

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION GRONINGEN.

De inwendige bouw der wortels van Gerst

DOOR

DRS. M. A. J. GOEDEWAAGEN en DR. K. ZIJLSTRA.

(Ingezonden 16 Juli 1924.)

Inleiding.

Over den morphologischen bouw van het wortelstelsel van eenige graansoorten verscheen in 1922 van de hand van een onzer een opstel, voornamelijk handelende over de vraag, wat het lot is van den hoofdwortel bij de Gramineeën¹⁾. Daarin werd uiteengezet, dat er bij het wortelstelsel der graansoorten duidelijk onderscheid gemaakt moet worden tusschen 3 groepen van wortels aan een en dezelfde plant, groepen, die hun aanzijn danken aan den verschillende oorsprong dezer organen; terwijl tevens het morphologische karakter van 2 dezer groepen, nl. de hoofdwortel en de kiembijwortels eenerzijds, de kroonwortels anderzijds, zeer verschillend is.

Nu ligt het voor de hand, verder na te gaan, of de morphologische verschillen van deze wortels ook samengaan met verschillen in den inwendigen bouw. Ter beantwoording van deze vraag moet niet alleen worden onderzocht, of en in welk opzicht de hoofdwortel en de kroonwortels anatomisch van elkander verschillen, maar ook moeten de kiembijwortels, die morphologisch niet van den hoofdwortel kunnen worden onderscheiden, in anatomisch opzicht met den inwendigen bouw van den hoofdwortel worden vergeleken.

Niettegenstaande er reeds veel over den mikroskopischen bouw van wortels, ook van Gramineeënwortels, is geschreven, is toch, voorzoover wij hebben kunnen nagaan, de boven gestelde vraag nog nooit op eenigszins bevredigende wijze beantwoord. Uit de verschillende verhandelingen over dat onderwerp blijkt duidelijk, dat men zich niet voldoende rekenschap heeft gegeven van het feit, dat we bij de wortelstelsels der Gramineeën met, naar hun

1) K. ZIJLSTRA. De Hoofdwortel van eenige graansoorten. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations, n^o. XXVI, 1922, pag. 19-59.

oorsprong, verschillende wortels te maken hebben bij een en dezelfde plant. Dit is een der oorzaken, waardoor de gegevens der literatuur moeilijk met elkander in overeenstemming zijn te brengen, nog daargelaten de omstandigheid, dat de anatomische beschrijvingen in het algemeen onvolledig, verward en daardoor onvergelykbaar zijn.

Om een en ander nader toe te lichten, zullen wij hier in het kort eenige verhandelingen van andere auteurs bespreken, voorzover ze verband houden met het onderwerp van ons onderzoek. Daarbij zullen wij ons beperken tot die onderzoekingen waarvan mag worden aangenomen, dat ze vrij vaak geraadpleegd worden door hen, die zich op een of andere wijze met de bestudeering van Gramineëenwortels bezig houden. De kleinere, minder bekende publicaties laten we dus achterwege.

In de eerste plaats vermelden wij het werk van VAN TIEGHEM: *Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires* ¹⁾. Dit onderzoek is vooral daarom van belang, omdat hierin voor het eerst de inwendige bouw van Gramineëenwortels in het licht gesteld werd. Er komt een beschrijving in voor van de hoofd- en kiembijwortels van *Triticum sativum*, en van *Secale cereale*, *Zea Mays* en *Hordeum bulbosum*. VAN TIEGHEM heeft, alvorens met de bestudeering der *Triticum*wortels te beginnen, de kieming van deze plant zorgvuldig nagegaan, omdat hij inzag, dat het anders vrijwel onmogelijk zou zijn, den hoofdwortel van de overige, eveneens bij de kieming ontstaande, wortels te onderscheiden. Dit verdient temeer vermelding, daar de meeste latere onderzoekers, die studie hebben gemaakt van de anatomie van Gramineëenwortels, zich er geen rekenschap van hebben gegeven, welke soort van wortels eigenlijk door hen werden onderzocht. Sommige auteurs gaan zelfs zoo ver, dat ze kroonwortels bestudeerden, doch daarbij in de meening verkeerden, dat het kiemwortels waren. VAN TIEGHEM stelde vast, dat de hoofdwortel (*racine principale*) en de kiembijwortels (*racines adventives*) van tarwe aan elkaar gelijk zijn, wat hun inwendigen bouw aangaat, hetgeen door ons voor de overeenkomstige worteltypen van gerstplanten kon worden bevestigd.

Kroonwortels werden door hem niet onderzocht. Verder deed VAN TIEGHEM bij dat onderzoek de ontdekking, dat bij alle door hem onderzochte Gramineëenwortels de protoxyleemelementen aan de endodermis grenzen, en dus den pericambiumring onderbreken, hetgeen niet het geval was bij de overige, door hem bestudeerde, families der Monocotylen. Deze protoxyleemelementen werden door hem aangezien voor ringvaten (*vaisseaux annelés et spiralés*), welke voorstelling echter naderhand, o. a. door KLINGE ²⁾, ten onrechte werd bestreden. Nu is door ons onderzoek wederom vast

1) TH. VAN TIEGHEM. *Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires*. Annales des Sciences naturelles, 5e Série. Tome 13; 1870.

2) J. KLINGE. Vergleichend histologische Untersuchung der Gramineëen und Cyperaceëenwurzeln, insbesondere der Wurzelleitbündel. Mém. de l'académ. impér. des Sc. de St. Pétersbourg. VIIe Sér., T. XXVI, n°. 12, 1879.

komen te staan, dat de wanden der protoxyleemelementen van gerstwortels en van eenige andere graansoorten in het bezit zijn van ringvormige verdikkingen.

Verder zullen wij op de beschrijvingen van VAN TIEGHEM niet ingaan, omdat ze in hoofdzaken overeenkomen met hetgeen door ons bij gerstwortels werd waargenomen. Alleen dient nog vermeld te worden, dat VAN TIEGHEM wijst op het merkwaardige feit, dat bij de Monocotylenwortels in het midden der stele een of meer groote houtvaten gelegen zijn, door mergcellen (cellules conjonctives) van de xyleemplaten gescheiden.

In aansluiting aan het werk van VAN TIEGHEM verdient dat van DE BARY¹⁾, *Vergleichende Anatomie etc.*, genoemd te worden. De daarin voorkomende beschouwingen over Gramineëenwortels zijn echter grootendeels aan het onderzoek van VAN TIEGHEM ontleend, zoodat wij er hier niet nader op behoeven in te gaan.

Uitvoeriger hebben wij te bespreken de *Vergleichend histologische Untersuchung* van KLINGE²⁾, waarin de anatomie wordt beschreven van Cyperaceëen- en van Gramineëenwortels; van de eerste familie ca. 50 soorten, van de laatste ca. 75 soorten, waaronder ook de graanplanten. Hoofdwortel, kiembijwortels en kroonwortels worden in deze verhandeling niet uit elkander gehouden; naar het schijnt beschouwt KLINGE de wortels van eenzelfde plant als morphologisch gelijkwaardig.

Achtereenvolgens worden de epidermis (Hautgewebe), de schors (Rindengewebe) en de stele (Leitbündelgewebe) der wortels beschreven.

Van de epidermiscellen zegt KLINGE, dat deze bij *Hordeum* vulgare onregelmatig gerangschikt zijn. Het is echter opmerkelijk, dat in onze coupes bijna altijd een regelmatig gebouwde epidermis voorhanden was. Verder waren op de door ons onderzochte gerstwortels, voorzoover deze gaaf waren, wortelharen aanwezig van den top tot de basis, terwijl daarentegen KLINGE beweert, dat de haren der Gramineëen- en Cyperaceëenwortels verdwijnen, wanneer de cellen der inwendige deelen volwassen zijn geworden.

Bij de bespreking van de schors worden door KLINGE 3 concentrische zône's onderscheiden: de buitenschors, de buitenste binnenschors en de binnenste binnenschors, welke indeeling door ons werd overgenomen, doch eenvoudigheidshalve genoemd: buitenschors, middenschors en binnenschors, en overeenkomend met de 3 zône's van KLINGE. Door laatstgenoemden onderzoeker werden nu de schorsen der diverse soorten met elkaar vergeleken en naar gelang van hun bouw verschillende rubrieken onderscheiden. Om te beginnen worden twee categorieën tegenover elkander gesteld:

1. de planten met een niet heel duidelijk gedifferentieerde buitenschors in de wortels,

1) A. DE BARY, *Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne*. 1877.

2) J. KLINGE, loc. cit.

II. de planten met een kleincellige, in ouderen toestand sclerenchymatische, duidelijk begrensde buitenschors in de wortels.

Elk dezer categorieën wordt weer in rubrieken gesplitst:

Ia. Geen duidelijke buitenschors. Schors blijft behouden.

Ib. „ „ „ „ Schors verdwijnt.

Ic. „ „ „ „ Overgang tusschen Ia en Ib.

IIa. Duidelijke buitenschors. Radiale collaps.

IIb. „ „ „ „ Tangentiale collaps.

Hordeum vulgare wordt door den auteur ondergebracht in rubriek Ia, doch naar onze meening ware het beter geweest, als deze soort geplaatst was in Ic, aangezien de schors bij de grondwortels van deze plant dikwijls afwezig is. KLINGE zegt trouwens zelf daarover op pag. 13, dat hij de overtuiging gekregen heeft, dat het persisteren of verdwijnen der schors afhankelijk is van zekere omstandigheden en van den bodemtoestand, zoodat een groepeerling der soorten volgens het opgestelde schema niet altijd consequent is door te voeren. Hij heeft echter niet opgemerkt, dat de schors in het ca. 4 c.M. lange basale einde der kroonwortels gebouwd is volgens het type IIa (zie onze samenvatting 8 c), zoodat dus een en dezelfde wortel deels tot type Ic, deels tot type IIa behoort.

Het komt ons derhalve voor, dat de wortels der onderzochte soorten door deze rubriceering allermint zijn gekarakteriseerd.

Ook heeft KLINGE de door hem onderzochte soorten in groepen ingedeeld, naar gelang van de plaatsing en den bouw der xyleemplaten. Allereerst worden 3 categorieën onderscheiden:

A. de xyleemstralen grenzen direct aan de endodermis.

B. de xyleemstralen door pericambiumcellen van de endodermis gescheiden.

C. de toestanden A en B treden in eenzelfde stele gecombineerd op.

De planten van deze categorieën worden weer in groepen verdeeld. Zoo treffen we onder A 3 rubrieken aan. n.l.:

Aa. elke xyleemplaat bestaat uit 1 vat.

Ab 1. elke xyleemplaat bevat 1 nauw en 1 wijd vat.

Ab 2. „ „ „ 2 nauwe en 2 wijde vaten.

Ac. „ „ „ 3 of meer vaten.

Hordeum vulgare wordt door KLINGE geplaatst in rubriek Ab 1, waarvan op pag. 38 de volgende beschrijving voorkomt: „Zwei Xylemgefäße, von denen das erste, das an die Leitbündelscheide herantretende Gefäß“ (door ons als ringtracheïde beschreven) „sich durch seine Englichtigkeit gleichsam wie eingekeilt zwischen die viel weitlichtigeren Pericambiumzellen ausnimmt, an welchen das zweite, weitlichtigere, nach Innen sich anschliesst, hat die Mehrzahl der Gramineenwurzeln, die ein Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide besitzen“.

Inderdaad beantwoorden de wortels van gerst grootendeels aan deze beschrijving. In onze coupes grensden vrijwel alle xyleemstralen aan de endodermis, doch de bouw dezer stralen was niet altijd in alle deelen van den wortel dezelfde. Het schijnt ons derhalve toe, dat dit schema in het gebruik niet mee zal vallen. Zoo troffen wij in het basale einde der kroonwortels niet 1 ringtracheide per straal aan, doch wel 3 tot 5, terwijl daarentegen in het overige gedeelte dezer wortels gewoonlijk slechts 1 tracheide voorkomt. Deze toestand is echter door KLINGE niet beschreven; er ontbreekt dan ook in zijn schema een rubriek voor dit geval.

In het jaar 1922 verscheen een studie over anatomische wortelstructuur van gerst, van de hand van Miss VIOLET G. JACKSON (van het Rothamsted Experimental Station)¹⁾, welke publicatie in zooverre merkwaardig is, omdat de schrijfster de eerste is geweest, die den anatomischen bouw van kroonwortels bestudeerd en vergeleken heeft met dien der kiembijwortels. Aanvankelijk onderzocht zij alleen jonge, nog onvertakte kroonwortels, die door haar „unbranched roots” worden genoemd, in tegenstelling met de reeds in jongen toestand sterk vertakte kiembijwortels („branched roots”). Toen zij echter later bemerkte, dat de kroonwortels zich op den duur eveneens vertakten en in dit opzicht meer en meer de kiembijwortels nabij komen, heeft zij ook de oudere kroonwortels in onderzoek genomen, en deze wegens hun overeenstemming met de kiembijwortels „transition roots” genoemd.

In het geheel werden dus drie worteltypen onderscheiden, n.l. de *unbranched roots*, de *transition roots* en de *branched roots*, en van deze de inwendige bouw beschreven, onderling vergeleken en in vele opzichten ongelijk bevonden.

Wij kunnen ons met bovengenoemde indeeling niet vereenigen, omdat de onderscheiden wortelvormen o. i. niet zonder meer vergelijkbaar mogen worden geacht. Immers de „unbranched roots” en de „transition roots” behooren eigenlijk tot eenzelfde worteltype en verschillen alleen hierin, dat ze in een ongelijk stadium van ontwikkeling verkeerden, terwijl daarentegen de „branched roots” zich van deze beide onderscheiden in de wijze, waarop ze zijn ontstaan.

Is dus de indeeling reeds uit een morphologisch oogpunt niet te verdedigen, zij wordt o. i. onhoudbaar, wanneer men den inwendigen bouw dezer wortelvormen gaat vergelijken. Om dit aan te toonen, zullen wij een gedeelte uit de publicatie van Miss JACKSON citeeren, en daaraan puntsgewijze onze bezwaren toevoegen.

Op pag. 30: „Development of roots from unbranched into branched type”.

„The ultimate fate of these unbranched roots is that they give off laterals and approximate more and more the branched type. At the same time the internal anatomy undergoes certain changes.

1) VIOLET G. JACKSON. Anatomical structure of the Roots of Barley (Rothamsted Experimental Station). Annals of Botany 1922, Vol. XXXVI, pag. 21.

Fig. 10 represents a section of a root of this transition type. The most noticeable feature is the increased development of thickened cells in the central tissue of the stele. The endodermis is also thickened, though not to such a great extent as in the typical branched root. The only cells which are still thin-walled are those of the pericycle and those between the several xylem groups. The phloem cells also become more differentiated and assume the appearance of the corresponding tissue in the branched roots.

The question then arises as to what happens to the newly formed parts of these transitional roots. Fig. 11 is drawn from a section taken near the tip of a root, which was obviously of the unbranched type but carried a number of laterals. A section near the grain of this root shows essentially the same structure as that of Fig. 10, that is, there are five large central ducts and a considerable number of thickened cells in the stele, but here at the tip there are only two very large central ducts and the development of thickened tissue is still more marked. The phloem is also well differentiated and the pericycle and endodermis are thickened, especially in the zones between the xylem groups."

1. Wij deden eveneens de ervaring op, dat de mergcellen en de endodermiscellen in de oudere deelen van volwassen kroonwortels dikkere wanden hebben, dan die in de overeenkomstige deelen van jonge kroonwortels. Men meene echter niet, dat dit proces der wandverdikking pas begint met het optreden der zijwortels. Het neemt reeds een aanvang, wanneer de kroonwortels als kleine heuveltjes op het basale gedeelte der halmen zichtbaar worden. Zie verder onze samenvatting.

2. In tegenstelling met de meening van Miss JACKSON, dat de endodermiscellen der kroonwortels niet zoo dikwandig zijn als die in de overeenkomstige deelen der kiembijwortels, troffen wij eenige kroonworteldwarscoupes aan, waarbij deze cellen buitengewoon dikke wanden hadden. De wanddikte is trouwens een onbetrouwbaar kenmerk en derhalve allerm minst geschikt, om dienst te doen bij een vergelijkend-anatomisch onderzoek van Gramineeënwortels, hetgeen uit punt 4 van onze samenvatting kan worden opgemaakt. Het komt ons voor, dat Miss JACKSON aan dit kenmerk een te groote beteekenis heeft toegekend.

3. Evenals Miss JACKSON konden wij vaststellen, dat het aantal centrale vaten in de kroonwortels van de basis naar den top geleidelijk kleiner wordt. Blijkens onze ervaring begint deze afname reeds tijdens den groei der jonge kroonwortels in het onvertakte stadium (zie punt 8 I van onze samenvatting). Het optreden der zijassen mag dus in geen geval aangezien worden voor een moment van beteekenis in de ontwikkeling der kroonwortels, zooals abusievelijk uit het betoog van Miss JACKSON zou kunnen worden geconcludeerd.

4. Met de afname van het aantal centrale vaten in de richting van den kroonworteltop gaat een algeheele vereenvoudiging der anatomische structuur gepaard, hetgeen onmiddellijk opvalt, wan-

near men b.v. de figuren 10 en 11 in het artikel van Miss JACKSON met elkander vergelijkt. Hiervan wordt echter in den tekst geen melding gemaakt, en evenmin van het feit, dat het aantal xyleemstralen van de basis naar den top geleidelijk afneemt (zie punt 8 F van onze samenvatting). Dit is de auteur blijkbaar ontgaan, want in de in serie B van fig. 12 voorkomende schematische teekeningen van dwarscoupes door het basale gedeelte, het middengedeelte en het topgedeelte van kroonwortels is ten onrechte een gelijk aantal xyleemstralen in tekening gebracht.

Miss JACKSON geeft voorts eenige tabellen, betrekking hebbende op proeven, door haar genomen, om den invloed te onderzoeken van verschillende bemestingen op den anatomischen bouw der wortels. Daartoe waren 5 serie's potkulturen aangelegd, die op verschillende wijze waren bemest; van elk dezer serie's werden 2 „branched” en 2 „unbranched roots” onderzocht en hiervan in het basale gedeelte de worteldiameter, de stele-diameter, het aantal centrale vaten, het aantal xyleemstralen en eenige andere waarden bepaald. Tegen deze tabellen en den daarop betrekking hebbenden tekst zijn bij ons de volgende bedenkingen gerezen:

1. het aantal onderzochte wortels is te gering, om de gestelde vraag te kunnen beantwoorden, temeer, daar het ons gebleken is, dat de grenzen der waarden, door de auteur bepaald, ook bij gelijk behandelde planten meestal ver niteen liggen.

2. Van sommige kulturen werden in het geheel geen kiembijwortels onderzocht, doordat de „branched roots”, die Miss J. van deze planten fixeerde, bij de bestudeering der coupes kroonwortels bleken te zijn. „It must be remembered,” — aldus Miss J. op pag. 32 — „that, when this material was being preserved, it was not realized that the unbranched roots ultimately resembled the branched type, so that in certain cases roots which were originally of the unbranched type were preserved as typical branched roots.”

Het schijnt ons toe, dat er betere criteria bestaan, om de kroonwortels van de kiembijwortels te onderscheiden.

3. De opgegeven worteldiameters, alsmede de daarvan afgeleide waarden zijn onjuist, omdat de schors, tengevolge van de fixeering in sterken alkohol ineengeschrumpeld is. Daarentegen stemmen de stele-diameters — ook de uiterste waarden daarvan — zeer goed met de onze overeen. De stele-elementen hebben n.l. wegens hun dikkere wanden voldoende weerstand kunnen bieden aan de contraheerende werking van den sterken alkohol.

Ook tegen de afbeeldingen en den daarbij behoorenden tekst hebben wij bezwaren, en wel:

1. De auteur heeft verzuimd — op enkele uitzonderingen na — te vermelden, door welk gedeelte van de wortels de beschreven coupes werden gemaakt. Ook had de lengte der wortels nauwkeuriger opgegeven kunnen zijn. De lezer behoort n.l. ingelicht te zijn omtrent deze omstandigheden, die tezamen het beeld van

de dwarscoupes bepalen, opdat hij er zeker van zij, dat van de kiem- en kroonwortels overeenkomstige deelen werden vergeleken.

2. In het meerendeel der afgebeelde coupes zijn de schorscellen — in sommige figuren ook de stele-cellen — onnatuurlijk gevormd en abnormaal gegroepeerd tengevolge van de conserveering der wortels in sterken alkohol. Deze figuren geven derhalve een niet geheel juiste voorstelling van den inwendigen bouw der wortels. Zoo wordt b.v. bij de bespreking der „young branched roots” (= jonge kiembijwortels), waarvan in fig. 2 een dwarscoupe is afgebeeld, ten aanzien van de phloëmbundels het volgende gezegd: „Alternating with the xylem are the phloem groups, the cells of which are at this stage not easily distinguishable from the rest of the thin-walled ground tissue”; een soortgelijke opmerking wordt op pag. 27 gemaakt over de „young unbranched roots”, waarvan fig. 6 een dwarscoupe afbeeldt, die onder de alkohol-behandeling zeer geleden heeft. Hier luidt het aldus: „The xylem and phloem are not yet differentiated, so that outside the circle of ducts lie three or four rows of parenchymatous cells similar to those of the central core. These are bounded by the pericycle, which is distinguishable by its radially elongated cells”.

Onze ervaring is echter, dat de xyleemstralen en phloëmbundels ook in zeer jonge worteldeelen, mits deze in verschen toestand worden gesneden, volkomen gedifferentieerd en duidelijk te onderscheiden zijn van de aangrenzende weefsels.

Wat de localisatie der wortelharen aangaat, dient nog vermeld te worden, dat onze waarnemingen niet geheel met die van Miss. J. overeenkomen. In haar publicatie lezen wij daaromtrent op pag. 36: „Abundant root hairs exist all along the unbranched roots, but only behind the growing points of the branched roots”. De door ons onderzochte hoofd- en kiembijwortels waren echter, voor zoover ze van waterkulturen afkomstig waren, over hun geheele lengte bezet met haren, en verschilden in dit opzicht niet van de kroonwortels. Wel waren de haren meestal afwezig op de overeenkomstige wortels van grondkulturen, doch dit was een gevolg van het geheel of gedeeltelijk verdwijnen van de schors dezer wortels, waardoor ook de epidermis, met inbegrip der wortelharen moest verloren gaan. Opmerkelijk is, dat de schors bij kroonwortels van grondkulturen in het ca. 4 c.M. lange basale gedeelte altijd, in het overige gedeelte dikwijls behouden blijft. Dit is vooral merkwaardig, omdat de schors in het jongere gedeelte van volwassen kroonwortels in bouw nagenoeg overeenstemt met dien der kiemwortels.

Over enkele Gramineëensoorten wordt ook gesproken in een verhandeling van K. KROEMER¹⁾ en wel vrij uitvoerig over *Zea Mays*, minder uitvoerig over *Phragmites communis*. In weerwil van de toenmaals gangbare meening, dat de *epidermis* slechts een korten bestaansduur zou hebben, vestigt KROEMER er de aandacht

1) K. KROEMER. Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermen-wurzel. Bibliotheca botanica XII, Heft 59, 1903.

op, dat in vele gevallen de opperhuid gedurende het geheele leven van den wortel stand houdt. Derhalve maakte hij bezwaar tegen een uitlating van HABERLANDT in diens Physiologische Pflanzen-anatomie 1896, pag. 192, waarin de schijn gewekt wordt, alsof de epidermis met de wortelharen verdwijnt, zoodra zij ophoudt, absorptief werkzaam te zijn. Daartegenover somt KROEMER talrijke gevallen op van persisterende epidermen. Zoo wordt ook bij maïs de epidermis op bijna alle deelen van den wortel aangetroffen. Het heeft dan ook onze verwondering gewekt, dat HABERLANDT niettemin zelfs in den nieuwsten druk van zijn handboek (1918, pag. 211) omtrent het voorkomen van epidermis en wortelharen nog dezelfde opvatting huldigt, als in de uitgave van 1896. Blijkens onze waarnemingen stemmen gerstwortels hierin met maïswortels overeen, dat er een epidermis met onbeschadigde wortelharen zelfs in de oudste gedeelten der wortels werd aangetroffen, wat niet wegneemt, dat zoowel de epidermis als de schors onder zekere omstandigheden verloren kunnen gaan.

Wat de *exodermis* aangaat (door KROEMER interkutis genoemd), Zea Mays en Phragmites communis bleken volgens KROEMER hierin overeen te stemmen, dat dit orgaan in het oudere gedeelte der wortels uitsluitend uit verkurkte cellen bestaat. Er zijn nog meer planten, waar dit het geval is, doch tevens komen vele soorten voor, waar naast betrekkelijk lange verkurkte exodermiscellen korte cellen aanwezig zijn, die naar het schijnt als doorlaatcellen dienst doen.

Bij gerst troffen wij een situatie aan, overeenkomend met die bij maïs en riet, d. w. z. een niet verkurken van de exodermis in het topeinde, doch een volledige verkurking van dat weefsel in het oudere gedeelte van den wortel.

Bij waterkulturen van Phragmites bleek volgens KROEMER de verkurking op korten afstand van den top te beginnen, hetgeen door hem in verband gebracht wordt met de theorie van ARTHUR MEIJER, volgens welke de verkurking der exodermis ten doel heeft, een stofverplaatsing uit de schors naar het kultuurmedium te voorkomen. KROEMER meent nu de oorzaak van het vroeg intreden der verkurking bij de exodermis der waterkultuurwortels van Phragmites te moeten zoeken in het feit, dat de kans op stofverlies der wortels in een voedingsoplossing grooter is, dan in den grond; welke conclusie eenigszins voorbarig was, daar door hem van deze plant geen grondkultuurwortels werden onderzocht.

In dit verband kan het van belang zijn, te vermelden, dat bij onze gerstplanten de neiging der exodermis, om te verkurken, niet sterker bleek te zijn bij waterkulturen, dan bij grondkulturen.

De *endodermiscellen* zijn bij alle planten dunwandig in het topeinde der wortels. Bij het ouder worden der cellen nemen de wanden in het algemeen in dikte toe en veranderen ze tevens in chemische samenstelling. Deze ontwikkeling verloopt volgens KROEMER niet willekeurig, doch bij alle planten in een bepaalde volgorde. Alleen komt dit proces bij de eene plant eerder tot staan,

dan bij de andere. KROEMER drukt dezen gang van zaken op pag. 104 als volgt uit: „Die Entwicklung der Endodermen nimmt im allgemeinen stets die gleiche Richtung; sie schreitet aber verschieden weit vor”. Terwijl b.v. de beide door KR. onderzochte Gramineesoorten en vele species van andere families in het basale worteldeel uitsluitend dikwandige endodermiscellen bezitten, voltooiën de endodermen van andere soorten hun ontwikkeling reeds, wanneer ze nog gedeeltelijk uit dunwandige cellen (doorlaatcellen) bestaan. Er zijn zelfs soorten, waarbij de verdikking der celwanden geheel achterwege blijft, zoodat daar de toestand bij de basis dezelfde is als bij den top.

Uit onze beschrijving en samenvatting valt gemakkelijk op te maken, dat de ontwikkeling der endodermis bij de hoofd- en kiembijwortels van gerst op dezelfde wijze verloopt, als door KROEMER voor maïswortels beschreven.

Bij de basis der juist genoemde gerstwortels waren n.l. de endodermiscellen bijna zonder uitzondering dikwandig. Dit bleek ook het geval te zijn bij de kroonwortels, zoodat deze tot hetzelfde type zouden kunnen worden gerekend, indien niet in het meest basale gedeelte dezer wortels, over een afstand van ca. 4 c.M., steeds talrijke doorlaatcellen door ons werden aangetroffen.

Vergelijken we daarmee de door KROEMER bestudeerde wortels, voorzoover deze in het basale deel uitsluitend uit dikwandige cellen bestaan, dan blijkt, dat deze toestand gelijk blijft tot in het uiterste basale einde. Komt in zulke wortels bovendien een endodermis met doorlaatcellen voor, dan wordt deze steeds in een jonger gedeelte van den wortel aangetroffen. Derhalve vormen de kroonwortels van gerst een uitzondering op den regel, dat de ontwikkeling van de endodermis steeds in dezelfde richting verloopt. Gerekend van den top af, is dit aanvankelijk wel het geval, doch op een afstand van ca. 4 c.M. van de basis keert dit proces als het ware plotseling om. Aangezien door KROEMER geen uitzonderingen op genoemden regel zijn gevonden, leek het ons van belang, van deze afwijkende situatie in de kroonwortels van gerst hier melding te maken.

De wortels van maïsplanten vertoonen, behalve in den bouw en de ontwikkeling van hun epidermis, en exodermis, en grootendeels in die van hun endodermis, ook in de volgende punten overeenkomst. Het basale gedeelte der kroonwortels eener maïsplant is n.l. voorzien van een sclerenchymatische buitenschors. Reeds was hierop de aandacht gevestigd door HABERLANDT, doch KROEMER voegt hieraan toe, dat de schors verder topwaarts den sclerenchymring verliest, en daarna in bouw met de kiembijwortels overeenstemt. Deze vereenvoudiging in de structuur van de schors, die zich afspeelt op korten afstand van de basis, doet den wortel vrij plotseling dunner worden, evenals dit bij de kroonwortels van gerst het geval is.

Ten slotte dient nog de Italiaansche onderzoeker PIROTTA te worden genoemd, die in de jaren 1902 tot 1905 het meristeem der

Monocotylenwortels en de ontwikkeling daarvan tot volwassen weefsels in een drietal artikelen ¹⁾ uitvoerig heeft beschreven. Daarin worden ook de Gramineeenwortels behandeld. Uit het zeer uitvoerige referaat in Just's Jahresbericht konden we opmaken, dat het vroegtijdige afsterven der zoogenaamde vliegercellen ²⁾ hem niet is opgevallen. Wel heeft hij gezien, dat de protophloëmelementen tezamen uit 1 moedercel ontstaan, waarvan trouwens reeds door VAN TIEGHEM in 1870 melding werd gemaakt.

Bij de beschouwing van onze dwarscoupes door den vegetatiekegel van gerstwortels konden wij eveneens vaststellen, dat de vliegercel en de aangrenzende begeleidende cellen van eenzelfde moedercel afkomstig zijn. Overigens hebben wij de differentieëring en de verdere ontwikkeling van het meristeem niet zeer grondig bestudeerd. Wij hopen echter gelegenheid te vinden, een meer gedetailleerd onderzoek daaromtrent te kunnen ondernemen; waarbij dan het onderzoek van PIROTTA uitvoeriger kan worden besproken.

Resumeerende meenen wij te mogen concludeeren, dat de opgaven in de literatuur aangaande den anatomischen bouw der Gramineeenwortels niet alle even betrouwbaar, noch overzichtelijk en vergelijkbaar kunnen worden geacht. De voornaamste oorzaak hiervan is wel gelegen in het feit, dat vele onderzoekers zich niet voldoende rekenschap geven van de eischen, waaraan een vergelijkend anatomisch onderzoek behoort te voldoen, eischen, welke als volgt kunnen worden geformuleerd:

1. Wil men een vergelijkend-anatomische studie maken van zekere organen, dan moet men zich vooraf goed rekenschap geven van hun morphologische waarde, opdat geen ongelijkwaardige organen voor gelijkwaardig worden gehouden en omgekeerd.

2. Het is noodig, dat die organen, waarvan men den inwendigen bouw wil vergelijken, zoo volledig mogelijk worden onderzocht. Moet men zich evenwel beperken, dan dienen van deze organen overeenkomstige onderdeelen te worden bestudeerd en vergeleken, terwijl alleen die kenmerken voor vergelijking in aanmerking komen, die weinig aan variatie onderhevig zijn.

3. De resultaten van het onderzoek moeten op overzichtelijke en voor gelijksoortige organen uniforme wijze worden te boek gesteld.

Het behoeft nauwelijks gezegd te worden, dat een betrouwbare classificatie der Gramineeensoorten op grond van den anatomischen bouw hunner wortels, zooals door KLINGE werd beproefd, niet eerder in het leven kan worden geroepen, dan nadat talrijke species volgens deze principes zijn onderzocht.

Wij hebben nu in het onderstaande getracht, een stelselmatig onderzoek van den anatomischen bouw van een Gramineeenwortel-

1) R. PIROTTA. *Annali di Botanica Roma* 1904, I, pag. 345—357.

„ *Rend. Lincei XI*, pag. 49—52.

„ *Annali di Botanica Roma* 1903, I, pag. 43—48.

2) Zie onderstaande beschrijving, pag. 69, en Samenvatting punt 2.

stelsel weer te geven, en de beschrijving in te richten overeenkomstig de beschrijvingsschema's, welke in het werk van MOLL en JANSSONIUS, „Botanical Pen-Portraits" ¹⁾, voorkomen en waarvan de voorloopers door MOLL zijn gepubliceerd in zijn Handboek der botanische Micrographie ²⁾.

De voordeelen van MOLL's beschrijvingsschema's en de beginselen, die er aan ten grondslag liggen, zijn uitvoerig uiteengezet in bovengenoemde Pen-Portraits. Wij zullen daarop niet dieper ingaan, doch volstaan met den wensch, dat alle onderzoekers, die zich bezighouden met de anatomie, terdege kennis nemen van de inleiding en de schema's van laatstgenoemd werk.

Voordat wij tot onze beschrijving overgaan, dienen wij nog een paar opmerkingen te maken:

1. Onze beschrijving heeft alleen betrekking op *volwassen* wortels.

2. Bij de behandeling van het meristeem van den worteltop kwamen wij voor de vraag te staan, welken grens wij ons hier moesten stellen, aangezien het meristematische weefsel immers geleidelijk overgaat in volwassen weefsel. Als grens hebben wij daar dan aangenomen, in overeenstemming met de opvatting van HABERLANDT, het punt, waar vacuolen in de cellen optreden.

3. Bij het maken der preparaten werd steeds genoteerd, van welk gedeelte van den wortel de doorsneden afkomstig waren.

Het onderzoekingsmateriaal.

Het onderzoekingsmateriaal bestond uit wortels van Zomergerst, n.l. CHEVALLIER (*Hordeum distichum* L.) en wel:

a. Volwassen hoofdwortels van verschillende planten, zoowel van grondkulturen als van waterkulturen afkomstig; bovendien jonge hoofdwortels van waterkultuurplanten.

b. Volwassen kiembijwortels van grondkulturen en van waterkulturen.

c. Volwassen kroonwortels van grondkulturen en van waterkulturen; bovendien jonge kroonwortels van waterkulturen.

Hoe de hoofdwortel en de kiembijwortels in krachtig ontwikkelde volwassen wortelstelsels werden gevonden, werd reeds beschreven in een vroegere verhandeling ³⁾.

De voor onderzoek bestemde wortels werden bij hun basis afgesneden en onmiddellijk gefixeerd. Vooraf echter werd de lengte der wortels gemeten; ook werd aantekening gehouden van de mate van vertakking en van den ouderdom der plant, opdat

1) J. W. MOLL and H. H. JANSSONIUS. Botanical Pen-Portraits. 1923.

2) J. W. MOLL. Handboek der botanische micrographie. 1907.

3) K. ZEILSTRA. De Hoofdwortel van eenige graansoorten. (Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations, n°. XXVI. 1922, pag. 27.)

nagegaan zou kunnen worden, of er verband bestaat tusschen deze eigenschappen en den anatomischen bouw.

De lengte der onderzochte volwassen hoofdwortels varieerde van 16 tot 36 c.M.; die der kiembijwortels en der kroonwortels resp. van 26 tot 32 c.M. en van 25 tot 50 c.M.

Alleen de hoofdas der wortels werd onderzocht; omtrent de zijassen en hun ontstaan kunnen wij dus nog geen gegevens verschaffen.

Voor het fixeeren van dit materiaal werden verschillende stoffen gebruikt. Sommige wortels werden slechts met alcohol van 96 % behandeld; andere eerst met verdunde formaline, ongeveer 4 % formaldehyde, en daarna gehard in sterke alcohol; een derde groep wortels werd gedurende 24 uur met de fixeervloeistof van JUEL behandeld (100 cc. alcohol van 50 % + 2 gram zinkchloride + 2 cc. ijsazijn), waarna het uitspoelen geschiedde met alcohol van 50 %. De vegetatiepunten, welke moesten dienen voor het onderzoek der meristemen, werden gedurende 24 uur gefixeerd met een chroomzuuroplossing ter sterkte van 0,25 %.

Reagentiën en kleurstoffen.

De volgende reagentiën en kleurstoffen werden bij het onderzoek gebruikt.

Alcohol 96 %; absolute alcohol; zure alcohol (= 100 cc. alcohol 96 % + $\frac{1}{2}$ cc. zoutzuur); aluin-haematoxyline volgens EHRLICH; benzol; canadabalsem; eiwit-glycerine; Eau de Javelle; glycerine; glycerine-gelatine; jood-chloral (5 chloralhydraat + 3 water); joodjoodkalium + zwavelzuur 66 %; Kongorood (geconcentreerde oplossing in water); maceratiemengsel volgens SCHULZE; nagelolie; paraffine (smp. 55°); phloroglucine + zoutzuur (1 phloroglucine in 125 vol. alcohol 96 %); safranine-aniline (verzadigde oplossing van safranine in anilinewater); Sudan III ($\frac{1}{2}$ gram Sudan III + 50 cc. alcohol 96 % + 50 cc. glycerine); Thallinesulfaat = $(C_8NH_{10}OCH_3)_2 \cdot H_2SO_4$ (geconcentreerde oplossing in een mengsel van 1 vol. water en 1 vol. sterke alcohol); gedestilleerd water; xylol; zwavelzure aniline (oplossing in water).

Vervaardiging der preparaten.

Als regel gold, zooveel mogelijk de doorsneden te maken door met het scheermes uit de vrije hand te snijden; dit is natuurlijk de eenvoudigste en vlugste manier. De wortelstukjes werden daarbij vastgeklemd gehouden in een stukje gespleten vliermerg.

Op deze wijze konden bruikbare dwarscoupes worden gemaakt van het basale, het middelste gedeelte en het topeinde van de verschillende wortels, benevens overlangsche coupes van de schors in de basale gedeelten.

Bruikbare *overlangsche* coupes door de stelen waren op deze manier niet te verkrijgen; daarvoor bleken de wortels te dun. De overlangsche doorsneden werden daarom gesneden met behulp

van den microtoom van REINHOLD-GILTAY; zelfs met dit instrument kostte het nog veel zorg en tijd, om coupes te verkrijgen, die volkomen evenwijdig aan de wortelas waren gesneden, aan welke voorwaarde beslist voldaan moest zijn, wilden wij ons in deze doorsneden kunnen oriënteren. Bedenken we n.l., dat de meeste elementen der stele nauw zijn, doch daarbij betrekkelijk lang, dan is gemakkelijk in te zien, dat een afwijking van meer dan 2° van de wortelas reeds voldoende is, om de doorsnede onbruikbaar te maken ¹⁾. In zulke coupes kan men de elementen niet over hun geheele lengte vervolgen, doch komt men spoedig in het gebied der aangrenzende elementen terecht, waardoor de oriëntering ten zeerste wordt bemoeilijkt.

Om goede overlangsche doorsneden te verkrijgen, zochten we steeds rechte wortelstukjes uit, en stelden de paraffineblokjes, waarin deze werden ingesmolten, zoodanig op den microtoom, dat de worteltjes volkomen evenwijdig geplaatst waren aan de snede van het mes. Dit was echter een lastig werk en mislukte dan ook herhaaldelijk. Doch ook wanneer het gelukte, bleek naderhand bij het bekijken der coupes maar al te vaak, dat het worteltje niet zoo recht was, als het ons had toegeschenen. Het behoeft dan ook niet te verwonderen, dat talrijke preparaten als onbruikbaar terzijde moesten worden gelegd, alvorens wij er in slaagden, overlangsche coupes te verkrijgen, welke voor vergelijking met de dwarscoupes en voor de beschrijving der elementen geschikt bleken te zijn.

Wat de techniek bij het maken der microtoomdoorsneden aangaat, werden in hoofdzaak de voorschriften van SIEBEN ²⁾ opgevolgd. Daar de objecten betrekkelijk hard waren, werden ze in tamelijk harde paraffine ingesmolten. Die met een smeltpunt van 55° à 58° C. voldeed het best, doch had aanvankelijk het bezwaar, dat er bij de afkoeling en kristallisatie dezer paraffine in de gegoten blokjes broze plekken ontstonden, die bij het snijden zeer hinderlijk waren. Om aan dit bezwaar, dat blijkbaar door te langzame afkoeling veroorzaakt wordt, te ontkomen, hebben wij de gesmolten paraffine gegoten in kleine, ondiepe bakjes, die in lengte en breedte slechts weinig verschilden van de daarin te brengen objecten, en die waren gemaakt van zeer dun koperplaat, van hoogstens 0,15 m.M. dikte. De afkoeling der paraffine verliep op deze wijze veel vlotter, dan b.v. bij het gebruik van horlogeglaasjes, aangezien de bakjes zeer dunne wanden hebben en koper bovendien een betere warmtegeleider is dan glas. Het bakje werd eerst op de gewone wijze in het water gehouden, totdat er een vlies op de paraffine was ontstaan; daarna lieten wij het onderzinken in een groote schaal met koud, stroomend water. Na ongeveer $\frac{1}{2}$ minuut namen we het bakje er weer uit, wipten snel het nog niet geheel harde paraffineblokje uit het bakje, en brachten het

1) Men raadpiege hierbij de afmetingen, die in de beschrijvingen der elementen zijn opgenomen.

2) H. SIEBEN. Einführung in die botanische Mikrotechnik. 1913.

blokje wederom in de schaal met water, waar we het met een horlogeglasje belastten, om het op den bodem terug te houden. Teneinde het uitwippen van het paraffineblokje gemakkelijk te maken, hadden wij de bakjes zóó gemaakt, dat ze naar den bodem eenigszins smaller toeliepen.

Bij deze wijze van afkoelen stelde deze paraffine steeds tot een homogene, zeer fijn gekristalliseerde massa.

De microtoomdoorsneden werden gekleurd met safranine-aniline door ze gedurende minstens 24 uur in deze kleurstofoplossing te laten liggen, en ze daarna ter differentiatie een kort oogenblik in aanraking te brengen met alkohol 96 %, waarbij bruine kleurstofwolken door de coupes werden afgegeven. Vervolgens werden de doorsneden op de gebruikelijke wijze in canadabalsem ingesloten.

In de aldus gekleurde coupes waren de verhoude elementen intensief gekleurd, doch ook de cellulosewanden vertoonden een duidelijke, ofschoon minder sterke kleuring.

Nog eenige andere kleurmiddelen werden geprobeerd, doch safranine beantwoordde het best aan ons doel. Zoo werden de callosepropjes in de zeefvaten door safranine zeer duidelijk gekleurd, waardoor de zeefplaten gemakkelijk als zoodanig konden worden herkend. Ook de ringen der tracheïden vielen, dank zij deze kleuring, sterk in het oog. En de stippels, vooral die der verhoude elementen, waren in het algemeen goed zichtbaar, doordat hun sluitvlies zich niet of nauwelijks met safranine had gekleurd.

Eenige malen differentieerden we met zure alkohol, waarbij de cellulosewanden hun kleur spoedig verliezen, terwijl daarentegen de verhoude en verkurkte wanden, mits de differentiatie niet te lang wordt voortgezet, een intensieve roode kleur aannemen. Op deze wijze konden bijv. de kurkbandjes van jonge endodermiscellen duidelijk zichtbaar worden gemaakt.

De vegetatiepunten werden deels gekleurd met safranine-aniline, deels met EHRLICH's aluin-haematoxyline. Safranine is voor kleuring van meristemen ongeschikt, wanneer het er op aankomt, de structuur der kernen te bestudeeren. Daarnaast echter bezit safranine zekere voordeelen boven haematoxyline. Zoo wordt het protoplasma door safranine veel intensiever gekleurd, waardoor in de met deze kleurstof behandelde preparaten de protoplasma-arme en protoplasma-vrije cellen temidden der overige, protoplasma-rijke meristeemcellen veel sterker in het oog vallen, dan bij kleuring met haematoxyline het geval is. Hadden we de meristeemcoupes niet gekleurd met safranine, dan zou het zeer vroegtijdige verdwijnen van den inhoud der vliegercellen vermoedelijk niet zijn opgemerkt.

De uit de vrije hand gesneden preparaten lieten we meerendeels ongekleurd. Alleen de overlangsche schorscoupes kleurden wij met Kongorood, na ze vooraf gedurende minstens 12 uur in Eau de Javelle gelegd te hebben. De stippels, die in de safranineprepa-

raten onzichtbaar waren, kwamen door deze kleuring voor den dag, daar hun sluitvlies ongekleurd bleef.

Aangezien wij er niet in konden slagen, bruikbare overlangsche coupes van het basale deel der wortels te maken, en het volledigheidshalve toch noodzakelijk was, ook hier de lengte der elementen te bepalen, hebben we onze toevlucht genomen tot tal van maceratiepreparaten. Deze werden ook vergeleken met maceratiepreparaten van het midden en van het topeinde des wortels. Als maceratiemiddel diende het mengsel volgens SCHULZE (kalium-chloraat + salpeterzuur). Vele elementen konden in die preparaten echter slechts met groote moeite worden opgespoord. Alleen de endodermiscellen en de houtvaten vielen wegens hun karakteristieke bouw steeds duidelijk in het oog. De maceratiepreparaten leverden verder nog het voordeel op, dat ze ons een beter inzicht gaven in de samenstelling van het merg.

Wij laten hier een lijst volgen van de preparaten, welke voor dit onderzoek hebben gediend.

Hoofdwortel.

a. Handpreparaten.

Volwassen wortels:

4 dwarscoupes door het basale deel van waterkultuurwortels;

2 dwarscoupes door het basale deel van grondkultuurwortels;

2 dwarscoupes door het middengedeelte van waterkultuurwortels;

1 dwarscoupe bij den top van een waterkultuurwortel;
eenige overlangsche coupes door de schors nabij de basis van een waterkultuurwortel.

Jonge wortels:

1 dwarscoupe door het middengedeelte van een 7 c.M. langen wortel.

b. Maceratiepreparaten.

Volwassen wortels:

1 preparaat van het basale deel van een grondkultuurwortel;

2 preparaten van het basale deel van waterkultuurwortels;

1 preparaat van het middendeel van een waterkultuurwortel;

1 preparaat bij den top van een waterkultuurwortel.

c. Microtoompreparaten.

Volwassen wortels:

1 serie dwarscoupes, basaal deel van een waterkultuurwortel;

1 serie dwarscoupes door het middendeel van een waterkultuurwortel;

1 serie dwarscoupes bij den top van een waterkultuurwortel;

1 bijna volledige serie overlangsche coupes bij den top van een waterkultuurwortel;

eenige radiale coupes door het middendeel van een waterkultuurwortel;

1 volledige serie dwarscoupes door den vegetatiekegel van een waterkultuurwortel;

1 serie overlangsche coupes door den vegetatiekegel van een waterkultuurwortel.

Kiembijwortel.

a. Handpreparaten.

Volwassen wortels:

6 dwarscoupes door het basale deel van waterkultuurwortels;

3 dwarscoupes door het basale deel van grondkultuurwortels;

3 dwarscoupes door het middendeel van waterkultuurwortels;

2 dwarscoupes bij den top van waterkultuurwortels;

3 overlangsche coupes van de schors bij de basis van waterkultuurwortels.

b. Maceratiepreparaten.

Volwassen wortels:

1 preparaat van het basale deel van een grondkultuurwortel;

1 preparaat van het basale deel van een waterkultuurwortel;

1 preparaat van het middendeel van een waterkultuurwortel;

1 preparaat bij den top van een waterkultuurwortel.

c. Microtoompreparaten.

Volwassen wortels:

1 serie dwarscoupes door het basale deel van een waterkultuurwortel;

1 serie dwarscoupes door het basale deel van een grondkultuurwortel;

1 serie dwarscoupes door het middendeel van een waterkultuurwortel;

1 serie dwarscoupes bij den top van een waterkultuurwortel.

*Kroonwortel.**a. Handpreparaten.*

Volwassen wortels:

9 dwarscoupes door het basale deel van waterkultuurwortels;

5 dwarscoupes door het basale deel van grondkultuurwortels;

1 dwarscoupe op $1\frac{1}{2}$ c.M. afstand van basis van waterkultuurwortel;

1 dwarscoupe op $1\frac{1}{2}$ c.M. afstand van basis van grondkultuurwortel;

1 dwarscoupe op $3\frac{1}{2}$ c.M. afstand van basis van waterkultuurwortel;

3 dwarscoupes op $3\frac{1}{2}$ c.M. afstand van basis van grondkultuurwortels;

6 dwarscoupes door het middendeel van waterkultuurwortels;

2 dwarscoupes door het middendeel van grondkultuurwortels;

6 dwarscoupes bij den top van waterkultuurwortels;

3 overlangsche coupes door de schors nabij de basis van waterkultuurwortels.

Jonge wortels:

1 dwarscoupe door basis van een 7,7 c.M. langen waterkultuurwortel;

1 dwarscoupe door middendeel van 7,7 c.M. langen waterkultuurwortel;

1 dwarscoupe bij den top van 7,7 c.M. langen waterkultuurwortel;

1 dwarscoupe door basis van 9 c.M. langen waterkultuurwortel;

1 dwarscoupe door middendeel van 9 c.M. langen waterkultuurwortel;

1 dwarscoupe bij den top van 9 c.M. langen waterkultuurwortel.

b. Maceratiepreparaten.

Volwassen wortels:

2 preparaten van de basis van grondkultuurwortels;

1 preparaat op $3\frac{1}{2}$ c.M. afstand van de basis van een grondkultuurwortel;

3 preparaten van de basis van waterkultuurwortels;

2 preparaten van het middendeel van waterkultuurwortels;

2 preparaten bij den top van waterkultuurwortels.

c. Microtoompreparaten.

Volwassen wortels:

1 serie dwarscoupes door het basale deel van grondkultuurwortels;

1 serie dwarscoupes door het basale deel van waterkultuurwortels;

2 series dwarscoupes door het middendeel van waterkultuurwortels;

1 serie dwarscoupes bij den top van waterkultuurwortels,

1 volledige serie overlangsche coupes door het middendeel van een waterkultuurwortel.

Jonge wortels:

1 serie dwarscoupes door het middendeel van een 6 c.M. langen waterkultuurwortel;

1 serie dwarscoupes door den vegetatiekegel van een 4 c.M. langen waterkultuurwortel;

1 volledige serie overlangsche coupes door den vegetatiekegel van een 6 c.M. langen waterkultuurwortel.

ZOMERGERST.

Chevallier. (*Hordeum distichum*.)

Hoofdwortel.

Topographie.

Toelichting bij de topographie:

A) omtrent den vorm der elementen: waar gesproken wordt van „hoekige” cellen, wordt bedoeld: 5- of meer-hoekig;

B) omtrent de dikte der wanden:

zeer dunwandig beteekent: dikte kleiner dan $\frac{3}{4} \mu$,

dunwandig beteekent: dikte tusschen $\frac{3}{4}$ en $1\frac{1}{2} \mu$,

dikwandig beteekent: dikte tusschen $1\frac{1}{2}$ en $2\frac{1}{2} \mu$,

zeer dikwandig beteekent: dikte grooter dan $2\frac{1}{2} \mu$;

C) omtrent de wijdde der elementen:

zeer nauw beteekent: wijdde kleiner dan 7μ ,

nauw beteekent: wijdde tusschen 7 en 9μ ,

tamelijk wijd beteekent: wijdde tusschen 9 en 16μ ,

wijd beteekent: wijdde tusschen 16 en 22μ ,

zeer wijd beteekent: wijdde tusschen 22 en 50μ ,

buitengewoon wijd beteekent: wijdde grooter dan 50μ .

Voor beoordeeling van de wijdde der niet isodiametrische elementen werd het gemiddelde bepaald van de R- en de T-afmeting.

De uitdrukkingen, vermeld onder A, B en C, hebben betrekking op het beeld der cellen in dwarscoupes.

Grootte van den wortel in dwarscoupes gemiddeld $243287,2 \mu^3$ (5 bepalingen; min. 119398,5; max. 331662,5).

Diameter van den wortel gemidd. 518μ (5 bep.; min. 390; max. 650).

" " de stele " $152,4 \mu$ (7 " ; " 130; " 180).

Diameterquotient ¹⁾ " $3,19$ (5 " ; " $2,77$; " $3,85$).

Volumequotient ²⁾ " $10,93$ (5 " ; " $7,72$; " $14,79$).

Epidermis, schors en stele, behoudens voorkomende beschadigingen der beide eerste, in alle deelen van den wortel aanwezig.

Diameter en volume van den wortel van basis naar top varieerend, doch niet afnemend.

Diameterquotiënt eveneens van basis naar top om eenzelfde gemiddelde schommelend.

Calyptra. ³⁾ Kegelvormig, met het basale gedeelte den wortel-top over een afstand van ca. 160μ omvattend.

Afstand van worteltop tot calyptratop 210 tot 240μ ; dwarsdiameter ter hoogte van den worteltop 240 tot 270μ .

Columella min of meer cylindervormig, zich uitstrekkend van den calyptratop tot op ca. 20μ afstand van den worteltop. Hoogte van den cylinder 210 tot 260μ , diameter 90 tot 130μ , nabij den top der calyptra kleiner wordend, bestaande uit zeer dunwandige, wijde tot zeer wijde, hoekige parenchymcellen, zonder intercellulairen aan elkaar sluitend; de basaal gelegen cellen een weinig afgeplat in de richting der wortelas; de overige cellen in den regel min of meer in die richting gestrekt en in het bezit van zetmeel. De topcellen, vrij van zetmeel, liggen geheel of gedeeltelijk los; de hoeken vaak sterk afgerond.

$$1) \text{ Diameterquotient} = \frac{\text{diameter van wortel.}}{\text{diameter van stele.}}$$

$$2) \text{ Volumequotient} = \frac{\text{volume van wortel.}}{\text{volume van stele.}}$$

3) Van 2 hoofdwortels werd de calyptra onderzocht.

De *buitenste calyptracellen* vormen tezamen een mantel, die de columella en een deel van den worteltop omhult, bij den calyptratop ca. $20\ \mu$ (2 à 3 cellen) dik, van dit punt af eerst dikker wordend tot ca. $50\ \mu$ (5 à 6 cellen) ter hoogte van den worteltop, daarna geleidelijk in dikte afnemend tot $10\ \mu$ (1 cel). Dunwandige, hoekige parenchymcellen, in den regel tamelijk wijd, en aan elkaar sluitend zonder intercellulair; de allerbuitenste cellen bij de hoeken sterk afgerond, geheel of gedeeltelijk los liggend.

Calyptracambium een schijfvormig complex vormend, ca. $20\ \mu$ (ca. 4 cellen) dik, en ca. $140\ \mu$ in diameter, dwarsgeplaatst ten opzichte van de wortelas, aan den eenen kant grenzend aan het meristeem van den worteltop, doch daarvan duidelijk gescheiden, aan den anderen kant aan de columella en daarin vrij plotseling, doch zonder scherpe scheiding overgaande, overigens grenzend aan eenige der buitenste calyptracellen; bestaande uit zeer dunwandige, hoekige, tamelijk wijde meristeemcellen, sterk afgeplat in de richting der wortelas, en aan elkaar sluitend zonder intercellulair. Steeds eenige cellen in deeling.

Vegetatiepunt.¹⁾ Van den top af over een afstand van ca. $600\ \mu$ in dikte toenemend van 300 tot $400\ \mu$, vervolgens cilindervormig; omgeven door een 15 à $20\ \mu$ dikke, structuur- en kleurloze, heldere laag. Deze laag topwaarts zich voortzettend tusschen de calyptra en het vegetatiepunt, geleidelijk dunner wordend en eindigend bij de initialen.

Initialen gegroepeerd in 2 in overlangsche richting aan elkaar grenzende complexen van meristeemcellen, waarvan verscheiden in deeling. Het eene complex schijfvormig en dwars geplaatst, 4 à $8\ \mu$ (1 à 2 cellen) dik²⁾, eenerzijds grenzende aan de cellen van het calyptracambium, doch daarvan duidelijk gescheiden, anderzijds zonder duidelijke scheiding grenzende aan de cellen van het tweede complex, overigens aan meristeemcellen van het perifere wortelgedeelte en bestaande uit tamelijk wijde, zeer dunwandige, in overlangsche richting sterk afgeplatte cellen. Het andere complex minder afgeplat²⁾, met de topwaarts gekeerde zijde grenzende aan de cellen van het schijfvormige complex, overigens aan gewone meristeemcellen van het centrale wortelgedeelte en bestaande uit tamelijk wijde, zeer dunwandige, in het algemeen niet of weinig afgeplatte cellen.

De overige cellen van het vegetatiepunt topographisch te onderscheiden in 2 bij den top onduidelijk, overigens vrij duidelijk gescheiden groepen: de centrale en de perifere.

De perifere groep kokervormig den centralen bundel omsluitend, ca. $95\ \mu$ (6 à 7 cellen) dik, naar den top toe dunner wordend, bestaande uit wijde, zeer dunwandige, in overlangsche richting

1) Er werden 2 vegetatiepunten onderzocht.

2) De afmetingen konden wegens de onduidelijke begrenzing der complexen niet nauwkeurig worden bepaald.

weinig afgeplatte tot weinig gestrekte, van intercellulairen voorziene, *gewone meristematicellen*, geheel gevuld met protoplasma, — mits niet verder verwijderd van den top dan ca. 700 μ , — verscheidene in toestand van deeling verkeerend. De cellen, gelegen aan de oppervlakte van den vegetatiekegel, zijn radiaal gestrekt, de overige tangentiaal.

De centrale groep min of meer cylindervormig, van den top af over een afstand van ca. 500 μ in diameter toenemend van ca. 100 tot ca. 135 μ , verder gelijkblijvend, in hoofdzaak bestaande uit meerendeels nauwe, zeer dunwandige, hoekige, min of meer overlangs gestrekte *procambiumcellen*. Deze cellen geheel, somtijds gedeeltelijk gevuld met protoplasma, — mits niet verder van den top verwijderd dan ca. 700 μ , — met uitzondering van 7 of 8 nabij den omtrek van het centrale gedeelte op gelijken afstand van elkaar gelegen, in dwarscoupes ruit- of vliegervormige cellen, die identiek zijn met de later te beschrijven „vliegercellen”, en reeds volwassen op ca. 400 μ afstand van den top¹⁾. Het in wording zijnde centrale vat valt reeds op zeer korten afstand van den top in het oog door zijn grootere wijidte en de sterke vacuolisering van zijn inhoud²⁾. Verscheiden cellen in deelingstoestand; kerndeeling mitotisch.

Epidermis. Eén cel dikke laag van vrijwel gelijkvormige, wijde tot tamelijk wijde, gewoonlijk eenigszins radiaal gestrekte parenchymcellen. Buitenwanden dun; overige wanden zeer dun. Aantal cellen in dwarscoupes ongev. 95 (2 bepalingen bij de basis). Epidermis overal aanwezig. Vele wortelharen, ook nabij de wortelbasis.

Schors. Grootte in dwarscoupes gemidd. 223674,9 μ^2 (5 bepalingen; min. 104012,5 μ^2 ; max. 308976,0 μ^2).

Zes à 7 cellen dik en bestaande uit: exodermis, de eigenlijke schorslagen en de endodermis.

Exodermis 1 cel dik; cellen parenchymatisch, dunwandig, hoekig, vaak eenigszins radiaal gestrekt, wijd tot zeer wijd, siechts weinig wijder, of even wijd als de buitenschorscellen en daardoor niet als een aparte laag in het oog springend; aanzienlijk wijder dan de epidermiscellen en daarmee verbonden zonder of met zeer kleine intercellulaire ruimten. In den regel 1 exodermiscel tegenover 1 heele en aan weerskanten 2 halve epidermiscellen. Aantal cellen in dwarscoupes vrij constant; 42 à 45 (5 bepalingen), naar het schijnt onafhankelijk van de worteldikte ter plaatse.

Het eigenlijke schorsparenchym, tusschen exodermis en endodermis gelegen, te onderscheiden in 3 concentrische zônes; buiten-, midden- en binnenschors, steeds onduidelijk gescheiden. Zônegrenzen, vooral de buitenste, in gave schorsen ternauwernood

1) In dwarse microtoomcoupes door het vegetatiepunt, mits niet al te dicht bij den top, en gekleurd met safranine, vallen deze vliegercellen sterk in het oog. (Zie verder pag. 69.)

2) Op de differentieering der overige elementen wordt hier niet ingegaan.

zichtbaar. Buitenschors dikwijls afwezig. Dikte der zônes resp. ca. $20\ \mu$ (gewoonlijk 1 cel), 50 à $100\ \mu$ (2 à 3 cellen) en 20 à $40\ \mu$ (1 à 2 cellen).

Buitenschors: cellen met kleine intercellulairen bij de afgeronde hoeken, dunwandig, zeer wijd, in vorm en rangschikking op de middenschorscellen gelijkend.

Middenschors: cellen rond of een weinig afgeplat in radiale richting, met vrij groote intercellulairen, dunwandig, wijd tot zeer wijd, in het middelste gedeelte der middenschors het wijdst, naar de binnenschors toe langzaam in wijdte afnemend, onregelmatig gerangschikt, of in 1 cel dikke tangentielle lagen, dikwijls tevens in radiale rijen, die zich in de binnenschors tot de endodermis voortzetten, doch tegen de buitenschors doodloopen. Middenschors vaak voorzien van holten tengevolge van radiale collaps, of geheel verdwenen, behoudens talrijke radiale „wandlamellen” en celsnoeren, waardoor buiten- en binnenschors samenhangen. Dit laatste vooral in jonge deelen van den volwassen wortel, mits niet te dicht bij den top. Bij de basis dikwijls gave schors voorhanden.

Binnenschors: cellen meerendeels radiaal afgeplat, met intercellulairen bij de afgeronde hoeken, dunwandig, wijd tot zeer wijd, minder wijd dan de middenschorscellen, en naar de endodermis toe nauwer wordend.

Endodermis één cel dik. Cellen gewoonlijk tamelijk wijd, in dwarscoupes nagenoeg rechthoekig, meerendeels radiaal afgeplat, onderling en met de pericambiumcellen zonder intercellulairen samenhangend, dunwandig en voorzien van kurkbandjes in het jongste ongev. 20 c.M. lange worteldeel; met hoefijzervormige wandverdikking bij nagenoeg alle cellen in het oudere gedeelte des wortels. Aantal cellen in dwarscoupes tamelijk constant: 29 tot 33 (7 bepalingen). In het oudere wortelgedeelte ook enkele dunwandige cellen aanwezig (*doorlaatcellen*), afzonderlijk gelegen te midden der dikwandige en grenzende aan protoxyleemelementen. Aantal doorlaatcellen zeer gering; in dwarscoupes door 3 verschillende wortels, tezamen 24 xyleemstralen tellende, grensden slechts 3 stralen aan doorlaatcellen.

Stele.¹⁾ Grootte der dwarscoupes gemidd. $18201,8\ \mu^2$ (7 bepalingen; min. $11683,9\ \mu^2$; max. $24040,6\ \mu^2$).

Diameter der dwarscoupes gemidd. $152,4\ \mu$ (7 bepalingen; min. $130\ \mu$; max. $180\ \mu$).

Oppervlakte in dwarscoupes van:

alle xyleemstralen tezamen gemidd. $2072,1\ \mu^2$ (7 bepalingen; min. $1417,2\ \mu^2$; max. $2640,2\ \mu^2$);

de centrale vaten gemidd. $2776,9\ \mu^2$ (7 bepalingen; min. $1962,5\ \mu^2$; max. $3957,3\ \mu^2$);

alle xyleemelementen samen gemidd. $4849,0\ \mu^2$ (7 bepalingen; min. $3623,9\ \mu^2$; max. $6295,4\ \mu^2$);

1) Zie fig. 1

alle phloëmbundels samen gemidd. $1414,3 \mu^2$ (7 bepalingen; min. $820,2 \mu^2$; max. $2338,1 \mu^2$);

het merg + mergverbindingen + pericambium gemidd. $12036,8 \mu^2$ (7 bepalingen; min. $7239,8 \mu^2$; max. $17157,2 \mu^2$).

Stellen wij het volume van de stele = 100, dan bedraagt het volume (gemiddeld) van:

alle xyleemstralen	samen	11,6	(7 bep.; min. 9,1; max. 14,6)
de centrale vaten	"	15,8	(7 " ; " 11,8; " 20,3)
alle xyleemelementen	"	27,4	(7 " ; " 21,6; " 32,0)
de phloëmbundels	"	7,8	(7 " ; " 5,9; " 10,4)
merg + mergverbindingen + pericambium	"	64,8	(7 " ; " 58,0; " 72,1)

Volume van de stele van basis naar top varieerend, doch niet afnemend.

De elementen aan elkaar grenzend zonder intercellulair; de meeste in dwarscoupes nagenoeg isodiametrisch. Hun lengten zeer uiteenlopend, ook die der morphologisch identieke elementen. Van deze laatsten ook de gemiddelde lengten niet over de geheele wortellengte gelijk, doch — naar het schijnt — zonder vaste regelmaat varieerend.

Pericambium. Een cel dik. Hoekige parenchymcellen, doorgaans met dunnen wand en tamelijk wijd tot nauw; van de cellen der aangrenzende weefels te onderscheiden door hare radiale strekking. Bij de basis dikwijls dik- tot zeer dikwandig, en dan minder hoekig schijnend. Er zijn (bij beschouwing der dwarscoupes) ingelascht meestal 8, soms 7 ringtracheïden, op gelijken afstand van elkaar, door hun geringe wijfde en afwikkenden vorm in het oog springend, den pericambiumring verdeelend in 8 (soms 7) bogen, elk bestaande uit 4 tot 8, meestal 6 cellen, waarvan de 2 middelste — in den regel tamelijk wijd — met hun binnenwanden aan de buitenste phloëmelementen en meestal aan een mergverbindingsscel grenzen; de overige, naar de ringtracheïden toe nauwer wordend, naar gelang van hun plaatsing met de binnenwanden grenzend aan een mergverbindingsscel, of tevens aan een gestippeld vat van den xyleemstraal, of uitsluitend aan dit laatste. De eindcellen der bogen niet zelden afwijkend in vorm en plaatsing. Alle pericambiumcellen met hun buitenwanden zonder regelmaat grenzend aan endodermiscellen, soms daarmee alterneerend; dikwijls 1 endodermiscel tegenover 1 heele en aan weerskanten een halve pericambiumcel.

Phloëm nabij den omtrek van de stele gegroepeerd in 7 tot 8, bij de basis meestal 8, soms 9 bundels. Deze met de xyleemstralen afwisselend, doch iets meer naar binnen gelegen, elk bestaande uit een buitenste en een binnenste gedeelte. Afstand der bundels 40 tot 55μ , onafhankelijk van den ouderdom der worteldeelen. Radiale afmeting der bundels 20 tot 30μ , bij de basis in den regel

iets kleiner dan in de jongere deelen. De phloëmbundels beslaan in alle deelen van den wortel ongev. 7,8 % van de stele. Deze waarde varieert zeer weinig van basis naar top.

Het buitenste gedeelte (protophloëm) in dwarscoupes opgebouwd uit 3 met haar buitenzijde aan pericambiumcellen grenzende, zeer dunwandige, nauwe tot zeer nauwe, hoekige, karakteristiek gevormde, parenchymcellen, t. w. 2 laterale (*begeleidende cellen*) en 1 mediane; de laatste in dwarscoupes gelijkend op een vliegervormige vierhoek, en daarom door ons „*vliegercel*” genoemd ¹⁾. Weinig variatie in aantal, vorm en groepeerings van deze buitenste elementen.

Het binnenste gedeelte uit 1 zeer dunwandig, tamelijk wijd tot wijd, veelhoekig, soms bijna rond of ovaal, dikwijls eenigszins radiaal afgeplat *zeefvat* bestaande, somtijds uit 2 zeefvaten, in een tangentiaal vlak tegen elkander aan liggend, wederzijds afgeplat. Zeefvaten aan mergcellen, aan mergverbindingscellen en aan begeleidende cellen, niet aan vliegercel grenzende, in het oog vallend door hun wijdte; minder wijd bij de basis, doch dan de phloëmbundels doorgaans opvallend door de dunne wanden en de typische groepeerings hunner elementen.

Xyleem. Twee groepen elementen, de perifere en de centrale, door mergcellen gescheiden. Beide groepen tezamen beslaan in alle deelen des wortels ongev. 27 % van de stele. Hun volume blijft gelijk van basis naar top, doch is onderhevig aan variatie.

De perifere elementen, nabij den omtrek van de stele gegroepeerd in 7 tot 8, nabij de basis meestal 8, soms 9 radiale „*platen*” (stralen), op gelijken afstand van elkaar, elk uit een buitenste en een binnenste gedeelte opgebouwd. Afstand der stralen 45 tot 65 μ , onafhankelijk van den ouderdom van het betreffende worteldeel. Radiale afmeting der stralen 20 à 30 μ , bij de basis in den regel iets kleiner dan in de jongere deelen. De xyleemstralen beslaan in alle deelen des wortels tezamen ca. 11,6 % van de stele. Hun gezamenlijk volume blijft van basis naar top gelijk, doch is onderhevig aan variatie.

Het buitenste gedeelte (protoxyleem), ingeschakeld tusschen pericambiumcellen, bestaande uit 1 dunwandige, zeer nauwe, vierhoekige *ringtracheïde* ²⁾, somtijds bij de basis uit 2 tracheïden, in radiale richting aan elkaar grenzende.

Het binnenste gedeelte, bestaande uit 1 dikwandig ³⁾, wijd, nabij de basis iets minder wijd, zoo goed als rond, vaak eenigszins radiaal gestrekt, *gestippeld houtvat*, met de dikke buitenwanden aan de ringtracheïden en aan pericambiumcellen, met de overige, gewoonlijk minder dikke wanden aan mergcellen en aan merg-

1) Het is niet onwaarschijnlijk, dat bij nader onderzoek zal blijken, dat we hier met een zeefvat te doen hebben.

2) Naar analogie van den kroonwortel ook hier als tracheïde opgevat, hoewel hier geen dwarswanden werden gevonden.

3) Daardoor vooral in coupes en maceratiepreparaten der jonge worteldeelen direct in het oog vallend.

verbindingscellen grenzende; somtijds 2 vaten, in tangential richting aan elkaar grenzende, wederzijds afgeplat.

Centrale elementen in het midden van de stele, bestaande uit 1 zeer wijd tot buitengewoon wijd, precies in het centrum gelegen, rond, gestippeld houtvat („centraal vat”). Wand dun in het jongste minstens 10 c.M. lange worteldeel, dik bij de basis. Het centrale vat beslaat in alle deelen des wortels ca. 15,8 % van de stele. Zijn volume blijft van basis naar top gelijk, doch is onderhevig aan variatie.

Mergverbindingen: 16, event. 18, bij den top somtijds 14 in aantal, elk in dwarscoupes bestaande uit 2 hoekige, in radiale richting aan elkaar grenzende, gewoonlijk nauwe elementen: de buitenste en de binnenste; parenchymatisch en dunwandig, doch bij de basis vaak sclerenchymatisch (vezels), dikwandig of zeer dikwandig en dan rond schijnend. Onregelmatigheden in aantal en groepeerings der mergverbindingselementen komen voor. Eenmaal ontbrak een mergverbinding tusschen een phloëmbundel en een xyleemstraal.

Merg, gelegen tusschen het centrale vat en de perifere xyleemgroepen, met de mergverbindingen samenhangende, en daarvan onduidelijk gescheiden, bij de basis doorgaans 3 à 4, in jongere deelen meestal 2, plaatselijk 3 cellen dik. Cellen in aantal, vorm en wijdte varieerend, nauw tot tamelijk wijd en hoekig, soms onregelmatig gegroepeerd, vaak echter — behalve bij de basis — in 1 cel dikke concentrische lagen; in het jongere worteldeel parenchymatisch, dunwandig; sommige betrekkelijk lang, doch de meeste kort, en deze laatsten in hoofdzaak grenzend aan het centrale vat en aan de andere houtvaten. Deze korte parenchymcellen ook aanwezig bij de basis, doch daar tevens talrijke dikwandige tot zeer dikwandige sclerenchymvezels. De elementen der buitenste laag grenzen met hun buitenwanden aan de gestippelde vaten der xyleemstralen of aan de binnenste cellen der smalle mergverbindingen of aan beide; een 16- (event. 14-) tal met een harer bijna radiaal gerichte wanden tevens aan zeefvaten, waarvan er 8 (event. 7) op gelijken afstand van elkaar met hun binnenste helft in deze laag zijn ingelascht. De cellen der binnenste laag, in den regel tangentiaal gestrekt, grenzen met haar binnenwand aan het centrale vat; sommige — waar de zône 2 cellen dik is — met haar buitenwand(en) aan een zeefvat. Merg + mergverbindingen (+ pericambium) beslaan in alle deelen van den wortel ca. 64,8 % van de stele, bij de basis in den regel iets meer.

Beschrijving der elementen. ¹⁾

Calyptra. Columellacellen: dwarsdiameter 14 tot 28 μ (15 bepalingen); L in het basale gedeelte der columella 14 tot 25 μ (5 bep.); L der overige cellen 24 tot 40 μ (7 bep.)

¹⁾ Bij de opgaven der afmetingen van de elementen beteekenen de letters R, L en T steeds resp.: in radiale richting, in lengterichting en in tangential richting.

Nagenoeg regelmatige 5- tot 7-zijdige rechte prisma's met overlangs gerichte as, of tonvormige veelvlakken, waarvan de dwarse doorsnede een nagenoeg regelmatige 5- tot 7-hoek, de overlangsche doorsnede een onregelmatige 6- tot 8-hoek; van deze laatste 2 tegenoverstaande zijden dwars geplaatst, de overige ongelijk gericht, doch meestal nagenoeg evenwijdig aan de overlangs gerichte as der cel, en daarvan hoogstens 50° afwijkend.

Wanden $\frac{1}{2} \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande. Geen stippels gezien.

Protoplasma niet duidelijk zichtbaar, gelegen rondom de kern en langs de wanden; bovendien protoplasma-armen aanwezig.

Kern. Dwarsdiameter 5 à 10 μ (7 bep.); L 4 tot 10 μ (7 bep.); bolvormig of min of meer in de lengterichting van den wortel afgeplat; meestal gelegen tegen een der wanden en daarvan door een dun laagje protoplasma gescheiden. In een der onderzochte wortels lagen alle kernen tegen de dwarse wand in het basale gedeelte der cellen. Korrelige inhoud; 1 nucleolus, ca. 2 μ in diameter.

Zetmeelkorrels talrijk, langs de wanden talrijker dan in het centrale gedeelte der cellen; overigens gelijkmatig door de cel verspreid, behoudens voorkomende plaatselijke ophooping. Korrels, naar het schijnt, enkelvoudig, hoekig, ca. 2 μ in diameter. Geen lagen, noch kernvlekjes gezien. Afstand der korrels in den regel 2 tot 5 μ , vaak grooter.

Buitenste calyptracellen. Dwarsdiameter 10 tot 20 μ (13 bep.); L 22 tot 50 μ (18 bep.).

In den regel nagenoeg regelmatige, 5- tot 7-zijdige, meestal rechte prisma's, of van dezen vorm een weinig afwijkend; aan de oppervlakte der calyptra echter min of meer cylinder- tot eivormig. As der cellen gericht naar den calyptratop, met de wortelas een hoek makend van 12° tot 20° .

Wanden $\frac{3}{4} \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande.

Protoplasma rijkelijk voorhanden, vrij gelijkmatig in de cel verspreid. Structuur onduidelijk.

Kern: diameter 6—11 μ (13 bep.); in den regel bolvormig, doorgaans gelegen midden in de cel nabij een der overlangsche wanden; chromatine-rijke, korrelige inhoud; 1 nucleolus, ca. 2 μ in diameter.

Calyptracambium-cellen: dwarsdiameter ca. 14 μ (6 bep.); L 4 tot 10 μ (6 bep.).

Gewoonlijk regelmatige of onregelmatige, meestal 5- tot 7-zijdige, rechte prisma's met overlangs gerichte as.

Wanden nauwelijks $\frac{1}{4} \mu$ dik, kleurloos¹⁾.

Protoplasma zeer rijkelijk voorhanden, in den regel de geheele cel vullend. Structuur onduidelijk.

1) Reacties met J + H₂ SO₄, met Sudan III en met Phloroglucine + HC, gaven negatief resultaat. De reactie met Rutheniumrood liet ons in het onzekere omtrent de chemische samenstelling dezer wanden, zoodat deze hier in het midden gelaten moet worden.

Kern (nl. de rustende) ca. $6\ \mu$ in diameter, bolvormig of afgeplat in de richting der wortelas. In de deelende kern chromosomen duidelijk zichtbaar.

Vegetatiepunt. Initialen:

A) Van het schijfvormige complex: dwarsdiameter der cellen 10 tot $15\ \mu$ (6 bep.); L 4 tot $8\ \mu$ (8 bep.). Overigens overeenkomstig de calyptracambiumcellen, doch kern schijfvormig, dwars geplaatst, 7 tot $12\ \mu$ in diameter; L 4—7 μ .

B) Van het andere complex: dwarsdiameter der cellen 10 tot $20\ \mu$ (4 bep.); L 8— $16\ \mu$ (4 bep.). Verder gelijk aan de initialen van de schijfvormige groep, doch kern in het algemeen minder plat, ca. $8\ \mu$ in diameter.

Gewone meristeeencellen:

A) De oppervlaktecellen van den vegetatiekegel: R 22— $32\ \mu$ (8 bep.); T 9— $15\ \mu$ (8 bep.); L ca. $9\ \mu$ (10 bep.).

Parallelopipeda of een weinig van dezen vorm afwijkende prisma's.

Wanden $\frac{1}{4}\ \mu$ dik, kleurloos.

Protoplasma gelijkmatig in de cel verspreid. ¹⁾

Kern meestal in radiale richting gestrekt, en gelegen in de naar het wortelcentrum gekeerde helft der cel; R, T, en L resp. 12—18, 5—6 en 4—6 μ . ¹⁾

B) De overige cellen: R van den wortelomtrek naar het centrale gedeelte afnemend van hoogstens $20\ \mu$ tot ca. $8\ \mu$ (10 bep.); T 15 à $32\ \mu$ (10 bep.); L 7 à $16\ \mu$ (12 bep.)

Gewoonlijk 6-zijdige, onregelmatige, rechte prisma's met een weinig afgeronde ribben en overlangs gerichte as, eenigszins gelijkend op rechte cirkelcilinders.

Wanden $\frac{1}{4}\ \mu$ dik, kleurloos.

Intercellulair in dwarscoupes min of meer gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden hoogstens $3\ \mu$.

Protoplasma gelijkmatig in de cel verdeeld. ¹⁾

Kern schijfvormig, dwars geplaatst, 5— $8\ \mu$ in diameter, en 5—6 μ dik.

Procambiumcellen:

A) De in wording zijnde leden van het centrale vat: dwarsdiameter van den top af over een afstand van $600\ \mu$ toenemend van 20 tot $34\ \mu$; L toenemend van ca. 10 tot ca. $50\ \mu$.

Rechte cirkelcilinders met overlangs gerichte as.

Wanden $\frac{1}{4}\ \mu$ dik, kleurloos.

Protoplasma in de jongste cellen (tot ca. $200\ \mu$ van den top af) gelijkmatig verspreid, in de oudere cellen in hoofdzaak langs de wanden en om de kern.

Kern bolvormig, ca. $10\ \mu$ in diameter, in de jongste cellen centraal gelegen, in de oudere tegen een der wanden.

1) Van protoplasma en kern werd de bouw niet verder nagegaan.

Vacuolen 3—12 μ in diameter, onderling gescheiden door protoplasma-armen; in cellen, verder van den top verwijderd dan 600 μ , 1 groote vacuole aanwezig, bijna de geheele celruimte innemend.

B) De overige cellen van den centralen bundel: R 6—14 μ (13 bep.); T 7—11 μ (13 bep.); L van den top af over een afstand van 600 μ toenemend van ca. 12 tot ca. 25 μ .

Onregelmatige, rechte, doorgaans 6-zijdige, prisma's met overlangs gerichte as, doch zeer ongelijk in vorm en afmetingen.

Wanden $\frac{1}{4}$ μ dik, kleurloos.

Protoplasma gelijkmatig in de cel verspreid.

Kern: dwarsdiameter 6—9 μ . L van den top af toenemend van 7 tot hoogstens 18 μ .

Epidermiscellen: R ca. 20 μ (15—30 μ 32 bepalingen).

T „ 17 μ (13—26 μ ; 32 „).

L „ 100 μ (80—155 μ ; 13 „).

Rechte of scheeve prisma's met overlangs gerichte as. Ribben sterk afgerond, voor zoover niet grenzend aan exodermiscellen. Hun dwarse doorsnede een vierhoek of onregelmatige vijfhoek, waarvan 2 zijden radiaal gericht, en in den regel even groot (ca. 16 μ), 1 of 2 zijden tangentiaal of bijna tangentiaal gericht, en hiermee grenzende aan een exodermiscel, 1 zijde — de buitenwand — naar buiten gewelfd, bijna een halven cirkelboog vormend.

Dwarse wanden dwars tot scheef geplaatst (hoogstens 40°; 4 bep.).

Buitenwanden 1 μ dik, overige wanden $\frac{1}{2}$ μ ; alle wanden kleurloos, uit cellulose bestaande.

Geen stippels gezien.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk; aanwezig alleen in betrekkelijk jonge cellen.

Kern: alleen in betrekkelijk jonge cellen aanwezig; dwarsdiameter ca. 5 μ (4 bep.); L ca. 10 μ ; meestal eivormig, in dwarse richting eenigszins afgeplat, gelegen nabij het midden van de cel tegen een der binnenwanden.

Wortelharen. Wijdte 8 à 12 μ ; L zeer ongelijk, max. 1900 μ ; radiaal gericht en loodrecht op de wortelas; cilindervormig, of van top naar voet zeer weinig wijder wordend, met breeden kegelvormigen voet gewoonlijk midden op den buitenwand der epidermiscel ingeplant. Diameter voet ca. 17 μ . Top stomp, bolvormig, diam. ca. 13 μ . Wanden 1 à $1\frac{1}{2}$ μ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande. Geen inhoud gezien.

Schors. Exodermiscellen: R ca. 25 μ (20—45 μ ; 19 bep.).

T „ 35 μ (19—50 μ ; 19 „).

L 120—210 μ (8 bep.).

Zes- of zevenzijdige, onregelmatige, meestal rechte prima's met overlangs gerichte as en een weinig afgeronde ribben. Dwarse

doorsnede een onregelmatige zes- of zevenhoek, waarvan 2 zijden radiaal gericht en even lang (20 à 28 μ), 1 of 2 zijden tangentiaal of bijna tangentiaal gericht, tezamen de binnenwanden vormend; met meestal 3 zijden, waarvan de middelste tangentiaal, de 2 andere bijna tangentiaal geplaatst, grenzende aan epidermiscellen.

Dwarswanden in den regel dwars of bijna dwars geplaatst; verder gelijk aan de overige wanden. Overlangsche wanden $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ μ dik, kleurloos, verkurkt. Geen stippels gezien.

Intercellulairen bij de hoeken der buitenwanden in dwarscoupes gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden hoogstens 5 μ . De overige intercellulairen evenzoo gevormd; lengte der zijden ca. 6 μ .

Protoplasma wandstandig; aanwezig alleen in betrekkelijk jonge cellen.

Kern: alleen in betrekkelijk jonge cellen aanwezig; dwarsdiameter ca. 6 μ , L. ca. 10 μ (3 bep.); eivormig, in dwarse richting eenigszins afgeplat, gelegen nabij het midden van de cel tegen een der overlangsche wanden.

Buitenschorscellen: R ca. 28 μ (20—40 μ , 12 bep.).

T „ 30 μ (25—40 μ , 12 „).

L 170—290 μ (4 bep.).

Vijf- tot zevenzijdige, regelmatige of onregelmatige, rechte prima's met overlangs gerichte as en afgeronde ribben.

Dwarswanden dwars geplaatst; verder aan de andere wanden gelijk. Overlangsche wanden $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ μ dik, kleurloos, meestal uit cellulose bestaande, soms verkurkt; met weinig talrijke ronde of ovale gewone stippels. Afstand der stippels in overlangsche richting zeer ongelijk, in den regel 8 à 20 μ . Stippelkanaal, naar het schijnt, cilindervormig, bij het cellumen plotseling spleetvormig wijder wordend. Opening spleetvormig, scheef geplaatst, 10 bij 2 μ . Sluitvlies doorgaans ca. 2 bij 3 μ .

Intercellulairen in dwarscoupes gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden 5 tot 10 μ .

Protoplasma wandstandig, onduidelijk.

Kern: dwarsdiameter ca. 8 μ ; L 8 tot 16 μ (3 bep.); meestal eivormig, in dwarse richting eenigszins afgeplat, doorgaans midden in de cel gelegen tegen een der overlangsche wanden.

Middenschorscellen: diameter der wideste cellen 30 tot 50 μ (15 bep.); diameter der minder wijde 20 tot 40 μ (15 bep.) L 110 tot 210 μ (4 bep.).

Rechte cirkel- of ellipsylinders met overlangs gerichte as.

Dwarswanden dwars geplaatst; verder aan de overige gelijk. Overlangsche wanden $\frac{3}{4}$ tot 1 μ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande; met stippels gelijk die der buitenschorscellen.

Intercellulairen in dwarscoupes gewoonlijk min of meer gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden 8 tot 20 μ ; somtijds anders gevormd en dan meestal grooter. Holten, ontstaan door collaps: R 50 tot 100 μ , T zeer ongelijk.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk.

Kern: dwarsdiameter ca. $8\ \mu$; L $10\ \mu$ (4 bep.); ei- of bolvormig, in dwarse richting vaak ietwat afgeplat, doorgaans midden in de cel gelegen tegen een der overlangsche wanden.

Binnenschorscellen: R naar endodermis toe afnemend van hoogstens $25\ \mu$ tot ca. $13\ \mu$ (18 bep.); T evenzoo afnemend van hoogstens 40 tot ca. $22\ \mu$ (18 bep.); L 95 — $220\ \mu$ (9 bep.).

Rechte ellipsocynders met overlangs gerichte as.

Dwarswanden dwars geplaatst; verder gelijk aan de overige wanden. Overlangsche wanden $\frac{3}{4}$ tot $1\ \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande, met stippels gelijk die der overige schorscellen.

Intercellulairen in dwarscoupes gewoonlijk min of meer gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden 5 tot $15\ \mu$.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk.

Kern gelijk die der overige schorscellen.

Endodermiscellen: R ca. $12\ \mu$ (9— $17\ \mu$, 20 bep.).

T „ $17\ \mu$ (11 — $24\ \mu$, 20 „).

L 115 — $360\ \mu$ (30 bep.).

Rechte, somtijds scheeve prisma's met overlangs gerichte as.

Dwarse doorsnede een onregelmatige 5- of 6-hoek, waarvan 2 zijden radiaal gericht; 1 tangentiaal geplaatst, meestal ietwat naar buiten of naar binnen gebogen, en grenzend aan binnenschorscellen, de 2 (event. 3) overige, weinig of niet van de tangentiale richting afwijkend, dikwijls tezamen één ietwat naar buiten gebogen wand schijnend, en in dat geval de endodermiscel meer op een parallelopipedum gelijkend.

A) Gewone cellen:

Dwarswanden meestal dwars geplaatst, soms scheef (hoogstens 70°). Buitenwanden hoogstens $1\ \mu$ dik, kleurloos, bij den top uit cellulose bestaande, overigens verkurkt. Radiale en dwarse wanden, — bij den top hoogstens $1\ \mu$ dik, kleurloos, voorzien van $4\ \mu$ breede „kurkbandjes”, welke te zamen een lijstje vormen evenwijdig aan de wortelas en gelegen op $4\ \mu$ afstand van den buitenwand, en op $2\frac{1}{2}\ \mu$ afstand van de binnenwanden; — in het oudere worteldeel van buiten naar binnen dikker wordend (van 1 à $2\ \mu$ tot hoogstens $5\ \mu$), lichtgeel, onverkurkt en weinig verhout, behoudens sterke verhouting en verkurking van de middenlamel. Binnenwanden bij den top ca. $1\ \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande; in het midden van den wortel en bij de basis resp. 2 à 3 , en 3 à $7\ \mu$ dik, lichtgeel, weinig verhout en onverkurkt, behoudens sterke verhouting en geringe verkurking van de middenlamel. Alle wanden met ronde of ovale gewone stippels. Afstand der stippels ongelijk, ca. $7\ \mu$. Hun bouw onduidelijk. Sluitvlies ca. $2\ \mu$ in diameter.

Geen intercellulairen.

Protoplasma aanwezig in niet te oude cellen; wandstandig, onduidelijk.

Kern alleen in niet te oude cellen; vorm en afmeting gelijk aan die der overige schorscellen.

B) Doorlaatcellen:

Wanden $\frac{3}{4}$ à 1 μ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk.

Geen kern, noch stippels gezien.

Stele. Pericambiumcellen: R der middelste cellen van de pericambiumbogen ca. 14 μ (11—18 μ ; 15 bep.); T der middelste cellen ca. 11 μ (8—14 μ ; 15 bep.). R der overige cellen naar de ringtracheïden toe afnemend van ca. 13 tot ca. 7 μ (9 bep.); T ca. 9 μ (9 bep.); L 145—400 μ (8 bep.).

Scheeve prisma's met overlangs gerichte as. De dwarse doorsnede van de middelste cellen der bogen een onregelmatige zes- (soms vijf- of zeven-) hoek, waarvan de twee grootste zijden even groot en radiaal gericht; de 4 (event. 3 of 5) overige min of meer tangential, waarvan 2 (event. 3) de binnenwanden, 2 (event. 1) te zamen de buitenwanden uitmakend. De overige cellen der bogen in vorm aan de middelste gelijk. Van de eindcellen is de wand, die aan de ringtracheïde grenst, in dwarscoupes kleiner dan de andere radiale wand van dezelfde cel.

Dwarse wanden scheef tot bijna dwars (16 tot 55°; 6 bep.); verder gelijk aan de overige wanden. Overlangshe wanden bij de basis 2 à 3 μ dik, lichtgeel, meer of minder verhout, vooral ter plaatse der middenlamellen; overigens $\frac{3}{4}$ à 1 $\frac{1}{2}$ μ dik, kleurloos, weinig of niet verhout, uit cellulose bestaande; met ronde of ovale gewone stippels ¹⁾. Afstand der stippels ongelijk, ca. 10 μ ; hun bouw onduidelijk; sluitvlies 1 $\frac{1}{2}$ μ in diameter.

Protoplasma wandstandig, korrelig.

Kern: dwarse afmetingen ca. 2 $\frac{1}{2}$ bij 5 à 8 μ ; L 20 à 30 μ , (5 bep.); gelegen midden in de cel, op 1 à 2 μ afstand van een der overlangshe wanden, evenwijdig aan de as des wortels; in dwarscoupes planconvex of sikkelvormig; in overlangshe coupes staafovormig, naar gelang van de ligging, breed met stompe uiteinden, dan wel smal met scherpe einden; veel chromatinekorrels, behoudens chromatinevrije ruimte rondom de nucleoli.

Fliegercellen ²⁾: R 5—7 μ (11 bep.); T 7—10 μ (11 bep.); L onbekend.

Dwarse doorsnede een vliegervormige trapezoïde, waarvan de 2 kortste zijden aan de middelste cellen der pericambiumbogen grenzen, de 2 langste naar binnen gerichte zijden aan begeleidende cellen. Hoek tusschen de buitenwanden 120° à 140°, tusschen de binnenwanden 95° à 120°.

1) Waar pericambiumcellen grenzen aan gestippelde vaten der xyleemstralen, eenzijdige hofstippels aanwezig; zie beschrijving der vaten.

2) Zie noot 1 op pag. 69.

Geen dwarse wanden gezien. Overlangsche wanden $\frac{1}{2} \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande. Geen stippels gezien.

Geen levende inhoud.

Begeleidende cellen: R 6—9 μ (10 bep.); T 5—9 μ (10 bep.); L 190—260 μ (3 bep.).

Zeszijdige prisma's. Hun horizontale doorsnede een onregelmatige zeshoek, waarvan 1 zijde radiaal gericht, lang ca. 2 μ , grenzend aan de andere begeleidende cel; twee zijden tangentiaal gericht, gemidd. 7 en 3 μ lang, en resp. grenzend aan een zeefvat en aan een der middelste pericambiumcellen. De overige zijden 35° — 55° van de radiale richting afwijkend; een ervan, lang 6 à 7 μ , grenzend aan de vliegercel, de beide anderen, 4 à 5 μ lang, aan mergverbindingscellen.

Dwarse wanden scheef (ca. 40° ; 6 bep.), soms dwars, een enkele maal zeer scheef (72°); overigens gelijk aan de overlangsche wanden. Overlangsche wanden $\frac{1}{2} \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande. Geen stippels gezien.

Protoplasma rijkelijk voorhanden, korrelig, in hoofdzaak langs de wanden; bij de kern het geheele cellumen opvullend.

Kern: dwarsafmetingen $2\frac{1}{2}$ à 5 μ ; L ca. 35 μ ; (3 bep.); gelegen nabij het midden van de cel, op 1 à 2 μ afstand van een der overlangsche wanden, en evenwijdig aan de as des wortels; in dwarscoupes in den regel ovaal; in overlangsche coupes staafvormig, met stompe uiteinden; chromatine in den regel ongelijk verdeeld.

Zeefvaten: R bij de wortelbasis ca. 14 μ (11—16 μ ; 9 bep.); overigens ca. 16 μ (12—18 μ ; 8 bep.); T bij de wortelbasis ca. 15 μ (10—18 μ ; 9 bep.); overigens ca. 17 μ (16—19 μ ; 8 bep.). L der vaatleden 390 tot 900 μ (5 bep.).

Bijna regelmatige prima's met overlangs gerichte as. Hun horizontale doorsnede een 7- of 8-hoek, waarvan 2 zijden aan de begeleidende cellen grenzen en tangentiaal gericht zijn; de 2 (event. 1) tegenoverstaande tangentiaal geplaatst, grenzende aan 1 (event. 2) mergcel(len); de overige zijden min of meer radiaal, grenzend aan een mergverbindingscel of aan een mergcel, naar gelang van hun plaatsing.

Dwarse wanden (zeefplaten) zeer scheef geplaatst (ca. 70° ; 7 bep.), voorzien van talrijke callosepropjes (ca. 70 per 100 vierkante μ), en waarschijnlijk ter plaatse dezer propjes even zoovele openingen; ovaal, $\frac{1}{2} \mu$ dik, uit cellulose bestaande. Overlangsche wanden $\frac{1}{2} \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande; hier en daar — vooral in de nabijheid der zeefplaten — bezet met callosepropjes (stippels?), welke afzonderlijk of in groepjes zijn gelegen.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk.

Kern niet gezien.

Ringtracheïden: R 6 tot 8 μ (12 bep.); T 4 tot 6 μ (12 bep.); L onbekend. Dwarse doorsnede een rechthoek, waarvan de 2 kleinste zijden tangentiaal gericht, grenzend aan een endodermiscel en aan een gestippeld vat; de beide andere radiaal geplaatst.

- Dwarse wanden niet gezien. Overlangsche wanden ter plaatse der ringen bijna $1\ \mu$ dik, overigens nauwelijks $\frac{1}{2}\ \mu$; kleurloos en onverhout, behoudens de verhouting der dwarsgeplaatste, vierhoekige, bij de hoeken afgeronde, lichtgeel gekleurde ringen. Afstand der ringen 3 tot $5\ \mu$; dikte en hoogte ca. $1\ \mu$. Soms twee ringen door een zijtakje verbonden.

Geen levende inhoud.

Gestippelde vaten der xyleemstralen: R bij de wortelbasis ca. $17\ \mu$ ($13-22\ \mu$; 11 bep.); overigens ca. $18\ \mu$ ($15-22\ \mu$; 9 bep.); T bij de wortelbasis ca. $16\ \mu$ ($13-20\ \mu$; 11 bep.), overigens ca. $17\ \mu$ ($15-19\ \mu$; 9 bep.); L der vaatleden $530-1190\ \mu$ (22 bep.).

Negenzijdige, soms 8- of 10-zijdige, bijna regelmatige prisma's met overlangs gerichte as.

Dwarse wanden: — meestal scheef ($40^{\circ}-55^{\circ}$; 7 bep.) met ronde doorboring. De randen der perforaties stomp, meestal glad, soms hofstippelachtig. De overgebleven ringen ovaal, zonder stippels, verhout, 2 à $3\ \mu$ breed, nabij den overlangschen wand 2 tot $3\ \mu$ dik, naar binnen in dikte afnemend; — soms zeer scheef (ca. 85° ; 2 bep.), met talrijke hofstippels; ca. $2\ \mu$ dik, verhout, gaaf, behoudens kleine ovale opening nabij het midden met een diameter van ca. 20 bij $10\ \mu$.

Overlangsche wanden 2 tot $2\frac{1}{2}\ \mu$ dik, lichtgeel, verhout; — met talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan ringtracheiden, geplaatst in 1 overlangsche rij per ringtracheïdewand, en corresponderend met de tusschen de ringen gelegen wandgedeelten. Afstand der stippels 3 tot $4\ \mu$ (43 bep.). Hof elliptisch tot rond (diameter ca. 2 tot $3\ \mu$), bijna de geheele breedte van den wand innemend; opening spleetvormig, dwars of bijna dwars geplaatst ($\frac{1}{2}$ bij $1\ \mu$); — met minder talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan pericambiumcellen; deze stippels geplaatst in 1 overlangsche rij per pericambiumcelwand; afstand der stippels ca. $4\ \mu$ (37 bep.). Hof elliptisch tot bijna rond (diam. 2 tot $3\ \mu$), opening spleetvormig, dwars geplaatst of scheef, $\frac{1}{2}$ bij $1\ \mu$; — met weinig, soms echter talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan mergverbindingscellen; deze stippels geplaatst in 1 overlangsche rij per mergverbindingscel; afstand der stippels 5 tot $24\ \mu$ (25 bep.); somtijds over lange afstanden stippels afwezig. Hof rond, hoogstens $2\ \mu$ in diameter. Opening rond of een weinig ovaal, nauwelijks $1\ \mu$ in diameter; — met talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan mergcellen; deze stippels geplaatst in 1 overlangsche rij per mergcelwand. Afstand der stippels ca. $4\ \mu$ (58 bep.). Hof rond (diam. bijna $4\ \mu$), of elliptisch (hoogstens 6 bij $3\ \mu$), dwars geplaatst, bijna de geheele breedte van den wand innemend. Opening elliptisch, dwars of bijna dwars geplaatst (van 3 bij $2\ \mu$ tot 6 bij $3\ \mu$).

Geen levende inhoud.

Het centrale vat. Diameter 55 tot $75\ \mu$ (12 bep.); L der vaatleden 190 tot $1090\ \mu$ (12 bep.).

Cirkeleylinder met overlangs gerichte as.

Dwarse wanden: — meestal dwars of bijna dwars geplaatst, hoogstens 20° hellend (20 bep.), met ronde doorboring. Randen der perforaties glad, gewoonlijk stomp. De overgebleven ringen rond, verhout, ongestippeld, 5 tot $10\ \mu$ breed, nabij den overlangschen wand 5 tot $8\ \mu$ dik, naar binnen in dikte afnemend; — soms zeer scheef (82° ; 1 bep.), met talrijke hofstippels; hoogstens $1\frac{1}{2}\ \mu$ dik, verhout, gaaf, behoudens kleine ovale opening nabij het midden met een diameter van 20 bij $10\ \mu$.

Overlangsche wanden bij den top $\frac{3}{4}$ tot $1\ \mu$ dik, kleurloos tot lichtgeel, uit cellulose bestaande; overigens 1 à $2\ \mu$, lichtgeel, min of meer verhout; — met talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan korte parenchymcellen; deze stippels geplaatst zoowel in overlangsche rijen (2 à 3 per mergcelwand), als in weinig scheeve rijen (ca. 25°). Afstand der stippels in overlangsche richting ca. $4\ \mu$ (20 bep.). Hof rond of ovaal, ca. 4 bij $3\ \mu$; opening spleetvormig, dwars of bijna dwars geplaatst (2 bij $4\ \mu$); — met weinig talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan lange parenchymcellen of vezels; afstand der stippels in overlangsche richting zeer ongelijk (van 5 tot $20\ \mu$; 10 bep.); soms over lange afstanden stippels afwezig; opening spleetvormig, dwars of bijna dwars geplaatst (2 bij $4\ \mu$).

Geen levende inhoud.

Elementen der mergverbindingen: R ca. $9\ \mu$ (7— $11\ \mu$; 11 bep.); T ca. $9\ \mu$ (7— $11\ \mu$; 11 bep.); L 90— $280\ \mu$ (9 bep.).

Meestal vijfzijdige, bijna regelmatige prisma's met overlangs gerichte as. Van de buitenste dezer elementen grenzen de 2 tennaastenbij tangential gerichte buitenwanden aan pericambiumcellen, de tegenoverstaande binnenwand aan het binnenste element van dezelfde mergverbinding; de beide overige wanden, min of meer radiaal gericht, aan een gestippeld vat en aan een begeleidende cel. — Van de binnenste dezer elementen grenst de tangentiale buitenwand aan het buitenste element van dezelfde mergverbinding, de 2 tangentiale binnenwanden aan mergcellen, de tennaastenbij radiale wanden resp. aan een gestippeld vat en aan een zeefvat. Afwijkingen van deze situatie komen vaak voor.

A) Parenchymcellen. Dwarse wanden in den regel dwars geplaatst of een weinig hellend (hoogstens 35° ; 8 bep.), soms zeer scheef (55° — 75° ; 5 bep.), voorzien van eenige gewone stippels met spleetvormige opening; $\frac{3}{4}$ à $1\frac{1}{2}\ \mu$ dik en in den regel niet verhout.

Overlangsche wanden $\frac{3}{4}$ à $1\frac{1}{2}\ \mu$ dik, kleurloos, in den regel onverhout, uit cellulose bestaande; met in den regel weinig talrijke gewone stippels, zonder regelmaat over de wanden verspreid¹⁾. Afstand der stippels in overlangsche richting 3 tot $25\ \mu$ (20 bep.); sluitvlies ca. $1\ \mu$ in diameter; opening spleetvormig, scheef geplaatst, hoogstens $3\ \mu$ lang.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk.

1) Waar parenchymcellen grenzen aan gestippelde vaten der xyleemstralen, eenzijdige hofstippels aanwezig; zie beschrijving dezer vaten.

Kern: dwarsdiameter ca. $3\ \mu$, L $30\ \mu$ (2 bep.); gelegen in het midden van de cel, op $1\ \text{à}\ 2\ \mu$ afstand van een der overlangsche wanden, en evenwijdig aan de wortelas; in dwarscoupes in den regel een weinig afgeplat; in overlangsche coupes staafovormig met stompe uiteinden; korrelige inhoud.

B) Sclerenchymvezels. Wand $1\frac{1}{2}\ \text{à}\ 3\ \mu$ dik, lichtgeel en een weinig verhout; overigens gelijk aan die der parenchymcellen. Uiteinden der vezels meer of minder stomp, of puntig.

Geen inhoud.

Mergcellen.

A) Korte parenchymcellen: R $7 - 12\ \mu$ (20 bep.); T $7 - 15\ \mu$ (20 bep.); L $80 - 330\ \mu$ (7 bep.). Prisma's met overlangs gerichte as; in dwarscoupes regelmatige of onregelmatige 5- of 6-hoeken, nogal varieerend in vorm.

Dwarse wanden meestal dwars geplaatst (20 bep.), soms echter zeer scheef (ca. 75° ; 3 bep.); ca. $1\ \mu$ dik, voorzien van talrijke groote gewone stippels; bij de basis een weinig verhout, overigens uit cellulose bestaande.

Overlangsche wanden ca. $1\ \mu$ dik, kleurloos tot lichtgeel, bij de basis een weinig verhout, overigens uit cellulose bestaande; met talrijke gewone stippels, op de smalle wanden in 1 overlangsche rij, op de bredere wanden gewoonlijk onregelmatig geplaatst en mozaïekachtig aan elkaar passend ¹⁾. Afstand der stippels in overlangsche richting $4 - 7\ \mu$, soms meer (30 bep.).

Stippelkanaal naar het cellumen toe wijder wordend. Opening en sluitvlies resp. ca. 5 en $3\ \mu$ in diameter, gelijk gevormd, meer of minder ovaal, of hoekig.

Inhoud gelijk aan dien der parenchymatische mergverbindingscellen.

B) Lange parenchymcellen: R $7 - 12\ \mu$ (20 bep.); T $7 - 15\ \mu$ (20 bep.); L $250 - 570\ \mu$ (8 bep.). Vorm als bij A.

Dwarse wanden even vaak dwars geplaatst (6 bep.) als zeer scheef (ca. 75° ; 6 bep.), $\frac{3}{4}\ \text{à}\ 1\frac{1}{2}\ \mu$ dik, in den regel niet verhout, en voorzien van eenige gewone spleetstippels.

Overlangsche wanden $\frac{3}{4}\ \text{à}\ 1\frac{1}{2}\ \mu$ dik, kleurloos, weinig of niet verhout, met stippels vermoedelijk gelijk die der elementen der mergverbindingen, doch in den regel minder talrijk ²⁾.

Inhoud gelijk aan dien der korte parenchymcellen.

C) Sclerenchymvezels: afmetingen en vorm als die der lange parenchymcellen.

Wand $1\frac{1}{2}\ \text{à}\ 3\ \mu$ dik, lichtgeel en een weinig verhout; overigens gelijk aan die der lange parenchymcellen. Uiteinden der vezels stomp of puntig.

Geen inhoud.

1) Waar de korte parenchymcellen grenzen aan de gestippelde vaten der xyleemstralen of aan het centrale vat, eenzijdige hofstippels aanwezig; zie beschrijving dezer vaten.

2) Waar lange parenchymcellen grenzen aan het centrale vat, eenzijdige hofstippels aanwezig; zie beschrijving van het centrale vat.

Klembijwortel.

Topographie.

Toelichting bij de topographie, aangaande vorm en wijidte der elementen en wanddikte: zie toelichting bij de topographie van den hoofdwortel, blz. 63.

Grootte van den wortel in dwarscoupes gemidd. $163247,0 \mu^2$ (7 bep.; min. 116356,6; max. 321536,0).

Diameter van wortel gemidd. $448,7 \mu$ (7 bep.; min. 385μ ; max. 640μ).

" " stele " $142,6 \mu$ (7 " " 120μ ; " 160μ).

Diameterquotient " $3,15$ (7 " " $2,66$; " $3,44$).

Volumequotient " $10,10$ (7 " " $7,08$; " $16,0$).

Epidermis, schors en stele, behoudens voorkomende beschadigingen der beide eerstgenoemden, in alle deelen van den wortel aanwezig.

Diameter en volume van den wortel van basis naar top varieerend, doch niet afnemend.

Diameterquotient eveneens van basis naar top om eenzelfde gemiddelde schommelend.

Calyptra en *vegetatiepunt* zijn niet onderzocht.

Epidermis. Eén cel dikke laag van vrijwel gelijkvormige, wijde tot tamelijk wijde, zeer dunwandige, eenigszins radiaal gestrekte parenchymcellen. Aantal cellen in dwarscoupes varieerend van 82 tot 120 (3 bepalingen bij de basis, 1 bij het midden en 1 bij den top), naar het schijnt niet afhankelijk van de plaats van doorsnede, noch van den omvang der betreffende worteldeelen. Vaak ontbreken groepjes cellen, vooral in de basale worteldeelen der grondkulturen. Vele wortelharen aanwezig, niet het minst nabij de basis.

Schors. Grootte in dwarscoupes gemiddeld $147279,8 \mu^2$ (7 bep.; min. 101623,0; max. 301440,0).

Vijf à 7 cellen dik, en bestaande uit: exodermis, de eigenlijke schorslagen, en de endodermis.

Exodermis 1 cel dik; cellen parenchymatisch, dunwandig, hoekig, wijd tot zeer wijd, aanzienlijk wijder dan de epidermis-cellen, in wijidte weinig verschillend van de aangrenzende schorsparenchymcellen, en daardoor niet als een aparte laag in het oog springend; aan de epidermis grenzende zonder, of hoogstens met

zeer kleine intercellulair. In den regel 1 exodermiscel tegenover 1 heele en aan weerskanten 2 halve epidermiscellen. Aantal cellen in dwarscoupes vrij constant, varieërend van 45 tot 69 (6 bepalingen), naar het schijnt onafhankelijk van de worteldikte ter plaatse.

Het eigenlijke schorsparenchym, tusschen exodermis en endodermis gelegen, te onderscheiden in 3 concentrische zônes: buiten-, midden- en binnenschors, steeds onduidelijk gescheiden. Zônegrenzen, vooral de buitenste, in gave schorsen ternauwernood zichtbaar. Buitenschors niet altijd aanwezig. Dikte der zônes resp. ca. $20\ \mu$ (1 cel), $50-90\ \mu$ (2 à 3 cellen), en $12\ \text{à}\ 30\ \mu$ (1 à 2 cellen). Al deze cellen dunwandig tot zeer dunwandig.

Buitenschors: (indien aanwezig) cellen met kleine intercellulair bij de hoeken, dunwandig, zeer wijd, in vorm en rangschikking op middenschorscellen gelijkend.

Middenschors: cellen rond, met vrij groote intercellulair, dunwandig, wijd, in het midden van de middenschors zeer wijd, naar de binnenschors toe langzaam in wijdte afnemend, dikwijls vrij duidelijk in radiale rijen gerangschikt. Middenschors vaak voorzien van holten tengevolge van „radiale collaps”, of geheel verdwenen, behoudens talrijke radiale „wandlamellen” en celsnoeren, waardoor buiten- en binnenschors samenhangen. Dit laatste vooral in jonge worteldeelen, mits niet te dicht bij den top. Bij de basis dikwijls gave schors voorhanden.

Binnenschors: cellen met intercellulair, eenigszins radiaal afgeplat, met afgeronde hoeken, dunwandig, wijd tot zeer wijd, minder wijd dan de middenschorscellen, en naar de endodermis toe nauwer wordend.

Endodermis 1 cel dik. Cellen tamelijk wijd, in dwarscoupes rechthoekig, meerendeels radiaal afgeplat, onderling en met de pericambiumcellen zonder intercellulair samenhangend; dunwandig en voorzien van kurkbandjes in het jongste ca. 15 c.M. lange worteldeel; met hoefijzervormige wandverdikking bij nageen alle cellen in het oudere gedeelte der wortels. Aantal cellen in overeenkomstige dwarscoupes van verschillende wortels tamelijk constant; bij de basis 27 tot 33 (4 bep.), in wortels met een stele met elliptische doorsnede bij de basis 35 (2 bep.). Aantal, naar het schijnt, topwaarts eerst snel, dan langzamer afnemend. (Basis, midden en top van eenzelfde wortel resp. 33, 28 en 27 cellen). In het oudere wortelgedeelte, temidden van de dikwandige cellen, ook enkele dunwandige, afzonderlijk gelegen cellen aanwezig, de *doorlaatcellen*, grenzende aan protoxyleemelementen. Aantal doorlaatcellen zeer gering. In dwarscoupes van 4 verschillende wortels, tezamen 32 xyleemstralen tellende, grensde slechts 1 straal aan een doorlaatcel.

Stele. Grootte in dwarscoupes gemidd. $15967,2\ \mu^2$ (7 bep.; min. 11304,0; max. 20096,0). Diameter gemidd. $142,6\ \mu$ (7 bep.; min. 120; max. 160).

In de stele met *ronde* doorsnede bedraagt de oppervlakte van de dwarse doorsnede:

der xyleemstralen gemidd.	1759,6	μ^2 (5 bep.; min. 974,7; max. 2705,3)
der centrale vaten . . .	gemidd. 2203,0	μ^2 (5 bep.; 1661,1—2640,7)
van alle xyleemelementen		
tezamen	"	3962,6 μ^2 (5 " ; 2937,2—5345,9)
der phloëmbundels. . .	"	1196,5 μ^2 (5 " ; 931,4—1500,1)
van merg + mergverbin-		
dingen + pericambium.	"	11299,4 μ^2 (5 " ; 7243,7—14075,6).

In de stele met *elliptische* doorsnede bedraagt de oppervlakte der dwarse doorsnede:

der xyleemstralen . . .	gemidd. 1378,6	μ^2 (2 bep.; 1354,5—1402,7)
der centrale vaten . . .	"	2050,4 μ^2 (2 " ; 2041,0—2059,8)
van alle xyleemelementen		
tezamen	"	3429,0 μ^2 (2 " ; 3414,3—3443,7)
der phloëmbundels. . .	"	645,2 μ^2 (2 " ; 553,1—737,1)
van merg + mergverbin-		
dingen + pericambium.	"	54860,3 μ^2 (2 " ; 54782,7—54932,7).

Verhouding van de volumina der weefsels van de Stele.

Stellen wij het volume van de stele = 100, dan hebben de verschillende weefsels gemiddeld de volgende volumina:

A. in de stele met *ronde* doorsnede,

alle xyleemstralen tezamen	10,3	(5 bep.; 8,3—13,5)
de centrale vaten	13,6	(5 " ; 10,2—17,4)
alle xyleemelementen tezamen	24,0	(5 " ; 19,0—28,6)
de phloëmelementen.	7,4	(5 " ; 5,7—9,9)
merg + mergverbindingen + pericambium	68,4	(5 " ; 64,1—75,3).

B. in de stele met *elliptische* doorsnede,

alle xyleemstralen tezamen	2,35	(2 bepalingen)
de centrale vaten	3,50	(2 ")
alle xyleemelementen tezamen	5,85	(2 ")
de phloëmbundels.	1,10	(2 ")
merg + mergverbindingen + pericambium	93,10	(2 ").

Volume van de stele van basis naar top varieerend, doch niet afnemend.

De elementen zonder intercellulairen aan elkaar grenzend; de meeste in dwarscoupen nagenoeg isodiametrisch. Hun lengten zeer uiteenlopend, ook die der morphologisch identieke elementen. Van deze laatsten ook de gemiddelde lengten niet over de geheele wortellengte gelijk, doch — naar het schijnt — zonder vaste regelmaat varieerend.

Pericambium. Eén cel dik. Hoekige parenchymcellen met tamelijk wijd lumen en doorgaans vrij dunnen wand; van alle andere cellen van de stele en van de aangrenzende endodermis-

cellen onderscheiden door hun radiale strekking. In grondkultuurwortels en bij de basis van waterkultuurwortels vaak tamelijk tot zeer dikwandig, en dan minder hoekig schijnend. Er zijn bij beschouwing der dwarscoupes ingelascht meestal 8, ook wel 7, in een stele met elliptische doorsnee wel eens 9 ringtracheïden of groepjes daarvan, op gelijken afstand van elkaar, door hun geringe wijidte en afwijkenden vorm in het oog springend, den pericambiumring verdeelend in 8 (eventueel 7 of 9) *bogen*. Deze pericambiumbogen elk bestaande uit 4 tot 8, meestal 6 cellen, waarvan de 2 middelste — in den regel het wijidst — met hun binnenwanden aan de buitenste phloëmelementen en meestal aan een mergverbindingscel grenzen; de overige cellen, naar de ringtracheïden toe nauwer wordend, naargelang van hun plaatsing met hun binnenwanden grenzend aan een mergverbindingscel, of tevens aan een gestippeld vat van een xyleemstraal, of uitsluitend aan dit laatste. De eindcellen der bogen niet zelden afwijkend in vorm en plaatsing. Alle pericambiumcellen met hun binnenwanden, in den regel zonder regelmaat, grenzend aan endodermiscellen, soms daarmee alterneerend; vaak 1 endodermiscel tegenover 1 heele en aan weerskanten een halve pericambiumcel.

Phloëm. Nabij den omtrek van de stele gegroepeerd in 8, soms 7 of 9, (in de jongere deelen — gewoonlijk reeds op korten afstand van de basis — 7), met de xyleemstralen afwisselende, iets meer naar binnen gelegen bundels, elk bestaande uit een buitenste en een binnenste gedeelte. Afstand der bundels 35 tot 55 μ , onafhankelijk van den ouderdom van de betreffende worteldeelen. R-afmeting der bundels 15 tot 25 μ , bij de basis in den regel iets kleiner dan in de jongere deelen. Een enkele maal 2 phloëmbundels tusschen 2 xyleemstralen. De phloëmbundels beslaan in alle deelen der ronde stele's ca. 7,4 % daarvan; hun volume blijft gelijk van basis naar top, doch is onderhevig aan variatie.

Het buitenste gedeelte (protophloëm), opgebouwd uit 3 met hun buitenzijde aan pericambium grenzende, zeer nauwe, hoekige, karakteristiek gevormde, dunwandige, parenchymcellen, t. w. 2 laterale (*begeleidende cellen*) en 1 mediane; de laatste in dwarscoupes gelijkend op een vliegervormige vierhoek, en daarom door ons „*vliegercel*” genoemd ¹⁾. Afwijkingen in aantal, groepeeringsvorm en vorm dezer buitenste elementen niet zelden bij de basis.

Het binnenste gedeelte uit 1 tamelijk wijid, dunwandig, rond of ovaal, meestal eenigszins radiaal afgeplat *zeefvat* bestaande, somtijds uit 2 in tangentialen richting aan elkaar grenzende zeefvaten, wederzijds afgeplat. Zeefvaten aan mergcellen en aan begeleidende cellen, niet aan vliegercel, grenzende, in het oog vallend door hun wijidte; minder wijid bij de basis, doch dan de phloëmbundels doorgaans opvallend door de dunne wanden en de typische groepeeringsvorm hunner elementen.

1) Zie noot 1 op pag. 69.

Xyleem. Twee groepen elementen, de perifere en de centrale, door mergcellen gescheiden. Beide groepen tezamen beslaan in alle deelen der wortels met ronde stele ca. 24 % van de stele; hun volume neemt van basis naar top niet af, noch toe, doch varieert wel.

De perifere elementen, nabij den omtrek van de stele gegroepeerd in meestal 8 radiale „platen” („stralen”) bij de basis, overigens gewoonlijk 7 platen, in stele's met elliptische doorsnee soms 9, op gelijken afstand van elkaar, elk uit een buitenste en een binnenste gedeelte opgebouwd. Afstand der stralen 40 tot 60 μ , onafhankelijk van den ouderdom der betreffende worteldeelen. R-afmeting der stralen 20 à 30 μ , naar het schijnt bij de basis iets kleiner dan in jongere deelen. De xyleemstralen tezamen beslaan in alle deelen der wortels met ronde stele ca. 10 % van de stele; hun gezamenlijk volume blijft van basis naar top gelijk, maar is onderhevig aan variatie.

Het buitenste gedeelte (protoxyleem), ingeschakeld tusschen pericambiumcellen, bestaande uit 1 zeer nauwe, vierhoekige, dunwandige *ringtracheïde*, niet zelden bij de basis van den wortel uit 2 in radiale richting aan elkaar grenzende tracheïden, of wel 3, ongelijk gegroepeerd.

Het binnenste gedeelte, bestaande uit 1 dikwandig¹⁾, wijd, nabij de wortelbasis iets minder wijd, veelhoekig tot rond, gestippeld *houtvat*, met de buitenwanden aan de ringtracheïde(n) en aan pericambiumcellen, overigens aan mergcellen grenzende; somtijds 2 vaten, in tangential richting aan elkaar grenzende, wederzijds afgeplat.

Centrale elementen in het midden van de stele, bestaande uit 1, buitengewoon wijd, precies in het centrum gelegen, rond, gestippeld *houtvat* („centraal vat”). In stele's met elliptische doorsnee 2 centrale vaten, gescheiden door mergcellen. Het centrale vat beslaat in alle deelen van de ronde stele ca. 13,6 % daarvan. Zijn volume neemt, hoewel varieerend, van basis naar top niet toe, noch af. Wanden dun in de nabijheid van den worteltop, tamelijk dik tot dik bij de basis, overigens tamelijk dun.

Mergverbindingen: tusschen de phloëembundels en xyleembundels gegroepeerd in 14 tot 18 — bij de wortelbasis gewoonlijk 16 tot 18, in de overige deelen meestal 14 — radiale „platen”, elk in dwarscoupes bestaande uit 2 nauwe, hoekige parenchymcellen, in radiale richting aan elkaar grenzende: de buitenste en de binnenste; in den regel dunwandig, bij de wortelbasis vaak tamelijk dikwandig en dan rond schijnend. Onregelmatigheden in aantal en groepeerings der mergverbindingscellen, gepaard met optreden van eenige vezels, niet zelden bij de wortelbasis.

Merg, gelegen tusschen het centrale vat en de perifere xyleemgroepen, met de mergverbindingen samenhangende en daarvan onduidelijk gescheiden, bij de wortelbasis 2 à 4, in jongere deelen

1) Daardoor vooral in coupes en maceratiepreparaten der jonge worteldeelen direct in het oog vallend.

2 à 3 cellen dik. Cellen in aantal, vorm en wijde varieerend, nauw tot tamelijk wijd, en hoekig, vaak in duidelijke, 1 cel dikke lagen gerangschikt, of onregelmatig gegroepeerd; in het jongere worteldeel parenchymatisch, dunwandig; sommige betrekkelijk lang, doch de meesten kort, en deze laatsten in hoofdzaak grenzend aan het centrale vat en aan de andere houtvaten. Deze korte parenchymcellen ook aanwezig bij de basis, doch daar tevens talrijke dikwandige tot zeer dikwandige sclerenchymvezels. De elementen der buitenste laag grenzen met hun buitenwanden aan de gestippelde vaten der xyleemstralen of aan de binnenste cellen der smalle mergverbindingen, of aan beide. In deze laag zijn 8 (event. 7 of 9) zeefvaten, op gelijken afstand van elkaar, gedeeltelijk opgenomen. De cellen der binnenste laag, in den regel tangentiaal gerekt, grenzen aan het centrale vat.

Merg (+ mergverbindingen + pericambium) beslaat in alle deelen der ronde stele ca. 68 % daarvan; bij de basis in den regel iets meer. Dit volume blijft nagenoeg gelijk van basis naar top, doch is onderhevig aan variatie.

Kroonwortel.

Topographie.

Toelichting bij de topographie, aangaande vorm en wijde der elementen en wanddikte: zie toelichting bij de topographie van den hoofdwortel, blz. 63.

Wortels van *grondcultuurplanten*:

Basis. (4 wortels van 2 verschillende planten gemeten.)

Grootte van den wortel in dwarscoupes gemidd. 510853,7 μ^2 (4 bepalingen; min. 260444,2; max. 753914,0).

Diameter ¹⁾ gemidd. 796,3 μ (4 bep.; min. 575; max. 980).

Diameterquotient gemidd. 2,76 (4 bep.; min. 2,61; max. 3,07).

Volumequotient gemidd. 7,65 (4 bep.; min. 6,81; max. 9,42).

Wortels van *watercultuurplanten*:

Basis. (8 wortels van 2 verschillende planten gemeten.)

Grootte van den wortel in dwarscoupes gemidd. 498256,8 μ^2 (8 bep.; min. 331662,5; max. 800778,5).

Diameter gemidd. 789,4 μ (8 bep.; min. 650; max. 1010).

Diameterquotient gemidd. 2,61 (8 bep.; min. 2,11; max. 3,12).

Volumequotient gemidd. 6,89 (8 bep.; min. 4,45; max. 9,73).

Midden. (5 wortels van 2 verschillende planten gemeten.)

Grootte van den wortel in dwarscoupes gemidd. 370781,7 μ^2 (3 bep.; min. 331662,5; max. 406944,0).

Diameter gemidd. 686,7 μ (3 bep.; min. 650; max. 720).

1) Voor diameter der stele, zie onder Stele pag. 90.

Diameterquotient gemidd. 3,22 (3 bep.; min. 2,77; max. 3,61).
 Volumequotient gemidd. 10,51 (3 bep.; min. 7,67; max. 13,03).
Top. (4 wortels van 2 verschillende planten gemeten.)
 Grootte van den wortel in dwarscoupes gemidd. 277488,1 μ^2
 (2 bep.; min. 196250,0; max. 358726,2).
 Diameter gemidd. 617,5 μ (2 bep.; min. 560; max. 675).
 Diameterquotient gemidd. 3,09 (2 bep.; min. 2,80; max. 3,38).
 Volumequotient gemidd. 9,63 (2 bep.; min. 7,84; max. 11,42).

Epidermis, schors en stele, behoudens voorkomende beschadigingen der beide eerste, in alle deelen van den wortel aanwezig.
 Volume van den wortel neemt van basis naar top af in de verhouding: 1,8 : 1,3 : 1.

Diameterquotient neemt van basis naar top toe in de verhouding: 2,61 : 3,22 : 3,09.

Calyptra. ¹⁾ Kegelvormig, met het basale gedeelte den worteltop over een afstand van ca. 230 μ omvattend. Afstand van worteltop tot calyptratop ca. 250 μ ; dwarsdiameter ter hoogte van den worteltop ca. 300 μ .

Columella min of meer cilindervormig, zich uitstrekkend van den calyptratop tot op ca. 20 μ afstand van den worteltop. Hoogte van den cylinder ca. 230 μ , diameter 90 tot 120 μ , nabij den top der calyptra kleiner wordend. Verder gelijk aan die van den hoofdwortel.

De *buitenste calyptracellen* vormen tezamen een mantel, die de *columella* en een deel van den worteltop omhult, bij den calyptratop ca. 20 μ (2 à 3 cellen) dik, van dit punt af eerst dikker wordend tot ca. 60 μ (ca. 6 cellen) ter hoogte van den worteltop, daarna geleidelijk in dikte afnemend tot 10 μ (1 cel).

Verder overeenkomstig die van den hoofdwortel.

Calyptracambium een schijfvormig complex vormend, 20 à 30 μ (4 tot 6 cellen) dik, en ca. 160 μ in diameter.

Verder overeenkomstig dat van den hoofdwortel.

Vegetatiepunt. ²⁾ Van den top af over een afstand van ca. 900 μ in dikte toenemend van ca. 350 tot 600 μ , verder cilindervormig. Omgeven door een structuurlooze heldere laag als bij den hoofdwortel.

1) Van 3 kroonwortels werd de calyptra onderzocht.

2) Er werden 2 vegetatiepunten van ongev. 4 c.M. lange wortels onderzocht.

Initialen gegroepeerd en gebouwd als die van den hoofdwortel. Overlangsche afmeting van het schijfvormige complex 5 à 10 μ (1 à 2 cellen)¹⁾.

De overige cellen van het vegetatiepunt topographisch te onderscheiden in 2 bij den top onduidelijk, overigens duidelijk gescheiden groepen: de centrale en de perifere.

De perifere groep kokervormig den centralen bundel omsluitend, ca. 200 μ (12 à 13 cellen) dik, naar den top toe dunner wordend, bestaande uit *gewone meristeeencellen*, gebouwd als bij den hoofdwortel, gevuld met protoplasma, mits niet verder van den top verwijderd dan ca. 900 μ , en verscheiden in deelingstoestand verkeerend. De cellen, gelegen aan de oppervlakte van den vegetatiekegel, zijn radicaal gestrekt, de overige tangentiaal.

De centrale groep min of meer cylindervormig, van den top af over een afstand van 800 μ in diameter toenemend van ca. 120 μ tot ca. 210 μ , verder gelijk blijvend, bestaande uit *procambiumcellen*, gelijk gebouwd als die van den hoofdwortel. Deze cellen geheel, somtijds gedeeltelijk gevuld met protoplasma, (mits niet verder dan den top verwijderd dan ca. 900 μ), met uitzondering van een 13-tal nabij den omtrek van het centrale gedeelte gelegen, in dwarscoupes ruit- of vliegvormige cellen. Ze zijn identiek met de later te beschrijven „vliegercellen” en reeds volwassen op ca. 500 μ afstand van den top²⁾. De in wording zijnde centrale vaten vallen reeds op korten afstand van den top in het oog door hun grootere wijfde en de sterke vacuoliseering van hun inhoud³⁾. Verscheiden cellen in deelingstoestand; kerndeeling mitotisch.

Epidermis. Eén cel dikke laag van vrijwel gelijkvormige, wijde tot tamelijk wijde, zeer dunwandige, meerendeels eenigszins radiaal gestrekte parenchymcellen. Buitenwanden dun; overige wanden zeer dun. Aantal cellen in dwarscoupes ca. 235 (2 bep. nabij de basis). Vaak ontbreken groepjes cellen, vooral in de basale worteldeelen der grondeculturen. Vele wortelharen aanwezig, niet het minst nabij de wortelbasis.

Schors. Grootte in dwarscoupes:

in wortels van grondecultuurplanten

basis, gemidd. 443725,2 μ^2 (4 bep.; min. 223819,2; max. 550780,0)

midden, „ — — —

in wortels van watercultuurplanten

basis, gemidd. 424182,3 μ^2 (8 bep.; min. 272804,2; max. 681380,0)

midden, „ 333075,5 μ^2 (3 „ „ 306228,5; „ 353878,0)

top, „ 246078,1 μ^2 (2 „ „ 164850,0; „ 327306,2)

1) De overige afmetingen konden, wegens de onduidelijke begrenzing der complexen, niet nauwkeurig worden bepaald.

2) In dwarse microtoomcoupes door het vegetatiepunt, mits niet al te dicht bij den top, en gekleurd met safranine, vallen deze vliegercellen sterk in het oog. (Zie verder pag. 94.)

3) Op de differentieering der overige elementen wordt hier niet ingegaan.

Acht à 13 cellen dik en bestaande uit: exodermis, de eigenlijke schorslagen en de endodermis.

Exodermis 1 cel dik. Cellen steeds parenchymatisch, ook in grondwortels, dunwandig tot zeer dunwandig, hoekig, wijd tot zeer wijd, aanzienlijk wijder dan de epidermiscellen; somtijds — dikwijls bij de basis — wijder dan de buitenschorscellen en in dat geval als een aparte laag in het oog springend. Dit laatste heel duidelijk in het basale gedeelte van grondkultuurplanten, wegens verschil in wanddikte tusschen de exodermis en het aangrenzende, zeer dikwandige buitenschorssclerenchym. Aantal cellen van exodermis in dwarscoupes 90 tot 125 (8 bepalingen), onafhankelijk van den omvang des wortels en van de plaats van doorsnede.

De eigenlijke schorslagen, tusschen exodermis en endodermis gelegen, meer of minder duidelijk te onderscheiden in 3 concentrische zônes; buiten-, midden- en binnenschors. Grens tusschen buiten- en middenschors heel duidelijk nabij de wortelbasis, vooral bij die der grondkultuurplanten, overigens onduidelijk; grens tusschen midden- en binnenschors in gave schorsen steeds ternauwernood zichtbaar. Dikte van buiten-, midden- en binnenschors gemidd. resp. ca. $60\ \mu$ (4 à 6 cellen), $110\ \mu$ (3 à 5 cellen), en $20\ \mu$ (1 à 3 cellen), indien buitenste zônegrens scherp is: overigens gemidd. resp. $20\ \mu$ à $40\ \mu$ (1 à 2 cellen), $110\ \mu$ (3 à 4 cellen) en ca. $30\ \mu$ (1 à 2 cellen).

Buitenschors: cellen zonder of hoogstens met zeer kleine intercellulaire ruimten. Bij duidelijke scheiding van buiten- en middenschors, cellen der eerste nauwer, hoekiger en langer dan de middenschorscellen; bij wortels van waterkulturen parenchymatisch, dunwandig, bij die der grondkulturen en bij de boven de voedingsoplossing uitstekende deelen der waterkultuurwortels sclerenchymatisch, zeer dikwandig, bijna rond schijnend. Bij onduidelijke scheiding van buiten- en middenschors, cellen der eerste wijd, parenchymatisch, dunwandig en zoowel in vorm als in rangschikking op de middenschorscellen gelijkend.

Middenschors: cellen rond, met vrij groote intercellulaire ruimten, parenchymatisch, dunwandig, — bij grondkultuurplanten wanden vaak dikker —, zeer wijd, in het midden van de middenschors het wijdst en naar de binnenschors toe langzaam in wijdte afnemend, somtijds gerangschikt in duidelijke radiale rijen, die zich voortzetten in de binnenschors, doch tegen de buitenschors doodloopen. Tengevolge van radiale collaps in volwassen wortels vaak groote ruimten aanwezig, zich uitstrekkend van de binnenschors tot de buitenschors; nabij basis en top doorgaans gering in aantal (ca. 5), R ruim $100\ \mu$, T 100 tot $250\ \mu$; (3 bep.); in het midden van den wortel middenschors vaak bijna geheel verdwenen behoudens eenige radiale „platen” van middenschorscellen en talrijke radiaal gerichte „lamellen” (overblijfsels der radiale wanden), waardoor buiten- en binnenschors samenhangen. Bij jonge wortels (tot ca. 15 c.M. lang) en bij de wortels der grond-

kulturen steeds een gave of bijna gave schors aangetroffen (van elk 3 bepalingen).

Binnenschors: cellen parenchymatisch, met intercellulair en dunnen wand (bij grondkultuurplanten wanden iets dikker), eenigszins radiaal afgeplat, met afgeronde hoeken, minder wijd dan de middenschorscellen, en naar de endodermis toe in wijdte afnemend.

Endodermis een cel dik. Cellen tamelijk wijd, in dwarscoupes rechthoekig, meerendeels radiaal afgeplat, onderling en met de pericambiumcellen samenhangend zonder intercellulair; dunwandig en voorzien van kurkbandjes in het jongste 10 à 20 c.M. lange worteldeel; met hoefijzervormige wandverdikking bij nageoeg alle cellen in het oudere gedeelte der wortels, vooral bij grondkultuurplanten. Aantal cellen in dwarscoupes door de basis 45 tot 82, naar gelang van den omvang van de stele (17 bepalingen); topwaarts eerst snel, dan langzamer afnemend; in het midden ca. 40 tot 50 cellen (3 bepalingen), nabij den top ca. 30 tot 40 (2 bepalingen). In het oudere wortelgedeelte, te midden van de dikwandige tot zeer dikwandige cellen ook enkele dunwandige aanwezig (*doorlaatcellen*), grenzende aan protoxyleemelementen, en doorgaans afzonderlijk gelegen; alleen bij de basis meestal groepjes voorhanden van 2 (soms 3) zulke, in tangentiale richting samenhangende, aan eenzelfde xyleemstraal grenzende, cellen. Aantal doorlaatcellen nabij de basis vrij aanzienlijk, overigens gering. In dwarscoupes door de basis van 7 verschillende wortels, tezamen 79 xyleemstralen tellende, grensden 43 stralen aan doorlaatcellen.

Stele. ¹⁾ Grootte in dwarscoupes:

in wortels van grondkultuurplanten

basis, gemidd. $67128,5 \mu^2$ (4 bep.; min. 36625,0; max. 85486,5)

midden, „ $62426,3 \mu^2$ (1 bep.)

in wortels van waterkultuurplanten

basis, gemidd. $74068,2 \mu^2$ (8 bep.; min. 49062,5; max. 119398,5)

midden, „ $39388,9 \mu^2$ (5 „ „ 25434,0; „ 53066,0)

top, „ $27205,3 \mu^2$ (4 „ „ 17662,5; „ 31420,0)

Diameter in wortels van grondkultuurplanten:

basis, gemidd. $288,7 \mu$ (4 bep.; min. 215; max. 330)

midden, „ $282,0 \mu$ (1 bep.)

Diameter in wortels van waterkultuurplanten:

basis, gemidd. $304,1 \mu$ (8 bep.; min. 250; max. 390)

midden, „ $222,0 \mu$ (5 „ „ 180; „ 260)

top, „ $185,0 \mu$ (4 „ „ 150; „ 200)

Volume van de stele neemt van basis, via midden naar den top af in de verhouding: 2,7 : 1,5 : 1.

1) Zie fig. 2.

Elementen zonder intercellulairen aan elkaar grenzend; de meeste in dwarscoupes nagenoeg isodiametrisch. Hun lengten zeer uiteenlopend, ook die der morphologisch identieke elementen.

Van deze laatste ook de gemiddelde lengten niet over de geheele wortellengte gelijk, doch, naar het schijnt, zonder vaste regelmaat varierende.

Oppervlakte der weefsels in dwarscoupes:

a) wortels van grondkultuurplanten:

Basis.

Oppervl. der xyleemstralen gemidd. $4809,3 \mu^2$ (4 bep.; min. 2199,9; max. 6442,6).

Oppervl. der centrale vaten gemidd. $12484,4 \mu^2$ (4 bep.; min. 7736,2; max. 16877,5).

Oppervl. van alle xyleemelementen samen gemidd. $17293,7 \mu^2$ (4 bep.; min. 9936,1; max. 23320,1).

Oppervl. van de phloëembundels gemidd. $3863,2 \mu^2$ (4 bep.; min. 1734,0; max. 5225,8).

Oppervl. van merg + mergverbindingen + pericambium gem. $45969,2 \mu^2$ (4 bep.; min. 24944,9; max. 61420,7).

Midden.

Oppervl. der xyleemstralen $7074,3 \mu^2$ (1 bep.).

„ „ centrale vaten $13411,4 \mu^2$ (1 „).

„ van alle xyleemelementen samen $20485,7 \mu^2$ (1 „).

„ der phloëembundels $6310,5 \mu^2$ (1 „).

„ van merg + mergverbindingen + pericambium $35630,1 \mu^2$ (1 „).

b) Wortels van waterkultuurplanten:

Basis.

Oppervl. der xyleemstralen gemidd. $5411,2 \mu^2$ (8 bep.; min. 4291,1; max. 6886,2).

Oppervl. der centrale vaten gemidd. $15214,4 \mu^2$ (8 bep.; min. 9593,5; max. 23598,6).

Oppervl. van alle xyleemelementen tezamen gemidd. $20625,6 \mu^2$ (8 bep.; min. 14060,6; max. 30484,8).

Oppervl. der phloëembundels gemidd. $3982,1 \mu^2$ (8 bep.; min. 3346,9; max. 4916,9).

Oppervl. van merg + mergverbindingen + pericambium gem. $49460,4 \mu^2$ (8 bep.; min. 28404,5; max. 84046,6).

Midden.

Oppervl. der xyleemstralen gemidd. $3770,0 \mu^2$ (5 bep.; min. 3161,3; max. 4565,4).

Oppervl. der centrale vaten gemidd. $9889,8 \mu^2$ (5 bep.; min. 5317,6; max. 15090,8).

Oppervl. van alle xyleemelementen tezamen gemidd. $13660,0 \mu^2$ (5 bep.; min. 8478,9; max. 19656,2).

Oppervl. der phloëmbundels gemidd. $3610,6 \mu^2$ (5 bep.; min. 2426,3; max. 4491,0).

Oppervl. van merg + mergverbindingen + pericambium gem. $22118,3 \mu^2$ (5 bep.; min. 14528,8; max. 28918,8).

Top.

Oppervl. der xyleemstralen gemidd. $2982,5 \mu^2$ (4 bep.; min. 1850,0; max. 4251,8).

Oppervl. der centrale vaten gemidd. $5312,1 \mu^2$ (4 bep.; min. 3215,4; max. 7241,6).

Oppervl. van alle xyleemelementen tezamen gemidd. $8272,1 \mu^2$ (4 bep.; min. 5065,4; max. 11493,4).

Oppervl. der phloëmbundels gemidd. $2891,9 \mu^2$ (4 bep.; min. 2084,6; max. 3500,8).

Oppervl. van merg + mergverbindingen + pericambium gem. $16041,3 \mu^2$ (4 bep.; min. 10512,5; max. 19718,7).

Verhouding van de volumina der weefsels van de Stele.

Stellen wij het volume van de Stele = 100, dan hebben de verschillende weefsels gemiddeld de volgende volumina:

a) in wortels van grondkultuurplanten,

Basis:

de xyleemstralen samen . .	7,00 (4 bep.; min. 6,01; max. 8,01)
de centrale vaten samen . .	18,92 (4 " ; " 16,38; " 21,00)
alle xyleemelementen samen	25,92 (4 " ; " 23,42; " 29,01)
de phloëmbundels samen . .	5,68 (4 " ; " 4,73; " 6,73)
merg + mergverbindingen +	
pericambium samen . .	68,41 (4 " ; " 64,49; " 71,84).

Midden:

de xyleemstralen samen . .	11,33 (1 bepaling)
de centrale vaten samen . .	21,48 (1 ")
alle xyleemelementen samen	32,81 (1 ")
de phloëmbundels samen . .	10,19 (1 ")
merg + mergverbindingen +	
pericambium samen . .	57,09 (1 ").

b) in wortels van waterkultuurplanten,

Basis:

de xyleemstralen samen . .	7,53 (8 bep.; min. 5,69; max. 9,17)
de centrale vaten samen . .	20,99 (8 " ; " 16,78; " 27,24)
alle xyleemelementen samen	28,52 (8 " ; " 22,94; " 35,84)
de phloëmbundels samen . .	5,72 (8 " ; " 4,45; " 6,82)
merg + mergverbindingen +	
pericambium samen . .	65,87 (8 " ; " 57,88; " 71,24).

Midden :

de xyleemstralen samen . .	9,84 (5 bep.; min. 8,60; max. 12,48)
de centrale vaten samen . .	24,48 (5 " ; " 20,91; " 28,68)
alle xyleemelementen samen	34,31 (5 " ; " 30,09; " 38,28)
de phloëembundels samen . .	9,21 (5 " ; " 8,46; " 10,18)
merg + mergverbindingen +	
pericambium samen . . .	56,47 (5 " ; " 51,54; " 60,94)

Top :

de xyleemstralen samen . .	10,86 (4 bep.; min. 8,81; max. 13,54)
de centrale vaten samen . .	19,39 (4 " ; " 16,58; " 23,06)
alle xyleemelementen samen	30,24 (4 " ; " 27,13; " 36,60)
de phloëembundels samen . .	10,80 (4 " ; " 8,93; " 12,35)
merg + mergverbindingen +	
pericambium	58,96 (4 " ; " 54,47; " 62,75).

Pericambium. Een cel dik. Hoekige parenchymcellen met tamelijk wijd tot nauw lumen; van de cellen der aangrenzende weefsels te onderscheiden door hare radiale strekking; bij waterkultuurwortels steeds dunwandig. Bij grondwortels meestal dunwandig, waardoor pericambiumring scherp afgeteekend; niet zelden echter zeer dikwandig, en dan cellen ovaal schijnend. Er zijn, bij beschouwing der dwarscoupes, ingelascht 9 tot 17 ringtracheïden, of groepjes van ringtracheïden, op gelijken afstand van elkaar, door geringe wijdte en afwijkenden vorm der elementen in het oog springend, den pericambiumring verdeelend in 9 tot 17 bogen, elk in dwarscoupes uit meestal 5 tot 7 cellen bestaande, waarvan de 2 middelste — in den regel tamelijk wijd — met hare binnenwanden aan de buitenste phloëemelementen en meestal aan een mergverbindingscel grenzen; de overige, naar de ringtracheïden toe nauwer wordend, naar gelang van hare plaatsing met de binnenwanden grenzend aan een mergverbindingscel, of ook aan een gestippeld vat van den xyleemstraal, of uitsluitend aan dit laatste. De eindcellen der bogen niet zelden afwijkend in vorm en plaatsing. Alle pericambiumcellen met haar buitenwanden zonder regelmaat grenzend aan endodermiscellen, of daarmee alterneerend; dikwijls 1 endodermiscel tegenover 1 heele en aan weerskanten een halve pericambiumcel.

Phloëm. Nabij den omtrek van de stele gegroepeerd in 11 tot 17 bundels bij de basis, 9 tot 15 in het jongere worteldeel. Deze met de xyleemstralen afwisselend, doch iets meer naar binnen gelegen, elk bestaande uit een buitenste en een binnenste gedeelte. Afstand der bundels 50 tot 70 μ , nabij de basis doorgaans groter dan in jongere worteldeelen. R-afmeting der bundels 22 à 30 μ , in het basale deel der grondwortels 19 à 25 μ . Een enkele maal 2 phloëembundels tusschen 2 xyleemstralen. De phloëembundels beslaan tezamen nabij basis, midden en top resp. 6 %, 9 % en 11 % van de stele, en treden dus topwaarts meer op den voor-

grond. Hun gezamenlijke volume neemt daarbij slechts weinig af (1,4 : 1,2 : 1).

Het buitenste gedeelte (protophloëm) in dwarscoupes opgebouwd uit meestal 3 met haar buitenzijde aan pericambiumcellen grenzende, nauwe tot zeer nauwe, hoekige, karakteristiek gevormde, zeer dunwandige, parenchymcellen, n.l. 2 laterale (*begeleidende cellen*) en 1 mediane; de laatste gelijkend op een vlieger-vormige vierhoek, en daarom door ons „*vliegercel*” genoemd ¹⁾. Aantal, groepeerings en vorm dezer buitenste elementen varieren nogal eens, vooral bij de basis.

Het binnenste gedeelte uit 1 tamelijk wijd tot wijd, zeer dunwandig, bijna rond of elliptisch, meestal eenigszins radiaal afgeplat *zeefvat* bestaande, somtijds — dikwijls bij de basis — uit 2, ook wel uit 3 in tangentialen richting, een hoogst enkele keer uit 2 in radiale richting tegen elkaar gelegen, elkaar afplattende zeefvaten. Zeefvaten aan mergverbindingscellen, aan mergcellen en aan begeleidende cellen, niet aan vliegercellen grenzende; in het oog vallend door hun wijdte; minder wijd bij de basis, doch dan de phloëmbundels doorgaans opvallend door de dunne wanden en de typische groepeerings hunner elementen.

Xyleem. Twee groepen elementen, de perifere en de centrale, door mergcellen gescheiden. Beide groepen tezamen beslaan in alle deelen van den wortel ca. 31 % van de stele. Hun gezamenlijke volume en dat van de stele nemen van basis, via midden, naar top in gelijk tempo af (resp. 2,5 : 1,6 : 1 en 2,7 : 1,5 : 1).

Perifere elementen nabij den omtrek van de stele gegroepeerd in 9 tot 17 radiale platen („stralen”), op gelijken afstand van elkaar — nabij de basis 11 tot 17, topwaarts 9 tot 15 stralen —, elk uit een buitenste en een binnenste gedeelte opgebouwd. Afstand der stralen 50 tot 80 μ , nabij de basis doorgaans grooter dan in de jongere deelen. R-afmeting der stralen vlak bij de basis 30 à 40 μ , overigens 25 à 35 μ . De xyleemstralen beslaan tezamen bij de basis, in het midden en bij den top resp. 8 %, 10 % en 11 % van de stele, en treden dus topwaarts iets meer op den voorgrond. Hun gezamenlijke volume neemt daarbij af in de verhouding: 1,8 : 1,3 : 1.

Het buitenste gedeelte (protoxyleem), ingeschakeld tusschen pericambiumcellen, in dwarscoupes meestal bestaande uit 1 — somtijds 2 in radiale richting aan elkaar grenzende — meestal zeer nauwe, vierhoekige, dunwandige *ringtracheïden* ²⁾ dicht bij de basis protoxyleem volumineuzer wegens aanwezigheid van 2 tot 5, in den regel 3 tot 4 zulke tracheïden, ongelijk gegroepeerd en gevormd.

Het binnenste gedeelte bestaande uit 1 dikwandig ³⁾, wijd, nabij de basis van grondwortels iets minder wijd, veelhoekig tot

1) Zie noot 1 op pag. 69.

2) Het bleek niet met zekerheid uit te maken, of we hier met een tracheïde of met een vat te doen hebben, daar geen duidelijke doorboringen werden gevonden.

3) Daardoor vooral in coupes en maceratiepreparaten der jonge worteldeelen direct in het oog vallend.

bijna rond, *gestippeld houtvat*, met de dikke buitenwanden aan ringtracheiden en aan pericambiumcellen, met de overige gewoonlijk minder dikke wanden aan mergcellen en mergverbindingscellen grenzende; somtijds 2 vaten in tangentielle richting tegen elkaar, wederzijds afgeplat; een enkele maal 2, in radiale richting verbonden, waarvan de buitenste in den regel kleiner dan de binnenste.

Centrale elementen, doorgaans niet heel ver van de as van de stele, en meestal op gelijken afstand daarvan, bestaande uit 1 tot 8 buitengewoon wijde, bij grondwortels vaak iets minder wijde, afzonderlijk gelegen, ronde, gestippelde houtvaten („*centrale vaten*”). Somtijds groepjes voorhanden van 2 (of 3) tangenciaal tegen elkaar afgeplatte vaten. Aantal bij de basis, in het midden en bij den top resp. 3 tot 7 (gewoonlijk 5), 1 tot 4 en 1 à 2. Daarbij beslaan zij resp. gemiddeld 20 %, 24 % en 19 % van de stele, en treden dus in het midden meer op den voorgrond. Hun gezamenlijke volume neemt van basis via midden naar top eerst weinig, later meer af (3 : 2,6 : 1). Indien meer dan 2 vaten aanwezig, liggen deze in een kring, gewoonlijk min of meer op gelijken afstand van elkaar, omgeven en onderling gescheiden door mergcellen. Waar 2 vaten voorkomen, zijn deze geïsoleerd door een smal strookje merg. Hoe meer vaten, des te verder liggen ze van de as der stele. Bij aanwezigheid van 5 vaten, zijn deze nagenoeg even ver verwijderd van de as der stele als van haar omtrek (60 à 100 μ ; 6 bepalingen). Indien 1 vat aanwezig, ligt dit precies in het centrum. Afwijkingen van deze groepeerings niet zeldzaam; vooral in stele's met elliptische doorsnede. Vaten in het jongste, minstens 10 c.M. lange worteldeel zeer dunwandig; meer naar de basis toe dikwandig wordend.

Mergverbindingen, naargelang van het aantal xyleemstralen en phloëmbundels, 18 à 34 in aantal; elk in dwarscoupes gewoonlijk uit 2 nauwe tot tamelijk wijde, hoekige elementen bestaande, in radiale richting aan elkaar grenzende, bij de basis niet zelden uit 3 of 4 ongelijk gegroepeerde elementen; in waterkultuurwortels doorgaans parenchymatisch en dunwandig, doch sclerenchymatisch en dikwandig bij de basis; in grondkultuurwortels vaak sclerenchymatisch en zeer dikwandig.

Merg in omvang toenemend met het aantal centrale vaten.

Er dienen 3 gevallen te worden onderscheiden:

A) Slechts 1 centraal vat aanwezig. Het merg gelegen tussen het centrale vat en de perifere xyleemgroepen, met de mergverbindingen samenhangende en daarvan onduidelijk gescheiden, in den regel 1 à 3 cellen dik. Cellen in aantal, vorm en wijde varieerend, meestal tamelijk wijd en hoekig, meer of minder regelmatig gegroepeerd, parenchymatisch en dunwandig; sommige lang, doch de meesten kort, en deze laatsten in hoofdzaak grenzend aan het centrale vat en aan de andere houtvaten. De buitenste cellen grenzen met hun buitenwanden aan de gestippelde vaten der xyleemstralen of aan de binnenste cellen der mergverbin-

dingen. Negen tot 11 zeefvaten, — op gelijken afstand van elkaar — zijn met hun binnenste helft opgenomen in het buitenste gedeelte dezer mergzône.

B) Twee centrale vaten aanwezig. Mergelementen op dezelfde wijze gegroepeerd als onder A. beschreven, doch bovendien tusschen de centrale vaten een 1 à 3 cellen breede strook aanwezig van dunwandige, in den regel tamelijk wijde parenchymcellen.

C) Drie of meer centrale vaten aanwezig. Mergelementen geplaatst in 3 onderling samenhangende, onscherp begrensde groepen, t. w.:

1. de ringvormige zône, in plaatsing overeenkomende met het merg in stele's met 1 centraal vat, en in den regel 3 à 5 cellen dik. Elementen in aantal, vorm en wijfde varieerend, meestal tamelijk wijf en hoekig, onregelmatig gerangschikt; deels betrekkelijk korte, dunwandige parenchymcellen en deze in hoofdzaak grenzend aan de gestippelde vaten der xyleemstralen en aan de centrale vaten; anderdeels, — n.l. in de nabijheid van de wortelbasis — dikwandige sclerenchymcellen, en meestal betrekkelijk lange en dikwandige parenchymcellen in het minder oude worteldeel. De buitenste elementen grenzen met de buitenwanden aan de gestippelde vaten der xyleemstralen, of aan de binnenste elementen der mergverbindingen; de binnenste elementen deels aan de buitenste cellen der radiale mergstrooken, deels aan de buitenwanden der centrale vaten. De cellen, die grenzen aan een centraal vat, zijn afgeplat in de richting van den straal van dat vat. Elf tot 17 zeefvaten of groepen van deze zijn met hun binnenste helft opgenomen in het buitenste gedeelte dezer mergzône;

2. de radiale mergstrooken, tusschen de centrale vaten gelegen, de ringvormige zône met het centrale merg vereenigende. Hun aantal (3 à 7) en hun breedte (1 à 5 cellen) toenemend met het aantal centrale vaten. De meeste hunner cellen tamelijk wijf, hoekig, meer of minder radiaal gestrekt, in den regel sclerenchymatisch en dikwandig in het basale gedeelte der waterkultuurwortels, doch parenchymatisch, dunwandig en betrekkelijk lang in het minder oude worteldeel; sclerenchymatisch en zeer dikwandig bij grondkultuurwortels. De cellen, die grenzen aan een centraal vat, zijn afgeplat in de richting van den straal van dat vat, en voor een deel parenchymatisch, dunwandig, tamelijk wijf tot wijf en betrekkelijk kort;

3. het centrale merg, gelegen in het centrum van de stele. Elementen meerendeels tamelijk wijf tot wijf; in waterkultuurwortels sclerenchymatisch in de nabijheid van de basis, doch parenchymatisch, dunwandig en betrekkelijk lang in het minder oude worteldeel; in wortels van grondkultuurplanten sclerenchymatisch, zeer dikwandig en dan rond schijnend. Aantal cellen toenemend met den diameter van de stele en met het aantal centrale vaten.

Bij aanwezigheid van 3 tot 4 centrale vaten hoogstens 10 centrale mergcellen voorhanden; zijn er 5 of meer zulke vaten, dan zijn er 10 tot 100 centrale mergcellen.

De cellen, die grenzen aan een centraal vat, zijn afgeplat in de richting van den straal van dat vat, en voor een deel parenchymatisch, dunwandig, tamelijk wijd tot wijd.

Merg, mergverbindingen en pericambium gezamenlijk van basis naar top in omvang afnemend, eerst (over een afstand van eenige c.M.) snel, daarna langzamer en geleidelijk, daarbij gelijken tred houdend met de volumeafname van de stele (basis : midden : top = 3,1 : 1,4 : 1).

Bij de wortelbasis beslaan deze weefsels tezamen ca. 66 % van de stele, overigens ca. 58 %.

Beschrijving der elementen.

Calyptra. Columellacellen: dwarsdiameter 14 tot 23 μ (9 bep.); L in het basale gedeelte der columella 20 tot 35 μ (8 bep.); L der overige cellen 35 tot 60 μ (8 bep.).

Vorm, wanden en protoplasma als bij den hoofdwortel.

Kern: dwarsdiameter ca. 8 μ (9 bep.); L ca. 8 μ (9 bep.); bolvormig; meestal gelegen tegen een der wanden en daarvan door een dun protoplasmalaagje gescheiden. Korrelige inhoud; 1 nucleolus, ca. 2 μ in diameter.

Zetmeelkorrels als bij den hoofdwortel. In een der onderzochte calyptra's echter werden verreweg de meeste korrels in de apicale helft der cellen aangetroffen.

Buitenste calyptracellen. Dwarsdiameter 10 tot 18 μ (10 bep.); L 22 tot 75 μ (15 bep.).

Vorm, wanden en protoplasma als bij den hoofdwortel.

Kern: diameter 6 tot 8 μ (12 bep.); overigens als bij den hoofdwortel.

Calyptracambium-cellen. Dwarsdiameter ca. 12 μ (8 bep.); L 4 tot 12 μ (8 bep.). Overigens als bij den hoofdwortel.

Vegetatiepunt. Initialen:

A) Van het schijfvormig complex: dwarsdiameter der cellen 6—13 μ (5 bep.); L 3—6 μ (5 bep.). Overigens overeenkomstig de calyptracambiumcellen, doch kern schijfvormig, dwars geplaatst, ca. 7 μ in diameter; L ca. 4 μ .

B) Van het andere complex: dwarsdiameter der cellen 17—20 μ (3 bep.); L 12—15 μ (3 bep.). Verder gelijk aan de initialen van het schijfvormige complex, doch kern in het algemeen minder plat, ca. 10 μ in diameter.

Gewone meristeemcellen:

A) De oppervlaktecellen van den vegetatiekegel: R 30—35 μ (10 bep.); T 10—16 μ (9 bep.); L 6—10 μ (10 bep.). Vorm en andere eigenschappen overeenkomstig die van den hoofdwortel.

B) De overige cellen: R van den omtrek naar het centrum afnemend van hoogstens $20\ \mu$ tot ca. $10\ \mu$ (10 bep.); T $20\ \text{à}\ 30\ \mu$ (10 bep.); L $7\ \text{à}\ 12\ \mu$ (8 bep.). Vorm en andere eigenschappen gelijk bij den hoofdwortel. Intercellulair in dwarscoupes min of meer gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden 3 tot $6\ \mu$.

Procambiumcellen:

A) De in wording zijnde leden van het centrale vat: dwarsdiameter van den top af over een afstand van $900\ \mu$ toenemend van ca. $20\ \mu$ tot ca. $30\ \mu$; L toenemend van ca. 10 tot ca. $40\ \mu$. Vorm en overige eigenschappen overeenkomstig die van den hoofdwortel. Op $1500\ \mu$ afstand van den top 1 groote vacuole aanwezig, bijna de geheele celruimte innemend.

B) De overige cellen van den centralen bundel: R $7\text{--}13\ \mu$ (9 bep.); T $7\text{--}13\ \mu$ (9 bep.); L van den top af over een afstand van $1000\ \mu$ toenemend van ca. $10\ \mu$ tot ca. $35\ \mu$. Vorm en overige eigenschappen gelijk bij den hoofdwortel.

Epidermiscellen: R ca. $20\ \mu$ ($14\text{--}28\ \mu$; 40 bepalingen);

T ca. $17\ \mu$ ($10\text{--}25\ \mu$; 40 „);

L $110\text{--}120\ \mu$ (3 bepalingen).

Rechte of scheeve prisma's met overlangs gerichte as. Ribben sterk afgerond, voor zoover niet grenzend aan exodermiscellen. Hun dwarse doorsnede een vierhoek of onregelmatige vijfhoek, waarvan 2 zijden radiaal gericht, en in den regel even groot (ca. $14\ \mu$), 1 of 2 zijden tangentiaal of bijna tangentiaal gericht, en hiermee grenzende aan een exodermiscel, 1 zijde — de buitenwand — naar buiten gewelfd, bijna een halve cirkelboog vormend.

Dwarse wanden dwars tot scheef geplaatst (hoogstens 35° ; 3 bepalingen).

Buitenwanden $1\ \mu$ dik, overige wanden $\frac{1}{2}\ \mu$; alle wanden kleurloos, uit cellulose bestaande.

Geen stippels gezien.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk; aanwezig alleen in betrekkelijk jonge cellen.

Kern: alleen in betrekkelijk jonge cellen aanwezig; dwarsdiameter 5 tot $8\ \mu$, L ca. $10\ \mu$, (3 bep.); meestal eivormig, in dwarscoupes rond of eenigszins afgeplat, gelegen nabij het midden van de cel tegen een der binnenwanden.

Wortelharen. Wijde $7\ \text{à}\ 13\ \mu$. L zeer ongelijk, maximaal $1700\ \mu$; radiaal gericht en loodrecht op de wortelas. Cylinder-vormig, of van top naar voet zeer weinig wijder wordend, met breeden, kegelvormigen voet gewoonlijk midden op de buitenwand ingeplant. Diameter voet ca. $17\ \mu$. Top stomp, bolvormig; diameter $13\ \mu$. Wand 1 $\text{à}\ 1\frac{1}{2}\ \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande.

Geen inhoud gezien.

Schors. Exodermiscellen: R ca. 25 μ (18—40 μ ; 45 bep.).

T 15—32 μ (45 bep.).

L 200 tot 280 μ (5 bep.).

Zes- of zevenzijdige, onregelmatige, meestal rechte prisma's met overlangs gerichte as en een weinig afgeronde ribben.

Dwarse doorsnede een onregelmatige zes- of zevenhoek, waarvan 2 zijden radiaal gericht en even lang (17 à 24 μ ; 8 bep.), 1 of 2 zijden tangential of bijna tangential gericht, te zamen de binnenwanden vormend; met meestal 3 zijden, waarvan de middelste tangential, de 2 andere bijna tangential geplaatst, grenzende aan epidermiscellen. Dwarswanden in den regel dwars of bijna dwars geplaatst; verder gelijk aan de overige wanden. Overlangsche wanden $\frac{1}{2}$ à 1 $\frac{1}{2}$ μ dik kleurloos, verkurkt. Geen stippels gezien. Intercellulairen bij de hoeken der buitenwanden in dwarscoupes gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden ca. 3 μ . De overige intercellulairen evenzoo gevormd; lengte der zijden ca. 4 μ .

Protoplasma wandstandig; aanwezig alleen in betrekkelijk jonge cellen.

Kern: alleen in betrekkelijk jonge cellen aanwezig; dwarsdiameter ca. 7 μ , L ca. 10 μ (2 bep.); eivormig, in dwarse richting eenigszins afgeplat, gelegen nabij het midden van de cel tegen een der overlangsche wanden.

Buitenschorscellen. A) De wijde parenchymcellen: R en T 16 tot 45 μ (18 bep.); L 250 tot 310 μ (3 bep.).

Vijf- tot zevenzijdige, regelmatige of onregelmatige, meestal rechte prisma's met overlangs gerichte as en afgeronde ribben.

Dwarswanden meestal dwars geplaatst; verder aan de andere wanden gelijk.

Overlangsche wanden $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ μ dik, kleurloos, in den regel uit cellulose bestaande; met weinig talrijke, ronde of ovale gewone stippels. Afstand der stippels in overlangsche richting zeer ongelijk, in den regel tusschen 5 en 30 μ . Stippelkanaal, naar het schijnt, cilindervormig, bij het cellumen plotseling wijder wordend. Opening spleetvormig, scheef geplaatst, 10 bij 2 μ . Sluitvlies doorgaans ca. 2 bij 3 μ .

Intercellulairen in dwarscoupes gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden 5 tot 10 μ .

Protoplasma onduidelijk, wandstandig.

Kern: dwarsdiameter ca. 7 μ ; L ca. 10 μ ; ei- of bolvormig; in dwarscoupes rond of eenigszins afgeplat; ongeveer midden in de cel gelegen nabij een der overlangsche wanden.

B) De nauwe parenchymcellen: R en T 14 tot 30 μ (24 bep.); L 350—1200 μ (13 bep.).

Vijf- tot zevenzijdige, nagenoeg regelmatige prisma's met overlangs gerichte as.

Dwarswanden dwars of scheef geplaatst; verder aan de overige wanden gelijk.

Overlangsche wanden in den regel $\frac{3}{4}$ à $1\frac{1}{2}$ μ dik, kleurloos, weinig of niet verhout; met weinig talrijke, kleine, gewone stippels; bouw der stippels onduidelijk; opening spleetvormig, scheef geplaatst.

Intercellulairen in dwarscoupes gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden 3 à 4 μ .

Protoplasma en kern gelijk bij de wijde parenchymcellen.

C) Sclerenchymvezels: dwarsdiameter 14 tot 30 μ (20 bep.); L 350 tot 1200 μ (10 bep.).

Wanden 3 tot 7 μ dik, lichtgeel, verhout. Uiteinden der vezels stomp of puntig. Verder gelijk aan de nauwe parenchymcellen.

Geen inhoud.

Middenschorscellen: diameter der wijdeste cellen 30—53 μ (13 bep.) diameter der minder wijde 20 tot 35 μ (13 bep.); L 100 tot 220 μ (4 bep.).

Rechte cirkel- of ellipsylinders met overlangs gerichte as.

Dwarswanden dwars geplaatst; verder aan de overige gelijk. Overlangsche wanden in den regel $\frac{3}{4}$ tot 1 μ dik, soms dikker, kleurloos, uit cellulose bestaande; met stippels gelijk die der buitenschorsparenchymcellen.

Intercellulairen in dwarscoupes gewoonlijk min of meer gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden 7—15 μ ; somtijds anders gevormd en dan meestal groter. Holten, ontstaan door collaps: R 40—100 μ (4 bep.), T zeer ongelijk.

Protoplasma en kern gelijk bij de buitenschorselementen.

Binnenschorscellen: R naar de endodermis toe afnemend van hoogstens 28 μ tot minstens 10 μ (40 bep.), T evenzoo afnemend van hoogstens 30 μ tot minstens 16 μ (40 bep.); L 100—290 μ (7 bep.). Rechte ellipsylinders met overlangs gerichte as.

Dwarswanden dwars geplaatst; verder gelijk aan de overige wanden.

Overlangsche wanden $\frac{3}{4}$ tot 1 μ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande; met stippels gelijk die der overige schorscellen.

Intercellulairen in dwarscoupes gewoonlijk min of meer gelijkzijdig driehoekig; lengte der zijden 5—10 μ .

Protoplasma en kern gelijk bij de overige schorscellen.

Endodermiscellen: R ca. 12 μ (7—17 μ ; 35 bep.); T 11—26 μ (35 bep.); L 200—340 μ (12 bep.).

Rechte, somtijds scheeve prisma's met overlangs gerichte as. Dwarse doorsnede een onregelmatige 5- of 6-hoek, waarvan 2 zijden radiaal gericht; 1 tangentiaal geplaatst, meestal ietwat naar buiten of naar binnen gebogen, en grenzend aan binnenschorscellen, de 2 (eventueel 3) overige, weinig of niet van de tangentiale richting afwijkend, dikwijls tezamen een ietwat naar buiten gebogen wand schijnend, en in dat geval de endodermiscel meer op een parallelipedum gelijkend.

A) Gewone cellen:

Dwarswanden meestal dwars geplaatst, soms scheef (hoogstens 70°).

Buitenwanden hoogstens $1\ \mu$ dik, kleurloos, in de nabijheid van den worteltop uit cellulose bestaande, overigens verkurkt.

Radiale en dwarse wanden, — in de nabijheid van den worteltop hoogstens $1\ \mu$ dik, kleurloos, voorzien van ca. $4\ \mu$ breede kurkbandjes — in het oudere worteldeel van buiten naar binnen dikker wordend (van 1 à $2\ \mu$ tot hoogstens $5\ \mu$), lichtgeel, onverkurkt en weinig verhout, behoudens vaak sterke verhouting en verkurking van de middenlamel.

Binnenwanden in de nabijheid van den top ca. $1\ \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande; in het midden van den wortel en bij de basis resp. 2 à 3 , en 3 à $7\ \mu$ dik, lichtgeel, weinig verhout en onverkurkt, behoudens sterke verhouting en soms geringe verkurking van de middenlamel.

Alle wanden met onregelmatig geplaatste gewone stippels. Afstand der stippels in overlangsche richting ongelijk; 4 tot $15\ \mu$ (6 bep.). Stippelkanaal naar het cellumen toe wijder wordend. Opening en sluitvlies resp. 4 en $2\frac{1}{2}\ \mu$ in diameter, gelijk gevormd, rond of ovaal.

Geen intercellulair.

Protoplasma aanwezig in niet te oude cellen; wandstandig, onduidelijk.

Kern alleen in niet te oude cellen; vorm en afmetingen gelijk aan die der overige schorscellen.

B) Doorlaatcellen:

Wanden $\frac{3}{4}$ à $1\ \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk.

Geen kern, noch stippels gezien.

Stele. Pericambiumcellen: R van de middelste cellen der pericambiumbogen ca. $15\ \mu$ (13 — $20\ \mu$; 27 bep.); T der middelste cellen ca. $12\ \mu$ (8 — $15\ \mu$; 27 bep.); R der overige cellen naar de ringtracheïde toe afnemend van ca. 14 tot ca. $7\ \mu$ (13 bep.); T ca. $8\ \mu$ (13 bep.).

L 200 tot $290\ \mu$ (3 bep.).

Scheeve prisma's met overlangs gerichte as. De dwarse doorsnede van de middelste cellen der bogen een onregelmatige zes- (soms vijf- of zeven-) hoek, waarvan de twee grootste zijden even groot en radiaal gericht; de 4 (eventueel 3 of 5) overige min of meer tangential, waarvan 2 (event. 3) de binnenwanden, 2 (event. 1) tezamen de buitenwanden uitmakend. De overige cellen der bogen nagenoeg aan de middelste gelijk.

Van de eindcellen is de wand, die aan de ringtracheïde grenst, in dwarscoupez kleiner dan de andere radiale wand van dezelfde cel.

Dwarse wanden scheef tot bijna dwars (15° — 57° ; 7 bep.), soms zeer scheef; verder gelijk aan de overige wanden. Overlangsche wanden $\frac{3}{4}$ à $1\frac{1}{2}\ \mu$ dik, kleurloos tot lichtgeel, weinig of niet verhout; bij grondwortels somtijds 3 à $4\ \mu$ dik; met ronde of ovale

gewone stippels¹⁾. Afstand der stippels ongelijk, ca. 15 μ ; hun bouw onduidelijk; sluitvlies ca. 1½ μ in diameter.

Protoplasma wandstandig, korrelig.

Kern: dwarse afmetingen ca. 8 bij 4 μ ; L 14—30 μ (6 bep.); gelegen nabij het midden van de cel, op 1 à 2 μ afstand van een der overlangsche wanden, evenwijdig aan de wortelas; in dwarscoupes ovaal, sikkelvormig of planconvex; in overlangsche coupes staafvormig, naargelang van de ligging, breed met stompe uiteinden, dan wel smal met scherpe einden; veel chromatinekorrels; eenige nucleoli.

Vliegercellen: R 6—9 μ (20 bep.); T 7—12 μ (20 bep.); L onbekend.

Dwarse doorsnede een vliegervormige trapezoïde, waarvan de 2 kortste zijden aan de middelste cellen der pericambiumbogen grenzen, de 2 langste naar binnen gerichte zijden aan begeleidende cellen. Hoek tusschen de buitenwanden 113°—130°, tusschen de binnenwanden 90°—110°.

Geen dwarswanden gezien. Overlangsche wanden ½ μ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande. Geen stippels gezien. Geen levende inhoud.

Zeefvaten: R bij de wortelbasis ca. 15 μ (13—17 μ ; 9 bep.); overigens ca. 16 μ (13—19 μ ; 15 bep.); T bij de wortelbasis ca. 17 μ (13—20 μ ; 9 bep.); overigens ca. 19 μ (17—20 μ ; 15 bep.).

L der vaatleden 1240 μ , 1410 μ .

Bijna regelmatige prisma's met overlangs gerichte as. Hun horizontale doorsnede een 7- of 8-hoek, waarvan 2 zijden aan de begeleidende cellen grenzen en tangentiaal gericht zijn; de 2 (event. 1) tegenoverstaande tangentiaal geplaatst, grenzende aan 1 (event. 2) mergcel(len); de overige zijden min of meer radiaal, grenzend aan een mergverbindingscel, naargelang van hun plaatsing.

Dwarse wanden (zeefplaten) scheef geplaatst (ca. 60°; 5 bep.), voorzien van talrijke callosepropjes (ca. 70 per vierkante μ), en waarschijnlijk ter plaatse dezer propjes even zoovele openingen; ovaal, ½ μ dik, uit cellulose bestaande. Overlangsche wanden ½ μ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande; hier en daar — vooral in de nabijheid der zeefplaten — bezet met callosepropjes (stippels?), welke afzonderlijk of in groepjes zijn gelegen.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk.

Kern niet gezien.

Begeleidende cellen: R 6—10 μ (25 bep.);

T 6—10 μ (25 bep.);

L 235 μ , 240 μ .

Zeszijdige prisma's. Hun horizontale doorsnede een onregelmatige zeshoek; waarvan 1 zijde radiaal gericht, lang ca. 3 μ en

1) Waar pericambiumcellen grenzen aan gestippelde vaten der xyleemstralen, eenzijdige hofstippels aanwezig; zie beschrijving dezer vaten.

grenzend aan de andere begeleidende cel; twee zijden tangentiaal gericht, gemiddeld 6 en 2 μ lang, en resp. grenzend aan een zeefvat en aan een der middelste pericambiumcellen. De overige zijden 35°—55° van de radiale richting afwijkend; een er van, ca. 6 μ lang, grenzend aan de vliegercel, de beide anderen 4 à 5 μ lang, aan mergverbindingscellen.

Dwarswanden scheef (ca. 40°; 3 bep.), overigens gelijk aan de overlangsche wanden. Deze $\frac{1}{2}$ μ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande.

Protoplasma rijkelijk voorhanden, korrelig, in hoofdzaak wandstandig; bij de kern het geheele cellumen opvullend.

Kern: dwarsafmetingen 3 à 5 μ (4 bep.), L 25 μ (1 bep.); gelegen nabij het midden van de cel, op 1 à 2 μ afstand van een der overlangsche wanden, en evenwijdig aan de wortelas; in dwarscoupes in den regel ovaal; in overlangsche coupes staafoormig, met stompe uiteinden; talrijke chromatinekorrels.

Ringtracheïden: Bij aanwezigheid van slechts 1 tracheïde per xyleemstraal R 7—9 μ (18 bep.), T 4—6 μ (18 bep.); in elk ander geval R en T zeer ongelijk, resp. meestal kleiner dan 8 en 5 μ . L onbekend.

Hun dwarse doorsnede meestal een willekeurige vierhoek, bij aanwezigheid van meer dan 1 tracheïde per xyleemstraal; overigens een rechthoek, waarvan de 2 kleinste zijden tangentiaal gericht, resp. grenzend aan een endodermiscel en aan een gestippeld vat; de beide andere radiaal geplaatst.

Dwarswanden zeer scheef (75°—85°; 6 bep.), met de langste as gelegen in het radiale vlak van den wortel daar ter plaatse, hoogstens $\frac{1}{4}$ μ dik, en onverhout; met 10—19 dwars, soms scheef geplaatste, op laddersporten gelijkende, verhoude verdikkingen, aansluitende aan de ringen der overlangsche wanden, en even dik en hoog als deze laatste. Overlangsche wanden ter plaatse der ringen bijna 1 μ dik, overigens nauwelijks $\frac{1}{2}$ μ ; kleurloos en onverhout, behoudens de verhouting der dwars geplaatste, vierhoekige, bij de hoeken afgeronde, lichtgeel gekleurde ringen. Afstand der ringen 3 tot 5 μ ; dikte en hoogte ca. 1 μ . Soms twee ringen door een zijtakje verbonden.

Geen levende inhoud.

Gestippelde vaten der xyleemstralen. R en T in waterkultuurwortels resp. ca. 19 μ (16—21 μ ; 24 bep.) en ca. 20 μ (17—22 μ ; 24 bep.); bij de basis van grondkultuurwortels resp. ca. 16 μ (15—17 μ ; 5 bep.) en 17 μ (13—18 μ ; 5 bep.). L der vaatleden 675—1200 μ (30 bep.).

Negenzijdige, soms 8- of 10-zijdige bijna regelmatige prisma's met overlangs gerichte as.

Dwarswanden: — meestal scheef (30°—63°; 9 bep.) met ronde doorboring; de randen der perforaties stomp, meestal glad; de overgebleven ringen ovaal, zonder stippels, verhout, ca. 3 μ breed, nabij den overlangschen wand ca. 4 μ dik, naar binnen in dikte afnemend; — soms zeer scheef (75°—85°; 3 bep.), met talrijke

hofstippels; ca. $2\ \mu$ dik, verhout, gaaf, behoudens kleine ovale opening nabij het midden met een diameter van ca. 20 bij $10\ \mu$.

Overlangsche wanden $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}\ \mu$ dik, lichtgeel, verhout, hier en daar voorzien van scheef geplaatste banden¹⁾; — met talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan ringtracheïden; deze stippels geplaatst in 1 overlangsche rij per ringtracheïdewand, en corresponderend met de tusschen de ringen gelegen wandgedeelten. Afstand der stippels ca. $4\ \mu$ (21 bep.). Hof elliptisch tot bijna rond (diameter ca. 2 — $4\ \mu$), bijna de geheele breedte van den wand innemend; opening spleetvormig, dwars of bijna dwars geplaatst ($\frac{1}{2}$ bij $1\ \mu$); — met minder talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan pericambiumcellen; hier de stippels geplaatst in 1 overlangsche rij per pericambiumcelwand; afstand der stippels 4 — $7\ \mu$ (27 bep.). Hof elliptisch tot bijna rond (ca. 2 bij $4\ \mu$); opening spleetvormig, dwars geplaatst of scheef, $\frac{1}{2}$ bij $1\ \mu$; — met weinig, soms echter talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan mergverbindingscellen; deze stippels geplaatst in 1 overlangsche rij per mergverbindingscel; afstand der stippels zeer ongelijk, 5 — $35\ \mu$ (20 bep.); somtijds over lange afstanden stippels afwezig; hof rond, hoogstens $2\ \mu$ in diameter; opening rond of een weinig ovaal, nauwelijks $1\ \mu$ in diameter; — met talrijke eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan mergcellen; deze stippels geplaatst in 1 overlangsche rij per mergcelwand; afstand der stippels 4 — $6\ \mu$ (17 bep.); hof rond, 4 — $5\ \mu$ in diameter, of min of meer elliptisch, dwars geplaatst, bijna de geheele breedte van den wand innemend. Opening elliptisch, dwars of bijna dwars geplaatst (ca. 2 bij $3\ \mu$); — met talrijke, zeer langgestrekte, dwarsgeplaatste, gewone stippels, waar 2 vaten in een tangentiaal vlak aan elkaar grenzen; deze stippels geplaatst in ca. $3\ \mu$ van elkaar gelegen, dwarse rijen, elk uit 3 à 4 stippels bestaande. Stippelkanaal cilindervormig. Opening en sluitvlies ca. $1\frac{1}{2}$ bij 3 à $6\ \mu$.

Geen levende inhoud.

Centrale vaten. Diameter in waterkultuurwortels 50 — $79\ \mu$ (21 bep.), in grondkultuurwortels 45 — $80\ \mu$ (8 bep.). L der vaatleden 575 tot $1660\ \mu$ (29 bep.).

Dwarswanden meestal dwars of bijna dwars geplaatst, hoogstens 20° hellend (14 bep.), met ronde doorboring. Randen der perforaties glad, gewoonlijk stomp; de overgebleven ringen rond, verhout, ongestippeld, ca. $8\ \mu$ breed, nabij den overlangschen wand ca. $10\ \mu$ dik, naar binnen in dikte afnemend.

Dwarswanden somtijds scheef (60° ; 1 bep.), met talrijke hofstippels; $\frac{3}{4}$ tot $2\ \mu$ dik, verhout, gaaf, behoudens kleine ovale opening nabij het midden.

Overlangsche wanden bij den top $\frac{3}{4}$ tot $1\ \mu$ dik, kleurloos, uit cellulose bestaande, in het midden ruim $1\ \mu$ dik, en eenigszins

1) Dit zijn vermoedelijk geen verdikkingslijsten, want ze werden niet aangetroffen in ongekleurde preparaten, doch alleen in de met safranine gekleurde mikrotroomcoupes.

verhout; — met talrijke, groote, eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan korte parenchymcellen. Deze stippels geplaatst zowel in overlangsche rijen (2, soms 3 per mergcelwand), als in bijna dwarse rijen (ca. 25° hellend). Afstand der stippels in overlangsche richting ca. $5\ \mu$ ($4-7\ \mu$; 11 bep.), hof rond of ovaal, $3-4\ \mu$ in diameter; opening spleetvormig, dwars of bijna dwars geplaatst, ca. 2 bij $4\ \mu$; — met weinig talrijke, vrij groote, eenzijdige hofstippels, in zooverre grenzend aan lange parenchymcellen of vezels. Afstand in overlangsche richting varieerend van 10 tot $20\ \mu$; stippels soms over lange afstanden afwezig.

Geen levende inhoud.

Elementen der mergverbindingen. R ca. $9\ \mu$ ($7-15\ \mu$; 30 bep.); T ca. $9\ \mu$ ($7-13\ \mu$; 30 bep.); L $130-330\ \mu$ (5 bep.).

Meestal vijfzijdige, bijna regelmatige prisma's met overlangs gerichte as. Bij aanwezigheid van 2 elementen per mergverbinding, grenst het buitenste met de 2 tennaastenbij tangential gerichte buitenwanden aan pericambiumcellen, met de tegenoverstaande binnenwand aan het binnenste element in dezelfde mergverbinding, met de beide overige, min of meer radiaal gerichte wanden aan een gestippeld vat en aan een begeleidende cel. Het binnenste dezer elementen grenst met den tangentialen buitenwand aan het buitenste element van dezelfde mergverbinding, met de 2 tangentiale binnenwanden aan mergcellen, met de tennaastenbij radiale wanden resp. aan een gestippeld vat en aan een zeefvat. Afwijkingen van deze situatie komen vaak voor, vooral bij aanwezigheid van meer dan 2 elementen per mergverbinding.

A) Parenchymcellen.

Dwarse wanden in den regel dwars geplaatst of weinig hellend (max. 40° ; 6 bep.), soms zeer scheef (ca. 70° ; 3 bep.), voorzien van eenige gewone stippels met spleetvormige opening; $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}\ \mu$ dik en niet verhout.

Overlangsche wanden $\frac{3}{4}$ tot $1\frac{1}{2}\ \mu$ dik, kleurloos, onverhout; in den regel met weinig talrijke gewone stippels, zonder regelmaat over de wanden verspreid¹⁾. Afstand der stippels in overlangsche richting $5-30\ \mu$ (25 bep.); sluitvlies ca. $1\frac{1}{2}\ \mu$ in diameter; opening spleetvormig, scheef geplaatst, hoogstens $3\ \mu$ lang.

Protoplasma wandstandig, onduidelijk.

Kern: dwarsdiameter ca. $3\ \mu$, L ca. $30\ \mu$ (2 bep.); gelegen in het midden van de cel, op 1 à $2\ \mu$ afstand van een der overlangsche wanden, en evenwijdig aan de wortelas; in dwarscoupes in den regel een weinig afgeplat; in overlangsche coupes staafvormig met stompe uiteinden; korrelige inhoud.

B) Sclerenchymvezels.

Wanden bij de basis van waterkultuurwortels $1\frac{1}{2}$ à $2\ \mu$ dik, kleurloos, weinig of niet verhout, doch in grondkultuurwortels $1\frac{1}{2}$ tot

¹⁾ Waar deze parenchymcellen grenzen aan gestippelde vaten der xyleemstralen, eenzijdige hofstippels aanwezig; zie beschrijving der vaten.

3 μ dik, lichtgeel en verhout; overigens gelijk aan die der parenchymcellen.

Uiteinden der vezels min of meer stomp, of puntig.

Geen inhoud.

Mergcellen. R en T van de elementen der ringvormige zône, voorzoover grenzend aan de gestippelde vaten der xyleemstralen, resp. 7—11 μ , en 7—12 μ (17 bep.); R en T van de overige elementen der ringvormige zône resp. 7—18 μ en 9—20 μ (32 bep.). R en T van de elementen der radiale mergstrooken resp. 11—18 μ , en 9—15 μ (20 bep.). Diameter der centrale mergcellen ca. 15 μ (6—22 μ ; 23 bep.). Prisma's met overlangs gerichte as; 5- tot 8-zijdig en meerendeels nagenoeg regelmatig, voorzoover deel uitmakend van het centrale merg; overigens 5- tot 6-zijdig, in den regel niet regelmatig, en nogal varieerend in vorm.

A) Korte parenchymcellen. L 110—420 μ (15 bep.); R, T en vorm zie boven.

Dwarswanden meestal dwars geplaatst (18 bep.), soms zeer scheef (ca. 70°; 3 bep.); ca. 1 μ dik, voorzien van talrijke groote gewone stippels; bij de basis een weinig verhout, overigens uit cellulose bestaande.

Overlangsche wanden ca. 1 μ dik, kleurloos tot lichtgeel, bij de basis een weinig verhout, overigens uit cellulose bestaande; met talrijke gewone stippels, op de smalle wanden in 1 overlangsche rij, op de bredere wanden gewoonlijk onregelmatig geplaatst en mozaïekachtig in elkaar passend ¹⁾. Afstand der stippels in overlangsche richting ca. 5 μ (4—7 μ), niet zelden meer (35 bep.). Stippelkanaal naar het cellumen toe wijder wordend; opening en sluitvlies resp. ca. 4 en 2½ μ in diameter (15 bep.), gelijk gevormd, meer of minder ovaal of hoekig.

B) Lange parenchymcellen. L 400—2000 μ (20 bep.); R, T en vorm zie boven.

Dwarswanden der cellen, voorzoover behoorende tot de ringvormige zône, even vaak dwars geplaatst (8 bep.) als zeer scheef (ca. 70°; 8 bep.); die der overige cellen vaker scheef dan dwars. Overigens gelijk aan de overlangsche wanden.

Overlangsche wanden der cellen, voorzoover behoorende tot de ringvormige zône, 1 à 1½ μ dik, kleurloos, weinig of niet verhout. Die der overige cellen ca. 1 μ dik, kleurloos, niet verhout. Alle cellen voorzien van stippels, vermoedelijk gelijk die der elementen der mergverbindingen, doch in den regel minder talrijk ²⁾.

C) Sclerenchymvezels. L 400—2000 μ (20 bep.); R, T en vorm zie boven.

Wanden der vezels, voorzoover deel uitmakend van de ringvormige zône, 1½—2½ μ dik, kleurloos tot lichtgeel, en een weinig verhout. Die der overige vezels in waterkultuurwortels 2—2½ μ

1) Waar de korte parenchymcellen grenzen aan houtvaten, eenzijdige hofstippels aanwezig; zie beschrijving dezer vaten.

2) Waar de lange parenchymcellen grenzen aan een centraal vat, eenzijdige hofstippels aanwezig; zie beschrijving der centrale vaten.

dik, kleurloos tot lichtgeel, en een weinig verhout; in grondkultuurwortels 2—3 μ dik, lichtgeel, verhout. Alle vezels voorzien van stippels, gelijk bij de elementen der mergverbindingen, doch in den regel minder talrijk. Uiteinden der vezels stomp of puntig. Geen inhoud.

Samenvatting der uitkomsten.

Wij zullen hier een kort overzicht geven van hetgeen bovenstaand onderzoek heeft opgeleverd, en daarbij de punten van overeenkomst en verschil naar voren brengen, welke zijn aan te wijzen in den inwendigen bouw der drie onderscheiden worteltypen: *hoofdwortel*, *kiembijwortels* en *kroonwortels*.

1. Deze worteltypen stemmen in algemeene trekken overeen in de groepeerings hunner weefsels.

2. Bij alle onderzochte gerstwortels werd in het protophloëem een element opgemerkt met karakteristieke eigenschappen. Hoewel dit element nog nader dient te worden geïdentificeerd, werd het door ons voorloopig *vliegercel* genoemd, wegens zijn merkwaardigen vorm in dwarscoupes ¹⁾.

3. De overeenkomstige elementen der drie worteltypen ontwikkelen zich op vrijwel gelijke wijze.

Het protophloëem is reeds in het vegetatiepunt volwassen op zeer korten afstand van den top. In dit stadium hebben de vliegercellen hun levenden inhoud reeds verloren en vallen ze daardoor in dwarse, met safranine gekleurde microtoomcoupes sterk in het oog te midden der protoplasmarijke meristeemcellen.

Het protoxyleem wordt volwassen in het gebied der celstrekking. Later, op eenige centimeters afstand van den top, voltooiën de zeefvaten en houtvaten hun ontwikkeling. De laatste verliezen daarbij hun inhoud en vallen in dezen toestand op door hun dikke wanden te midden der overige, meerendeels nog lang niet volwassen elementen.

De overige cellen der stele (pericambium-, mergverbindingen- en mergcellen, uitgezonderd de korte parenchymcellen) worden pas zeer laat volwassen. Daarentegen zijn de korte parenchymcellen der stele, de epidermiscellen en de schorscellen spoedig met hun ontwikkeling gereed, uitgezonderd de buitenschorscellen in het basale einde der kroonwortels, en de endodermiscellen, die daarvoor in den regel meer tijd noodig hebben.

4. Ook is er bij alle gerstwortels overeenstemming ten aanzien van de wanddikte der overeenkomstige elementen.

De epidermiscellen, de exodermiscellen, de eigenlijke schorscellen (uitgezonderd de buitenschorscellen in het basale gedeelte

1) Zie noot 1 op pag. 69.

korte parenchymcellen der stele en de houtvaten bezitten wanden, waarvan de dikte onafhankelijk is van het voedingsmilieu. Ze zijn in alle deelen van de wortels dunwandig en — afgezien van de ringen der tracheïden en de wanden der korte parenchymcellen in het oudere wortelgedeelte — onverhout; met uitzondering van de houtvaten, die dikwandig zijn en verhout, en hun maximale wanddikte meestal reeds op korten afstand van den top hebben bereikt.

Daarentegen gaan bij de buitenschorscellen in het oudste gedeelte der kroonwortels, bij de endodermiscellen, pericambiumcellen, mergverbindings- en mergcellen (uitgezonderd de korte parenchymcellen) de diktetoename en de verhouting der wanden in den regel voort, totdat de wortel volwassen is. De wanddikte en de verhouting dezer elementen zijn dus afhankelijk van hun ouderdom, doch tevens van groeiomstandigheden, welker aard nog nader dient te worden onderzocht.

5. Omtrent den inhoud ¹⁾ der overgeenkomstige elementen werd de volgende overeenstemming gevonden tusschen de drie worteltypen: de phloëelementen (uitgezonderd de vliegercellen), en, naar het schijnt, de korte parenchymcellen der stele, hebben in alle deelen des wortels levenden inhoud. De xylemelementen en de vliegercellen zijn vrij van inhoud, zelfs dicht bij den top. De epidermis-, exodermis- en endodermiscellen (behalve de doorlaatcellen) verliezen vroeg of laat hun levenden inhoud, terwijl de overige schorscellen, de pericambiumcellen, de mergverbindingscellen en de mergcellen (afgezien van de korte parenchymcellen) hun inhoud in den regel behouden of betrekkelijk laat verliezen. Dikwijls worden ze vrij van inhoud aangetroffen in het oudste gedeelte der volwassen wortels.

6. Voor zoover werd nagegaan, stemmen de onderscheiden elementen der worteltypen ook in andere eigenschappen, zooals afmetingen, vorm, bouw van den celkern, enz., nagenoeg overeen.

7. Uit de topographie van den hoofdwortel en van den kiembijwortel, alsmede uit de daarbij uitgevoerde metingen, kan worden afgeleid, dat de inwendige bouw dezer beide worteltypen volledig overeenstemt ²⁾.

8. Hoofd- en kiembijwortel wijken, wat hun inwendigen bouw aangaat, in de volgende punten van den kroonwortel af:

a. De hoofdwortel en de kiembijwortel zijn over hun geheele lengte nagenoeg even dik. De kroonwortel daarentegen neemt van basis naar top langzaam in dikte af. Deze dikte-afname is het sterkst in het basale gedeelte van den wortel en wordt topwaarts geringer. De kroonwortel is bij de basis bijna tweemaal zoo dik

1) Aangezien de aanwezigheid van levenden inhoud niet altijd gemakkelijk is vast te stellen, dienen onze ervaringen in dit opzicht onder eenig voorbehoud te worden aanvaard.

2) We hebben het daarom voldoende geacht, ons bij de beschrijving van den kiembijwortel tot de topographie te beperken.

der kroonwortels), de phloëmelementen, de ringtracheïden, de als de hoofd- (resp. kiembij-) wortel. Bij den top is hij slechts weinig dikker.

b. De vegetatiekegel van jonge kroonwortels is veel dikker dan die van hoofd- en kiembijwortel. Hij wordt echter tijdens den groei van den wortel dunner, terwijl hij bij den hoofd- en kiembijwortel gelijk blijft.

c. De schors is bij hoofd- en kiembijwortel overal even dik. Die van den kroonwortel is het dikst nabij het basale einde van den wortel, doch neemt op ca. 3 c.M. afstand van de basis aanzienlijk in dikte af, om verder topwaarts nagenoeg even dik te blijven.

De kroonwortelschors is bij de basis zeer veel dikker dan die van den hoofd- en kiembijwortel, tengevolge van de aanwezigheid van een typisch gebouwde, duidelijk begrensde, dikke buitenschors. Topwaarts, op ca. 3 c.M. afstand van de basis, wordt de buitenschors minder dik, en verliest zij haar typischen bouw en haar duidelijke begrenzing. Verder topwaarts gelijkijkt de schors op die van den hoofdwortel (resp. kiembijwortel).

d. Het aantal doorlaatcellen is gering, zoowel in de endodermis van den hoofd- en kiembijwortel, als in die van den kroonwortel. Alleen nabij het basale einde van dezen laatsten zijn de doorlaatcellen talrijk.

e. De diameter van de stele blijft bij den hoofdwortel en bij den kiembijwortel van basis naar top nagenoeg gelijk. Bij den kroonwortel is hij ter plaatse der basis bijna tweemaal zoo groot als bij den hoofdwortel (resp. kiembijwortel), doch wordt topwaarts geleidelijk kleiner, en verschilt bij den top nog maar weinig van dien van den hoofdwortel.

f. Het aantal xyleemstralen bedraagt in alle deelen van hoofd- en kiembijwortel 7 of 8, soms 9. Dit aantal bedraagt in het basale gedeelte van den kroonwortel 11 tot 17, doch neemt topwaarts af tot een minimum van 9.

g. Het protoxyleem neemt bij den hoofd- en kiembijwortel slechts een zeer klein gedeelte van den xyleemstraal in beslag, en is samengesteld uit 1, soms 2 tracheïden. In het basale, ca. 3 c.M. lange, deel van den kroonwortel is het veel rijker ontwikkeld (3 tot 5 tracheïden) en beslaat het een vrij groot gedeelte van den xyleemstraal. In de overige deelen van den kroonwortel stemt het protoxyleem met dat van den hoofdwortel (resp. kiembijwortel) overeen.

h. Het aantal phloëembundels is gelijk aan dat der xyleemstralen (zie onder F); het is derhalve bij den kroonwortel grooter dan bij den hoofdwortel, en wel des te grooter, naarmate het worteldeel ouder is.

i. Het aantal centrale vaten bedraagt bij den hoofdwortel 1¹⁾; bij den kroonwortel meer, doch neemt daar van de basis naar den top geleidelijk af van hoogstens 7 (gewoonlijk 5) tot uiterlijk 1.

j. De hoeveelheid merg is bij den hoofdwortel en den kiembijwortel in alle deelen van den wortel nagenoeg gelijk, of hoogstens bij de basis iets grooter. Bij den kroonwortel is zij het geringst bij den top, doch neemt ze in de richting der basis toe, daarbij gelijken tred houdend met de toename van het aantal centrale vaten.

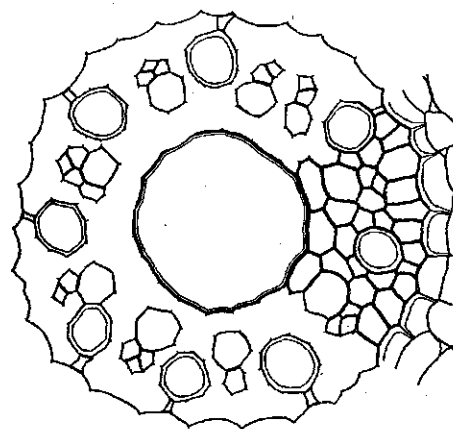
k. De inwendige bouw van een kroonworteltop vertoont, vooral wanneer er slechts 1 centraal vat aanwezig is, veel overeenkomst met dien van den hoofdwortel (resp. kiembijwortel). Naar de basis toe wordt de structuur van den kroonwortel echter langzamerhand ingewikkelder en in het ca. 3 c.M. lange basale gedeelte wijkt ze vrij sterk af van die van den hoofdwortel, tengevolge van de onder C, D en G genoemde verschillen.

Bij den hoofdwortel (resp. kiembijwortel) is de anatomische structuur in alle deelen nagenoeg gelijk. Hoogstens is zij bij de basis iets ingewikkelder.

l. De mergverbindingscellen, de mergcellen der ringvormige zone, en vooral de pericambiumcellen hebben in het basale gedeelte der kroonwortels in het algemeen minder dikke wanden, dan in dat der hoofd- en kiembijwortels.

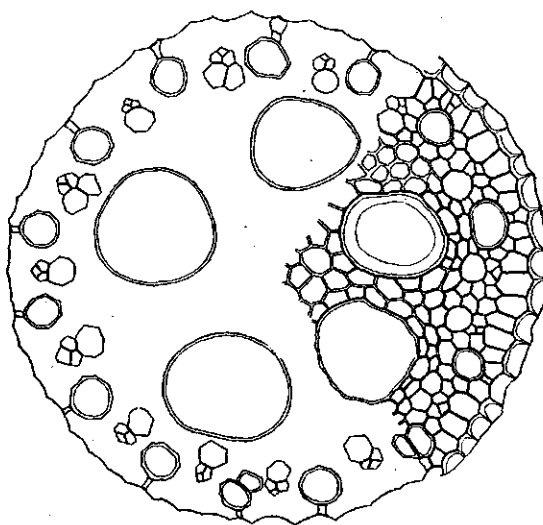
m. Wortelharen worden zoowel bij de kroonwortels, als bij de kiembijwortels van den top tot de basis aangetroffen. Verlies van wortelharen door beschadiging van epidermis en schors komt bij grondkultuurwortels niet zelden voor, doch vaker bij hoofd- en kiembijwortels, dan bij kroonwortels. Bij hoofd- en kiembijwortels zijn somtijds de perifere, buiten de endodermis gelegen, weefsels, op de binnenste laag (lagen) na, verloren gegaan.

1) Tweemaal werden in het basale gedeelte van kiembijwortels 2 centrale vaten aangetroffen. Wellicht komt dit ook bij den hoofdwortel een enkele keer voor.



0 0.05 0.10 0.15 0.20 mm

Fig. 1. Hoofdwortel; middengedeelte van het volwassen wortellichaam. Dwarssnede door de stele.



0 0.05 0.10 0.15 0.20 mm

Fig. 2. Kroonwortel; middengedeelte van het volwassen wortellichaam. Dwarssnede door de stele.