

Stichting voor Bodemkartering
Staringgebouw
Wageningen
tel. 08370 - 19100

STICHTING
Voor Bodemkartering

Rapport nr. 1178

WORTELONDERZOEK BIJ JAPANSE LARIKS

door: H. Posthuma,
student aan de Hogere Bosbouw
en Cultuurtechnische School te
Arnhem. Verslag van onderzoek
verricht tijdens een stageperi-
ode van 11 maart tot 10 mei 1974
bij de Stichting voor Bodemkar-
tering.
Mentor: Ir. K.R. van Lynden

Wageningen, juli 1974



N.B. Niets uit dit rapport mag zonder toestemming van de
Stichting voor Bodemkartering worden vermenigvuldigd
of in andere publikaties worden overgenomen.

JEN 19 8129 101

INHOUD

	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	2
2. METHODE EN UITVOERING	3
2.1. Keuze van proefplekken	3
2.1.1. Chemische rijkdom	3
2.1.2. Grondwaterstandsverloop	4
2.1.3. Doorwortelbaarheid in verband met de bewerkingsdiepte	4
2.1.4. De proefplekken	4
2.2. Indringingsweerstand	5
2.3. De bodemsubgroepen	5
2.4. Het waarnemen van de beworteling van Japanse lariks	6
2.5. Methode van opname	6
3. RESULTATEN	8
3.1. Verwerking van de gegevens	8
3.2. Verband tussen aantal wortels en groeiklasse	9
3.3. Verband tussen bewortelingsintensiteit en groeiklasse	10
3.4. Verband tussen bewerkingsdiepte en bewortelingsdiepte	10
4. BIJZONDERE WAARNEMINGEN	11
5. SAMENVATTING	12
6. LITERATUUR	13
 Bijlage	 15

1. INLEIDING

Bij aanleg van een bos is het doel altijd het verkrijgen van een aantal goede en gezonde bomen. Om dit te bereiken is kennis nodig omtrent de eisen die de boom aan zijn groeiplaats stelt en over de ontwikkelingen die in een "boomleven", de omloop, plaatsvinden.

In Nederland is al veel onderzoek gedaan naar de relatie tussen de groei van enkele houtsoorten en de bodem. Het organisme waarmee de boom contact heeft met de bodem, het wortelstelsel, is zelden bij een dergelijk onderzoek betrokken althans niet waar het oudere bomen betreft.

Dit onderzoek heeft tot doel meer gegevens te verzamelen over de morfologie van het wortelstelsel van Japanse lariks op humuspodzolgronden in dekzand. Aan de hand van beschrijvingen van verscheidene wortelstelsels is getracht verband te leggen tussen het wortelstelsel enerzijds en de groei van de boom, het grondwaterstandsverloop en de diepte van grondbewerking anderzijds.

Het ontbreken van kennis over beworteling van oudere bomen in het algemeen wordt in het bodemkundig onderzoek ten behoeve van de bosbouw als een gemis gevoeld. Zeker nu in het bodemgeschiktheidsonderzoek vochtleverantieberekeningen van belang zijn.

Dank is verschuldigd aan de heren H. Betten en W. Ponsen, werkzaam bij het Staatsbosbeheer. Zij waren behulpzaam bij het verstrekken van gegevens.

Ook de heren K.R. van Lynden, A.W. Waenink en G.A. van Soesbergen, allen werkzaam bij de Stichting voor Bodemkartering, dank ik voor hun waardevolle opmerkingen.

2. METHODE EN UITVOERING

Om een indruk van de beworteling te verkrijgen zijn de wortels geteld in een verticaal tangentiaal vlak op 40 cm afstand van het hart van de boom. Uit deze telling krijgt men twee gegevens nl. het totaal aantal wortels en de verdeling van de wortels over het eerder genoemde vlak. Deze gegevens worden vergeleken met vegetatietypen, grondwaterstandsverloop, bewerkingsdiepte en indringingsweerstand.

2.1. Keuze van proefplekken

Bij het zoeken naar proefplekken is gebruik gemaakt van een eerder uitgevoerd onderzoek in de boswachterijen Appelscha en Smilde (Waenink, 1973).

Van alle proefplekken waren de volgende gegevens bekend:

- a. Vegetatietype
 - b. Bodemsubgroep
 - c. Grondwatertrap
 - d. Leemklasse
 - e. Diepte grondbewerking
 - f. Gemiddelde boomhoogte)
 - g. Leeftijd.)
- groeiklasse

Om tot een vergelijkend onderzoek te komen zijn enkele, niet-erfelijke, factoren die mogelijk invloed hebben op de diepte en verbreiding van de wortels, in beschouwing genomen.

2.1.1. Chemische rijkdom

De chemische rijkdom (de hoeveelheid opneembare voedingsstoffen) wordt geïndiceerd door de bodemvegetatie.

Bij dit onderzoek zijn twee vegetatietypen, een "arme" en een "rijke" aangehouden.

De indeling van de vegetatie in vegetatietypen berust op het indelingsstelsel van Bannink, Leijns en Zonneveld (1973). Een L betekent dat het vegetaties zijn van de lichte bossen. Het cijfer achter de L geeft de indeling aan in "arm" en "rijk": L2 is arm, L4 is rijk.

Vegetatietype L2: Gezelschap van klauwtjesmos, gaffeltandmos, en bosmos al dan niet met pijpestrootje met constant maar schaars wat grassen of kruiden.

Vegetatietype L4: Gezelschap van witbolvegetaties en rankende helmblom al dan niet in combinatie met stekelvaren, braam of wilgenroosje.

2.1.2. Grondwaterstandsverloop

Het grondwaterstandsverloop van de proefplekken is bij het onderzoek van Waenink (1973) geschat en ingedeeld in klassen, de z.g. grondwatertrappen (Gt's).

Bij de keuze van de proefplekken zijn drie Gt's aangehouden, nl.:

Gt V	GHG [*])	< 40 cm	GLG	40-80 cm
Gt VI	GHG	40 - 80 cm	GLG	> 120 cm
Gt VIIb	GHG	> 180 cm	GLG	> 180 cm

2.1.3. Doorwortelbaarheid in verband met de bewerkingdiepte

Er zijn twee klassen van bewerkingdiepte aangehouden, nl. 0 - 50 cm en 50 - 80 cm.

2.1.4. De proefplekken

De opzet was oorspronkelijk om van iedere combinatie van bovenstaande criteria twee waarnemingen te doen volgens het volgende schema.

Grondwatertrappen	Vegetatietypen	Bewerkingdiepte-klasse	Aantal waarnemingen
Gt V	I2	0 - 50 cm	2
		50 - 80 cm	2
	I4	0 - 50 cm	1
		50 - 80 cm	1
Gt VI	I2	0 - 50 cm	0
		50 - 80 cm	5
	I4	0 - 50 cm	1
		50 - 80 cm	2
Gt VIIb	L2	0 - 50 cm	1
		50 - 80 cm	1
	L4	0 - 50 cm	1
		50 - 80 cm	1

* GHG is gemiddeld hoogste grondwaterstand.
GLG is gemiddeld laagste grondwaterstand.

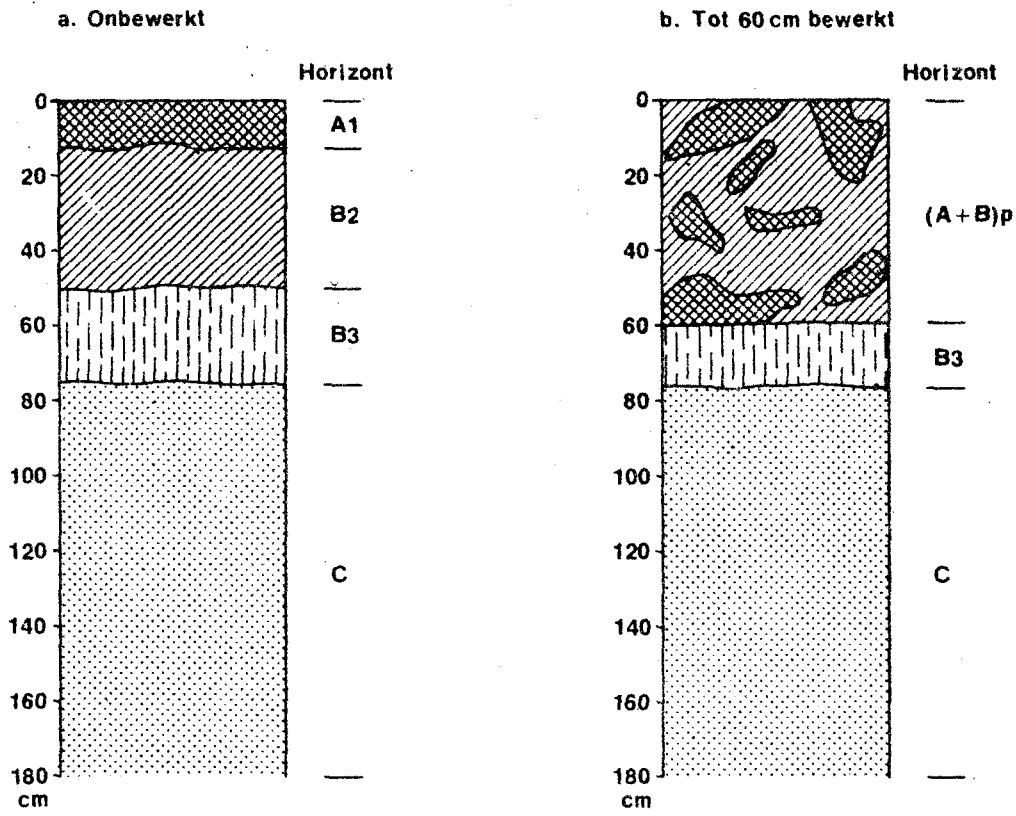


Fig. 1 Schematische voorstelling van profielopbouw van een veldpodzolgrond (Waenink, 1973)

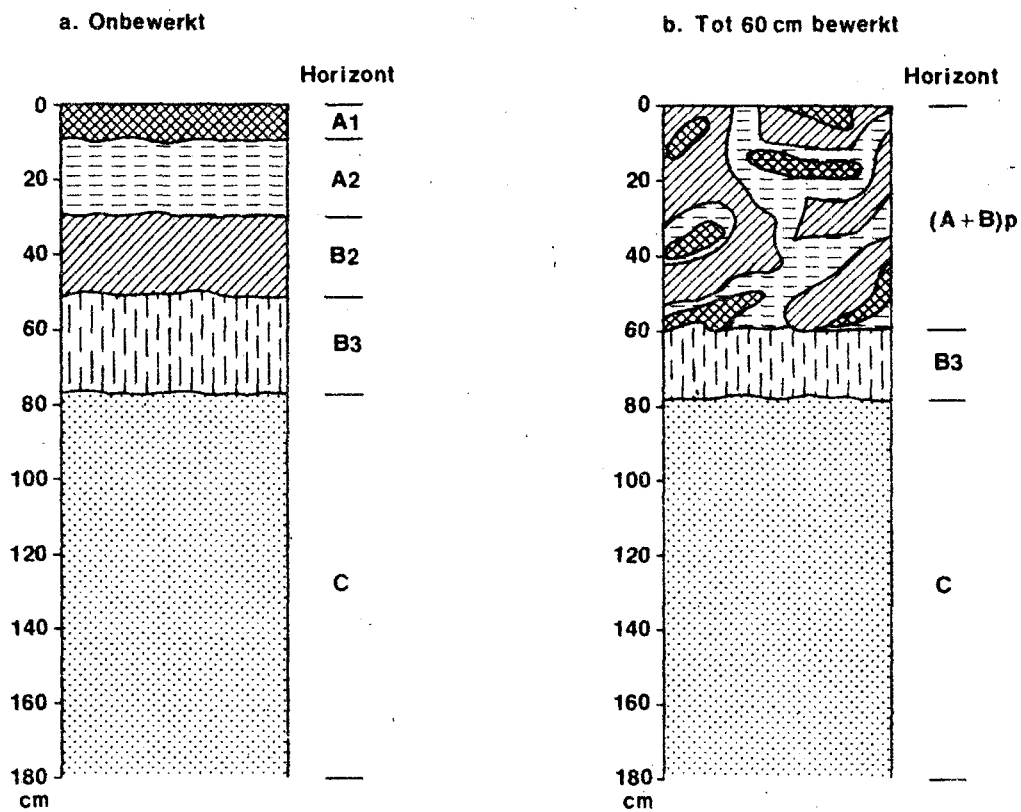


Fig. 2 Schematische voorstelling van profielopbouw van een haarpodzolgrond (Waenink, 1973)

Dit was echter niet mogelijk, omdat er niet voldoende geschikte proefplekken beschikbaar waren. In de Boswachterijen Smilde en Appelscha bleken bovendien enkele opstanden waarin proefplekken lagen, geveld te zijn. Totaal zijn in plaats van 2 x 12 slechts 18 waarnemingen gedaan, verdeeld zoals in de laatste kolom van voorgaand schema is weergegeven. De proefplekken in dit onderzoek zijn aangeduid met dezelfde symbolen als die in het onderzoek van Waenink (1973).

2.2. De indringingsweerstand

De indringingsweerstand, waarover nog geen gegevens beschikbaar waren, is op alle in dit onderzoek betrokken proefplekken gemeten met behulp van een zelfregistrerende penetrometer, de penetrograaf (Van Soesbergen en Vos, 1972).

2.3. De bodemsubgroepen

In het onderzochte gebied komen voornamelijk humuspodzolgronden voor. Op grond van verschillen in profielopbouw is een onderverdeling gemaakt in veldpodzolgronden en haarpodzolgronden. Alle onderzochte proefplekken liggen op veld- of haarpodzolgronden in leemarm tot zwaklemig zand, met uitzondering van de proefplek Smilde 46, die op een moerpodzolgrond ligt.

De veldpodzolgronden in het onderzoekgebied hadden oorspronkelijk een 10 à 15 cm dikke, donkergrijze, matig humeuze tot soms sterk humeuze A1-horizont, met daaronder een donkerbruine tot grijsbruine, humeuze B-horizont die veelal op een diepte van 70 à 80 cm overging in een bleekgrijze, humusarme C-horizont waarvan de zandkorrels geen ijzerhuidjes hebben. Soms komt bij deze gronden tussen de A1- en de B-horizont een grijze A2-horizont voor.

Door grondbewerking is de opeenvolging van lagen sterk verstoord. Een beeld van de profielopbouw van een veldpodzolgrond in onbewerkte en bewerkte toestand wordt in figuur 1 gegeven.

De haarpodzolgronden hadden oorspronkelijk een 5 à 10 cm dikke donkergrijze, matig humeuze A1-horizont overgaand in een 10-20 cm dikke lichtgrijze, humusarme A2-horizont, met daaronder een donkerbruine tot lichtbruine humeuze B-horizont die op een diepte van 70 à 80 cm overging in een heldergele tot geelgrijze, humusarme C-horizont. In tegenstelling tot de veldpodzolgronden bevatten de zandkorrels direct onder de B-horizont ijzerhuidjes.

Ook bij deze gronden is de oorspronkelijke gelaagdheid veelal verstoord door grondbewerking (zie fig. 2).

2.4. Het waarnemen van de beworteling van Japanse lariks

De wortels van lariks en de wortels van de in de opstanden voorkomende grassen (vnl. pijpestrootje) en struiken (vnl. Amerikaanse vogelkers) zijn na enige oefening goed te onderscheiden. De wortels van pijpestrootje zijn langer, minder vertakt en vooral lichter van kleur dan de wortels van Japanse lariks.

De wortels van Amerikaanse vogelkers onderscheiden zich van de Japanse-larikswortel door een bruinere kleur en door een ruwere oppervlakte.

De opnamen zijn alle gedaan bij bomen in bosverband. Dit brengt met zich mee dat voor de kleinere wortels niet is vast te stellen bij welke boom ze behoren. De plaats van de profielkuil is zover mogelijk van de andere bomen vandaan gekozen.

Tenslotte moet nog worden gezegd dat men in één profielkuil van 60 x 100 cm nooit een volledig beeld kan krijgen van het wortelstelsel van een boom.

2.5. Methode van opname

De methode van opname waar bij dit onderzoek aanvankelijk vanuit is gegaan staat bekend als "Verbeterde methode van Reijmerink":

- 1e. Men graaft een profielkuil in tangentiële richting op \pm 40 cm vanaf het hart van de boom.
- 2e. Het profiel wordt op ware grootte weergegeven op een plasticfolie dat tegen de profielkuil wordt bevestigd.
- 3e. Zoveel mogelijk worden de wortels zichtbaar gemaakt door ze uit te prepareren met een naald of door de profielwand te bespuiten met water onder een druk van 4 à 4,5 atm.
- 4e. De wortels worden op de plasticfolie weergegeven.

Deze methode is in het land- en tuinbouwonderzoek ontwikkeld en is met succes toegepast bij wortelonderzoekingen van aardappels, asperges en andere gewassen. Deze methode voldeed echter niet voor het weergeven van de beworteling van bomen door enkele technische onvolkomenheden.

- 1e. Het was onmogelijk de profielwand glad af te steken, daar zo dicht bij de boom veel dikke wortels voorkomen.
- 2e. Door neerslag van condensatiedruppels op de achterkant van de plasticfolie waren de wortels niet goed zichtbaar.
- 3e. Bij vochtig weer was de viltstift niet bruikbaar op de plasticfolie.

- 4e. De plasticfolie heeft een spiegelende werking, waardoor het zicht op de wortels wordt belemmerd.
- 5e. Door de vaak donkere ondergrond was het contrast tussen de wortels en de profielwand gering, waardoor eveneens het waarnemen van de wortels wordt belemmerd.

Wegens de genoemde moeilijkheden is overgegaan op een andere manier van opname nl. een methode die bekend staat onder de naam "telmethode van Houben".

Bij deze methode gaat men als volgt te werk:

- 1e. Men graaft een profielkuil in tangentiële richting op de boom ca. 40 cm vanaf het hart van de boom.
- 2e. Het profiel wordt op millimeterpapier weergegeven op een schaal 1 : 10. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een metalen raamwerk van 60 x 60 cm, onderverdeeld in hokjes van 5 x 5 cm. Dit raamwerk wordt tegen de profielwand bevestigd.
- 3e. De wortels worden zichtbaar gemaakt door de grond tussen de wortels uit te spuiten met water onder een druk van 4 à 4,5 atm.
- 4e. De wortels binnen het raamwerk worden geteld en de gevonden getallen genoteerd op millimeterpapier op dezelfde schaal als het profiel is getekend.

3. RESULTATEN

In tabel 1 staan de resultaten van het onderzoek.

Tabel 1. Resultaten van het bewortelingsonderzoek

Proef- plek	Gt	Aantal wortels	Groei- klasse	Vege- tatie- type	Bewer- kings- diepte cm	Bodem- sub- groep	Inten- siteit	Diepte in- dringings- weerstand 35 kg/cm ²
Sm 4	VIIb	764	4	L2	50	Hd	25	50
Sm 23	V	793	5	L2	80	Hn	18	75
Sm 16	V	839	4	L2	80	Hn	18	75
Sm 43	V	304	4	L2	50	Hn		60
Sm 5	V	668	5	L2	50	Hn	20	55
Sm 22	VI	1000	7	L2	80	Hn	21	80
Sm 46	V	784	10	L4	50	(v)Hn	25	53
Ap 4	VIIb	778	7	L4	50	Hd	20	65
Sm 19	VI	929	7	L2	70	Hn	21	75
Sm 32	VIIb	1027	7	L4	70	Hd	26	65
Sm 37	VI	578	11	L4	60	Hn	16	60
Sm 51	VI	901	9	L4	50	Hn	27	75
Sm 12	VIIb	953	6	L2	80	Hd	21	75
Sm 35	VI	958	7	L2	60	Hn	27	60
Sm 44	V	1080	10	L4	80	Hn	26	70
Sm 24	VI	820	6	L2	60-70	Hd	23	65
Ap 16	VI	1590	12	L4	>80	Hn	24	
Sm 15	VI	1038	7	L2	80	Hn	25	80

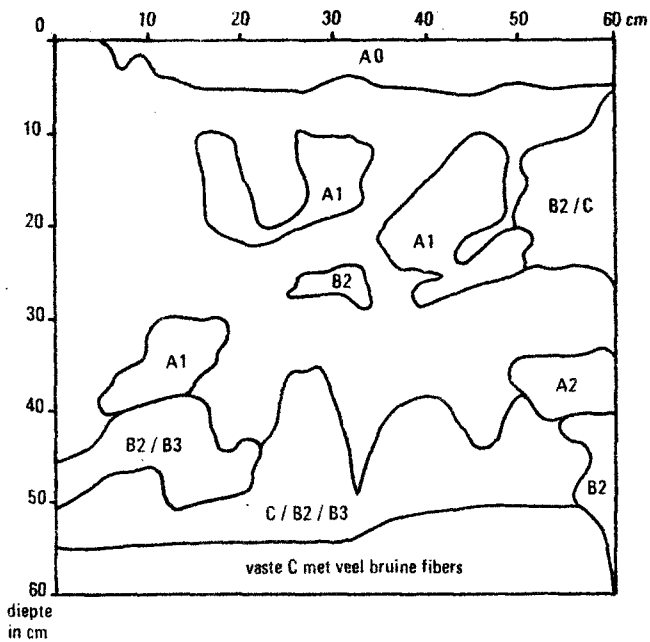
Figuur 3 geeft het resultaat van een opname volgens de telmethode van Houben. In het rechter deel staat het aantal wortels dat per hokje van $5 \times 5 = 25 \text{ cm}^2$ is geteld.

Het linker deel geeft het beeld van de profielwand weer.

3.1. Verwerking van de gegevens

Van iedere profielkuil is het aantal wortels per laag van 5 cm geteld. Aan de hand van deze getallen is voor iedere proefplek een relatieve, cumulatieve frequentiecurve gemaakt.

Voorbeeld:



diepte in cm	0	10	20	30	40	50	60
0	1 1	0 0	0 0	0 0	1 1	0 0	
10	5 4	2 2	10 6	5 2	1 8	3 4	
20	3 8	6 5	7 4	4 6	5 6	9 8	
30	5 11	9 8	6 4+1gr	8 7	6 4	8 10	
40	8 11	5 6	1+1gr 9	7 5	5 6	10 9	
50	5 5	7 9	3+1gr 9	11 6	8 8	10 8	
60	9 7	6 10	8 4	13 6	9 8	6 7	
70	7 5	8 5	4 6	6 7	6 8	7 5	
80	9 9	7 11	5 8	5 6	12 14	9 8	
90	10 11	6 2	1 2	10 10	9 14	7 9	
100	0 0	0 0	0 2	5 2	0 4	1 2	
110	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1	

Fig.3 Opnamebeeld volgens methode Houben (Smilde 4)

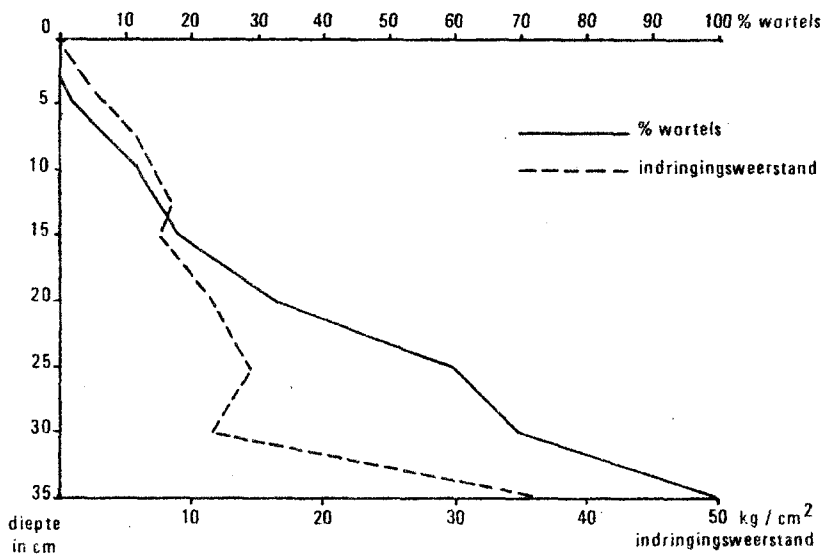


Fig.4 Percentage wortels en indringingsweerstand uitgezet tegen de diepte

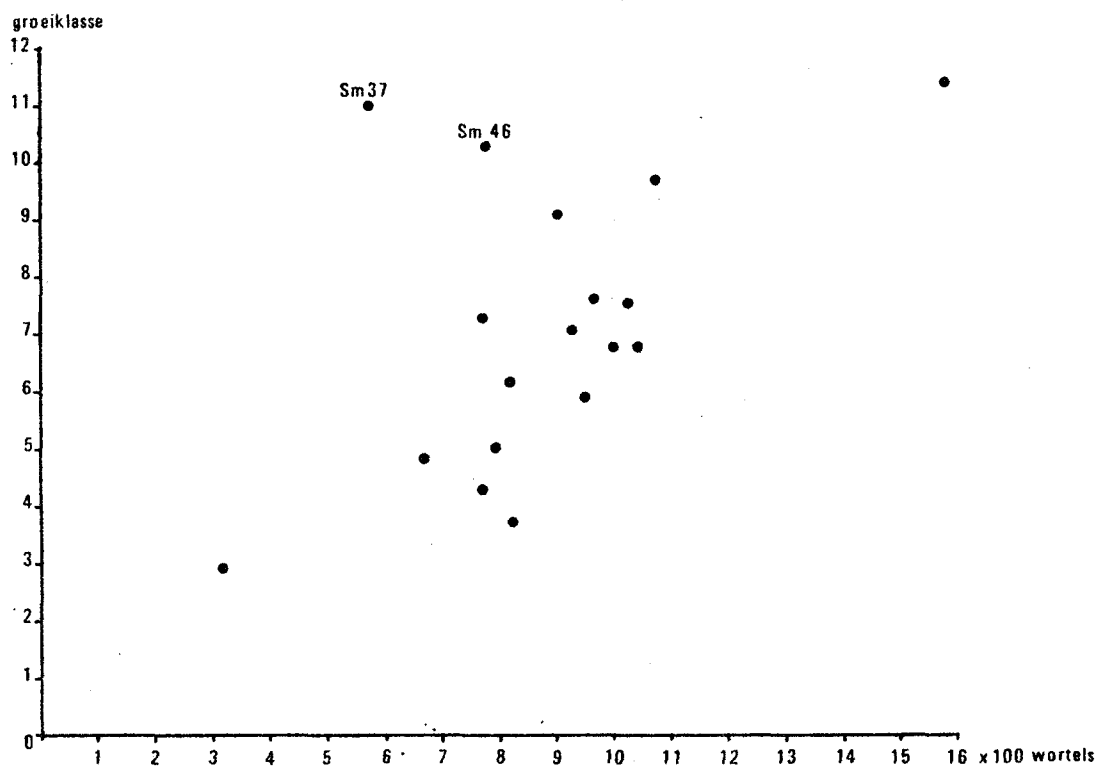


Fig.5 Verband tussen aantal wortels en groei klasse

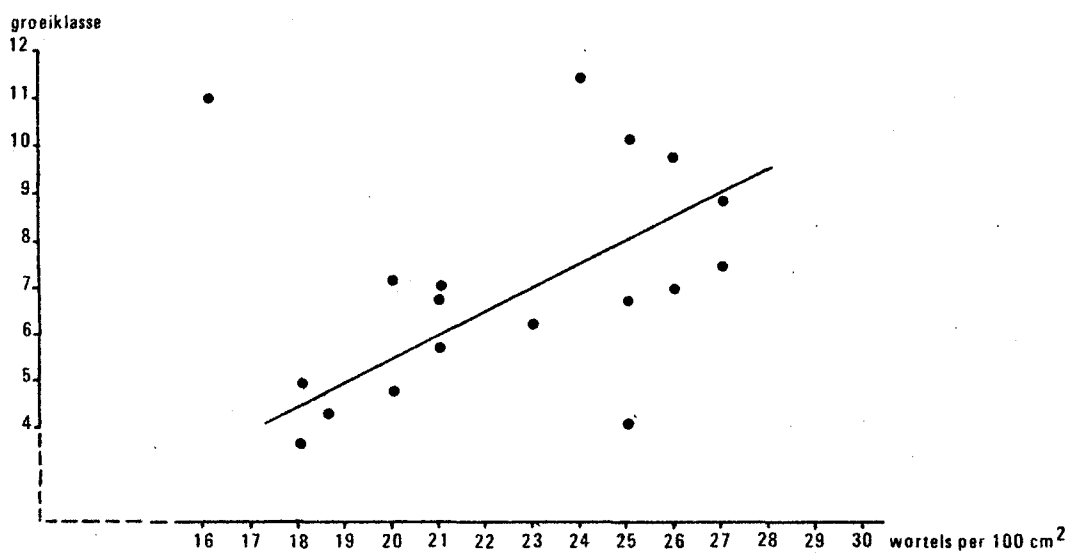


Fig.6 Verband tussen groei klasse en wortelintensiteit

Totaal aantal : 50.

Diepte	Aantal	Sommatie	Relatieve sommatie
5	1	1	2%
10	5	6	12%
15	3	9	18%
20	7	16	32%
25	14	30	60%
30	5	35	70%
35	15	50	100%

De sommatie van het percentage wortels is in figuur 4 uitgezet tegen de diepte. Tevens zijn de waarden van de indringingsweerstand weergegeven die de penetrograaf registreerde. Van alle profielopnamen is een dergelijke grafiek gemaakt en opgenomen in de bijlage.

3.2. Verband tussen aantal wortels en groeiklasse

De groeiklassen van de proefplekken loopt uiteen van 3 tot $12 \text{ m}^3/\text{jr/ha}$.

Men kan de waarden van de per proefplek gevonden groeiklassen uitzetten tegen het aantal wortels dat gevonden is in de overeenkomstige profielkuil. Het beeld dat dan ontstaat is gegeven in figuur 5. In deze figuur is de tendens te zien dat er een bepaald verband bestaat tussen de groeiklasse en het aantal wortels. Hierbij moet worden aangetekend dat het aantal waarnemingen te klein is om dit statistisch verantwoord vast te stellen.

In de grafiek wijkt twee punten nogal af, nl. Smilde 37 en Smilde 46. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de proefplek Smilde 46 op een grond van een andere bodemsubgroep ligt, nl. op een moerpodzolgrond, zodat het niet juist is deze waarneming te vergelijken met andere waarnemingen.

Op de plaats van proefplek Smilde 37 stond vroeger een kwekerij. De grond is daar door regelmatige bemesting waarschijnlijk zoveel rijker geworden dat verbanden met andere waarnemingen misschien niet helemaal juist zijn.

Uit de grafiek blijkt echter dat er een duidelijk verband bestaat tussen het aantal wortels en de groeiklasse: naarmate de groeiklasse stijgt neemt het aantal wortels toe.

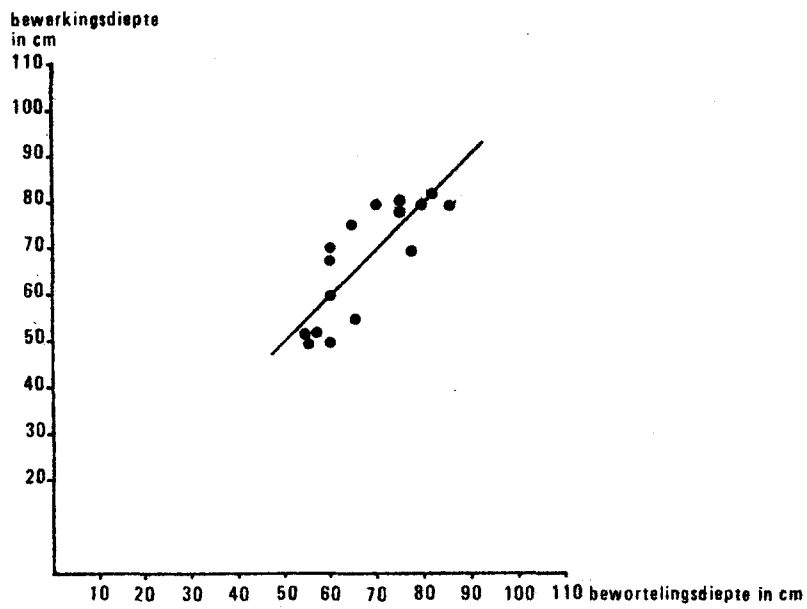


Fig.7 Verband tussen bewerkingsdiepte en bewortelingsdiepte

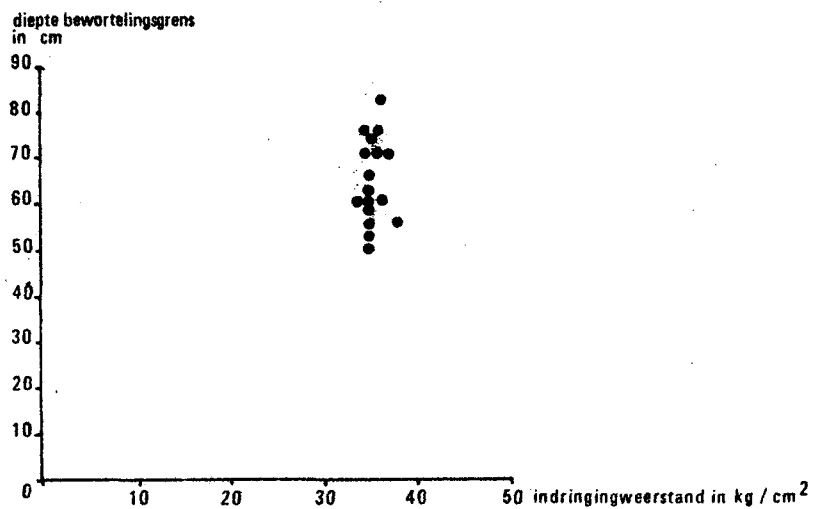


Fig.8 Verband tussen diepte bewortelingsgrens en indringingsweerstand

3.3. Verband tussen bewortelingsintensiteit en groeiklasse

Bewortelingsintensiteit wil zeggen: het aantal wortels gedeeld door het (verticale) oppervlak waarover zij geteld zijn. Men kan de gevonden waarden van de bewortelingsintensiteit uitzetten tegen de groeiklasse van de overeenkomstige proefplekken. Nu ontstaat het beeld zoals weergegeven in figuur 6. Daarin komt de tendens naar voren dat de wortelintensiteit toeneemt naarmate de groeiklasse toeneemt. Door de betrekkelijk kleine hoeveelheden waarnemingen mag dit echter niet als vaststaand beschouwd worden.

Bij bewortelingsonderzoeken in de landbouw, o.a. bewortelingsonderzoek bij aardappelen door Van Soesbergen^{*}), wordt ook een verband aangegeven tussen mate van groei en wortelintensiteit. Dit verband komt overeen met figuur 5. Bij hoge opbrengsten (= mate van groei) echter blijft de wortelintensiteit achter bij de groeitoename. Een verklaring hiervoor zou zijn dat bij optimalisering van de hoeveelheid opneembare voedingsstoffen en vocht de wortelenergie afneemt en daarmee ook de wortelactiviteit. Dit zou dan ook kunnen verklaren waarom de (voorheen bemeste) proefplek Smilde 37 (fig. 5) bij een lage wortelintensiteit toch een goede groei vertoont.

De gemiddelde wortelintensiteit van proefplekken met vegetatietype I4 ("rijke" vegetatie) is 23,4 wortels per 100 cm² en de gemiddelde wortelintensiteit van proefplekken met vegetatietype I2 ("arme" vegetatie) is 20,6 wortels per 100 cm².

3.4. Verband tussen beweringsdiepte en bewortelingsdiepte

De beweringsdiepte is op deze vaste oude dekzanden bepalend voor de diepte van de beworteling. Uit figuur 7 blijkt duidelijk dat er een rechtlijnig verband bestaat tussen de diepte van de beworteling en de beweringsdiepte.

De bewortelingsdiepte is in alle waargenomen gevallen aan te geven door een scherpe lijn. Bij nadere waarneming met een penetrograaf komt deze lijn overeen met de diepte waarop een indringingsweerstand van 35 kg/cm² wordt gemeten. Een indringingsweerstand van 35 kg/cm² blijkt voor de larikswortel een onoverkomelijke barrière te zijn. Figuur 8 illustreert dit.

* Mondelinge mededeling.

4. BIJZONDERE WAARNEMINGEN

Opvallend was het verschijnsel, dat de wortels, wanneer zij een vaste ondoordringbare laag bereiken, dikkere worteluiteinden vormen. Ook vormt de Japanse lariks "bosjes" wortels op bepaalde plaatsen. In de Duitse literatuur wordt dit "borstelvormen" ook genoemd (Köstler, Brückner en Bibelziether, 1968). Volgens deze auteurs komen deze "borstels" meer voor naarmate de bodem dichter wordt en naarmate de fluctuaties in vochtvoorziening groter zijn.

De wortelconcentratie in de humeuze delen is groter dan in de niet-humeuze delen. Dit komt in dit onderzoek niet tot uitdrukking, doordat de humeuze delen regelmatig over het profiel verdeeld waren door een grondbewerking.

5. SAMENVATTING

Dit onderzoek betreft de beworteling van Japanse lariks op leem-
arme tot zwaklemige veld- en haarpodzolgronden met duidelijke verschil-
len in bodemvegetatie, grondwaterstandsverloop en bewerkingdiepte.
De bodemvegetatie is in twee typen verdeeld, een "arme" en een "rijke".
De grondwaterstandsverlopen zijn onderverdeeld in drie klassen z.g.
Gt's, en voor de bewerkingdiepte zijn twee klassen aangehouden. Combi-
naties van bovenstaande criteria hebben geleid tot een keuze van 18
proefplekken. Aan de hand van opnamen van de wortelbeelden is de samen-
hang bestudeerd tussen groei enerzijds en wortelbeeldenwortelintensiteit
anderzijds. De resultaten kunnen als volgt worden samengevat.

De verschillen in aantal wortels en intensiteit van de wortels
blijken gepaard te gaan met verschillen in groeiklasse.
Door het betrekkelijk kleine aantal waarnemingen kunnen aan dit onder-
zoek geen statistisch betrouwbare conclusies verbonden worden, maar er
zijn wel duidelijke tendensen aanwezig.

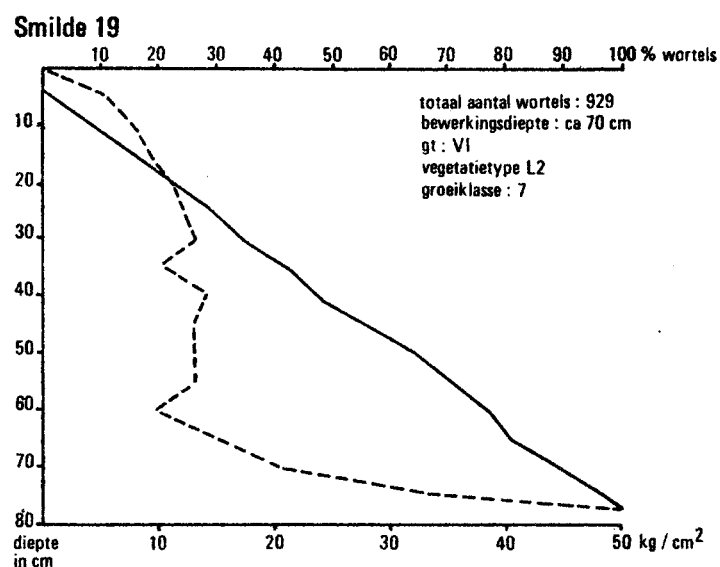
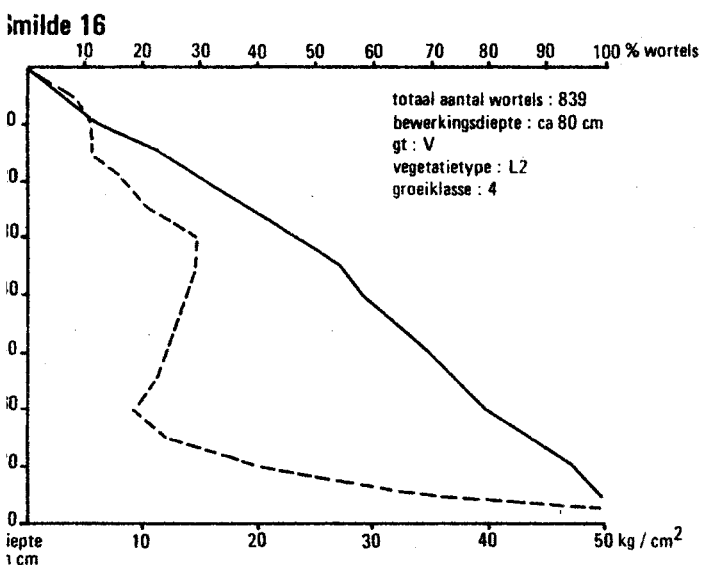
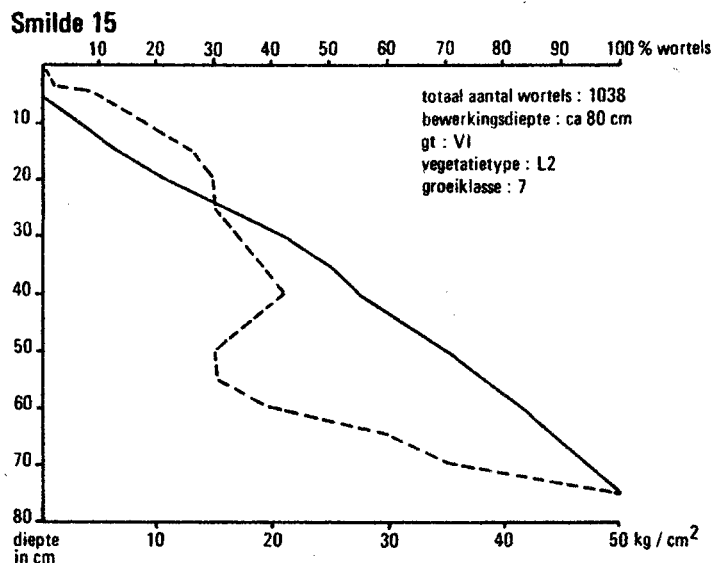
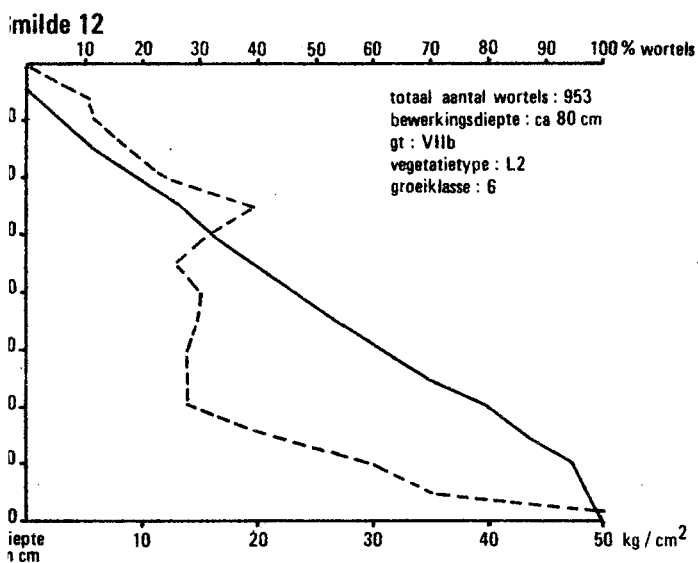
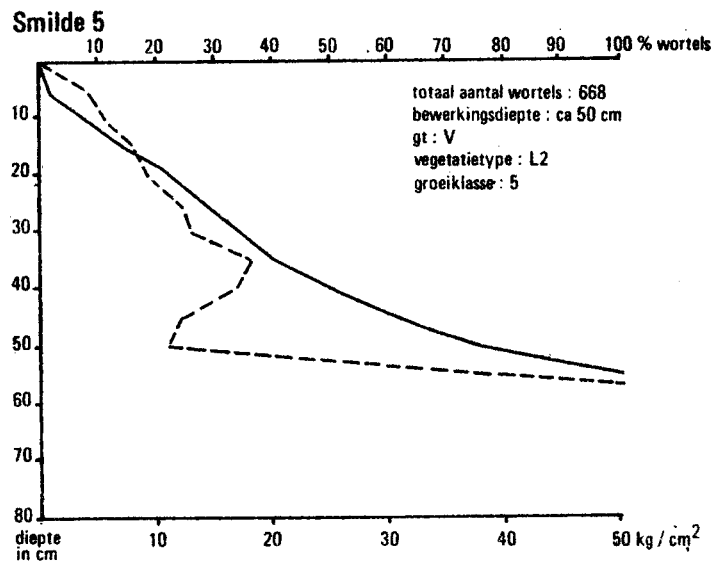
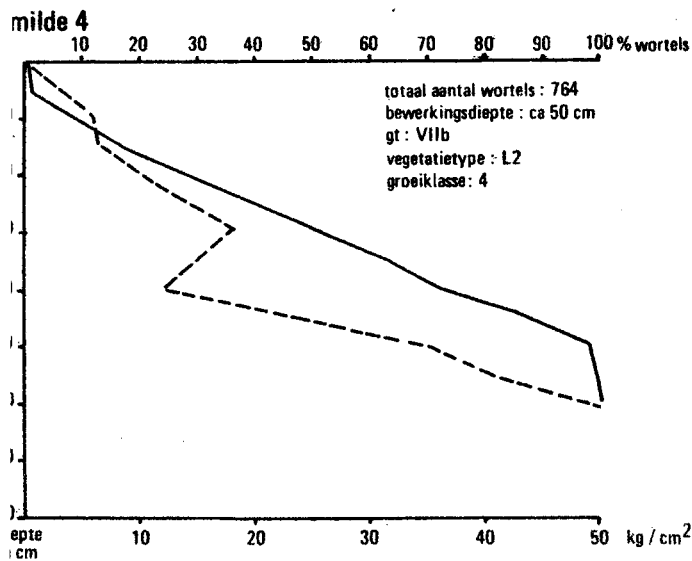
Duidelijk komt naar voren dat de bewortelingsdiepte in deze oude dek-
zandgronden overeenkomt met de bewerkingdiepte, hetgeen nauw samen-
hangt met de indringingsweerstand.

Uit de wortelbeelden blijkt dat er een scherpe grens bestaat tussen
de bewortelde en niet-bewortelde laag. Deze grens komt overeen met
één bepaalde waarde van de indringingsweerstand.

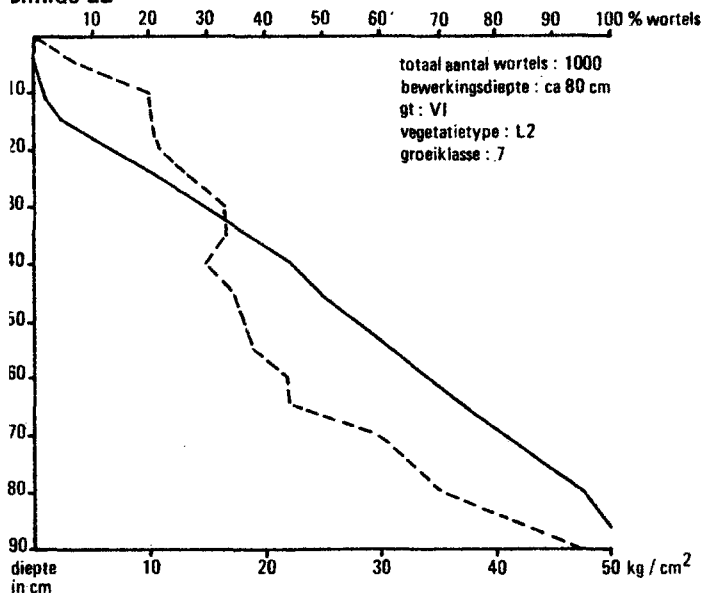
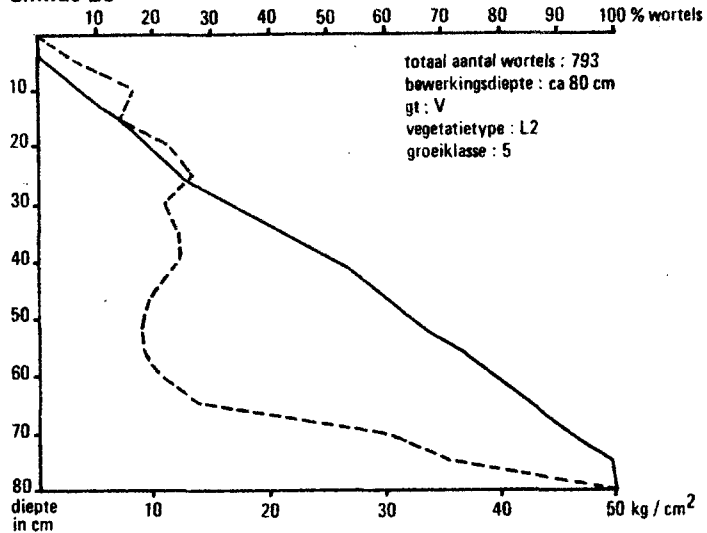
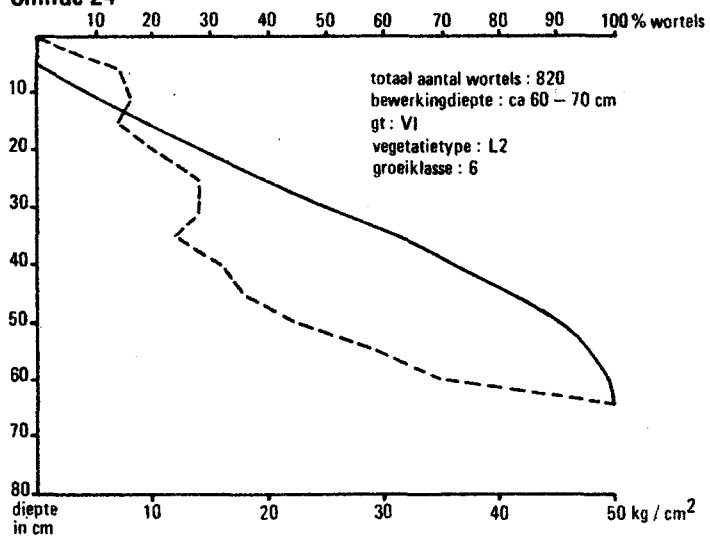
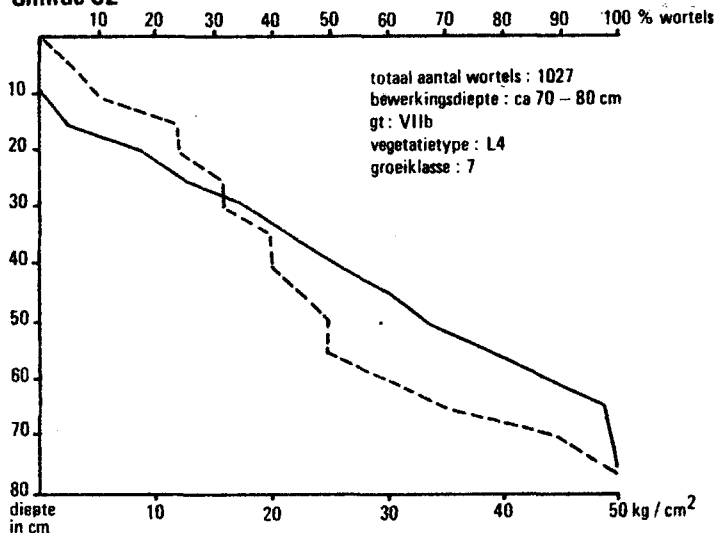
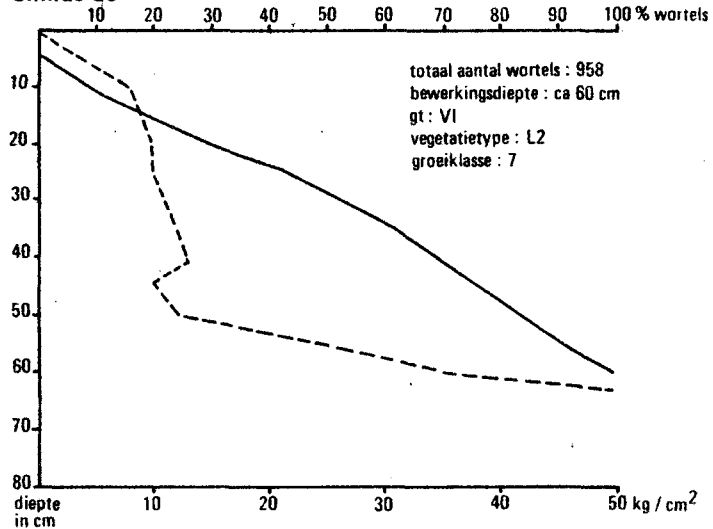
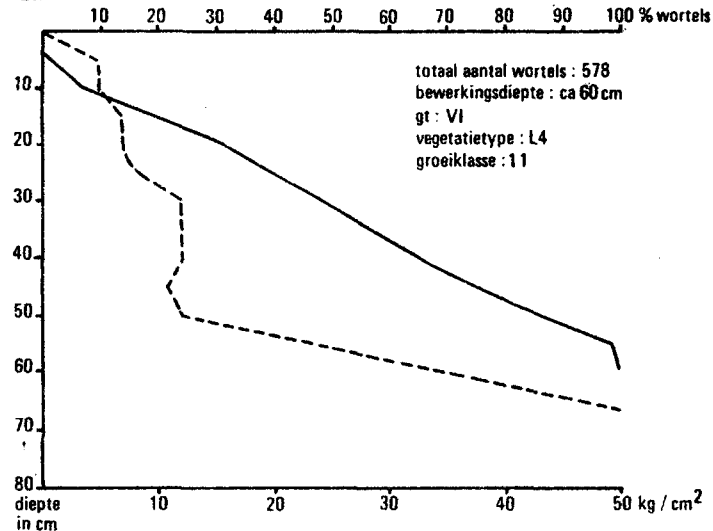
6. LITERATUUR

- Bannink, J.F.,
H.N. Leijs en
I.S. Zonneveld
- 1968 Vegetatietypen in Nederlandse naaldbossen. Stencil nr. 4343. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Bannink, J.F.,
H.N. Leijs en
I.S. Zonneveld
- 1973 Vegetatie, groeiplaats en boniteit in Nederlandse naaldbossen. Bodemkundige Studies 9. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Köstler, J.H.,
E. Brückner en
H. Bibelriether
- 1968 Die Wurzeln der Waldbäume. Verlag Paul Parey. Hamburg en Berlin.
- Reijmerink, A.
- 1973 Microstructure, soil strength and root development of asparagus on loamy sands in the Netherlands. *Neth. Journ. Agr. Sci.* 21 : 24-43.
- Soesbergen, G.A. van en
Th.C. Vos
- 1972 Een penetrograaf voor toegepast bodemkundig onderzoek. *Cultuurtechn. Tijdschr.* 12, 3 : 129-134. Stiboka-overdruk nr. 95.
- Tjallingii, S.P.
- 1967 Wortelonderzoek bij groveden. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Vis, T.
- 1973 Een veldbodemkundig onderzoek naar de relatie bos-bodem op de humuspodzolgronden in oostelijk Drenthe. Rapport nr. 1123, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Bijlagen



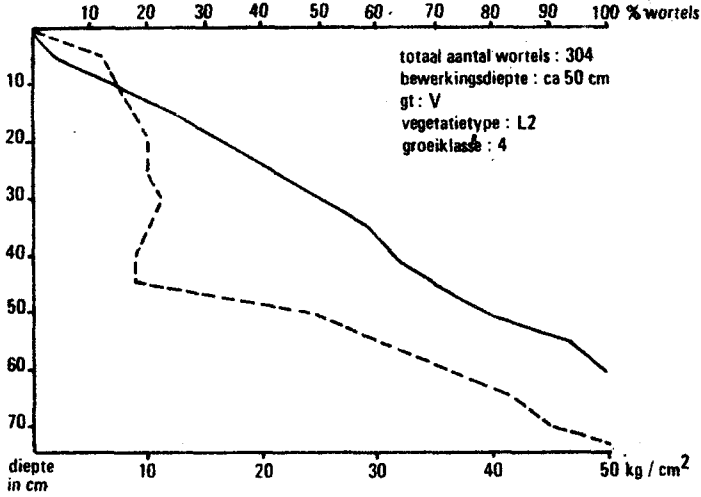
— % wortels
 - - - indringingsweerstand

Smilde 22**Smilde 23****Smilde 24****Smilde 32****Smilde 35****Smilde 37**

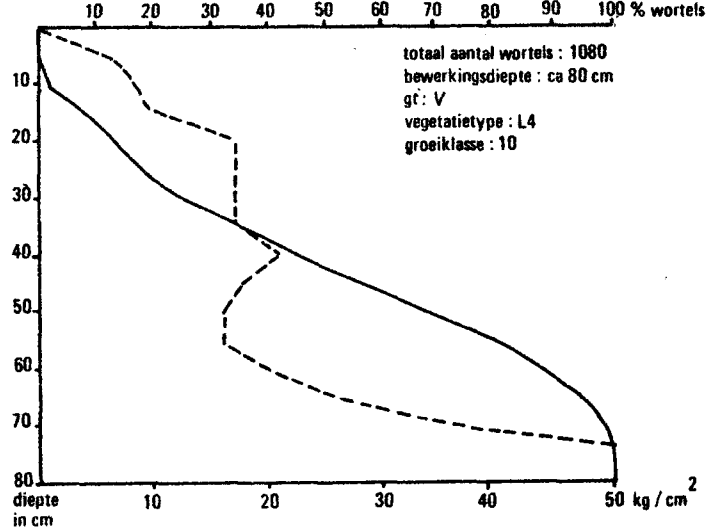
— % wortels

- - - indringingsweerstand

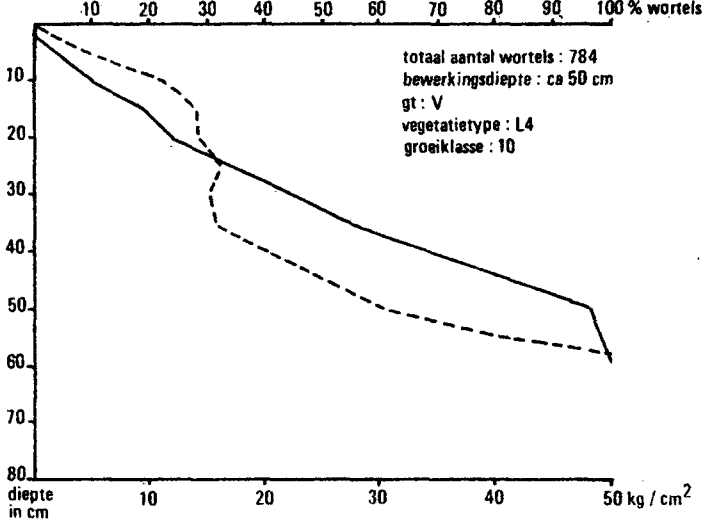
Smilde 43



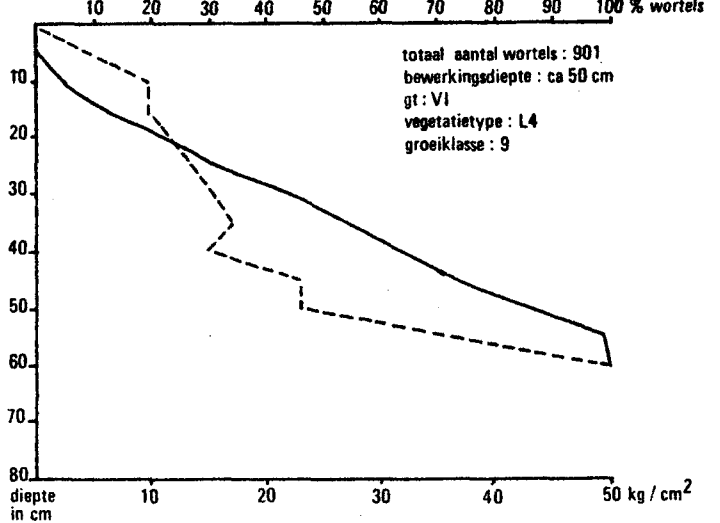
Smilde 44



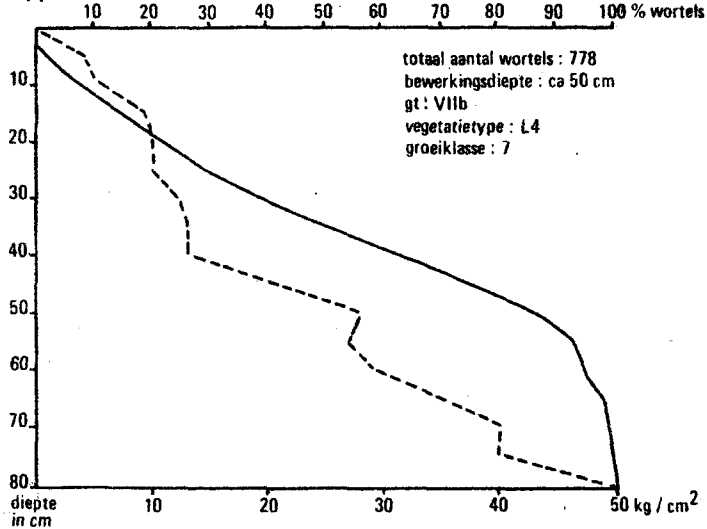
Smilde 46



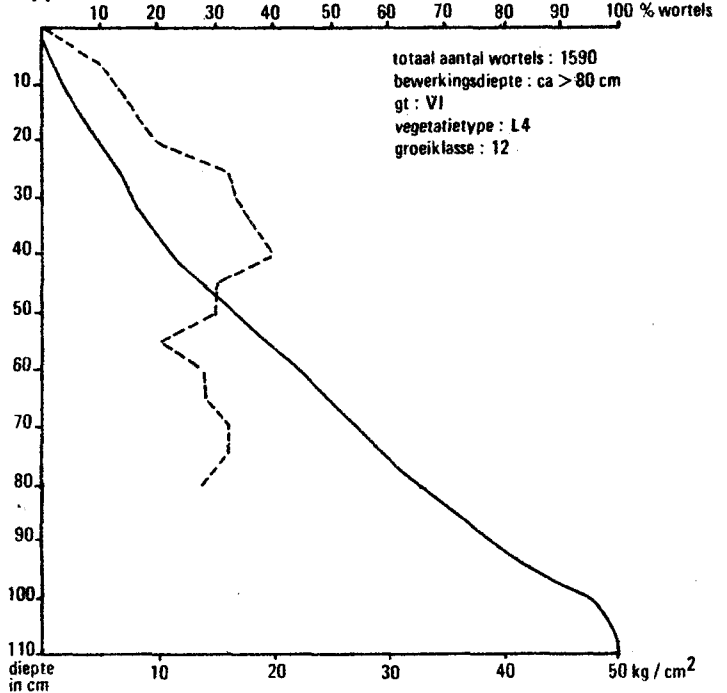
Smilde 51



Appelscha 4



Appelscha 16



— % wortels
 - - - - - indringingsweerstand