

SEPARAAT
No. 23542

Ir. J. Butijn

De betekenis van bewortelingsopnamen in de fruitteelt

634 77-8 11.11.44^{1,2}
58 11.11.43

BIBLIOTHEEK
INSTITUUT VOOR
BODEMVRUCHTBAARHEID
GRONINGEN

Ir. J. Butijn, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, gedetacheerd bij het Proefstation voor de Fruitteelt in de volle grond te Wilhelminadorp

De betekenis van bewortelingsopnamen

in de fruitteelt¹

De laatste dertig jaar is het duidelijk geworden, dat bewortelingsstudies van vruchtbomen nuttige aanwijzingen voor de teelt kunnen geven. De wortel-opnamen, uitgevoerd in de staat New York door *Oskamp* en *Batjer* [14, 15, 16, 17] die in de dertiger jaren werden gepubliceerd, hebben veel tot dit inzicht bijgedragen. In dezelfde periode voerde *Rogers* [18] aan het Proefstation East Malling in Engeland een aantal belangwekkende wortelstudies uit. Daarbij werden zelfs enkele wortelstelsels geheel uitgegraven en de boom met zijn wortelstelsel boven de grond tentoongesteld. Het werk van *Rogers* had in zijn geheel gezien een meer fysiologische inslag dan dat van *Oskamp* en *Batjer*. Aan klimaatsfactoren werd grote aandacht geschonken. Uit ons land zijn de wortelstudies van *Goedewaagen* [4] bekend. Deze hebben merendeels betrekking op landbouwgewassen, maar in het Kennemerland heeft deze auteur ook veel aandacht aan de aardbei geschonken [5]. Reeds bij de eerste karteringen die de Stichting voor Bodemkartering in ons land heeft uitgevoerd, is tegelijk aandacht geschonken aan de

beworteling van de aanwezige tuinbouwgewassen [o.a. 9, 1].

De betekenis van de beworteling is in de loop van de tijd duidelijker geworden, maar van een juiste waardering van een gegeven bewortelingsbeeld kan nog nauwelijks sprake zijn.

De techniek van de bewortelingsopnamen

De techniek, die wij bij de studie van de beworteling hebben toegepast, is een variant op de werkwijze van *Oskamp* en *Batjer*. In een profielwand, lopend vanaf $\pm 0,50$ m van de stam van de gekozen boom naar het midden van de rechthoek, die gevormd wordt door vier naburige vruchtbomen wordt de bewortelingsstudie uitgevoerd.

Een profielkuil, die aldus diagonaalsgewijs verloopt, heeft het voordeel dat de verminderende worteldichtheid op grotere afstand van de stam kan worden nagegaan. Hierdoor kan een goede indruk van de gemiddelde beworteling in het proefvlak worden verkregen. Een profielkuil van ca. 1 m diep is in ons land met zijn hoge grondwaterstanden meestal voldoende om zo goed als alle aanwezige wortels bloot te leggen. De doorgestoken wortels worden in hun juiste ligging op een vel papier getekend, waarbij tegelijk hun dikte wordt aangegeven. Op deze tekening worden tege-

¹ Hoewel de term 'bewortelingsopnamen' taalkundig zeer zwak is, werd zij hier gekozen omdat de werkzaamheden veel overeenkomst vertonen met topografische karteringen, die ook 'opnamen' worden genoemd.

lijk aantekeningen gemaakt over de eigenschappen van de verschillende horizonten van het bodemprofiel. Een profielbeschrijving volgens het schema van de Stichting voor Bodemkartering is hier op haar plaats. Verder is het gewenst de fysische en chemische eigenschappen van de horizonten vast te leggen; dus totaal poriënvolume, vocht- en luchttoestand (eventueel bepaling van de vocht karakteristiek), granulairanalyse, pH, percentage CaCO_3 , humusgehalte, kali-, fosfor- en magnesiumtoestand etc.

Bewortelingsbeelden

Normale bewortelingen

Van een normale beworteling van fruitgewassen kan eigenlijk niet worden gesproken. De beworteling past zich binnen ruime grenzen aan de gegeven bodem- en klimaattoestand aan.

Volgens een oude overlevering wortelt de peer dieper dan de appel, maar het bleek ons, dat deze stelling niet opgaat; alleen zijn de fijne wortels van de appel relatief minder diep over het profiel verdeeld. De totale worteldiepte van appel en peer was meestal niet verschillend. Onder bepaalde omstandigheden kunnen vruchtboomwortels zeer diep in de bodem doordringen. Uit buitenlandse literatuur zijn worteldiepten van verscheidene meters bekend [o.a. 24]. In horizontale richting strekt de beworteling zich veel verder uit dan de kroon. In onze fruitaanplantingen met bomen op matige en sterke onderstam en een plantafstand van 4–7 meter is de bewortelingsdichtheid dan ook nagenoeg over de gehele oppervlakte even groot. Soms kan men een wortel van een boom volgen tot bij de stam van een diagonaalsgewijs tegenoverstaande boom. Ook in een volwassen spillenaanplant op zwakke onderstam verwachten we een nagenoeg homogene worteldichtheid over de gehele oppervlakte. De volgende tabel geeft een indruk van de gemiddelde wortelverdeling over een goed doorwortelbaar profiel met een redelijke waterhuis-

houding op zeeklei in een zwart gehouden boomgaard.

Percentage dunne wortels (dunner dan 1 mm) op verschillende diepten

Laagdiepte in cm	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100
Appel	20	30	25	15	5
Peer	15	25	25	20	10

Verskillende bewortelingsopnamen gaven de volgende indrukken:

De bewortelingsdiepte van zwakke en sterke onderstammen verschilt niet zo veel. Bij jonge bomen is vooral de horizontale uitbreiding van het wortelstelsel slechts gering. De beworteling van de peer geeft geen opvallende verschillen met die van de appel te zien. Afbeelding 1 toont de beworteling van Jonathan M XVI op een profiel met een zeer goede structuur. De bewortelingsdiepte zou bij een diepere grondwaterstand in het profiel zeker nog groter kunnen zijn. Een goede lemige zandgrond geeft een beworteling die overeenkomt met die in een zeekleiprofiel. Heideontginningsgronden en in het algemeen zandgronden met dunne humusdekken geven een ondiepe beworteling; zie afbeelding 2.

Het is van belang naast de wortelverdeling ook de worteldichtheid in aanmerking te nemen. Deze grootte heeft echter, ook van onze zijde, nog weinig belangstelling ondervonden. Er bestaan in dit opzicht zeker grote verschillen.

Afwijkende bewortelingsbeelden

Verskillende factoren blijken invloed uit te oefenen op de ontwikkeling van een wortelstelsel. Hierdoor kan het in bepaalde lagen dichter of ijler en meer of minder actief zijn. Over de wortelactiviteit binnen een profiel is nog slechts weinig bekend. Hierop zullen wij dan ook niet ingaan. Verskillende factoren kunnen afwijkingen van het normale bewortelingsbeeld veroorzaken.

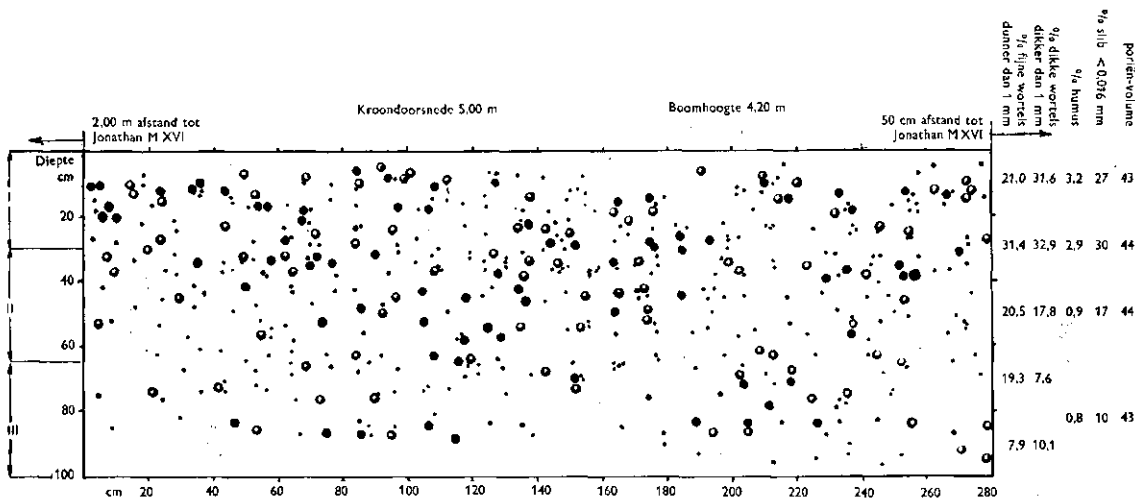


Fig. 1. Beworteling van de appel Jonathan M XVI – Jac. Vos, Numansdorp

I grijsbruine humeuze zavel
 II grijsbruine lichte zavel
 III grijze lichte zavel met egaal verdeelde roest
 Op 100 cm roestbandjes; dieper dan 100 cm nog een enkel worteltje; veel wormgangen.

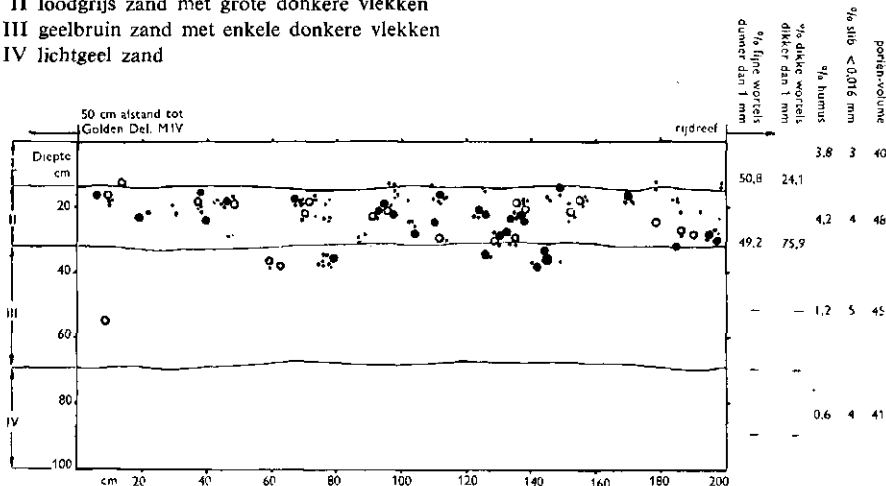
LEGENDA

Levende wortels:

- wortel minder dan $\frac{1}{2}$ mm dik
- wortel $\frac{1}{2}$ –1 mm dik
- ◐ wortel 1–5 mm dik
- ◑ wortel 5–10 mm dik
- wortel meer dan 10 mm dik

Fig. 2. Beworteling van de appel Golden Delicious M IV – J. Mulders, Alphen, 'De Vierbeuk-voor'

I zwart humusrijk zand
 II loodgrijs zand met grote donkere vlekken
 III geelbruin zand met enkele donkere vlekken
 IV lichtgeel zand



A translation of words, phrases and descriptions of the figures can be found on page 632

Blijvende profieleeigenschappen

Zandlagen waartoe ook een zandondergrond gerekend mag worden, blijken de doorworteling sterk te belemmeren. Vooral dicht gepakte grove zanden blijken het vermogen te bezitten de beworteling tegen te gaan. Via wormgangen of oude wortelgangen ziet een vruchtboomwortel vaak kans een zandlaag te passeren en zich in een dieper gelegen slibrijkere laag weer sterker te vertakken. Zelfs zandlagen van 40 cm dikte bleken geen volledige isolatie van een dieper gelegen sliblaag voor de oppervlakkiger ontwikkelde beworteling te geven (afb. 3).

De kroondoorsnede van de boom behorende bij fig. 3 is door de diepere wortels bijna een halve meter groter geworden dan van vergelijkbare bomen zonder de diepste wortellaag.

Door een zandondergrond kan de beworteling beperkt blijven tot een klein deel van het bodemprofiel.

Vaste slibrijkere lagen, vooral indien deze ook kalkarm zijn, kunnen de beworteling sterk belemmeren. Vaak is er geen sprake van een absolute hindernis voor de doorworteling, maar wordt de wortelvertakking in deze laag tegengegaan. Er zijn in zo'n geval te weinig dunne wortels ten opzichte van het aantal dikke (afb. 4).

Vocht- en luchttoestand van de bodem

De grondwaterstand in de winter blijkt geen grote invloed op het wortelstelsel te hebben. Veel meer is het de grondwaterstand in het voorjaar, dus in de tijd waarin de wortels actief zijn [2], die de bewortelingsdiepte beperkt. Zo werd in een boomgaard, waar een bewortelingsopname is uitgevoerd, door de fruitteler verondersteld, dat er wateroverlast bestond, aangezien de wintergrondwaterstand ca. 0,50 m diep was – in november tot maart schommelend van 0,35 tot 0,65 m. De grondwaterstand in mei bleek ca. 0,90 m te zijn. Bij de bewortelingsopname bleek in de eerste plaats, dat er slechts weinig dode (grijze of blauwige) wor-

tels voorkwamen. In de tweede plaats bleek het percentage wortels in de diepere lagen niet abnormaal laag te zijn, namelijk 6 % dunne wortels in de laag van 0,80–1,00 m diep en 48 % dieper dan 0,40 m. Uit deze waarnemingen kan men niet concluderen dat er wateroverlast bestond; wel kan men verzekeren, dat bij diepere ontwatering de hoeveelheid dunne wortels in de ondergrond groter zou zijn geweest.

Afb. 5 betreft een ondiep ontwaterd duinzandprofiel waar de beworteling reeds oppervlakkig was. Door de slechte ontwatering en de grote regenval in het voorjaar van 1951 werd hier bijna de gehele onderste helft van het wortelstelsel geamputeerd.

Een vochtig gehouden bovengrond blijkt volgens oude ervaringen een oppervlakkiger wortelstelsel te veroorzaken. Dit kan onder meer het gevolg zijn van vele en lichte besproeiingen of van een vochtig klimaat.

Een bodembedekking (mulch-laag) geeft meestal eveneens, maar in nog hogere mate dan een vochtig gehouden bovengrond, een oppervlakkige beworteling [3]. Verschillende auteurs hebben deze ervaring bevestigd (Voor literatuur zie [3]). In kali-arme gronden met bodembedekking kan ook het hogere kaligehalte vooral van de bovengrond bevorderlijk zijn geweest voor het hoge percentage oppervlakkige wortels. Op kalirijke gronden is echter hetzelfde verschijnsel waargenomen.

Een bodembegroeiing heeft invloed op de beworteling van de vruchtbomen, echter al naar de soort begroeiing in zeer verschillende mate.

Grassen, vooral de grove soorten, blijken een ijler beworteling in de bovengrond te veroorzaken [3]. Het valt te verwachten, dat grassen voor groenbemesting geteeld, als z.g. 'wintergrasmat', een minder sterke invloed zullen uitoefenen.

Gr o e n b e m e s t i n g s g e w a s s e n vertonen vaak weinig invloed op de beworteling. Er zijn

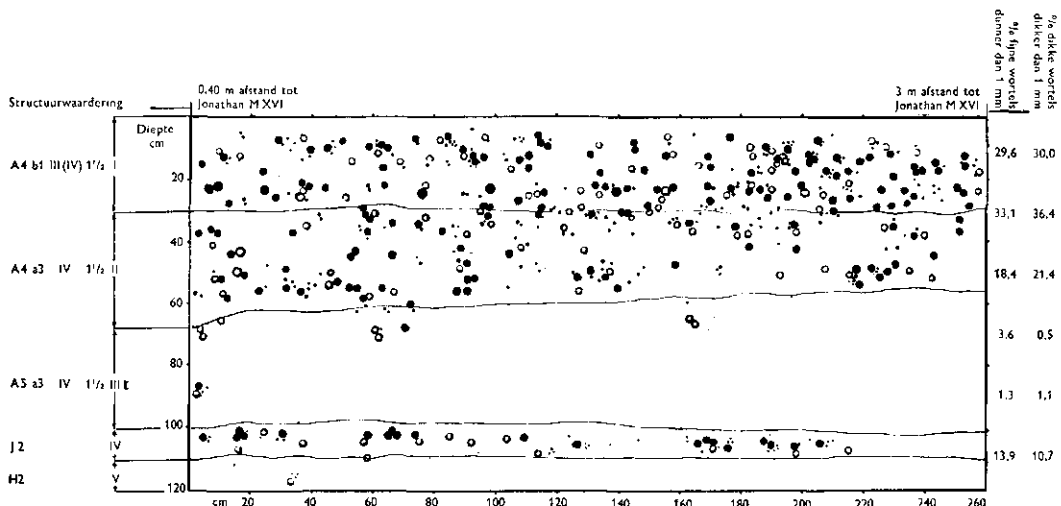


Fig. 3. Beworteling van de appel Jonathan M XVI – J. Q. C. Lenshoek, Heerenpolder, Wolphaartsdijk

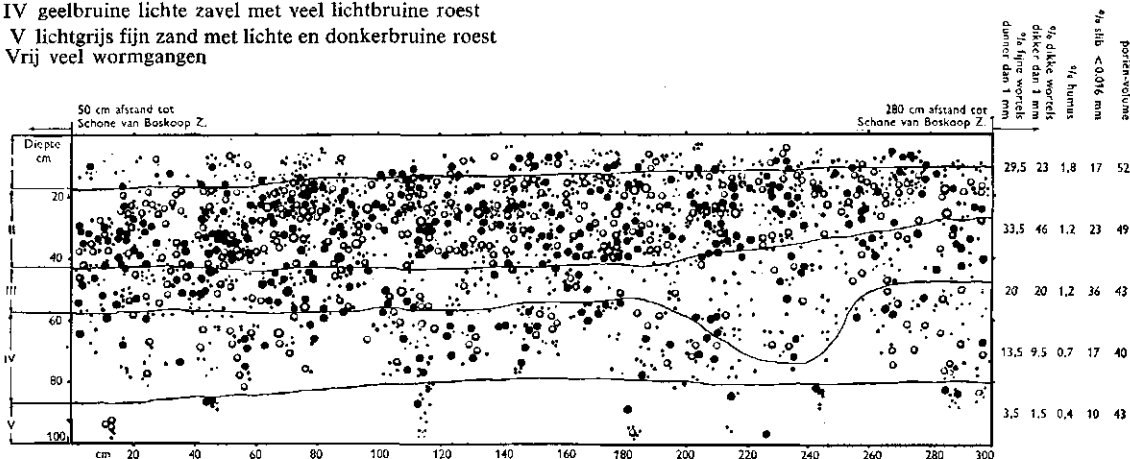
- I donkergrijze zavel
- II bruinrijze iets gelaagde lichte zavel
- III lichtgrijs zand
- IV bruinroestige lichte zavel
- V lichtgrijs zand

LEGENDA

- Levende wortels
- wortel minder dan 1/2 mm dik
- wortel 1/2–1 mm dik
- wortel 1–5 mm dik
- wortel 5–10 mm dik
- meer dan 10 mm dik

Fig. 4. Beworteling van de appel Schone van Boskoop Z. – C. v. d. Vliet, Kapelle

- I bruinrijze lichte zavel
- II geelbruine lichte zavel met fijn verdeelde lichtbruine roest
- III donkergrijze kleibank met veel donkerbruine roest
- IV geelbruine lichte zavel met veel lichtbruine roest
- V lichtgrijs fijn zand met lichte en donkerbruine roest
- Vrij veel wormgangen



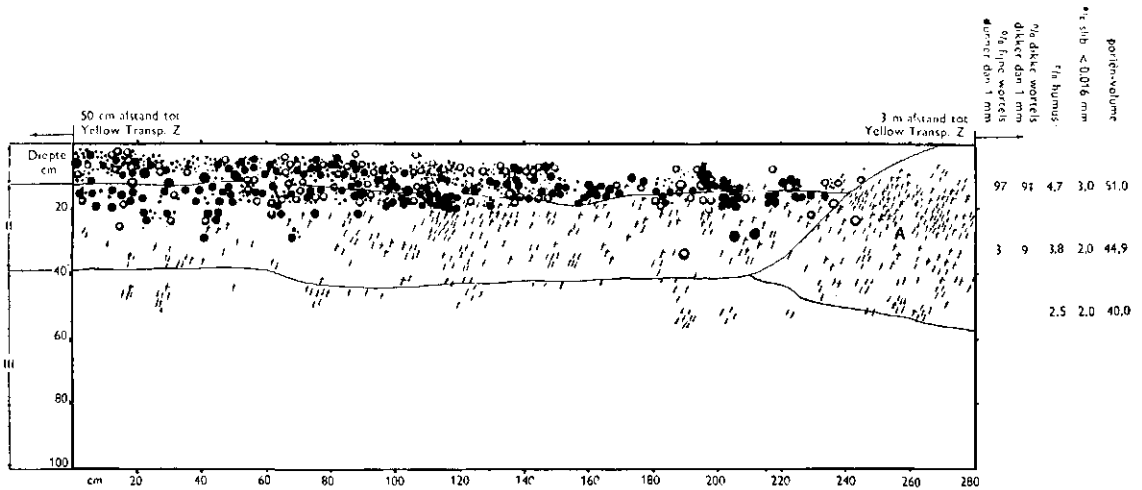


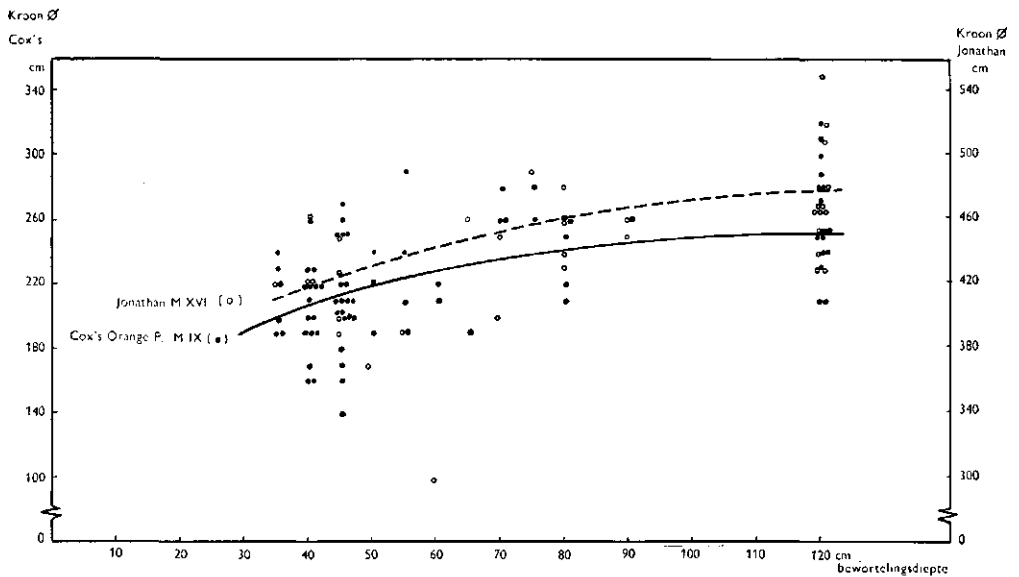
Fig. 5. Beworteling van de appel Yellow Transparent Z. – C. A. Janse, Haamstede

I zwartgrijs humusrijk zand
 II grijs zand, veel donkerbruine roest
 III lichtgrijs zand, lichtbruine roest
 weinig wormen
 A = gedichte greppel, humeuze grond

LEGENDA

Dode wortels: · wortel minder dan 1 mm dik
 † wortel 1–5 mm
 ‡ wortel 5–10 mm

Fig. 6. De betrekking tussen de kroondoorsnede en de bewortelingsdiepte –
 Boomgaard Mij, De Wilhelminapolder, Wilhelminadorp Z.



echter aanwijzingen, dat er in dit opzicht grote verschillen bestaan [12].

De bodembewerking verniet de oppervlakkig voorkomende wortels. Een ondiepe bewerking blijkt echter aanmerkelijk meer wortels in de bouwvoor over te laten dan een begroeiing met gras [3]. Indien door de bewerking de structuur van de bovengrond terugloopt, wordt de beworteling van de bovengrond ijler. Aanwijzingen hierover zijn verkregen op het Centraal Bemestingsproefveld 'De Lange Ossekampen' [21].

De bodemflora en -fauna

Vaak vindt men jonge wortels in *oude wortelgangen*. Hieruit blijkt dat een dieper wortelend gewas de weg kan banen door slecht doorwortelbare lagen voor een minder krachtig wortelend nagewas. Eenzelfde invloed als oude wortelgangen hebben vaak de diep doorlopende *wormgangen*.

De bodemfauna, vooral in de bovengrond, heeft zeker invloed op de beworteling. Men denke vooral aan wortelaaltjes [13], arthropoden en dergelijke. Exacte gegevens hierover zijn schaars.

De bodemflora (vooral de bacteriën en schimmelgezelschappen) speelt zeker een voorname rol bij de vorming van een wortelstelsel. De grote invloed van sommige schimmels [10] op het optreden van chlorose bij citrusfruit duidt in deze richting. Wij kunnen de invloed op de beworteling evenwel niet met voorbeelden aantonen.

De betekenis van het wortelbeeld

De betekenis van een waargenomen beworteling is nog slechts voor enkele facetten van de beworteling bij benadering aan te geven. De volgende kenmerken van een beworteling willen we iets uitgebreider bespreken.

Het percentage dode wortels, dat bij een bewortelingswaarneming wordt vastgesteld, geeft een duidelijke aanwijzing over de vitaliteit van het gewas

ofwel een indruk van de bodemomstandigheden waaronder de wortels leven en functioneren. Een grote hoeveelheid dode wortels, vooral in de diepere lagen van het profiel wijst vaak op een abnormaal hoge grondwaterstand in het groeiseizoen. Een voorbeeld geeft afb. 5. In het betreffende duinzandprofiel bleek de ontwatering in de regenrijke maand april 1951 onvoldoende; de grondwaterstand omstreeks half maart was 0,60 m, half april 0,22 m, half mei 0,39 m. Ook onder een slempige bovengrond kunnen dode of minder actieve wortels voorkomen. Vooral kleinfruit kan hier sterk onder lijden, maar ook hard fruit, dat onder meer met kanker kan reageren op deze omstandigheden [11]. Meestal gaat een grote hoeveelheid dode wortels, veroorzaakt door wateroverlast, gepaard met duidelijke reductiekleuren in het profiel. Soms moet echter een chemische analyse van de grond deze wateroverlast helpen aantonen. Dit is mogelijk doordat in slecht doorluchte gronden de hoeveelheid mobiel mangaan, en soms ook ijzer en aluminium sterk wordt vergroot.

Na een inundatie waardoor veel wortels zijn afgestorven, vindt men niet zelden een groot aantal lange, jonge, nog niet verkurkte witte wortels, die de plaats van de dode wortels gaan innemen.

De diepte van de wortelzone. (het gedeelte van het profiel waarin 90 % van de wortels, dunner dan 1 mm, voorkomt) blijkt van grote invloed te zijn op de afmetingen die een vruchtboom verkrijgt. *Visser* [22] wees reeds op dit gevolg van een ondiepe beworteling ontstaan door een slechte ontwatering. Dezelfde invloed op de afmetingen wordt echter ook geconstateerd in gevallen waarin van wateroverlast geen sprake is (afb. 6).

Bomen geplant in profielen gevormd door een kleidek op een zandondergrond, groeien het best wanneer het kleidek een behoorlijke dikte bezit. Dit blijkt ook te gelden voor bomen op een zwakke onderstam. Uit potproeven zijn aanwijzingen verkregen dat dit effect niet alleen aan een vochttekort in het ondiep doorwortelde deel van het

profiel te wijten is [3], evenmin als een slechtere minerale voeding de enige oorzaak is, zoals door andere auteurs [8] is verondersteld.

De intensiteit van de beworteling schijnt niet zonder betekenis voor de resistentie van een gewas tegen droogte. In de droge zomer van 1955 gaf Cox's O.P. op M II met matig dichte beworteling dan ook duidelijke, Jonathan met grote bewortelingsintensiteit op zaailing op hetzelfde perceel daarentegen zeer onduidelijke verwelkingssymptomen te zien. Hoe het mogelijk is dat in de droge zomer van 1957 Cox op M IV veel meer symptomen van droogteschade vertoonde dan de op hetzelfde perceel staande Golden Delicious op M IV, hoewel de beworteling van Cox veel intensiever was, is nog niet verklaard. Verder onderzoek zal hierover opheldering moeten geven.

Het percentage dunne wortels in de bouwvoor lijkt ons van grote betekenis. De bovengrond is steeds het rijkst aan plantenvoedingselementen en veelal het best doorlucht. Het gunstige effect van een strobedekking lijkt ons niet in de laatste plaats te danken aan de bescherming van de oppervlakkig voorkomende wortels.

De wortelverdeling over een profiel, vooral de vraag hoe diep men moet gaan om 50 % van de fijne wortels te vinden, is van het grootste belang bij besproeiing en irrigatie. Het heeft geen nut meer water toe te dienen dan nodig is om een ondiepe wortelzone weer op veldcapaciteit te brengen. Een diepe wortelzone zal veel meer water vragen voordat een redelijk deel van deze zone weer tot veldcapaciteit is verzadigd.

De verhouding van dunne en dikke wortels kan een beeld geven van de activiteit van de beworteling in een bepaalde laag. Een zone van het profiel met relatief veel dikke wortels is van weinig waarde voor de plant en heeft dus verbetering nodig. Aan dikke wortels zal men immers weinig wortelharen vinden, zodat de voedsel- en vochtopname uit een dergelijke laag gering zal zijn.

Bespreking

Bij de waardering van een gegeven wortelbeeld kunnen zekere normen worden aangelegd, maar verder onderzoek zal nog meer gegevens voor een goede beoordeling kunnen opleveren. Zo lijkt het van betekenis dat de invloed van storende lagen nog verder wordt nagegaan. De structuurinvloed, de invloed van aeratie en waterhuishouding moeten nog verder worden bestudeerd. Ook de invloed van de grondsoort op de wortelvertakking is van grote betekenis [23].

Bewortelingsstudies kunnen een goed hulpmiddel zijn bij de beoordeling van grondverbeteringsmaatregelen zoals diepploegen, diepwoelen en diepe ontwatering.

De invloed van de ene plantensoort op een naburige andere wordt niet zelden voornamelijk door middel van het wortelstelsel overgebracht [7].

Het is niet onmogelijk, dat met micro-waarnemingen aan het wortelstelsel, waarbij de aanwezigheid van wortelharen en andere eigenschappen van de dunne wortels zouden kunnen worden vastgesteld, een betere beoordeling van de beworteling mogelijk is. Deze ontwikkeling van het onderzoek heeft echter de minder aantrekkelijke zijde, dat ze de wortelstudie meer bemoeilijkt dan in dit stadium noodzakelijk lijkt. Met de huidige werkwijze is immers op macro-schaal een onderzoek uit te voeren, dat reeds verschillende nieuwe gezichtspunten geeft.

Het is hier wel gewenst melding te maken van de vitaliteitsreactie voor wortels met behulp van tetrazoliumchloride. Deze reactie is door *Goedewaagen* [6] geïntroduceerd. De activiteit van de wortels is door een eenvoudige kleurreactie vast te stellen.

Samenvatting

Bewortelingsopnamen in de fruitteelt kunnen aanwijzingen geven over bodemfactoren, die op de produktiviteit en de groei van de gewassen van invloed zijn. De volgende uitkomsten konden worden vastgesteld of voorspeld:

1. Een diepere beworteling geeft grotere bomen (afb. 6).
2. Storende lagen in het profiel geven kleinere bomen en soms ziekelijke afwijkingen, kanker etc.
3. Een goede doorworteling van de bovengrond bevordert de opname van voedingselementen.

Discussie

Dr. J. J. Schuurman deelt mede, dat ook bij onderzoek van grasbeworteling geen verband kon worden aangetoond tussen de droogteresistentie en het aantal wortels bij de beschouwde grassoorten.

Bij het onderzoek op het bodembehandelingsproefveld te Hoofddorp is een betrekking aangetoond tussen de opbrengst van de bomen en de hoeveelheid wortels. Of dit een causaal verband betreft, is niet uitgemaakt. Bij onderzoek aan wintertarwe werd gevonden, dat een toenemende worteldiepte in kleigrond, als gevolg van een lagere grondwaterstand, gepaard ging met een hogere opbrengst; bij zandgrond ging echter een grotere worteldiepte gepaard met een lagere opbrengst, als gevolg van een te droge wortelzone.

Antwoord: Gevallen met een ondiepe wortelzone door een te hoge grondwaterstand zijn in afbeelding 6 niet bedoeld. Bij plaatgronden speelt zowel droogte als worteldiepte een rol bij het bereiken van de uiteindelijke kroondoorsnede.

Mej. G. J. Los, biol. dra., vraagt of ook de invloed van het zoutgehalte van het grondwater op de beworteling is aangetoond.

Antwoord: Er zijn ons slechts weinig gevallen bekend van bestaande boomgaarden waarin een grote invloed van zout grondwater aangetoond is (afgezien van inundaties met zout water). Daarbij bleek de beworteling van appel zeer gevoelig voor zout te zijn. In bodemlagen met meer dan 2 gr. zout/l dringen maar weinig wortels door.

Summary

Observations of root systems of fruit trees

The main purpose of this article is to draw attention to a more systematic study of root systems of fruit trees.

A picture of a root system is obtained in a soil profile stretching from 0.5 m of a trunk to the centre of the square formed by four adjacent trees. Several examples of this picture are given by fig. 1-5.

The vertical distribution of the thin roots in a normal profile of the sea silt region is shown by the table on page 623. In normal commercial plantations no great difference exists in the root distribution in the horizontal direction. Great differences exist in the number of roots per volume of soil at a fixed depth due to influences of variety and rootstock.

Important factors for the distribution of thin roots are:

1. Soil profile characteristics; compact sand and clay horizons and subsoils may impede root penetration (fig. 3 and 4).
2. The ground water table in the spring; the depth of the root zone (with 90 % of all thin roots) is limited by the ground water table in April/May. Fig. 5 gives an example of the disastrous effect of the wet spring of 1951 when the ground water level rose in April up to 22 cm below the soil surface.
3. A straw mulch gives a great percentage of shallow roots, while
4. A sward yields the reverse.
5. Cover crops and clean cultivation will yield the same root system, provided a good structure of the topsoil can be maintained.

In the evaluation of a root system the following properties of the system can be taken into account.

1. Depth of the root zone. A greater depth yields a bigger tree (fig. 6).
2. A great intensity of rooting. A great number of roots per unit of soil volume will provide a greater resistance against drought and a better uptake of nutrients.
3. A great intensity of fine roots in the topsoil will cause a better mineral nutrition, according to the richness of the topsoil in available nutrients and the better aeration. Except in a topsoil too dry for normal root activity.

4. Interruptions in the normal (vertical) root distribution usually yield a smaller tree. A high percentage of thick roots over a lower percentage of thin roots means the poverty of a soil horizon for plant nutrition.

5. Knowledge of the depth of a root zone is of great convenience in estimating quantities of water for irrigation of orchards.

6. A large percentage of dead roots is an indication of the rapid declining vitality of a tree or of very unfavourable soil conditions for root growth. After extreme rainfall in spring and autumn these high percentages were observed in badly drained orchards with more or less suffering trees (fig. 5).

Further studies of root systems will undoubtedly permit a better evaluation of the root system characteristics and give a better understanding of factors influencing the rooting of a tree.

Literatuur

1. Bakker, G. de: *De bodemgesteldheid van enkele Zuidbevelandse polders en hun geschiktheid voor de fruitteelt*. V.L.O. No. 56.14. Staatsdr. en Uitg.-bedr., 's-Gravenhage, 1950.
2. Butijn, J.: *Bewortelingsproblemen in de fruitteelt*. Uit: *De Plantenwortel in de Landbouw*: 156-167. Staatsdr. en Uitg.-bedr., 's-Gravenhage, 1955.
3. Butijn, J. en H. J. Schuurman: *Bodembehandeling op het Proefveld te Hoofddorp*. V.L.O. 63.16. Staatsdr. en Uitg.-bedr., 's-Gravenhage, 1957.
4. Goedewaagen, M. A. J.: *Het wortelstelsel der Landbouwgewassen*. Dept. van Landb. Alg. Landsdrukkerij, 1942.
5. Goedewaagen, M. A. J.: *Grondwaterstand en beworteling der gewassen*. Verslagen Techn. Bijeenkomsten Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O. (1946): 65-81, 1952.
6. Goedewaagen, M. A. J.: *Beoordeling van de vitaliteit van het wortelstelsel*. Landbouwk. Tijdschr. 6.6, 1954: 553-554.
7. Grümmer, G.: *Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen-Allelopathie*, 1955: 73-117.
8. Hoorn, J. W. van: *Results of a groundwater level experimental field with arable crops on clay soil*. Neth. Journ. Agr. Sci. 6.1, 1958: 1-10.
9. Liere, W. J. van: *De bodemgesteldheid van het Westland: Deel II, De bodemkartering van Nederland*. V.L.O. 54-6. Staatsdr. en Uitg.-bedr. 1948.
10. Martin, J. P., L. J. Klotz, T. A. de Wolfe, J. O. Ervin: *Influence of some common soil fungi on growth of citrus seedlings*. Soil Sci. 81, 1956: 259-268.
11. Meeuwse, P.: *James Grieve-kanker op de zeekeigronden*. De Fruitteelt 45, 1955: 802-203.
12. Moser, J.: *Rebholde und rebfeindliche Pflanzen*. Mitteilungen A Rebe und Wein. Klosterneuburg, 1955: 213-222.
13. Oostenbrink, M.: *Over de invloed van verschillende gewassen op de vermeerdering en schade door Pratylenchus bij houtige gewassen*. Tijdschr. o. Plantenz. 62.4., 1956: 189-203.
- 14, 15, 16 en 17. Oskamp, J., en L. P. Batjer: *Soils in relation to fruit growing in New York. II, III, IX, XII*. Bull. 550, 575, 653 en 705 Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Ithaca N.Y., 1932, 1933, 1936, 1938.
- 18, 19 en 20. Rogers, W. S.: *Root Studies. VII, VIII, IX*. Journ. of Pomol. XVII, 1939: 67-85, 99-131 en 131-140.
21. Sprenger, A. M., en J. H. ter Kuile: *Jaarverslag 1953 Centraal Bemestingsproefveld 'De Lange Ossenkampen'*. Het wortel- en profielonderzoek 30: 116-119.
22. Visser, A.: *Invloed grondsoort en grondwaterstand in de fruitteelt*. De Fruitteelt 45, 4, 1955: 88-91.
23. Wiersum, L. K.: *Problemen en methodiek van fysiologisch-oecologisch wortelonderzoek*. T.N.O.-Nieuws 12, 1, 1957: 8-11.
24. Wilcox, J. C., en A. T. Knight: *Factors affecting apple yields in the Okanagan Valley*. Sci. Agriculture 25, 1945: 760-775.

English text of the figures

Afstand tot = distance from the trunk of

% fijne wortels dunner dan 1 mm = percentage of roots with a diameter < 1 mm

% dikke wortels dikker dan 1 mm = percentage of roots with a diameter > 1 mm

% humus = percentage of organic water in the concerning soil horizon

% slib < 0.016 mm = percentage of particles < 16 μ in the concerning soil horizon

poriënvolume = percentage of pore space

legend: levende wortels = living roots

- = roots with a diameter < ½ mm
- = roots with a diameter ½—1 mm
- ◐ = roots with a diameter 1—5 mm
- ◑ = roots with a diameter 5—10 mm
- = roots with a diameter > 10 mm

dode wortels = dead roots

- † = roots with a diameter < 1 mm
- ‡ = roots with a diameter 1—5 mm
- ‡ = roots with a diameter 5—10 mm

figures at the vertical (left) and horizontal (under) verge of every figure give distances in cm from the soil surface (left) and from the left verge of the profile drawn.

Fig. 1. Rooting habit of the apple Jonathan M XVI. A well aerated seasilt profile without any obstruction to deep rooting, besides the groundwater table.

Fig. 2. Rooting habit of the apple Golden Delicious M IV.

A profile in a young heath reclamation. Gray A₂ and brown B – horizons mixed in horizon II. Horizon III contains undisturbed sand.

Fig. 3. Rooting habit of the apple Jonathan M XVI. A profile in the seaclay region; an upper part (I + II) of silt loam and a sandy subsoil (IV + V). In this sandy subsoil a loam horizon, well penetrated by roots (IV).

Structuurwaardering = indication of soilstructure acc. Jongerius Morphologic Investigations of Soil Structure V.L.O. 63.12. 1957.

Fig. 4. Rooting habit of the apple Schone van Boskoop on a seedling rootstock.

A profile in a high creekridge in the seaclay region, characterised by a more compact, clay horizon, poor in Ca CO₃ (IV). This horizon means a real obstruction to a good rootpenetration.

Fig. 5. Rooting habit of the apple Yellow Transparant on a seedling rootstock.

A shallow profile, rich in humus at the country side of the seadunes.

After the heavy rainfall in the spring of 1951 the drainage of this profile proved to be inadequate and a great percentage of the deep roots was killed.

Fig. 6. Relation between the crown-diameter and depth of root penetration of Cox O.P.M. IX and Jonathan M XVI. Soil profiles comparable with fig. 3; but sandy subsoils without horizons of silt loam.