



HANDLEIDING VOOR HET
BESCHRIJVEN
VAN
WORTELSTELSELS EN WORTELS

Inhoud	pag.
Voorwoord	2
Inleiding	3
Typen van wortelstelsels en wortels	4
Hierbij de fig. 1 t/m 8	7
De Beschrijving	12
Te raadplegen literatuur	14
Schema voor het beschrijven van wortel- symptomen	15
Met fig. 9 t/m 29	16

Voorwoord

Verschijselen van afwijkende groei en ontwikkeling van het wortelstelsel of van afzonderlijke wortels kunnen de bodemkundige, de fytopatholoog of de nematoloog interesseren in verband met de oorzaak van deze afwijkingen. Wil men de toestand van de ondergrondse delen van de plant kunnen beoordelen, dan zal men afwijkingen moeten kunnen herkennen en beschrijven .

Om hierbij behulpzaam te zijn, werd bijgaand schema ontworpen. Daarbij is het systeem gevolgd dat door wijlen Prof. J. W. Moll voor botanische beschrijvingen is geïntroduceerd.

De samenstellers

De samenstellers zijn erkentelijk voor de hulp die bij het opstellen werd verleend. In het bijzonder geldt dit de heren Dr. H.A.J. Goede-
waagen en Ir. J.A. van den Berg. Verder de heren A.S.J. Noordijk en R. Havlik voor het verzorgen van de tekeningen die gemaakt werden naar foto's uit de archieven van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, de P.D. en het Rijkstuinbouwconsulentenschap voor Bodemaangelegenheden.

Het beschrijven van wortelstelsels en wortels aan de
hand van een hiertoe opgesteld schema.

Samengesteld door:

P. M. L. Tammes

(Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen)

J. J. Schuurman

(Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen)

L. J. J. van der Kloes

(Rijkstuinbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden, Wageningen)

Inleiding.

Het belang van het beschrijven van wortels en wortelstelsels is o.a. gelegen in het feit, dat men uit bepaalde kenmerken van wortels of wortelstelsels vaak bijzonderheden kan afleiden, die samenhangen met de kwaliteit van de grond of met ziekten en plagen. Daarnaast kunnen ondergrondse kenmerken een indicatie vormen omtrent de oorzaak van bovengrondse afwijkingen in het gewas.

Als men iets wil gaan beschrijven, moet men weten, waarop gelet moet worden. De kenmerken, die men gebruikt, moeten liefst kwantitatief, maar ook kwalitatief zijn. Dit geldt ook wanneer men wortelstelsels en/of wortels wil beschrijven.

Het aantal kenmerken van een wortelstelsel is niet groot. Men zou ze kunnen onderscheiden in normale en abnormale. De laatste kunnen bijvoorbeeld ontstaan door ziekte of beschadiging van wortels of spruiten en karakteristiek zijn voor de oorzaak. De grens is echter niet scherp te trekken. Bij een wortelstelsel zijn de vorm, de laterale uitbreiding, de maximale diepte en eventueel de diepte, die door een groot aantal wortels wordt bereikt - ook wel eens werkzame diepte genoemd - de dichtheid, gezien tegen een bepaalde achtergrond, de kleur, bruikbare kenmerken. Bij een eventuele onderscheiding van bepaalde zones, op grond van kleur of dichtheid kunnen deze kenmerken per zone worden gebruikt. De kenmerken kunnen door ziekte of beschadiging of ouderdom een verandering ondergaan.

Ook bij wortels is het aantal kenmerken gering. Dit komt doordat allerlei kenmerken, die bij het bovengrondse gewas aanwezig zijn, hier ontbreken. Karakteristiek kunnen zijn: de lengte, groeirichting, dikte, vorm, kleur en zijwortelvorming. Bij zieke of beschadigde wortels kunnen daar nog enkele bij komen, die meer van kwalitatieve aard zijn.

Men moet bij het beschrijven van wortelstelsels en wortels bedenken, dat de kenmerken in het algemeen sterk variabel zijn, naar gelang van

de bodemgesteldheid en van de verdeling van water en zuurstof en voedsel in de grond.

Typen wortelstelsels en wortels (met fig. 1 t/m 8)

1. Dicotylen.

a. Gezaaid. (fig. 1, 2, 3)

Bij de kieming van het zaad ontstaat een hoofdwortel. Deze is ook in latere stadia in het wortelstelsel meestal goed te herkennen. Hieraan zullen vrijwel steeds zijwortels 1e orde voorkomen, die op hun beurt weer zijwortels 2de orde kunnen dragen, enzovoorts (figuur 1). Onder bepaalde omstandigheden kunnen bij dicotylen ook adventief- of bijwortels voorkomen. Hieronder verstaat men in het algemeen wortels, die niet als zijwortels van bepaalde wortels ontstaan, maar uit de spruiten voortkomen. Dit kan o.m. het geval zijn op de knopen van wortelstokken of uitlopers (figuur 2, 3) of op de stengelbasis.

b. Aardappel. (fig. 4)

Uit de knoppen van de poter komen spruiten tevoorschijn. Uit de onderaardse knopen van deze spruiten groeien bijwortels en daarnaast stolonen. Deze wortels hebben reeds een aanzienlijke lengte, wanneer de stolonen zich nog maar weinig gestrekt hebben. Aan de top van de stolonen worden de nieuwe knollen ontwikkeld. Meestal komen aan elke knoop één stolon en ongeveer drie bijwortels tevoorschijn. Wortels van aardappelplanten kunnen soms op een diepte van enkele centimeters horizontaal uitgroeien over een afstand van 50 tot 90 cm. Dit is echter bij diverse rassen ongelijk. De bijwortels dragen op hun beurt weer zijwortels 1e orde, enzovoorts (Goedewaagen, 1942).

2. Monocotylen.

a. Grassen en granen (fig. 5)

Na het zaaien ontstaat uit het zaad een worteltje. Dit kan betiteld worden als hoofdwortel. Kort na het tevoorschijn komen van de hoofdwortel begint, ongeveer ter hoogte van de kiemknoop, de vorming van de zogenaamde kiembijwortels. De kiembijwortels en de hoofdwortel, welke laatste trouwens later ook alleen te onderscheiden zou zijn door deze te merken, worden samengevat onder de naam kiemwortels, omdat ze reeds tijdens de kieming van het zaad tevoorschijn komen.

Wanneer er twee of drie bladeren zijn ontwikkeld, begint de vorming van de kroonwortels. Deze zijn in de regel in het basale gedeelte dikker dan de kiemwortels. Ze ontstaan hoger aan de plant dan de kiemwortels, namelijk aan de knopen van de uitstoelingszone. Soms ziet men tussen de kroonwortels en het zaad de zogenaamde halmheffer. De vorming van kroonwortels kan vrij lang doorgaan. Daardoor bereiken ze niet allemaal hetzelfde ontwikkelingsstadium. Zijlstra vond bij wintertarwe, die in ruime potten onder gunstige omstandigheden was gekweekt, bij een rijpe plant 110 kroonwortels (Goedewaagen, 1942). In een recente potproef werden er bij een 3-jarige Engels raaigrasplant zelfs 670 gevonden en bij Westerwolds raaigras in een vrij jong

stadium 170. (Schuurman, niet gepubliceerd). Het aantal kiemwortels is steeds gering en per soort binnen bepaalde grenzen min of meer karakteristiek. Dit is de toestand, die men vindt bij granen en bij grassen in het eerste jaar. Bij meerjarige (overblijvende) grassoorten verandert de situatie echter in het tweede jaar. Deze planten zich in hoofdzaak ongeslachtelijk door uitstoeling of uitlopers voort. Kiemwortels ontbreken hier praktisch en naast jonge kroonwortels komen tal van oudere kroonwortels voor. De laatste zijn door hun doffere of donkerder kleur van de jonge blanke wortels te onderscheiden. Van de oudere wortels zijn er dikwijls verscheidene niet meer in leven (fig. 6).

Kiem- en kroonwortels vormen op hun beurt zijwortels 1e orde, enz. Volgens Goedewaagen (1942) kan men ook vrij lange kroonwortels aantreffen, die nauwelijks vertakt zijn.

Bij sommige grassoorten kunnen bovendien bijwortels worden gevormd aan wortelstokken en uitlopers. Dit gebeurt steeds op de knopen (fig. 7).

b. Bol- en knolgewassen (fig. 8).

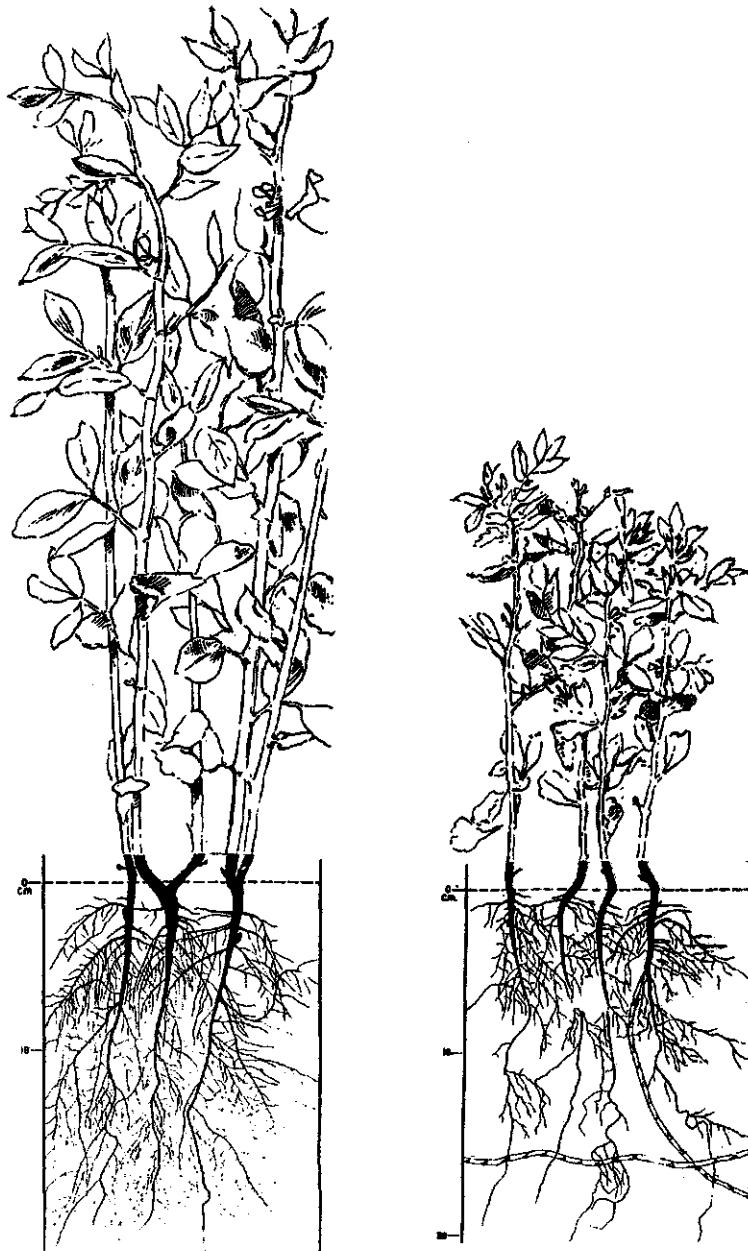
Het onderste deel van de bollen bestaat uit de schijf. Dit is een ineengedrongen stengelgedeelte, dat de bladachtige organen draagt en de knop, waaruit de nieuwe plant zal voortkomen en eventueel een of meer bolknoppen of klisters, waaruit het volgende jaar bollen ontstaan. De draderige bijwortels komen tevoorschijn aan de onderkant van de schijf. (Handleiding bij de plantbeschrijving, 1929). Ze kunnen bij sommige soorten zijwortels 1e orde dragen. Zijwortels 2e orde schijnen zeldzaam te zijn.

Bij sommige bol- en knolgewassen kunnen bovendien zogenaamde trekwortels voorkomen. Dit zijn bijwortels, die sterk verdikt zijn en de bol of knol door contractie dieper in de grond trekken (zie Goedewaagen, 1942).

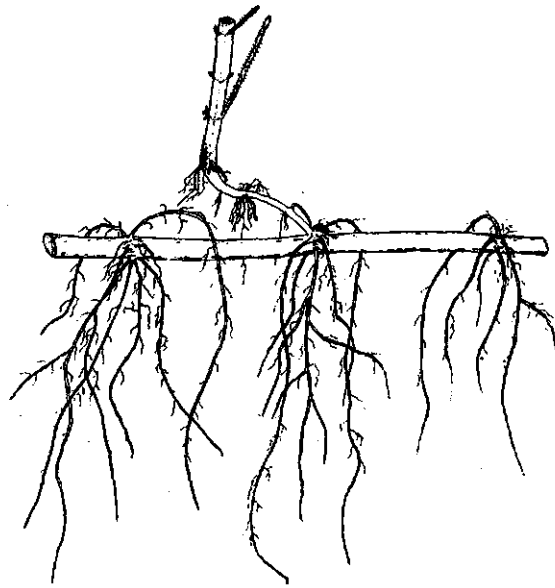
Bij het beschrijven der wortels moet men dus rekening houden met de plantesoort, om aan de wortels de juiste namen te kunnen geven. Het volgende schema geeft nog even in het kort weer, welke soorten wortels aan bepaalde planten kunnen worden aangetroffen:

	Hoofd- wortel	Kiem- wortels	Kroon- wortels	Bij- wortels	Zijwortels le en volgende orde
Dicotylen: gezaaid aardappel gepoot	aanw.		- -	(aanw.) aanw.	aanw. aanw.
Monocotylen: granen en eenjarige grassoorten overblijvende grassoorten bol- en knolgewassen		- aanw. (aanw.) -	- aanw. (aanw.) -	- aanw. aanw.	aanw. aanw. (aanw.)

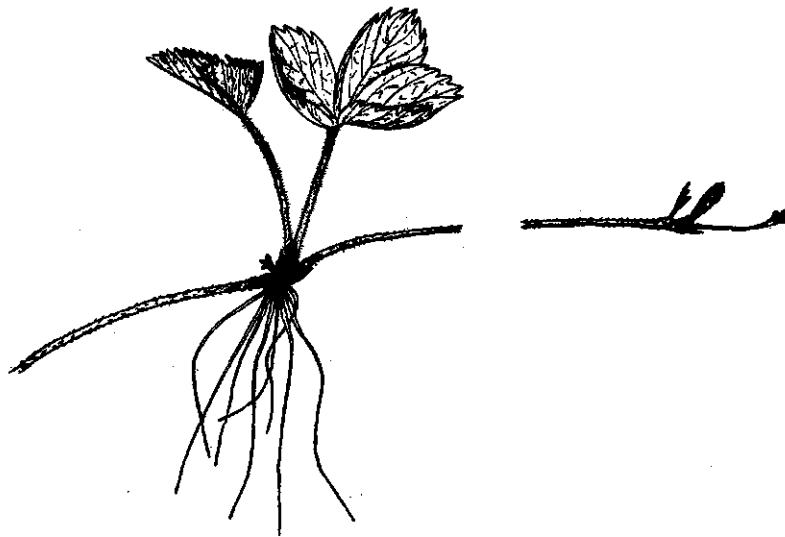
(aanw.) = mogelijk aanwezig.



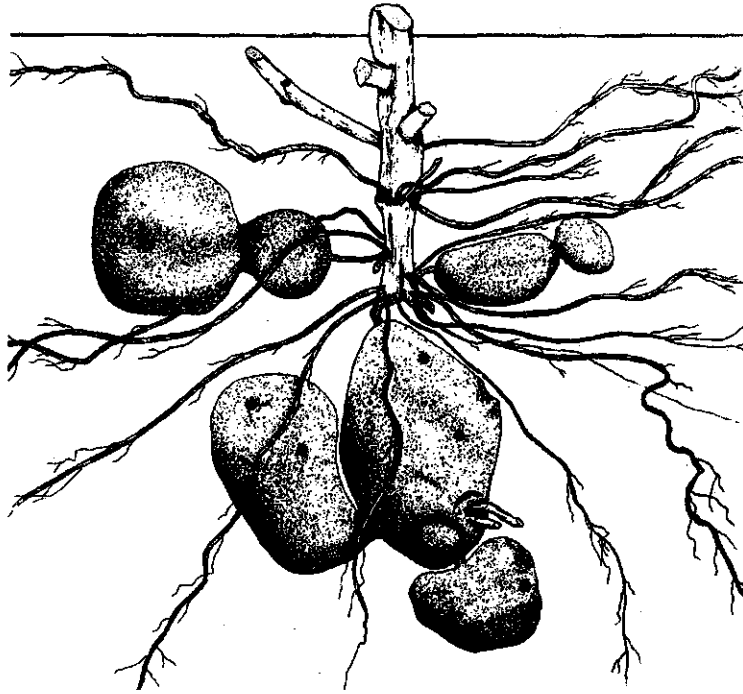
Figuur 1.
Hoofdwortels met zijwortels van 1e, 2e en 3e orde.



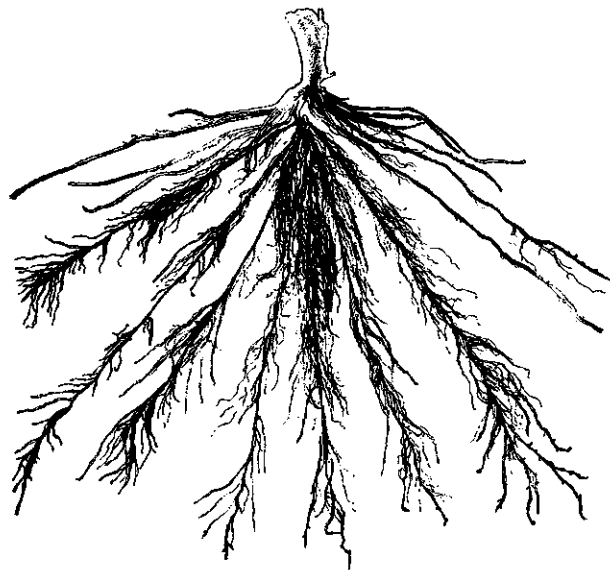
Figuur 2.
Brandnetel: wortelstok met bijwortels op de knopen.



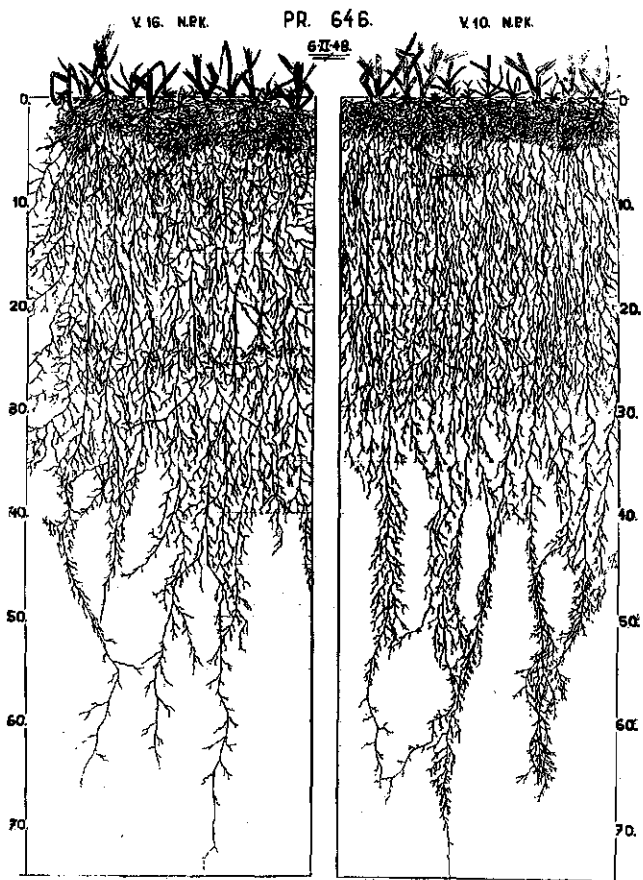
Figuur 3.
Aardbei: Bijwortels aan de knoop van een uitloper.



Figuur 4.
Aardappel: Bijwortels en stolonen met knollen.



Figuur 5.
Rogge: Kiem- en kroonwortels.



Figuur 6.
Wortels van meerjarig grasland.



Figuur 7.
Kweekgras: Bijwortels aan wortelstok.



Figuur 8. Tulp Bol met bijwortels

De beschrijving.

Het vaststellen en beschrijven van afwijkingen is slechts mogelijk wanneer men zich eerst een beeld heeft gevormd van de normale toestand. Men stuit hierbij direct op de vraag wat normaal is en men komt dan tot een begrip dat moeilijk is te omschrijven. De moeilijkheid is, dat het wortelstelsel zelfs bij gezonde planten in bouw en afmetingen een grote variatie kan vertonen naar gelang van de bodemopbouw en de verdeling van voedsel, water en lucht in de grond. In deze gevallen geven de afwijkingen van wortels en wortelstelsels dus een indicatie over de bodemkundige omstandigheden. Wanneer we echter met zieke planten te maken hebben, kiezen we als vergelijkingsobject gezonde planten, die opgegroeid zijn in een grond, waarvan het profiel en de bodemeigenschappen zoveel mogelijk met die der afwijkende of zieke planten overeenkomen. Indien de ziekte of afwijking bij de planten pleksgewijze voorkomt, doet men verstandig, de beworteling van deze planten te vergelijken met die van de normale planten op dezelfde akker. Zijn op het perceel alle planten met deze ziekte of afwijking behept, dan dient in de naaste omgeving naar normale, gezonde planten te worden gezocht die aan een wortelonderzoek worden onderworpen, nadat men er zich tevoren van vergewist heeft, dat het bodemprofiel en andere bodemeigenschappen in grote trekken met de groeiplaats der afwijkende planten overeenkomen.

In principe gaat men bij de wortelbeschrijving op dezelfde wijze te werk als bij het vaststellen van afwijkingen of ziektesymptomen bij plantedelen boven de grond, alleen heeft men dan een veel duidelijker beeld van de gezonde plant, omdat het geheel steeds zichtbaar is en aan een veel geringere variatie onderhevig is dan de structuur van het wortelstelsel.

Alvorens met het wortelonderzoek een begin te maken, verzuime men niet, een korte beschrijving te geven van de bovengrondse afwijkingen, die er tussen de normale en achterlijke of zieke planten bestaan. Wegens de wisselwerking, die er tussen de boven- en ondergrondse organen bestaat, dient n.l. bij het vaststellen van de oorzaak der wortelafwijkingen met een invloed der bovengrondse delen rekening te worden gehouden.

Er dient ook aantekening te worden gehouden van de bodemgesteldheid en wel in het bijzonder van het voorkomen van afwijkende lagen, van de grondwaterstand e.d. zowel op de goede als op de afwijkende plekken, omdat deze gegevens voor een juiste interpretatie der wortelbeelden mede noodzakelijk zijn.

Voor het bekijken en beschrijven van afwijkingen bij ondergrondse plantedelen, kan men op de volgende wijze te werk gaan:

A. Het graven van een sleuf vlak naast de plant, bijvoorbeeld bij enkele gezonde en enkele zieke planten. In het profiel kan men, na recht afsteken, met een prikkertje (een zakkennaald in een handvat) de aarde bij de wortels wat lossteken en zodoende een indruk krijgen van de totale ontwikkeling en de verspreiding van de wortels in de grond.

B. Het lossteken van de plant met een ruime kluit. Bij rulle grond kan

men het zand er uit schudden. Is de grond meer samenhangend of zwaarder, dan zal men de kluit in een sloot of in een emmer water kunnen losspoelen. Voorzichtigheid is hierbij echter geboden. Het gaat hierbij niet om het verkrijgen van een volledig wortelstelsel, maar om afzonderlijke wortels, die nader bekeken moeten worden. Deze methode is echter tamelijk ruw. Wil men nauwkeuriger gegevens hebben, dan zal men in bepaalde gevallen beter een naaldenplankmonster kunnen nemen.

Men probeert dus in het veld een inzicht te krijgen in de aard van de afwijkingen, die men ziet. Dit is echter niet voldoende. Men moet ook weten waar de verschijnselen zich voordoen en wanneer. Tenslotte is het belangrijk te weten waardoor deze zijn veroorzaakt. Dit laatste punt zal evenwel in de praktijk moeilijkheden opleveren, omdat dit in het algemeen te veel all round kennis zal vragen van degene, die de beschrijving uitvoert. Het zal daarom noodzakelijk zijn, dat deze zonodig kan terugvallen op bepaalde specialisten van verschillende richtingen voor het vaststellen van oorzaken.

Men ontmoet wel eens weerstand tegen het gebruik van schema's. Daarom is de vraag gewettigd: Heeft men bij een dergelijke beschrijving een schema nodig? De praktijk, ook op andere gebieden, heeft geleerd, dat een schema belangrijk kan zijn, omdat dit de garantie inhoudt, dat geen aspecten worden vergeten. Bovendien is een vaste volgorde van voordeel bij vergelijking van beschrijvingen.

Een dergelijk schema moet een opsomming geven van allerlei mogelijkheden en moet dus voldoen aan een eis van grote volledigheid. Daarnaast is de opbouw belangrijk. Redelijk is, dat men begint met het algemene beeld van het wortelstelsel eerst in beschouwing te nemen om daarna over te gaan op details van de individuele wortels. Hierbij moet erop worden gelet, dat een goede keuze wordt gedaan. In ieder geval moeten een of meer wortels worden gekozen, die voldoende tijd hebben gehad om op de omstandigheden van de omgeving te reageren. Men moet zich verder goed realiseren welk type individuele wortel men kiest. Consequent redenerende, beperkt men zich eerst tot de kenmerken van de "hoofdwortel", daarna gaat men over tot de zijwortels 1e orde. De mogelijkheid bestaat, dat de habitus van deze zijwortels, bijvoorbeeld in verschillende bodemlagen, varieëert. In dat geval kan het nodig zijn van iedere habitus een of meer vertegenwoordigers te nemen. Vervolgens komen de zijwortels 2de orde aan de beurt. Ook bij deze kan men de richtlijnen voor de wortels van hogere orde volgen, maar in vele gevallen zal dit eenvoudiger kunnen. Dat moet van geval tot geval worden beoordeeld.

Het volgende schema is zoveel mogelijk opgebouwd volgens de hiervoor besproken principes.

Men moet een dergelijk schema tijdens het gebruik niet beschouwen als iets, waarbij op alle genoemde punten een antwoord moet worden gegeven, maar als een leidraad, waarvan bepaalde gedeelten op grond van de waarnemingen zonder meer kunnen worden uitgeschakeld. De gebruiker moet zich hiervan bewust zijn en moet dit ook durven toe te passen.

Bij dit alles is het waarnemen en beschrijven op de voorgrond geplaatst, een en ander staat los van de oorzaak van het verschijnsel,

ook al zal een diagnose meestal het uiteindelijke doel zijn.

Om het schema te verduidelijken is een aantal figuren toegevoegd.

Benodigdheden.

Voor veldwerk:

schop
prikkerkje
emmer
aanteken papier
ballpoint
touw
labels en etiketten
maatstok
pincet
(fototoestel)
mes
loep

Voor beschrijving:

ongelineerd schrift
schema
loep
zakmes
potlood 6H (voor schets)
potlood 3H (voor opwerken)
vlakgom
lineaal
schrijfbehoeften

Te raadplegen literatuur:

Anonym, 1929. Handleiding bij de plantbeschrijving.

Goedewaagen, M.A.J. 1942. Het wortelstelsel der landbouwgewassen.

Alg. Landsdrukkerij, 's-Gravenhage.

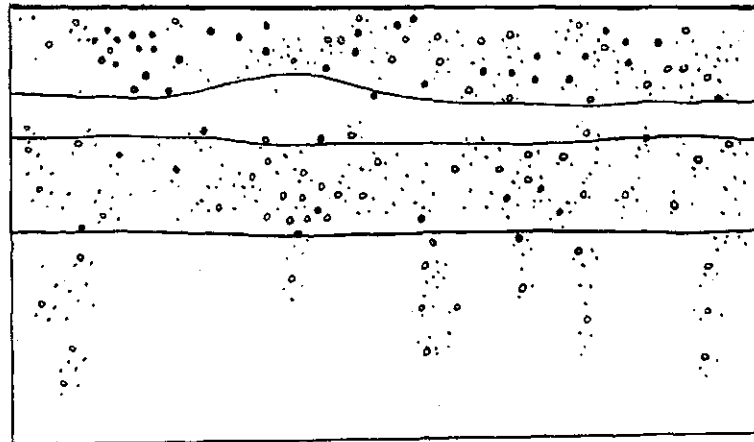
Schuurman, J.J. en M.A.J. Goedewaagen, 1965. Methods for the examination of root systems and roots.

Pudoc.

Schema voor de beschrijving van
wortel-symptomen

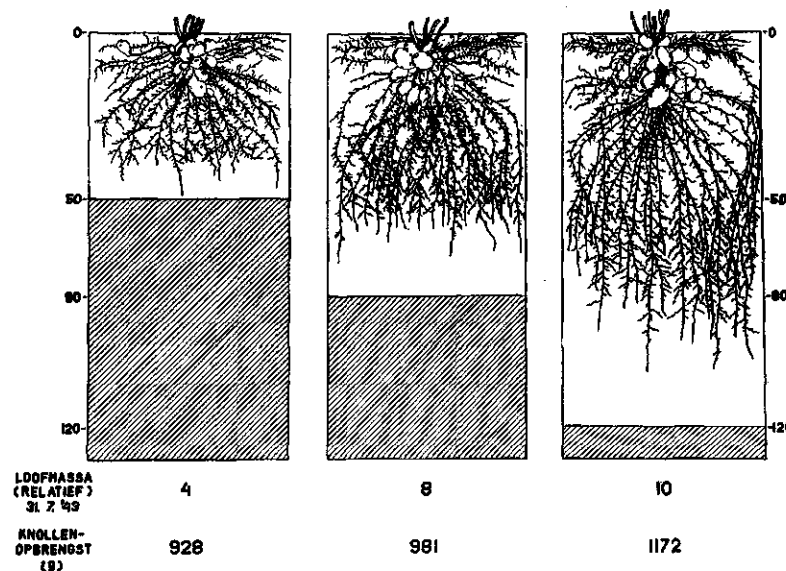
Wortelstelsel	<p>afwijkingen in breedte of diepte: in samenhang met profiel, structuur, grondwaterspiegel, langs scheuren of holtes, wormgangen of anders.</p> <p>sterke ontwikkeling: dikke wortels, sterke vertakking.</p> <p>zwakke ontwikkeling: weinig wortels of vertakking, ijl, dun, dwerggroei, ontbreken penwortel.</p> <p>beschadiging: door vraat of mechanisch, plaats.</p> <p>kleur van levende delen: geel, rood, violet of anders, plaats.</p> <p>kleur van dode delen: bruin, zwart, blauwgrijs of anders.</p> <p>rot: natrot, droogrot, slijmrot, anaeroob rot, verschrompeling, plaats.</p> <p>dode wortels: plaats, ook in verband met profiel.</p>
Wortels	<p>vertakking: weinig of veel, langs gehele wortel of pruijk of met parasols;</p> <p>vorm: geremd: met grove korte wortels of wortelstompen.</p> <p>kromming of verwringing: langs wortels, basis of top.</p> <p>dunne delen of insnoeringen: langs wortels, basis of top.</p> <p>zwellingen: (symmetrisch t.o.v. de wortel) langs wortel, basis of top (knots) of anders.</p> <p>gezwellen: (asymmetrisch t.o.v. de wortel) langs wortels, basis of top, onregelmatig of regelmatig van vorm b.v. rond, spiraalvormig of anders.</p> <p>peulgewassen: knolletjes aanwezig of afwezig.</p> <p>vertakking bij gezwellen: ijl of sterk, op of naast gezwel. regelmatig of onregelmatig, pruijken of anders.</p> <p>aanhangselen: schimmellaag of aanklevende aarde, vruchtlichamen, cysten of anders.</p> <p>beschadiging: door vraat of mechanisch, afgesneden of afgeknaagde wortels, plaats.</p> <p>relief: glad, ruig of anders.</p> <p>barsten, spleten, gaten of gangen: vorm en plaats, overlans of dwars, regelmatig of onregelmatig van vorm.</p> <p>pukkels: open of gesloten, plaats.</p> <p>kleur levende delen: uitwendig: geel rood, violet of anders, plaats.</p> <p>inwendig: in schors, bast, vaatbundels, hout of merg.</p> <p>kleur dode delen: plaats: gehele wortels, delen, lesies of anders.</p>

kleur: bruin, zwart, blauwgrijs (anaeroob) of anders.
 rot: natrot, droogrot, slijmrot, anaeroob-rot, verschrompeling of anders;
 buigzaamheid: buigzaam of bros.
 wortelpunten: blanke worteleinden aanwezig of afwezig, kort of lang.

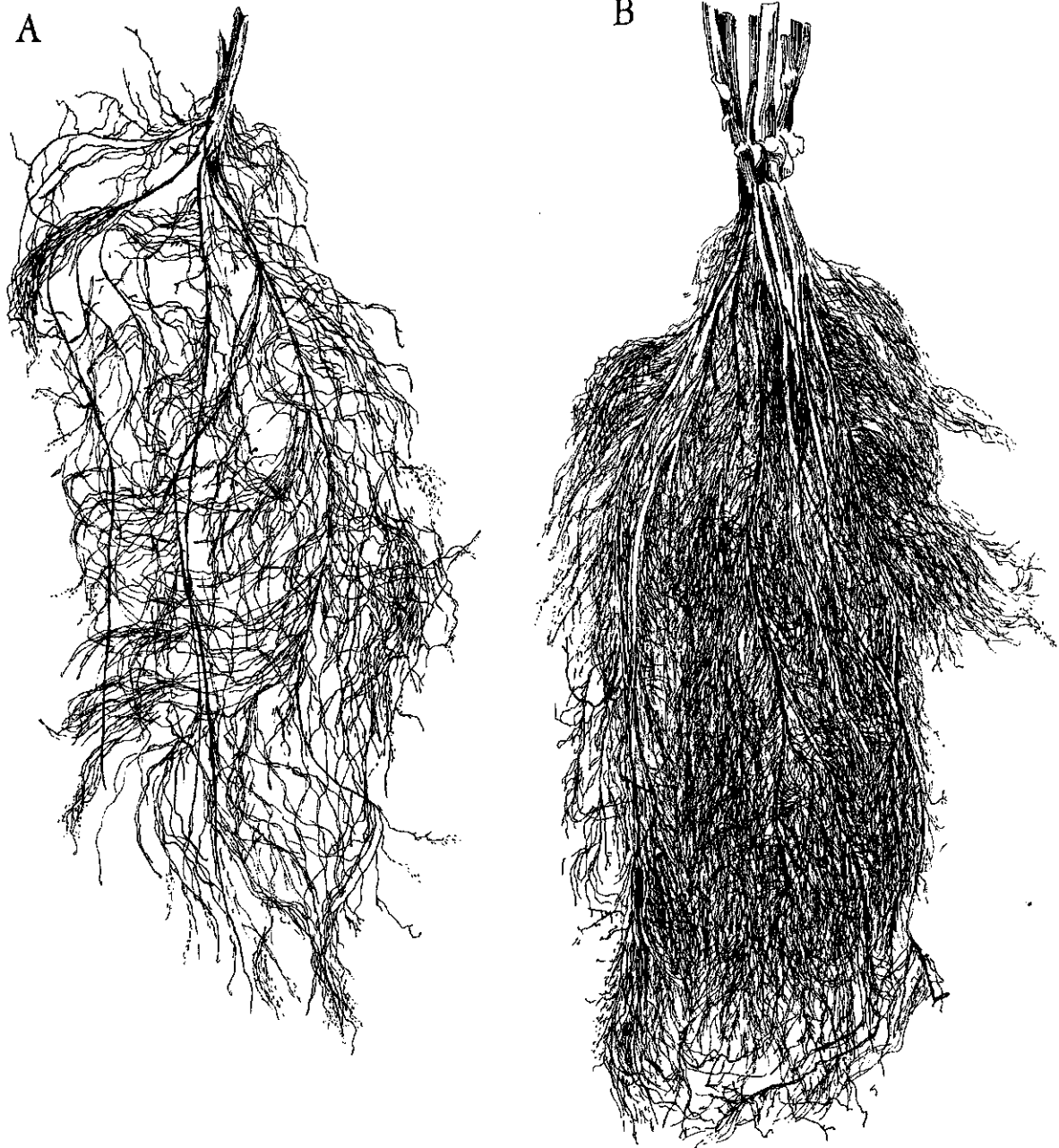


Figuur 9.
 Afwijkingen in de ontwikkeling van het wortelstelsel bij de tomaat, i.v.m. de profielopbouw. Bijna geen wortels in de tweede laag, die verdikt is. De diepste wortels gaan door wormgangen in de overigens niet bewortelbare ondergrond.

Tek



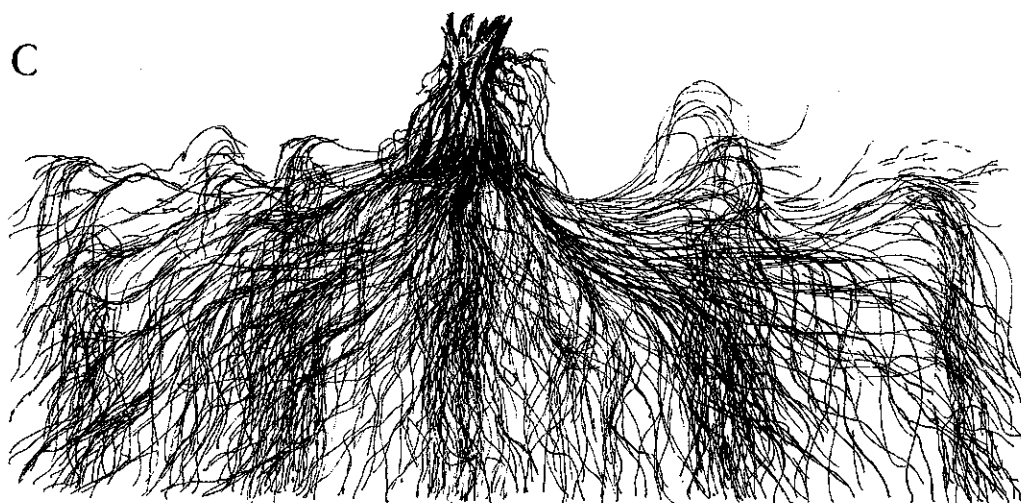
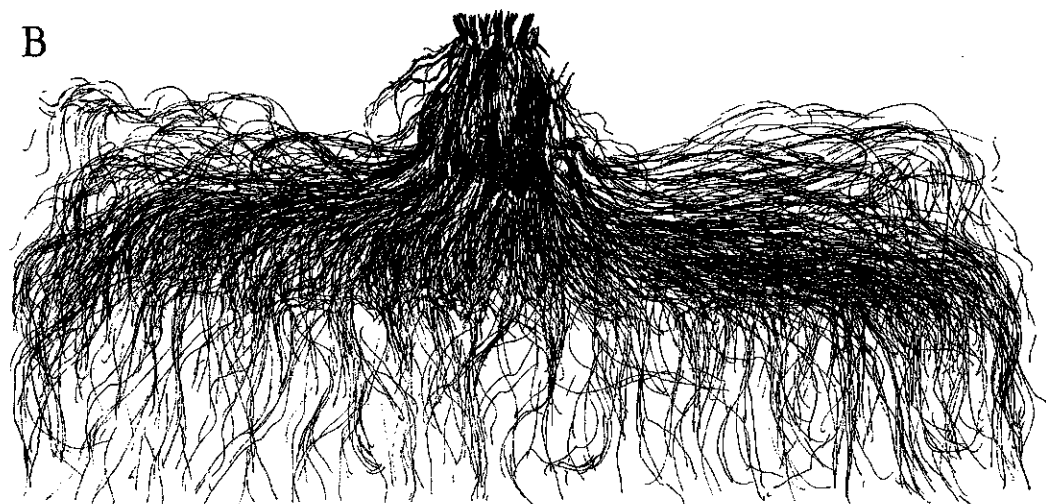
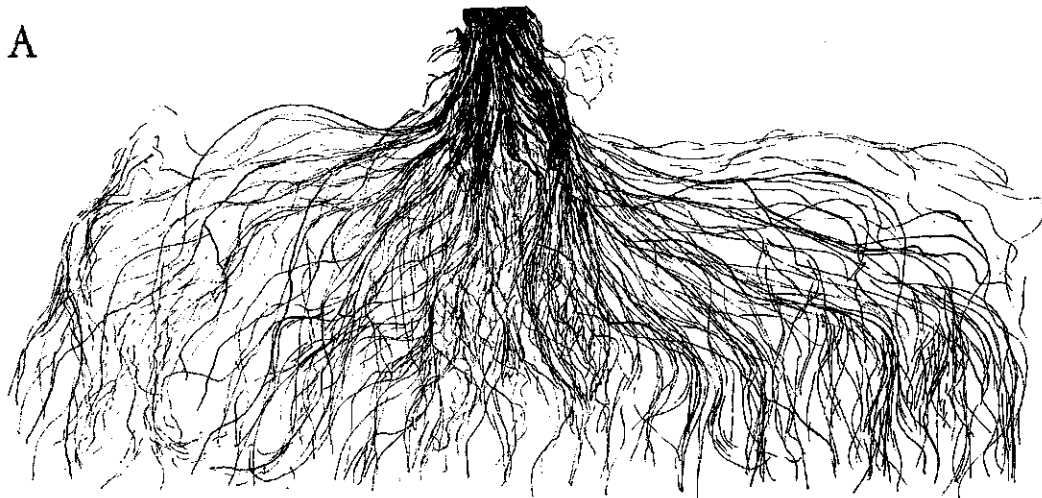
Figuur 10.
 Afwijkingen in de ontwikkeling van het wortelstelsel bij de aardappel i.v.m. de hoogte van de grondwaterstand (gearceerd gedeelte).



Figuur 11.
Afwijkingen in de ontwikkeling van het wortelstelsel van haver, i.v.m.
fosfaatbemesting.
Links fosfaat-arm, rechts 400 kg P_2O_5 per ha.



Figuur 12. Wortelgroei langs de breukvlakken van de elementen



Figuur 13.
Invloed van bekalking op wortelstelsel bij tarwe. a. geen kalk Ph 4.1;
b. kalk in bovenlaag 0-20 cm Ph boven 4.7 onder 4.1;
c. kalk in vertikale stroken Ph in strook 6.4 daarbuiten 4.1.



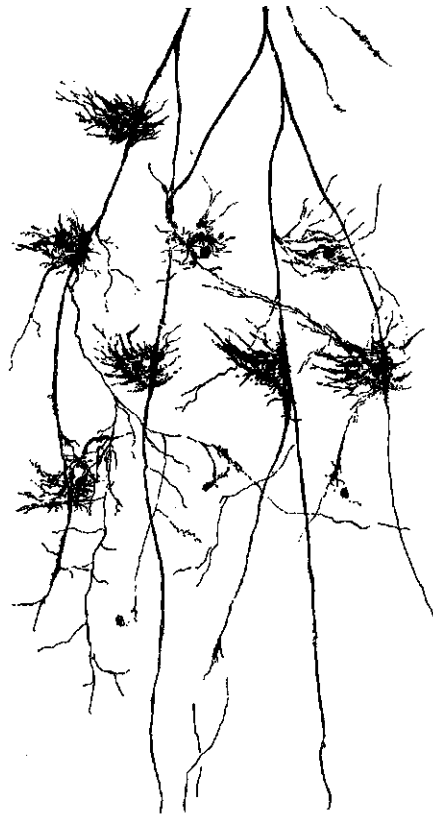
Figuur 14.
 Links: Zwakke en oppervlakkige ontwikkeling van het wortelstelsel van Limburgse boskriek door Pratylenchus.
 Rechts: normaal.

Figuur 15.
 Links: Beschadiging van het wortelstelsel van zwarte bes, ten gevolge van mechanische groundbewerking.
 Rechts: Ontwikkeling van het wortelstelsel bij uitsluitend gebruik van herbiciden (naar Robinson). Het verschil is dat bij de mechanische groundbewerking geen wortels in de bovenlaag voorkomen.

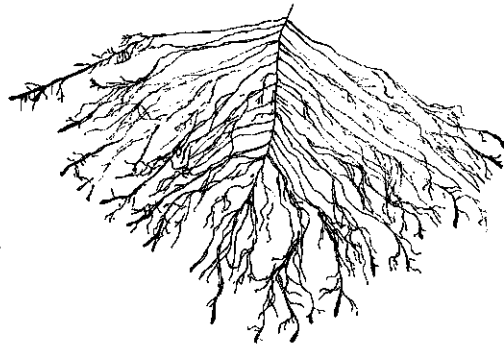




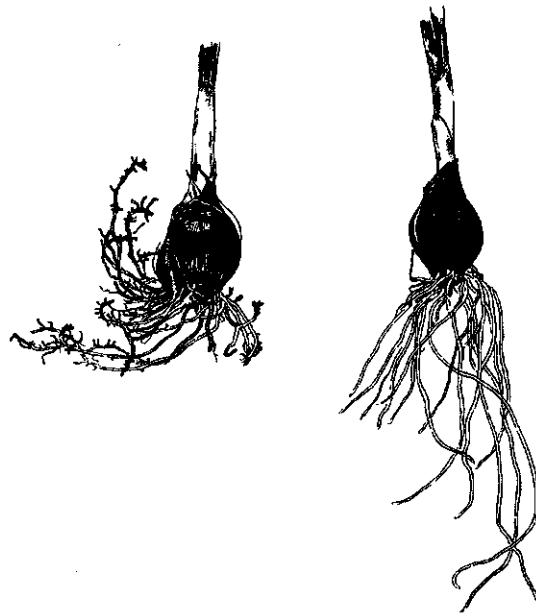
Figuur 16.
Links: zeer sterke vertakking en oppervlakkige wortelgroei bij Limburgse boskriek, door *Pratylenchus penetrans*.
Rechts: normaal.



Figuur 17.
Sterke zijwortelvorming als gevolg van plaatselijke fosfaatbemesting, dus rondom de fosfaat-korreltjes.



Figuur 18. Wortel met verdikte uiteinden t.g.v. groeiremming.

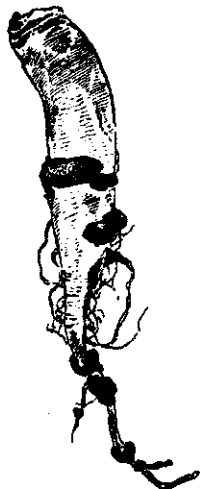
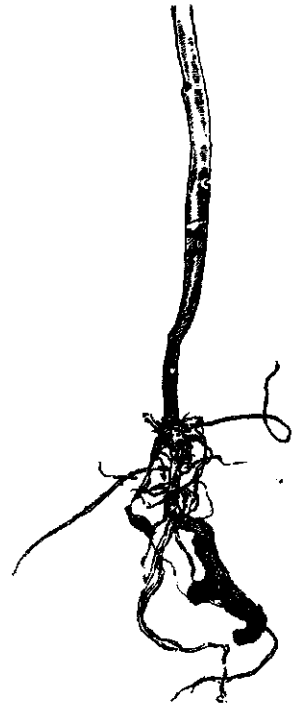


Figuur 19.
Links: sterke vertakking en kromming van wortels bij Iris door aaltjes.
Rechts: normaal.

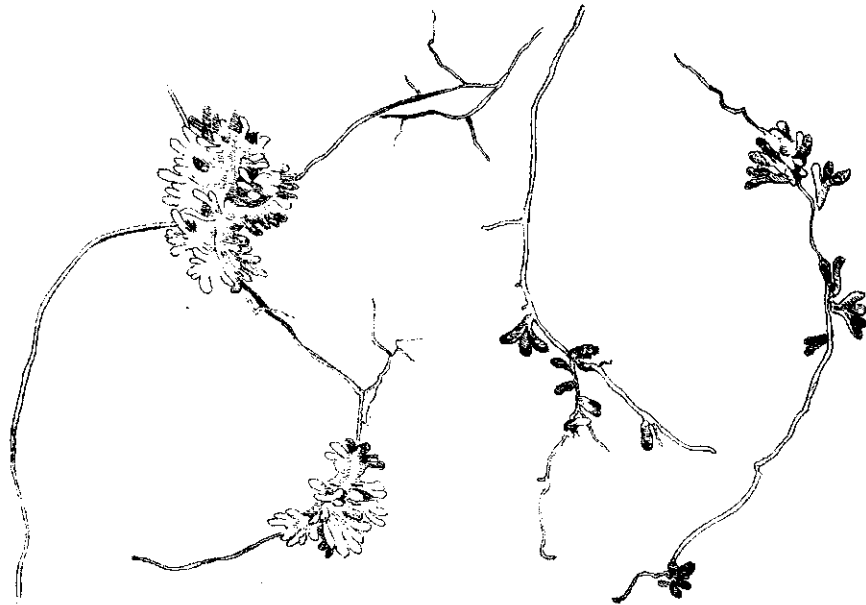


Figuur 20.
Insnoering bij peen door herbicide werking.

Figuur 21.
Zwellingen: knotsvormige uiteinden
bij koolwortels, t.g.v. knolvoet.

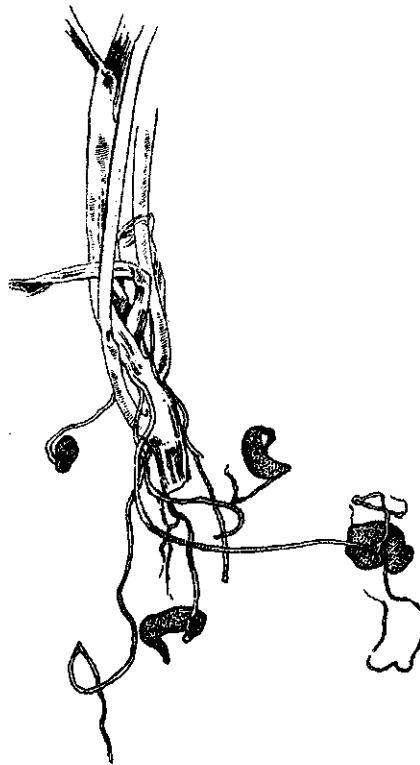


Figuur 22.
Gezwellen: wratten van Streptomyces
op stoppelknollen.



Figuur 23. Wortelknolletjes of wortels van Luzerne

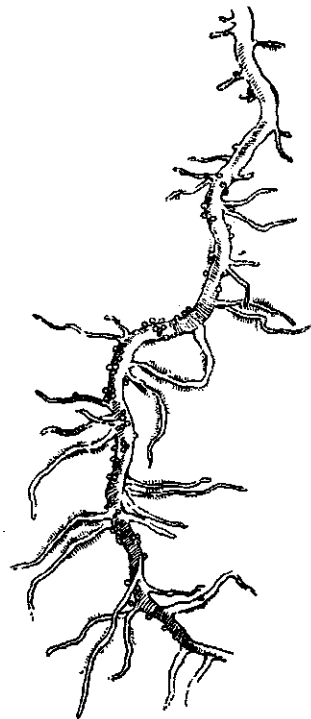
Zowel afzonderlijke knolletjes als waaivormige groepjes
komen voor



Figuur 24.
Vertakking van graswortels bij gezwellen door *Ditylenchus radiculicola*.



Figuur 25. Haverwortel met aanhangend zand.



Figuur 26.
Cysten op aardappelwortel.



Figuur 27.
Vreterij: wortelvlieg op peen.



Figuur 28.
Barst in mierikswortel door onbekende oorzaak.



Figuur 29. Wortels met zwarte uiteinden
bij de erwt