

## de reactie van wortelgroei opname en spruitgroei van haver op dichtheid van zandgrond

J.J. SCHUURMAN, J.J.H. DE BOER en L. KNOT\*

### inleiding

Gedurende een aantal jaren is er aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid veel onderzoek gedaan naar de invloed van de dichtheid van de grond op de wortel- en spruitgroei, met vnl. haver als proefgewas. Verschillende publikaties zijn hierover verschenen (12, 13, 14, 15, 16, 18). Deze publikatie is bedoeld als samenvatting. Bij dit onderzoek wordt het begrip bodemdichtheid gebruikt. Het begrip dichtheid heeft o.m. te maken met het deel van de ruimte in de grond, dat ingenomen wordt door de vaste bestanddelen en door de poriën, m.a.w.: hoe meer vast materiaal per volume eenheid, hoe groter de dichtheid. Het gewicht van dit vaste materiaal binnen een ruimte eenheid zou dan een maat voor de dichtheid kunnen zijn. Dit is voor een karakterisering van de statische toestand van de grond misschien ook wel voldoende. Minder eenvoudig is de situatie echter als het begrip dichtheid wordt gebruikt in verband met de wortelgroei.

Wortels groeien alleen in poriën. Als deze kleiner zijn dan de doorsnee van de wortel en ze niet kunnen worden verwijderd, groeien de wortels er niet in (23). Zijn de gronddeeltjes echter voldoende bewegelijk, dan worden deze opzij geduwd. Dit is een normaal verschijnsel, zeker als het maagdelijke gronden betreft. Uiteraard is de situatie voor de volgende generatie planten anders, omdat deze gebruik kunnen maken van de gangen, die door de wortels van voorgaande planten, of eventueel door dieren, zijn gevormd.

Het opzij drukken van gronddeeltjes kost de plant energie, die door haar metabolisme moet worden geleverd. Deze arbeid — en dus het verbruik van materiaal — neemt toe naarmate de deeltjes vaster liggen. De bewegelijkheid van de gronddeeltjes wordt bepaald door de onderlinge wrijving plus de binding van de gronddeeltjes, tezamen de mechanische weerstand.

Bij een vergelijking van de invloed van verschillende dichtheden van *dezelfde grond* heeft men primair te maken met

een zekere hoeveelheid van *dezelfde* gronddeeltjes per volume-eenheid grond. Dit heeft verandering in wrijvingsweerstand tot gevolg, maar daarnaast veranderen ook de krommingen van de meniscussen en daarmee de binding tussen de deeltjes. Hier betekent toename van volume-gewicht dus steeds vermindering van poriënvolume en omgekeerd. Gelijktijdig treden veranderingen op in de verdeling van de poriën. Gronden van verschillende samenstelling, bijv. als gevolg van verschillen in humusgehalte, kunnen heel wel verschillende poriënvolumes hebben bij gelijke volume-gewichten en omgekeerd.

De conclusie kan dus zijn, dat men bij het bestuderen van de betekenis van de mechanische weerstand van de grond voor de groei van de wortels het best kan beginnen met een onderzoek naar de potentiële uitwijkmogelijkheid van de gronddeeltjes van één bepaalde grond. Deze uitwijkmogelijkheid kan in eerste benadering het eenvoudigst worden gekarakteriseerd door het volume-gewicht als index voor de dichtheid van de grond.

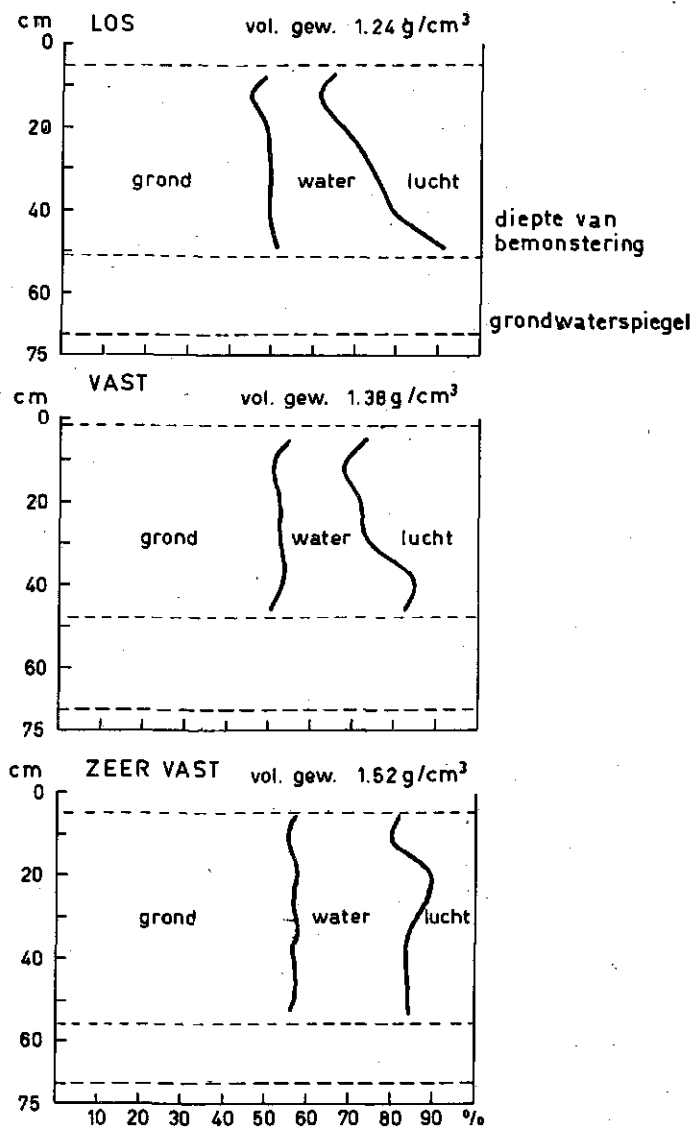
### methoden

Het dichtheidsonderzoek aan het IB heeft zich vooral toegepast op de vraag naar de principiële invloed van de mechanische weerstand van de grond op de wortelontwikkeling. Hiertoe leent zich het best de vergelijking van de invloed van verschillende dichtheden van *dezelfde* grond op de wortelontwikkeling en — in verband daarmee — de bovengrondse groei van het betreffende gewas. Als de ondergrond dichter is dan de bovengrond, is het mogelijk dat de wortelgroei uiteindelijk stopt, hetzij doordat de plant de benodigde kracht niet kan opbrengen, hetzij door gebrek aan water of lucht in de verdichte laag. Bij het onderzoek is getracht deze interactie zo goed mogelijk uit te schakelen.

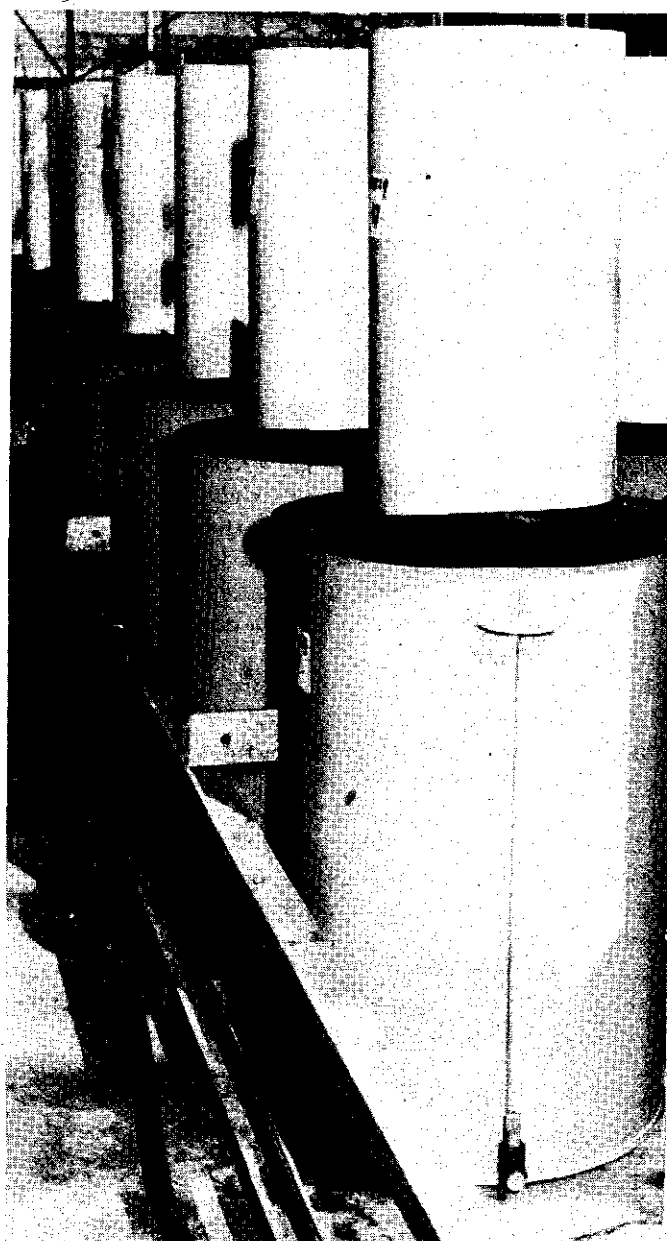
Een aanwijzing dat wortelgroei als gevolg van een abrupt verschil in mechanische weerstand in een bepaald vlak is gestopt, is bijv. dat de wortels massaal tot vrijwel *dezelfde* diepte — overeenkomend met de bovengrens van de verdichte laag — zijn doorgedrongen. Bij water- of zuurstofgebrek is het beeld vaak minder eenvormig, doordat één of enkele wortels op een gunstiger plek of, doordat ze het eerst op een plaats aankwamen, dieper zijn doorgedrongen. Ter voorkoming van overheersend zuurstofgebrek werd de grondwaterstand in de proeven zodanig gekozen, dat er volgens berekening in het bovenste deel van de verdichte ondergrond voldoende lucht en water aanwezig waren om wortelgroei — zij het misschien op beperkte schaal — mogelijk te maken (fig. 1).

Per proef werd hetzelfde humeuze zand gebruikt voor alle profielen, maar in de opeenvolgende proeven was de grond noodgedwongen van verschillende plaatsen afkomstig. Hierdoor waren de humusgehalten niet steeds gelijk. De grond werd bij kleine hoeveelheden tegelijk in eternit of plastic buizen gebracht, waarna telkens door aanstampen een van tevoren bepaald volume-gewicht en bijbehorend poriënvolume werd verkregen (19). De hoogte van de buizen was 75 of 85 cm, de inwendige doorsnee 15 resp. 20 cm. Ter beperking van verdamping werd de grond met plastic korrels bedekt. Voor een goede bemesting van de gehele grond werd zorg

\* dr. J.J. Schuurman, J.J.H. de Boer en L. Knot zijn verbonden aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB) te Haren (Gr.).



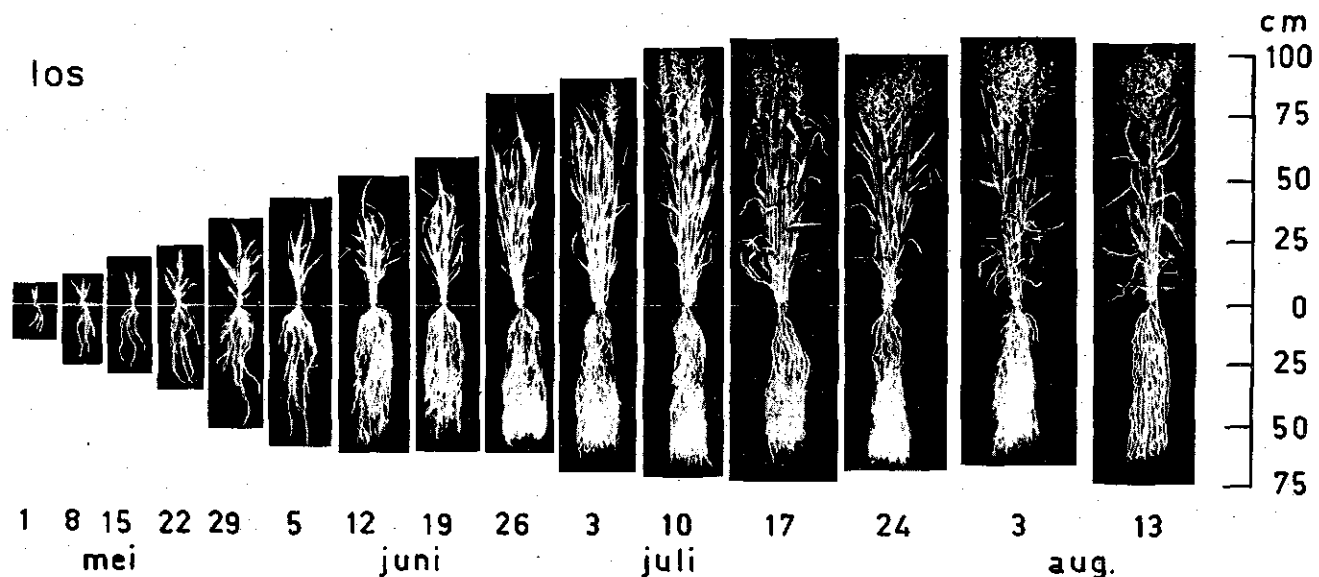
2. Proefopstelling



1. Grond-water-luchtverhoudingen bij verschillende dichtheden van de grond bij verzadiging met water

gedragen. Dit is overigens niet van essentieel belang, omdat waargenomen is dat wortels zeer goed in voedselarme grond kunnen doordringen, waarbij de habitus overigens verandert. Iedere buis, elk met één plant, stond afzonderlijk in een vat met een peilbuis, ter controle van grondwaterstand en waterverbruik (fig. 2). Afhankelijk van het doel van de proef werden alle planten op één tijdstip geoogst of periodiek met tussenpozen van een week. Om de grond vlot weg te kunnen spoelen, werden de buizen meestal in de lengterichting doorgezaagd, waarna één helft werd verwijderd. Aldus konden tevens aan het dan vrijliggende profiel nauwkeurige waarnemingen worden gedaan, bijv. over de diepte van de beworteling.

De volgende vijf profielen waren steeds in alle proeven aanwezig: *geheel los, los op vast, los op zeer vast, geheel vast en*



3. Demonstratie van de gelijkvormigheid van de gewasgroei in een buizenproef

*vast op zeer vast.* De scheiding tussen lagen van verschillende dichtheid lag vrijwel steeds 25 cm beneden maaiveld.

Van de bemonsterde planten werd een aantal vaste gegevens verzameld, zodat er bij iedere volgende bemonstering steeds andere planten moesten worden genomen.

Fig. 3 geeft een beeld van de reeks planten van één profiel, waaruit blijkt dat de groeireeks regelmatig was. Van de planten werden bepaald: het *wortelgewicht*, *aantal kroonwortels* en *maximale worteldiepte* per plant, *opname van water*, *stikstof*, *fosfor*, *kaliüm* en *calcium*, het *spruitgewicht* en de *lengte* en soms ook het aantal *uitstoeelingen* en *bladeren*. In één enkel geval werd het *vochtgehalte* van de opeenvolgende lagen van de profielen bepaald, om na te gaan uit welke lagen water werd opgenomen. Ten slotte werd aandacht besteed aan de *habitus* van de individuele *kiem-* en *kroonwortels*.

#### resultaten

*Het verband tussen dichtheid en wortelgroei.* In eerste instantie was het de opzet de invloed van de dichtheid van boven- en ondergrond op de wortelontwikkeling na te gaan. Uitgangspunt was een situatie waarbij verwacht mocht worden, dat zuurstofgebrek geen belangrijke rol zou spelen. Uit tabel 1 blijkt dat het luchtgehalte in het bovenste deel van de verdichte ondergrond op het moment van sterke groei nog 10% of meer bedroeg.

Uit de literatuur zijn aanwijzingen verkregen, dat zuurstofgebrek in onze proeven geen belangrijke rol heeft gespeeld (2, 7, 20).

Ten aanzien van de wortelgroei bleken zowel het *wortelgewicht* als het *aantal kroonwortels* als de *worteldiepte* per plant af te nemen als reactie op een grotere dichtheid van de

grond. In het algemeen heeft dus elke verdichting — ook een geringe — invloed op de wortelontwikkeling (fig. 4) (22). Waarschijnlijk is wortelgroei in zandgrond niet meer mogelijk bij een poriëvolume lager dan 38 à 40% (6).

Overgangen in de grond zijn door de wortels moeilijk te passeren en de moeilijkheden zijn groter, naarmate het verschil in dichtheid tussen de lagen groter is. Mogelijk houdt dit verband met het beperkte vermogen tot aanpassing van de osmotische waarde in de wortelcellen. Geleidelijke overgangen in de grond zijn duidelijk beter voor de wortelgroei.

In enkele proeven bleken de wortels van een losse bovengrond zelfs in het geheel niet in een zeer vaste ondergrond door te dringen, doch wel — zij het in beperkte mate — vanuit een vaste bovengrond (fig. 5). Dat het aanpassingsvermogen inderdaad een rol kan spelen, wordt eveneens waarschijnlijk door de waarneming in dezelfde proef, dat wortels wel in een zeer vaste bovengrond doordrongen (fig. 6.). Ook in andere gevallen, bijv. bij gebrek aan steun in een zeer losse bovengrond, kunnen wortels soms niet groeien in een vastere ondergrond. Men ziet dit ook bij wortels in grotere gangen in de grond.

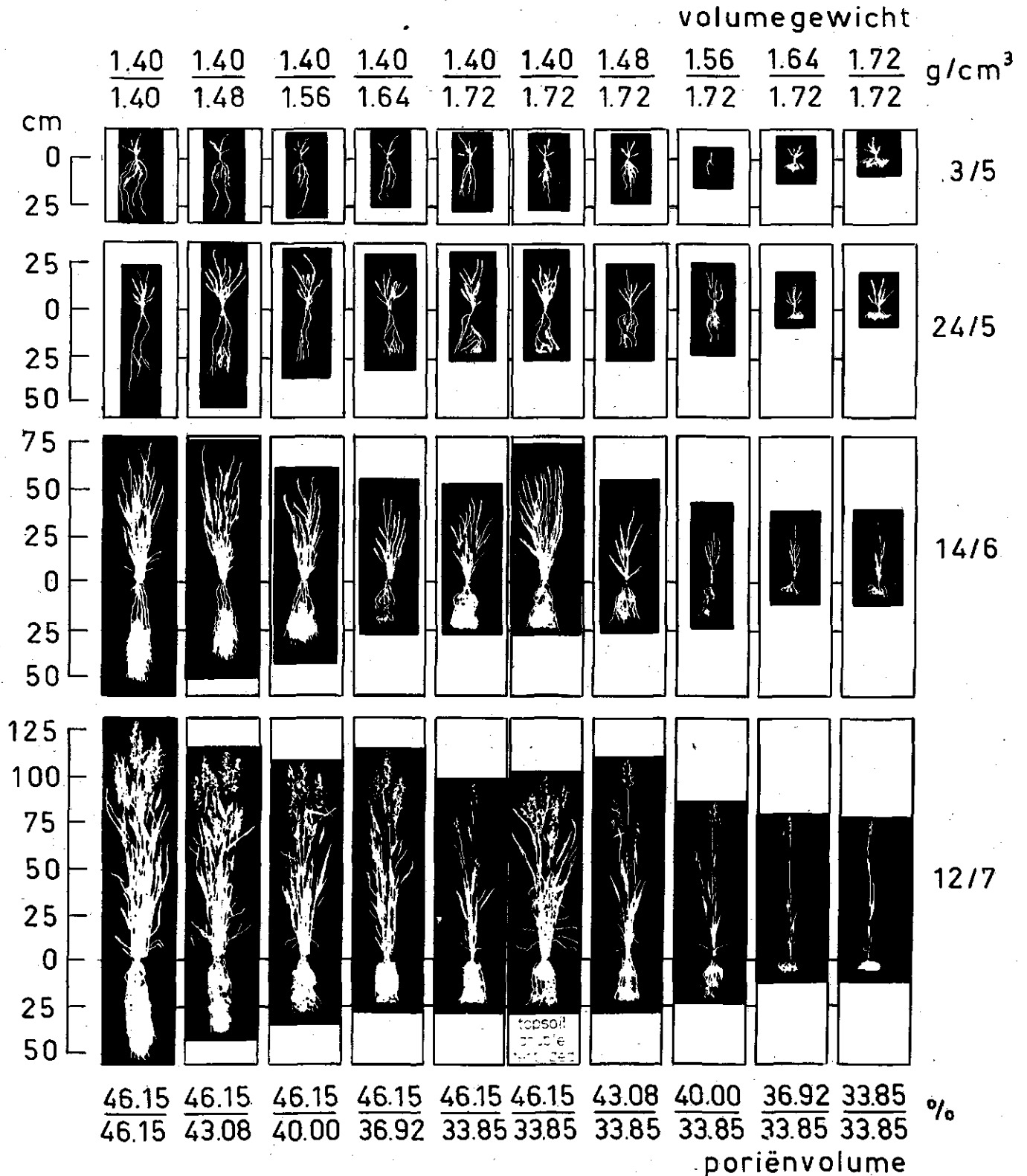
Wordt de lengtegroei van de wortels zwaar afgeremd op de bovenkant van een zeer vaste ondergrond, dan treden vaak verdikkingen op (fig. 7) (5, 8). Volgens Goedewaagen, (niet gepubliceerd) zijn deze het gevolg van een vergroting van het lumen van de schorscellen en slechts in geringe mate van toename van het aantal cellen (fig. 8). Volgens Camp en Lund (3) verloopt de celgroei dan niet meer in de lengterichting, maar alleen nog radiaal. In tegenstelling met Goedewaagen vonden zij ook een toename van de doorsnee van de centrale cilinder. Dergelijke verdikkingen zijn overigens ook gevonden bij scherpe overgangen in humusgehalte, pH e.a., zodat ze waarschijnlijk een algemeen verschijnsel zijn bij geremde lengtegroei, waarbij wellicht de auxinehuishouding in de wortel van betekenis is.

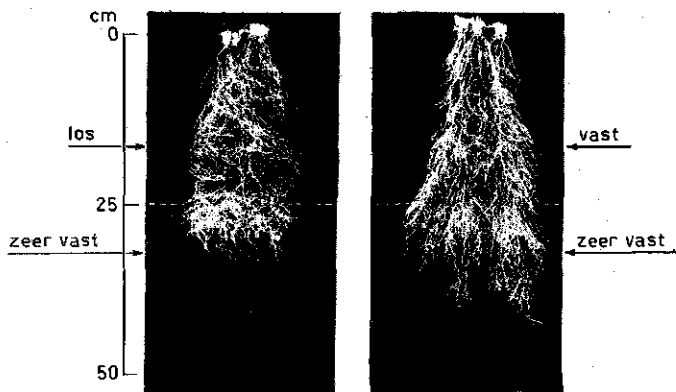
Het wortelstelsel van haver, gegroeid onder gunstige bodemomstandigheden, bestaat volgens ons eigen onderzoek uit een aantal primaire wortels, die over het geheel genomen opvallend korter zijn naarmate ze later zijn gevormd (17). Dit

patroon van lange en kortere wortels blijft in principe ook bestaan bij grotere dichtheid van de grond. Onder invloed van de dichtheid wordt de lengtegroei van de eerstgevormde wortels het meest geremd, waardoor de onderlinge lengte-

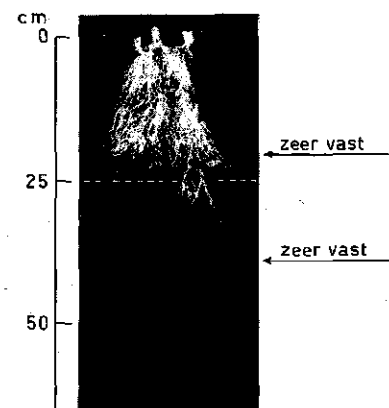
verschillen dus kleiner zijn dan bij een geheel los profiel. Het is te verwachten, dat ook de zijwortelvorming reageert op de dichtheid van de grond, doordat de aantallen zijwortels 1e orde per lengte-eenheid hoofdas en de lengte ervan worden beïnvloed. Hetzelfde geldt voor zijwortels 2e orde. Zulk onderzoek is slechts steekproefgewijze uit te voeren. Tellingen en metingen geven, behalve een geringer drooggewicht bij latere vorming, tot dusver geen vaste lijn te zien.

4. Reactie van haver op verschillende dichtheden van boven- en ondergrond





5. Invloed van verschil in dichtheid op het doordringen van wortels. Links: wortels in een losse bovengrond dringen niet in een zeer vaste ondergrond (vol. gew. 1,24/1,52). Rechts: wortels in een vaste bovengrond doen dit wel (vol. gew. 1,38/1,52)



6. Wortelgroei in een zeer vaste bovengrond (vol. gew. 1,52)



los op zeer vast

7. Verdikking van wortels bij de overgang van losse naar zeer vaste grond

**Verband tussen wortelgroei en opname van water.** Een recent overzicht wordt gegeven door Taylor e.a. (21). Tabel 1 bevat gegevens over de maximale hoeveelheden wortels en de totale wateropname tot het eind van onze proef. Het is bekend, dat slechts een deel van de wortels deelneemt aan de opname. Ofschoon dit deel onbekend is, is waarschijnlijk de hoeveelheid opnemende wortels min of meer proportioneel aan de wortelgewichten. Onder iedere combinatie van omstandigheden immers bestaat in principe een vaste verhouding tussen de gewichten van wortels en spruiten. (vgl. laatste paragraaf). Uit tabel 2 blijkt, dat de opgenomen hoeveelheid water per mg wortels tot het eind van de proef, bij toenemende dichtheid van de ondergrond verminderde. De invloed van de dichtheid van de bovengrond was niet duidelijk, maar in ieder geval veel geringer. Dit houdt mogelijk verband met uitdroging. Fig. 9 toont, dat de opname van water in eerste instantie bij alle profielen plaatsvond in de bovengrond en zich later naar diepere grondlagen tot ca 40 cm verplaatste. De wortels in de diepere lagen waren voor de wateropname dus zeer belangrijk. In het aan de bovengrond grenzende deel van de zeer vaste ondergrond werden geringe verschillen in vochtgehalte gedurende de levensperiode van de planten waargenomen, kennelijk als gevolg van wateropname door de wortels, in de bovenliggende lagen (fig. 4 en 9).

Afgezien van het verband met de maximale wortelgewichten, heeft ook de worteldiepte bij de wateropname een duidelijke rol gespeeld (vgl. tabel 1).

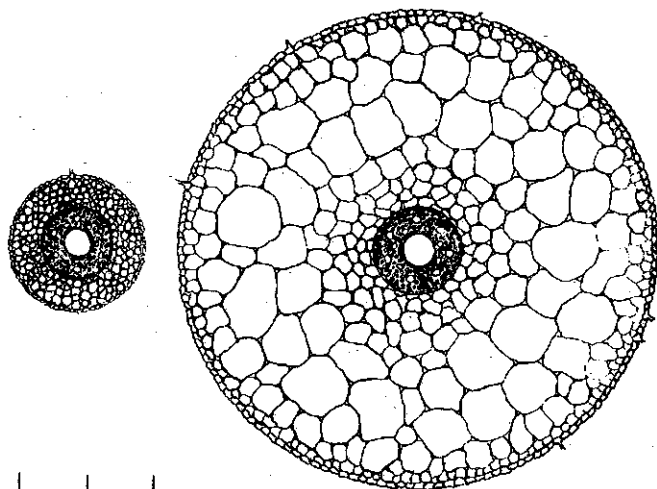
Uit periodiek verzamelde gegevens laat zich ook het verband tussen wateropname en wortelgewicht van week tot week afleiden. Uit fig. 10 blijkt dat de wateropname per gram

tabel 1. Verzamelde gegevens.

	l/l	l/v	l/zv	v/v	v/zv
max. wortelgewicht, mg	4200 (100)	3450 (82)	2100 (50)	2420 (60)	1900 (45)
aantal kroonwortels langer dan 5 cm	24 (100)	16 (67)	15 (62)	15 (62)	14 (58)
max. worteldiepte	71 (100)	53 (75)	30 (42)	50 (70)	27 (38)
max. opname water, g	13400 (100)	10200 (76)	3800 (28)	8200 (61)	3000 (22)
max. opname N, mg	1400 (100)	1230 (88)	700 (50)	1080 (77)	585 (42)
max. opname P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg	555 (100)	405 (73)	145 (26)	400 (72)	105 (19)
max. opname K <sub>2</sub> O, mg	2280 (100)	1970 (86)	980 (43)	1690 (74)	870 (38)
max. opname CaO, mg	465 (100)	435 (93)	365 (78)	335 (72)	265 (57)
max. spruitgewicht, g	65 (100)	60 (92)	29 (45)	55 (85)	25 (38)
max. spruit-wortelverh.	15,5	17,4	13,8	22,7	13,2

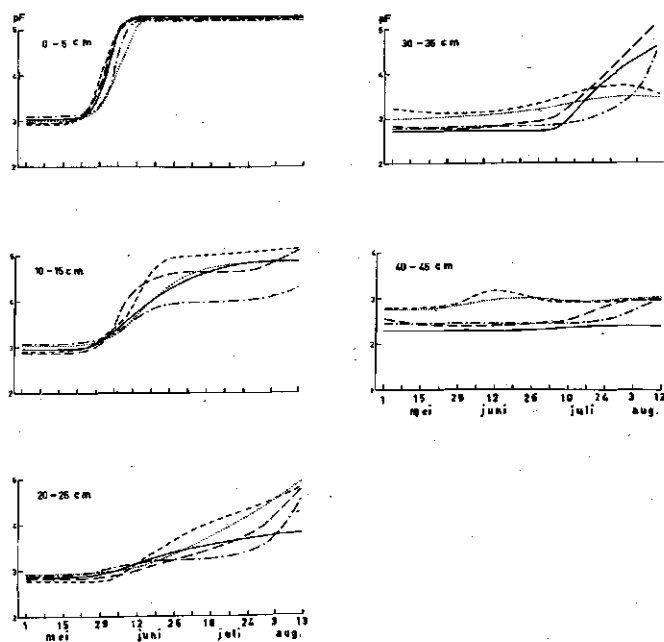
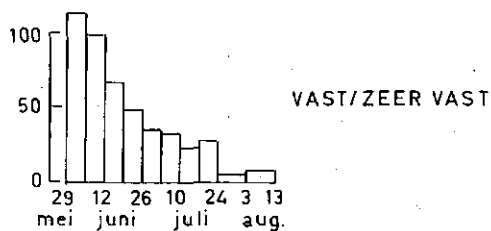
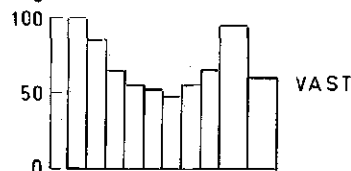
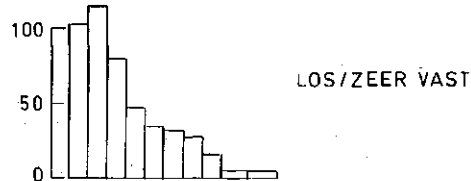
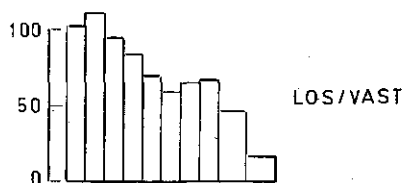
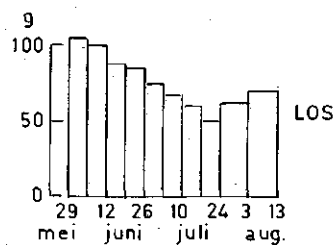
**tabel 2.** Verhoudingen tussen totale opname tot het eind van de proef en maximale wortelgewichten.

	l/l	l/v	l/zv	v/v	v/zv
water per mg wortels	3,2	2,9	1,8	3,4	1,6
mg N per mg wortels	0,33	0,36	0,33	0,45	0,31
mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per mg wortels	0,13	0,12	0,07	0,17	0,06
mg K <sub>2</sub> O per mg wortels	0,54	0,57	0,47	0,70	0,46
mg CaO per mg wortels	0,11	0,13	0,17	0,14	0,14



0 200 400 μm

8. Dwarsdoorsneden door een normale wortel (links) en een verdikte wortel (rechts)



9. pF-waarden van grondlagen

10. Gemiddelde opname van water per dag per gram wortels in wekelijkse perioden

Legenda:  
 — los  
 - - los op vast  
 - - - los op zeer vast  
 . . . . . vast  
 . . . . . vast op zeer vast

wortels in de beginperiode het hoogst was en daarna min of meer regelmatig afnam tot het eind van de proef. Dit kwam het sterkst tot uiting bij de profielen met een zeer vaste ondergrond. Toeneming van de hoeveelheid wortels tot ongeveer 10 juli en uitdroging van de grond (fig. 9) zijn hierop van invloed geweest.

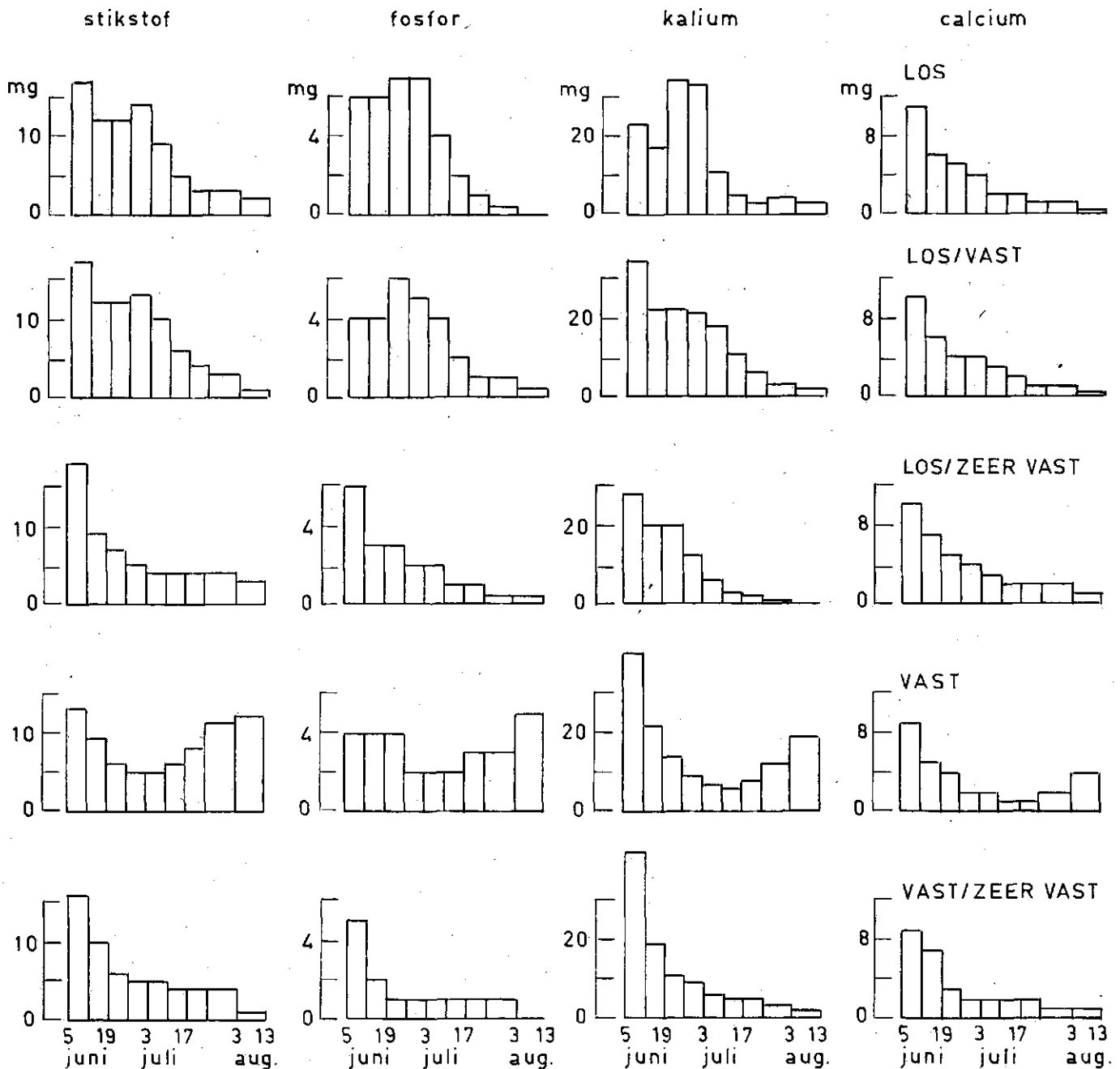
*Wortelgroei en opname van mineralen.* Overzichten worden gegeven door Parish (11) en Danielson (4). Met de beperkingen in wortelgroei ging eveneens een vermindering van de absorptie van mineralen gepaard (tabel 1). De grootste hoeveelheid mineralen — in ons onderzoek stikstof, fosfor, kalium en calcium — werd zonder uitzondering opgenomen door de planten met de grootste wortelontwikkeling, d.w.z. de planten van het geheel losse profiel. De minder betrouw-

bare gegevens van vast/vast buiten beschouwing latend, blijkt uit tabel 2, dat de opname van stikstof per mg wortels, gerekend over de gehele vegetatieperiode van de planten, onder invloed van de profielen vrij weinig varieerde; voor fosfor was de opname duidelijk het minst efficiënt bij de profielen met zeer vaste ondergrond. Ook de opname van kalium vertoonde deze trend, echter met kleinere verschillen, terwijl de effectiviteit van het wortelstelsel voor de opname van calcium weer nauwelijks afhankelijk was van de profielen en misschien zelfs bij de profielen met zeer vaste ondergrond het grootst was. Dit laatste lijkt niet in overeenstemming met de opvatting, dat 'mass flow' en 'wortelinterceptie' een belangrijke rol spelen bij de opname van calcium (1, 9, 10). De gemiddelde opname van mineralen per gram wortels in

opeenvolgende weken tijdens de vegetatieperiode van de planten liep terug naarmate de planten ouder werden. Het is waarschijnlijk, dat dit geldt voor alle mineralen die hier zijn onderzocht. (fig. 11).

*De verhouding tussen opname van water en mineralen.* Blijkens het voorgaande kunnen er ook conclusies worden getrokken over de verhouding van de opgenomen hoeveelheden water en mineralen. Tabel 3 laat zien hoeveel mg stikstof,

11. Gemiddelde opname van mineralen per dag per gram wortels in wekelijkse perioden



fosfor, kalium en calcium aan het eind van een proef gemiddeld per 100 g water waren opgenomen bij de verschillende profielen. Stikstof en kalium vormen hierbij onafhankelijk van de profielen samen een groep en fosfor met kalk een andere. Het verschil tussen beide is, dat in de eerste groep de hoeveelheid mineraal opgenomen per 100 g water veel groter was dan in de tweede. Omdat dit bij alle profielen optreedt, kan men dit zien als een algemeen verschijnsel dat waarschijnlijk verband houdt met het toevoermecanisme in de grond. Bij stikstof en kalium namen de hoeveelheden mineraal per 100 g water toe als reactie op toenemende dichtheid, zowel van de ondergrond als van de bovengrond. Bij fosfor was de reactie bij toenemende dichtheid van de bovengrond onduidelijk. De opname per 100 g water verminderde wel bij toenemende dichtheid van de ondergrond. Bij calcium lagen de verhoudingen nog weer anders, omdat de opname per 100 g water wel toenam bij toenemende dichtheid van de ondergrond, maar de invloed van de dichtheid van de bovengrond onduidelijk was.

Met de hiervoor geschetste verschillen in de verhouding tussen de totale opgenomen hoeveelheid mineraal en de totale opgenomen hoeveelheid water van de gebruikte profielen gaan ook karakteristieke verschillen in het verloop van deze verhoudingen tijdens het leven van de planten gepaard (fig. 12). Uit ons onderzoek is vast komen te staan, dat de opnameverhouding tijdens het leven van de planten, nooit een constante grootte was, maar — zeker bij de gunstigste twee profielen — de neiging had te verlopen via een optimumkromme. Dit betekent, dat de opname van de mineralen t.o.v. het water tot een bepaald tijdstip toenam en daarna verminderde. Bij de andere profielen speelde de dichtheid kennelijk een te grote rol om een optimumkromme tot zijn recht te doen komen. Het keerpunt viel waarschijnlijk samen met het bereiken van het maximale wortelgewicht.

De terugval in de tweede helft van de groeiperiode zou in verband kunnen worden gebracht met vermindering van beschikbare mineralen in de grond. In tabel 4 zijn telkens naast

tabel 3. Verhoudingen tussen totale hoeveelheden opgenomen mineralen en water (mg mineralen per 100 gram water).

	I/I	I/v	I/zv	v/v	v/zv
N	10,4	12,0	18,5	13,2	19,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,2	4,0	3,8	4,9	3,4
K <sub>2</sub> O	17,0	19,2	25,6	20,8	29,4
CaO	3,4	4,3	9,6	4,2	8,8

tabel 4. Opname door de planten tot 3 juli.

	stikstof		fosfaat		kalium	
	aanw.	opgen.	aanw.	opgen.	aanw.	opgen.
I	3,1	0,8	1,00	0,35	2,6	1,5
I/v	2,5	0,6	0,80	0,23	2,1	1,1
I/zv	1,25	0,4	0,40	0,10	1,0	0,8
v	2,5	0,4	0,80	0,14	2,0	0,8
v/zv	1,4	0,3	0,45	0,10	1,1	0,6

tabel 5. Reactie van de wortelgewichten in mg op de overgang van losse bovengrond naar dichte ondergrond.

	profiel- lagen (cm)	profiel met losse grond van		profiel- lagen (cm)	profiel met losse grond van		profiel- lagen (cm)	profiel met losse grond van	
		0-23 cm	0-98 cm		0-43 cm	0-98 cm		0-63 cm	0-98 cm
totalen van 5 bemon- sterings- data	15-20 25-30	2156 1009	594 469	35-40 45-50	1235 356	682 690	55-60 65-70	863 104	600 545
relatief	15-20 25-30	100 48	100 79	35-40 45-50	100 29	100 101	55-60 65-70	100 12	100 91

tabel 6. Reactie van aantallen wortels op de overgang van losse bovengrond naar dichte ondergrond.

	profiel- lagen (cm)	profiel met losse grond van		profiel- lagen (cm)	profiel met losse grond van		profiel- lagen (cm)	profiel met losse grond van	
		0-23 cm	0-98 cm		0-43 cm	0-98 cm		0-63 cm	0-98 cm
totalen van 19 juni en 3 juli	15-20 25-30	445 306	452 307	35-40 45-50	324 262	263 236	55-60 65-70	287 209	221 188
relatief	15-20 25-30	100 69	100 68	35-40 45-50	100 81	100 90	55-60 65-70	100 73	100 85

de hoeveelheden mineraal, die met de bemesting in de grond zijn gebracht en waarbij rekening is gehouden met het volume dat door de maximale wortelontwikkeling in beslag werd genomen, de door de planten opgenomen hoeveelheden weergegeven tot de eerste bemonsteringsdatum na de week waarin de grootste opname plaatsvond. De cijfers maken echter duidelijk, dat tot dat moment slechts een deel der bij het begin van de proef als meststof gegeven hoeveelheden opgenomen was, zodat de terugval niet het gevolg is geweest van verminderde beschikbaarheid.

*Diepte van de verdichte laag.* In vrijwel alle proeven lag de bovenkant van de verdichte laag op een diepte van 25 cm. Daardoor werd geen beeld gekregen van de invloed van de diepte van de verdichte laag op de wortelgroei. In een speciaal hiervoor genomen proef, waarin de bovenkant van de verdichte laag op een diepte lag van resp. 23, 43 en 63 cm beneden maaiveld, werd de wortelgroei vergeleken met die in een homogeen los profiel. De wortelgewichten bleken toen in sterkere mate te verminderen bij overgang van losse naar vaste grond dan in de overeenkomstige lagen van het homogene profiel (tabel 5). Dit was onafhankelijk van de diepteligging van de verdichte ondergrond. De aantallen wortels verminderden ook, maar in geringere mate (tabel 6). De daling in wortelgewicht blijkt dus voor een deel door verminderde aantallen primaire wortels te zijn veroorzaakt, maar

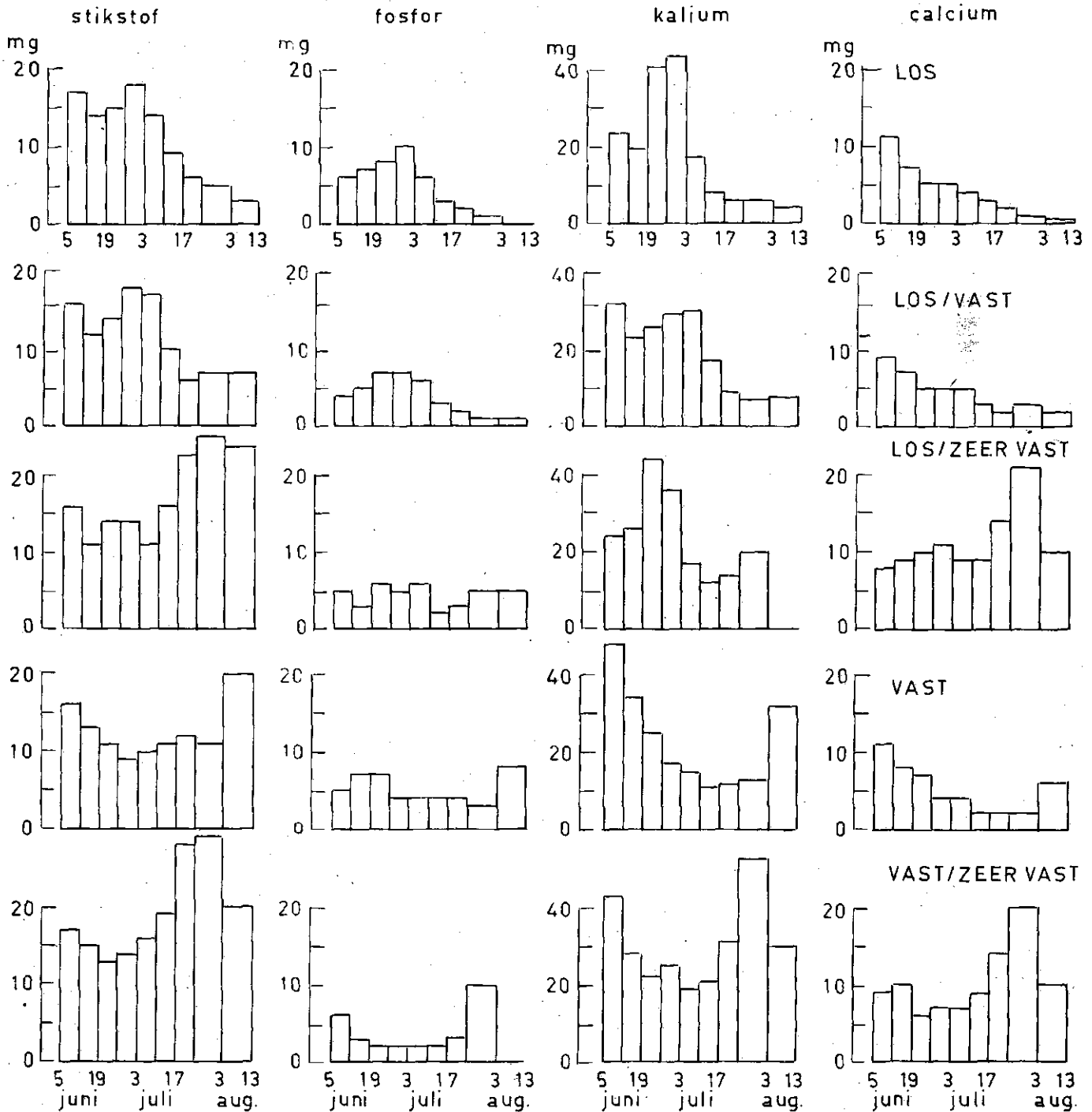


voor het grootste deel door vermindering van de zijwortel-  
vorming. Of dit een kwestie was van geringere aantallen of  
kortere zijwortels of beide, kon nog niet worden bepaald.

**Wortelgroei en spruitgroei.** Ook de spruitgewichten vermin-  
derden onder invloed van de dichtheid van boven- en onder-  
grond in dezelfde volgorde als de wortelgewichten, de aantal-  
len kroonwortels en de worteldiepte. Ook dit is te zien in  
tabel 1. Daling van opbrengsten bij toenemende dichtheid  
werd door veruit de meeste auteurs gevonden (5). Waar dit  
niet het geval was, is dit waarschijnlijk te wijten aan bijkom-  
stige omstandigheden. Gezien de met de ontwikkeling van  
het wortelstelsel samengaannde verschillen, kan eigenlijk ook

niet anders worden verwacht. De relatieve verschillen tussen  
de eindgewichten van de spruiten sloten zich voor wat betreft  
de profielen met zeer vaste ondergrond het nauwst aan bij de  
relatieve verschillen tussen de opname van kalium en bij de  
profielen met vaste ondergrond bij die tussen de opname van  
stikstof.

12. Relatie tussen de hoeveelheid dagelijks opgenomen water en  
mineralen (mg mineralen per 100 g water) tussen twee bemonsterings-  
data



Uit de proevenreeks is gebleken, dat de spruit-wortelverhouding een grootheid is, die toeneemt naarmate de planten ouder worden (17). Verder werd ook als *algemene* regel gevonden dat de spruit-wortelverhouding lager was, naarmate de omstandigheden voor de wortelgroei in de grond minder gunstig waren. Dit blijkt ongelukkigerwijs niet goed uit tabel 1, maar wel uit andere proeven.

### samenvatting

Gedurende een aantal jaren is er aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid veel onderzoek gedaan naar de invloed van de dichtheid van zandgrond op de wortel- en spruitgroei van haver. Hierover zijn verschillende publikaties verschenen. Bij dit onderzoek werd gebruik gemaakt van kunstmatige profielen van humeuze zandgrond, die werden opgebouwd in cilinders. Vijf verschillende profielen werden in alle proeven gebruikt, t.w. los/los, los/vast, los/zeer vast, vast/vast en vast/zeer vast. De overgangen in dichtheid lagen meestal op een diepte van 25 cm. De verzamelde gegevens hadden betrekking op de groei van wortels en spruiten, de opname van water, stikstof, fosfor, kalium en calcium door de planten en het watergehalte van de grondlagen, waaruit vocht werd opgenomen. Hierbij werd zowel aandacht besteed aan het verloop van de diverse processen tijdens de groei als aan de eindtoestand. De relatie tussen de dichtheid van de grond en het proces van de wortelvorming, en vervolgens die tussen de processen van wortelgroei enerzijds en wateropname, opname van mineralen alsmede spruitgroei anderzijds, werd bij de verschillende profielen bestudeerd. Ook de relatie tussen de processen van de wateropname en absorptie van mineralen werd nagegaan.

De diepteligging van de verdichte laag bleek een duidelijke invloed te hebben op het doordringen van wortels in de ondergrond. Hoe dieper de overgang van de losse bovengrond naar de dichte ondergrond lag, des te groter was de afname van de wortelgewichten bij deze overgang.

### literatuur

1. Al-Abbas, H. & Barber, S.A. *Soil Sci.* 97 (1964) 103-107.
2. Aubertin, G.M. & Kardos, L.T. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29 (1965) 363-365.
3. Camp, C.R. & Lund, Z.F. *Crops Soils* 17 (1964) 13-14.
4. Danielson, R.E. In: D. Hillel (Ed.), *Optimizing the soil physical environment toward greater crop yield*. Academic Press, New York, pp. 193-221, 1972.
5. Eavis, B.W. & Payne, D. In: W.J. Whittington (Ed.), *Root growth*. Butterworths, London, pp. 315-336, 1969.
6. Hidding, A.P. & Berg, C. van den: *Trans. Int. Congr. Soil Sci.* 7 (1960) 1: 369-373.
7. Hopkins, H.T., Specht, A.W. & Hendricks, S.B. *Plant Physiol.* 25 (1950) 193-209.
8. Jonker, J.J. In: *De plantenwortel in de landbouw*. Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, 's-Gravenhage, pp. 139-146, 1955.
9. Mengel, K., Grimme, H. & Nemeth, K. *Sonderh. Z. Landwirtsch. Forsch.* 23/1 (1969) 79-91.
10. Oliver, S. & Barber, S.A. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30 (1966)
11. Parish, D.H. In: *Compaction of agricultural soils*. Am. Soc. Agr. Eng., St. Joseph, Mich, pp. 277-291, 1971.
12. Schuurman, J.J. *Plant Soil* 22 (1965) 352-374.
13. Schuurman, J.J. In: *Problems of soil cultivation - Proc. Int. Sci. Symp.*, 1966, Brno, pp. 103-120, 1968.
14. Schuurman, J.J. *Z. Acker- Pflanzenbau* 134 (1971) 185-199.
15. Schuurman, J.J. *Z. Acker- Pflanzenbau* 133 (1971) 315-320.
16. Schuurman, J.J. *Proc. Symp. Struct. Function Primary Root Tissues*, 1971, Tatranska Lomnita, 1974
17. Schuurman, J.J. & Boer, J.J.H. de *Neth. J. Agric. Sci.* 18 (1970) 168-181.
18. Schuurman, J.J. & Boer, J.J.H. de *Versl. Landbouwk. Onderz.* 751 (1971) 26 pp.
19. Schuurman, J.J. & Goedewaagen, M.A.J. *Methods for the examination of root systems and roots*, 2nd ed. Pudoc, Wageningen, 86 pp., 1971.
20. Tackett, J.L. & Pearson, R.W. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28 (1964) 600-605.
21. Taylor, H.M., Huck, M.G. & Klepper, B. In: D. Hillel (Ed.), *Optimizing the soil physical environment toward greater crop yield*. Academic Press, New York, pp. 57-77, 1972.
22. Taylor, H.M. & Ratliff, L.F. *Soil Sci.* 108 (1969) 113-119.
23. Wiersum, L.K. *Plant Soil* 9 (1957) 75-85.

## AGRARIA

### Natuurwetenschappelijk Gezelschap Wageningen

Voor het seizoen 1974/75 is het programma van het Natuurwetenschappelijk Gezelschap Wageningen als volgt samengesteld:

- |  |   |
|--|---|
| <p>8 oktober 1974 — Prof. Dr. T.J. Schaafsma (Wageningen):<br/>Wat zijn lasers en wat kun je ermee?</p> <p>12 november 1974 — Prof. Dr. Chr. Raven (Utrecht):<br/>'35 jaar onderzoek over de ontwikkeling van een zoetwaterslak.</p> <p>10 december 1974 — Prof. Dr. H. Freudenthal (Utrecht):<br/>'Waarvoor wiskunde op de basis-school?'</p> <p>14 januari 1975 — Drs. R.S. de Poole (Leiden):<br/>'Enkele waarnemingen met de Synthese Radio Telescoop te Westerbork.</p> | <p>11 februari 1975 — Dr. H.M. Vriesendorp (Rijswijk):<br/>'Nieuwe biologische aspecten van donorselectie bij orgaantransplantaties.</p> <p>11 maart 1975 — Dr. P.D. Erdbrink (Baarn):<br/>'Paleontologisch/ stratigrafisch onderzoek in Perzisch Azerbeidsjan.</p> <p>De voordrachten worden gehouden in de grote collegezaal van het Botanisch Laboratorium, Arboretumlaan 4, Wageningen. Nadere inlichtingen bij de secretaresse, ir. A.C. Heringa — Westerhof, Oude Zoomweg 14 te Wageningen. Tel. 08370-14932.</p> |
|--|---|