogen van het bewortelde deel van de bodem, rekening houdend met de verdamping en de regenval (BUTIJN, 1961; POWER en VAN BLIJDERVEEN, 1964). Aan de hand van deze gegevens verstrekt men in bepaalde gebieden advies over de

behoefte aan watertoevoer (POUWER en VAN BLIJDERVEEN, 1964). Ook voor andere opengrondsteelten zou dit aanbeveling verdienen.

Voor dergelijke balansen moet men kunnen beschikken over de vochtkarakteristiek van de bewortelde bodemlagen, teneinde hieruit de beschikbare hoeveelheid water te kunnen berekenen (HAANS, 1960). Hoewel de mogelijkheid bestaat om op routinebasis een bepaling van de vochtkarakteristiek te laten verrichten, zijn hieraan enige bezwaren verbonden. In de eerste plaats nemen de monsternamen en het onderzoek veel tijd in beslag, maar verder laat ook de nauwkeurigheid van de resultaten nog te wensen over. Voor een deel liggen deze moeilijkheden op organisatorisch terrein; ten dele kan de oorzaak ook gelegen zijn in de wijze van monsternamen (DE VOS, 1960). Hiervoor gebruikt men te kleine ringen (5 cm \varnothing en 5 cm hoog) (PEERLKAMP en BOEKEL, 1960), waardoor het moeilijk is om verschillende structuurvormen te karakteriseren. Vooral met het oog op fragmentatiestructuren, waarbij scheurvorming optreedt, zou de monstergrootte beter aangepast moeten worden aan de elementgrootte. Het zou een apart onderzoek gevestigd hebben om op basis van veldbodemkundige gegevens, cijfers over het vochthoudend vermogen van de verschillende bodemlagen te kunnen verschaffen. Wij hebben bij ons onderzoek slechts aanwijzingen over de vochtcapaciteit verkregen aan de hand van het granulaire profiel (HAANS, 1960) en het structuurprofiel.

De vochttoestand van de bodem kan men vrij gemakkelijk ter plaatse schatten. Na enige ervaring kan een tuinder deze vochttoestand 'vertalen' in een aantal minuten berekening met zijn outillage. Hoewel deze manier van werken niet erg nauwkeurig is, kan men hiermee een betere afstemming van de watervoorziening aan de omstandigheden van het bedrijf verkrijgen dan met een exactere vaststelling van de vochtbalans op een aantal standaardgronden.

Niet alleen de zorg voor voldoende vocht in de bodem, maar ook die om een overmaat aan water te voorkomen, vraagt veel aandacht in de tuinbouw. Belangrijk hierbij is het grondwater en het capillaire water. Overtollig water moet uit het voor de plant belangrijke deel van de bodem worden afgevoerd. De bewegingen van het water in de bodem zijn van groot belang voor de verschillende teelten. Het ontleent zijn betekenis grotendeels aan de mate waarin het luchtgebrek veroorzaakt. De wortels van tuinbouwgewassen kunnen niet lang in zuurstofarm water verkeren zonder schade te ondervinden. Hoewel over de tolerantie van verschillende gewassen slechts weinig bekend is, dient men over het algemeen zo veel mogelijk te vermijden dat overtollig water in de wortelzone voorkomt. Ook heeft het grondwater grote invloed op de warmtehuishouding (vroegheid) (EDELMAN, 1948) en op de bewerkbaarheid (EGBERTS, 1958). Vooral in veengronden, waarin doorgaans een hoog grondwaterpeil wordt aangetroffen, is een doelmatige beheersing van deze waterstand daarom noodzakelijk (EGBERTS, SCHELLEKENS en VAN LINT, 1959).

Een indirecte en ook een weinig bevestigende methode om een indruk over dit zuurstoftekort te krijgen, is het volgen van de bewegingen van de grondwaterspiegel. HAANS (1961) geeft een beeld van deze bewegingen op zgn. grondwatertrappenkaarten, waarbij de gemiddeld hoogste en laagste waterstand worden weergegeven. Bij ons onderzoek hadden wij geen gelegenheid de waarnemingen van de grondwaterstand over een langere periode voort te zetten. Alleen de waterstand op het tijdstip van het onderzoek werd vastgesteld.

Wel kan men zich uit het structuurprofiel een globale mening vormen over het

mogelijke verloop van de bewegingen van het grondwater. Het bergend vermogen en de doorlatendheid (JONGERIUS en REIJMERINK, 1963) hangen nl. met de structuur samen en hieruit valt het verloop enigszins af te leiden. Ook het optreden van reductieverschijnselen (grijze, blauwe of groene verkleuringen) kan een indruk geven over de luchthuishouding in bepaalde lagen (HAANS, 1961). Roestverschijnselen worden ook wel gebruikt, maar zijn niet zo geschikt, omdat ze ook vroegere toestanden kunnen aanduiden.

Aan het bewortelingspatroon kan men eveneens waarnemen of er van wateroverlast sprake is. Dit is het duidelijkst te zien als een scherpe horizontale begrenzing optreedt van de diepte van de beworteling. Dit kan ook gepaard gaan met het voorkomen van dode wortels.

De snelle toename van de technische mogelijkheden heeft ook op het gebied van de waterbeheersing in de tuinbouw belangrijke ingrepen mogelijk gemaakt. De drainage en de kunstmatige beregening zijn onmisbare factoren bij de teelt geworden. Deze ontwikkelingen zijn er oorzaak van dat het geschiktheidsoordeel over bepaalde gronden van enkele jaren geleden (VAN DIEPEN, 1951, 1959; VAN LIERE, 1948; VAN NISPEN TOT PANNERDEN, 1955) herziening behoeft (VAN DAM, 1963; VAN DER KLOES, 1964; STRIJBOSCH, 1960). Was een sterk fluctuerende grondwaterstand vroeger nog een reden om de bodem minder geschikt te achten voor de teelt van tuinbouwgewassen, tegenwoordig kan men dergelijke gronden zelfs onafhankelijk van de slootwaterstand draineren (EGBERTS, 1958). Een doelmatige ontwatering stuit slechts bij een enkele teelt op economische moeilijkheden. Ook een lage grondwaterstand en gronden met een geringe vochtcapaciteit behoeven geen belemmering meer te betekenen, indien men maar over goed water kan beschikken. Kunstmatige watervoorziening is voor bepaalde teelten (en streken) wellicht nog een economisch, maar geen technisch probleem. Niet alle tekortkomingen in het hydrologische profiel van de bodem zijn hiermee op te heffen. Er zijn gronden waarin de waterberging en/of doorlatendheid in bepaalde lagen te gering is. Hier kan alleen grondverbetering de oplossing brengen. Soms is dit door verandering van het granulaire profiel mogelijk, in andere gevallen moet het structuurprofiel verbeterd worden. Niet altijd is in het huidige stadium echter verbetering mogelijk.

2.2.3 Het structuurprofiel

Over de betekenis van de structuur van de bodem voor diverse gewassen zijn reeds talloze publikaties verschenen, waaruit blijkt hoe gecompliceerd de invloed van de structuur is (BOEKEL, 1959, 1963; BOLT, JANSE en SCHUFFELEN, 1959; EDELMAN, 1948; KUIPERS, 1955, 1959; PEERLKAMP, 1961; VAN SCHUYLENBORGH, 1947). Wij hebben ons daarmee eveneens beziggehouden, in het bijzonder met de betekenis van de structuur voor de beworteling van tuinbouwgewassen. Er bestaan diverse methoden van structuuronderzoek. In ons land heeft PEERLKAMP (1959) een veldmethode ontwikkeld om de structuur van de bovengrond te beschrijven. Hij geeft een cijfer tussen 1 en 10 voor verschillende visueel vastgestelde kenmerken, die tendele ook door JONGERIUS (1957) worden geclassificeerd. In het systeem Peerlkamp wordt tenslotte één eindcijfer vastgesteld, waarin de geschiktheid van de structuur tot uiting komt. De methode van Jongerius is gebaseerd op een morfologische classi-

ficatie van diverse structuurkenmerken, zonder dat hij daaraan tegelijkertijd een waarde-oordeel verbindt. Wij hebben daarom de methode van Jongerius gekozen. De bodem van een zeer groot aantal tuinbouwbedrijven is hiermee beschreven, waarbij uiteenlopende structuurprofielen werden aangetroffen. In de teelthoofdstukken worden enkele hiervan nader beschreven.

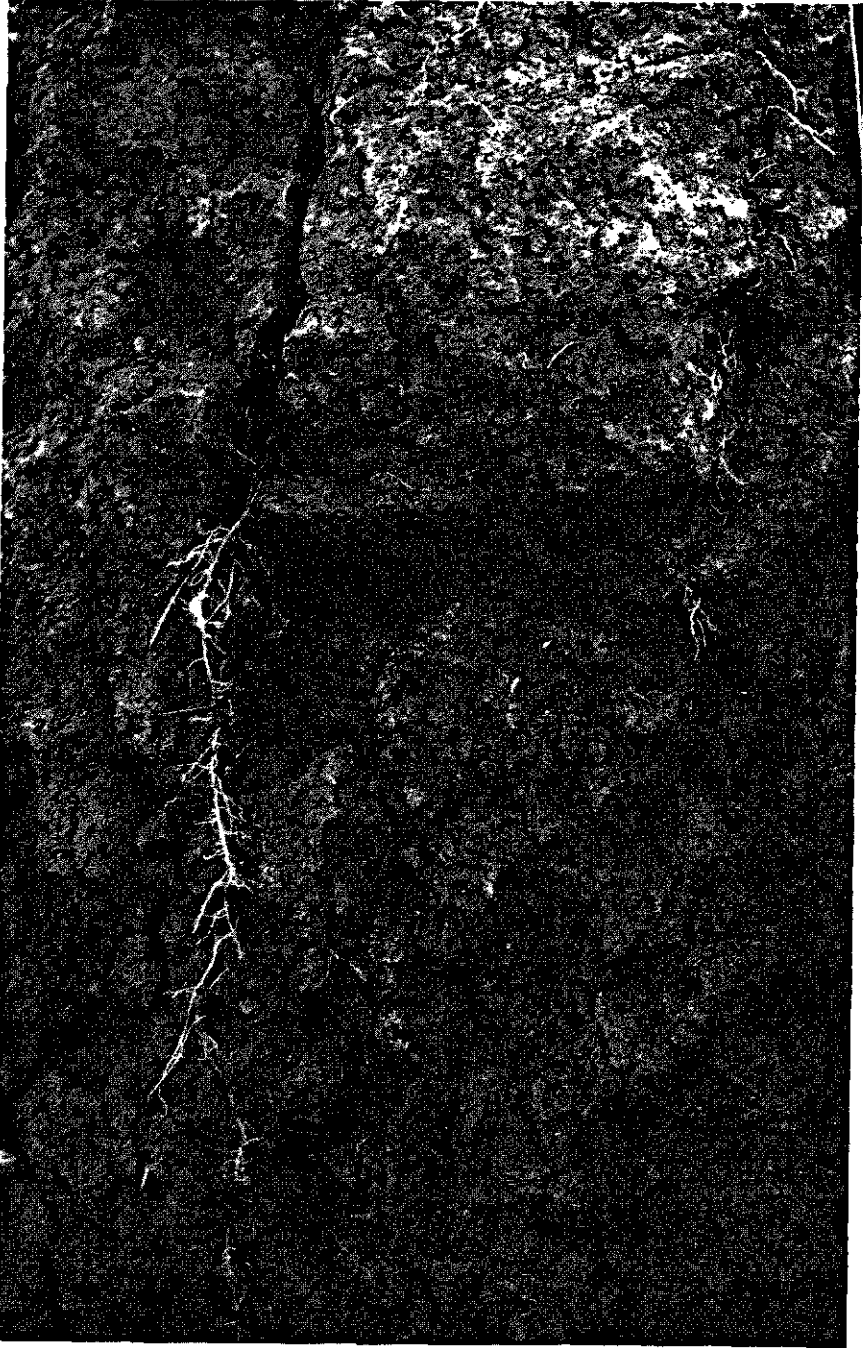
Wat de gevolgde methode betreft, moeten er enkele beperkingen worden genoemd. De indeling van structuurvormen voldoet in het algemeen goed voor gronden waarin aggregaten gevormd kunnen worden. Een zeker gehalte aan afslibbare delen of, op zandgronden, aan humus, is hiervoor nodig. Het voorgaande geldt vooral voor lagen die niet door grondbewerkingen zijn beïnvloed. Daar waar grondbewerkingen zijn toegepast, blijkt de indeling minder te voldoen. Er zijn te weinig onderscheidingen mogelijk. Structuurvormen, ontstaan onder invloed van biologische processen (granulairen) zijn daarentegen door JONGERIUS zeer gedetailleerd onderverdeeld. In de praktijk komen deze in de bodem slechts plaatselijk – veelal in ‘nesten’ – voor. Voor zandgronden is de structuurindeling van JONGERIUS onvoldoende.

Behalve de structuurvorm, is ook de porositeit een door JONGERIUS beschreven karakteristiek. De klasse-indeling behoeft echter een verdere uitbouw. De indeling naar poriëngrootte is een benadering, maar is vooral voor niet-gefragmenteerde lagen bruikbaar. Zodra fragmentatie optreedt is niet alleen het poriëngehalte in de structuurelementen van betekenis, maar ook de aard en grootte van de scheuren. Het zou van betekenis zijn ook een klasse-indeling van de ‘scheurbaarheid’ in te voeren. Hieruit zouden de zwel- en krimpeigenschappen van het materiaal waaruit bodemlagen zijn opgebouwd, kunnen worden afgeleid. Ook zou bekend moeten zijn bij welk vochtgehalte deze verschijnselen beginnen op te treden. Beide bepalingen tezamen zouden een oordeel mogelijk moeten maken over de totale hoeveelheid ruimte die bij bepaalde vochttoestanden aanwezig is.

De door JONGERIUS toegepaste bepaling van de structuurgraad is een poging in deze richting, maar geeft slechts de toestand van een moment weer. Er is behoefte aan gegevens over de mogelijkheid tot scheurvorming. Dit kan van grote betekenis zijn voor de mate waarin lagen in vochtige of drogere toestand doorlatend en wortelbaar zijn. De bestendigheid van de structuur van de bodem is belangrijk voor de mate waarin deze onder uiteenlopende omstandigheden aan de door de gewassen te stellen eisen voldoet. Onder bepaalde condities kunnen factoren die het structuurverval bevorderen sterk de overhand hebben, zowel bij de teelten in de open grond als bij die onder glas. De granulaire samenstelling en ook het humusgehalte hebben enerzijds een duidelijke invloed op de stabiliteit van de structuur, en anderzijds op de mogelijkheden om de structuur te verbeteren langs mechanische of biologische weg. In verschillend verband is onderzoek naar al deze factoren aan de gang (BAKKER, 1964; BOEKEL, 1959; JANSE en KOENINGS, 1963; JONGERIUS, 1962; PELGRUM, 1963; BOEKEL, 1963; VAN DEN HURK en VAN DER KNAAP, 1962; KORTLEVEN, 1961). Er is evenwel nog geen mogelijkheid om op routineschaal bepalingen over de eigenschappen van de bodem ten aanzien van de bestendigheid van de structuur te laten verrichten.

Zoals reeds ter sprake is gekomen bij het hydrologische profiel, is er een zekere samenhang tussen waterhuishoudkundige eigenschappen van de bodem en het structuurprofiel. Hoewel preciese gegevens hierover ontbreken, zijn er aanwijzingen dat sommige structuren in de ondergrond van rivierkleien een grote hoeveelheid beschikbaar vocht bezitten (DE VOS, 1960). Ook enkele gegevens waarover wij beschikken,

Fig. 5 Aardbeiwortels in scheuren in de bodem



2 cm

Fig. 5 Strawberry roots in cracks in the soil

tonen aan dat lagen met een poreuze sponsstructuur 20 à 25% aan beschikbaar vocht bezitten. Bepaalde structuurvormen geven ook een indruk over de doorlatendheid van de bodem. Het optreden van fragmentatiestructuren wijst op zwel- en krimpvormingen, waardoor in natte toestand een verminderde doorlatendheid veroorzaakt kan worden. Alleen in gevallen waar irreversibele scheurvorming optreedt, is een meer permanente verbetering van de doorlatendheid te verwachten (JONKER, 1955). Vindt men op de elementen huidjes, dan is dit een teken te meer dat de doorlatendheid onder uiteenlopende omstandigheden verschillend is (JONGERIUS, 1961). Vanzelfsprekend is ook de porositeit en de perforatie, veroorzaakt door bodemdieren, van grote betekenis voor de beoordeling van de doorlatendheid. De minst doorlatende laag van het structuurprofiel is bepalend voor de snelheid waarmee het water de bodem kan passeren. In veel gevallen kan uit het structuurprofiel een mening gevormd worden over de hoogte waarop in de bodem stagnatie van water kan ontstaan. Dit kan zowel op de oppervlakte (slempkorst), als op een tussenlaag, als in de ondergrond zijn.

Van oudsher heeft men altijd getracht de structuur van tuinbouwgronden met de ten dienste staande middelen en gereedschappen of werktuigen te verbeteren. Hierbij zijn grote hoeveelheden organisch materiaal, zand, bagger e.d. gebruikt (o.a. DE VISSER, 1958). De methode van grondbewerking heeft een grote ontwikkeling doorgemaakt en men staat nog slechts aan het begin van de mechanisering. Hoewel deze ontwikkeling grote perspectieven biedt, moet niet uit het oog worden verloren dat er ook grote gevaren verbonden zijn aan het gemak waarmee men het structuurprofiel wijzigen kan (VAN DER MEER en WILLET, 1964). Talloze voorbeelden van de nadelen van mechanische bewerkingen, van zaaïen, planten en oogsten, zijn alom te vinden (BOEKEL, 1959; HOEKSEMA en JONGERIUS, 1959; KUIPERS, 1962; KUIPERS, S. F., 1960). Dit vraagt een nadere bestudering van de processen die leiden tot biogene structuurvorming (DOEKSEN en MINDERMAN, 1963; EDELMAN e.a., 1963; JONGERIUS, 1961). Biogene structuren moeten tot de beste gerekend worden; de biologische bodemverbetering verdient daarom alle aandacht.

2.2.4 Het bewortelingsprofiel

2.2.4.1 *De methode van onderzoek*

Bij het onderzoek naar de betekenis van verschillende eigenschappen van tuinbouwgronden voor de beworteling van een aantal gewassen, werd gebruik gemaakt van de methode van BUTIJN (1958). Hoewel verschillende methoden van wortelonderzoek bekend zijn (SCHUURMAN en GOEDEWAAGEN, 1965), is die van BUTIJN gekozen omdat deze werkwijze eenvoudig en goed in het veld uitvoerbaar is. Ze sluit aan bij de veldbodemkundige waarnemingen. Bij deze, van een Amerikaanse methode afgeleide werkwijze, wordt een kaartbeeld gemaakt van de aan een verticale wand van een profielkuil waargenomen wortels over de gehele diepte waarop zij voorkomen. Hierbij wordt bovendien de worteldiameter in een aantal klassen weergegeven. De profielkuil wordt zo dicht mogelijk bij de te onderzoeken plant(en) gegraven, waarbij zonodig storende omstandigheden (rij- of looppad, drainsleuven, slootkanten enz.) worden vermeden. Het aantal planten wordt bepaald door de grootte van de sleuf die kan worden gegraven. Deze is meestal 50 à 150 cm lang.



Fig. 6 Aardbeiwortels: plaatselijk donkerverkleurde insnoeringen, ontstaan onder invloed van ongunstige bodemomstandigheden

Fig. 6 Strawberry roots: sporadic dark, discoloured constrictions due to unfavourable soil conditions

Aan de gevolgde methode kleven enkele bezwaren. Eén ervan is bijv., dat door praktische omstandigheden per geval meestal slechts één kuil kan worden bestudeerd, waardoor men kans loopt door een éézijdige beworteling een verkeerd beeld te krijgen. Een ruimtelijk beeld van de beworteling kan men in een dergelijke kuil niet krijgen.

Verschillen in bewortelingsintensiteit in lagen op verschillende diepten in één kuil aangetroffen, behoeven niet steeds door verschil in bodemstructuur te worden veroorzaakt. Verschillen in vochttoestand, in bemestingstoestand of in de mate van wortelconcurrentie met andere gewassen (BIERHUIZEN en PLOEGMAN, 1959; EGBERTS, SCHELLEKENS en VAN LINT, 1959; GOEDEWAAGEN, 1955) en dergelijke, kunnen oorzaak zijn van een verschil in beworteling.

Bij ons onderzoek zijn steeds gewassen onderzocht die op dezelfde wijze behandeld zijn, op goede en slechte plekken van één kas of van één perceel. Hierbij is er steeds zoveel mogelijk op toegezien, dat de slechte ontwikkeling van het gewas niet door plantenparasieten was veroorzaakt. Wel werd soms het gewas van een slechte plek als 'ziek' gekwalificeerd, zonder dat door deskundigen van een aanwijsbare aantasting kon worden gesproken. Het zou interessant zijn om na te gaan in hoeverre een verband aanwezig is tussen het optreden van parasitaire plantenziekten en -plagen en de bodemomstandigheden (BOEKEL, 1961; VAN LIERE, 1950; PIJLS, 1948).

2.2.4.2 *De bijzonderheden van het bewortelingsprofiel*

Uit de zeer vele gegevens over de beworteling van tuinbouwgewassen die ons ten dienste staan, is gebleken dat de bodemomstandigheden van invloed kunnen zijn op twee groepen van verschijnselen, nl. op de intensiteit en verdeling van de beworteling over de bodem en de grootte (doorsnede) van de wortels, en op een aantal andere aan de afzonderlijke wortels waarneembare, meer incidenteel optredende verschijnselen.

Uit de intensiteit van de doorworteling kan in bepaalde gevallen worden afgeleid dat het milieu in de ene laag gunstiger is dan in de andere (JONKER, 1958). Veelal gaat een weinig intensieve beworteling gepaard met afwezigheid van jonge (dunne) wortels of zijwortels. Dit geldt voor gewassen waarvan de wortels diktegroei vertonen. Vermoedelijk is dit bij overjarige gewassen het gevolg van het cumulatieve effect van ongunstige omstandigheden in een aantal jaren, waardoor slechts enkele, weinig vertakte wortels in staat zijn geweest de tijdelijk ongunstige omstandigheden te overwinnen. In sommige gevallen treft men in dergelijke lagen ook dode of afwijkende wortels aan. Bij eenjarige gewassen is dit verschijnsel minder duidelijk.

De tweede groep verschijnselen treedt slechts plaatselijk op en meestal niet over de gehele dikte van een laag. Een sterke vertakking, een sterke bezetting met wortelharen en veel jonge worteleinden vindt men meestal in een gunstig milieu. Sterk kronkelende en plaatselijk zich verdikkende gedeelten van wortels vindt men juist daar waar een ongunstiger bodemlaag begint. Verschijnselen als verkleuring, insnoering, afplatting, verslijming, het bros zijn van de wortel en het loszitten van de schors, hangen veelal samen met een slechte structuur of stagnerend water. Deze verschijnselen kunnen al dan niet in combinatie worden aangetroffen. In al deze gevallen lijkt het aannemelijk te veronderstellen dat de normale wortelontwikkeling en -functionering gestoord is. Het was echter niet altijd mogelijk te bepalen in hoeverre een wortel nog werkzaam is. Anderzijds bieden deze verschijnselen wel enige houvast voor de beoordeling van de condities die, zij het soms tijdelijk, in bepaalde bodemlagen worden aangetroffen (DEWEZ, 1955). Hierover vindt men op een aantal punten wel aanwijzingen in de literatuur. Van de fysische factoren die de wortels kunnen benadelen, noemen HIDDING (1960), JONKER (1958) en OTTO (1959) o.a. de watervoorziening, de luchthuishouding en de mechanische weerstand. Uit eigen



*Fig. 7 Aardbeiwortels
groeien over het breuk-
vlak van structuurele-
menten. Samengesteld
prisma, opgebouwd uit
blokkige elementen*

$\left(\begin{array}{c} B3a \ V \ 1\frac{1}{2} \\ A5a \ 1 \ III \ \frac{1}{2} - 1\frac{1}{2} \end{array} \right)$

*Fig. 7 Strawberry roots
grow over the plane of
fracture of the structur-
al elements. Compound
prism consisting of
blocky elements*

$\left(\begin{array}{c} B3a \ V \ 1\frac{1}{2} \\ A5a \ 1 \ III \ \frac{1}{2} - 1\frac{1}{2} \end{array} \right)$

2 cm

gegevens en die van anderen concluderen deze auteurs dat minimaal 10% met lucht gevulde poriën bij pF 2 aanwezig moet zijn. Het luchtgehalte bij veldcapaciteit is ook volgens H. KUIPERS (1959) een goede maatstaf voor de doorluchting van de grond.

De mechanische weerstand is o.a. door WIERSUM (1957) in modelproeven onderzocht, waarbij hij vond dat alleen poriën met een diameter van 150μ en groter voor wortels toegankelijk zijn. HIDDING (1960) meent op basis van eigen en ander onderzoek, dat de wortelgroei in slib- en humusarme zandlagen belemmerd wordt als het totaal poriëngehalte beneden 40% daalt. Hierbij is de beweeglijkheid van de zanddeeltjes ten opzichte van elkaar van belang. Wortels die diktegroei vertonen, kunnen bij beweegbare zandkorrels de poriën vergroten (WIERSUM, 1957). Op deze wijze kan een heterogeen poriënstelsel ontstaan, waaraan uiteraard ook door de bodemfauna wordt bijgedragen (HOEKSEMA, 1953, 1961).

2.2.4.3 De beworteling en de structuur

Aan de hand van waarnemingen aan diverse gewassen kunnen enkele algemeen geldende gegevens over de beworteling van bodemlagen met bepaalde structuren volgens de door ons gevolgde methode van beschrijving worden vermeld. Hoewel in de bovenste centimeters van de bodem bij sommige gewassen geen beworteling wordt aangetroffen, worden niettemin eisen aan de conditie van dit laagje gesteld. Bij de beschrijving van de geschiktheid van verschillende structuren wordt de volgorde van het systeem van JONGERIUS (1961) gebruikt. Weinig of niet aangetroffen vormen worden hierbij verwaarloosd. Zo bespreken we alleen de macrostructuren. Onderscheid naar reactie van diverse gewassen wordt niet gemaakt.

HOLOËDRISCHE ELEMENTEN

Kruimelachtige structuren (A2) komen vrij veel in de bovengrond voor; ze zijn uitstekend bewortelbaar.

Granulair (A3) komen vaker voor, meestal in de bovenste lagen van het profiel, vooral daar waar veel organisch materiaal aanwezig is. Ze vormen een uitstekend bewortelingsmilieu.

Afgerond-blokkige elementen (A4) komen veelal in de bewerkingzone voor en vormen een goed bewortelingsmilieu. Naarmate de elementen groter zijn en de structuurgraad lager, speelt de eigen porositeit een grotere rol bij de geschiktheidsbeoordeling. Zelden komen A4-structuren alleen voor; veelal zijn ze gemengd met A3- of A5-elementen. Daardoor kan een vrij grote variatie in bewortelingsintensiteit optreden.

Blokkige elementen (A5) komen meestal op wat zwaardere gronden voor en kunnen wel eens een goede, doch ook wel een matige beworteling te zien geven. Dit is sterk afhankelijk van de aggregaatgrootte, van de porositeit en van de structuurgraad. Kleine aggregaten, tot ongeveer 1 cm grootte, voldoen matig tot goed. Voor jonge wortels zijn ze meestal niet zo geschikt. Grotere elementen zijn nadelig, vooral als dit samengaat met een hoge structuurgraad. De kwaliteit voor de beworteling wordt grotendeels bepaald door de poriën. De betekenis van deze poriën kan door aanwezigheid van huidjes op de structuurelementen sterk worden verminderd. De geschiktheid van deze structuurvorm wordt mede bepaald door de diepte waarop hij voorkomt. In de bovenlaag van een bodem voldoet hij weinig, in de regel nog minder dan in een tussenlaag. Blokkige elementen komen vaak gemengd met andere structuurvormen voor (afgerond-blokkige, granulaire, prismatische en kluitenstructuren).

PRISMATISCHE ELEMENTEN

Samengestelde prismatische structuren (B3) komen in goed ontwikkelde vorm over-

Fig. 8 Enkelvoudig prisma (B5c) met een pershuidje en wortelsporen ($\beta 2$)



2 cm

Fig. 8 Simple prism (B5c) with a coating formed by compression and root traces ($\beta 2$)

wegend in zwaardere bodemlagen voor. Ze komen in droge omstandigheden voor in tussenlagen of in ondergronden. Samengestelde prismata zijn meestal maar matig geschikt voor beworteling. Als gevolg van zwel- en krimverschijnselen zijn ze periodiek minder doorlatend voor water en lucht. Dit hangt natuurlijk af van de porositeit van de samenstellende delen. Hoge structuurgraden zijn des te minder nadelig naarmate de samenstellende elementen kleiner en poreuzer zijn en er geen huidjes op worden aangetroffen.

Enkelvoudige prismatische structuren (B5) zijn meestal weinig geschikt voor beworteling; ze komen in zwaardere lagen in de ondergrond voor. Ze zijn des te ongunstiger naarmate de elementen groter worden, de structuurgraad hoger en de porosi-

teit geringer is, en als meer huidjes optreden. Huidjes dekken de eventueel in de elementen voorkomende poriën af. De wortels kunnen dan moeilijk de elementen binnendringen en groeien over de breukvlakken. Bij een grote porositeit en een lage structuurgraad kan de betekenis daarentegen gelijkgesteld worden met de overeenkomstige gatenstructuur (sponsstructuur). Enkelvoudige prismatische elementen zijn meestal een teken van een slechte ontwateringstoestand. Bij een verbeterde drooglegging kan deze structuurvorm overgaan in samengestelde prismata.

COLLAPSSTRUCTUREN

Collapsstructuren (E1) komen op de oppervlakte van de bodem voor als gevolg van een geringe stabiliteit, vooral op lichte en fijnzandige gronden. Ze zijn ongunstig voor gezaaide gewassen. De meeste gewassen echter wortelen niet oppervlakkig; wel ondervinden ze nadelen van de slechte doorlatendheid van een slempkorst.

FIJNMACROSCOPISCHE BOUWPATRONEN

Van deze structuurvorm komen de brugstructuren (F2) het meeste voor. Ze zijn bij een geringe porositeit ongeschikt voor de beworteling en slecht doorlatend. Men treft ze in sommige, vooral lichte en fijnzandige tuinbouwgronden, zowel in de bovengrond als in een tussenlaag aan. In de regel zijn ze het gevolg van structuurverval; brugstructuren ontstaan onder invloed van grondbewerkingen. Een enkele keer worden ook betonstructuren (F1) aangetroffen, vooral op gronden waarin ook grof zand voorkomt. Verder geldt hier wat reeds voor brugstructuren werd vermeld.

GATENSTRUCTUREN

Gatenstructuren zijn belangrijk in diepere bodemlagen. De poreuze sponsstructuur (G1b) is bij een goede porositeit de beste ondergrondstructuur. Lagen met deze soort structuur zijn zeer intensief doorworteld, mits de ontwatering in orde is en de betreffende laag niet is verkit. Men ziet dat de wortels zich dan in alle richtingen hebben kunnen ontwikkelen. De ervaring leert dat deze structuurvorm voorkomt in lagen met een slibgehalte tussen 10 en 35%.

De fijnporeuze sponsstructuur (G1c) heeft reeds aanzienlijk minder goede eigenschappen.

Sponsstructuren met overwegend verticale gangen (G1a 3) zijn nog minder geschikt dan de laatstbeschreven structuurvorm. Op lichte en/of fijnzandige gronden treft men ze aan als overgang van sponsstructuren naar een gelaagde ondergrond. Het aantal en de grootte van de gangen bepalen de mogelijkheden voor de beworteling en de vochtberging. Beworteling kan doorgaans alleen in verticale richting plaatsvinden en ook de hydrologische eigenschappen zijn in de regel niet gunstig.

GEËRFDE MACROBOUWPATRONEN

Deze structuurvorm komt overwegend in de ondergrond voor. Ze wordt gemakshalve wel 'gelaagd complex' genoemd. De gelaagdheid kan sterk uiteenlopen, zonder dat dit in de structuur aanduiding tot uitdrukking kan worden gebracht. Als de gelaagdheid niet verstoord is (H1), ontbreekt beworteling vrijwel steeds. Dan is echter de wijze en aard van gelaagdheid van belang voor de doorlatendheid. De dikte en samenstelling van de afzonderlijke laagjes kunnen echter van plek tot plek uiteenlopen.

Fig. 9 Een poreuze sponsstructuur (G1b) uit een ondergrond, op horizontale breuk gezien. Vele soorten poriën en gangen als gevolg van biologische activiteit

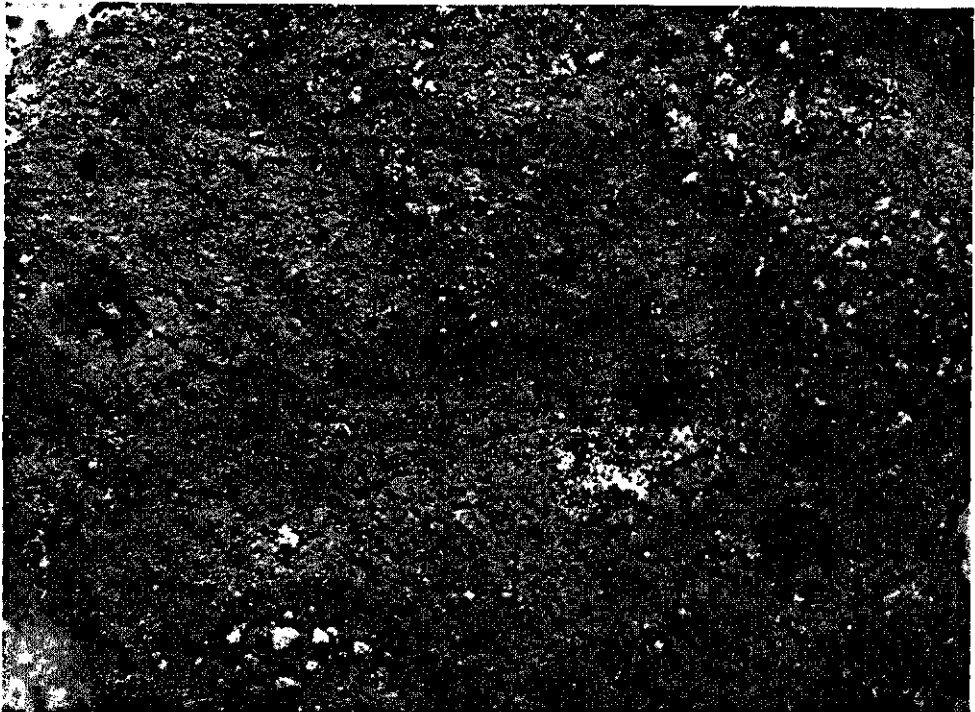


Fig. 9 A porous spongy structure (G1b) from a subsoil, viewed on a horizontal fracture. The many different types of pores and voids are due to biological activity

Indien de gelaagdheid verstoord is (H2) worden zowel de mate en aard van de storing als de samenstelling van de laagjes voor de bewortelbaarheid van belang. Een nadere aanduiding van de porositeit, de samenstelling en de dikte van de laagjes zou nodig zijn om de bewortelbaarheid en de hydrologische eigenschappen aan te geven. Over het algemeen zijn geërfde macrobouwpatronen des te ongunstiger in een ondergrond naarmate de laagjes zandiger en dikker worden. Slibrijkere laagjes zijn vaker gestoord dan slibarme.

ENKEL-KORRELSTRUCTUREN

In zandgronden of zandige lagen vindt men enkel-korrelstructuren. De onderscheiding tussen dichtgepakt (J1) en half-open gepakt (J2) zand is vrij moeilijk. De bewortelbaarheid van lagen met deze structuurvormen is lastig vast te stellen, behalve in extreme gevallen. Dichtgepakt zand is dan niet, half-open gepakt zand wel bewortelbaar.

2.2.4.4 De interpretatie van het bewortelingsprofiel

Over de betekenis van het bewortelingsprofiel voor de produktie van gewassen

valt niet zo veel met zekerheid te zeggen, zoals ook VAN DEN BERG (1955) en OTTO (1959) al opmerkten. Wel kan men uit het bewortelingsbeeld afleiden welke mogelijkheden de bodem de plant voor beworteling aanbiedt en hoe de plant daarvan gebruik maakt (JONKER, 1958; VAN LIESHOUT, 1960). Het wortelstelsel moet aan de behoefte aan opname van water en voedingsstoffen voldoen, waarbij een zeker verband tussen de hoeveelheid wortels en de bovengrondse ontwikkeling bestaat (BROUWER, 1963). Soms wordt reeds aan deze behoefte voldaan door een beperkt wortelstelsel; er zijn ook gevallen waarin een uitgebreide beworteling nog onvoldoende in staat is om voor een goede produktie zorg te dragen (GOEDEWAAGEN, 1955). Vermoedelijk is in een groot aantal door ons onderzochte gevallen het wortelstelsel naar omvang middelmatig ontwikkeld geweest. Betrekkelijk kleine verschillen in omvang zijn daarbij onder de meeste teeltomstandigheden nauwelijks merkbaar. Zodra echter de beworteling zeer beperkte afmetingen heeft, treden gemakkelijk storingen in de groei en de produktie op. Zo wordt begrijpelijk dat een uitgebreid wortelstelsel als 'veilig', en een beperkte wortelontwikkeling als riskant wordt beschouwd (JONKER, 1958; VAN LIESHOUT, 1960).

Als algemene regel hebben wij bij ons onderzoek eveneens gevonden dat goede gewassen in een aantal gevallen wel eens een matige ontwikkeling van het wortelstelsel vertoonden, maar ook dat een goed ontwikkeld wortelstelsel niet bij een slecht gewas werd aangetroffen. De mening dat een diepe en intensieve doorworteling van een bodemprofiel niet noodzakelijk is voor een goede stand van het gewas, blijkt met onze waarnemingen overeen te stemmen. Hiertegenover staat dat naarmate de wortelontwikkeling relatief beter is, het teeltrisico geringer wordt. Bij een beperkte wortelontwikkeling moet men de teeltomstandigheden beter beheersen, zoals bij sommige teelten mogelijk is. Fouten in de bodembehandeling of in de verzorging van het gewas, die onvermijdelijk wel eens worden begaan, hebben bij een goed ontwikkeld wortelstelsel niet die schadelijke uitwerking op het gewas die ze bij een slecht ontwikkeld wortelstelsel hebben. Bij opengrondsteelten en soms ook wel bij teelten onder glas moet men rekening houden met het voorkomen van extreme weersomstandigheden, waarvan men de invloed niet steeds kan uitschakelen (HASSELO, 1961). Bij ons onderzoek hebben wij langs empirische weg trachten vast te stellen, wat onder de huidige teeltomstandigheden als een 'veilige' omvang van het wortelstelsel van een aantal gewassen kan worden beschouwd.

2.3 Beschrijving van enkele hoogproducerende gronden

Bij vergelijking van de bodembeschrijving van een groot aantal tuinbouwbedrijven, valt het op dat de bodem van bedrijf tot bedrijf nogal uiteenloopt. Ook van perceel tot perceel en van kas tot kas op één bedrijf, en van het ene tijdstip tot het andere vertoont de bodem aanzienlijke verschillen. Deze verschillen kunnen hun oorzaak vinden in de wijze van ontstaan of in de wijze van behandeling van de bodem. De wijze van behandeling moet daarom afgestemd worden op de toestand van de bodem op het betreffende perceel of de betreffende kas. Soms is het zelfs noodzakelijk bepaalde plekken afzonderlijk te behandelen. Men denke bijv. aan de verzorging van de rij- of plukpaden ten opzichte van de beplante stroken. De gebruikswijze van de bodem kan soms aanleiding zijn voor het ontstaan van minder gunstige bodem-

omstandigheden. Zo kunnen het doorspoelen van kasgronden of het achterwege laten van vruchtwisselingen e.d. bepaalde effecten veroorzaken, waardoor bijzondere bodemkundige maatregelen nodig zijn.

Een ander opvallend verschijnsel is dat de meeste beschreven gronden een beperking in enigerlei vorm bezitten. Zo hebben jonge tuinbouwgronden nog een onvoldoende rijpheid (VAN DER KLOES, 1958), oudere gronden kunnen degeneratieverschijnselen vertonen.

Voor elk gewas dat besproken wordt, is getracht een beschrijving te geven van een of meer kenmerkende gronden van goed geleide, hoogproducerende bedrijven. De wijze van beschrijving die is gevolgd, is die welke steeds meer ingang vindt bij de Rijkstuinbouwvoorlichtingsdienst; ze vervangt de oude manier, waarbij aan de hand van boorgegevens profieldoorsneden en bodemkaarten werden vervaardigd. Bij de thans gevolgde werkwijze beschrijft men de bodem op één of meer kenmerkende plaatsen van het perceel. Deze plaatsen zoekt men uit aan de hand van landschapskenmerken, verschillen in hoogteligging, in gebruiksgeschiedenis of in stand van de gewassen, en verder op aanwijzingen van de grondgebruiker enz. Uit de bodembeschrijving, gemaakt in profielkuilen en uit andere beschikbare gegevens, leidt men het advies over de geschiktheid en de behandeling van de bodem af. Zonodig kan de begrenzing van de gevonden bodemeenheden in kaart worden gebracht. Dit is echter nauwelijks werk voor specialisten. De adviezen worden zoveel mogelijk schriftelijk gegeven, omdat dit een aantal voordelen biedt: men legt hiermee de gegevens goed vast en heeft deze later zonodig beschikbaar. Voor de tuinder kan een schriftelijk advies betekenen dat er vergissingen of misverstanden worden voorkomen. Zonodig kan het dienen bij de uitvoering van bepaalde werkzaamheden door anderen. De gegeven voorbeelden zijn beperkt tot de bodembeschrijvingen. Deze worden steeds zowel in vaktermen als in een meer algemeen gangbare, voor de tuinder begrijpbare terminologie gegeven.

2.4 Het bodembehandelingsadvies

De verschillende profielgegevens kunnen geïnterpreteerd worden als potentieel bewortelingsprofiel. Men heeft daarmee de mogelijkheid om hierop zowel het bodemgeschiktheids- als het bodembehandelingsadvies van tuinbouwgronden te baseren. Hoewel de kennis van de betekenis van een aantal factoren nog onvolledig is, zijn voldoende aanwijzingen verkregen om op een aantal belangrijke vragen uit de praktijk antwoord te geven.

Het advies over de geschiktheid en de behandeling van gronden welke in gebruik zijn voor tuinbouw, vormt één geheel. Immers, bij de geschiktheid van een bodem voor de teelt van een bepaald gewas beoordeelt men de bewortelingsmogelijkheden van lagen waaruit de bodem is opgebouwd. Hierbij zijn zowel de eigenschappen van de afzonderlijke lagen alsook de wijze van opeenvolging van lagen in het profiel betrokken. Zelfs indien een bodem wordt aangetroffen zonder gebreken en ook indien de waterhuishouding aan alle eisen voldoet, zal zo nu en dan behoefte aan een advies bestaan. Dit kan bijv. betreffen het tijdstip en de wijze van beregening, de aard, de hoeveelheid en de verwerking van organische stof, de meest geschikte grondbewerking, de bodembedekking en in bepaalde gevallen ook het effect van

uitspoeling, grondontsmetting en vruchtopvolging.

Dat deze bodembehandeling een bijzondere betekenis krijgt bij het voorkomen van minder geschikte lagen, bij een gebrekkige ontwatering of voor droogtegevoelige gronden, spreekt vanzelf. Zo houdt het bodembehandelingsadvies tevens een geschiktheidsoordeel in. Omgekeerd kan een geschiktheidsoordeel niet los van een bodembehandelingsoordeel worden gezien, omdat in veel gevallen, waar een mening over de mogelijkheden van een bodem voor tuinbouw wordt gevraagd, de behandelingsmaatregelen bepalend kunnen zijn voor de grootte van de investerings- en onderhoudskosten.

Zoals in voorgaande paragrafen reeds ter sprake is gekomen, moet het bodemkundig advies steeds nauw afgestemd zijn op de nieuwste ontwikkelingen. Niet alleen nieuwe of verbeterde bodembehandelingsmaatregelen spelen hierbij een rol, ook de ontwikkelingen op ander terrein zijn belangrijk. Nieuwe plant- en oogstwerktuigen, moderne kassen met meer licht en een betere klimaatregeling, verbeterde rassen en nieuwe teeltmethoden e.d. kunnen verandering brengen in het bodemkundig advies. Door de bewaar- en conserveermethoden worden hogere eisen gesteld aan de tuinbouwprodukten, waardoor bepaalde bodemkundige aspecten van meer belang kunnen worden. Het is dus zaak dat de bodemkundige adviezen ook voortdurend aangepast blijven aan allerlei ontwikkelingen in de tuinbouw.

Als basis voor de behandelingsadviezen van de specialisten van de Rijkstuinbouwvoorlichtingsdienst is vrijwel alleen praktijkervaring beschikbaar, die bovendien vaak weinig vastgelegd en geordend is. In de paragrafen van de diverse teelthoofdstukken die over de bodembehandeling gaan, is getracht de huidige stand van de diverse maatregelen van bodembehandeling voor de betreffende teelt weer te geven. Voor zover mogelijk is de praktische bodembehandeling bezien vanuit bodemkundig standpunt. Er zijn evenwel ook andere overwegingen die kunnen gelden bij het totstandkomen van bepaalde ingrepen.

2.4.1 De ontwatering

Hoewel de watervoorziening bij de behandeling van de diverse teelten wel ter sprake komt, zal het accent grotendeels op de ontwatering vallen.

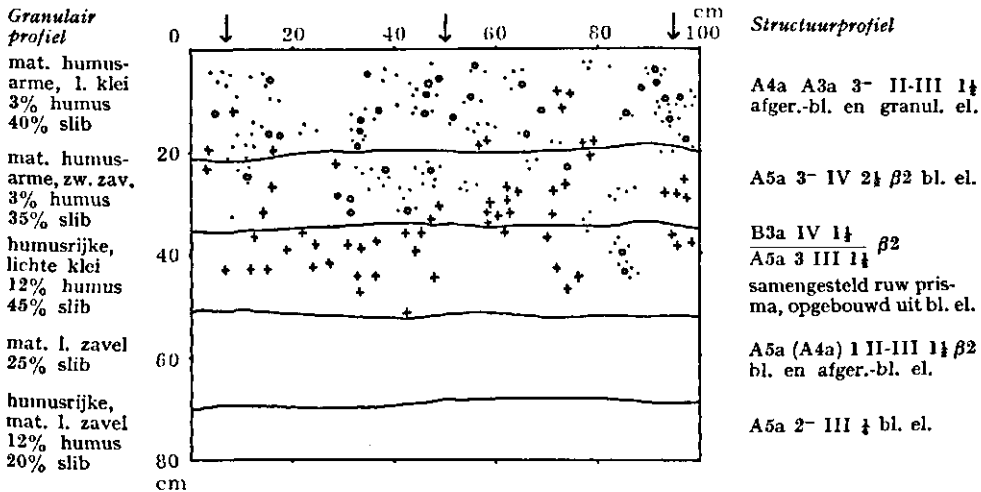
Dat een bodemkundig onderzoek bij een ontwateringsadvies als uitgangspunt dient, wordt in tuinbouwkringen vrijwel algemeen aanvaard. Hoewel de kennis van de doorlatendheid en vochtberging nog te gering is, levert het structuurprofiel voorlopig een goed uitgangspunt voor de vaststelling van de ontwateringsbehoefte. Dat men kan aangeven welke voor beworteling potentieel geschikte lagen door ontwatering ontsloten kunnen worden, is een belangrijk voordeel van de toepassing van structuurbeoordelingen.

De bewortelingsmogelijkheden van een bodem kunnen soms gerealiseerd worden door een verbeterde waterhuishouding, omdat wateroverlast naar onze ervaring nog zeer veel optreedt. Bedoelde gevallen treft men het meeste aan bij bodemlagen dieper dan ± 50 cm.

Een ander opvallend verschijnsel is echter dat ook hoger in de bodem nogal eens wateroverlast kan optreden. Dit is meestal een gevolg van de structuur van een voor water weinig doorlatende laag.

Fig. 10 Bewortelingsprofiel van tomaten op een matige bodem. De te ondiepe beworteling is echter in de eerste plaats aan een onvoldoende ontwatering en een te overvloedige beregening te wijten. Door een doelmatiger ontwatering zouden de goed poreuze bodemlagen tussen 50 en 70 cm diepte ontsloten kunnen worden. De produktie van het gewas liet veel te wensen over

TOMAAT MONEYMAKER, DE LIER: geplant februari 1961; zeer matig gewas; opname 8 juni 1961



Hydrologisch profiel: gedraineerd op 6 × 0,70 m; grondwaterstand op 0,65 m — maaiveld; eindbuizen liggen beneden slootpeil

Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 10 Root-system profile of tomatoes on a moderately good soil. However, the insufficiently deep root formation is primarily due to inadequate drainage and excessive irrigation. More effective drainage might open up the porous soil layers to a depth of from 50 to 70 cm. The production was sub-standard

Bij de watertoediening is een aantal factoren belangrijk. Het beste tijdstip waarop water toegevoegd dient te worden, is niet alleen afhankelijk van de eisen van het gewas, maar bijv. ook van de mogelijkheid en de duur van herbevochtiging van de bodem. Te sterke uitdroging kan voor sommige humusrijke gronden nadelig zijn, maar zij is het ook voor kleigronden, die veel vocht nodig hebben om weer op peil te komen. Hoe langer de herbevochtiging duurt, des te moeilijker wordt het om bij de benodigde grote hoeveelheden water geen structuurbederf of zelfs tijdelijke wateroverlast te veroorzaken (STRIJBOSCH, 1960).

De wijze van watervoorziening heeft eveneens bodemkundige aspecten. Bovengrondse watergiften kunnen structuurbederf in de hand werken, waartegen passende maatregelen nodig zijn. Op hiervoor gevoelige gronden is het zaak niet te grote hoeveelheden water tegelijk toe te dienen. Regeninstallaties met niet te grote capaciteit en bedekking van de grond met een gewas of met organische stof zijn hier de aangewezen middelen.

2.4.2 De bodembewerking

Dat in de bodem ongunstige lagen voorkomen, kan men vaststellen bij de bestude-

ring van de bodem. De aard van de ongunstige eigenschappen en de diepte van voorkomen beneden maaiveld kunnen, gezien in het licht van de mogelijkheden, aanleiding zijn tot het geven van een bodembewerkingsadvies. Meestal moeten zowel de bewortelbaarheid als de waterdoorlatendheid en het vochthoudend vermogen worden vergroot. Een afdoende waterbeheersing is voorwaarde om succes van een mechanische ingreep te kunnen verwachten. De beste tijd voor een mechanische grondverbetering ligt in het late voorjaar en de vóórzomer. De kennis, opgedaan bij het bestuderen van het verband tussen bodemstructuur en beworteling van tuinbouwgewassen, leert dat de beste structuren door biologische processen tot stand zijn gekomen. Dit noopt tot terughoudendheid bij het adviseren van mechanische bewerkingen. Naar onze ervaring zijn dergelijke ingrepen weliswaar onontbeerlijk, maar een mechanische bewerking is slechts verantwoord als men tevens maatregelen neemt om de levensgemeenschap van de bodem te stimuleren. Hoewel over biologische processen in de bodem nog vrij weinig exacte gegevens bekend zijn, zal hieraan toch enige aandacht worden geschonken in het hoofdstuk over de teelt van appels.

2.4.3 De voorziening met organische stof

Ter verkrijging van een grote biologische activiteit in de bodem kunnen, naast het achterwege laten van nadelig werkende ingrepen, een aantal stimuleringsmaatregelen worden genoemd. De belangrijkste hiervan zijn de waterbeheersing en de voorziening met organische stof. Andere maatregelen vallen hier buiten beschouwing. De beide eerstgenoemde maatregelen bevorderen niet alleen de ontwikkeling van de levensgemeenschap, maar moeten ook de degeneratie van het verkregen effect van de bodemverbetering tegengaan. Hoewel van de meeste tuinbouwgronden het gehalte aan organische stof bekend is uit analyserapporten van grondmonsters, wordt dit gegeven eigenlijk niet gebruikt voor het advies over de toediening van organische materialen. Alleen bij extreem lage of hoge gehalten wordt van het humusgehalte gebruik gemaakt.

Bij sommige opengrondsteelten kan een passende combinatie van bescherming van het resultaat van een bewerking en de voorziening met organische stof worden bereikt door middel van een groenbemestingsgewas. Hoewel een pas diepbewerkte grond moeilijk berijdbaar is, verdient het aanbeveling om spoedig een gewas in te zaaien. Hiervoor zijn diep en intensief wortelende gewassen beschikbaar die tevens een voldoende bedekking geven.

Een wat kostbaarder werkwijze, die onder glas meer wordt toegepast, is het gebruik van aangevoerd organisch materiaal. Naarmate de opengrondsteelten intensiever zijn, vindt deze methode ook daar meer toepassing. De keuze van de toe te passen organische stof is afhankelijk van aard en eigenschappen van het toe te passen materiaal en van de te verbeteren bodemlaag. Indien de desbetreffende laag geen gevaar loopt te reduceren, gebruikt men verteerbare materialen, zoals stalmeest e.d. Op zware gronden gebruikt men deze slechts oppervlakkig. Bij gevaar voor reductie of bij toepassing in grote hoeveelheden verdienen niet-reduceerbare organische stoffen aanbeveling, zoals turfstrooisel en doorgevroren zwartveen.

3 Bodemkunde van appelbomen, geteeld op zavel- en kleigronden

3.1 Inleiding

De bodemkunde van zavel- en kleigronden, waarop appelbomen worden geteeld, is beter bestudeerd dan die van zandgronden. De verklaring van dit verschil moet enerzijds worden gezocht in het feit dat de fruitteelt op zandgrond vrij recent tot ontwikkeling is gekomen, en anderzijds omdat de geschiktheidsbeoordeling van zandgronden moeilijker is dan die van zavel- en kleigronden (VAN DER KLOES e.a., 1961). Er zijn enkele treffende verschillen tussen de teelt van appels op zandgrond en die op zavel- en kleigrond. De 'aanslag' van de boom verloopt op zandgrond sneller dan op zavel- en kleigrond, waardoor de produktieve periode vroeger begint. Sommige aanplantingen op zandgrond vertonen na een aantal jaren (8-12) een teruggang, terwijl ze op de meeste zavel- en kleigronden dan hun topproductie kunnen hebben. Deze moeilijkheden blijken veelal op te treden na extreme weersomstandigheden.

Uit de genoemde punten blijkt, dat de bodemkunde ten aanzien van appelbomen op zandgrond verschilt van die op zavel- en kleigrond. Mede door de praktisch nog moeilijk hanteerbare bodemkundige beschrijvingsmethode van de zandgrond, zien wij van een verdere bespreking hiervan af.

De betekenis van de appelteelt blijkt uit gegevens over de veilingaanvoer. Deze bedroeg in 1963/64 256 miljoen kilogram, geproduceerd op ruim 34.000 ha (Tuinbouwgid 1965). De produktiekosten bedroegen in 1964 \pm f 7.500 à f 9.000 per ha; de gemiddelde opbrengst was 22.000 à 26.000 ton per ha (volgens berekeningen van het L.E.I.). De moderne fruitteelt wordt bedreven op gespecialiseerde fruitbedrijven, die in grootte variëren van enkele tot tientallen hectaren. Op deze bedrijven wordt de voornaamste plaats ingenomen door appels. Ook teelt men wel andere fruitsoorten: het meeste peren. Tussenteelten van andere gewassen spelen een steeds geringere rol op dergelijke bedrijven.

Appelbomen zijn een meerjarig gewas; de levensduur van een boom wordt eerder bepaald door economische (rassenkeuze) dan door fysiologische factoren. Er zijn boomgaarden van ouder dan 50 jaar, er zijn er ook die reeds na 10 à 15 jaar worden vernieuwd. Als het gewas 'versleten' is, komt men voor de vraag te staan of herinplant gewenst is of dat 'verse' grond moet worden opgezocht. Hoewel dit voor een belangrijk deel een planteziektenkundige aangelegenheid is (HOESTRA en VAN MARLE, 1962; HOESTRA, 1964), zitten hieraan ook bodemkundige aspecten, waarover nog weinig onderzoek is verricht.

De snelheid van aanslag van de boompjes na de inplant bepaalt de lengte van de aanlooperperiode, de periode tussen inplant en produktie. Hoe sneller de produktie begint, des te gunstiger dit is. In de meeste gevallen worden tweejarige oculaties in het late najaar ingeplant; de produktie begint na 3 à 5 jaar, afhankelijk van ras en onderstam. Zwakgroeïende (EM IX) onderstammen hebben de voorkeur vanwege

de vroeg intredende vruchtbaarheid. Matig sterke (EM VII, IV, II en I) of sterke (EM XI en XVI) onderstammen veroorzaken een latere aanvang van de produktieperiode. Zwakke onderstammen stellen echter hogere eisen aan de bodem dan matig sterke of sterke onderstammen. Sommige rassen (Cox's Orange Pippin, James Grieve), vooral in combinatie met zwakke onderstammen, zijn bijzonder gevoelig voor de bodemomstandigheden. De keuze van ras en onderstam, hoewel in eerste instantie bepaald door economische factoren, is daardoor sterk afhankelijk van de toestand van de bodem (DE BAKKER, 1947; HULSHOF en VAN LIER, 1956; VAN DER MEER, 1952; VAN NISPEN TOT PANNERDEN, 1955; PIJLS, 1951; DE VOS, BRAAMS en TEN CATE, 1960). Men tracht te streven naar een bedekkingsgraad waarbij men de beste teeltresultaten bereikt. Onder bedekkingsgraad verstaat men de verhouding van de projectie van de boomkronen tot de gehele oppervlakte van het perceel; bij afgeplatte spil $\pm 40\%$ (VAN OOSTEN en SPOOR, 1952).

Sommige telers bedrijven de eerste jaren na de inplant een tussenteelt. Vooral hakvruchten zijn echter nadelig, omdat de oogstwerkzaamheden een minder goede invloed hebben op de structuur.

In kringen van fruittelers is men er algemeen van overtuigd dat de bodemkundige toestand van grote betekenis is voor de grootte en de kwaliteit van de produktie. Dit is de reden dat men alom bij de inplant van percelen, maar ook bij de behandeling van de bodem tijdens de teelt, bodemkundig advies inwint. Dat er in de fruitteelt veel gebruik is gemaakt van bodemkundige adviezen, wordt wellicht mede veroorzaakt door de lange aanloopperiode, de duur van de teelt en de hoge bedragen die men momenteel moet investeren: f 17.000 à f 18.000 per hectare, ongeacht grond en gebouwen.

3.2 Karakterisering van de bodem

Hoewel de appel wellicht bodemkundig het meest bestudeerd is van alle tuinbouwgewassen, konden duidelijke geschiktheidscriteria tot nu toe moeilijk uit de beschikbare gegevens worden afgeleid. Voor een belangrijk deel moet dit worden toegeschreven aan de moeilijkheden die men bij het onderzoek ondervindt. Hiertoe behoren de benodigde, relatief grote oppervlakte grond, waardoor het onderzoek kostbaar wordt, en de lange duur van fruitteeltkundig onderzoek. Daarbij komt nog de grote invloed die er van de weersfactoren en van de verzorging van de aanplant door de fruitteler op de produktie uitgaat. Hierdoor kunnen verschillende appelpercelen moeilijk met elkaar worden vergeleken, tenzij men er een groot aantal bij betreft en gegevens over vele jaren verzamelt. Hierbij treedt echter een sterke variatie van een groot aantal moeilijk meetbare factoren op, waardoor de invloed van afzonderlijke bodemfactoren niet steeds voldoende naar voren komt, zoals blijkt uit onderzoek van VAN DER BOON en BUTIJN (1961).

De hierna te vermelden karakteristieken van de bodem met betrekking tot de teelt van appels zijn grotendeels gebaseerd op eigen waarnemingen en op ervaringen van fruittelers en de voorlichtingsdienst, voor zover mogelijk aangevuld met literatuurgegevens. De aangehaalde literatuur heeft voornamelijk betrekking op Nederlandse omstandigheden. Verschillende onderzoekers hebben ook buitenlandse publikaties in hun studie betrokken (DE BAKKER, 1950; BUTIJN, 1961; Bos, 1959).

3.2.1 Het granulaire profiel

De granulaire opbouw van de bodem is van betekenis bij de geschiktheidsbeoordeling voor de teelt van appels. In de beschikbare gegevens treft men geen duidelijke maximumgrens aan voor de hoeveelheid afslibbare delen van de bovengrond. Een maximum in verband met de bewerkbaarheid van de bovengrond behoeft eigenlijk niet te worden gesteld, omdat in de fruitteelt de bovengrond tegenwoordig maar een enkele maal wordt bewerkt. Wel kan een zware grond nadelig zijn, omdat de voedingstoestand en/of de water- en luchthuishouding te wensen kan overlaten. Daarom bestemt men bij voorkeur al te zware grond niet voor de appelteelt. Een minimumgehalte aan afslibbare delen wordt voor zavelgronden wel gewenst geacht vanwege de slempevoeligheid. Globaal gezegd refereert men gronden van 20 à 25% tot 45% afslibbaar (DE BAKKER, 1950; BENNEMA en VAN DER MEER, 1952; DU BURCK, 1957; EDELMAN e.a., 1950; POWER en VAN BLIJDERVEEN, 1964; PIJLS, 1948).

De betekenis van de granulaire samenstelling van de bodem onder de bovengrond houdt ook verband met de bewortelbaarheid en daardoor met de voor de boom beschikbare hoeveelheid vocht. Er wordt vermeld dat de bewortelbaarheid van bepaalde ondergronden afneemt naarmate er meer zand aanwezig is (BUTIJN, 1954, 1955; EDELMAN, 1953; GOEDEWAAGEN e.a., 1955; VAN HENNIK, 1959). Ook andere lagen worden storend genoemd (VAN DIEPEN, 1952; EGBERTS, 1950; PIJLS, 1951), zelfs nog op een diepte van 130-160 cm beneden maaiveld (VAN DER BOON en BUTIJN, 1961).

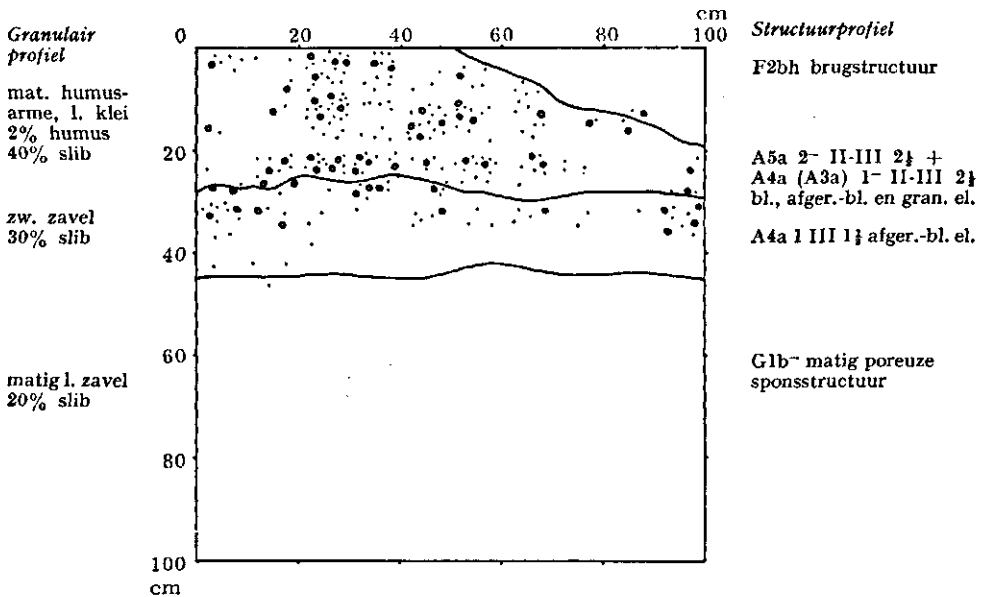
Het blijkt dat verschillende onderzoekers de voorkeur geven aan een gelijkmatige granulaire opbouw van de bodem voor de teelt van appelbomen. EDELMAN e.a. (1950), EGBERTS (1950) en PIJLS (1948) wezen vooral op de betekenis van een zgn. aflopende profielopbouw voor fruitteeltgronden. Dit zijn gronden die naar onderen toe een geleidelijk lichter wordende samenstelling bezitten. Deze mening berust op waarnemingen in een periode toen bij de geschiktheidsbeoordeling nog grotendeels op de granulometrische opbouw van de bodem werd afgegaan (EDELMAN e.a., 1963). Het is gebleken dat niet zozeer de samenstelling, maar wel de daarmee vaak gepaard gaande topografische ligging van de bodem en de structuur van de verschillende bodemlagen bepalend zijn voor de geschiktheid. Veel door ons onderzochte aflopende profielen in het rivierkleigebied en ook elders, blijken een uitstekende structuur in de ondergrond te bezitten. Deze goede eigenschap, te zamen met de gunstige natuurlijke ontwateringstoestand (EDELMAN e.a., 1963), moet verantwoordelijk worden gehouden voor de goede kwaliteit van deze zgn. aflopende gronden.

3.2.2 Het hydrologische profiel

Volgens BUTIJN (1961) is enige wateroverlast van december tot en met februari voor wortels van appelbomen niet nadelig. Daarentegen constateerde hij ernstige schade als na half april wateroverlast optrad. De grondwaterstand in begin mei zou volgens hem bepalend zijn voor de diepte van beworteling. In de voorjaars- en zomerperiode zouden bij een doorgaans dalende grondwaterspiegel de boomwortels die zich 's winters in het grondwater bevinden, weer actief kunnen worden. In de

Fig. 11 Bewortelingsprofiel van een 2-jarige appelboom op een zwakke onderstam (A), en van een 5 jaar oude, reeds producerende appelboom op een matig sterke onderstam met een volledig ontwikkeld wortelstelsel (B). De zwaarder wordende ondergrond is bij B tussen 90 en 125 cm diepte nog poreuzer dan het lichtere deel tussen 45 en 90 cm. Bij de jonge boom ziet men de invloed van de rijstrook en van een daarop groeiend bodembedekkend gewas, waardoor de worteluitbreiding wordt geremd (rechts)

A. APPEL GOLDEN DELICIOUS OF EM IX, KLAASWAAL: geplant november 1962; profielkuil loodrecht op rijstrook, 0,80 m van de boom; gewas nog niet in productie; opname 18 november 1964

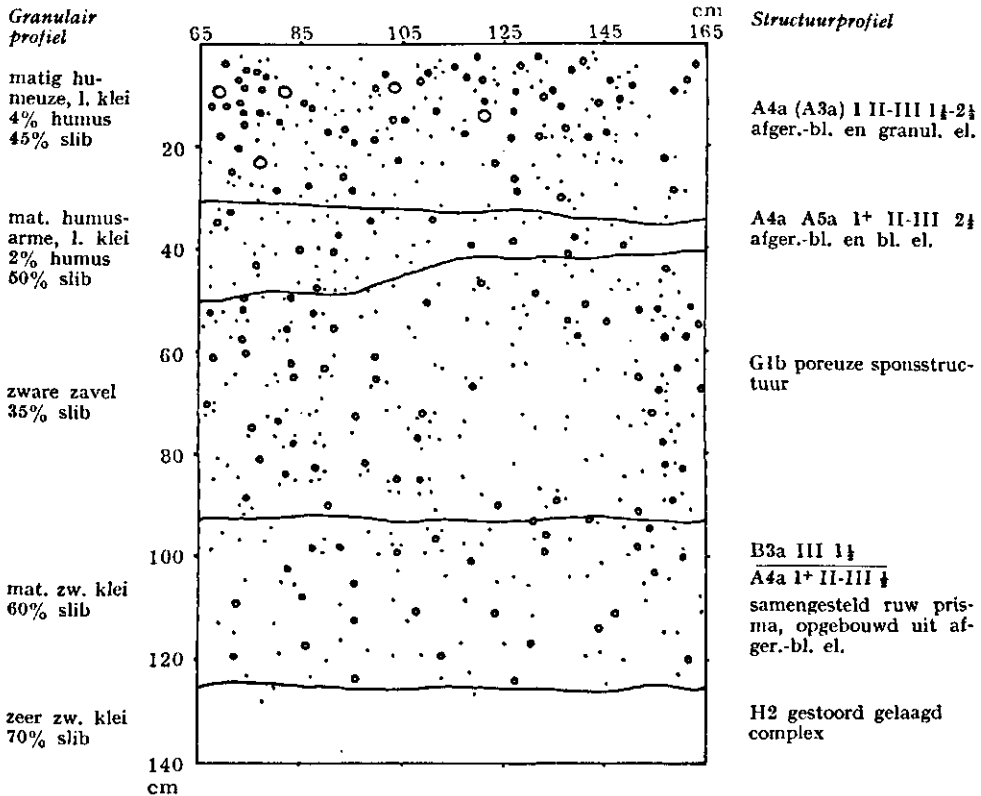


Hydrologisch profiel: gedraineerd op 12 x 1 m; grondwaterstand op 0,75 m - maaiveld; reductie vanaf 1,00 m

rustperiode hebben de wortels weinig zuurstof nodig, in het groeiseizoen daarentegen veel. Ook uit eigen waarnemingen is gebleken dat overtollig water in de wortelzone van appelbomen gedurende het groeiseizoen ongewenst is. Men zou hieruit kunnen afleiden, dat desnoods enige wateroverlast in de winterperiode geaccepteerd kan worden. Anderzijds is het de vraag of het niet veiliger is een zodanig diepe grondwaterstand na te streven dat ook in de rustperiode van de boom geen overtollig water in de bewortelde lagen kan voorkomen. Het verdient de voorkeur het grondwater steeds beneden 120 à 150 cm diepte te houden, of althans de mogelijk bewortelbare lagen afdoende droog te leggen. Alleen op gronden die slechts ondiep bewortelbaar en dientengevolge droogtegevoelig zijn, kan het nodig zijn een relatief hoge grondwaterstand in het begin van de groeiperiode te handhaven. Dit geldt uiteraard alleen indien niet beregend kan worden (BUIJN, 1952).

Wateroverlast kan ook boven het freatisch vlak optreden, indien bodemlagen van verschillende doorlatendheid aanwezig zijn. Lagen met een relatief geringe porositeit laten overtollige neerslag minder snel door dan beter doorlatende lagen. De diepte waarop dergelijke minder poreuze lagen in fruitgronden kunnen voorkomen, varieert van 15 tot 40 cm beneden maaiveld. Men treft deze lagen veelal aan op fruitpercelen die voorheen bouwland waren, of daar waar de bodembehandeling voor de fruitteelt

B. APPEL JAMES GRIEVE OP EM IV, MIJNSHERENLAND: gepland november 1959; gewas in productie; opname 21 juli 1964



Hydrologisch profiel: gedraineerd op 6 × 1,20 m; grondwaterstand op 1,25 m — maaiveld; reductie vanaf 1,25 m

Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 11 Root-system profile of a two-year-old apple-tree on a weak rootstock (A) and a five year-old apple-tree, already producing, on a moderately strong rootstock, with a fully developed root system (B). In the case of B the increasingly heavy subsoil is more porous at a depth of from 90 to 125 cm than the lighter part between 45 and 90 cm. The young tree shows the effect of the track and the cover crop growing on it, inhibiting root growth (right part)

te wensen overlaat. Afgezien van de voortdurende achteruitgang van de structuur, ook van de hogergelegen lagen, kan als gevolg van stagnerend water ernstige schade aan het wortelstelsel optreden.

3.2.3 Het structuurprofiel

Uit onze waarnemingen op appelpercelen is een aantal gegevens van het structuurprofiel te vermelden (HULSHOF, VAN DER KLOES EN SCHELLEKENS, 1960). Wij volstaan met enkele algemene kenmerken van het structuurprofiel van gronden in aanplantingen waarbij de rijpaden begroeid zijn met een bedekkend gewas en de boomstroken onbegroeid worden gehouden.

De structuur van de allerbovenste (dek-)laag (5 à 10 cm) van de *bovengrond* is van belang, hoewel deze voor wortels van appelbomen slechts van beperkte betekenis is. De structuur van de deklaag heeft betekenis als bewortelingsmilieu voor een bodembedekkend gewas en – zonder begroeiing – als bufferlaag tegen sterke temperatuurschommelingen en verdampingsverliezen. Ook bij nachtvorst speelt de structuur van de deklaag een rol. Ter vermindering van de schade is een bezakte, min of meer gesloten liggende deklaag gewenst (SCHARRINGA, 1958). De deklaag moet verder onder vrijwel alle weersomstandigheden berijdbaar zijn en voorts moet deze perioden met overvloedige neerslag kunnen doorstaan. Uit een en ander moge blijken dat de eisen die onder bepaalde omstandigheden aan de structuur van de deklaag gesteld moeten worden, tegenstrijdig zijn. Deze structuur loopt op verschillende percelen en onder verschillende omstandigheden inderdaad sterk uiteen, hetgeen afhangt van de eigenschappen van de bodem, van de wijze van bodembehandeling, van de weersomstandigheden en van het tijdstip en de plaats van waarneming (BUTIJN en SCHUURMAN, 1957).

De boomstroken werden voorheen meestal onbegroeid gehouden door middel van grondbewerkingen. Dergelijke periodiek bewerkte grond kan na regenval korstvorming vertonen met collapsstructuren. Door de bewerking zijn kluiten ontstaan. In andere gevallen en ook onder een korst, bestaat de deklaag meestal uit afgerond-blokkige of blokkige elementen en kluiten tot 1 à 2 cm grootte. In toenemende mate wordt voor het onbegroeid houden van de boomstroken gebruik gemaakt van de chemische onkruidbestrijding. In een aantal gevallen kon worden waargenomen dat na enkele jaren van een dergelijke onkruidbestrijding de deklaag onder de bomen een toenemende mate van granulatie vertoonde. Onder de resten van de begroeiing, die de bodem enigszins bedekt houden, werd een grote biologische activiteit waargenomen, waardoor de granulatie is ontstaan. Dit zou er op kunnen wijzen dat van een nadelige werking van chemische onkruidbestrijding op de biologische activiteit voorlopig weinig blijkt.

In de begroeiende rijpaden wordt in het algemeen geen korst aangetroffen. Onder het bodembedekkende gewas treft men overwegend afgerond-blokkige, blokkige elementen en kluiten in de deklaag aan, soms met een belangrijk aandeel granulairen. Voor het bedekkende gewas is het van belang dat de elementen niet te groot (< 2 cm) en goed poreus zijn. In de wielsporen is de grond tot soms enkele decimeters diepte meestal sterk samengeperst. De groei van het bedekkende gewas laat in de wielsporen meestal als gevolg van de slechte structuur te wensen over (VOLZ, 1959; WIERSEMA, 1958).

Beneden de deklaag is de structuur van de bovengrond van veel belang, omdat hierin vaak veel vruchtboomwortels worden aangetroffen. In de jeugdfase van de bomen is de structuur van deze laag bepalend voor een snelle aanslag. De meest voorkomende structuren zijn de afgerond-blokkige en de blokkige. De mate van afronding van de elementen is sterk afhankelijk van de behandeling in de voorgaande perioden. Op slibrijke gronden treft men op oud bouwland overwegend blokkige elementen en ook kluiten aan. Bij oud grasland en op wat oudere fruitpercelen treden meer afgerond-blokkige en granulaire elementen op. Blokkige elementen en kluiten zijn meestal minder poreus. Porositeit en grootte kunnen sterk uiteenlopen.

Onder de bovengrond kunnen één of meer *tussenlagen* van enkele centimeters tot enkele decimeters dikte volgen. Deze hebben in de regel een van de bovengrond

Fig. 12 Appelwortels met jonge, witte, verdikte worteleinden. Deze jonge worteleinden zijn plaatselijk gekronkeld of afgeplat onder invloed van de slechte structuur (weinig poreuze blokkige elementen A5a 3-)



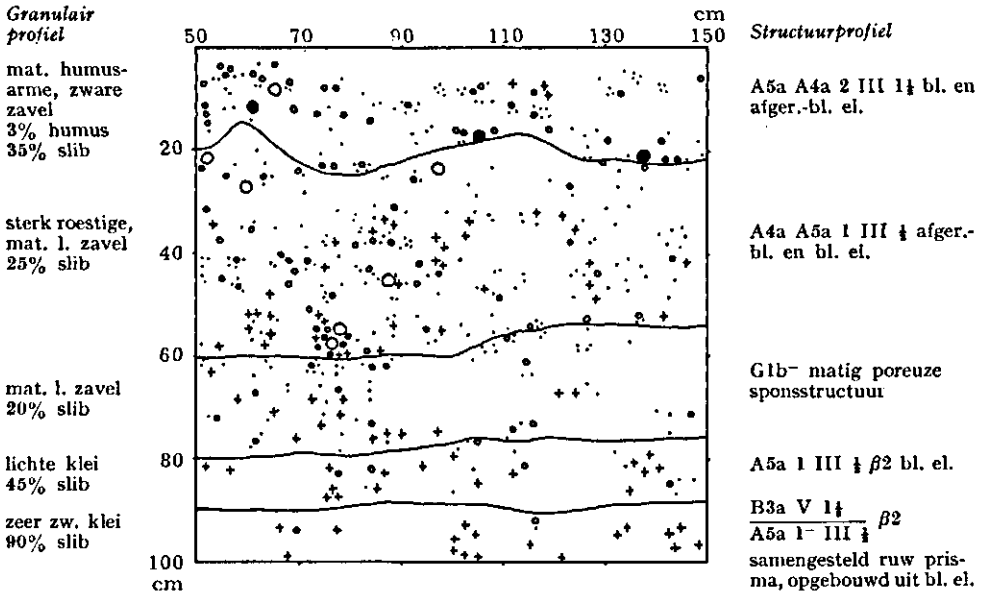
2 cm

Fig. 12 Apple roots with young, white, thickened root tips. These young root tips have in some places been twisted or flattened by the poor structure (slightly porous, blocky elements A5a 3-)

afwijkende, meestal minder goede structuur. Zulke lagen zijn, vooral bij abrupte overgangen en grote verschillen in structuur met de boven- en onderliggende lagen, nadelig voor de waterhuishouding van de bodem en de wortelontwikkeling. Veel voorkomende structuurvormen in dergelijke lagen zijn op zwaardere gronden: blokkige elementen, soms als onderdeel van samengestelde prismata, en op lichtere gronden: structuren zonder elementen (brugstructuren). Wat eerder gezegd werd van blokkige elementen, geldt ook als ze bestanddeel zijn van samengestelde prismata.

Fig. 13 Bewortelingsprofiel van twee ongeveer even oude (7 à 8 jaar) appelbomen op matig sterke (C) en zwakke onderstam (D). De boom in geval D heeft een goede beworteling. Enkele dode wortels in de ondergrond zijn te wijten aan een - later aangebrachte - nog te ondiepe drainage. De ontwikkeling van de boom is, sedert de ontwatering is aangelegd, sterk verbeterd; de produktie is goed. Hoewel de ondergrond bij C niet erg poreus is, kan toch een betere beworteling worden verkregen met een intensievere en diepere ontwatering. De vele dode wortels tonen dit aan. De bomen op dit perceel hebben een ongelijke stand en er is veel uitval geweest.

C. APPEL GOLDEN DELICIOUS OF EM IV, DEIL: geplant november 1956; ongelijke stand van de bomen met uitval; opname 26 april 1964

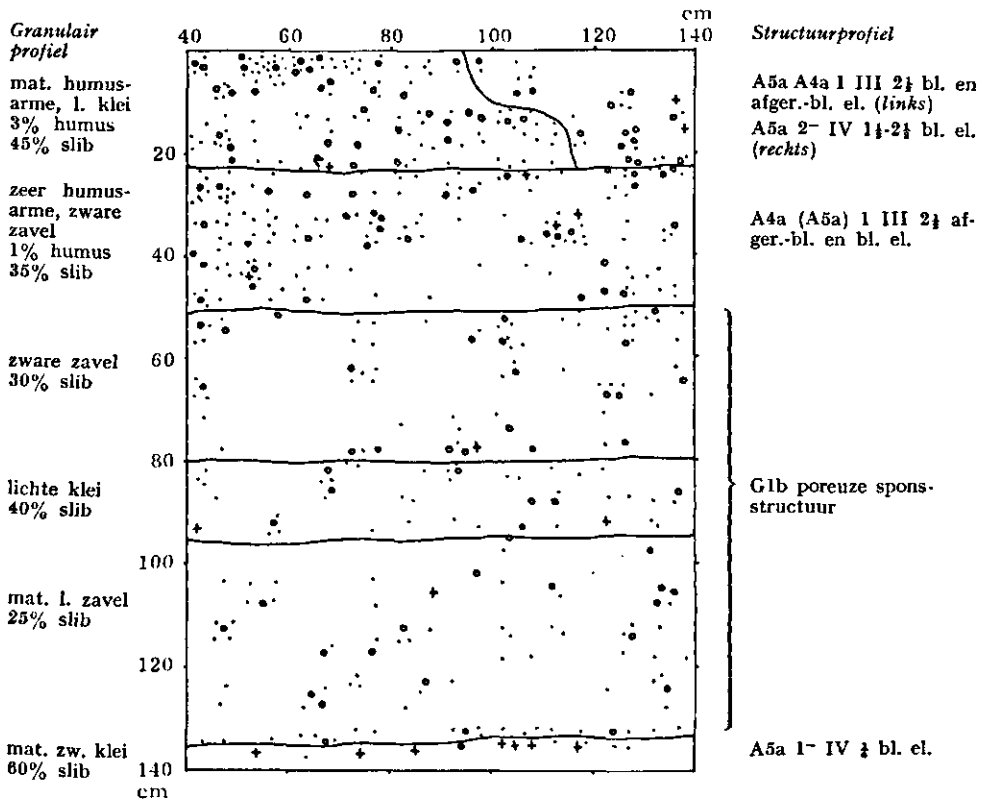


Hydrologisch profiel: gedraineerd op 13 × 0,60 m; grondwaterstand op 0,85 m — maaiveld; reductie vanaf 0,80 m

Wanneer hoge structuurgraden voorkomen, vooral op zwaardere gronden, zijn er soms huidjes aanwezig. Grootte en porositeit variëren nogal.

De structuur van de ondergrond is niet alleen van belang voor de beworteling van appelbomen, maar ook voor de doorlatendheid en de vochtberging. In de ondergrond komen meestal structuren zonder elementen voor, nl. gatenstructuren, geërfde macrobouwpatronen en, bij zandige ondergronden, de enkel-korrelstructuren. Er komen ook prismatische en holoëdrische vormen voor. Voor deze beide laatste categorieën geldt datgene wat voor hogergelegen lagen werd vermeld. In zavel- en kleigronden komen het meest sponsstructuren en gestoorde en ongestoorde geërfde macrobouwpatronen voor. Bij toenemende rijping kunnen hieruit structuren met elementen ontstaan: het eerst prismatische en later holoëdrische elementen, maar dit komt niet veel voor. In alle gevallen is de porositeit van veel belang. Daar waar in zavel- en kleigronden de ondergrond uit zand bestaat, is de pakking van het zand dicht of half los en is geen beworteling aanwezig.

D. APPEL GOLDEN DELICIOUS OP EM IX, GELDERMALSEN: geplant november 1958; na verbeterde ontwatering goede ontwikkeling van de bomen; opname 14 april 1965



Hydrologisch profiel: gedraineerd op 8 x 1 m; grondwaterstand op 1,45 m — maaiveld; reductie vanaf 1,35 m
Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 13 Root-system profile of two apple-trees of about the same age (7 to 8 years) on a moderately strong (C) and a weak rootstock (D). In case D the tree has a good root formation. Some dead roots in the subsoil are due to the insufficiently deep drainage that was subsequently laid. Since the drains were laid there has been a marked improvement in the development of the tree; the production is good. Although the subsoil is not very porous in C, a better root formation can be obtained with more intensive and deeper drainage. This is shown by the large number of dead roots. The trees on this plot have an irregular stand and there were many failures

3.2.4 Het bewortelingsprofiel

Zowel uit de literatuur als uit eigen gegevens blijkt dat de wijze van beworteling van belang is voor de groei en daarmee voor de produktie van appelbomen. Alvorens hierop nader in te gaan, geven wij eerst enkele bijzonderheden over het door ons verrichte wortelonderzoek bij appelbomen. Het betreft enkele honderdtallen gevallen, die evenwel niet steeds op een vergelijkbaar tijdstip werden bestudeerd. Het is overigens niet precies bekend welke betekenis moet worden toegekend aan de periode van het jaar waarin de bewortelingsopnamen worden verricht, zoals ook Bos (1959)

aan de hand van een literatuurstudie constateert. Het is ons gebleken dat het aantal jonge worteluiteinden niet steeds even groot is.

Het onderzoek vond steeds plaats aan de wand van een ongeveer twee meter lange en één meter diepe kuil bij bomen van minstens 5 à 7 jaar oud. De kuil werd, beginnend op enkele decimeters afstand van de boom, schuin van de bomenrij af (ongeveer onder een hoek van 45 graden) in het rijpad gegraven. Op deze wijze treft men een deel van de beworteling van de boomstroom en een deel van het rijpad.

In de literatuur vindt men verschillende gegevens over de bewortelingsdiepte van appels. Deze bewortelingsdiepte is van belang in verband met de hoeveelheid water en voedingsstoffen waarover de boom beschikken kan. Naarmate de bewortelingsdiepte groter is, zijn de kansen op voedingsstoornissen en verdroging geringer (DE BAKKER, 1950; BOS, 1959; BUTIJN, 1958, 1961; PIJLS, 1953; DE VOS, BRAAMS en TEN CATE, 1960). De door DE BAKKER (1950) onderzochte slechte plekken vertoonden meestal een bewortelingsdiepte van minder dan 70 cm. Hij acht een diepte van 80 à 100 cm gewenst. BUTIJN (1961) zag weinig verschil aan bomen met 80 cm of grotere worteldiepte. Hij spreekt van een droogtegevoelige grond indien de wortelzone 50 cm of dunner is. Zowel EDELMAN e.a. (1950) als EGBERTS (1948) achten voor stroomruggen en overslaggronden in het rivierkleigebied 100 cm of meer gewenst. Uit waarnemingen van BRAAMS (1960) blijkt eveneens dat zavel- en kleigronden, bestemd voor appelbomen, tenminste 70 à 80 cm diep bewortelbaar moeten zijn. Naar onze ervaringen is echter een minimum van 70 à 80 cm diepte niet altijd voldoende, omdat de aard en de kwaliteit van de doorwortelde lagen hierbij van doorslaggevend betekenis zijn. Afwijkingen hierin beperken de rassen- en onderstammenkeuze. Gronden waarin lagen met een verschillende bewortelingsintensiteit voorkomen, vertonen vaak een ongelijkmatige groei van de bomen. In het algemeen kan men daarom een eis van 90 à 100 cm minimale bewortelingsdiepte stellen. Bij een dergelijke diepte veroorzaakt een slechte laag minder moeilijkheden dan bij een ondieper bewortelingsprofiel. Is toepassing van kunstmatige beregening mogelijk, dan kunnen ook met een geringe bewortelingsdiepte uitstekende resultaten worden bereikt.

De beperking van de bewortelingsdiepte kan in de meeste gevallen aan het grondwater worden geweten (DE BAKKER, 1950; BUTIJN, 1961; PIJLS, 1953). Soms was de structuur oorzaak. Slechts enkele malen kon worden waargenomen dat een groei-verbetering intrad nadat diepere lagen door ontwatering voor de beworteling beschikbaar kwamen. In de meeste gevallen is de betekenis van een diepe beworteling niet direct merkbaar, omdat een vergelijkingsbasis ontbreekt.

De intensiteit van de beworteling is mede bepalend voor de mate waarin de boom in zijn behoeften kan voorzien. Een ijle beworteling in de bovenste lagen kan bijv. betekenen dat de voedingsopname te wensen overlaat, of in ieder geval dat de beheersing van de voedingstoestand door middel van kunstmest moeilijk is. Een geringe bewortelingsintensiteit in diepere lagen kan betekenen dat in droge perioden onvoldoende vocht beschikbaar is.

De worteldichtheid is volgens BUTIJN (1958) het grootst in de voedingszone. Op zwartgehouden gronden vond hij 50% van de wortels in de laag 0-40 cm. De allerbovenste centimeters zijn zelden door appels doorworteld. Naar onderen toe neemt de intensiteit af tot ca. 10% beneden 70 à 80 cm diepte. Bij onze waarnemingen is gebleken dat in lang niet alle gevallen van een gelijkmatige verdeling van de wortels over de verschillende bodemlagen kan worden gesproken. Van een geleidelijke afname

Fig. 14 Oudere appelwortels, door een bodembewerking afgestoken. Er lopen weer jonge witte wortels uit



Fig. 14 Older apple roots cut off by tillage. A fresh batch of young, white recovery roots is being produced

naar onderen toe is evenmin altijd sprake.

Variatie van bewortelingsdichtheid kan op verschillende diepten in de bodem voorkomen. Niet steeds is de bovengrond goed beworteld en de tussenlaag minder goed, hoewel dit vrij vaak het geval is. Indien de bovengrond goed doorworteld is en de tussenlaag minder goed, blijkt in de eerste groeijaren van de bomen vaak een groeistagnatie te zijn opgetreden. Bij dergelijke bomen blijkt de groei toe te nemen wanneer een betere laag wordt bereikt. In bepaalde gevallen kan de groeistagnatie zelfs sterk gelijken op die, welke veroorzaakt wordt door appelmoeheid (HOESTRA, 1964). Kenmerkend voor minder goede lagen is dat een gering aantal wortels van relatief grote afmetingen aanwezig is (> 5 à 10 mm \varnothing). De wortelgroei heeft dan blijkbaar (periodiek) te wensen overgelaten; slechts enkele wortels hebben zich kunnen handhaven.

De mate van beworteling van verschillende bodemlagen is grotendeels afhankelijk van de structuur. De granulaire opbouw heeft in dit verband een beperkte betekenis. Alleen wanneer de structuur samenhang vertoont met de granulometrische opbouw, kan van een invloed gesproken worden. Behalve van de structuur hangt de intensiteit van de beworteling ook af van de waterhuishouding.

Ook uit de verschijnselen aan de afzonderlijke wortels valt soms het één en ander over de groeiomstandigheden af te leiden. Op eventuele verschillen in habitus van het

wortelstelsel van diverse onderstammen wordt niet nader ingegaan. Jonge appelwortels zijn aan het groeiende einde over een lengte van enige centimeters wit en enigszins verdikt (2 à 3 mm). Men kan zowel vrij lange worteleinden aantreffen als ook kleinere, die meestal in een groter aantal voorkomen. De oudere delen zijn van buiten geelbruin van kleur met een diameter > 1 mm. Naarmate de wortels ouder worden neemt de dikte toe en wordt de kleur donkerder. Zijwortels vormen zich reeds vrij snel achter het jonge worteleinde. Sterke zijwortelvorming treft men soms aan op plaatsen van (mechanische) beschadiging of waar lokaal betere omstandigheden voorkomen. Verkleuringen, misvormingen, sterke kronkelingen, loszitten van de schors ten opzichte van de centrale cilinder en verslijming van de wortels treden op als gevolg van ongunstige groeiomstandigheden. Soms kunnen wortels blauwzwart verkleurd zijn.

Over de betekenis van het bewortelingsprofiel in verband met de opbrengst valt weinig concreets te zeggen. Wij beschikken niet over opbrengstgegevens. Dat neemt niet weg dat er in de praktijk veel aanwijzingen zijn dat de wijze en mate van beworteling van appelbomen bepalend is voor het welslagen van de teelt. Weliswaar komt er een gering aantal gevallen voor waarin bij een relatief geringe, ondiepe beworteling een hoge produktie wordt verkregen, maar dit betreft dan meestal zeer vochthoudende gronden. Overwegend wordt in hoogproducerende aanplantingen een diepe en gelijkmatige beworteling aangetroffen.

3.3 Beschrijving van de bodem van twee hoogproducerende appelpercelen

3.3.1. Een matig humeuze, zware zavel nabij Geldermalsen

Het granulaire profiel

De bovenste 40 cm van dit profiel bevat $\pm 30\%$ afslibbare delen. Deze laag is tot ± 20 cm diepte matig humeus met 5% organische stof; het humusgehalte neemt vervolgens af en op ± 40 cm diepte is het materiaal humusarm. De diepere lagen zijn met $\pm 20\%$ slib lichter dan de bovenlaag. Beneden 100 cm diepte is nog slechts 12% slib aanwezig in een gelaagd complex van afwisselend zand- en sliblensjes.

Het hydrologische profiel

Het perceel is relatief hoog gelegen en binnen 130 cm diepte zijn er geen aanwijzingen gevonden die duiden op wateroverlast. Het grondwater bevindt zich dieper dan 100 cm. Het profiel kan een hoeveelheid beschikbaar water bevatten van naar schatting 200-240 mm.

Het structuurprofiel

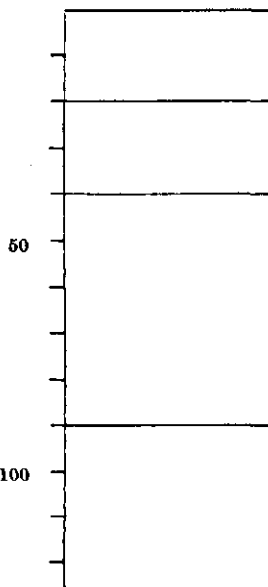
De bovengrond wordt gevormd door poreuze afgerond-blokkige elementen (A4a 1) en poreuze granulairen (A3a 1). Beide variëren in grootte van 1 tot 5 mm (grootteklasse II-III) bij een structuurgraad van $1\frac{1}{2}$ (30-70% van de elementen door openbreken te isoleren). In de laag van 20 tot 40 cm (tussenlaag) kan de structuurgraad verder oplopen tot $2\frac{1}{2}$ (meer dan 70% te isoleren). In deze laag zien we overwegend poreuze afgerond-blokkige elementen (A4a 1), aangevuld met wat poreuze blokkige

Granulair profiel

matig humeuze, zw. zavel
5% humus
30% slib
matig humusarme, zware zavel
2% humus
30% slib

mat. l. zavel
20% slib

kleilig zand
12% slib



Structuurprofiel

A4a (A3a) I II-III I½ afgerond-blokkige en granulaire elementen

A4a (A5a A3a) I III I½-2½ afgerond-blokkige, blokkige en granulaire elementen

G1b poreuze sponsstructuur

H2 gestoord gelaagd complex

Hydrologisch profiel: gedraineerd op $8 \times 1,40$ m; grondwater dieper dan 1,30 m—maaiveld; vocht inhoud 200—240 mm.

elementen (A5a 1) en enkele granulaire (A3a 1). De grootte van deze elementen ligt tussen 2 en 5 mm (grootteklasse III). Beneden 40 cm diepte is het materiaal, de ondergrond, niet gefragmenteerd. Het bestaat uit een poreuze sponsstructuur (G1b). Vanaf 100 cm diepte bestaat het gestoorde gelaagde complex (H2) uit half-los gepakt zand (J2) met in de kleilensjes een poreuze spons (G1b).

De bodem is tot 100 cm diepte zeer goed bewortelbaar, de diepere ondergrond wat minder. De doorlatendheid voor water en lucht is goed.

3.3.2 Een matig humeuze, lichte klei in de Hoekse Waard

Het granulaire profiel

De bovengrond van ± 30 cm dikte is matig humushoudend (4%) en bezit $\pm 45\%$ afslibbare delen. De tussenlaag, voorkomend tussen 30 en 40 cm diepte, is een weinig zwaarder met 50% afslibbare delen en humusarmer (2% humus). Vanaf 40 cm diepte is de zavel humusarm, neemt in slibgehalte af tot $\pm 35\%$. Op ± 90 cm diepte is een matig zware klei aanwezig met een olopend slibgehalte tot $\pm 60\%$.

Het hydrologische profiel

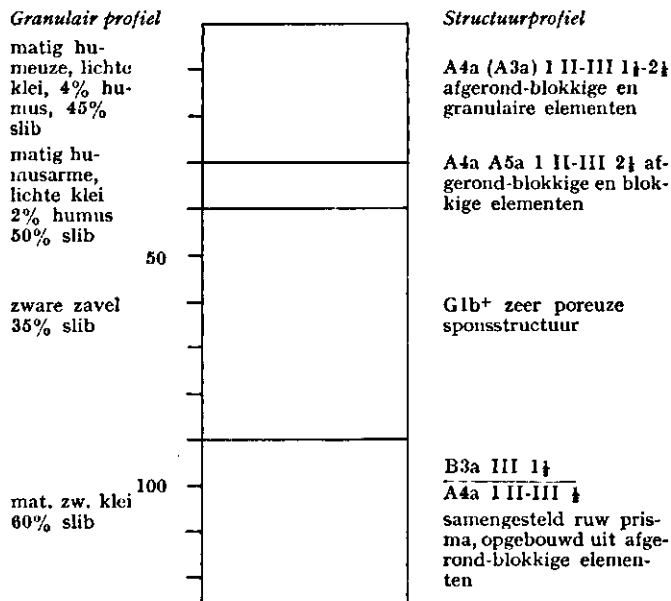
De bodem had voorheen periodiek wateroverlast vanaf 40 cm diepte. Door een intensieve drainage op ± 140 cm diepte bij een afstand van 8 m kan een drooglegging van het profiel worden verwacht tot 110 cm. De hoeveelheid beschikbaar water binnen de bewortelbare zone bedraagt 240—280 mm.

Het structuurprofiel

De bovengrond bestaat overwegend uit poreuze afgerond-blokkige elementen

(A4a 1) met daarnaast enkele poreuze granulairen (A3a 1). Deze elementen hebben een doorsnede van 1-5 mm (grootteklassen II en III) en bezitten een structuurgraad van $1\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ (30-> 70% van de elementen door openbreken te isoleren). De tussenlaag is met een structuurgraad van $2\frac{1}{2}$ (meer dan 70% te isoleren) sterk gefragmenteerd in poreuze afgerond-blokkige elementen (A4a 1) en poreuze blokkige elementen (A5a 1); de elementen zijn 1-5 mm groot (grootteklassen II en III). Vanaf \pm 40 cm diepte zijn er nagenoeg geen fragmentatiestructuren meer aanwezig en treffen we een zeer poreuze sponsstructuur (G1b⁺) aan tot \pm 90 cm diepte. De matig zware klei vertoont een prismastructuur (B3a). Dit samengestelde ruwe prisma heeft een structuurgraad van $1\frac{1}{2}$ (30-70% van de elementen door openbreken te isoleren) en behoort tot de grootteklasse III (20-50 mm). Dit prisma is opgebouwd uit poreuze afgerond-blokkige elementen (A4a 1), grootteklassen II en III (2-5 mm), met een lage structuurgraad van $\frac{1}{2}$ (minder dan 30% van de elementen is door openbreken te isoleren).

De bodem is tot 120 cm diepte zeer goed bewortelbaar. De doorlatendheid voor water en lucht is eveneens goed.



Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwater dieper dan 1,30 m — maaiveld; vochtinhoud 240—280 mm.

3.4 De bodembehandeling

Vroeger ging men van de gedachte uit dat de behandeling van de bodem, zoals gebruikelijk in de akkerbouw of de graslandcultuur, ook voldoende zou zijn voor de fruitteelt. Tegenwoordig wordt algemeen aanvaard dat appelbomen andere eisen stellen dan akkerbouwgewassen en grasland (BUTIJN, 1961; POWWER, 1961; DE Vos, BRAAMS en TEN CATE, 1960).

De grondbewerking wordt in dit hoofdstuk wat uitvoerig behandeld, omdat er bij

fruittelers veel belangstelling voor dit onderwerp bestaat. Sommige van hen beschikken wel over grond, maar deze is niet altijd geschikt voor de gewenste rassen en onderstammen. Men probeert de geschiktheid dan door een diepe grondbewerking te verbeteren. Veel van wat over deze bewerkingen wordt gezegd, geldt ook voor de teelt van andere gewassen.

Ook op de voorziening met organische stof zal in het navolgende wat dieper worden ingegaan, omdat hierbij de biologische bodemverbetering naar voren kan worden gebracht. Deze vindt bij de overige nog te beschrijven teelten minder toepassingsmogelijkheden.

3.4.1 De ontwatering

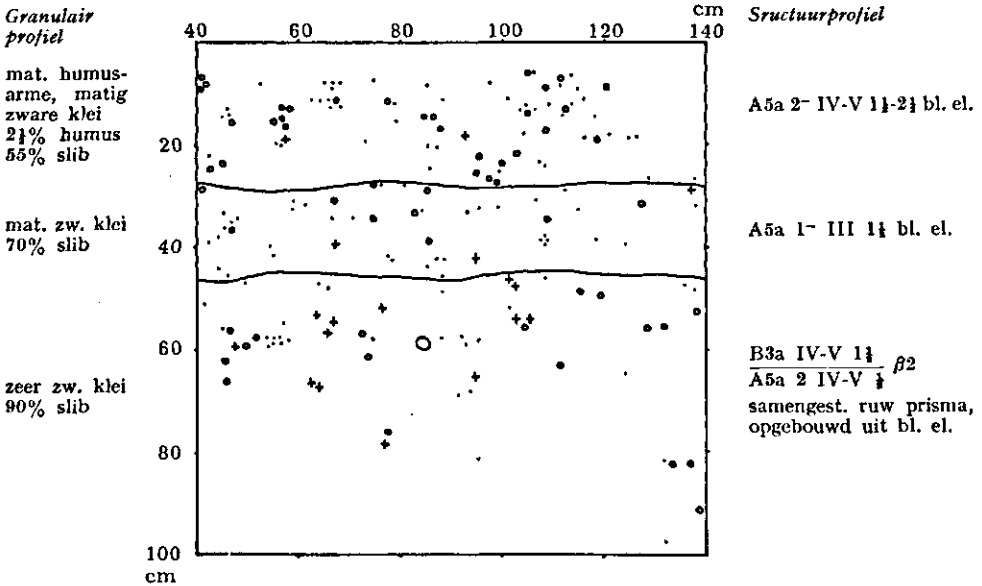
Welke eisen men aan de ontwatering van appelpercelen stelt, hangt ten dele af van de mate waarin men zich wil verzekeren tegen schade van wateroverlast. Men bedenke hierbij dat een betrekkelijk kleine schade – tot 10% opbrengstderiving – moeilijk waarneembaar is, maar toch reeds een aanzienlijk bedrag kan vertegenwoordigen. De jaarlijkse meerkosten van een intensieve ontwatering spelen nauwelijks een rol vergeleken bij de overige produktiekosten. Volgens WILLET (1962) kost een enkelvoudige drainage bij een drainafstand van 10 m f 1.300 à f 1.500 per hectare. De jaarlijkse kosten bedragen, bij een afschrijvingstermijn van 30 jaar, f 104 à f 120 per hectare. Bij halvering van de drainafstand bedragen de meerkosten voor een bedrijf van 7 hectaren jaarlijks dus f 700 à f 850.

Voor de fruitteelt zijn ontwateringseisen geformuleerd door BRAAMS en BUTIJN (1958). Zij komen tot deze eisen op basis van de norm dat de grondwaterstand in natte perioden niet boven 70 cm onder maaiveld mag stijgen bij een afvoer van tenminste 7 mm/etmaal. Rekening houdend met de afstand tussen de bomenrijen van moderne aanplantingen (die tussen 3 en 5 m ligt) adviseren zij te draineren op 2, 3, 4 of 5 maal deze afstand. De te kiezen drainafstand wordt bepaald door plaatse-lijke omstandigheden, zoals de ontwateringsbehoefte, de doorlatendheid en de bewortelbaarheid van de bodem.

Een drooglegging van 70 cm voldoet slechts aan minimale eisen. Ook BRAAMS (1960) meent later dat voor bepaalde gronden 80 cm drooglegging beter is. In de meeste gevallen wenst men voor fruit een grotere bewortelingsdiepte (100 cm of meer). Hierbij past een diepere drooglegging, omdat men niet het risico mag lopen dat de diepe beworteling verloren gaat in perioden met een neerslagoverschot of van nachtvorstberegening. Daarom gaan de bodemkundige assistenten-specialist van de Rijkstuinbouwvoorlichtingsdienst voor het opstellen van een drainage-advies eerst na wat de bewortelingsmogelijkheden van de bodem zijn. Aan de hand van het structuurprofiel is zulks vast te stellen. Naar deze gegevens wordt de drainageafstand bepaald, die varieert tussen 5 en 10 m (meestal 6 à 8 m = 2 maal de rijenafstand). De reeksen worden zo diep mogelijk gelegd, bij voorkeur 120 à 140 cm diep (BOMMELJÉ, 1961). Als de slootwaterstand te hoog is, wordt een gesloten drainage-systeem met onderbemaling aanbevolen (VAN DER KLOES, EGBERTS en HULSHOF, 1961). Alleen in bijzondere gevallen wordt van dit advies afgeweken.

Fig. 15 Bewortelingsprofiel van een appelboom (spil) op een matig sterke onderstam (E) en van een oudere struik op zaailing (F). Kenmerkend voor E is dat de meeste wortels zich in de bovenste zone van de bodem bevinden; bij F in de tweede zone. Beide bomen hebben te lijden van wateroverlast, echter E, waar een drainage geheel ontbreekt, veel meer dan F. Boom F is goed ontwikkeld en in productie, alleen in de jeugd heeft de groei gestagneerd. Boom E staat op een perceel met veel slecht ontwikkelde bomen en veel uitval. Er is nauwelijks productie

E. APPEL JAMES GRIEVE OP EM IV, KERK AVEZAATH: geplant november 1957; slecht ontwikkelde bomen veel uitval; slecht gewas; nauwelijks productie; opname 20 mei 1964



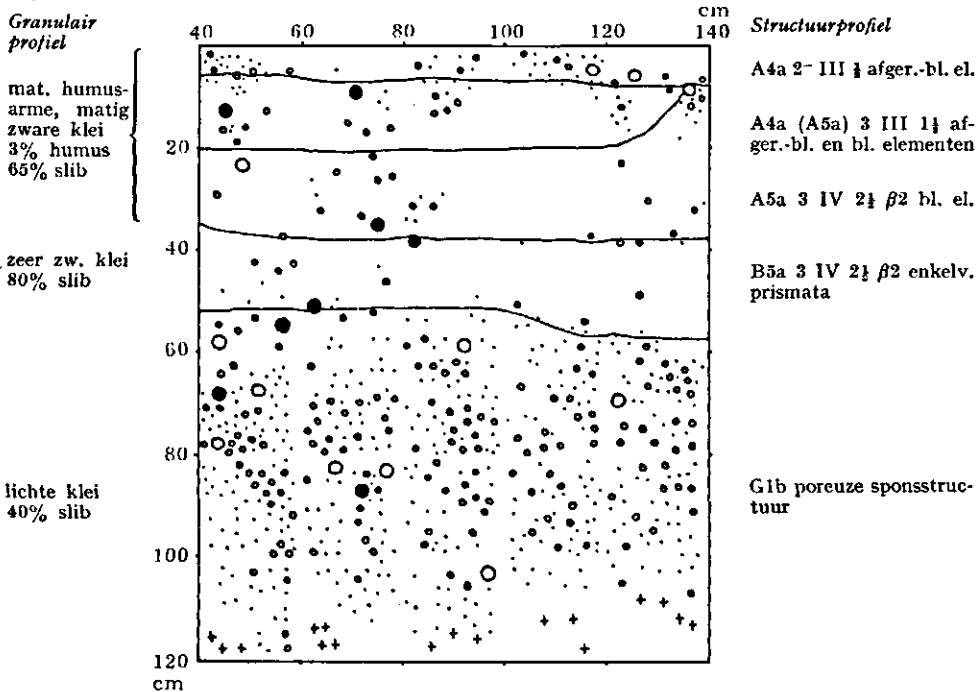
Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwaterstand op 1,00 m — maaiveld; reductie vanaf 0,30 m

3.4.2 De bodembewerking

Door de sterk toegenomen technische mogelijkheden van de laatste jaren, bestaat er steeds meer belangstelling om door middel van bodembewerkingen te trachten bepaalde tekortkomingen van de bodem op te heffen. In het algemeen worden diepe bewerkingen toegepast op gronden die eigenlijk als minder geschikt voor de fruitteelt worden beschouwd. Tot nu toe is men nog niet in staat van dergelijke gronden optimale fruitgronden te maken, maar wel een verbetering te bereiken. Wel zal men er rekening mee moeten houden dat, naarmate de kennis en ervaring zullen toenemen, de huidige inzichten over geschiktheid van de bodem hun geldigheid zullen verliezen.

Ingrijpende bodembewerkingen kunnen over het algemeen alleen vóór de inplant van de bomen worden uitgevoerd. Het is daarom van het grootste belang dat men de juiste maatregelen neemt, omdat men een dergelijke maatregel in tenminste een tiental jaren niet kan herhalen. Fouten zijn niet alleen fruitteeltkundig gezien vrijwel onherstelbaar, maar bovendien ook uit bodemkundig oogpunt moeilijk te verbeteren. Het is gewenst dat door bodemkundig onderzoek eerst wordt vastgesteld welke lagen verbetering behoeven, opdat onnodige kosten kunnen worden vermeden en fouten kunnen worden voorkomen.

F. APPEL JAMES GRIEVE OP ZAAILING, DRIEL: geplant november 1938; goed gewas na traag begin; opname 1 oktober 1958



Hydrologisch profiel: gedraineerd op $8 \times 1,20$ m op sloot met onderbemaling; grondwaterstand op 1,15 m —maaiveld; reductie vanaf 1.15 m

Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 15 Root-system profile of an apple-tree (spindle) on a moderately strong rootstock (E), and of an older shrub on a seedling (F). The characteristic feature of E is that most roots are in the top zone of the soil, whereas they are in the second zone in the case of F. Both trees suffer from excess water, but E, which was not drained at all, to a far greater extent than F. Tree F is well developed and in production, although growth was stationary in the early stage. Tree E is on a plot with a great number of underdeveloped trees and failures. There is hardly any production

Bodembewerkingen geven over het algemeen slechts het gewenste resultaat als de bodem tijdens en enige tijd na de bewerking in droge toestand verkeert. De beste tijd van het jaar hiervoor zijn de maanden mei en juni. Dit is echter juist met het oog op de oogst van een voorvrucht en de inzaai van bodembedekkende gewassen een moeilijke periode.

Achtereenvolgens zullen de bewerkingen vóór de inplant en na de inplant worden besproken. In het eerste geval kunnen zowel ondiepe als diepe — al of niet plaatselijke — bewerkingen worden uitgevoerd; na de inplant kan over het algemeen alleen ondiep bewerkt worden.

Ondiepe bewerkingen vóór de inplant

Wordt op bouwland ingeplant, dan woelt of ploegt men vooraf soms tot 30 à 40 cm diepte. Men beoogt hiermee de 'ploegzool' te verbreken. Onze ervaring is dat van

woelen in dit opzicht weinig effect mag worden verwacht. Van ploegen ziet men soms wel voordelen, tenzij men tevens lagen bewerkt die een geringe stabiliteit bezitten. Het verbreken van een tussenlaag door wat dieper ploegen kan de aanslag van de boompjes aanzienlijk verbeteren.

Diepe bewerkingen vóór de inplant

De werktuigen die voor een diepe bewerking ter beschikking staan, zijn te onderscheiden in drie typen, nl. woelers, voorzien van één of meer tanden die diep door de grond worden getrokken, ploegen en frezen. Hoewel met deze werktuigen nog betrekkelijk weinig ervaringen zijn opgedaan op fruitpercelen, kan toch al het volgende worden vermeld.

De woeler en de ploeg mengen de grond zeer grof en veroorzaken een zekere mate van heterogeniteit. De verkleining van de grond is sterk afhankelijk van de zwaarte en van de vochttoestand (VAN DER MEER en WILLET, 1964). Het bewerken van de bodem onder natte omstandigheden is zeer nadelig. Voorlopig onderzoek van de wortelontwikkeling van (nog jonge) bomen heeft geleerd dat de voorheen weinig bewortelbare laag (lagen) niet veel beter worden. Wel kunnen wortels in de periferie van de brokken grond doordringen. Reeds bewortelbare lagen worden soms ook verstoord, hetgeen nadelig kan zijn als deze lagen gevoelig zijn voor structuurverval. Het voordeel van dergelijke bewerkingen is, dat eventueel voor de beworteling storende lagen verbroken worden en onderliggende lagen beter bereikbaar worden. Soms constateert men dat humushoudende lagen in een zuurstofarme omgeving terecht komen en reduceren. Dergelijke gereduceerde kluiten zijn uiteraard niet bewortelbaar.

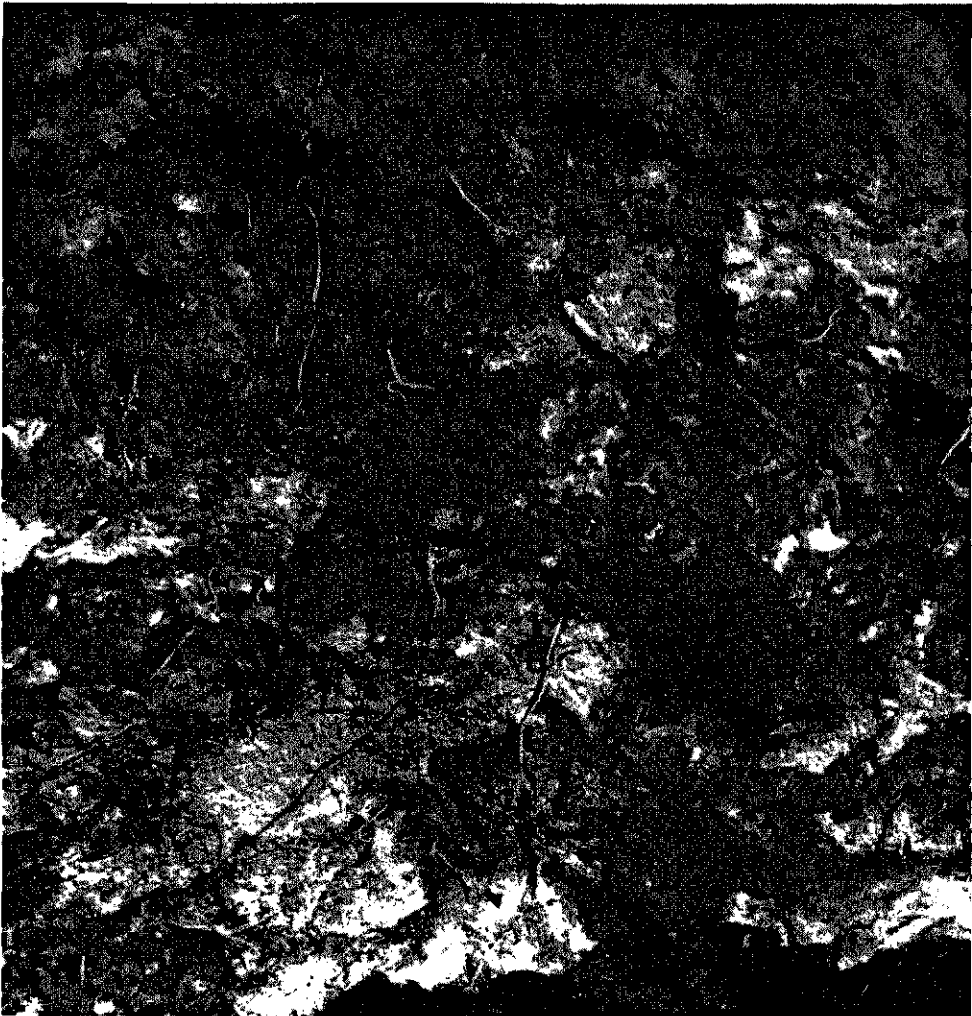
Diepwerkende frezen mengen de grond veel beter. Weliswaar is de fijnheid van de gefreesde grond afhankelijk van de zwaarte en vochttoestand, maar de grond wordt sterker verkleind en gemengd dan bij woelen of ploegen.

Bij alle diepe bewerkingen kan wateroverlast optreden, zoals ook VAN DER MEER en WILLET (1964) opmerkten. Een intensieve drainage, gelegd voorafgaande aan de bewerking en beneden bewerkingsdiepte, is noodzakelijk. Met het gelijkschuiven van geploegd of gewoeld land moet men zeer voorzichtig zijn; er ontstaan gemakkelijk verdichtingen in de bodem die de waterhuishouding nadelig kunnen beïnvloeden. Men moet zo spoedig mogelijk een bedekkend gewas inzaaien (VAN DER MEER en WILLET, 1964).

Plaatselijke diepe bewerkingen vóór de inplant

Bij wijze van proef past men – meestal wat diepere – bewerkingen ook wel slechts strooksgewijs of alleen ter plaatse van de boom toe. Strooksgewijs geldt in het bijzonder voor de diepwerkende frees. Hiermede bespaart men kosten. Soms wordt deze methode wel toegepast in een bestaande boomgaard. Men moet er dan rekening mee houden dat er beschadiging van boomwortels optreedt. Ook met de hand of met behulp van een plantgatenboor kan een plaatselijke bewerking worden uitgevoerd. Een boor met een diameter van 30 à 50 cm mengt hierbij de bodem tot de gewenste diepte, die bepaald wordt met behulp van bodemkundig onderzoek. Men maakt hierbij tevens gebruik van de mogelijkheid om de bodem te mengen met organisch materiaal. Een goede ontwatering is ook in deze gevallen noodzakelijk, omdat het water zich anders verzamelt in de plantgaten (of de bewerkte stroken). Op sommige

Fig. 16 Ontmenging van zand en klei in een bovengrond. Het fijne zand (lichte kleur) is op een breukvlak afgezet (bouwland, voorheen boomgaard)



2 cm

Fig. 16 Demixing of sand and clay in a topsoil. The fine-grained sand (light color) was deposited on a fractured plane (arable land, previously orchard)

gronden loopt men, als onder te natte omstandigheden wordt gewerkt, het gevaar dat de wanden van het plantgat door de boor worden versmeerd. Hierdoor wordt de boom als het ware in een pot geplant, omdat de wortels moeilijk door de wand dringen.

Bewerkingen na de inplant

Bij nachtvorst, droogtegevaar en voedselconcurrentie kan het nodig zijn dat de

bodem 'zwart' wordt gemaakt. Het doel van een bewerking kan ook zijn een zaaibed voor een bedekkend gewas te prepareren. Voor deze doeleinden worden de schijvenegge en de frees wel gebruikt, die de bovengrond slechts oppervlakkig losmaken. Dergelijke bewerkingen kunnen nadelig zijn, omdat wortels kunnen worden beschadigd en omdat regelmatige bewerking tot structuurverval kan leiden (BUTIJN, 1961). Onder de bomen houdt men de oppervlakte zwart met een werktuig dat in verstek werkt, of – in steeds toenemende mate – met chemische middelen. Het gebruik van deze middelen maakt bewerkingen overbodig. Dit is naar onze mening een gunstige ontwikkeling, omdat bodembewerkingen achterwege kunnen blijven. Wat het effect van een langdurig gebruik van chemische middelen voor het bodemleven zal zijn, moet nog worden afgewacht.

3.4.3 De voorziening met organische stof

In het rivierengebied is de fruitteelt ontstaan op grasland, in zeekleigebieden overwegend op bouwland. Hiermee hangen verschillen tussen de diverse gebieden in de voorziening met organische stof samen. Pas in recente tijd is in dit opzicht een specifiek aan de fruitteelt (en aan de bodemomstandigheden) aangepaste bodembehandeling tot ontwikkeling gekomen (BUTIJN, 1961; POWER, 1961; DE VOS, BRAAMS en TEN CATE, 1960).

Organische stof vóór de inplant

Tegenwoordig adviseert men wel om reeds vóór de inplant speciale maatregelen te nemen in verband met de voorziening met organische stof. Er worden dan op bouwland bijv. vóórteelten toegepast die er op gericht zijn de bodem in een zo goed mogelijke uitgangstoestand te brengen. MEEUWSE (1963) beveelt bepaalde groenbemestingsgewassen of graszaadteelt als voorvrucht aan. Ook na ingrijpende grondbewerkingen is een spoedige inzaai met een bedekkend gewas noodzakelijk. Hierdoor wordt de bewerkte grond tegen weersinvloeden beschermd. Met gewassen die intensief en diep wortelen wordt ook organische stof in de grond gebracht en wordt een deel van de verkregen ruimte in de bodem beschermd tegen dichtzakken. Wanneer beregening in de fruitteelt nog meer algemeen toepassing vindt, zal in de toekomst de aanslag van een bedekkend gewas zonodig gestimuleerd kunnen worden. Dit zou het beter mogelijk maken diepe grondbewerkingen in droge perioden uit te voeren.

Als appels op grasland worden ingeplant, adviseert men alleen de te beplanten stroken zwart te maken. Jonge bomen reageren ongunstig op een gewas dat de gehele oppervlakte bedekt. Dit is een gevolg van wortelconcurrentie, die met een extra stikstofgift niet op te heffen is (BUTIJN en SCHURMAN, 1957; DELVER, 1963; POWER, 1961; POWER en VAN BLIJDERVEEN, 1964).

Een andere, meer op de individuele behandeling van de boom gerichte verzorging met organische stof, is de plantgatbehandeling. Om van een vlotte start van de boom verzekerd te zijn, mengt men de grond in een plantgat wel met turfstrooisel, doorgevroren zwartveen, stalmost, veencompost en andere organische materialen.

Organische stof na de inplant

Bij de overgang van de akkerbouw naar de fruitteelt, past men de eerste jaren nog

wel een tussenteelt toe. Hierdoor heeft men geen noemenswaardige produktie van organisch materiaal en is de bodem vaak onbedekt in klimatologisch ongunstige perioden. Als gevolg van de oogstwerkzaamheden, vooral van hakvruchten, kan ernstig structuurverval optreden. De teelt van groenbemestingsgewassen, hetzij voor een tijdelijke, hetzij voor een blijvende bedekking, neemt echter steeds meer toe (BUTIJN en SCHUURMAN, 1957; GERRITSEN, 1963; MEEUWSE, 1963).

Een drie- tot vijftal jaren na de inplant zorgt men op daarvoor geschikte gronden, voor een permanente bedekking van de bodem, waarvoor grassen zich het beste lenen. Deze bedekking is mede gewenst voor een goede berijdbaarheid van de rijbanen met het oog op de ziektebestrijdings- en oogstwerkzaamheden. Om concurrentie van de bedekkende gewassen met de jonge bomen tegen te gaan, past men thans meer en meer de strokencultuur toe (BUTIJN, 1960; POUWER, 1961; DE VOS, BRAAMS en TEN CATE, 1960). Het rijpad is hierbij permanent begroeid, de boomstroken houdt men zwart.

Een bedekking van de bodem kan ook de kans op nachtvorstschade vergroten (SCHARRINGA, 1958). Dit plaatst de fruittelers in nachtvorstgevoelige gebieden voor een moeilijke keuze: een optimale bodembedekking of wering van schade door een onbegroeide bovenlaag. Dit geldt natuurlijk alleen indien men niet op andere wijze de nachtvorstschade bestrijden kan.

Op droogtegevoelige gronden moet men (vooral bij zwakke onderstammen) de bedekking periodiek verwijderen (half april – half juli). Daarna zaait men weer in. Op minder gevoelige gronden kan men na enkele jaren tot een permanente grasbaan of een volveldse grasbegroeiing komen.

De geproduceerde organische stof laat men altijd volledig aan de grond ten goede komen, hetzij door onderwerken van het groenbemestingsgewas, hetzij door maaien en mulchen van de grasmat. Het bedekkende gewas moet aan diverse eisen voldoen (POUWER en VAN BLIJDERVEEN, 1964):

een hoge produktie geven,
goed verteerbare organische stof leveren,
niet te hoog worden,
niet te veel gemaaid hoeven worden en
daartegen bestand zijn,
een late ontwikkeling hebben,
tegen wat schaduw en droogte kunnen,
diep wortelen,
de bodem goed bedekken, en
een stevige, berijdbare zode vormen.

Het is begrijpelijk dat men een gewas, dat aan alle eisen voldoet, nog niet gevonden heeft. Met een mengsel van enkel grassoorten komt men een heel eind (Tuinbouwgid, 1965).

Over de betekenis van organische stof voor de bodembioïologie is nog weinig bekend. Wel weet men dat de in een boomgaard geproduceerde organische massa aanzienlijk is. POUWER (1960) noemt een hoeveelheid van ongeveer 10 ton droge organische stof per hectare en per jaar, die door een goede grasmat geproduceerd kan worden. Deze

Fig. 17 Poreuze sponsstructuur (G1b), recent ontstaan in de uiterwaarden van de Rijn (Opheusden). Lagen met een dergelijke structuur vormen een uitstekende ondergrond



2 cm

Fig. 17 Porous spongy structure (G1b) of recent origin in the water meadows of the Rhine (Opheusden). Layers with a structure of this kind form an excellent subsoil

hoeveelheid verteert onder normale omstandigheden snel. Het is echter nog lang niet zover dat men kan zeggen hoe en in welke richting de levensprocessen in de bodem gestuurd moeten worden. Een indruk van de stand van zaken bij de bodembioïologie krijgt men uit de verslagen van een in 1962 in ons land gehouden bijeenkomst: Soil organisms, Colloquium on soil fauna, soil microflora and their relationships.

De inschakeling van de bodembioïologie voor de milieuverbetering van hogere planten wordt aangeduid als biologische bodemverbetering (MINDERMAN, 1962). De aanpak van de studie van het bodemleven in dit verband is van recente datum en heeft zich nog nauwelijks gericht op de fruitteelt (OP 'T HOF, 1959; VAN DER KLOES, 1960). Voorlopig is de beschikbare kennis onvoldoende om voor de praktijk bruikbare maatregelen aan te geven ter stimulering van het bodemleven (MINDERMAN, 1961). Wel wijst VOÛTE (1964) op de bescherming van de levensgemeenschap tegen nadelige invloeden. Hiertoe moeten extremen in de vocht- en luchthuishouding (EDELMAN e.a., 1963; HOEKSEMA, 1953) en in de temperatuur van de bodem worden vermeden. Ook moet het gebruik van groei-, ontsmettings- en bestrijdingsstoffen zoveel mogelijk worden beperkt (BLANKWAARDT en VAN DER DRIFT, 1961; BLANKWAARDT, 1962).

Uit literatuurgegevens blijkt dat vooral de bodemfauna voor de biologische bodemverbetering van grote betekenis is (HOEKSEMA, 1953, 1961).

De omzettingen van organische stof verlopen in gemulchte boomgaarden overwegend volgens het 'mull-type' (JONGERIUS, 1962; MINDERMAN, 1960). Slechts bij uitzondering vond VAN RHEE (1962) 'mor-vorming' als gevolg van het gebruik van koperbevattende bestrijdingsmiddelen die ook op de grond terecht kwamen. Karakteristiek voor mull is het ontstaan van een mechanisch niet scheidbaar mengsel van organische stof en minerale delen (JONGERIUS, 1961). Dit gebeurt grotendeels onder invloed van de grotere bodemdieren zoals de Lumbricidae en de Enchytraeidae. Mor-(moder-)vorming vindt plaats zonder intensieve menging met bodemdeeltjes. Het organische materiaal verteert weinig; het wordt slechts verkleind, voornamelijk door micro-Arthropoden.

Als specifiek onderdeel van de bodemfauna zijn Lumbricidae (regenwormen), die ook in boomgaarden veel voorkomen, relatief goed bestudeerd. Over de betekenis van deze organismen voor de structuur van de bodem in appelboomgaarden hebben HOEKSEMA, JONGERIUS en VAN DER MEER (1956) als eersten gepubliceerd. Zij vonden poriënvolumina van 60-70% en een grote structuurstabiliteit ten gevolge van de werking van regenwormen. Sterke perforatie van lagen met een gering poriëngehalte vonden zij tot op een diepte van 65-90 cm onder maaiveld na 12 jaar toepassing van grasmulch op rivierkleigrond. DOEKSEN (1957) noemt de vier belangrijkste soorten regenwormen: Lumbricus rubellus, Allolobophora caliginosa, die vrijwel overal voorkomen, en Lumbricus terrestris en Allolobophora longa, die hogere eisen aan het bodemmilieu stellen. De belangrijkste effecten op de bodem vindt hij de perforerende werking, de verkleining van grof organisch materiaal en de menging daarvan met de grond (DOEKSEN, 1954). Per jaar zou aan grond 250 à 500 ton per ha kunnen worden omgezet, afhankelijk van de aanwezige aantallen wormen. In grasland is een aantal van 1 à 2 miljoen normaal, een maximum van 7 miljoen is waargenomen. VAN RHEE en NATHANS (1961) vonden vergelijkbare aantallen in boomgaarden. Op de perforerende werking hebben ook HOEKSEMA en OP 'T HOF (1960) de aandacht gevestigd. Aantallen als 944 gangen per m³ op 45 cm diepte en 380 gangen op 100 à 150 cm diepte, geven wel een beeld van de betekenis van dieren met een gravende

levenswijze (OP 'T HOF, 1959; EDELMAN en OP 'T HOF, 1960). Hoewel de perforatiegraad niet direct een maatstaf is voor biologische activiteit, geeft deze wel een indruk van de doorlatendheid van de bodem (JONGERIUS en REIJMERINK, 1963).

Over de factoren die de dichtheid van de wormenpopulatie beïnvloeden, vermeldt DOEKSEN (1957) een aantal gegevens. Een hoge luchtvochtigheid in de bodem is een eerste voorwaarde voor de worm. Daling beneden 99,7% veroorzaakt diapauze; een nog sterkere droging afsterving. Grondbewerkingen zijn eveneens nadelig. Dat grasland in vergelijking met bouwland zoveel meer wormen bevat, komt volgens DOEKSEN (1957) doordat grasland niet bewerkt wordt, regelmatige aanvoer van organische stof krijgt en een constante bedekking heeft, die bescherming biedt tegen temperatuurextremen. Ook HOEKSEMA, JONGERIUS en VAN DER MEER (1956) wijzen op het nadeel van grondbewerkingen voor de wormenstand en achten eiwitrijke (jonge) grasmulch een gunstige voedingsstof. Waarnemingen bij bodembehandelingsproeven op fruitpercelen tonen de grote betekenis van de bodembedekking aan. VAN RHEE en NATHANS (1961) geven de volgende aantallen wormen per m² na vijf jaar behandeling op: onder een grasmat 300 à 500, onder groenbemestingsgewassen 25 à 150, en op zwartgehouden grond 30. De verschillende soorten reageren niet gelijk: *A. caliginosa*, *A. rosea* en *A. chlorotica* reageren sterker dan *L. terrestris* en *A. longa*. DOEKSEN (1964) noemt de volgende aantallen, waargenomen in een boomgaard op een zware rivierkleigrond (Ossenkampen) na 12 jaar behandeling: grasmulch 255, strobedekking 66, gehooïd grasland 38 en zwartgehouden grond 11 per m².

4 Bodemkunde van tulpen, geteeld op zavel- en kleigronden

4.1 Inleiding

De schade die in regenrijke jaren optreedt in tulpen, geteeld op zavel- en kleigronden, is aanleiding geweest een globaal onderzoek in te stellen – in het bijzonder in Noord-Holland – naar de betekenis van bepaalde bodemeigenschappen. Het belang van een dergelijk onderzoek kan worden geïllustreerd met enkele cijfers over de omvang van de tulpenteelt (gegevens Produktschap voor Siergewassen). In 1963/'64 werden ruim 900 miljoen tulpen geëxporteerd, 106 miljoen hyacinten en bijna 130 miljoen narcissen. Het areaal was in 1963/'64 voor tulpen, hyacinten en narcissen resp. 4803, 774 en 1118 ha, en voor het bijgoed 3522 ha (Tuinbouwids 1965). Het is niet precies bekend hoe het areaal tulpen verdeeld is over zandgronden en zavel- en kleigronden. Naar schatting staat 50 à 60% op zavel- en kleigronden.

Kenmerkend voor de tulpenteelt op deze gronden is ook de plaats die dit gewas inneemt in het opengronds groentebedrijf in Westfriesland. Voor dit bedrijfstype met groenten en bolgewassen in de open grond, is de tulp vaak de belangrijkste bron van inkomsten (volgens berekening van het L.E.I., 1963). De produktiekosten van tulpen zijn echter aanzienlijk: in 1964 tussen f 21.000 en ruim f 25.000 per ha (Tuinbouwids 1965). Het in plantgoed geïnvesteerde bedrag kan uiteenlopen van ruim f 8.000 tot meer dan f 40.000 per ha.

Op zavel- en kleigronden wordt de teelt van tulpen veelal afgewisseld met die van vroege aardappelen en opengronds groentegewassen. Uit een oogpunt van vruchtwisseling is het dringend gewenst niet vaker dan éénmaal in de vijf jaren op hetzelfde perceel terug te komen met tulpen. Dit geeft problemen omdat de voor tulpenteelt noodzakelijke bodembehandelingsmaatregelen, die enige investeringen vragen, veelal niet verantwoord zijn voor de teelt van groentegewassen.

Kenmerkend voor de teelt van tulpen is dat de in het najaar geplante bollen gedurende de winter en het voorjaar in de grond verblijven, juist in een periode die klimatologisch ongunstig is. In deze periode is er een neerslagoverschot, waardoor de pas bewerkte gronden vrij snel met vocht verzadigd raken en veel te lijden hebben van structuurverval.

Volgens gegevens van KRAAYENGA (1960), ontleend aan ongepubliceerde gegevens van STRUYS, ontwikkelt het wortelstelsel zich reeds vrij snel na het uitplanten en bereikt het zijn maximum tegen de bloeiperiode. Volgens deze schrijver hangt de grootte van de oogst sterk af van de groeiomgankelijkheden van de nieuwe hoofd- en bijbollen in de periode van april – juni, in welke tijd ook de vochtbehoefte het grootst is. Een te vroegtijdige afsterving van het bovengrondse gewas, onder meer als gevolg van vochtgebrek, bekort de groeiperiode (DU BURCK, 1957; KRAAYENGA, 1960), waardoor de produktie kan worden geschaad. Het vochttekort komt nog sterker tot uiting wanneer het wortelstelsel onvoldoende ontwikkeld is.

4.2 Karakterisering van de bodem

Er is betrekkelijk weinig bodemkundig onderzoek verricht over de tulp, geteeld op zavel- en kleigronden, dit in tegenstelling tot de bollenteelt op zandgrond (BLAAUW, 1938; KALISVAART, 1935; VAN DER MEER, 1952; DE ROO, 1953). Men vindt enkele aanwijzingen in de literatuur (DU BURCK, 1957; ENTE, 1963; VAN DER VALK, 1961, 1962) over de invloed van bepaalde bodemtypen op de tulpenteelt in het Geestmerambacht en het Grootslag. Waar mogelijk zijn deze gegevens in het navolgende verwerkt. Wijzelf hebben enkele jaren waarnemingen aan tulpen, voornamelijk Rose Copland, verricht, zowel in Noord-Holland als in andere teeltgebieden op zavel- en kleigrond. Hierbij werd de uitbreiding en aard van het wortelstelsel nagegaan en werden de bodemeigenschappen bestudeerd omstreeks de periode van de bloei. Zoveel mogelijk werden goede en slechte plekken – niet door ziekten veroorzaakt – op één perceel vergeleken echter zonder opbrengstbepalingen te verrichten (EGBERTS e.a., 1964).

4.2.1 Het granulaire profiel

Aan het slib- en fijn-zandgehalte van de bovengrond van zavel- en kleigronden, wordt in de praktijk een zekere betekenis in verband met de geschiktheid van de bodem voor de teelt van tulpen toegekend (DU BURCK, 1957; ENTE, 1963; VAN DEN HURK en VAN DER KNAAP, 1962; VAN DER VALK, 1961, 1962). Dit houdt echter slechts gedeeltelijk verband met de bewortelingsmogelijkheid. De samenstelling van de bovengrond is verder van betekenis voor de mogelijkheid om machinaal te kunnen planten en rooien. Een zware bovengrond kan moeilijk bewerkbaar zijn (DU BURCK, 1957; ENTE, 1963; VAN DER VALK, 1961, 1962). Ook kunnen zwaardere gronden door krimp- en zwelverschijnselen beschadiging van de huid van de bol, en daardoor kwaliteitsverlies, veroorzaken. Grond die sterk kleeft, kan zich sterk aan de bol hechten, waardoor het mechanische rooien moeilijker wordt. Een maximaal toelaatbaar slibgehalte is echter moeilijk aan te geven. Hier spreken namelijk ook andere factoren mee, zoals het gehalte aan organische stof, dat evenals de kalkrijkdom van invloed is op de plasticiteit van de grond. Toch moet de grond een zeker minimum slibgehalte hebben, omdat hiermee en met het gehalte aan fijn zand de gevoeligheid voor slemp samenhangt. Men acht in de praktijk een minimum gehalte van 20 à 25% afslibbare delen gewenst, hoewel dit mede afhankelijk is van de eerder genoemde factoren en van de korrelgrootte van het zand.

De granulaire samenstelling van de tussenlaag is slechts van betekenis als er grote verschillen met de boven- of onderliggende lagen zijn. Hiermee gaan dan meestal ook verschillen in structuur gepaard. Hetzelfde geldt voor de ondergrond.

4.2.2 Het hydrologische profiel

De diepte en de schommelingen van de grondwaterstand hebben grote betekenis voor de tulpenteelt (BLAAUW, 1938; VAN DER VALK en SCHOONEVELD, 1962). Als het grondwater tot in de wortelzone stijgt, bestaat het gevaar dat de wortels verstikken

Fig. 18 Gelaagdheid in de bovengrond (collapsstructuren E); door verspoeling ontstaan, ondanks de aanwezigheid van een bodembedekking met stro.



Fig. 18 Topsoil stratification (collapse structures E); caused by puddling despite the presence of a soil cover of straw.

en afsterven. Het is daarom zaak de grondwaterstand door middel van ontwatering zodanig in de hand te houden dat schommelingen tot in de bewortelde lagen worden vermeden. Hiertoe is een afdoende drooglegging van de bewortelde lagen vereist. Of men deze drooglegging kan bereiken is afhankelijk van de doorlatendheid en de waterberging van de van belang zijnde bodemlagen. Bij gronden waarin door een geringe vochtberging sterke schommelingen optreden, is het wenselijk een zo diep mogelijke grondwaterstand na te streven. Het voordeel van capillaire wateraanvoer uit het grondwater naar de wortelzone weegt op deze gronden niet op tegen de gevaren van een plotselinge stijging van de grondwaterstand. Op dergelijke gronden is een waterstand dieper dan 100 cm gewenst. Bij gronden met een grotere waterberging is het gevaar van fluctuaties in de waterstand geringer. In deze gevallen zou het grondwater eventueel kunnen meespelen bij de vochtvoorziening van het gewas.

Gezien de fouten die vooral op zavel- en kleigronden bij het opzetten van het grondwater in perioden van grote vochtbehoefte worden gemaakt, moet de voorkeur aan beregening worden gegeven. Bovendien is het handhaven van een constante grondwaterstand op zavel- en kleigronden vrijwel onmogelijk.

Ook boven het grondwater kunnen verschijnselen van wateroverlast optreden. Als een goed doorlatende laag op een minder goed doorlatende ligt, kan het verschijnsel van een schijngrondwaterstand zich voordoen. Dit verschijnsel kan op verschillende diepten in tulpengronden optreden. Op deze wijze kan bijv. wateroverlast in de bovengrond voorkomen: na overvloedige neerslag raakt de bewerkte laag oververzadigd met water, omdat het het bewerkte (en daardoor minder doorlatende) deel van de bodem niet kan passeren. Dergelijke verschijnselen kunnen eveneens optreden wanneer na een lange vorstperiode de dooi invalt, gepaard gaande met veel neerslag. De bovenlaag raakt dan verzadigd met water dat niet weg kan, omdat de diepere bodemlagen nog bevroren zijn. Hierdoor kan schade aan de wortels of zelfs aan de bol ontstaan.

4.2.3 Het structuurprofiel

De structuur van de *bovengrond* is slechts gedeeltelijk van directe invloed op de groei van tulpen; ze worden op ± 8 cm diepte geplant (KOPPES, 1961). De bovenste zone, de deklaag, heeft echter toch een grote betekenis voor de water- en luchtdoorlatendheid. De structuur van deze bewerkte laag is in de loop van de teeltperiode aan sterke veranderingen onderhevig. Vooral in de winter bestaat er gevaar van verdichting van deze zone. Het hangt van de stabiliteit van de grond af (en van het weer) in welke mate dit gevaar reëel wordt. Vooral op slempige gronden kan men na natte perioden aan de oppervlakte collapsstructuren aantreffen.

Een verdichting kan men ook vinden in het onderste, meestal niet bewerkte deel van de bovengrond: brugstructuren. Dergelijke lagen belemmeren de groei van tulpenwortels en veroorzaken waterstagnatie.

Het overige deel van de bovengrond, vooral in stabielere gronden, bestaat overwegend uit holoëdrische elementen: afgerond-blokkige, blokkige elementen en kluitstructuren, meestal in combinatie. Plaatselijk komen, vooral bij pas gescheurd grasland, granulairen voor. De grootte en porositeit van de blokkige elementen en kluiten variëren. Op moeilijk bewerkbare gronden vindt men meestal elementen groter dan 1 cm, met een lage structuurgraad en een geringe porositeit.

De structuur van de *tussenlaag* heeft zowel voor de bewortelbaarheid als voor de doorlatendheid betekenis. Wat over de holoëdrische structuren werd vermeld – behandeld bij de bovengrond – geldt ook voor de tussenlaag. Een groundbewerking in de tussenlaag is echter ongebruikelijk; daarom treft men er ook geen kluiten en tevens weinig afgerond-blokkige elementen aan. In zwaardere tussenlagen komen soms prismatische elementen, al of niet met huidjes, voor, die in bepaalde gevallen enkelvoudig zijn. Samengestelde prismata komen vaker voor. De grootte en porositeit van de samenstellende elementen lopen nogal uiteen. In weinig slibhoudende (fijnzandige) lagen, waarbij nagenoeg geen fragmentatie optreedt, komen brugstructuren veel voor. Ze komen soms ook voor in slibrijkere lagen, maar deze kunnen onder droge omstandigheden scheuren. De structuur van veenlagen kan niet met het gebruikte systeem beschreven worden en daarom is er van dergelijke tussenlagen weinig te zeggen.

Indien de *ondergrond* dieper dan 40 à 50 cm beneden maaiveld begint, is hij voor de beworteling meestal niet van direct belang. De betekenis van de ondergrond moet

Fig. 19 Tulpewortel, sterk gekronkeld in een weinig poreuze laag



Fig. 19 Highly twisted tulip root in a slightly porous layer

2 cm

worden gezocht in de bufferende werking ten opzichte van de waterhuishouding in de bovenliggende lagen, waarin de bol en wortels verkeren. Slechts bij uitzondering hebben wij holoëdrische structuren in de ondergrond aangetroffen. Prismatische elementen – enkelvoudig of samengesteld – komen wat vaker voor. Grootteklasse en porositeit kunnen sterk uiteenlopen. Soms komen huidjes voor. Veel treft men ook structuren zonder elementen aan: sponsstructuren en geërfde macrobouwpatronen.

Een aantal zavelgronden, in gebruik voor de teelt van tulpen, heeft een fijnzandig karakter. De ondergrond heeft dan in de regel een sponsstructuur met een gering aantal, overwegend verticale gangen, overgaand in een ongestoord gelaagd complex.

4.2.4 Het bewortelingsprofiel

De beworteling van tulpen is op de bestudeerde percelen zoveel mogelijk in hetzelfde groeistadium bestudeerd. Hiervoor is de bloeiperiode gekozen, omdat dan ongeveer de maximale wortelontwikkeling bereikt is. Voor de kartering van de beworteling is steeds een verticale wand van een kuil genomen, die langs een tien- tot vijftiental tulpenbollen werd gegraven. De kuil werd zo dicht mogelijk langs een rij bollen gelegd en zo diep gemaakt als nodig was om de gehele bewortelde zone te bestuderen.

Ten aanzien van de bewortelingsdiepte kon worden vastgesteld dat de wortels van een normaal, goed ontwikkeld tulpengewas, niet verder dan 40 à 45 cm beneden maaiveld gaan. De bovenste bodemlaag van ongeveer 10 cm dikte is niet beworteld. Slechts in een enkel geval werd een diepere beworteling aangetroffen (tot 60 cm diepte). Het valt moeilijk te zeggen waarom de diepte van beworteling beperkt blijft tot enkele decimeters. BLAAUW (1938) bemerkte dat de bewortelingsdiepte in duinzandgrond afhankelijk is van de grondwaterstand. Indien dit ook op zavel- en kleigronden zou gelden, dan betekent dat, dat veel gronden van wateroverlast te lijden hebben. Ten tijde van de bloei was hiervan echter weinig merkbaar. Aangezien de wortelgroei tegen die tijd beëindigd is, zou men in een vroeger stadium onderzoek naar de invloed van het hydrologisch profiel op de wortelontwikkeling moeten verrichten.

De beworteling is in de regel even intensief over de gehele bewortelde zone. Een enkele maal slechts is de verdeling onregelmatig, maar dan is tevens de dikte van de bewortelde laag geringer of is de beworteling ijler. De verschillen in intensiteit waren steeds toe te schrijven aan verschillen in structuur. Tussenlagen of kluiten met een slechte structuur belemmeren de wortelontwikkeling. Een onregelmatig verdeelde of ijle beworteling moet als ongunstig voor het gewas worden beschouwd.

Onder gunstige omstandigheden zijn de wortels vrij recht, glazig wit en erg bros. Ze vertakken zich niet en zijn alle ongeveer even dik ($\frac{1}{2}$ –1 mm). Men krijgt de indruk dat tulpenwortels onder ongunstige omstandigheden erg kwetsbaar zijn, snel afsterven en verteren, waardoor dode wortels betrekkelijk moeilijk waarneembaar zijn. Afwijkingen zijn: een vaak plaatselijke bruin-zwart- of blauwverkleuring, al of niet gepaard gaand met insnoering, kurketrekkervorming en verdikking aan het jonge worteleinde. Men kan ze waarnemen in lagen met een ongunstige structuur en bij wateroverlast.

Ook bij tulpen behoeft een slechte beworteling niet steeds een onbevredigende ontwikkeling ten gevolge te hebben. Deze is sterk afhankelijk van de overige groeiomstandigheden, zoals de vochthoudendheid en de voedingstoestand van de bodem, het weer en de mate van parasitaire aantastingen. In geen enkel geval werd bij een goede wortelontwikkeling een minder goed gewas aangetroffen. Bij een matige of slechte wortelontwikkeling daarentegen kon herhaaldelijk geconstateerd worden dat het gewas voortijdig afsterft.

4.3 Beschrijving van de bodem van twee hoogproducerende tulpenpercelen

4.3.1 Een zeer humeuze zware zavel uit het Grootslag

Het granulaire profiel

De bovengrond bestaat uit zeer humeuze zware zavel met 30% afslibbare delen en 8% organische stof. De laag tussen 20 en 40 cm diepte is slibrijker (35%) bij een gelijkblijvend gehalte aan organische stof. De ondergrond tussen 40 en 100 cm diepte bestaat eveneens uit zware zavel (35%). Deze laag bevat nagenoeg geen organische stof. Dieper dan 100 cm neemt het slibgehalte af (20%).

Het hydrologische profiel

Het grondwater stijgt in deze bodem tot maximaal 100 cm beneden maaiveld. De bodem verkrijgt deze diepe drooglegging door de relatief hoge ligging ten opzichte van de omgeving. In de bewortelbare zone is 200 à 240 mm beschikbaar water aanwezig.

Het structuurprofiel

De structuur van de laag van 0-20 cm bestaat uit poreuze afgerond-blokkige elementen (A4a 1) en poreuze granulairen (A3a 1). De grootteklasse is II-III (de doorsnede van de elementen is 1 tot 5 mm). De structuurgraad is 2, wat op een gemakkelijke bewerkbaarheid wijst (30-70% van de elementen wordt reeds bij lossteken

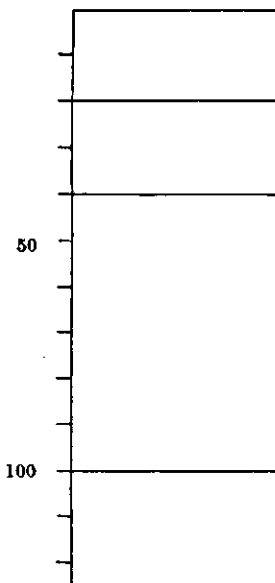
Granulair profiel

zeer humeuze,
zware zavel
8% humus
30% slib

id., 35% slib

50
zware zavel
35% slib

100
lichte zavel
20% slib



Structuurprofiel

A4a A3a 1 II-III 2 afge-
rond-blokkige en granu-
laire elementen

A4a A5a 1 IV-V 3 afge-
rond-blokkige en blok-
kige elementen

G1b poreuze sponsstruc-
tuur

G1a 3 poreuze spons-
structuur met overwe-
gend verticale gangen

Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwater op 1,10 m —maaiveld; vochtinhoud 200-240 mm

geïsoleerd). De tussenlaag (20–40 cm diepte) is sterk gefragmenteerd. De structuurgraad is 3: meer dan 70% van de elementen wordt reeds bij lossteken geïsoleerd. Er zijn poreuze afgerond-blokkige (A4a 1) en poreuze blokkige elementen (A5a 1) aanwezig. Beide structuurvormen komen voor in de grootteklassen IV en V (5–20 mm). Vanaf 40 cm diepte bezit de ondergrond een poreuze sponsstructuur (G1b). Dieper dan 100 cm is de lichte zavel poreus, hoofdzakelijk door verticale gangen (G1a 3).

De bodem is tot 100 cm diepte zeer goed bewortelbaar; tot dezelfde diepte is de doorlatendheid voor water en lucht goed. De bovengrond is weinig slempgevoelig.

4.3.2 Een humusrijke, matig zware klei uit de Westerkogge

Het granulaire profiel

De bovengrond (0–20 cm) van deze kleigrond is humusrijk (12%). Het percentage afslibbare delen bedraagt 55: matig zware klei. Het gehalte aan organische stof neemt in de tussenlaag (20–30 cm) toe tot 15%, bij een afnemend slibgehalte (50%). Beneden 30 cm diepte ontbreekt in de ondergrond de organische stof; het slibgehalte in de lichte klei bedraagt 45%. Dieper dan 100 cm wordt het materiaal gelaagd: slibrijke en slibarme laagjes wisselen elkaar af.

Het hydrologische profiel

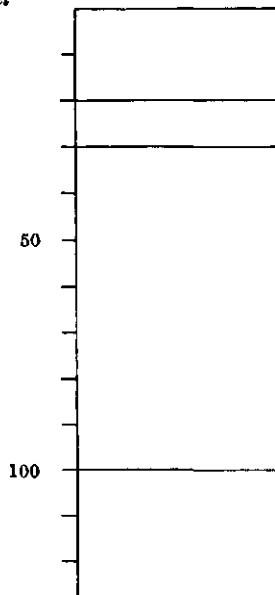
Vroeger kwam in deze kleigrond vanaf 40 cm diepte ernstig waterbezwaar voor. De detailontwatering met behulp van een gesloten drainagesysteem met onderbemaling zorgt thans voor drooglegging van de bodem. Deze wordt verkregen met buizen op 120 cm diepte bij een afstand tussen de reeksen van 8 m. De voorraad aan beschikbaar water bedraagt 250 à 300 mm.

Granulair profiel

humusrijke,
mat. zw. klei
12% humus
55% slib
humusrijke,
lichte klei
15% humus
50% slib

lichte klei
45% slib

slibrijke en
-arme laagjes
(zwarte zavel)



Structuurprofiel

A4a A5a A3a 1 II-IV 2
afgerond-blokkige, blok-
kige en granulaire ele-
menten

A4a A5a 1 III-IV 1†
afgerond-blokkige en blok-
kige elementen

G1b poreuze sponsstruc-
tuur

H2 gestoord gelaagd
complex

Hydrologisch profiel: gedraineerd op $8 \times 1,20$ m; grondwater op 1 m —maaiveld; vochtinhoud 250 à 300 mm.

Het structuurprofiel

De bovengrond bestaat uit poreuze granulairen (A3a 1) en poreuze afgerond-blokkige elementen (A4a 1). Deze komen voor in de grootte van 1 tot 10 mm (II-IV), en hebben een structuurgraad 2 (30-70% van de elementen wordt bij lossteken geïsoleerd). De tussenlaag wordt gevormd door poreuze afgerond-blokkige (A4a 1) en poreuze blokkige (A5a 1) elementen. De grootteklasse is III en IV (2 tot 10 mm) en de structuurgraad is afgenomen tot 1½ (30-70% van de elementen is slechts door openbreken te isoleren). Vanaf 30 cm diepte is een poreuze sponsstructuur (G1b) aanwezig. Beneden 100 cm diepte bestaat de ondergrond uit gestoorde geërfde macrobouwpatronen.

De bodem is tot 100 cm diepte goed bewortelbaar. De doorlatendheid voor water en lucht is eveneens goed te noemen. De bovengrond is stabiel.

4.4 De bodembehandeling

Op basis van gegevens van veldbodembkundig onderzoek is het mogelijk een mening te geven over de geschiktheid van percelen bestemd voor de teelt van tulpen. Aan het geschiktheidsoordeel wordt een behandelingsadvies verbonden. Het bodembkundig onderzoek is niet alleen van belang voor groentetelers die tevens tulpen telen, ook voor bedrijven die los land voor het telen van tulpen huren, kan een bodemonderzoek nuttig zijn.

4.4.1 De ontwatering

Afgaande op de meest voorkomende diepte van beworteling, is op zavel- en kleigronden een drooglegging van 50 cm een minimale vereiste (bij een afvoer van 15 mm/etm.). Op gronden waar dit mogelijk is, dient men te streven naar een grotere drooglegging. In de praktijk wordt meestal gedraineerd op 80 à 100 cm diepte bij een reeksafstand van 6 à 8 m. Hiermee bereikt men in ongunstige gevallen wellicht nauwelijks de vereiste drooglegging; bij beter doorlatende gronden ruimschoots.

Omdat stagnerend water zeer ongewenst is, wordt vaak extra aandacht besteed aan de oppervlakkige afstroming van water in de wintermaanden. Men geeft het perceel een ronde ligging of zorgt voor greppels. Als er lage plekken in het perceel voorkomen, worden deze apart van een greppel of ondiepe drainage voorzien (BAKKER, 1964; NEUVEL, 1963).

4.4.2 De bodembewerking

De manier waarop de bovengrond voor de tulpen teelt wordt bewerkt, hangt af van een aantal, hoofdzakelijk niet bodembkundige factoren (NEUVEL, 1962, 1963). De invloed van de bodem op de wijze van bewerken is merkbaar in de praktijkopvatting dat slempgevoelige gronden beter niet gefreesd kunnen worden. Verder kan geen regel worden opgesteld voor de samenhang tussen bodemeigenschappen en de wijze van bewerken, vermoedelijk omdat de weersomstandigheden het bewerkingseffect

Fig. 20 Bewortelingsprofiel van tulpen op een slecht (A) en een goed (B) perceel. De bodem van perceel A is slecht en bovendien niet ontwaterd. De beworteling is onvoldoende; het gewas op dit perceel is niet geoogst. Het gewas van perceel B is goed; omdat het land slechts voor één jaar werd gehuurd, is geen drainage aangelegd. Daardoor is er vermoedelijk vroeger in het seizoen toch nog sprake geweest van enige wateroverlast. De beworteling is niet erg intensief en zou bij een betere drooglegging vermoedelijk dieper kunnen gaan.

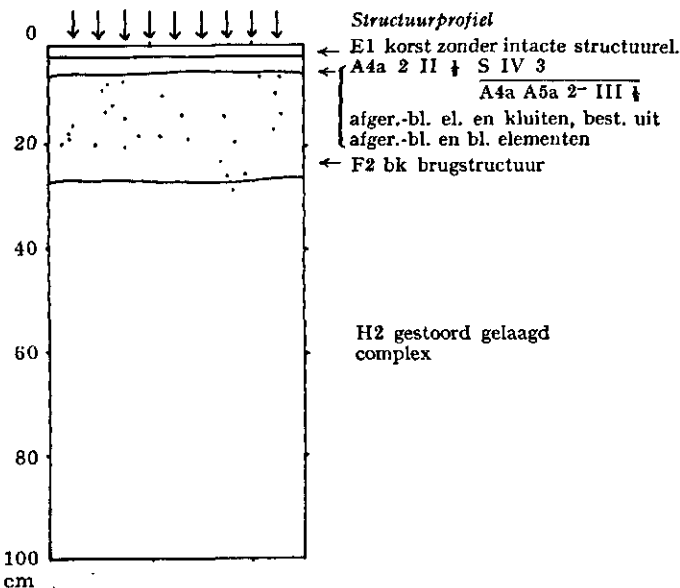
A. TULP ROSE COPLAND, HEERHUGOWAARD: geplant oktober 1962; voorvrucht wikke; mislukt gewas; opname 15 mei 1963

Granulair profiel

mat. humusarme, zeer l., fijnzandige zavel, 2% humus
15% slib

zeer lichte, fijnzandige zavel
15% slib

zeer lichte zavel
10% slib



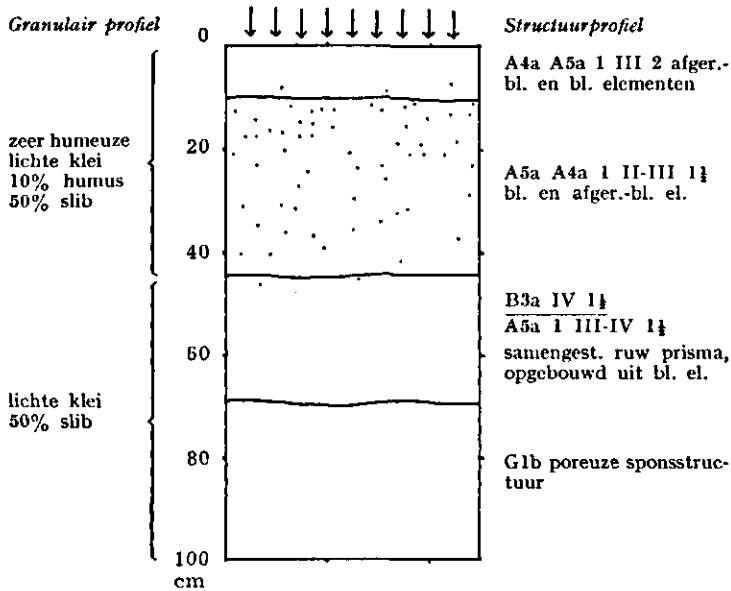
Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwaterstand op 0,60 m—maaiveld; reductie vanaf 0,30 m

sterk kunnen doorkruisen. De weersomstandigheden zijn bovendien bepalend voor de reactie van het gewas op de structuur van de bovengrond.

Teelt men een groenbemestingsgewas voor het poten van de bollen, dan is een ondiepe bewerking (frozen) nodig om het gewas te doden en te verkleinen. De hoofdbewerking voor de tulpen gebeurt dan voor de inzaai van het voorgewas. Deze bewerking bestaat uit spitten of ploegen (eventueel met woelen) en zonodig frezen om een goed zaaibed te verkrijgen. Een graszode wordt eerst enkele malen gefreesd en in de loop van de zomer een keer omgeploegd. Als men bloemkool als voorgewas teelt, bewerkt men de bodem na de oogst hiervan, en wel door ploegen of frezen. In het algemeen bewerkt men de bodem liefst enkele weken voor het bollenpoten, zodat deze weer wat kan bezakken.

De toe te passen bewerking is tevens afhankelijk van de wijze van planten en oogsten. Indien de bollen ingeplougd worden, voert men meestal geen voorafgaande bewerking uit. Bij andere plantsystemen wordt niet gelijktijdig met de bodembewerking geplant. De bewerking vindt plaats met de ploeg, de frees of met beide, en de laatste tijd ook met de spitmachine. Als men de tulpen op ruggen teelt, moet voldoende rulle grond aanwezig zijn om de ruggen te kunnen opbouwen. Daarom freest men. Het voordeel van de ruggenteelt is dat gemakkelijk mechanisch gerooid kan worden. Ook wordt

B. TULP ROSE COPLAND, BAARSDORPERMEER: geplant oktober 1962; gescheurd grasland; goed gewas; opname 17 mei 1963



Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwaterstand op 0,80 m —maaveld; reductie vanaf 0,60 m
Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 20 Root-system profile of tulips on a poor plot (A) and a good one (B). The soil on plot A is poor and it is not drained. There is insufficient root formation; the crop on this plot was not harvested. The crop on plot B is good. Since the land was only leased for a year no drains were laid. As a result there was probably some flooding earlier in the season. The root formation is not very intensive and could probably have reached greater depths had the drainage been better

deze methode wel aanbevolen op slompgevoelige gronden, omdat de greppels tussen de ruggen – in combinatie met dwarsgreppels – voor de oppervlakte-ontwatering dienst kunnen doen. Er zit een zekere tegenstrijdigheid in dit advies, omdat – zoals wij reeds vermeldten – frezen op dergelijke grond niet aanbevelenswaardig is. Bij alle systemen van planten tracht men de structuur van de bovengrond na de bewerking te behouden door er zo min mogelijk over te rijden of te lopen. Bij meerrijige plantmachines, die alleen op grote percelen worden gebruikt, krijgt men wielsporen op vrij grote afstand van elkaar. Deze worden niet als nadeel beschouwd, omdat dergelijke sporen als paden en afvoergreppels dienen.

De ervaringen met de bewerking van diepere lagen zijn nog beperkt. Wel is bekend dat woelen wisselende resultaten geeft. Andere vormen van diepe bewerking zijn in onderzoek (VAN DER VALK, 1961, 1962).

4.4.3 De voorziening met organische stof

Organische stof kan de geschiktheid van de bovengrond belangrijk verbeteren, vooral door de invloed op de bewerkbaarheid, op de mogelijkheid voor mechanisch

planten en rooien en op de slempgevoeligheid. Gras als voorgewas geeft een goede uitgangstoestand. Alleen wanneer men land voor de tulpenteelt huurt of als men over een grote oppervlakte beschikt, kan meerjarig gras in de vruchtwisseling worden opgenomen. Bij de betrekkelijk kleine oppervlakten die de opengronds groentebedrijven hebben, vormen groenbemestingsgewassen met korte groeitijd een goede voorvrucht (NEUVEL, 1963). Soms teelt men Alexandrijnse klaver, Italiaans of Westerwolds raaigras, lucerne, siletta, facelia of wikke als voorvrucht. Vroeggezaaide gewassen worden in augustus licht ondergewerkt (3 à 4 cm) of doodgespoten, zodat de massa nog enigszins kan verteren voor de tulpen worden gepoot.

Een bodembedekking na het planten van tulpen zou, vooral op slempgevoelige gronden, meer toepassing kunnen vinden. Een laagje turfstrooisel of doorgevroren zwartveen van $\frac{1}{2}$ -1 cm dikte kan bescherming geven. Een probleem is echter vaak dat deze materialen in de herfst bij droog weer wegwaaien.

5 Bodemkunde van kasrozen

5.1 Inleiding

Snijrozen behoren tot de belangrijkste exportprodukten in de snijbloemensector. Zij worden hoofdzakelijk in verwarmde kassen in het tuinbouwcentrum Aalsmeer geteeld. Ook buiten dit centrum komt de teelt wel voor, maar ons onderzoek heeft zich tot Aalsmeer beperkt.

De belangstelling voor de teelt van kasrozen is door allerlei omstandigheden de laatste tijd toegenomen, onder meer dank zij de goede financiële uitkomsten. In 1964 bedroeg de totale oppervlakte kasrozen 171 ha, waarvan 165 ha verwarmd werd. In datzelfde jaar steeg de veilingwaarde tot f 37 miljoen voor 193 miljoen stuks (volgens gegevens van het Productschap voor Siergewassen, 1964). Per bedrijf is (volgens berekening van het L.E.I.) in 1963 het netto-overschot voor een rozen- en/of anjerbedrijf gemiddeld f 29 per f 100 kosten. De kosten zijn echter eveneens hoog, nl. (volgens dezelfde bron) per bedrijf f 54.600 bij een gemiddeld geïnvesteerd vermogen van f 142.000.

Het type bedrijf waar rozen worden geteeld, heeft veel overeenkomst met dat van anjers. Veelal teelt men deze gewassen afwisselend in dezelfde kassen. Men plant de struiken of zetlingen op bedden van vier à vijf rijen met tussenpaden van 70 à 80 cm breedte. Het gewas wordt gemiddeld 7 à 10 jaar aangehouden, hoewel er ook kassen zijn met oudere struiken (VAN MARSBERGEN, 1964).

De rozenvariëteiten, bestemd voor de teelt in kassen, worden op onderstam *Rosa canina*, of de veredelde vormen hiervan, geënt. Bij ons onderzoek werd alleen *Rosa canina* bestudeerd. De veredeling bestond doorgaans uit Parel van Aalsmeer, in een paar gevallen uit andere variëteiten.

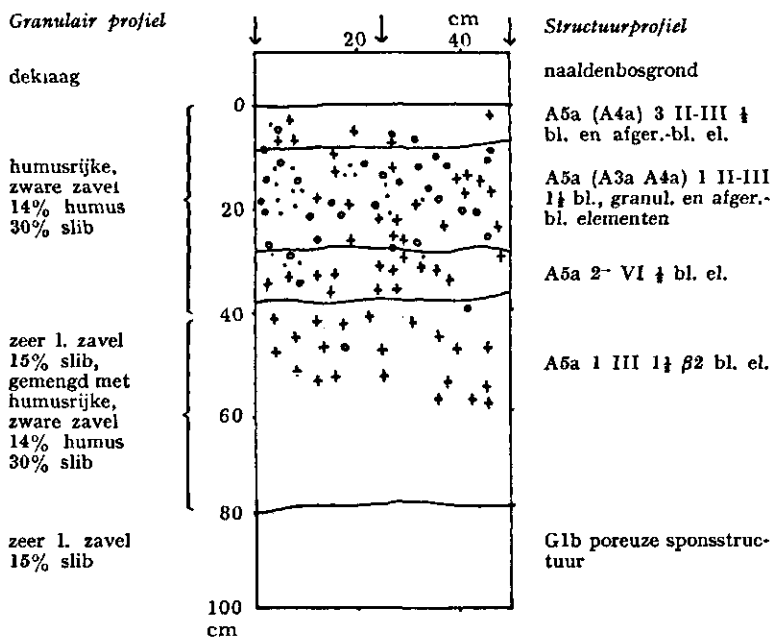
De meeste kasrozen tracht men door stoken zo vroeg mogelijk in het voorjaar in produktie te krijgen of deze produktie zo lang mogelijk in het najaar te laten doorgaan. In de winter krijgen zij een rustperiode van tenminste 4 à 6 weken; een aantal variëteiten leent zich voor 'doorstoken'. De grootste veilingaanvoer ligt in de maanden mei t/m oktober; overigens worden het gehele jaar door rozen aangevoerd. Door het forceren van het gewas worden hoge eisen aan de bodemomstandigheden gesteld. Daarom besteed men veel zorg aan de bodem.

5.2 Karakterisering van de bodem

Voor zover ons bekend, is er aan de bodemomstandigheden bij de teelt van kasrozen geen onderzoek verricht. Ons onderzoek heeft betrekking gehad op bedrijven die alle op oude zeeklei (VAN LIERE, 1949) in de droogmakerijen rondom Aalsmeer (ARNOLD BIK e.a., 1962) gelegen zijn. De oorspronkelijke opbouw van de bodem

Fig. 21 Bewortelingsprofiel uit 2 rozenkassen: van een slecht (A) en van een zeer goed gewas (B). De beworteling in kas A is totaal onvoldoende als gevolg van wateroverlast door het ontbreken van een drainage-systeem; er zijn meer dode wortels dan levende wortels. De reductie als gevolg van te overvloedige beregeningen treedt zelfs in de bovengrond op. Gewas B heeft een goede beworteling, hoewel dieper gedraineerd zou kunnen worden. Door bedekking van de bovengrond en een doelmatiger wijze van beregening, zou een nog betere beworteling van de lagen boven 50 cm diepte verkregen kunnen worden

A. ROOS PAREL VAN AALSMEER, ONDERSTAM *Rosa canina*, AALSMEER: geplant in 1957; slecht gewas; opname 8 februari 1962



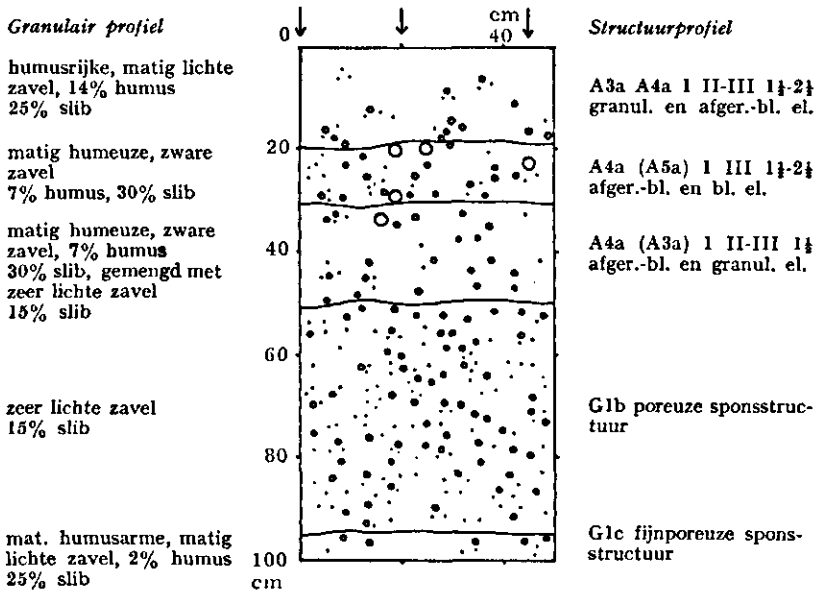
Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwaterstand op 0,55 tot 0,60 m —maaiveld; reductie van organische stof in bovengrond

wordt echter in de meeste kassen niet meer aangetroffen. Bij de keuze van de bedrijven die door ons werden bestudeerd, heeft de overweging gegolden, dat de groei van de rozen te wensen moest overlaten. Twee hoogproducerende bedrijven werden ter vergelijking in het onderzoek betrokken. Opbrengstgegevens werden niet verzameld. Er werd gezocht naar een samenhang van de slechte groei met de bodemomstandigheden. Hierover werden aanwijzingen verkregen.

5.2.1 Het granulaire profiel

De bovengrond van 20 à 35 cm dikte varieert in slibgehalte van 25 tot 40% met een humusgehalte van 10 à 20%. Naarmate het slibgehalte lager is, wordt de slempgevoeligheid groter. Daarom neemt men gronden die lichter zijn dan 25% liever niet. Gronden met meer dan 40% afslibbaar gebruikt men eveneens bij voorkeur niet, omdat deze moeilijker klaar te maken zijn voor de teelt van rozen en anjers.

B. ROOS GEHEIMRAT DUISBERG, ONDERSTAM *Rosa canina*, AALSMEER: geplant in 1953; zeer goed gewas; opname 28 februari 1962



Hydrologisch profiel: gedraineerd op $5 \times 1,05$ m; grondwaterstand op 1,00 m — maaiveld; reductie vanaf 0,95 m

Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 21 Root-system profile taken from two rose greenhouses, viz. of a poor crop (A) and a very good one (B). The root formation in greenhouse A is quite inadequate owing to the flooding caused by the lack of a drainage system; there are more dead than live roots. The reduction caused by excessive irrigation is even found in the topsoil. Crop B has a good root formation, although it might be better drained. The root formation of the layers above a depth of 50 cm could be still further improved by covering the topsoil and more effective irrigation.

Onder de bovengrond volgde oorspronkelijk een stugge, kalkarme tussenlaag van 10 à 15 cm dikte van een iets zwaardere samenstelling. Deze laag is in veel gevallen gebroken, verbeterd of weggewerkt, waardoor de natuurlijke toestand van de bodem tot 50 cm of dieper is verstoord.

De ondergrond bestaat meestal uit humusarme, kalkrijke klei of zavel van wisselende zwaarte. De variatie in gehalte afslibbare delen is ongeveer gelijk aan die van de bovengrond. In een groot aantal van de onderzochte bedrijven wordt de bodem naar onderen toe lichter. Dit is echter geen regel.

5.2.2 Het hydrologische profiel

Stagnerend water in de bewortelde lagen van de bodem is ook voor rozen nadelig. Hierdoor kunnen wortels worden beschadigd, hetgeen nog kan worden versterkt door reductie van organische stof. Door het forceren van het gewas is de kans groot dat de wortels actief zijn in een periode van wateroverlast. Wisselingen in grondwater-

stand kunnen optreden door vochtonttrekking aan de bodem en door natuurlijke neerslag buiten en kunstmatige beregening in de kas. Daarom is ontwatering in de meeste rozenkassen noodzakelijk.

De diepte van drooglegging is afhankelijk van de bewortelbaarheid en de hydrologische eigenschappen van de bodem. Er moet ook rekening worden gehouden met de mogelijkheid tot doorspoelen van de kas. Op goede gronden kan het gewas diep wortelen en is een drooglegging van minstens 100 cm gewenst.

Ook boven het grondwaterniveau kunnen zich verschijnselen van wateroverlast voordoen. Men ziet dit soms aan de wortels en aan reductiekleuren in de bodem. Ze zijn het gevolg van verkeerd gebruik van de beregeningsinstallatie en ontstaan door een te geringe doorlatendheid van bepaalde lagen.

5.2.3 Het structuurprofiel

Het structuurprofiel is voor rozen van grote betekenis, mede omdat het gewas jaren achtereen in de kas staat en er tijdens de teelt in dit opzicht weinig aan de bodem te veranderen is. De betekenis ontleent de structuur aan zijn invloed op het hydrologische profiel en het bewortelingsprofiel.

Achteruitgang van de structuur van de *bovengrond* in rozenkassen gaat men tegen door bedekking met een laagje organisch materiaal. De bovengrond, die van oorsprong reeds humusrijk is, wordt voor de teelt nog van extra organische stof voorzien en verkeert daardoor meestal in goede conditie. Er komen afgerond-blokkige elementen van de grootte van $\frac{1}{2}$ -1 cm en wat kleinere granulaire elementen in voor. In nieuwe kassen vindt men ook kluiten van uiteenlopende grootte en meestal geringe porositeit, en blokkige elementen. In de paden is de structuur slechter dan op de bedden. Men vindt daar collapsstructuren. De dikte van de dichtgelopen laag in de paden bedraagt enkele centimeters.

De oorspronkelijk in de bodem aanwezige *tussenlaag* beschouwt men algemeen als nadelig voor de teelt. In veel gevallen heeft men deze laag verbroken of beneden het grondwater weggewerkt. Soms heeft men er kalkrijke ondergrond doorheen gewerkt. Deze maatregelen zijn bodemkundig gezien zelden een succes geweest. Vooral bij een lichte ondergrond is als gevolg van de bewerking verslemping opgetreden en zijn er kluiten met een geringe porositeit ontstaan. Hoe intensiever de menging is geweest des te sterker is de verslemping. Bij zwaardere – meer structuurbestendige – ondergronden is de menging minder intensief en verkeren de kluiten meestal nog in de oude toestand. Een nadeel van de bewerking van ondergronden is dat men het eventueel aanwezige natuurlijke gangstelsel verbreekt.

De tussenlaag zelf had meestal een samengestelde prismatische structuur, opgebouwd uit blokkige elementen met een wisselende porositeit. Deze blokkige elementen vindt men ook na de bewerking nog terug.

Zoals voor alle diepwortelende overjarige gewassen geldt, is ook voor de roos de structuur van de *ondergrond* belangrijk voor de beworteling en de waterhuishouding. Meestal komen er geen structuurelementen in voor; overheersend zijn de sponsstructuur en verder de geërfde macrobouwpatronen. Zwaardere ondergronden bezitten meestal een poreuze sponsstructuur, overgaande in een sponsstructuur met overwegend verticale gangen of in gestoorde geërfde macrobouwpatronen. Lichtere

ondergronden hebben vaak een fijnporeuze sponsstructuur, die sneller overgaat in geërfde macrobouwpatronen.

5.2.4 Het bewortelingsprofiel

Bij ons onderzoek werd het bewortelingspatroon in de winter of het voorjaar opgenomen. De kuilen werden steeds in het pad op ongeveer 10 à 20 cm afstand langs een drietal struiken gegraven. De beworteling werd aan de wanden van de kuil bestudeerd.

De diepte van de beworteling bleek op de onderzochte bedrijven sterk uiteen te lopen: van ± 50 cm tot meer dan 100 cm. Rozen op goede bedrijven lieten een diepe beworteling zien. Dit heeft ons er toe geleid aan te nemen dat een bewortelingsdiepte van minstens 80 cm voor een ongestoord verloop van de groei gewenst is. Wat de betekenis van een groot doorworteld bodemvolume is, kan niet met zekerheid worden gezegd. De bufferende werking voor water en voedingsstoffen is zeker belangrijk. Het lijkt echter of er vooral bij overjarige gewassen nog andere factoren in

Fig. 22 Rozewortels met lichtgekleurde, jonge, verdikte worteleinden



Fig. 22 Rose roots with light-coloured, young, thickened root tips

2 cm

het spel zijn. De beperking van de diepte van de beworteling kon in bijna alle gevallen aan wateroverlast toegeschreven worden. Slechts bij uitzondering was de structuur oorzaak van het niet diep doordringen van de wortels.

De intensiteit van de beworteling in diverse bodemlagen liep van bedrijf tot bedrijf uiteen. De bovengrond bleek meestal intensief doorworteld te zijn. Uitzonderingen komen voor in die gevallen waar de structuur te wensen overlaat. Zonder toepassing van bodembedekking zijn de bovenste centimeters niet beworteld. De tussenlaag levert nogal eens moeilijkheden op voor de wortelontwikkeling, zoals uit de geringe intensiteit van de beworteling en de dikte van de wortels blijkt. In lagen met een minder goede structuur treft men minder en dikkere wortels aan dan in goede lagen. Waar ondergrond door de tussenlaag is gemengd en dit tot structuurverval heeft geleid, is de beworteling gering. In minder poreuze lagen treft men wortels in scheuren aan. In tussenlagen kwamen veelvuldig dode wortels voor. De ondergrond blijkt ook bij een goede structuur niet steeds intensief doorworteld te zijn. Dit is, zoals wij reeds zagen, te wijten aan wateroverlast.

De afzonderlijke wortels geven vaak een beeld van het groeimilieu. Normaal zijn jonge rozenwortels wit, met afmetingen van $< \frac{1}{2} - >$ 1 mm en nogal bros. Bij ouder worden wordt de kleur donkerder, geel tot lichtbruin, en later donkerbruin, en neemt ook de dikte toe tot 5 à 10 mm. De brosheid verdwijnt, de wortels worden taaier. In normale omstandigheden vertakken de wortels zich vrij sterk, in lagen met een slechte structuur is de vertakking veel geringer. Soms is deze zelfs geheel afwezig. Men kan ook verkleuringen (donkerbruin of zwart) en misvormingen (kronkels) aantreffen.

Bij vergelijking van de wortelbeelden van de diverse bedrijven, waaronder de twee met een uitstekende groei en produktie, viel af te leiden dat er minder storingen in de groei en de produktie optreden naarmate het bewortelingspatroon regelmatig is en de wortels een grotere diepte bereiken. Bij een minder goede beworteling is de teelt moeilijker; vooral bij het forceren ondervindt men grote bezwaren.

5.3 Beschrijving van de bodem van een hoogproducerende rozenkas

5.3.1 Een humusrijke zware zavel uit de Legmeerpolder

Het granulaire profiel

De afdekkende laag van enkele centimeters dikte bestaat uit stalmest, waar overheen doorgevoren zwartveen is aangebracht. De bovengrond, ter dikte van 25 cm, bevat 30% afslibbare delen en 12% organische stof. De tussenlaag is wat zwaarder (35% afslibbaar) en is ook humusarmer (8%). De ondergrond begint op 50 cm diepte en wordt geleidelijk lichter en fijnzandiger tot 15% afslibbaar op 100 cm diepte. Het materiaal van deze ondergrond bevat geen organische stof.

Het hydrologische profiel

Met behulp van een gesloten drainagesetstel (6×1.20 m) met onderbemaling op een put, wordt de grondwaterstand zo mogelijk beneden 100 cm diepte gehouden.

De poldersloot heeft een wisselende waterstand, die veelal juist in voorjaar en zomer oploopt. Er zijn wel roestverschijnselen in de ondergrond aanwezig, maar deze zijn in hoofdzaak fossiel. Hoger in de bodem komen geen reductieverschijnselen of andere tekenen van wateroverlast voor. De bodem kan 200 à 240 mm beschikbaar water bevatten.

Het structuurprofiel

De bovengrond bestaat hoofdzakelijk uit afgerond-blokkige elementen (A4a 1) met een heterogeen poriënstelsel. Verder komen vrij veel granulairen voor (A3a 1). De grootteklasse is II en III (1-5 mm), de structuurgraad is 2½ (meer dan 70% van de elementen is slechts door openbreken te isoleren). De tussenlaag bestaat eveneens hoofdzakelijk uit afgerond-blokkige elementen (A4a 1) met een hoge structuurgraad (2½), maar bevat daarnaast ook enkele kluiten met een lage structuurgraad (½): minder dan 30% van de elementen is door openbreken te isoleren. De grootteklasse van de kluiten is IV (5-10 cm). De kluiten zijn opgebouwd uit blokkige elementen met een geringere porositeit (A5a 1-). De grootteklasse van de elementen is V (10-20 mm). De in deze laag voorkomende afgerond-blokkige elementen behoren tot de grootteklassen II en III (1-5 mm). De ondergrond heeft een poreuze sponsstructuur, die op 100 cm diepte overgaat in een fijnporeuze sponsstructuur (G1b resp. G1c).

De bodem is tot 100 cm diepte zeer goed bewortelbaar, de diepere ondergrond wat minder. De doorlatendheid voor water en lucht is goed.

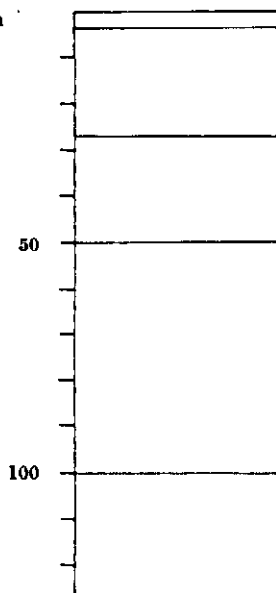
Granulair profiel

afdeklaag van stalmest en doorgevroren zwartveen
humusrijke, zware zavel
12% humus, 30% slib

zeer humeuze zware zavel
8% humus, 35% slib

matig lichte zavel
20% slib

lichte zavel, 15% slib



Structuurprofiel

A3a A4a 1 II-III 2½ granulaire en afgerond-blokkige elementen

A4a 1 II-III 2½
S IV 3

A5a 1- V ½
afgerond-blokkige elem.
met enkele kluiten, be-
staande uit blokkige
elementen

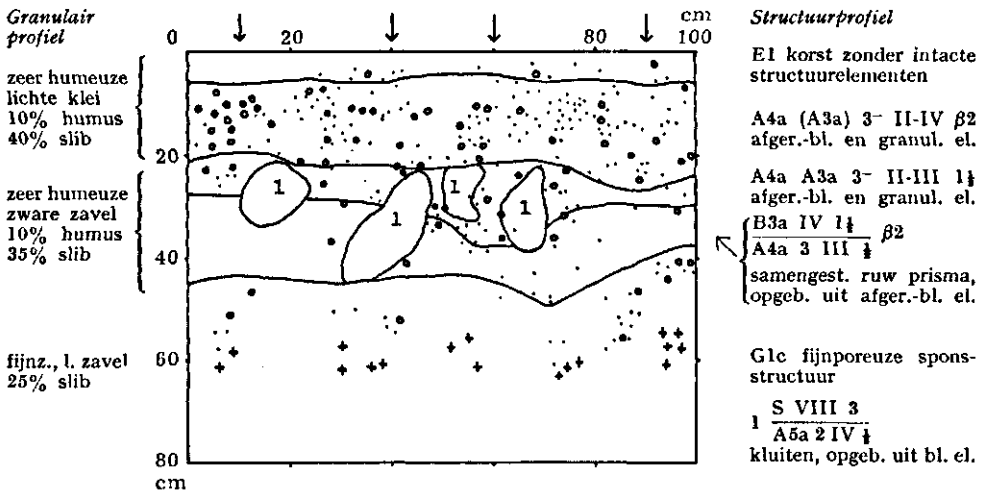
G1b poreuze sponsstruc-
tuur

G1c fijnporeuze spons-
structuur

Hydrologisch profiel: gedraineerd op 6 x 1,20 m; grondwaterstand dieper dan 1 m — maaiveld; vochtinhoud 200 à 240 mm

Fig. 23 Bewortelingsprofiel uit 2 rozenkassen met matig producerende gewassen. De beworteling is onvoldoende. De bodem van bedrijf C is wat minder goed dan van bedrijf D, maar de oorzaak van de slechte beworteling moet hoofdzakelijk gezocht worden in het optreden van wateroverlast door het ontbreken van een ontwateringssysteem. Te overvloedige beregeningen doen het grondwater periodiek te hoog oplopen, waardoor veel wortels zijn afgestorven. Op beide bedrijven is de verbetering van de tussenlaag (met materiaal van de ondergrond) niet erg geslaagd.

C. ROOS PAREL VAN AALSMEER, ONDERSTAM *Rosa canina*, AALSMEER: geplant 1960; matig gewas; opname 9 mei 1961



Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwaterstand op 0,85 m —maaiaveld; reductie vanaf 0,50 m

5.4 De bodembehandeling

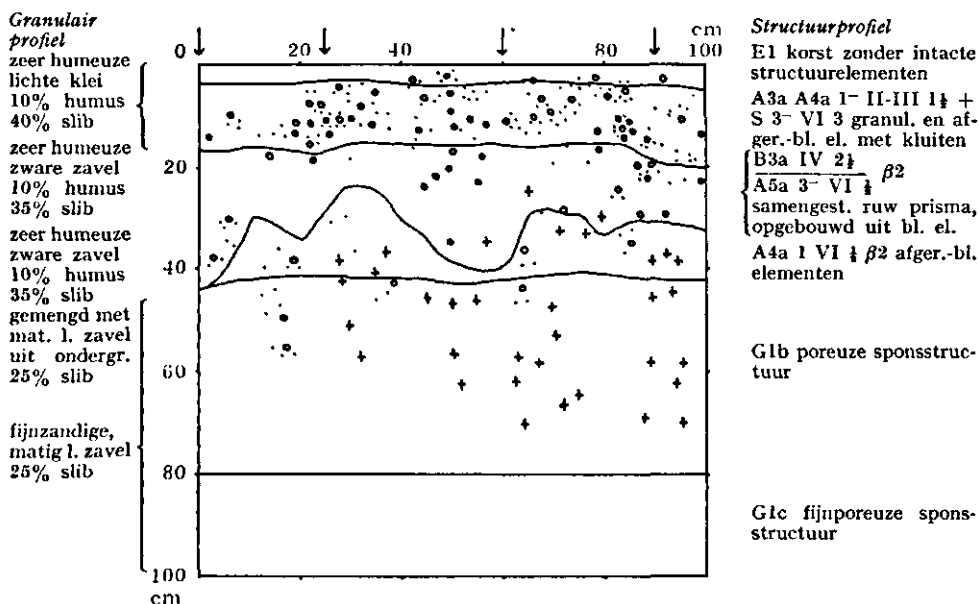
De behandeling van de bodem van een kas, bestemd voor rozen, is afhankelijk van de voorgeschiedenis van die kas. In bestaande kassen zijn meestal reeds de nodige grondverbeteringen uitgevoerd; in nieuwe kassen moet dit nog gebeuren. In beide gevallen verdient het aanbeveling vooral aandacht aan de ontwatering te besteden.

5.4.1 De ontwatering

Het ontwateringssysteem moet aangepast zijn aan de bodemeigenschappen en niet aan de slootwaterstand, zoals men in de praktijk nogal eens meent. Daarom zijn er nog kassen die niet of te ondiep zijn gedraineerd. Met een volautomatisch werkende onderbemaling op een gesloten drainagesetel, kan men te allen tijde een afdoende ontwatering bereiken. Men draineert tegenwoordig zo mogelijk op een diepte van 120 cm, bij een drainafstand van 5 à 7 m, afhankelijk van de afmetingen van de kas. Deze afstand is tevens afgestemd op de mogelijkheid om de bodem te kunnen doorspoelen.

Op een aantal bedrijven damt men de sloot tijdelijk wel eens af om het water op te houden dat men voor beregening nodig heeft. Het resultaat hiervan kan zijn, dat water van een te overvloedige beregening in de bodem stagneert.

D. ROOS PAREL VAN AALSMEER, ONDERSTAM *Rosa canina*, AALSMEER: geplant 1960; matig gewas; opname 31 mei 1961



Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwaterstand op 0,85 m —maaiveld; reductie vanaf 0,50 m
 Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 23 Root-system profile taken from two rose greenhouses with moderately producing crops. The root formation is inadequate. The soil in case C is somewhat inferior to that of D, but the main cause of the poor root formation is the flooding due to the lack of a drainage system. Excessive irrigation periodically leads to excessively high water tables as a result of which many roots died. In both cases the improvement of the intermediate layer (with subsoil material) was not very successful.

De kunstmatige beregening is een belangrijke verbetering in de techniek van watergeven. Het gemak evenwel waarmee men de installatie gebruikt, vergroot het gevaar van te grote doses. Aangetroffen reductieverschijnselen in de bovengrond en in tussenlagen houden niet alleen verband met een te geringe doorlatendheid, maar ook met te overvloedige watergiften. Deze laatste zouden meer moeten worden afgestemd op de bodemomstandigheden, zoals verderop omschreven voor de teelt van vroeg gestookte komkommers.

5.4.2 De bodembewerking

Ter voorbereiding van de bodem voor de teelt van rozen, kan het nodig zijn bepaalde lagen te verbeteren; meestal betreft dit de bovengrond en de tussenlaag. Vroeger werkte men ook wel dieper, omdat men na een teelt van Amerikaanse anjers of bij het bestrijden van rozenmoehed, de bovenlaag diep wegwerkte. Tegenwoordig stoomt men de grond. Op het nadelig effect van het wegwerken van de bovengrond beneden het grondwater heeft VAN LIERE (1949) reeds gewezen. Ook geeft het bewerken van

Fig. 24 Een met ondergrond (licht gekieurd) – slecht – gemengde tussenlaag (30–50 cm diepte)



Fig. 24 An intermediate layer (depth 30 to 50 cm) poorly mixed with subsoil (light colour)

een zavelige ondergrond aanleiding tot verslemping. In de meeste ondergronden komt een sponsstructuur voor, die men door bewerken verstoort.

Eertijds werden alle grondbewerkingen in handkracht uitgevoerd. Dit wordt tegenwoordig vervangen door machinaal werk. Een aantal bewerkingen kan echter (nog) niet machinaal worden verricht: bijv. de tussenlaag verbreken en mengen met organisch materiaal en tevens de bovengrond boven houden. Bovendien kan men verschillende werktuigen niet in kassen gebruiken. De bewerking van een tussenlaag geeft daarom nogal wat problemen.

Tijdens de teelt voert men geen grondbewerkingen uit.

5.4.3 De voorziening met organische stof

Het is gewoonte om voor de inplant van rozen de bovengrond van een flinke gift organisch materiaal te voorzien. Deze bestaat uit verteerde stalmest: $1\frac{1}{2}$ à 2 ton per are, die men door de bovengrond werkt. Andere gebruikte materialen zijn turfstrooisel en doorgevroren zwartveen (EGBERTS en VAN DER KLOES, 1960), waarvan men, afhankelijk van de grond, per are 3 tot 15 m³ doorwerkt. Vooral voor de verbetering van een tussenlaag komen deze laatste materialen in aanmerking. Gedurende de teelt geeft men jaarlijks tijdens de winterrust 1 à $1\frac{1}{2}$ ton stalmest per are, die op de oppervlakte tussen de struiken wordt aangebracht.

6 Bodemkunde van vroeg gestookte komkommers

6.1 Inleiding

De komkommer behoort tot de belangrijkste tuinbouwgewassen. Hij wordt in ons land op verschillende wijzen en op verschillende gronden geteeld. De oudste teeltwijze is die onder plat glas. Sedert 1958/59 is de teelt onder staand glas sterk toegenomen, toen door veredeling bittervrije rassen en hybriden werden gevonden (VAN WINDEN en SNOEK, 1961). Uit de periode 1904-1914 stamt de teelt in speciale komkommerskassen, die men slechts in enkele gebieden aantreft (Loosduinen, Hoogezand-Sappemeer). Van 51 ha in 1950 groeide de teelt onder staand glas uit tot 641 ha in 1964, waarvan 521 ha verwarmd wordt. In 1963 werden 155 miljoen kg komkommers op de veilingen aangevoerd voor een veilingwaarde van 82 miljoen gulden. De kosten bedragen f 120.000 à f 150.000 per ha (Tuinbouwgid, 1965).

Komkommers kunnen onder staand glas in verschillende perioden van het jaar worden geteeld. Wij bespreken alleen de vroeg gestookte teelten, omdat hierbij de betekenis van de bodem meer naar voren komt dan bij de latere teelten. De uitplantdatum bij de vroege teelten variëert van half december tot eind februari. De oogst begint half februari in de vroegste kassen tot eind maart in licht gestookte warenhuizen. De teelt wordt zo lang mogelijk voortgezet; vele kosten zijn toch reeds gemaakt en een lang doorlopende produktie leidt tot een lage kostprijs. Minder goede bodemomstandigheden kunnen er oorzaak van zijn dat de oogst voortijdig moet worden beëindigd als gevolg van uitputting van het gewas. Deze factor kan een verklaring vormen voor het uiteenlopen van de produktieperiode van bedrijf tot bedrijf. Onder goede omstandigheden kan men doortelen tot augustus/september.

Komkommers worden overwegend geproduceerd op glasbedrijven waar men zich verder nog toelegt op de teelt van enkele groentegewassen. Hierbij wisselt men de teelt van komkommers af met die van sla of tomaten. Soms teelt men uitsluitend komkommers, waarbij een vroeg gewas gevolgd wordt door een nateelt van hetzelfde gewas. Vooral in komkommerskassen teelt men één gewas.

Van grote invloed op het welslagen van de teelt is een juiste bestrijding van bodemziekten. In oudere kassen en warenhuizen stoomt men vaak jaarlijks. Verder wordt de grond meestal ieder jaar uitgespoeld om het zoutgehalte te verlagen. Beide maatregelen dragen er toe bij dat de kwaliteit van bepaalde bodemlagen, mede onder invloed van de toegepaste grote hoeveelheden organische stof, achteruit gaat.

De teelt van komkommers wordt in alle glascentra van ons land en op vrijwel alle grondsoorten bedreven. Vooral echter op gronden met meer dan 15% organische stof (moerige gronden) beschouwt men dit gewas als het meest passend bij de bodem. De sterke groei die bij gewassen op dergelijke gronden optreedt, is namelijk voor de komkommer acceptabel, maar kan voor andere, zeer vroege of zeer late gewassen bezwaren opleveren. Bovendien worden komkommers onder vochtige omstandig-

heden geteeld, hetgeen het gevaar van een versterkt indrogen van de moerige grond, zoals dit bij de teelt van andere gewassen onder glas kan voorkomen, vermindert (VAN DIJK, 1961; STRIJBOSCH, 1960).

Voor de komkommerteelt worden grote hoeveelheden organisch materiaal aangevoerd, hetgeen samenhangt met de grote behoefte van dit gewas aan bodemwarmte (vooral in de jeugd), aan vocht en aan koolzuurgas. Voor de vroege teelten onder verwarmd glas komt men aan deze behoefte tegemoet door de planten op bedden te zetten, waarbij broeimateriaal wordt gebruikt. Omdat 'staalgrond' nagenoeg geen warmte produceert, wordt in dat geval een extra verwarmingsbuis voor langs het bed aangebracht. In warenhuizen gebruikt men in de regel broeimateriaal. Hiertoe wordt een 'veur' (greppel) gemaakt, waarin een laagje stro en vervolgens broeimateriaal komt, dat weer afgedekt wordt met een laag grond van ongeveer 25 cm. De bedden zijn enkele decimeters hoger dan het pad. Soms brengt men ook nog grondverwarming aan.

Broeimateriaal kan verschillend van aard zijn, zoals bijv. paarde-, runder- of varkensmest, stro met dunne koemest of stro met kunstmest, stadsvuilcompost of industrie-afval. De laatste jaren past men ook strobalen toe, die men intact laat en met stikstof en water tot broeien brengt. De strobalen worden meestal enigszins ingegraven. In komkommerskassen wordt meestal 'staalgrond' gebruikt; in enkele gevallen vindt dit ook in warenhuizen toepassing. Men brengt de staalgrond in bedden op de grond aan. Deze staalgrond, die men in augustus reeds klaarmaakt, kan uit diverse materialen zijn samengesteld, waarbij oorspronkelijk overwegend paardemest werd gebruikt (DE VRIES, 1955). Tegenwoordig gebruikt men een mengsel van gelijke delen vrij verse, strorijke koemest en veenaarde (NEDERPEL, 1951, 1957; NEDERPEL en VAN LEEUWEN, 1953).

6.2 Karakterisering van de bodem

Er is weinig onderzoek verricht over de bodemomstandigheden bij de komkommerteelt. VAN LIERE (1948) heeft waargenomen dat bij de platglasteelt de produktie verband houdt met de wortelontwikkeling. Op slechte grond waren er minder wortels dan op goede grond en zij waren dikker. CARLSON (1963) vond een verband tussen wortelgewicht aan het eind van de teelt en de opbrengst van komkommers onder glas. Hij nam verder een voorkeur waar voor venige grond. Ook HULSHOF (1949) en STRIJBOSCH (1960) vermeldden veengronden waarop goede teeltresultaten werden bereikt.

Bij ons onderzoek zijn geen opbrengstbepalingen verricht; er is alleen gelet op stand van het gewas en de lengte van de oogstperiode in samenhang met het wortelstelsel en de bodemomstandigheden. Hierdoor zijn aanwijzingen verkregen over het belang van bepaalde bodemfactoren.

6.2.1 Het granulaire profiel

De aard van de gelaagdheid en de samenstelling van de lagen zijn zeker van betekenis voor de geschiktheid van de bodem voor de komkommerteelt. Toch is er geen

Fig 25 Bewortelingsprofiel van komkommers uit twee warenhuizen in Hoogezand. De teelt is op beide bedrijven vrijwel gelijk begonnen, maar moest in geval A voortijdig worden beëindigd. Dit warenhuis is te ondiep gedraineerd waardoor de grondwaterstand als gevolg van overvloedige beregening periodiek hoog oploopt. De vele dode wortels zijn hieraan toe te schrijven. Hoewel in geval B de natuurlijke ontwatering beter is, zou toch gedraineerd moeten worden. De dode wortels tussen 40 en 60 cm diepte wijzen op periodiek optredende wateroverlast

A. STOOKKOMKOMMER BIT SPOT, HOOGEZAND: teelt op broeiveur; geplant 7 februari 1964; komkommerteelt vanaf 1961; vroeg afgedragen gewas; opname 3 juni 1964

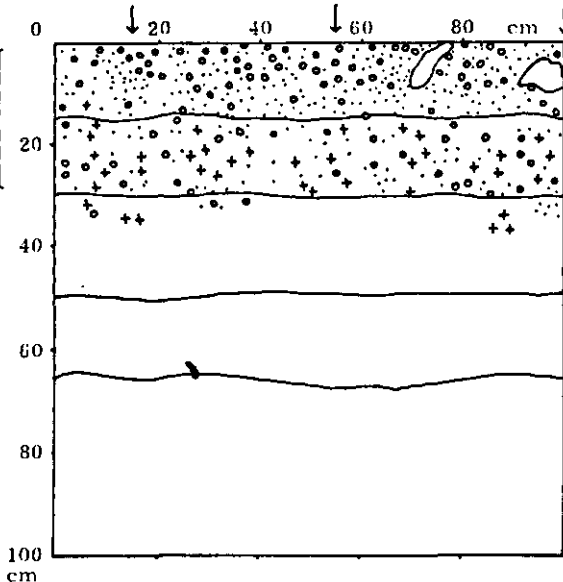
Granulair profiel

humusrijk, leermarm, mat. f. zand 10% humus 4% slib

humusrijke, zand. leem 15% humus 15% slib

zeggeveen met houtresten

zwak lemig, mat. f. zand 8% slib



Structuurprofiel

A2a (A3a) 1 II 2½
S IV 3

A5a 2 III ½ kruimel-achtige en granul. el. met kluiten, opgeb. uit bl. el.
A4a (A3a) 2 III-IV 1½
S IV 3

A4a 2- III-IV ½ afger.-bl. en granul. el. met kluiten, opgebouwd uit afger.-bl. el.

A4a 2 III-IV ½ (F2bh) afger.-bl. el. en brugstructuur

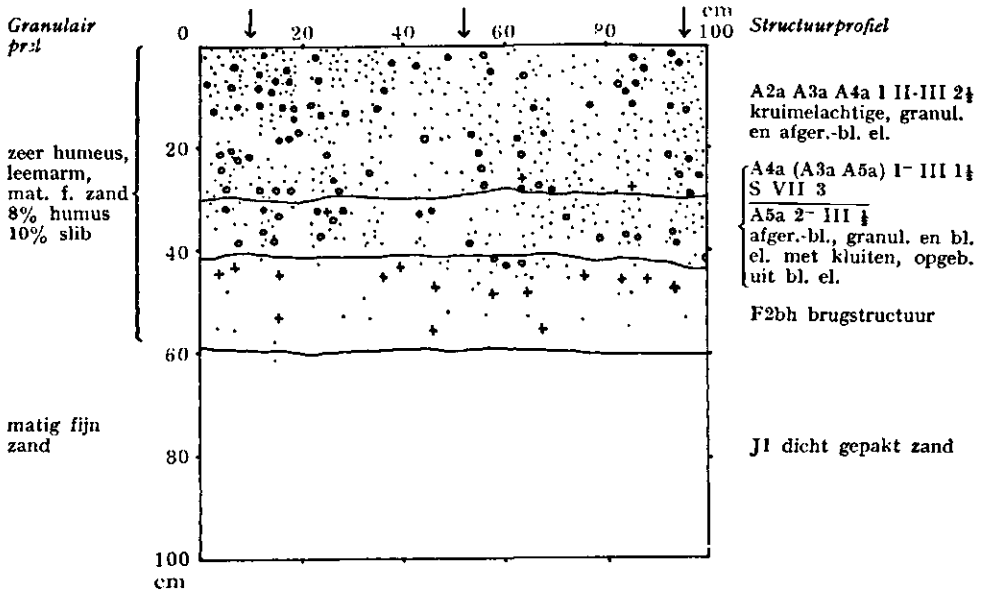
veraard veen

II dicht gepakt zand

Hydrologisch profiel: gedraineerd op 6 x 0,50 m op sloot met onderbemaling; grondwaterstand op 0,50 m - maaiveld; eindbuizen liggen beneden slootpeil; reductie vanaf 0,80 m

optimale samenstelling van een komkommergrond te geven. Op vrijwel alle gronden kan men komkommers telen. Op een zware grond ontwikkelt het gewas zich weliswaar in het begin minder snel, maar het houdt het langer vol dan op een lichte grond en ook is de totale oogst groter (VAN LIERE, 1948; STRIJBOSCH, 1960). Ook kan het mede afhangen van het granulaire profiel, of men de teelt vele jaren kan herhalen en of deze zonder storingen verloopt. Zo hebben bijv. gronden met een extreme granulometrische samenstelling een aantal bezwaren. Het betreft dan meestal de bewerkbaarheid en de water- en luchthuishouding. Aan beide bezwaren kan worden tegemoetgekomen door bodemverbetering. Naarmate bijv. de slempgevoeligheid toeneemt, wordt de verbetering echter bezwaarlijker. Destijds zijn door de teelt van 'warme platglaskomkommers' veel gronden totaal van karakter veranderd. De grote hoeveelheid afgewerkte broeimest (dommest), die na afloop van de teelt door de grond werd gewerkt, en de diepe groundbewerkingen voor het 'uitschieten' van de veur, brachten ingrijpende wijzigingen in de bodem (VAN DER KLOES, 1958). Ook tegenwoordig behoeft een zware bovengrond geen grote belemmering te geven voor een succesvolle teelt.

B. SROOKKOMKOMMER BIT SPOT, HOOGEZAND: teelt op broeiveur + grondverwarming; geplant 15 februari 1964; komkommerteelt vanaf 1960; normaal gewas; opname 28 mei 1964



Hydrologisch profiel: niet gedraineerd; grondwaterstand op 1,10 m —maaiveld; reductie vanaf 1,00 m
Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 25 Root-system profile of cucumbers taken from two light structures at Hoogezand. The crops were grown on both holdings at about the same time, but in case A cultivation had to be cut short. This structure has too shallow drainage, as a result of which the water table periodically rises to a high level through excess irrigation. This is the cause of the large number of dead roots. Although in case B the natural drainage is better, artificial drainage is also required. The dead roots at depths of between 40 and 60 cm indicate periodical flooding

Een extreme samenstelling van een tussenlaag levert eerder bezwaren op. Een dergelijke laag is echter moeilijker te verbeteren. De mogelijkheden voor mechanische uitvoering van verbeteringsmaatregelen zijn nog beperkt en de kosten van werk in handkracht zijn hoog.

Hetzelfde geldt in nog sterkere mate voor de verbetering van de ondergrond. Hierin is zeer moeilijk verandering te brengen.

Een aparte vermelding verdient te betekenis van organische stof. Er worden jaarlijks zeer grote hoeveelheden aangevoerd. Soms kan het humusgehalte daardoor te hoog oplopen, hoewel het moeilijk aan te geven is wat het maximaal toelaatbare gehalte voor diverse gronden is. Men kan dit soms waarnemen aan bepaalde verschijnselen in de bodem. De indruk bestaat namelijk dat bepaalde teeltomstandigheden, zoals de hoge temperatuur, de ziektebestrijding door middel van stomen, en de vochtige omstandigheden, de mobilisatie van een deel van de organische stof bevorderen. In verschillende gevallen kon verplaatsing van organische stof als gevolg van de overvloedige watergiften worden waargenomen. Op zandgronden kan de doorlatendheid als gevolg daarvan op den duur te wensen overlaten. Daarom verwijderd men tegenwoordig in Loosduinen na afloop van de teelt zoveel mogelijk de ingebrachte staal-

grond. Men verwijderd ook nog een laagje zand onder de staalgrond, dat men vervangt door vers zand. Vroeger moest regelmatig grond uit de kas worden afgevoerd, omdat anders het niveau te veel werd verhoogd. Men mengde namelijk de afgewerkte staalgrond door de kasgrond.

6.2.2 Het hydrologische profiel

De vochtbehoefte van komkommers is groot (VAN WINDEN, 1958) en daardoor worden hoge eisen aan de waterhuishouding van de bodem gesteld. De sterke wateronttrekking kan een daling van het grondwater ten gevolge hebben. De vochtvoorraad van de bodem moet dan weer aangevuld worden. Als het vochthoudend vermogen van de bodem gering is, vraagt de watervoorziening bijzondere aandacht. Men geeft licht te weinig, maar ook te veel water. Daardoor kunnen er periodiek sterke schommelingen in de grondwaterstand optreden, die nadelig voor komkommers zijn. Door toepassing van grote hoeveelheden organische stof is bovendien het gevaar voor reductie groot. Alleen op zeer doorlatende duinzandgronden (KALISVAART, 1935) met een hoog en constant waterpeil (50 à 60 cm), komt dit ook bij overvloedige beregening niet voor. Op de meeste andere gronden is de doorlatendheid onvoldoende, waardoor het grondwater tijdelijk tot in de bewortelde lagen stijgt. Deze lagen moeten echter voor wateroverlast worden gevrijwaard. Dit kan men het beste bereiken door de watervoorziening geheel van bovenaf te regelen en het grondwater zeer laag te houden. De meest gewenste diepte van drooglegging is afhankelijk van de bewortelbaarheid van de bodem en bedraagt op veengronden 50 cm en op zavel- en kleigronden minstens 70 cm.

Door het grote verschil in doorlatendheid van diverse lagen van de bodem in komkommerskassen en -warenhuizen, kan door de wijze van beregenen ook boven het grondwater stagnatie van water ontstaan. In de dichtgetrapte paden blijft het water gemakkelijk te lang staan, waarbij ook organische stof kan reduceren. Deze vorm van wateroverlast kan niet door ontwatering worden opgeheven, evenmin als stagnerend water op minder doorlatende tussenlagen. Hier moet grondverbetering worden toegepast.

6.2.3 Het structuurprofiel

Het structuurprofiel heeft grote betekenis voor de beworteling van komkommers en voor de doorlatendheid en de warmtehuishouding van de bodem (BOEKEL en VAN LOKHORST, 1961). Het is bijv. voor een vlotte aanslag van de jonge plantjes nodig, dat de wortels zich snel kunnen ontwikkelen. Hiervoor moet warmte in de bodem kunnen doordringen.

De structuur van de afdekkende laag *grond* op de *broeiveuren* kan vooral op slempgevoelige gronden in de loop van het seizoen te wensen overlaten. In het bijzonder op dit soort gronden wordt 'overbemest' met organische stof, hetgeen het ontstaan van een slempkorst met collapsstructuren tegenwerkt en de vorming van nieuwe wortels stimuleert. Door de intensieve bodembewerkingen en de grote hoeveelheid organische stof ontstaan in de bovengrond granulaire, kruimelachtige en afgerond-

blokkige elementen. Nog onvoldoende 'tuinbouwrijpe' gronden vertonen kluiten en blokkige elementen. De elementen zijn in de regel kleiner dan 2 cm. Op zandgronden kan men zowel kruimelachtige structuren en afgerond-blokkige elementen, alsook kluiten en brugstructuren aantreffen. Dit is sterk afhankelijk van de hoeveelheid organische stof en de voorgeschiedenis van de bodem. Bovendien zijn de zandstructuren weinig stabiel, zodat deze in de loop van de teelt sterk achteruit kunnen gaan als de grond bezakt. Hetzelfde geldt voor dalgronden. Veengronden hebben door bijmenging met zand en sliedelen overwegend afgerond-blokkige, granulaire en kruimelachtige structurelementen in de bovengrond. Ook komen wel brugstructuren voor.

De structuur van de enkele centimeters dikke deklaag in de paden vertoont een ander beeld. Deze gaat snel achteruit, afhankelijk van de stabiliteit en de wijze van bescherming door middel van afdekking. Kleiige en zavelige gronden hebben vrijwel



Fig. 26 Komkommerwortels uit een bodemlaag met een slechte (links) en met een goede structuur (rechts). De wortel links is weinig vertakt en donker van kleur, de zijwortels zijn kort, verkleurd en deels verslijmd. De rechter wortel is lichter van kleur en meer vertakt. De donkere vlekjes zijn resten organisch materiaal

Fig. 26 Cucumber roots from a topsoil with a poor structure (left) and a good one (right). The root on the left is poorly branched and dark; the side roots are stubby, discoloured and partly slimy. The other root is lighter coloured and more branched. The dark spots are soil organic matter

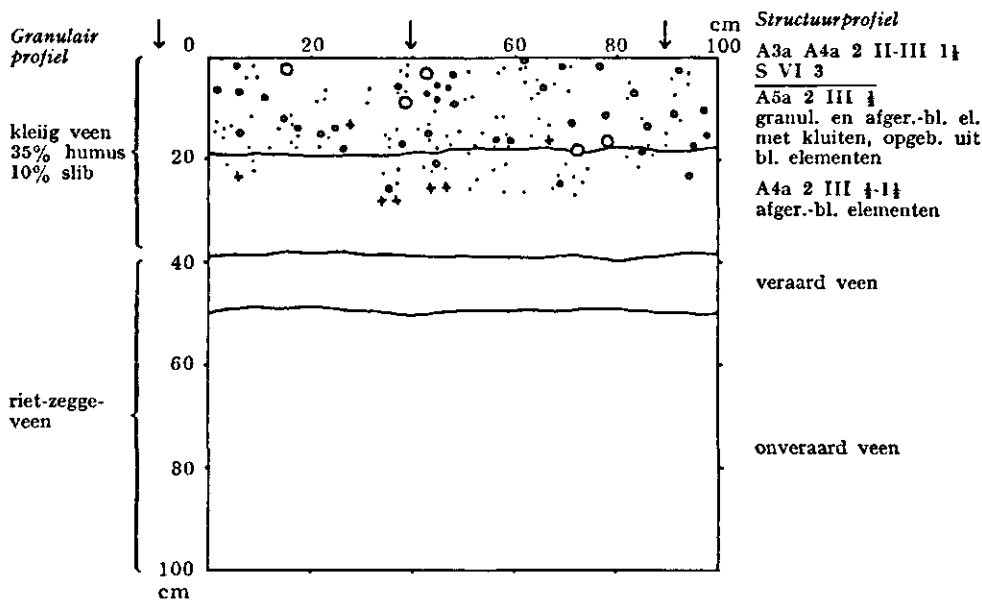
steeds een vastgetrapte bovenlaag met een collapsstructuur. Op humusarme duinzandgronden vindt men deze verschijnselen niet, zelfs niet na overvloedige beregeningen. Zandgronden kunnen wel een vaste deklaag hebben, evenals dalgronden. Veengronden zijn soms wat beter bestand tegen het vasttrappen van de paden, maar hebben eveneens te lijden van het lopen onder vochtige omstandigheden. Men vindt in al deze gevallen collapsstructuren.

De structuur van het overige deel van de bovengrond is daarom van zo grote betekenis voor de komkommerteelt, omdat zich hierin de meeste voedingsstoffen bevinden. Op de vele gronden die slechts ondiep bewortelbaar zijn, is het welslagen van de teelt vrijwel geheel afhankelijk van de conditie van de bovengrond (BOSCHMA, 1959; STRIJBOSCH, 1960). De structuur van deze laag bestaat overwegend uit holoëdrische elementen van afmetingen kleiner dan 1 cm. In jonge komkommergronden vindt men grotere en blokkige elementen en kluiten. Naarmate de gronden verder rijpen, komen meer granulaire en afgerond-blokkige elementen voor. In gronden die reeds lang voor de komkommerteelt in gebruik zijn en in veengronden treft men vrij veel kruimelachtige structuren aan.

De *tussenlaag* heeft bijna steeds een van de boven- en onderliggende laag afwijkende

Fig. 27 Bewortelingsprofiel van komkommers uit twee warenhuizen in Sloten. Hoewel de teelt van gewas C vroeger werd begonnen dan die van gewas D, zou het gewas niet reeds grotendeels afgedragen behoeven te zijn. De beworteling is in beide gevallen te gering; het gewas C had zeker tot 40 cm diepte kunnen wortelen en minder dode wortels moeten vertonen (gewas D). Op beide bedrijven werkte het drainagesysteem niet en liep de grondwaterstand door overvloedige beregening periodiek te hoog op

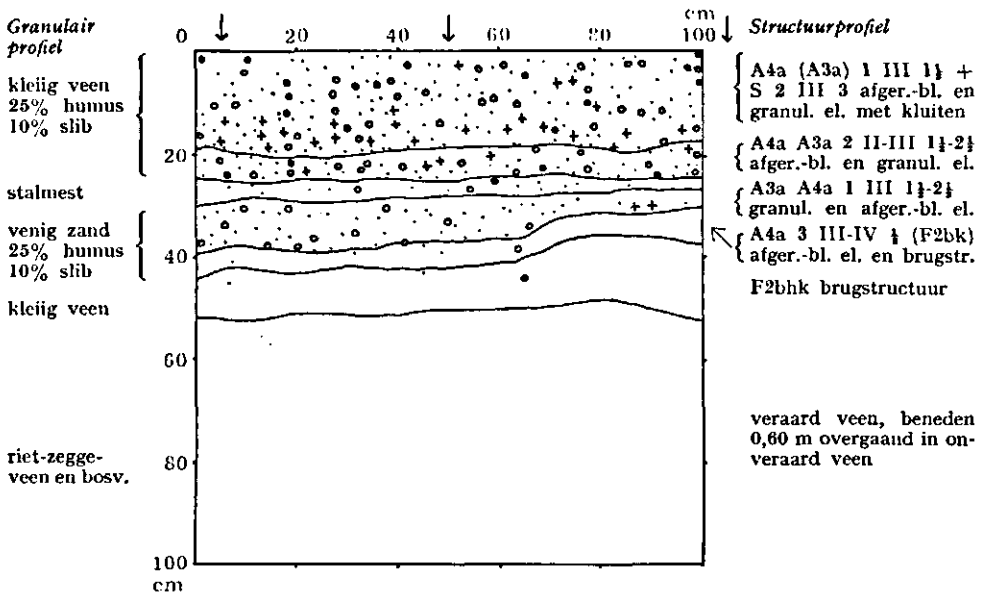
C. STOOKKOMKOMMER SPORU, SLOTEN: teelt op broeiveur; geplant 2 november 1963; komkommerteelt vanaf 1956; afgedragen slecht gewas ($\pm 50\%$ dood); opname 24 juni 1964



Hydrologisch profiel: gedraineerd op 3,10 × 0,75 m op put met onderbemaling; grondwaterstand op 0,30 m – maaiveld; reductie vanaf 0,50 m; drainage defect

structuur. Naarmate de structuur van een dergelijke laag slechter is dan de boven- of onderliggende laag, stoort ze de waterhuishouding en de beworteling ernstiger. De meest voorkomende structuur is de blokkige, soms als bestanddeel van samengestelde prismata. De grootte en de porositeit kunnen sterk variëren. In lagen met fijn zand en in zand- en dalgronden treft men brugstructuren aan met meestal een geringe porositeit. In veen- en dalgronden vindt men weinig veraarde veenlagen en soms ook spalterveenlagen, of een dichtgezaakt deel van de bovengrond met een brugstructuur als tussenlaag. Het valt op dat in vrijwel alle onderzochte komkommersgronden onder de bovengrond een laag met een minder goede structuur aanwezig is. Dit wordt mede veroorzaakt door het achterwege laten van bodembewerkingen in deze lagen. Ook de overvloedige beregening kan mede aanleiding zijn van de slechte structuur. Op bepaalde gronden, die lange tijd voor de komkommerteelt in gebruik zijn, kan men humushuidjes op de structuurelementen in de tussenlaag waarnemen. Dit zou in een aantal gevallen aan verplaatsing van organische stof uit de bovengrond kunnen worden toegeschreven.

D. STOOKKOMKOMMER SPORU, SLOTEN: teelt op broeiuur; geplant op 18 februari 1964; sinds 1956 komkommerteelt in warenhuis; van 1932-1956 platglaskomkommerteelt; normaal gewas; opname 23 juni 1964



Hydrologisch profiel: gedraineerd op $3 \times 0,50$ m op put met onderbemaling; grondwaterstand op 0,55 m — maaiveld; reductie vanaf 0,40 m; drainage defect

Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 27 Root-system profile of cucumbers taken from two light structures at Sloten. Although crop C was grown earlier than crop D, it needed not have been largely exhausted by this date. In both cases the root formation is too slight; crop C would certainly have been able to root to a depth of 40 cm; crop D should have had fewer dead roots. The drainage system was out of order on both holdings and excessive irrigation periodically raised the water table to an impermissible level

Uit ons onderzoek is gebleken dat een grote variatie in porositeit van de *ondergrond* voorkomt. De aanwezigheid van een goed poreuze ondergrond is van groot belang, zowel voor de beworteling als voor de waterhuishouding. Deze ondergrond bestaat op zavel- en kleigronden soms uit samengesteld prismatische elementen, opgebouwd uit blokkige elementen, en soms komen sponsstructuren voor. Behalve de poreuze en de fijnporeuze sponsstructuur, en de spons met overwegend verticale gangen, komen ook geërfde macrobouwpatronen voor. Op veengrond treft men overwegend een ondergrond van onveraard veen aan. Op de onderzochte dalgronden werd meestal een zandondergrond gevonden, waarin een fijnporeuze spons overgaat in een half-los gepakte enkel-korrelstructuur. De spons ontbreekt in enkele gevallen. Ook komt wel veen als ondergrond voor.

6.2.4 Het bewortelingsprofiel

De bewortelingsopnamen van vroeg gestookte komkommers vonden hoofdzakelijk in de maanden mei en juni plaats. Daarvoor werden kuilen in het pad gegraven, vlak langs de broeivuur of de staalgrond, zodanig dat de beworteling van een drietal planten kon worden bestudeerd. De beworteling in het broeimateriaal of de staalgrond werd niet opgenomen. Hierin kwamen op dat tijdstip slechts dikke en weinig vertakte wortels voor. Alleen na een overbemesting met organisch materiaal vindt men jonge komkommerwortels op het grensvlak van oud en nieuw materiaal.

De bewortelingsdiepte blijkt in de onderzochte gronden sterk uiteen te lopen. In enkele gevallen werden wortels tot 100 cm diepte aangetroffen; in andere gevallen slechts tot 25 à 30 cm onder maaiveld. Op minerale gronden komt een bewortelingsdiepte van 50 tot 70 cm het meest voor. Op veen- en dalgronden is de diepte meestal geringer. Op basis van deze waarnemingen lijkt een beworteling van minstens 70 cm diepte op zavel- en kleigronden gewenst. Bij een teelt als die van gestookte komkommers echter, kan men de omstandigheden in een beperkt doorworteld bodemvolume zeer goed beheersen. Hierdoor wordt de betekenis van de bewortelingsdiepte geringer, maar die van het vakmanschap van de tuinder groter. Het grondwater vormt meestal de oorzaak van de beperking van de dieptegroei. In enkele gevallen is ook de structuur oorzaak.

De intensiteit van de beworteling kan in diverse bodemlagen eveneens sterk uiteenlopen. Weinig poreuze lagen hebben een geringer aantal, dikkere en weinig vertakte wortels dan lagen met een goede structuur. In lagen met een geringe porositeit komen veelvuldig dode of afwijkende wortels voor. Het lijkt waarschijnlijk dat het afsterven van wortels is veroorzaakt door stagnerend water.

De betekenis van een onregelmatige wortelverdeling in de bodem, houdt ook bij een gestookt gewas nauw verband met de regelmaat van de ontwikkeling. Verschillen in bewortelingsintensiteit betekenen vrijwel steeds dat in bepaalde perioden moeilijkheden in de groei optreden. Dit kan zijn weerslag in de produktie vinden.

Jonge wortels van komkommerplanten zijn wit; oudere zijn geelbruin verkleurd. Ze zijn vrij sterk vertakt en kunnen zeer snel groeien. Men kan waarnemen dat, vooral onder een afdeklaag in het pad, in één etmaal een groei van decimeters lengte optreedt. De worteleinden zijn wit, enigszins verdikt over een lengte van enige centimeters, en sterk bezet met wortelharen. Jonge wortels zijn dunner dan een halve millimeter; oudere wortels, vooral dicht bij de plant, kunnen meer dan 5 mm dik zijn. De kleur



Fig. 28 Sterk vertakte, jonge komkommerwortels in een bovengrond met kruimelachtige structuur (A2a)

Fig. 28 Highly branched, young cucumber roots in a topsoil of a friable structure (A2a)

en habitus van de wortel vertonen afwijkingen in lagen met een overmaat aan vocht of met een slechte structuur, zoals ook VAN LIERE (1948) al waarnam. De wortels zijn dan soms plaatselijk donkerbruin, ze kronkelen sterk, de schors laat los, ze schrompelen in of verslijmen. De indruk wordt gevestigd dat ze nogal snel verteren. Dit zou de verklaring kunnen geven van het feit dat men niet zo heel vaak afwijkende wortels aantreft.

Uit vergelijking van het wortelbeeld met de teeltbijzonderheden blijkt, dat ook een matig beworteld gewas tot een goede produktie kan leiden. Bij een slechte en soms bij een matige beworteling komt een vroeg afgedragen gewas echter veel voor. Wij hebben bij een goede beworteling steeds een uitstekend gewas aangetroffen. Hierbij is tevens gebleken dat een diepe en gelijkmatige beworteling de teelt voor de tuinder vergemakkelijkt en minder riskant maakt. Fouten in de verzorging van de teelt hebben in deze gevallen een geringer nadelig effect dan bij een matige of slechte beworteling.

6.3 Beschrijving van de bodem van twee hoogproducerende komkommerbedrijven

6.3.1 Een zeer humeuze zware zavel uit Dubbeldam

Het granulaire profiel

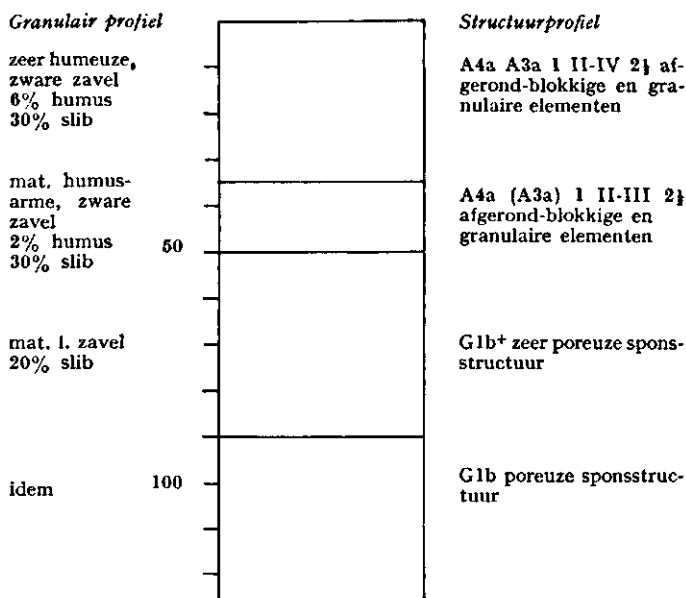
De bovengrond tot 35 cm diepte bezit 30% afslibbare delen en een gehalte van 6% organische stof. De tussenlaag tot 50 cm diepte heeft een nagenoeg gelijk slibgehalte, doch een belangrijk lager percentage organische stof (2%). De humusarme ondergrond blijft tot 120 cm diepte gelijk van samenstelling (20% afslibbare delen).

Het hydrologische profiel

Door een gesloten drainagesysteem met onderbemaling op put is het waterbezwaar tot 100 cm diepte weggenomen. De doorlatendheid van de bodem voor water is voldoende, zodat hier is volstaan met een drainage op 120 cm diepte bij een reeksafstand van 6 m. De bodem kan aan beschikbaar water een hoeveelheid van ± 240 mm bergen.

Het structuurprofiel

De bovengrond bestaat uit poreuze afgerond-blokkige elementen (A4a 1) en poreuze granulairen (A3a 1) van de grootteklassen II, III en IV (1-10 mm). De structuurgraad is hoog ($2\frac{1}{2}$): meer dan 70% van de elementen is door openbreken te isoleren. In de tussenlaag komen overwegend afgerond-blokkige elementen (A4a 1) voor, naast enkele granulairen (A3a 1). Beide zijn heterogeen poreus en van dezelfde



Hydrologisch profiel: gedraineerd op $6 \times 1,20$ m; gesloten systeem op put; grondwater dieper dan 1 m -maaiveld; vochtinhoud ± 240 mm.

grootteklasse als in de bovengrond. De structuurgraad is lager dan in de bovengrond: 1½ (slechts 30–70% van de elementen is door openbreken te isoleren). De ondergrond bezit een zeer poreuze sponsstructuur (G1b⁺) met een uitgebreid heterogeen poriënstelsel. Op een diepte van 90 cm neemt de porositeit enigszins af en gaat de structuur over in een poreuze spons (G1b).

De bodem is zeer goed bewortelbaar en goed doorlatend voor water en lucht. De bovengrond is gemakkelijk te bewerken.

6.3.2 Een venige kleigrond uit Sloten

Het granulaire profiel

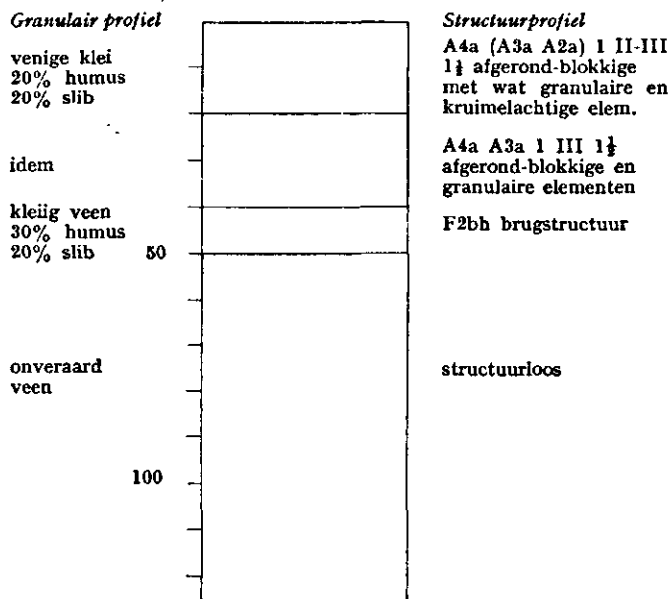
De bovengrond is 40 cm dik en heeft een gelijkmatige samenstelling. Het slibgehalte bedraagt 20%, het gehalte aan organische stof is eveneens 20%. Naar beneden neemt het gehalte aan organische stof toe tot 30% op 50 cm diepte. Vanaf deze diepte is onveraard veen aanwezig.

Het hydrologische profiel

De bodem wordt door een drainage op 60 cm diepte, bij een drainafstand van 3 m, ontwaterd. De drainreeksen monden uit in een sloot. Het grondwater staat min of meer constant op 50 à 60 cm diepte. In de bewortelbare zone kan tot 180 mm beschikbaar water worden opgeslagen.

Het structuurprofiel

Buiten de paden geeft de structuur het volgende beeld: de bovengrond bestaat uit poreuze afgerond-blokkige elementen (A4a 1) met daarnaast zeer poreuze granulaire



Hydrologisch profiel: gedraineerd op 3 × 0,60 m op sloot; grondwaterstand 50 cm — maaiveld; vochtinhoud ± 180 mm.

(A3a 1) en zeer poreuze kruimels (A2a 1). De elementen behoren tot de grootte-
klassen II en III (1-5 mm). De structuurgraad is $1\frac{1}{2}$, d.w.z. dat 30-70% van de
elementen slechts door openbreken is te isoleren. Tussen 20 en 40 cm diepte treft men
poreuze afgerond-blokkige elementen (A4a 1) en poreuze granulairen (A3a 1) aan.
De elementen behoren tot de grootteklasse III (2-5 mm) en hebben ook structuur-
graad $1\frac{1}{2}$. De overgangslaag naar de veenondergrond heeft een vrij dichte brug-
structuur (F2bh). In de gereduceerde veenondergrond zijn geen structurelementen
ontwikkeld.

6.4 De bodembehandeling

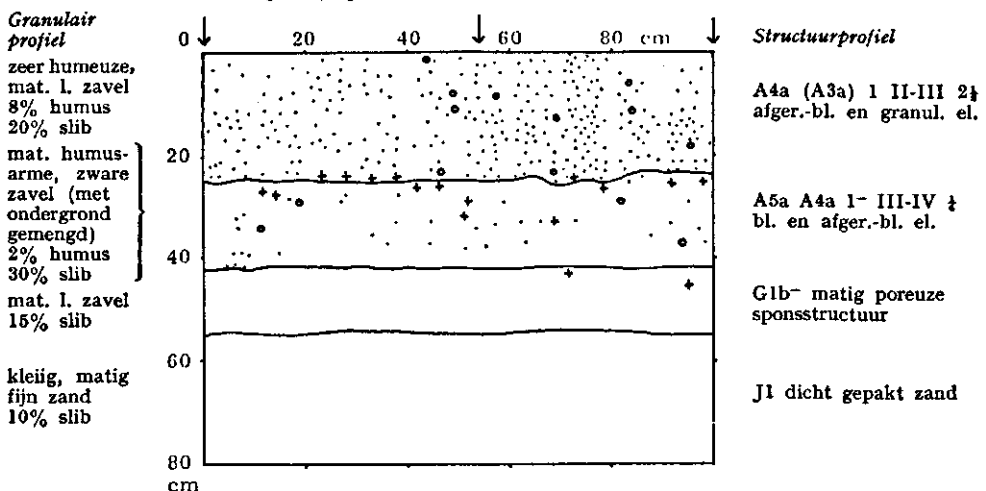
De behandeling van de bodem voor de teelt van komkommers onder verwarmd glas
is afhankelijk van de bodemeigenschappen, maar ook van de teeltwijze (kas of waren-
huis). Bovendien zijn er regionale verschillen, zoals tussen het Zuidhollands Glas-
district en de Zuidhollandse Eilanden, tussen Loosduinen en Hoogezand-Sappemeer.
Op deze regionale verschillen zal niet worden ingegaan, evenmin als op bepaalde,
aan specifieke bodemomstandigheden aangepaste teeltmaatregelen.

6.4.1 De ontwatering

De toe te passen drainage is afhankelijk van de bewortelbaarheid en de doorlatend-
heid van de bodem. Waarnemingen wijzen uit dat een geschikte zavel- of kleigrond

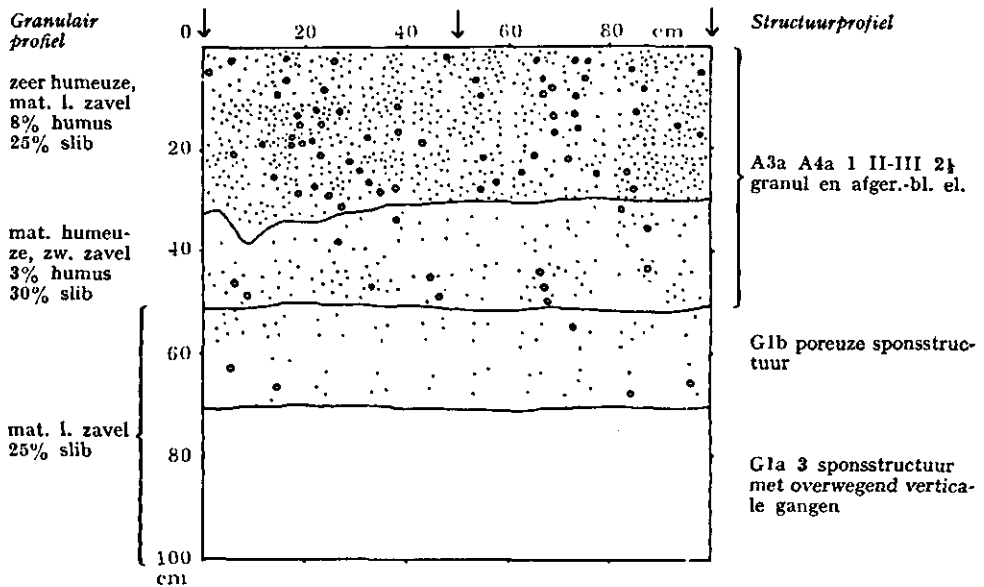
*Fig. 29 Bewortelingsprofiel van komkommers uit twee warenhuizen in de omgeving van
Delft. Hoewel de bodem van gewas F beter is dan die van gewas E, zou de beworteling bij E
beter kunnen zijn dan werd aangetroffen. Beide warenhuizen zijn onvoldoende diep gedraineerd,
maar bij E werkte het systeem bovendien niet. Daarom werden dode wortels en een onvoldoende
diepe beworteling aangetroffen*

E. STOOKKOMKOMMER SPORU, DEN HOORN: teelt op strobalen; geplant begin januari 1964; komkommer-
teelt vanaf 1960; normaal gewas; opname 1 mei 1964



Hydrologisch profiel: gedraineerd op $4,50 \times 0,70$ m; grondwaterstand op 0,60 m —maaiveld; reductie
vanaf 0,46 m; drainage defect

F. STOOKKOMKOMMER SPORU, PIJNACKER: teelt op broeiveur; geplant 13 december 1963; komkommerteelt vanaf 1956; goed gewas; opname 15 mei 1964



Hydrologisch profiel: gedraineerd op $8 \times 0,70$ m; grondwaterstand op 0,90 m — maaiveld; reductie vanaf 0,70 m; drainbuizen liggen periodiek onder water

Legenda/legend: zie pag. 1/see page 1

Fig. 29 Root-system profile of cucumbers taken from two light structures near Delft. Although the soil of crop F is better than that of crop E, the root system of E could have been better than it was. Both light structures have an insufficiently deep drainage, but in the case of E the system was also out of order, so that dead roots were found and a too shallow root system

tenminste 70 cm moet worden drooggelegd. Meestal wordt een drainagediepte van minstens 70 cm, maar bij voorkeur van 100 à 120 cm aangehouden, bij een afstand van 6 m (VAN DER POST en VAN SCHIE, 1960). Op duinzandgronden draineert men op 60 cm diepte (VAN DER POST en VAN SCHIE, 1959). Op dit soort gronden kan onbepaald berekend worden zonder gevaar van wateroverlast (NEDERPEL, 1957). Het is echter niet aanbevelenswaardig de drainage tijdelijk uit te schakelen, zoals men wel doet. Op zandgronden dient de drainage eveneens aan de bewortelbaarheid van de bodem en niet aan het grondwaterpeil te worden aangepast. Op veen- en dalgronden is de waterhuishouding moeilijker te regelen. De droogleggingsdiepte dient aangepast te zijn aan de bodemopbouw. Over het algemeen worden de drains op de overgang van veraard en onveraard veen gelegd (meestal 50 à 60 cm diep), op een afstand van één of twee maal de kap- of kasbreedte (3 à 6 m). Een te diepe drainage werkt klink in de hand; bij een te ondiepe drainage krijgt men de grond te moeilijk op temperatuur.

Bij het vaststellen van de draindiepte houdt men nog te veel rekening met de slootwaterstand. Een hoge of sterk wisselende slootwaterstand mag geen beletsel zijn voor een diepe drainage. Met een gesloten drainagesysteem met onderbemaling is men

onafhankelijk van het buitenwater, hetgeen voor de komkommerteelt een vereiste is. Het opzetten of ophouden van een hoog grondwaterpeil, zodat het gewas hieruit water kan putten, blijkt een gevaarlijke maatregel te zijn. Onvermijdelijk optredende fluctuaties kunnen dan tot in de bewortelde lagen optreden. Het is veiliger het grondwater zeer laag te houden.

Wateroverlast zal men echter niet altijd kunnen vermijden, als niet tevens de beregning aan de vochttoestand en het structuurprofiel van de bodem wordt aangepast. Het kan niet ontkend worden dat de invoering van moderne regeninstallaties een grote arbeidsbesparing heeft geleverd in vergelijking met het gieten met de slang. Sommige installaties hebben echter een dusdanige capaciteit (40 à 60 mm per uur) (VAN DER POST, 1964), dat in korte tijd grote hoeveelheden water kunnen worden gegeven. Het bezwaar hiervan is – omdat beregning zo gemakkelijk is – dat men vaak te veel water geeft.

In komkommersassen op zandgrond in Loosduinen spoelt men de bodem tijdens de teelt enkele malen door. Hierdoor bevordert men tevens, naar men zegt, de gasuitwisseling (NEDERPEL, 1957). Doorspoelen kan alleen op zeer doorlatende zandgrond; op de meeste gronden ontstaat hierdoor echter wateroverlast. In de praktijk heeft men nog te weinig inzicht in de waterhuishouding van de bodem op het eigen bedrijf (VAN LIERE, 1948). Het water wordt meestal periodiek gegeven (KLAPWIJK, 1956; NEDERPEL, 1951; DE VRIES, 1955), nader bepaald naar de stand van het gewas en de weersomstandigheden. Hierbij moet ook de bodem worden betrokken. De vochttoestand van de verschillende lagen van de bodem kan men eenvoudig zelf schatten. Met enige ervaring is het mogelijk hierdoor controle uit te oefenen op de waterhuishouding. Men dient er zorg voor te dragen dat de watergiften niet te groot zijn. VAN DER POST (1964) meent dat giften van ongeveer 10 mm per keer goed voldoen. Een intensievere voorlichting op het punt van de waterhuishouding is gewenst.

6.4.2 De bodembewerking

Vóór de aanleg van broeiveuren is de grond meestal reeds losgemaakt (gefreesd of gespit) ten behoeve van de grondontsmetting. De veur wordt 'uitgeschoten', hetgeen nog met de hand, maar ook wel mechanisch gebeurt. Nadat het broeimateriaal is aangebracht en bevochtigd, wordt hierover een laag grond van 25 cm dikte aangebracht.

Na afloop van de teelt zijn de bedden veelal sterk bezakt, zodat ze nauwelijks hoger liggen dan de paden. De bodem wordt dan over de gehele oppervlakte met de spitmachine of met de frees losgemaakt ter voorbereiding van een nieuwe teelt (sla of nateelt komkommers) of ten behoeve van de grondontsmetting. Zonodig worden hoogteverschillen weggewerkt. De afgewerkte broeimest wordt soms – echter niet steeds – over de gehele oppervlakte verdeeld. Bij een nateelt van herfstsla spoelt men de grond eerst uit (200 à 500 mm water) en ontsmet na de teelt, waarvoor de grond eerst met een frees wordt losgemaakt. Voor een nateelt van komkommers past men alleen een lichte grondbewerking toe en wordt de grond later pas ontsmet.

Voor het aanbrengen van staalgrond wordt de grond onder de bedden losgemaakt (gespit of gefreesd). In enkele gevallen wordt de grond onder de bedden iets uitge-

graven. Daarna brengt men de staalgrond aan. Na afloop van de komkommerteelt op zandgronden wordt de staalgrond meestal verwijderd, elders ook wel doorgespit. Meestal vindt geen nateelt plaats. Vervolgens wordt de grond ontsmet en doorgespoeld.

Hoewel tegenwoordig in de komkommerteelt weinig diepe bewerkingen worden toegepast, was dit vroeger wel gebruikelijk. Toch is in een aantal gevallen het losmaken van een tussenlaag nodig. Een dergelijke laag geeft, zoals wij zagen, vaak storingen in de waterhuishouding en in het bewortelingspatroon. Door het ontbreken van geschikte werktuigen wordt deze maatregel tegenwoordig echter zelden toegepast. Het zou gewenst zijn dat men bij de ontwikkeling van de bewerkingsapparatuur voor kassen en warenhuizen aandacht besteedde aan de mogelijkheid tot het losmaken, verplaatsen en vermengen van lagen beneden de bovengrond.

6.4.3 De voorziening met organische stof

Behalve de grote hoeveelheden organisch materiaal die voor de aanleg van broeiveuren of staalgrondbedden worden aangewend, geeft men ook nog grote hoeveelheden stalmest. Op zavel-, klei- en veengronden geeft men stalmest naar rato van 100 à 150 ton per ha. STRIJBOSCH (1960) berekende dat op deze wijze wel 500 ton organisch materiaal per ha en per jaar wordt gegeven. Op duinzandgronden die in oude komkommerkassen reeds een hoog gehalte aan organische stof kunnen hebben (8 à 10%) geeft men liever geen stalmest, maar 200 m³ of meer dunne koemest. Deze mest lengt men met water aan om ze goed spuitbaar te maken. De vloeistof bevat weinig organische stof en dient voornamelijk om de voedingstoestand te verbeteren. Op dergelijke gronden verwijdert men na afloop van de teelt de staalgrond en brengt vers humusarm zand aan.

Op zware gronden maakt men bij voorkeur gebruik van stadsvuilbroeimest. Het materiaal dat na de broei overblijft, is bestemd voor verbetering van de structuur van de bodem; het maakt deze lossier en ruller. Op zware gronden heeft organisch materiaal, zoals stalmest, stro, e.d., in grote hoeveelheden toegepast, vaak een minder gewenst effect op de structuur. De grond smeert er te gemakkelijk door (KNOPPIEN, 1957).

Het is onbekend of de aard van het organisch materiaal invloed heeft op de mobilisatie en het transport van organische stof, waarvan eerder melding werd gemaakt.

7 Experimenteel bodemkundig onderzoek

7.1 Samenhang van de bodemkunde, de bodembehandeling en de teelt

De studie van de bodem heeft in recente tijd geleid tot het uitvoeren van verschillende bodembehandelingsmaatregelen, die men op tuinbouwbedrijven toepast. De studie van de chemische bodemvruchtbaarheid heeft vroeger reeds geleid tot bemesting met anorganische en organische meststoffen. Men doet dit algemeen aan de hand van de analyses van grondmonsters.

Diepe grondbewerkingen en de verbetering van de waterhuishouding worden overwegend gebaseerd op gegevens, verkregen bij veldbodemkundig onderzoek. De wijze van gelaagdheid en de aard en eigenschappen van verschillende bodemlagen zijn grotendeels bepalend voor de cultuurtechnische ingrepen. Aanvullend kan hierbij op het laboratorium of te velde een aantal karakteristieken van de bodem afzonderlijk worden bepaald.

Van de levensgemeenschap van de bodem zijn in de loop der jaren verschillende aspecten bestudeerd. Een van de gevolgen van die studie is, dat op de tuinbouwbedrijven de verschillende bodempathogenen steeds effectiever kunnen worden bestreden. De studie heeft er voorts toe geleid dat men thans een grondmonster kan laten onderzoeken op het voorkomen van een enkele groep van schadelijke organismen. Voor de meeste bodemparasieten is dit niet mogelijk; doorgaans past men een grondontsmetting toe aan de hand van de mate van aantasting van het voorgaande gewas. Ook ontsmet men wel als voorzorgsmaatregel tegen mogelijke gevaren van aantasting van een gewas door parasitaire organismen.

Er worden in de praktijk vele maatregelen genomen ter stimulering van nuttige activiteiten van bodemorganismen: biologische bodemverbetering. Op een enkele uitzondering na (enting met *Rhizobium*) zijn er echter geen gefundeerde gegevens beschikbaar waarop biologische verbeteringsmaatregelen gebaseerd kunnen worden. Er zijn ook geen mogelijkheden om de bodem op biologische gesteldheid te laten onderzoeken als uitgangspunt voor een verbetering.

In het voorgaande is een aantal facetten besproken van de bodembehandeling en de vakgebieden waaruit deze zijn voortgekomen. Hoewel het gebruikelijk is diverse vakgebieden in de bodemkunde te onderscheiden en ook de studie per vak afzonderlijk te verrichten, is het steeds meer gewenst de onderlinge samenhang in het onderzoek naar voren te brengen. Er bestaan hiervoor uit praktische overwegingen verschillende redenen. Op tuinbouwbedrijven heeft men meestal niet met afzonderlijke maatregelen van bodembehandeling te doen, maar met het gehele complex of met tenminste een aantal tegelijk. Ingrepen op één terrein hebben vaak gevolgen op een ander gebied (vergelijk stomen van de grond en de invloed daarvan op de chemische en biologische toestand en op de structuur e.d.). Bovendien is de behandeling van de bodem op

tuinbouwbedrijven vaak specifiek voor één of voor enkele gewassen, hetgeen uit de voorgaande hoofdstukken moge blijken. Veranderingen op teeltkundig gebied veroorzaken soms wijzigingen in de bodembehandeling. Zo hebben de intrede van de spilverm bij appelbomen en de daarmee samenhangende teeltomstandigheden een geheel andere bodembehandeling noodzakelijk gemaakt dan men in de hoogstamboomgaard toepaste. Een ander voorbeeld is de mechanisatie van planten en rooien van tulpen; de bodembehandeling moet afgestemd worden op de hiervoor vereiste structuur van de bovengrond. Uit een en ander kan afgeleid worden dat de bodembehandeling in de ruimste betekenis moet worden aangepast aan de overige teeltmaatregelen en -omstandigheden. Daarom moet het onderzoek naar de bodembehandeling ook plaatsvinden in samenhang met de teelt. Het is gewenst dat hierbij verschillende belangrijke bodemkundige en andere factoren in hun onderlinge samenhang worden bestudeerd.

7.2 Methoden van onderzoek bij de bodembehandeling

Bij het bemestingsonderzoek maakt men gebruik van bodemanalyses, potproeven en veldproeven. Potproeven kunnen dienen om informatie te verkrijgen over de betekenis van bepaalde chemische factoren en over de invloed van de bemesting op het gewas. Bij potproeven maakt men gebruik van 'gestoorde' grond; men neemt grote grondmonsters mee uit de praktijk en verdeelt deze over een aantal potten, waarbij de grond niet meer in zijn natuurlijke ligging verkeert. Potproeven vormen soms een voorloper van veldproeven, die onder meer praktische omstandigheden inzicht moeten verschaffen.

Ten aanzien van de waterhuishouding kent men bijv. potproeven om de vochtbehoefte van het gewas vast te stellen. Andere te nemen cultuurtechnische maatregelen, zoals bodembewerking en ontwatering, worden hoofdzakelijk in veldproeven onderzocht.

De bestrijdingswijze van bodemziekten en -plagen onderzoekt men zowel in pots als in veldproeven. Niet parasitaire bodemorganismen worden – zij het op bescheiden schaal – eveneens zowel in potproeven als in veldproeven bestudeerd.

Zowel de potproeven als de veldproeven hebben een aantal bezwaren. Potproeven kunnen resultaten opleveren die moeilijk in de praktijk toepasbaar zijn; gegevens van proefvelden kunnen beïnvloed zijn door de heterogeniteit van de bodem (bijv. bij fruit), door de vakkennis, door de weersfactoren e.d. Dergelijke gegevens zijn daarom niet altijd beter overdraagbaar dan resultaten uit potproeven. Bovendien zijn proefvelden meestal kostbaarder en veroorzaken meer organisatorische problemen (keuze, controle, continuering, schadevergoeding enz.) dan potproeven. Voor het nemen van veldproeven geeft men om een aantal van deze redenen vaak de voorkeur aan onderzoek op proeftuinen boven dat op praktijkbedrijven. Hierbij zijn echter niet alle bezwaren opgeheven, want de invloed van het weer is niet uit te schakelen. Bodemkundige verschillen tussen de proeftuinen en andere bedrijven maken de gegevens soms moeilijk overdraagbaar.

Wij hebben daarom gezocht naar nieuwe mogelijkheden om allerlei vraagstukken met betrekking tot de bodembehandeling te kunnen oplossen.

7.3 Een pedotron ¹

Een fytotron dient enerzijds om de invloed van het milieu te bestuderen en anderzijds om de invloeden van dat milieu als variabele uit te schakelen (DOORENBOS, 1964). Naar analogie hiervan zou een pedotron kunnen dienen om deze doeleinden op bodemkundig gebied te verwezenlijken.

Om te ontkomen aan een aantal nadelen van potproeven is het noodzakelijk om van 'ongestoorde' grond uit te gaan. Bij een monster uit ongestoorte grond spreken we van 'bodemmonster' en niet van grondmonster. Met onderzoek van bodemonsters wordt dus bedoeld grond in 'natuurlijke' ligging. De grootte van de bodem-

Fig. 30 'Pedotron': een installatie waarin grote, ongestoorte bodemonsters (lang 100 cm, Ø 30 of 50 cm) zodanig in afzonderlijke bakken in een kelder zijn opgesteld, dat hierin een gewas kan worden geteeld (in dit geval rode bessen en appels). In de bakken, waarvan er één leeg staat, kunnen meerdere monsters worden geplaatst, die als een éénheid worden behandeld

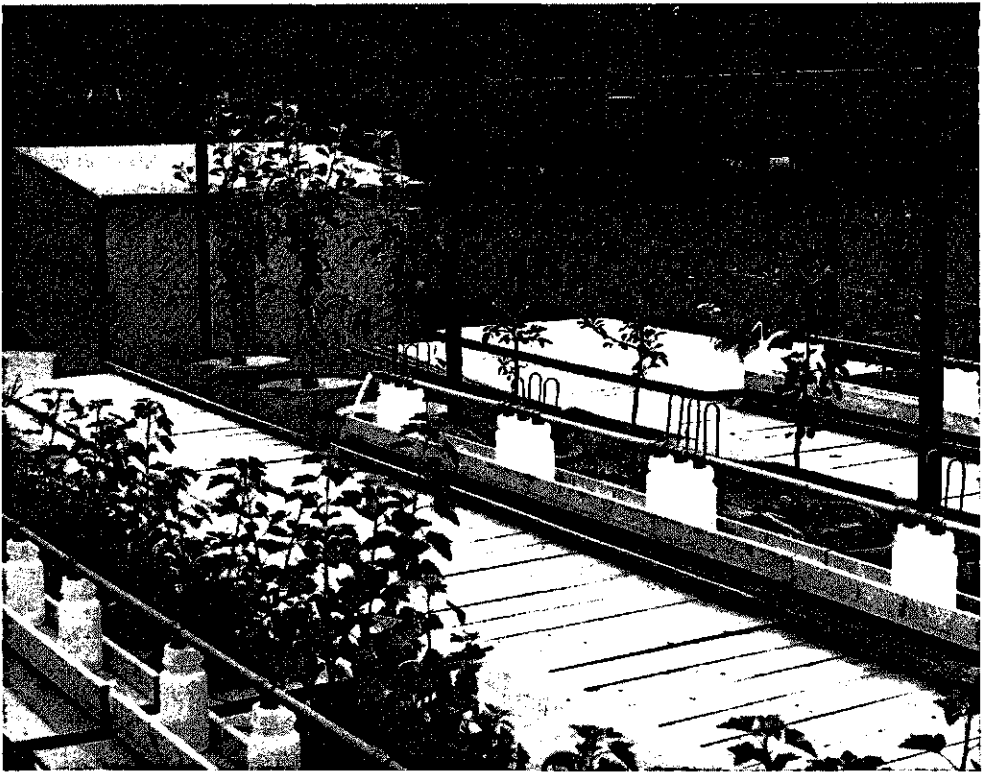


Fig. 30 The 'pedotron', an apparatus in which large undisturbed soil samples (high 100 cm, Ø 30 or 50 cm) are arranged in such a way in separate vessels in a cellar that a crop can be grown in them (in the present case redcurrants and apples). The vessels, one of which is empty, hold a number of samples that can be dealt with as a single unit

¹) Deze naam is gegeven door Prof. dr. ir. G. J. Vervelde

monsters zal zodanig moeten zijn dat bijv. ook een overjarig gewas als appelbomen tot produktie kan komen (± 5 jaar). In een te klein volume treedt vaak na enige tijd een abnormale groei van het gewas op ('potziekte'). Verder zullen de bodemonsters zodanig moeten worden opgesteld, dat het temperatuurverloop zonodig overeenkomt met dat in 'de natuur'. Dit geldt ook voor de waterhuishouding.

Het is mogelijk gebleken zeer grote bodemonsters te nemen en te vervoeren, zoals het geval was bij de opstelling van lysimeterbakken (MAKKINK, 1962). Ook met kleinere eenheden is reeds eerder gewerkt door BOONSTRA (1955). Het is DOEKSEN (1963) gelukt om ongestoorde bodemonsters op te nemen in plastic pijpen van 30 en 50 cm doorsnede – de wijdeste thans in de handel zijnde buis – tot een lengte van 120 cm. Momenteel is in een voorlopige opstelling op het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen te Wageningen onderzoek gaande aan appelboompjes en enkele andere gewassen, die in dergelijke bodemonsters zijn geplant. De bodemonsters zijn in drie rijen van vier polyester bakken geplaatst, die een afmeting hebben van $100 \times 100 \times 250$ cm. Deze bakken staan in een kelder waarbij de bovenzijde van de plastic pijpen gelijk ligt met het maaiveld. De ruimte tussen de bakken is afgedekt. Men kan de bakken koelen of verwarmen en de grondwaterstand regelen.

Deze voorlopige pedotronopstelling dient behalve voor het opdoen van ervaring met de groei van appelboompjes in bodemonsters van verschillende grootte, ook om de technische verwezenlijking van de beheersing van het bodemmilieu na te gaan (temperatuur en waterhuishouding).

Een volgend stadium in de ontwikkeling van een pedotron ontstaat als voldoende ervaring met het telen van normaal groeiende gewassen is verkregen. Er zal dan behoefte zijn aan een beperkte klimaatbeheersing. Het zal wellicht in eerste aanleg voldoende zijn om de natuurlijke regenval uit te schakelen en al te grote extremen in weersomstandigheden te compenseren. Dit geldt met name voor fruitgewassen. Wil men gewassen onderzoeken die onder glas worden geteeld, dan zal een kas met beperkte klimaatbeheersing nodig zijn. Al naar gelang de ervaringen, opgedaan met het onderzoek onder deze omstandigheden, kan in een volgend stadium worden overwogen of een verdergaande beheersing van de klimaatomstandigheden gewenst is. Men zou dan een pedotron in een klimaatkamer kunnen onderbrengen.

7.4 Gebruiksmogelijkheden van een pedotron

De gebruiksmogelijkheden van een pedotron met een zekere klimaatbeheersing kunnen in verschillende rubrieken uiteenvallen. Hierbij hoeft niet uitsluitend te worden gedacht aan onderwerpen die een combinatie vormen van verschillende bodembehandelings- en/of teeltmaatregelen. Het is ook mogelijk de opstelling te gebruiken voor onderzoek van 'enkelvoudige projecten':

- 1 bodemgeschiktheid
- 2 bodembehandeling
- 3 bodemkundig basisonderzoek

7.4.1 De bodemgeschiktheid

Het betreft hier onderzoeken van bodemkundig karakter, waarbij onderlinge vergelijkingen van verschillende bodemkundige aspecten mogelijk zouden zijn. Zo zou bijv. kunnen worden nagegaan wat de betekenis is van de granulaire samenstelling, het humusgehalte en de dikte van de bovengrond voor de groei van gewassen. Andere voorbeelden zijn de nauwkeurige bestudering van de invloed van 'storende' tussenlagen in het structuurprofiel, of van verschillende als slecht of goed aangemerkte structuren van de boven- en ondergrond. Ook in chemisch, hydrologisch

Fig. 31 In elk van de afzonderlijke bakken in het pedotron staan drie appelboompjes. Om na te gaan wat de invloed van de grootte van het bodemmonster is, zijn per boompje twee en drie buizen 'gekoppeld' (100 cm hoog, 30 cm Ø)



Fig. 31 Three apple-trees are placed in each container in the pedotron. Two and three tubes (height 100 cm, Ø 30 cm) are coupled to a tree in order to examine the effect of the size of the soil sample

en biologisch opzicht zou bijv. de geschiktheid van gronden waarmee nog weinig ervaring is opgedaan, kunnen worden bestudeerd. Bij de bodemgeschiktheidsonderzoeken willen wij ook rangschikken de precisering van de bodemkundige eisen van diverse gewassen.

7.4.2 De bodembehandeling

Het betreft hier onderzoeken waarbij reacties van gewassen op diverse bodembehandelingsmaatregelen kunnen worden bestudeerd. Hieronder zouden zowel verbeteringen van chemische, cultuurtechnische en biologische aard kunnen vallen als combinaties daarvan. Enkele voorbeelden van dit type onderzoek zijn: het bestuderen van de diepte van de grondwaterstand of van schommelende grondwaterstanden, van diverse organische materialen voor bodemverbetering, van bodembedekkende gewassen en van biociden, zoals ontsmettings- en onkruidbestrijdingsmiddelen.

7.4.3 Het bodemkundig basisonderzoek

Hierbij kan gedacht worden aan biologisch bodemonderzoek, zoals de bestudering van de stikstofhuishouding, van de vruchtwisseling, van bodempathogenen of van niet parasitaire organismen. Ook zouden hydrologische problemen, vraagstukken van de warmte- en luchthuishouding, van de structuurvorming, van het gedrag van radio-actieve stoffen en van de bodemvormende processen in een pedotron kunnen worden bestudeerd.

Samenvatting

Het onderzoek, waarvan de resultaten in de voorgaande hoofdstukken beschreven zijn, is voortgekomen uit de behoefte aan criteria als basis voor bodemkundige adviezen, te geven door de Rijkstuinbouwvoorlichtingsdienst. Deze adviezen betreffen door de toenemende specialisatie in de tuinbouw een beperkt aantal gewassen. Hieruit is een 4-tal economisch belangrijke gewassen gekozen. Het bodemkundig advies moet in samenhang gezien worden met de overige teeltmaatregelen. Vooral het bodembehandelingsadvies moet steeds aan de ontwikkelingen op verschillend gebied aangepast zijn.

De studies zijn verricht op een groot aantal bedrijven in diverse tuinbouwgebieden van ons land. De bodem op deze bedrijven is tot 100 à 150 cm diepte beschreven, met als belangrijkste onderdelen: het granulaire profiel, het hydrologische profiel, het structuurprofiel en het bewortelingsprofiel. De betekenis van de eerste drie termen is duidelijk; met bewortelingsprofiel wordt bedoeld het verloop van de bewortelingsintensiteit in de bodem en de aard en de conditie van de wortels. Door vergelijking van de bodemkundige situatie van een aantal bedrijven is een verband vastgesteld tussen het bewortelingsprofiel en de overige beschreven bodemfactoren. De gevonden kwalitatieve samenhang tussen het bewortelingsprofiel en de teeltresultaten wettigt het gebruik van het bewortelingsprofiel als basis voor het bodembehandelingsadvies. In het geval dat het betreffende gewas niet op de onderzochte grond wordt geteeld, kan een geschiktheids- en/of behandelingsadvies worden opgesteld aan de hand van de overige bodemkundige gegevens.

APPEL

Bij het onderzoek van appelboomgaarden op zavel- en kleigronden is gebleken dat vooral het structuurprofiel en het hydrologische profiel van belang zijn voor de vaststelling van de bodemgeschiktheid en het bodembehandelingsadvies. Storingen in het structuurprofiel kunnen oorzaak zijn van groeistagnaties in de jeugd. Deze kan men herkennen aan het bewortelingsprofiel van volwassen bomen. Appelbomen kunnen normaal een diepe (> 120 cm) en intensieve beworteling vertonen. Zonodig moet men de lagen van minder goede structuur door mechanische of biologische methoden verbeteren. Verder blijkt de drainage nog veel aandacht te behoeven.

TULP

Tulpen geteeld op zavel- en kleigronden, reageren eveneens sterk op het structuurprofiel en op het hydrologische profiel. Deze reactie houdt nauw verband met het wortelstelsel, dat zich direct na het planten in het najaar begint te ontwikkelen en doorgaat tot aan de bloei. In de eerste periode, doorgaans gekenmerkt door vochtoverschotten, is speciale aandacht voor de bescherming tegen wateroverlast nodig. De wortels zijn hiervoor zeer gevoelig. Is een tulpewortel eenmaal beschadigd dan

treedt geen herstel op. Het gewas is aangewezen op het bij de bloei aanwezige wortelstelsel, dat normaal tot circa 45 cm diepte reikt. In gevallen waar het wortelstelsel onvoldoende is ontwikkeld, kan de vorming en uitgroei van nieuwe bollen stagneren. Daarom is het van grote betekenis dat de bodem zo goed mogelijk tegen structuurverval bestand is en beschermd wordt. Vanwege het mechanisch planten en rooien van de bollen worden eveneens hoge eisen aan de bodemstructuur gesteld; dit geldt ook voor het granulaire profiel. Aan de ontwatering kan nog meer zorg worden besteed.

Roos

Het succes van de rozenteelt onder verwarmd glas, bedreven op oude zeeleigonden in de droogmakerijen van het centrum Aalsmeer, is ook afhankelijk van de bodem. Naarmate men het gewas meer forceert, moet de bodem aan hogere eisen voldoen. De beste gronden vertonen een gelijkmatige beworteling tot een diepte van 100 cm en meer. Een te beperkte ontwikkeling of beschadiging van het wortelstelsel kunnen er oorzaak van zijn dat het gewas onvoldoende produceert en te snel afgedragen is. Dit kan vooral in winter en voorjaar het geval zijn door wateroverlast. Een intensieve drainage, zonodig met onderbemaling, kan dit voorkomen.

Teneinde een zo gelijkmatig mogelijke wortelontwikkeling te verkrijgen, kan bodemverbetering nodig zijn. Eertijds toegepaste verbeteringsmaatregelen hebben niet altijd het beoogde effect gehad. Dit geldt vooral als er lichte, gemakkelijk verslepende ondergrond naar boven werd gebracht. Tegenwoordig wordt aangeraden om de ondergrond, die meestal een goede structuur heeft, ongestoord te laten. Voor eventuele verbetering van een – hoger gelegen – tussenlaag moet men het benodigde materiaal voor verbetering van elders aanvoeren.

KOMKOMMER

Vroeg gestookte komkommers worden op vele grondsoorten geteeld, hoofdzakelijk in warenhuizen, maar ook in speciale komkommerkassen. De ontwikkeling van de komkommerwortels in de bodem hangt mede af van de bodemstructuur. Onder gunstige omstandigheden kunnen komkommerwortels tot een diepte van 100 cm en meer doordringen. In de meeste gevallen werd echter een ondieper bewortelingsprofiel aangetroffen. Men kan daarbij toch tot een goede produktie geraken als veel zorg aan het gewas wordt besteed. In veel gevallen wordt te overvloedig van de regeninstallatie gebruik gemaakt, als gevolg waarvan wateroverlast optreedt. Een gebrekkige ontwatering kan het nadelig effect versterken. Een drainage, zonodig met onderbemaling, en een doelmatig gebruik van de regeninstallatie, kunnen dit euvel verhelpen. De veelvoorkomende minder goede structuur van een tussenlaag moet door bewerking worden verbeterd. De thans algemeen toegepaste methoden van bodembewerking zijn onvoldoende afgestemd op de bodemomstandigheden.

'PEDOTRON'

Er wordt een voorstel gedaan voor onderzoek met een z.g. pedotron. Hiermee wordt een installatie bedoeld waarin – zonodig gelijktijdig – een aantal bodembehandelingsmaatregelen kan worden bestudeerd aan grote ongestoorde bodemonsters, waarop een gewas groeit. Voor bepaalde overjarige gewassen worden hierbij bijzondere eisen aan de grootte en opstelling van de monsters gesteld. In een voorlopige installatie wordt dit probleem momenteel bestudeerd.

Summary

The investigation of which the results are described in the previous chapters arose out of the need for criteria on which to base pedological advice given by the State Horticultural Extension Service. Owing to the increasing specialisation in horticulture this advice only relates to a small number of crops. Four economically important crops were selected from the latter.

The pedological advice must be seen in connection with the other cultural practices. In particular, advice on soil management should take account of developments in various spheres.

The studies were undertaken on a large number of holdings in various horticultural areas of the Netherlands. The soil profile in these cases is described to a depth of 100 to 150 cm, the chief characteristics being the granular profile, the hydrological profile, the structural profile and the root-system profile. The meaning of the first three terms is clear; by root-system profile is meant the rooting intensity in the soil and the nature and condition of the roots. By comparing the pedological situation of a number of different holdings it is possible to establish a connection between the root-system profile and the other soil factors described. The qualitative relationship found between the root-system profile and the growing results warrants the use of the root-system profile as the basis of advice on soil management. When the crop in question is not grown on the soil studied, advice regarding suitability and/or management can be drawn up with reference to the other profile characteristics.

APPLE

The investigation of apple orchards on loam and clay soils showed that the structural and hydrological profiles were particularly important for formulating advice on soil suitability and management. Disturbances in the structural profile may bring growth to a standstill at an early age. They can be identified from the root-system profile of adult trees. Apple-trees usually show a deep (> 120 cm) and intense root formation. Where necessary the layers with an inferior structure should be improved by mechanical or biological methods. Drainage is also found to require a great deal of attention.

TULIP

Tulips grown on loam and clay soils also show a marked response to the structural and hydrological profiles. This response is closely linked to the root system that begins to develop immediately after planting in autumn and continues until flowering. During the first period, which is usually characterised by excess precipitation, special care should be taken to protect the plants from flooding, to which the roots are highly sensitive. Once the root of a tulip has been damaged recovery is out of the question. The plant depends on the root system present at the time of flowering (usually reaching to a depth of 45 cm). Where the root system is insufficiently developed the

formation and development of new bulbs may be brought to a standstill. It is therefore very important that the soil should be able to resist structural decay as much as possible and is protected. Mechanical planting and lifting of the bulbs also make great demands on the soil structure, and this is also true of the granular profile. More attention can be paid to the drainage.

ROSE

The success of rose-growing in heated greenhouses on old marine clay soils in the polders of the centre of Aalsmeer also depends on the soil. The more the plant is forced the greater are the demands made on the soil. The best soils have a uniform root formation up to a depth of 100 cm and over. Restricted development or injury to the root system may lead to insufficient yields and too rapid exhaustion. This may be caused by flooding, especially in winter and spring. It can be prevented by intensive drainage, if necessary by reducing the water level to below that of the polder.

To obtain as uniform a root development as possible it may be necessary to improve the soil. Improvement measures previously applied did not always have the effect envisaged. This was particularly the case when light, readily puddling subsoil was brought to the top. Nowadays it is advisable not to disturb the subsoil, which usually has a good structure. For any subsequent improvement of a higher intermediate layer the material needed for improvement should be taken from elsewhere.

CUCUMBER

Early forced cucumbers are grown on many different types of soil, mainly in light structures, but also in special cucumber greenhouses. The development of the cucumber roots in the soil depends on the soil structure among other factors. Under favourable conditions cucumber roots may penetrate to a depth of 100 cm and over. But in most cases a more shallow root-system profile was encountered. This can still give good yields provided the crop is well tended. In many cases the sprinkling irrigation equipment is used too excessively, so that flooding results. Faulty drainage may reinforce the adverse effect. This can be overcome by proper drainage, if necessary lowering the water level to below that of the polder, and effective use of the spray irrigation equipment. The frequent inferior structure of an intermediate layer should be improved by ploughing. The present-day methods of soil preparation take insufficient account of the soil conditions.

'PEDOTRON'

In conclusion, a suggestion is made for research with a '*pedotron*'. This is an apparatus in which a number of soil management measures can be studied (if necessary simultaneously) in large undisturbed soil samples on which a crop is growing. Some perennials require special sample sizes and arrangements. This problem is now being studied in a provisional apparatus.

Literatuur

- ARNOLD BIK, R., L. J. J. VAN DER KLOES, W. VAN MARSBERGEN en A. F. C. M. SCHELLEKENS
BAKKER, B. C. 1962 Beworteling van kasrozen. *Meded. Div. Tuinb.* 25, 716-725.
- BAKKER, J.
BAKKER, G. DE 1964 Laboratoriumonderzoek naar de invloed van bezanding op de consistentie van kleigronden. *Landbouwwoorl.* 21, 167-174.
1964 Ontwatering. *Meded. Rtc. Hoorn* 8.1.
1947 De betekenis van de bodemkartering voor de fruitteelt. *Tuinbouw-gids* 1947, 525. Herdrukt in Boor en Spade I, 1948, 231-232.
- BAKKER, G. DE 1950 De bodemgesteldheid van enkele Zuidbevelandse polders en hun geschiktheid voor de fruitteelt. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 56.14.
- BENNEMA, J. en K. VAN DER MEER 1952 De bodemkartering van Walcheren. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 58.4.
- BERG, C. VAN DEN 1955 Wortelproblemen in oude gronden. De plantenwortel in de landbouw, 147-155.
- BIERHUIZEN, J. F. en C. PLOEGMAN 1959 Wortelgroei en waterhuishouding. *Meded. I.C.W.* 12.
- BLAAUW, A. H. 1938 De betekenis van den grondwaterstand voor de bloembollencultuur. *Verhand. Kon. Ned. Akademie v. Wetensch. Tweede sectie*, deel XXXVII.1, 1-91.
- BLANKWAARDT, H. F. H. en J. VAN DER DRIFT 1961 Invloed van grondontsmetting in kassen op regenwormen. *Meded. Div. Tuinb.* 24, 490-496.
- BLANKWAARDT, H. F. H. 1962 Grondontsmetting en biociden. *Jaarverslag 1962 I.T.B.O.N.*, 23-24.
- BOEKEL, P. 1959 Some remarks on the influence of soil structure on plant growth. *Meded. Landbouwhogesch. en Opzoekingsstations van de Staat te Gent*, XXIV.1, 52-57.
- BOEKEL, P. 1959 Evaluation of the structure of clay soils by means of soil consistency. *Meded. Landbouwhogesch. en Opzoekingsstations van de Staat te Gent*, XXIV.1, 363-368.
- BOEKEL, P. 1961 Optreden van kanker in fruitbomen. *De Fruitteelt* 51.7.
- BOEKEL, P. en A. L. VAN LOKHORST 1961 Onderzoek naar de structuur en warmtehuishouding op het bezandingsproefveld te Erica. *I.B.-rapport* 12.
- BOEKEL, P. 1963 Soil structure and plant growth. *Neth. J. Agr. Sci.* 11, 120-127.
- BOEKEL, P. 1963 The effect of organic matter on the structure of clay soils. *Neth. J. Agr. Sci.* 11, 250-263.

- BOLT, G. H., A. R. P. JANSE and A. C. SCHUFFELEN 1959 Definition and determination of 'soil structure'. Meded. Landbouwhoges. en Opzoekingsstations van de Staat te Gent, XXIV.1, 251-256.
- BOMMELJÉ, S. 1961 Bodemkartering. Jaarverslag 1961 Proeftuin Geldermalsen, 39-42.
- BOON, J. VAN DER 1953 Inventarisatie van de gegevens van bemestingsproefvelden in de tuinbouw. Rapport Rijkstuinbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden, Wageningen.
- BOON, J. VAN DER en J. BUTIJN 1961 De invloed van bodemfactoren op Jonathan M XVI, onderzocht volgens de proefplekkenmethode. Meded. Dir. Tuinb. 24, 44-53.
- BOONSTRA, A. E. H. R. 1955 Het begrip 'wortelwaarde'. De plantenwortel in de landbouw, 107-118.
- BOS, J. 1959 Wortelstelsels van fruitgewassen. *De Fruitteelt* 49, 1224-1245.
- BOSCHMA, K. 1959 De grond in de intensieve tuinbouw. *Tijdschr. Ned. Heidemij* 70, 263-268.
- BRAAMS, B. W. en J. BUTIJN 1958 Drainage in de fruitteelt. Meded. Dir. Tuinb. 21, 763-770.
- BRAAMS, B. W. 1960 Enkele gedachten over onderzoek naar de ontwateringsbehoefte van de fruitteelt. Rapport Rtc. Noordoostpolder.
- BROUWER, R. 1963 Some aspects of the equilibrium between overground and underground plantparts. Jaarboek Inst. Biol. Scheik. Onderz. Landbouwgew., 31-39. Meded. 213.
- BURCK, P. DU 1957 Een bodemkartering van het tuinbouwdistrict Geestmerambacht. Versl. Landbouwk. Onderz. 63.3.
- BUTIJN, J. 1952 De waterhuishouding in enige Zeeuwse bodemtypen. Boor en Spade V, 159-166.
- BUTIJN, J. 1954 De betekenis voor fruit van sliblagen in de ondergrond van plaatgronden. Boor en Spade VII, 189-196.
- BUTIJN, J. 1955 Bewortelingsproblemen in de fruitteelt. De plantenwortel in de landbouw, 156-167.
- BUTIJN, J. 1955 De beworteling van vruchtbomen op profielen met een dunne kleilaag op zand. Versl. Landbouwk. Onderz. 617, 113-121.
- BUTIJN, J. 1956 Grondbewerkingproefveld. Jaarverslag 1956 Proefstation voor de Fruitteelt in de Volle Grond te Wilhelminadorp, 23.
- BUTIJN, J. en J. J. SCHURMAN 1959 Idem, 20-21.
- BUTIJN, J. en J. J. SCHURMAN 1957 Bodembehandeling op het proefveld te Hoofddorp. Versl. Landbouwk. Onderz. 63.16.
- BUTIJN, J. 1958 De betekenis van bewortelingsopnamen in de fruitteelt. Meded. Dir. Tuinb. 21, 622-631.
- BUTIJN, J. 1960 Gras in de boomgaard. *De Fruitteelt* 50, 776-778.
- BUTIJN, J. 1961 Bodembehandeling in de fruitteelt. Versl. Landbouwk. Onderz. 66.7.
- CARLSSON, G. 1963 Studies on factors influencing yield and

- quality of cucumbers. *Acta Agric. Scand.* XIII(2), 149-156.
- DAM, J. G. C. VAN 1963 Aspecten van het bodemgeschiktheidsonderzoek in de tuinbouw. *Meded. Dir. Tuinb.* 26, 197-200.
- DELVER, P. 1963 Het bodemkundig onderzoek. Jaarverslag 1963 Proefstation voor de Fruitteelt in de Volle Grond te Wilhelminadorp, 45-58.
- DEWEZ, W. J. 1955 De betekenis van de wortel en haar milieu voor de plantenproductie. De plantewortel in de landbouw, 9-17.
- DIEPEN, D. VAN 1950 Rapport over de bodemgesteldheid van de gemeente Breda. Rapport no. 200 Stichting voor Bodemkartering.
- DIEPEN, D. VAN 1951 Rapport over de bodemgesteldheid van de gemeente Heeze. Rapport no. 257 Stichting voor Bodemkartering.
- DIEPEN, D. VAN 1952 De bodemgesteldheid van de Maaskant. Versl. Landbouwk. Onderz. 58.9.
- DOEKSEN, J. 1954 De rol van het dierenleven bij het omzetten van de organische stof in de grond. *Landbouwk. Tijdschr.* 66, 301-305.
- DOEKSEN, J. 1957 Regenwormen, bemesting en grondbewerking. *Stikstof* 16, 123-135.
- DOEKSEN, J. 1963 Ongestoorde grondkolommen in plastic buizen. Meded. I.B.S. 229, Jaarverslag I.B.S. 1963, 23-24.
- DOEKSEN, J. en G. MINDERMAN 1963 Typical soil structures as the results of the activities of mudworms. Proc. Coll. soil-fauna, microflora and their relationships, Oosterbeek, 134-136.
- DOEKSEN, J. 1964 Notes on the activity of earthworms. Jaarboek I.B.S. 1964, 177-191.
- DOORENBOS, J. 1964 Het fytotron van het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt der Landbouwhogeschool. *Meded. Dir. Tuinb.* 27, 432-437.
- DULK, P. R. DEN 1962 Landelijke adviesbasis voor de bemesting in de tuinbouw in de volle grond. Rapport Rijkstuinbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden, Wageningen.
- DIJK, H. VAN 1961 Samenstelling en eigenschappen van organische stof in de grond. *Bodemkunde*, 59-66.
- EDELMAN, C. H. 1945 De tuinbouw heeft de beste gronden nodig. *Meded. Dir. Tuinb.* 1945, 121-125. Herdrukt in Boor en Spade I (1948), 195-200.
- EDELMAN, C. H. 1948 Vroege gronden en bodemkartering. Boor en Spade I, 200-207.
- EDELMAN, C. H. 1948 De bodemkartering in Nederland. Boor en Spade I, 78-113.
- EDELMAN, C. H. 1948 Bodem en tuinbouw. Boor en Spade II, 87-90.
- EDELMAN, C. H., L. ERINGA, K. J. HOEKSEMA, J. J. JANTZEN en P. J. R. MODDERMAN 1950 Een bodemkartering van de Bommelerwaard boven den Meidijk. Versl. Landbouwk. Onderz. 56.18.
- EDELMAN, C. H. 1953 Suitability of soils for horticultural crops and some related soil problems in the

- EDELMAN, C. H. 1953 Netherlands. Report of the 13th International Horticultural Congress 1952, 80-95.
 De geschiktheid van gronden voor de tuinbouw en enige verwante bodemkundige vraagstukken. Boor en Spade VI, 155-171.
- EDELMAN, C. H. 1953 De gedachtengang bij de bodemkartering. Boor en Spade VI, 1-7.
- EDELMAN, C. H. en A. OP 'T HOF 1960 De betekenis van de biologische homogenisatie van de grond. *Bodem* 40, 8-15.
- EDELMAN, C. H.,
 K. C. BHATTACHARYYA,
 A. OP 'T HOF en A. JAGER 1963 Structuurprofielen van stroomruggen. Boor en Spade XIII, 66-81.
- EGBERTS, H. 1948 Verdrogingsverschijnselen in het rivierkleigebied. Boor en Spade II, 161-166.
- EGBERTS, H. 1950 De bodemgesteldheid van de Betuwe. Versl. Landbouwk. Onderz. 56.19.
- EGBERTS, H. 1958 Ontwatering in het centrum Boskoop. *Meded. Dir. Tuinb.* 21, 203-209.
- EGBERTS, H., A. SCHELLEKENS en H. VAN LINT 1959 Bewortelingsonderzoek van boomkwekerijgewassen. Jaarboek 1959 Proefstation voor de Boomkwekerij, 58-61.
- EGBERTS, H. en L. J. J. VAN DER KLOES 1960 Zwartveen in de tuinbouw. *Meded. Dir. Tuinb.* 23, 94-101.
- EGBERTS, H., H. J. HULSHOF,
 L. J. J. VAN DER KLOES,
 A. F. C. M. SCHELLEKENS,
 H. STRIETMAN en A. VISSER 1964 Bodembehandeling bij tulpen op zavel- en kleigronden. *Meded. Dir. Tuinb.* 27, 244-253.
- ENDE, J. VAN DEN 1954 Groeiafwijkingen die samenhangen met de waterhuishouding in de plant. *Meded. Dir. Tuinb.* 17, 615-636.
- ENDE, J. VAN DEN 1955 De watervoorziening van tomaten. *Meded. Dir. Tuinb.* 18, 866-882. Idem 18, 904-917.
- ENTE, P. J. 1963 Een bodemkartering van het tuinbouwcentrum De Streek. Versl. Landbouwk. Onderz. 68.16.
- FERRARI, TH. J. 1960 Vergelijking tussen proeven met en zonder ingreep. *Landbouwk. Tijdschr.* 72, 792-801.
- GERRITSEN, J. D. 1963 Jubileumverslag 1938-1963 Stichting Verbetering Fruitcultuur, Geldermalsen.
- GOEDEWAAGEN, M. A. J. 1955 De oecologie van het wortelstelsel der gewassen. De plantenwortel in de landbouw, 31-68.
- GOEDEWAAGEN, M. A. J.,
 C. VAN DEN BERG, D. VAN DEN BOSCH,
 J. BUTIJN, J. J. JONKER,
 D. VAN DER SCHAAF en
 J. J. SCHUURMAN 1955 Wortelgroei in gronden bestaande uit een bovengrond van klei en een ondergrond van zand. Versl. Landbouwk. Onderz. 61.7.
- HAANS, J. F. C. M. 1960 Available moisture in soils of the Netherlands. Versl. Meded. Comm. Hydr. Onderz. T.N.O. 5, 140-160.
- HAANS, J. F. C. M. 1961 Enkele aspecten van de waterhuishouding van Nederlandse gronden. *Bodemkunde*, 143-155.
- HASSELO, H. N. 1961 The soils of the lower eastern slopes of the Cameroon mountain and their suitability for various perennial crops. Dissertatie Wageningen.

- HENNIK, J. J. VAN 1959 De invloed van de droogte op de fruitgewassen. *Meded. Dir. Tuinb.* 22, 692-694.
- HIDDING, A. P. 1960 De doorwortelbaarheid van zandlagen. I.C.W.-rapport 12.
- HOEKSEMA, K. J. 1953 De natuurlijke homogenisatie van het bodemprofiel in Nederland. Boor en Spade VI, 24-30.
- HOEKSEMA, K. J., A. JONGERIUS en K. VAN DER MEER 1956 Over de invloed van regenwormen op de bodemstructuur in gemulchte boomgaarden. Boor en Spade VIII, 183-201. Ook in: *Tijdschr. Ned. Heidemij* 67, 83-89 en 67, 109-120.
- HOEKSEMA, K. J. en A. JONGERIUS 1959 Deterioration of soil structure due to exhausting methods of land use and its influence on recent crop rotations. *Meded. Landbouwhogesch. en Opzoekingsstations van de Staat te Gent*, XXIV.1, 16-23.
- HOEKSEMA, K. J. en A. OP 'T HOF 1960 De perforatiegraad, een maat voor de activiteit van regenwormen in de grond. *Landbouwoorl.* 17, 673-676.
- HOEKSEMA, K. J. 1961 Bodemfauna en profielontwikkeling. *Bodemkunde*, 28-42.
- HOESTRA, H. en G. S. VAN MARLE 1962 Een oplossing voor de bodemmoetheid. *De Fruitteelt* 52, 1236-1237.
- HOESTRA, H. 1964 Veldproeven over de bestrijding van bodemmoetheid bij appel in het rivierkleigebied. *Meded. Dir. Tuinb.* 27, 557-564.
- HOF, A. OP 'T 1959 Biologische bodemverbetering in de boomgaard. *De Fruitteelt* 49, 318-319 en 49, 350-352.
- HULSHOF, H. J. 1949 Rapport over de bodemgesteldheid van gronden die in het uitbreidingsplan van de gemeenten Hoogezand en Sappemeer vallen en in de omgeving daarvan. Rapport Rtc. Bodemaangelegenheden, Wageningen.
- HULSHOF, H. J. en P. J. VAN LIER 1956 Invloed van de grond op de ontwikkeling van enkele appelrassen en -onderstammen. *Meded. Dir. Tuinb.* 19, 723-731.
- HULSHOF, H. J., L. J. J. VAN DER KLOES en A. F. C. M. SCHELLEKENS 1960 Beworteling van appelbomen en bodemstructuur. *Meded. Dir. Tuinb.* 23, 33-42.
- HURK, J. A. VAN DEN en W. VAN DER KNAAP 1962 De bodemgesteldheid en de land- en tuinbouwkundige mogelijkheden in de polder de Heer-Hugowaard e.o. Rapport no. 566 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- JANSE, A. R. P. en F. F. R. KOENINGS 1963 Het verslempingsbeeld. Boor en Spade XIII, 168-177.
- JONGERIUS, A. 1957 Morfologische onderzoeken over de bodemstructuur. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 63.12.
- JONGERIUS, A. 1961 De micromorfologie van de organische stof. *Bodemkunde*, 43-58.
- JONGERIUS, A. 1961 De morfologie en genese van de macrostructuren. *Bodemkunde*, 76-89.
- JONGERIUS, A. 1962 Recente vorderingen in de micropedologie en haar mogelijkheden. *Landbouwk. Tijdschr.* 22, 973-999.

- JONGERIUS, A. en A. REIJMERINK 1963 Over de betekenis van de zg. perforatiegraad als onderdeel van het profielonderzoek. *Boor en Spade XIII*, 178-192.
- JONKER, J. J. 1955 Bewortelingsproblemen in jonge gronden. De plantenwortel in de landbouw, 139-146.
- JONKER, J. J. 1958 Bewortelingsonderzoek en ondergrondbe-
werking in de Noordoostpolder.
- KALISVAART, C. 1935 Over de mechanische samenstelling en de
practische waardeering van een aantal
Hollandsche zeezandgronden. *Versl. Land-
bouwk. Onderz.* 41.B.
- KLAPWIJK, S. J. 1956 De teelt van platglaskomkommers in ver-
warmde warenhuizen in het tuinbouwge-
bied Zwijndrecht e.o. *Groenten en Fruit 12*,
377-378.
- KLOES, L. J. J. VAN DER 1958 De rijping van tuinbouwgronden. *Meded.
Dir. Tuinb.* 21, 597-601.
- KLOES, L. J. J. VAN DER 1960 Biologische bodemverbetering. *De Fruit-
teelt 50*, 230-233.
- KLOES, L. J. J. VAN DER 1961 De betekenis van organische stof en struc-
tuur voor de tuinbouw. *Bodemkunde*, 103-
111.
- KLOES, L. J. J. VAN DER, H. EGBERTS, 1961 Beworteling van aardbeien op zandgrond.
H. J. HULSHOF, A. F. C. M. SCHELLEKENS
en TH. L. A. ZEGERS *Meded. Dir. Tuinb.* 24, 108-117.
- KLOES, L. J. J. VAN DER, 1961 De fruitteelt op zandgrond. *Meded. Dir.
H. EGBERTS, H. J. HULSHOF en
A. F. C. M. SCHELLEKENS
Tuinb.* 24, 296-303.
- KLOES, L. J. J. VAN DER, 1961 Beworteling en ontwatering in de fruit-
teelt. *De Fruitteelt 51*, 924-925.
- KLOES, L. J. J. VAN DER, 1964 Bodem en bodembehandeling in de tuin-
bouw. *Meded. Dir. Tuinb.* 27, 446-447.
- KLOES, L. J. J. VAN DER
H. EGBERTS en H. J. HULSHOF
KLOES, L. J. J. VAN DER 1961 Bemestingsproeven. Verslag over 1957 van
Vleutens Proeftuin, 3-12.
- KNOPPIEN, P. 1957
- KOPPES, S. 1961 Plantdiepte. *Meded. Rtc. Hoorn 5.4.*
- KORTLEVEN, J. 1961 De betekenis van organische bemesting
voor grond en gewas. *Bodemkunde*, 67-75.
- KRAAYENGA, D. A. 1960 Groeimetingen bij de tulpenbol. *Meded.
Landbouwhoges. Wageningen 60(8).*
- KUIPERS, H. 1955 Een streekonderzoek gericht op de factoren
bodem, structuur en stikstofbemesting.
Versl. Landbouwk. Onderz. 61.9.
- KUIPERS, H. 1959 Some remarks on pore space and pressure
on marine clay soils. *Meded. Landbouw-
hogesch. en Opzoekingsstations van de
Staat te Gent, XXIV.1*, 392-397.
- KUIPERS, H. 1959 De grondbewerking gezien tussen traditie
en wetenschap. Rede uitgesproken bij de
aanvaarding van het ambt van lector in de
grondbewerking aan de Landbouwhoge-
school te Wageningen.
- KUIPERS, H. 1962 De gevolgen van de hedendaagse mecha-
nistatie voor de bodemstructuur. *Land-
bouwvoorl.* 19, 508-514.
- KUIPERS, S. F. 1960 De invloed van het onderploegen van stro
op de eigenschappen van de grond.
Landbouwmeechan. 11, 705-711.

- LEENHEER, L. DE 1959 La dégradation de la structure du sol en Belgique et ses causes. Meded. Landbouwhogesch. en Opzoekingsstations van de Staat te Gent, XXIV.1, 1-15.
- LIERE, W. J. VAN 1948 De afwatering en de drainage in het Westland. Boor en Spade II, 83-87.
- LIERE, W. J. VAN 1948 De bodemgesteldheid van het Westland. Versl. Landbouwk. Onderz. 54.6.
- LIERE, W. J. VAN 1948 De bodemgesteldheid van de gemeente Harderwijk. Rapport no. 181 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- LIERE, W. J. VAN 1949 De invloed van het bodemprofiel op de ontwikkeling van enige tuinbouwgewassen. Boor en Spade III, 41-48.
- LIERE, W. J. VAN 1949 Beschrijving behorende bij de bodemkaarten van de poldergronden van Aalsmeer. Rapport no. 183 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- LIERE, W. J. VAN 1950 De bodemgesteldheid van de gemeente Zundert. Rapport no. 205 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- LIERE, W. J. VAN Beschrijving behorende bij de bodemkaarten van de gemeenten Oudenbosch en Oud Gastel. Rapport Stichting voor Bodemkartering, Wageningen (ongedateerd).
- LIESHOUT, J. W. VAN 1956 De beworteling van een aantal landbouwgewassen. Versl. Landbouwk. Onderz. 62.16.
- LIESHOUT, J. W. VAN 1960 Invloed van het bodemmilieu op ontwikkeling en activiteit van het wortelstelsel. Versl. Landbouwk. Onderz. 66.18.
- MAKKINK, G. T. 1962 Vijf jaren lysimeteronderzoek. Versl. Landbouwk. Onderz. 68.1.
- MARSBERGEN, W. VAN 1964 De cultuur van kasrozen. Gestencild rapport Rijkstuinbouwconsulentschap Aalsmeer.
- MEER, K. VAN DER 1952 Opbrengsten van enige appelvariëteiten in verband met het bodemprofiel. Boor en Spade V, 166-169.
- MEER, K. VAN DER 1952 De Bloembollenstreek. Versl. Landbouwk. Onderz. 58.2.
- MEER, K. VAN DER en J. R. WILLET 1964 Bodemkundige aspecten bij diepe grondbewerking. *Tijdschr. Kon. Ned. Heidemij* 75, 628-633.
- MEEUWSE, P. 1963 Groeiende belangstelling voor bodembekleding in boomgaarden. *De Fruitwereld* 8, 19-23.
- MINDERMAN, G. 1960 Mull and Mor (Müller-Hesselman) in relation to the soil water regime of a forest. *Plant and Soil XIII*, 1-27.
- MINDERMAN, G. 1961 Enige facetten van het bodemleven. Bodemkunde, 7-15.
- MINDERMAN, G. 1962 De Contactcommissie voor Biologische Bodemverbetering. *T.N.O.-Nieuws* 17, no. 196, 318-327.
- NEDERPEL, L. G. 1951 De kaskomkommercultuur. *Groenten en Fruit* 7, 330-331.

- NEDERPEL, L. G. en
J. VAN LEEUWEN
NEDERPEL, L. G.
- NEUVEL, J.
- NEUVEL, J.
NEUVEL, J.
- NEUVEL, J.
- NEUVEL, J.
NISPEN TOT PANNERDEN, J. E. M.
VAN
- OOSTEN, A. VAN en P. A. SPOOR
- OTTO, W. M.
- PEERLKAMP, P. K.
- PEERLKAMP, P. K. en P. BOEKEL
- PEERLKAMP, P. K.
- PELGRUM, A.
- POST, C. J. VAN DER en
J. J. VAN SCHIE
- POST, C. J. VAN DER en
J. J. VAN SCHIE
- POST, C. J. VAN DER
- POUWER, A.
- POUWER, A.
- POUWER, A. en
J. C. VAN BLIJDERVEEN
- PIJLS, F. W. G.
- PIJLS, F. W. G.
- PIJLS, F. W. G.
- PIJLS, F. W. G.
- 1953 Staalgrond voor de komende kaskomkom-
mercultuur. *Groenten en Fruit* 9, 55-56.
- 1957 Platglaskomkommers onder staand glas.
Groenten en Fruit 12, 1228-1229.
- 1962 Het klaarmaken van bloembollenland.
Meded. Rtc. Hoorn 6.10.
- 1963 Groenbemesting. *Meded. Rtc. Hoorn* 7.5.
- 1963 Plantklaar maken van bollengrond. *Meded.
Rtc. Hoorn* 7.8.
- 1963 Planten en plantmethode op zavelgrond.
Meded. Rtc. Hoorn 7.10.
- 1963 Waterafvoer. *Meded. Rtc. Hoorn* 7.11.
- 1955 De bodemgesteldheid van de gemeente
Venray. Rapport no. 414 Stichting voor
Bodemkartering, Wageningen.
- 1952 De moderne boomgaard. Aanleg en be-
planting. N.F.O.-uitgave.
- 1959 Grondverbetering op lage zandgronden.
Versl. Landbouwk. Onderz. 65.2.
- 1959 A visual method of soil structure evalua-
tion. *Meded. Landbouwhogesch. en Op-
zoekingsstations van de Staat te Gent,
XXIV.1, 216-221.*
- 1960 Moisture retention by soils. Versl. *Meded.
Comm. Hydr. Onderz. T.N.O. 5, 122-139.*
- 1961 De betekenis van de structuur van de
grond. *Bodemkunde*, 90-102.
- 1963 Gevoeligheid voor verslemping van lichte
klei- en zavelgronden. *Landbouwvoorl.* 20,
637-645.
- 1959 Onderbemaling op zandgrond. Jaarverslag
1959 Proefstation voor de Groenten- en
Fruittelt onder Glas, 37-38.
- 1960 Drainage van gronden onder glas. Jaarver-
slag 1960 Proefstation voor de Groenten-
en Fruittelt onder Glas, 47-49.
- 1964 De watervoorziening bij gewassen onder
glas. *Tuinbouw-gids* 1964, 64-65.
- 1960 De stikstofbemesting in grasboomgaarden.
Meded. Div. Tuinb. 23, 376-383.
- 1961 Bodemverzorging in de fruittelt. De
Fruittewereld 6.14, 21-23, 6.18, 9-13 en 6.30,
5-7. Ook in *Groenten en Fruit* 16.37, 16.46
en 17.5.
- 1964 Bodem en bemesting. Verslag 1959/1963
van de Stichting Boom en Vrucht te
Kesteren, 23-64.
- 1948 Bodem en fruittelt in de Lijmers. Boor en
Spade I, 119-141.
- 1948 Grondonderzoek voor het aanleggen van
een nieuwe aanplant. Boor en Spade II,
166-172.
- 1948 Een gedetailleerde bodemkartering van de
gemeente Didam. Versl. Landbouwk.
Onderz. 54.1.
- 1951 Rapport over de bodemgesteldheid van een
gebied rond Zandweer, gem. Kantens,

- Groningen. Rapport Rtc. Bodemaangelegenheden, Wageningen.
- PIJLS, F. W. G. 1953 De grond in verband met de kunstmatige beregening. Boor en Spade VI, 171-179.
- RENTABILITEIT van de tuinbouw in het Geestmerambacht en het Grootslag. Voorlopige berekening 1962/'63. Landbouw-Economisch Instituut, verslag 38, 1963.
- RHEE, J. A. VAN en S. NATHANS 1961 Waarnemingen bij regenwormenpopulaties in boomgaarden. *Meded. Dir. Tuinb. 24*, 234-240.
- RHEE, J. A. VAN 1962 Wormenonderzoek. Jaarverslag I.T.B.O.N 1962, 20-23.
- RHEE, J. A. VAN 1963 Earthworm activities and the breakdown of organic matter in agricultural soils. Proc. Coll. soilfauna, microflora and their relationships, Oosterbeek, 55-59.
- ROO, H. C. DE 1953 De bodemgesteldheid van Noord-Kennemerland. Verslag Landbouwk. Onderzoek 59.3.
- ROO, H. C. DE 1961 Deep tillage and root growth. A study of tobacco growing in sandy loam soil. The Connecticut Agr. Exp. Sta., New Haven, Bull. 644.
- SCHARRINGA, M. 1958 De invloed van gras en zwart op het nachtvorstgevaar. *De Fruitteelt* 48, 5.
- SCHARRINGA, M. 1958 Nachtvorst, bodem en begroeiing. *Meded. Dir. Tuinb. 21*, 344-349.
- Schema voor profielbeschrijving Uitg. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- SCHUURMAN, J. J. and 1965 Methods for the examination of root systems and roots.
- M. A. J. GOEDEWAAGEN 1947 A study on soil structure. Dissertatie Wageningen.
- SCHUYLENBORGH, J. VAN
- SLITS, H. J. A. e.a. 1957 Grondbewerking en bodemverzorging. Ontwikkelingsdagen voor Tuinbouwtechniek. *Meded. Dir. Tuinb. 20*, 294-296.
- SMET, L. A. H. DE en 1959 De geschiktheid van de bodem van Noord-Groningen voor de tuinbouw. *Meded. Dir. Tuinb. 22*, 312-320.
- K. WAGENAAR
- STRIJBOSCH, TH. 1960 Bodemgeschiktheidsclassificatie voor de teelten onder glas. *Meded. Dir. Tuinb. 23*, 215-217.
- STRIJBOSCH, TH. 1960 Landclassificatie ten behoeve van de groenteteelt onder verwarmd glas. *Meded. Dir. Tuinb. 23*, 286-294.
- STRIJBOSCH, TH. 1960 Bodemgeschiktheidsclassificatie ten behoeve van groenteteelt onder verwarmd glas. *Meded. Dir. Tuinb. 23*, 506-514.
- VALK, G. G. M. VAN DER 1961 Waterstanden- en beregeningsproefveld. Jaarverslag 1961 Stichting Tuinbouwproefbedrijf Geestmerambacht te Oudkarspel, 14-26.
- VALK, G. G. M. VAN DER en 1962 Het grondwaterstanden-herontginningsproefveld. Jaarverslag 1962 Proefstation voor de Groenteteelt in de Volle Grond, Alkmaar, 27-32.
- G. A. SCHOONEVELD
- VISSER, A. DE 1958 Kunstmatige gronden in Nederland. Boor en spade IX, 135-141.

- VOLTZ, H. 1959 Untersuchungen über das Auftreten von mechanischen Bodenverdichtungen in Obstanlagen und ihre Auswirkungen auf das Wurzelwachstum von Apfelniederstämmen. Dissertation Bonn.
- VOS, N. M. DE, B. W. BRAAMS en H. R. TEN CATE 1960 Waterbeheersing in de tuinbouw. Teelt in de open grond.
- VOS, N. M. DE 1960 Vochthoudendheid van rivierkleigronden. Nota 98 I.C.W., Wageningen.
- VOÛTE, A. D. 1964 Uitzicht van het onderzoek naar het leven in de bodem. *Meded. Dir. Tuinb.* 27, 448-451.
- VRIES, S. DE 1955 Kanttekeningen bij de kaskomkommer-teelt. Kasgrond of staalgrond. *Groenten en Fruit* 10, 1273-1274.
- WIERSEMA, G. P. 1958 Verdichting in de grond. *Meded. Dir. Tuinb.* 21, 425-429.
- WIERSUM, L. K. 1957 The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. *Plant and Soil* IX, 75-85.
- WILLET, J. R. 1962 Drainage in de fruitteelt. *De Fruitteelt* 52, 1234-1237.
- WIND, G. P. en A. P. HIDDING 1963 Verbetering van plaatgronden. Rapport inzake de landbouwkundige verbetering van plaatgronden. Prov. Onderz. Centrum van de Landbouw in Zeeland. Ook: Verspreide overdrukken 8 I.C.W., Wageningen.
- WINDEN, W. P. VAN 1958 Hoeveel water hebben de komkommers nodig? *Groenten en Fruit* 13, 1395-1396.
- WINDEN, W. P. VAN en G. SNOEK 1961 Het telen van komkommers. Agra Serie.
- ZOETEMAN, H. 1961 Verhoging van het organische-stofgehalte op rivierkleigronden. *Betuws Tuinbouwblad* 18.24, 3.