

BEVORDERING VAN DE
WORTELVORMING VAN STEKKEN
DOOR MIDDEL VAN GROEISTOFFEN

DOOR

H. A. A. VAN DER LEK
en ELTIEN KRIJTHE



Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool
Deel 41 — Verhandeling 2

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1937

243100

BEVORDERING VAN DE WORTELVORMING VAN STEKKEN DOOR MIDDEL VAN GROEISTOFFEN

DOOR

H. A. A. VAN DER LEK EN ELTIEN KRIJTHE

INLEIDING; LITERATUURVERZICHT

De onderzoekingen naar de beteekenis van groeistoffen voor verschillende physiologische processen, die zich langen tijd in zuiver theoretische richting hebben bewogen, beginnen in de laatste jaren resultaten op te leveren, die ook voor de practijk van direct belang kunnen zijn. Het valt o.i. niet te betwijfelen, dat die resultaten in de toekomst voor verschillende gebieden van de plantencultuur van ingrijpend belang zullen worden.

Tot nu toe vinden zij alleen toepassing in de bevordering van de wortelvorming bij vegetatieve vermeerdering van tuinbouwgewassen. Deze toepassing is mogelijk geworden, nadat het gelukt is sommige „groeistoffen” chemisch zuiver af te zonderen of zonder al te hooge kosten synthetisch te bereiden.

Onderzoekingen, die hierop betrekking hebben, worden reeds aan eenige buitenlandsche laboratoria verricht. De tot nu toe verkregen resultaten gaven ons de overtuiging, dat ook voor sommige takken van den Nederlandschen tuinbouw zulke onderzoekingen nut zouden kunnen afwerpen. Om die reden werd in 1936 daarmee een aanvang gemaakt.

De waarnemingen, die wij in den loop van dat jaar aan verschillende objecten gedaan hebben, stelden ons niet teleur. Naast vele negatieve resultaten werden er een aantal positieve verkregen, die ook de belangstelling van practici trokken. Een voortzetting en uitbreiding van het onderzoek in verschillende richtingen, waarbij aangeknoopt kan worden aan de onderzoekingen, die aan dit laboratorium reeds verricht werden en die voor een deel nog niet gepubliceerd zijn, is daardoor o.i. volkomen gerechtvaardigd.

Het kwam ons echter gewenscht voor reeds nu een eerste mededeeling betreffende dit onderzoek te publiceeren, teneinde een denkbeeld te geven van de werkwijze en de tot nu toe verkregen resultaten, o.a. ook daarom, dat medewerking van practici, vooral bij het verschaffen van het voor de proeven noodige materiaal, voor ons onmisbaar is.

Het denkbeeld, dat de wortelvorming van stekken grootendeels beheerscht wordt door één of meer hormonen, die zoowel door de uitlopende knoppen als door de bladeren zouden worden afgescheiden, werd uitgesproken door VAN DER LEK in zijn verhandeling „Over de wortelvorming van houtige stekken” (1925). Daarbij werd verondersteld (blz. 188), dat deze hormonen door den stengel — vermoedelijk door het phloem — omlaag worden vervoerd. Verschillende waarnemingen, in het bijzonder aan Vitis-stekken, werden onder dit gezichtspunt beschouwd en tot op zekere hoogte verklaard. Voorts werd er verband gelegd tusschen de waargenomen verschijnselen en de waarnemingen van HABERLANDT (1913, 1914, 1921) betreffende den invloed van het phloem op de celdeelingen in kleine weefselstukjes.

Hieromtrent vindt men (blz. 196) het volgende: „Indien mijn veronderstelling juist is, dat de hormonen niet in het phloem gevormd worden (zooals HABERLANDT veronderstelde), doch dat zij alleen daarvoor omlaag bewegen, bestaat de mogelijkheid, dat het hormoon (waarvan HABERLANDT het bestaan waarschijnlijk gemaakt heeft) hetzelfde is, als dat, hetwelk ik aanneem als de bewerker der wortelvorming”.

Deze denkbeelden sloten zich weliswaar eenigszins aan bij die, welke door SACHS geuit werden in zijn verhandeling over „Stoff und Form der Pflanzenorgane” (1880), maar zij onderscheidten er zich toch principieel van.

SACHS immers stelde de theorie op van de vormingsstoffen, waarbij hij aannam, dat er in de plant achtereenvolgens evenveel specifieke vormingsstoffen zouden optreden, als er verschillende organen worden opgebouwd. Volgens deze theorie zouden er dus in de eerste plaats specifieke stengelvormende en wortelvormende stoffen ontstaan, stoffen dus, wier eenige functie daarin bestaat, dat zij de ontwikkelingsgang zoodanig beheerschen, dat er een stengel, respectievelijk een wortel wordt aangelegd.

In de bovengenoemde verhandeling van VAN DER LEK (1925) is nergens sprake van specifieke wortelvormende stoffen in den door SACHS bedoelden zin, maar alleen van hormonen, in bladeren of knoppen gevormd, die de eigenschap zouden bezitten bepaalde weefselgroepen tot wortelvorming te prikkelen. Ten duidelijkste blijkt dit uit het verband, dat er gezocht werd met de door HABERLANDT veronderstelde deelingshormonen. HABERLANDT meende uit zijn waarneming te mogen besluiten tot het bestaan van zulke hormonen en wel:

1e als deelingshormonen in engeren zin, naar zijn meening door het leptoom gevormd;

2e in den vorm van wondhormonen.

Verder vermoedt hij, dat er nog een derde categorie van deelingshormonen bestaat, die door de meristemen gevormd zouden worden.

De onderzoekers, die zich daarna met de regeneratieve wortelvorming

ming hebben bezig gehouden, hebben zich nauwer bij de denkbeelden van SACHS aangesloten. Hieronder zijn in de eerste plaats te noemen F. W. WENT (1929), F. A. F. C. WENT (1930) en R. BOUILLENNE en F. W. WENT (1933).

F. W. WENT publiceerde in een mededeeling, die een voorloopig karakter droeg, de resultaten van eenige proeven met stukken van *Acalypha Wilkesiana*, waaruit zou blijken, dat er in de bladeren en uitlopende knoppen een speciale wortelvormende stof („a special root-producing substance”) gevormd wordt.

Uit het feit, dat een extract (juister gezegd: afscheidingsproduct) van *Carica-Papaya*-bladeren de wortelvorming van *Acalypha*-stekken sterker bevorderde dan dat van *Acalypha*-bladeren, concludeert WENT, dat deze wortelvormende stof niet specifiek is. De resultaten van deze op kleinen schaal genomen proeven zijn o.i. zeer weinig overtuigend. Hetzelfde geldt voor hetgeen wij vinden bij F. A. F. C. WENT (1930) en in de uitvoerige publicatie van BOUILLENNE en WENT (1933). Het zou te ver voeren, hier in een critische beschouwing van deze publicaties te treden. Wij willen volstaan met te zeggen, dat de experimenteele basis, waarop de conclusies en beschouwingen berusten, ons zeer zwak toeschijnt. Ook hier komen de schrijvers tot de conclusie, dat er bij de wortelvorming (zoowel van stekken als van kiemplanten) een speciale wortelvormende stof in het spel is. Voor deze stof voeren zij hier de naam „rhizocaline” in.

Het is interessant op te merken, dat de schrijvers tot steun hunner hypothese wijzen op het voorkomen van groeistoffen in de plant (p. 157), doch blijkbaar de „rhizocaline” als een stof van andere aardheid opvatten (p. 157): „Enfin, comme la présence d'une substance spéciale provoquant l'allongement des cellules de tiges, pétioles, hypocotyles et coléoptiles est établie et que cette substance n'a rien à faire avec les éléments nutritifs, il n'est pas impossible ou trop hypothétique de croire à l'existence d'une substance spéciale provoquant la néoformation des racines sur les boutures et la préformation des racines principales sur les embryons.”

De rhizocaline-hypothese heeft, ondanks haar zwakke experimenteele basis, bij velen ingang gevonden. In verschillende publicaties van de laatste jaren kan men uitlatingen vinden, die toonen, dat de schrijvers het bestaan van „rhizocaline”, dat wil dus zeggen: een stoffelijk agens, welks eenige, specifieke functie is, op bepaalde plaatsen van het plantenlichaam wortelvorming te weeg te brengen, als een bewezen feit beschouwen. Deze indruk wordt bij voorbeeld gewekt door de voordracht van A. J. HAAGEN SMIT, op het XXVe Nederl. Natuur- en Geneeskundig Congres (1935), waarin wij o.a. vinden (p. 71): „Met behulp van deze pisum-test werd vastgesteld, dat de wortelvormende stof, het zgn. „rhizokaline”, zeer veelvuldig in de natuur voorkomt.”

Het verband tusschen de „rhizocaline” en de auxinen (groeistoffen) kon echter niet lang aan de aandacht der onderzoekers ontsnappen. Ook de laatstgenoemde schrijver laat op het bovenstaande onmiddellijk volgen: „dat de vindplaatsen van het auxine ook een rijke bron van het rhizocaline zijn”.

Voorts wijst hij er op, dat „rhizocaline” en auxinen in hun eigenschappen groote overeenkomst vertoonen. Hoe groot deze overeenkomst op tal van punten was, kwam aan het licht, toen de chemische natuur van het „wortelvormend hormoon” aan een nauwkeurig onderzoek werd onderworpen (THIMANN en WENT, 1934).

Die overeenkomst bleek toen inderdaad zoo groot, dat er wel twijfel moest rijzen aan het bestaan van „rhizocaline” als een van de auxinen onderscheidbare stof, een specifiek wortelvormend agens. Te meer was dit het geval, toen KÖGL e.s. (1934) aantoonde, dat een van de door hen uit urine afgezonderde groeibevorderende stoffen („heteroauxine”) identiek was met de reeds lang in de organische chemie onder den naam β -indolyl-azijnzuur bekende stof en voorts, dat ook deze stof krachtige „wortelvormende” eigenschappen vertoonde.

JOST heeft in 1935 scherp den stand van het vraagstuk geformuleerd: „Kein Zweifel, dass sowohl BOUILLENNE wie WENT bewiesen haben, dass zur Wurzelbildung ein besonderer Stoff nötig ist, der jedenfalls mit den gewöhnlichen organischen Baustoffen der Pflanze nichts zu tun hat. Die Frage ist nur, ob es sich um einen Stoff handelt, der weiter nichts als Wurzelbildung besorgt. Da musste es nun auffallen, dass alles, was für Rhizokalin an chemischen Eigenschaften und über polare Wanderung bekannt ist, Wort für Wort für Auxin gilt. Auxin kann auch aus denselben Stoffen gewonnen werden, wie Rhizokalin. Es fragt sich also, ist etwa Rhizokalin mit Auxin identisch?”

Na dan de bovenvermelde onderzoekingen van THIMANN en WENT (1934) vermeld te hebben, zegt JOST: „Dann muss man freilich zugeben, eine spezifische Substanz im Sinne von Sachs liegt nicht vor.”

In datzelfde jaar hebben THIMANN en KOEFLI (1935) β -indolyl-azijnzuur („heteroauxine”) synthetisch bereid, de sterke wortelvorming-bevorderende werking daarvan geconstateerd en thans voor het eerst scherp uitgesproken, dat de wortelvormende stoffen identiek zijn met de groei-bevorderende stoffen, m.a.w. het bestaan van een specifiek „rhizocaline” ontkend. HAAGEN-SMIT (1935) maakt melding van een soortgelijke werking van het zuivere (uit urine bereide) auxine-a, een werking, die (bij Tradescantia-stekken) nog aanmerkelijk sterker was, dan die van hetero-auxine.

Er valt dan o.i. ook thans niet meer aan te twijfelen, dat de rhizocaline-theorie in den door WENT en BOUILLENNE opgestelden vorm onhoudbaar is. De wortelvorming, zoowel die van intacte planten, als de regeneratieve van stekken, wordt blijkbaar mede geregeld door

auxinen, phytohormonen, die tal van processen beïnvloeden, veelal bevorderend, soms remmend.

De merkwaardige „veelzijdige” werking dezer hormonen: bevordering van strekkingsgroei en secundairen groei, van cambiumwerkzaamheid, hun invloed op de vorming van callus en wortels, van knoppen, remming van het uitloopen dezer laatste, krommingsverschijnselen van bladeren (nastische bewegingen) enz., stelt den fysioloog voor tal van interessante problemen.

Voor de practijk is het voorloopig het gewichtigste, dat wij het thans in de hand hebben „groeistoffen” kunstmatig toe te voeren en daardoor bij voorbeeld aan stekken de wortelvorming kunnen versnellen, versterken, wellicht zelfs mogelijk maken in gevallen, waarin de stekken zonder die hulp afsterven voor zij zich beworteld hebben. In dit verband is het van belang op te merken, dat een dezer stoffen, het β -indolylazijnzuur (heteroauxine), reeds in den handel verkrijgbaar is, tegen een prijs, die — gegeven de uiterst geringe concentraties, waarin de stof wordt aangewend — geen bezwaar behoeft te zijn voor toepassing op grooten schaal.

Alvorens dit het geval was, werd deze stof alleen in eenige wetenschappelijke laboratoria synthetisch bereid. Dit was o.a. het geval in het laboratorium voor organische chemie van de Landbouwhoogeschool te Wageningen. Gaarne willen wij hier Prof. Dr S. OLIVIER, die ons het noodige β -indolylazijnzuur verschafte om deze onderzoekingen aan te vangen, hiervoor van harte danken.

Het is in den laatsten tijd uit de onderzoekingen aan het *Boyce Thompson Institute* te New York gebleken, dat verschillende andere organische verbindingen eveneens de wortelvorming van stekken bevorderen. Het zal daarom wellicht gewenscht zijn onze onderzoekingen later ook over deze stoffen uit te breiden. Immers, het is volstrekt niet uitgesloten, dat een optimale werking bij de eene plant met deze, bij de andere plant met gene stof verkregen kan worden. Voorloopig echter hebben wij ons beperkt tot het β -indolylazijnzuur, dat ons in eenige gevallen resultaten gaf, die o.i. een practische toepassing spoedig mogelijk maken, en dat, zooals vermeld, thans in den handel verkrijgbaar is.

De practische toepassing van groeistoffen ter bevordering van de wortelvorming van stekken verkeert nog geheel in een beginstadium. Tot voor korten tijd waren de onderzoekingen betreffende de „wortelvormende stoffen” uitsluitend van theoretischen aard. De eerste publicatie, waarin ook op de mogelijkheid van practische toepassing wordt gewezen, is die van F. LAIBACH (1934), verschenen op een tijdstip, dat chemisch zuivere phytohormonen nog niet bekend waren of althans nog niet beschikbaar.

LAIBACH hield zich (vastknoopend aan onderzoeken van FITTING, reeds in 1909 gepubliceerd) bezig met het onderzoek van een stof, die met water of alcohol uit de polliniën van tropische orchideeën geëxtraheerd kan worden. Hij toonde aan, dat deze — behalve de bekende werking op het gynostemium van de bloem — de eigenschap vertoont op den strekkingsgroei van havercoleoptielen bevorderend te werken. LAIBACH spreekt dan ook het denkbeeld uit, dat het polliniën-hormon en de „groeistof” der coleoptielen identieke of gelijksoortige stoffen zijn, mede ook, omdat zij in hun oplossingsvermogen sterk overeenkomen. Het gehalte der orchideeën-polliniën aan „groeistof” is hoog en zij leverden LAIBACH dan ook materiaal voor onderzoeken in verschillende richtingen. Inmiddels was ook uit de onderzoeken van KÖGL c.s. (1933) gebleken, dat men uit urine praeparaten kan verkrijgen, die zeer rijk aan groeistof zijn. Deze beide extracten — uit orchideeënpolliniën en uit urine — onderzocht LAIBACH nu op hun „wortelvormend” vermogen. Daartoe werden de waterige, groeistofhoudende extracten met wolvet tot pasta's gewreven, die zich goed leenen tot verschillende physiologische onderzoeken.

De eerste korte mededeeling betreffende de bevordering der wortelvorming van stekken door middel van de genoemde pasta's vinden wij in „Die Naturwissenschaften” (1934): Jonge Tradescantia-loten, 2 à 3 cm lang en zonder knoop, werden aan het apicale snijvlak met urinepasta of met polliniënpasta besmeerd; contrôlestekken werden behandeld met een pasta van wolvet en 1/1000 n azijnzuur. Terwijl van deze laatste 16,6% der stekken zich bewortelden, met in totaal 17 wortels, steeg bij de polliniënpasta-stekken het percentage tot 53,8% met 83 wortels en bij de urinepasta-stekken tot 68,6% met 137 wortels.

Aangezien men bij Tradescantia alleen in de knopen wortelbeginsels vindt, kan men uit deze waarnemingen concludeeren, dat de groeistofpasta's den aanleg van nieuwe (niet gepraeformeerde) wortels sterk bevordert hebben. Soortgelijke waarnemingen werden gedaan hypocotylstukken van Helianthus annuus. Ook bij stekken van eenige houtachtige planten (*Ligustrum vulgare*, *Kerria japonica*, *Symphoricarpos racemosus*) werd door middel van urinepasta de wortelvorming bevorderd, althans (volgens de voor *Ligustrum* gegeven tabel) eenigszins versneld. De schrijvers wijzen erop, dat hier een „für den praktischen Pflanzenzüchter nicht unwichtiges Ergebnis” verkregen is.

Nadat inmiddels door KÖGL c.s. (1934) uit urine het heteroauxine was afgescheiden en de identiteit daarvan met een in de organische chemie reeds bekende stof, het β -indolylazijnzuur was vastgesteld, publiceerde LAIBACH (1935) eenige onderzoeken over den invloed van deze stof op de callus- en wortelvorming, eveneens met behulp van zijn pasta-methode. Van direct practisch belang zijn deze proeven niet; bij intacte planten, die normaliter reeds gemakkelijk adventief-

wortels vormen (althans aan stekken), zooals Coleus, werden internodiën met heteroauxinepasta (en eenige andere groeistof-bevattende pasta's: urine-, polliniënpasta) bestreken, waarna dan spoedig, bijna 6 dagen, het begin van wortelvorming zichtbaar werd. Bij epicotylen van *Vicia Faba*, die, nadat zij onder het eerste blad gedecapiteerd werden, op het snijvlak met heteroauxinepasta bestreken waren, ontwikkelden zich snel krachtige calluswoekeringen. Evenzoo bij Coleusplanten aan alle deelen van den stengel — hetzij onbeschadigd, hetzij na verwijdering van de epidermis — waar men de genoemde pasta „in stärkerer Konzentration” aanbracht en bij wortels van *Vicia Faba*. Aan het slot van deze publicatie wijst LAIBACH erop, dat deze bevordering van de callusvorming wellicht beteekenis kan hebben „in Hinblick auf Erzielung besserer Veredlungsergebnisse” (het enten van vruchtboomen, druif, enz.), terwijl de bevordering van de wortelvorming „für die Stecklingsvermehrung grosse Bedeutung erlangt wird.”

Voor de practijk waardevolle resultaten vermeldt LAIBACH hier nog niet; evenmin is dit het geval in een kort daarna verschenen publicatie van LAIBACH en FISCHNICH (1935) over „Künstliche Wurzelneubildung mittels Wuchsstoffpasta”.

De schrijvers vermelden echter, dat uitgebreide proeven loopende zijn, om de resultaten practisch toe te passen, waarvan wij dus de uitkomst met belangstelling tegemoet mogen zien.

W. C. COOPER (1935) stelt in zijn onderzoek het practische doel — de bepaling van de waarde voor het vermenigvuldigen der stekken — voorop. Hij werkte met synthetisch β -indolyl-azijnzuur, volgens de pasta-methode van LAIBACH. Een deel van het zuur „werd vermengd met 2000 deelen zuivere lanoline, waarin het oplosbaar is”. Van deze pasta werd een geringe hoeveelheid — ± 10 mg — op een klein oppervlak ($1\frac{1}{4} \times 3$ cm) gesmeerd, aan één zijde en nabij den top van de stek; nadat hier de epidermis en de buitenste schorslagen waren afgeschraapt. COOPER nam zijn proeven met planten, waarvan de stekken reeds van nature zonder veel moeite tot beworteling te brengen zijn. De meest uitgebreide serie, waarvan hij verslag doet, is die met 10 groepen van *Citrus* (citroen „Eureka”), deels van 10 exemplaren, deels van 5. Van deze 10 groepen waren er twee „geringd”, d.w.z. ± 4 cm boven de basis werd een schorsring van 1 cm breedte verwijderd. Het bleek, dat deze laatste geen wortels vormden (behalve in een enkel geval, waarbij de ring overgroeid werd door callus, waarin nieuwe phloemelementen optraden). Zonderen wij deze beide geringde groepen uit, dan bleek, dat de behandelde stekken na vier weken ongeveer driemaal zooveel wortels gevormd hadden als de onbehandelde. Het heteroauxine veroorzaakte niet alleen toename van de wortelvorming bij de bebladerde stekken, maar ook wortelvorming bij eenige van de

ontbladerde (5 of 6 van de 10, naar de afbeelding te oordeelen), terwijl onbehandelde ontbladerde stekken in den regel zich niet bewortelen.

Deze resultaten zijn voor COOPER aanleiding thans ook met moeilijker wortelende Citrus-soorten (sinaasappels, grape-fruit) en met appel proeven te gaan doen, waarvan wij de resultaten nog moeten afwachten.

Blijkbaar op kleineren schaal nam schrijver voorts proeven met stekken van Lantana, vijg en Acalypha, alle planten, waarbij ook de onbehandelde stekken na eenige (3 à 7) weken een krachtige wortelvorming vertoonden. Ook hier echter was een sterke versnelling van het proces waar te nemen. Zoo hadden bijvoorbeeld van de bladlooze Acalypha-stekken, de behandelde na een week zes maal zooveel wortels als de onbehandelde. Vooral bij de Lantana-stekken was op te merken, dat de onbehandelde na verloop van tijd de behandelde inhaalden: na 5 weken hadden de eersten gemiddeld 3,8 wortels, de tweeden 35,7 wortels; twee weken later bedroegen deze getallen respectievelijk 24,5 en 36,5.

Hetzelfde valt op te merken bij de vijg, waar de proef reeds na 3,5 week werd afgebroken. Bij de onbehandelde Lantana-stekken vormden zich de wortels hoofdzakelijk aan de basis van de stek, terwijl bij de behandelde stekken de wortels over het geheele internodium verspreid waren en vooral daar optraden, waar de pasta was aangebracht, „even when the hormone was applied to a portion of the cutting above ground”. Uit dit laatste valt af te leiden, dat de proefinrichting hier niet dezelfde was als bij de Citrus-stekken, ofschoon de schrijver dit niet vermeldt. Een proef met (bladlooze) Tradescantia-internodiën, gaf soortgelijke resultaten als reeds door LAIBACH beschreven waren.

De tot nu toe vermelde publicaties sluiten zich nauw aan bij het theoretische groeistof-onderzoek. De pastamethode van LAIBACH kan men beschouwen als een wijziging van de door STARK in de plantenphysiologie ingevoerde werkwijze, waarbij groeistof-bevattende vloeistoffen met agar tot een geleachtige massa gestold werden en het feit, dat de pasta door de genoemde onderzoekers bijna uitsluitend apicaal werd toegediend, is ongetwijfeld een voortvloeiende van de vrij algemeen heerschende meening, dat de groeistoffen zich steeds in basipetale richting zouden bewegen.

Naar aanleiding hiervan is het volgende op te merken: de pastamethode kan voor bepaalde physiologische onderzoekingen van veel nut zijn, maar voor practisch gebruik is zij te omslachtig. Bovendien echter heeft zij o.i. een groot gebrek: het is uiterst moeilijk, zoo niet onmogelijk, haar eenigszins nauwkeurig quantitatief aan te wenden. LAIBACH heeft de noodzakelijkheid hiervan onmiddellijk ingezien; zijn eerste publicatie (1933) besluit hij met de woorden: „Vor allem aber wird es notwendig sein, die Pastenmethode zu einer quantitatie-

ven zu gestalten". In zijn onderzoek „Über die Auslösung von Kallus- und Wurzelbildung durch β -indolylessigsäure" (1935) tracht hij dit te bereiken door uit te gaan van een pasta, verkregen door een verzadigde oplossing van het genoemde zuur met een gelijke gewichtshoeveelheid wolvet samen te wrijven. Van deze standaardpasta werden verdunningen gemaakt door vermenging met 1-, 2- en 4-voudige hoeveelheden lanoline (1 deel wolvet + 1 deel gedestilleerd water).

LAIBACH's leerling FISCHNICH (1935) gaat in hoofdzaak op dezelfde wijze te werk. Het is echter wel duidelijk, dat, wanneer men met zulke reeksen van pasta's werkt, waarbij men een zekere hoeveelheid op de plant aanbrengt, hetzij op een intacte stengel of blad, hetzij op een apicaal wondvlak, men zelfs niet bij benadering weet, hoeveel groeistof de plant binnendringt en evenmin met welke snelheid dit geschiedt. Wanneer men dan — uitgaande van een standaardpasta — „durch verreiben mit Lanolin in geometrischer Reihe abgestufte Verdünnungen herstellt" (FISCHNICH, 1935), heeft men o.i. nog volstrekt geen zekerheid, dat de door de plant opgenomen hoeveelheden eveneens een dergelijke reeks vormen. Te meer geldt dit dan (zooals veelal, waar het om wortelvorming gaat) als het opnemingsproces zich over een betrekkelijk groot tijdsverloop kan uitstrekken, waardoor de werkzaamheid van het nog in de pasta aanwezige zuur geleidelijk kan afnemen.

Dit is een moeilijkheid, waarover de onderzoekers, die volgens deze methode gewerkt hebben, wel wat losjes zijn heen geloopt. GOUWENTAK en HELLINGA (1935) konden in een proef met gist-extract-pasta (tabel I, p. 5) niet de minste correlatie ontdekken tusschen het aantal der gevormde wortels en de concentratie. Zoo vormden bijv. 20 stekken met pasta van een bepaalde concentratie, na 25 dagen 49 wortels per stek, met pasta van dubbele concentratie slechts 45 wortels. Dat deze correlatie hier niet aan het licht zou komen, omdat het aantal der objecten te gering zou zijn, zooals de schrijvers veronderstellenderwijs opperen, lijkt ons weinig waarschijnlijk. De vraag, hoeveel groeistof de stekken nu feitelijk uit de „pastahoeden" tot zich getrokken hebben dringt zich in zulke gevallen wel sterk op (LAIBACH und R. LOTZ, 1936).

Wat het tweede punt betreft, het denkbeeld, dat de groeistoffen zich steeds in basipetale richting zouden bewegen, was een uitvloeisel van waarnemingen van F. W. WENT (1928) en VAN DER WEY (1932) aan coleoptielen en van VAN OVERBEEK (1933) aan hypocotyl-stukken van *Raphanus sativus*. Het blijkt echter in den laatsten tijd meer en meer, dat deze stelling in haar algemeenheid niet is vol te houden. Een van de eersten, die een apicaal transport constateerde, was FISCHNICH (1935, p. 579-580). Uit waarnemingen van JOST en REISZ (1936) blijkt, dat de genoemde stelling hoogstwaarschijnlijk zelfs wat

de coleoptielen betreft, aanvechtbaar is. De conclusie van deze schrijvers: „Zwischen dem Transport der Wuchsstoffen in basipetaler und in akropetaler Richtung scheint nur ein quantitatiever Unterschied zu bestehen. Dass der akropetale Strom auf einem anderen Mechanismus beruhe wie der basipetale, ist möglich”, heeft o.i. een hooge mate van waarschijnlijkheid.

Een belangrijke stap voorwaarts, wat betreft de praktische toepassing, deden de onderzoekers van het BOYCE THOMPSON INSTITUTE, toen zij de pasta-methode lieten varen, en de groeistoffen basaal deden opnemen. HITCHCOCK (1935) heeft het eerst aangetoond, dat men een synthetische „groeistof” (in dit geval in hoofdzaak β -indolylpropionzuur) in waterige oplossing door een plant of door plantendeelen (stekken) kan laten opzuigen. Daarbij paste hij twee methodes toe:

a. glazen buisjes, aan een eind dun uitgetrokken, werden op bepaalde plaatsen, bijv. in bladsteel of stengel, in de plant gestoken, waardoor een langzame en plaatselijke opname van de groeistofoplossing in de plant mogelijk is;

b. afgesneden plantendeelen, zooals stekken van tomaten (jonge planten, boven de zaadlobben afgesneden) en van *Tagetes erecta* werden met de basis in de oplossing geplaatst. De eerstgenoemde methode heeft alleen voor physiologische waarnemingen beteekenis en kunnen wij dus laten rusten. Wat de tweede betreft het volgende: het bleek dat de stekken de (sterk verdunde) groeistofoplossing krachtig opzuigen; epinastische krommingen der bladeren toonen, dat de groeistof zich snel door de stek kan verspreiden. Zoo vinden wij een geval vermeld, waarbij na 6 uur het hoogste blad, dat kromming vertoonde (tomatenstek) ruim 20 cm van de basis verwijderd was. Bevordering van de wortelvorming der genoemde stekken vermeldt HITCHCOCK hier nog niet. Belangrijk is echter, dat er zeer duidelijke aanwijzingen zijn van een betrekkelijk snel acropetaal transport van de groeistofoplossing, waarschijnlijk met den transpiratiestroom. De schrijver wijst er op, dat wij hierin een uiterst eenvoudige methode bezitten om stekken in korten tijd een zekere hoeveelheid groeistof te doen opnemen. Dit wordt nader bevestigd en uitgewerkt in twee volgende publicaties van hetzelfde laboratorium, in de eerste plaats die van ZIMMERMAN en WILCOXON (1935). De schrijvers toonen hier allereerst, dat verschillende andere organische verbindingen (in hoofdzaak een aantal carboxylhoudende indool- en naphthaleenderivaten) analoge reacties van de plant teweeg brengen als β -indolylazijnzuur. Een groot deel dezer waarnemingen werd nog gedaan volgens de pasta-methode; andere echter met waterige oplossingen, hetzij volgens de bovengenoemde injectie-methode, hetzij eenvoudig door middel van opzuiging door een wondvlak. In dit laatste geval werden bewortelde planten of stekken plaatselijk ingesneden en de stengel een

eind naar omhoog gespleten; door dan dit alleen nog apicaal bevestigde stengeldeel wat naar buiten uit te buigen, kan het basale wondvlak in de groeistofoplossing geplaatst worden. Daarbij bleek steeds, dat de opgenomen vloeistof zich door den stengel in beide richtingen kan verplaatsen. Injectieproeven toonden hetzelfde en tevens, dat alleen die bladeren, die gevoed werden door geïnjecteerde bundels, de typische krommingsverschijnselen vertoonden.

De methode van de basale opname der groeistoffen in waterige oplossingen werd nog uitgebreid door HITCHCOCK en ZIMMERMAN (1935). Zij kweekten hun proefplanten in potten en begoten deze met de oplossingen van verschillende synthetische „groeistoffen” (β -indolylazijnzuur en eenige homologen en andere phenyl- en naphtaleenverbindingen). Ook werd het wortelstelsel van jonge tomatenplanten van aarde ontdaan en in waterige oplossingen geplaatst. Aangezien in dit onderzoek geen sprake is van stekken, maar alleen van de reacties van intacte planten, willen wij hier volstaan met te vermelden, dat ook deze waarnemingen er zeer sterk op wijzen, dat het transport van de groeistofoplossing plaats vindt met den transpiratiestroom en dat zoowel intacte als beschadigde wortels de groeistof opnemen. Het bleek dat de absorptie der groeistoffen uit den grond beïnvloed wordt door de mate van transpiratie van de bovengrondsche deelen. Ook de snelheid, waarmede de groeistof zich in die deelen verplaatst, wordt mede bepaald door de transpiratie, iets wat bij de aanwending van pasta's niet het geval is. In verband hiermede hebben de atmosferische condities grooten invloed op de opneming van de groeistof. De schrijvers toonden dit aan door hun proefplanten onder verschillende omstandigheden (al of niet bedekt door klokken, bij verschillende belichting enz.) te plaatsen. Dat de opname en de verspreiding door de plant zeer snel kan plaats hebben, blijkt bijv. uit het feit, dat de opwaartsche beweging van de groeistof in de tomaat onder optimale omstandigheden ruim 47 cm per uur kan bedragen. De beweging in het vaatbundelsysteem kan in beide richtingen plaats vinden; het transport in apicale richting gaat echter sneller dan in basale.

Wat nu de praktische toepassing betreft, opperen de schrijvers de volgende mogelijkheid: Misschien zou men houtgewassen, die, wanneer ze gestekt worden, zich moeilijk bewortelen, daartoe kunnen brengen, door ze in potten te kweken en deze te gieten met groeistofoplossingen. Zij achten het waarschijnlijk, dat, indien men de groeistof in de jonge scheuten laat doordringen, in deze laatste eenige wortels worden aangelegd. Neemt men dan die scheuten na zekeren tijd van de moederplant en steekt ze, dan zou wellicht blijken, dat er wortels waren aangelegd. Of er inderdaad langs dezen weg praktische resultaten te bereiken zijn, komt ons vooralsnog zeer twijfelachtig voor. Zeer zeker echter is dit wel het geval, wanneer men niet de intacte

planten, maar de stekken zelf direct door de basale wond de groeistofoplossingen laat opzuigen. Over dusdanige experimenten berichten HITCHCOCK en ZIMMERMAN in 1936. Zij werkten met waterige oplossingen van indolylazijnzuur, indolylboterzuur en naphthaleenazijnzuur. Iederen dag werden versche standaardoplossingen bereid, waaruit door verdunning met leidingwater de proefoplossingen verkregen werden. De proeven begonnen in den herfst en de meeste hier beschreven resultaten hebben dan ook betrekking op houtige planten in den rusttoestand, d.w.z. op stekken van uitgerijpt hout. Het zijn alle stekken, die ook zonder groeistofbehandeling zich wel bewortelen; de behandeling kan echter een snellere en krachtigere beworteling tengevolge hebben. Als proefplanten worden genoemd: *Ilex opaca* Ait. en *Ilex crenata* Thunb., *Taxus cuspidata* Sieb. & Zucc., *Hibiscus Syriacus* L., *Pachysandra* Sieb. & Zucc., *Cornus sanguinea* L., *Ligustrum ovalifolium* Hassk., *Syringa vulgaris* L.

De behandeling wordt steeds uitgedrukt in de concentratie van de gebruikte oplossing en den tijd gedurende welken opzuiging plaats vond. De hoeveelheid, die werd opgenomen vernemen wij dus niet. De concentraties, die gebruikt werden, varieerden bijvoorbeeld voor indolylazijnzuur van 4 tot 40 mgr per 100 cc, voor indolylboterzuur van 0,8 tot 4 mgr, voor naphthaleenazijnzuur van 1 tot 20 mgr. Schrijvers komen tot de conclusie, dat een opzuiging van 4 à 20 mgr per 100 cc van indolylazijnzuur of van 2 à 10 mgr indolylboterzuur of naphthaleenazijnzuur gedurende 24 uur voor verscheidene soorten werkzaam was. Evenzoo oplossingen van 1 à 4 mgr., bij behandeling van 2 à 4 dagen. Zij meenen voor de practijk in het algemeen de voorkeur te moeten geven aan lage concentraties (één tot verscheidene dagen opgezogen), vooral omdat men dan geen kans loopt, de grens te overschrijden, waarbij de oplossingen giftig beginnen te werken. Herhaaldelijk is er in hun publicaties sprake van beschadiging en schadelijke werkingen („injury” en „injurious effects”), zonder dat nader wordt aangegeven, hoe deze tot uiting komen. De schrijvers leggen er voorts den nadruk op, dat het niet mogelijk zal zijn een algemeen voorschrift te geven: voor iedere soort zal op kleinen schaal de optimale (en meest oeconomische) behandeling moeten bepaald worden, alvorens men overgaat tot toepassing op grooten schaal. Bovendien moet men steeds letten op „den leeftijd en activiteit” der scheuten, m.a.w. ook het tijdstip, waarop de proef ingesteld wordt kan zijn invloed doen gelden.

Een eenigszins uitvoerig verslag geven de schrijvers alleen van hun proeven met *Ilex opaca*, die in het eind van December werden ingezet. De gunstige concentraties lagen voor deze plant tusschen 2 en 40 mgr indolylazijnzuur en tusschen 1 en 20 mgr naphthaleenazijnzuur, bij een behandeling varieerend van 6 uur tot 4 dagen. De contrôles be-

wortelden zich langzamer en zwakker dan de behandelde stekken. Bij de eerste was de beworteling alleen basaal, bij de laatstgenoemde traden de wortels over een groot deel van de stek op, vooral bijv. bij naphthaleenazijnzuur (2 mgr per 100 cc) gedurende 4 dagen. Indolylpropionzuur bleek hier veel minder werkzaam dan de beide andere genoemde stoffen en alleen werkzaam in concentraties nabij de grens waarbij beschadiging optrad.

Van de overige min of meer summarisch beschreven proeven valt nog te vermelden: bij de proeven met *Ilex crenata* bleek indolylboterzuur ongeveer vijfmaal zoo werkzaam te zijn als naphthaleenazijnzuur. Als optimale behandeling wordt hier opgegeven: 16 à 24-urige opzuiging van 0,4 à 2 mgr (per 100 cc) indolylboterzuur of 2 à 5 mgr naphthaleenazijnzuur.

De proeven met *Pachysandra terminalis* (Nov., Dec.) toonden, dat, terwijl de stekken normaliter alleen nodale wortels vormen, bij krachtige behandeling met naphthaleenazijnzuur bovendien reeksen van internodale wortels kunnen ontstaan, over 3 à 8 cm. Bij de sering werd de wortelvorming van jonge scheuten bevorderd door naphthaleenazijnzuur; 1 à 2 mgr per 100 cc gedurende 24 uur bleek zeer werkzaam. Hoogere concentraties, die „slightly toxic” bleken te zijn, veroorzaakten wortelvorming over een groot deel van de stek, soms zelfs tot nabij den eindknop. Ook bij *Taxus cuspidata* SIEB. & ZUCC. bleek, dat hoge concentraties, die behalve basale wortels ook wortels boven de basis in het leven riepen, schadelijke bijwerkingen begonnen te vertoonen. Bij *Cornus sanguinea* trad wortelvorming op na een behandeling gedurende 7 à 21 dagen met oplossingen van „minder dan 1 mgr” indolylazijnzuur (op 100 cc).

De proeven, waarbij de stekken gedurende korteren of langeren tijd in vers, dus met den top in de oplossingen geplaatst werden, zijn o.i. zonder practisch belang. Het bleek, dat de stekken ook op deze wijze een zekere hoeveelheid opnemen; in sommige gevallen trad daarbij remming van de knopontwikkeling op.

Tenslotte zij nog vermeld, dat de schrijvers ook uitgebreide series proeven met groeistofpasta's hebben verricht bij *Pyrus*, *Prunus* en *Crataegus*, blijkbaar alle met negatief resultaat. Behalve de directe aanwending op de stekken zelf, pasten zij ook een methode toe, waarbij de pasta aangebracht werd aan basale deelen van scheuten, die zich nóg aan de moederplant bevonden. Na een tijdsverloop „varieerend van verscheidene dagen tot verscheidene weken” werden dan die scheuten afgesneden en gestekt. Goede resultaten schijnen zij daarmee alleen verkregen te hebben bij *Acer palmatum* THUNB.

In het laboratorium van de Royal Horticultural Society te Wisley, in Engeland, worden proeven genomen door M. A. H. TINCKER, waarvan de eerste resultaten gepubliceerd zijn in 1936. Dit rapport heeft in

hoofdzaak nog betrekking op planten, die als regel reeds door stekken vermenigvuldigd worden. In vele gevallen werd daarbij versnelling of versterking van het bewortelingsproces verkregen.

Ook TINCKER paste aanvankelijk de pasta-methode toe, in hoofdzaak pasta's van β -indolylazijnzuur en α -naphthaleenazijnzuur.

Positieve resultaten werden daarmee verkregen bij *Pelargonium zonale*, tomaat en *Solanum capsicastrum*. Bij *Dahlia* veroorzaakte phenylazijnzuur in te sterke concentratie een vertraging van de wortelvorming. Ook op eenige houtstekken werd de pasta-methode toegepast; versnelling van de wortelvorming werd waargenomen bij *Diervillea rosea* en *Buddleia alternifolia*. Verschillende andere, o.a. eenige appelvariëteiten, gaven negatieve resultaten. Ook deze schrijver heeft de pasta-methode spoedig verlaten, om over te gaan tot de opzuigmethode uit waterige oplossingen. Standaardoplossingen werden iedere week versch bereid. De stekken, gewoonlijk 30 per proef, werden \pm 2,5 cm diep in de oplossing geplaatst. De verslagen der proeven zijn wat summarisch; de behandeling, in het bijzonder de tijd van opzuigen, wordt niet nauwkeurig aangegeven, zoodat wij ons van de opgenomen dosis nog geen juiste voorstelling kunnen maken. Schrijver vermeldt, dat met te sterke oplossingen soms beschadiging van jonge bladeren optrad, daarbij was „de weg (path) van de beschadiging gemakkelijk waar te nemen, van de basis omhoog, door de houtvaten — er was niets abnormaals in de weg, die de oplossing volgt” (the route of uptake). Zoo was bij *Escallonia* een oplossing van 0,4 op 1000 reeds te sterk, zelfs bij 4 uur opzuiging. Dit wijst erop, dat bij deze beschadigingen niet alleen de concentratie den doorslag geeft. Bevordering van de wortelvorming werd waargenomen bij *Ilex aquifolium*, *Escallonia*, *Diervillea rosea*, *Deutzia scabra*, *Viburnum Carlesii*, *Viburnum rhytidophyllum* en *Buddleia alternifolia*. Bij zomerstekken van laatstgenoemde plant ontwikkelden zich bij behandeling met α -naphthaleenazijnzuur vele wortels aan het bovendeel der stekken tusschen de bladeren. Werden de stekken in tweeën verdeeld en de apicale deelen opnieuw gestekt, dan bleek, dat deze stekjes zich ook verder goed ontwikkelden. Proeven met moeilijker wortelende planten, waaronder ook coniferen, zijn in gang gezet. De schrijver wijst ten slotte op de noodzakelijkheid de behandelingswijzen op verschillende manieren te variëren.

II EIGEN ONDERZOEK

Onze proeven, die in April 1936 een aanvang namen, laten zich naar de methode, die daarbij gevolgd werd, tot drie groepen brengen:

1e Proeven met toepassing van de pasta-methode. Deze werden in het voorjaar ingezet (April, Mei); het materiaal bestond uitsluitend uit stekken van eenjarig hout van verschillende appelsoorten, een tien-

tal veredelde soorten en twee doucin-onderstammen. De lanoline-heterobauxinepasta werd in den regel op het apicale wondvlak aangebracht; in sommige proeven werd de bast te halverhoogte van de stek verwijderd en de pasta op deze plaats aangebracht. Geen enkele van deze proeven leverde, wat de wortelvorming betreft, een positief resultaat op: de behandelde stekken bewortelden zich evenmin als de onbehandelde.

Deze ervaring is in overeenstemming met de tot nu toe in het buitenland gepubliceerde onderzoeken met dit materiaal.

2e Proeven met toepassing van de zgn. „Kelkmethode”. Hierbij werd getracht door continue opzuiging van een groeistofoplossing door stekken, ingegraven in het vochtig substraat (een mengsel van zand en turfmoel), de wortelvorming te bevorderen. Hiertoe werd het basale eind van de stek verbonden met een glazen kelkje van ± 8 cc inhoud. De stekken werden in schuinen stand in het substraat ingegraven, zoodat het basale deel zich daarin bevond, terwijl het kelkje en het apicale deel van de stek er boven uitstaken. In deze kelkjes werden oplossingen van β -indolylazijnzuur, in verschillende concentraties, gebracht. Het proefmateriaal bestond uit houtige stekken van verschillende appelsoorten; deze proeven vormden parallelreeksen met de bovengenoemde pasta-proeven. Verder werden op deze wijze behandeld de scheutstekken van drie doucin-typen, van Myrabolaan B en van Wisteria. Ook deze proeven gaven slechts negatieve resultaten. Alleen bij hoogst enkele Myrabolaanstekken was zwakke beworteling waar te nemen.

3e Proeven, waarbij de stekken met de basis in waterige oplossingen van β -indolylazijnzuur geplaatst werden, zoodat deze door het basale wondvlak opgezogen werden. Als standaardoplossing diende steeds een oplossing van 100 mgr in een liter gedestilleerd water. Deze oplossing werd aanvankelijk verkregen door het indolylazijnzuur met het water gedurende 24 uur te schudden; later gingen wij er echter toe over (in navolging van HITCHCOCK en ZIMMERMAN) het zuur in enkele kubieke centimeters alcohol (96%) op te lossen en daarna met gedestilleerd water het volume tot een liter aan te vullen. Door nu zoowel de concentratie der oplossing als den duur der opzuiging te variëren, trachtten wij de optimale behandeling voor ieder onderzocht object vast te stellen. Wij gebruikten daartoe de genoemde standaardoplossing, die dus 100 γ indolylazijnzuur¹⁾ per cc bevatte, en verder verdunningen van 1 op 2, 1 op 4 en 1 op 10, respectievelijk dus bevattende per cc 50 γ , 25 γ en 10 γ . De verdunning geschiedde met leidingwater, onmiddellijk voor het gebruik.

Voor deze proeven kozen wij in hoofdzaak planten, waarvan wij uit de literatuur of door mededeelingen van practici wisten, dat de ver-

¹⁾ 1 γ = 0.001 mgr.

menigvuldiging door middel van stekken zonder bijzondere hulpmiddelen weliswaar niet is uitgesloten, maar toch in de practijk veelal moeilijkheden oplevert.

Wij werden daarbij geleid door de overweging, dat in zulke gevallen de kans op succes grooter is, dan wanneer men werkt met stekken, die onder de gewone omstandigheden zelden of nooit tot wortelvorming te brengen zijn. Heeft men dan eenmaal de mogelijkheden, die de toepassing van de opzuigmethode oplevert en de moeilijkheden, die zij met zich brengt, aan de eerstgenoemde objecten bestudeerd, dan wordt wellicht de weg geopend, waarlangs ook met moeilijker objecten resultaten zijn te bereiken.

De werkwijze was dan als volgt: de stekken werden ontdaan van de laagste bladeren (zoo noodig ook van zijtakjes) en in bundels van 5 tot 30 stekken gezet in een zekere hoeveelheid, 50 tot 150 cc, van de oplossingen van verschillende concentratie; de contrôlegroepen kwamen in eenzelfde hoeveelheid leidingwater. De stekken, die voor 2 à 4 cm in de vloeistof stonden, werden na verloop van 6 tot 72 uur uit de oplossing genomen.

Het volume van de opgenomen vloeistof werd bepaald, teneinde ons een voorstelling te kunnen vormen van de hoeveelheid indolylazijnzuur, die gemiddeld per stek was opgenomen. De stekken werden afgespoeld en vervolgens gestoken in kistjes, gevuld met een mengsel van zand en turfmolm (1 op 1). De kistjes kwamen onder dubbel glas te staan; bij sterken zonneschijn werd met kaasdoek geschermd, vooral in den aanvang van de proef. Door geregeld sproeien werd het welken tegengegaan, waarbij er op gelet werd, de vochtigheid van het substraat niet te hoog op te voeren, teneinde rotting van de onder-einden der stekken tegen te gaan.

Tenslotte nog een enkel woord over de duurzaamheid van de standaardoplossing. Aanvankelijk hebben wij weinig aandacht geschonken aan den ouderdom van de oplossing, waaruit wij de verdunningen bereidden. De chemische structuur van het β -indolylazijnzuur geeft geen aanleiding te vermoeden, dat er in een waterige oplossing spoedig omzettingen zouden plaats grijpen, die van invloed zouden kunnen zijn op de physiologische werking van deze vloeistof. Gedurende den loop van het onderzoek bleek ons echter uit recente publicaties, dat verschillende onderzoekers van oordeel zijn, dat de standaardoplossingen spoedig bederven. De opgaven hieromtrent loopen vooralsnog sterk uiteen. HITCHCOCK & ZIMMERMAN (1936) gaan zoover, dat zij het noodig oordeelen, iederen dag versche standaardoplossingen te maken; TINKER (1936) bereidt iedere week zulk een oplossing. JOST (1936) deelt mede, dat standaardoplossingen, die telkens wanneer er iets van gebruikt was, opgekookt werden en in een ijskast bewaard werden, ruim 14 dagen hun werkzaamheid behielden. Prof. KÖGL, wiens oor-

deel wij over deze kwestie vroegen, deelde ons mede, dat in zijn laboratorium waterige oplossingen van het zuur weken lang als standaard gebruikt werden, zonder dat een opvallend terugloopen van de activiteit geconstateerd werd. In onze proeven was de standaardoplossing doorgaans 1 à 5 dagen van te voren bereid. In een enkele van de hier beschreven proeven, nl. die met *Daphne Laureola* L. was zij echter reeds 17 dagen oud; desondanks was het resultaat, dat met deze oplossing bereikt werd, zeer goed te noemen. Deze standaardoplossing werd, zooals de regel was, bij kamertemperatuur in het donker bewaard.

De vraag naar de duurzaamheid van de waterige oplossingen van het indolylazijnzuur, die bij praktische toepassing van veel gewicht is, is dus blijkens het voorafgaande nog niet zuiver te beantwoorden. Indien er werkelijk betrekkelijk snel bederf optreedt en als gevolg daarvan achteruitgang van de physiologische werking, zal dit hoogstwaarschijnlijk toegeschreven moeten worden aan door bacteriën teweeg gebrachte omzettingen. De door Jost gevolgde handelwijze: na gebruik de resterende hoeveelheid van de standaardoplossing even opkoken en vervolgens zoo koel mogelijk bewaren, verdient daarom wel aanbeveling.

Wanneer het er echter om te doen is door variatie van de concentratie en de duur van opzuiging te bepalen, welke behandeling voor een bepaald object als optimaal te beschouwen is, zal het wel het beste zijn, teneinde volkomen vergelijkbare cijfers te krijgen, het zekere voor het onzekere te nemen en steeds te werken met verse oplossingen, die den dag zelf, hoogstens den dag van te voren, bereid werden. Deze werkwijze volgen wij dan ook thans bij ons verder onderzoek.

Wisteria Sinensis SWEET (Plaat I en II).

Het materiaal voor deze proef bestond uit éénjarige scheutjes, 3 à 5 cm lang, gesneden 1 Juli. Er werden 5 groepen gesorteerd (elk van 5 exemplaren), welke volgens onderstaand schema behandeld werden:

Groep	Conc. groeistof-oplossing in γ per cc	Duur der behandeling	Aantal cc opgenomen per stek	Dosis per stek in γ
I	100	12 uur	1,2	120
II	50	2 × 24 uur	2,7	135
III	50	24 uur	1,4	70
IV	25	2 × 24 uur	2,7	67½
V	0	2 × 24 uur	3,8	Contrôle

Hierna werden deze stekken gestoken en gekweekt bij een luchttemperatuur van $\pm 20^{\circ}\text{C}$ — minimum $11,3^{\circ}\text{C}$, maximum 30°C — en

een bodemtemperatuur van $\pm 20^{\circ}\text{C}$ met als uitersten $15,7^{\circ}\text{C}$ en $21,5^{\circ}\text{C}$.

De wortelvorming heeft bij de behandelde stekken voor 100% plaats binnen 8 weken. Bij de contrôle wortelt dan nog slechts 1 exemplaar. De behandeling van groep I blijkt optimaal; hier heeft reeds na 4 weken, gelijkmatig bij alle stekken, wortelvorming plaats. Even vroeg zijn in groep II enkele exemplaren, doch daar tegenover staan stekken, die veel minder vlug wortelen, terwijl er één zelfs afsterft. Mogelijk is hiervoor de dosis te sterk geweest, misschien is de duur van de behandeling in deze concentratie schadelijk. De minder sterke behandelingen, groepen III en IV, zijn eerst in 8 weken geworteld, maar alle stekken hebben dan een bos krachtige wortels, de be worteling toont een zeer gelijkmatig beeld. De foto's op pl. I geven gewortelde stekken weer van groep I (fig. 2) tegenover stekken van groep V, contrôle (fig. 1) op 10 Augustus 1936. In figuur 4 en 3, op pl. II zijn de stekken op een lateren datum (29 Aug.) weergegeven. In de wijze van wortelvorming bestond er verschil tusschen de sterk behandelde groepen I en II en de groepen III, IV en V. Bij deze laatsten had de wortelvorming uitsluitend basaal plaats, terwijl de stekken van I en II daarnaast en allereerst wortels vertoonden, ontspringend uit de talrijke knobbeltjes en spleetjes — woekeringen der schors — welke deze stekken in sterkere mate vertoonden dan de andere groepen (zie fig. 2).

De normale wortelvorming is bij *Wisteria* basaal, voor zoover dit althans te beoordeelen valt aan het eenige exemplaar der contrôle-groep, dat zich bewortelde, en deze wortelvorming wordt reeds door de kleinere doses van groep III en IV sterk bevorderd. De wortelvorming, opgewekt door de grootere hoeveelheden hetero-auxine van I en II, gaat samen met het ontstaan van woekeringen der schors. De ongelijkmatigheid in groep II (met de sterkste dosis) en het afsterven van een der stekken wijst er op, dat dit verschijnsel hier een pathologisch karakter heeft aangenomen, maar niettemin het optreden van wortels nog bevordert.

Pyracantha crenulata ROEM. (Plaat III en IV).

Deze bladhoudende heester kan weliswaar op gewone wijze door bebladerde stekken vermenigvuldigd worden, maar levert toch wel moeilijkheden: een laag aanwortelings-percentages, langzame wortelvorming, welke door den laten stektijd, tijdens den winter weer te niet kan gaan. Door een groeistofbehandeling bereikten wij 100% aanworteling, terwijl deze tevens zoo vlug plaats had, dat de planten met een reeds goed ontwikkelde wortelkluit den winter ingingen.

11 September werden 160 stekken, 12 à 16 cm lang gesneden uit

eenjarige scheutjes. De 10 groepen van 16 stuks elk werden als volgt behandeld met diverse verdunningen van een versch bereide standaardoplossing van β -indolylazijnzuur.

Groep	Conc. groeistofoplossing in γ per cc	Duur der behandeling	Aantal cc opgenomen per stek	Dosis per stek in γ
I	100	9 uur	0,4	40
II	100	20 uur	1,1	110
III	50	9 uur	0,8	40
IV	50	20 uur	1,2	60
V	50	32 uur	2,0	100
VI	25	9 uur	0,6	15
VII	25	20 uur	1,1	28
VIII	25	32 uur	2,0	50
IX	Contrôle	9 uur	0,7	0
X	Contrôle	32 uur	1,9	0

De stekken werden verder gekweekt bij een luchttemperatuur van gemiddeld 15°C, — minimum 10°C, maximum 20°C —; de bodemtemperatuur bedroeg 15 à 17°C.

Na 3 weken is het aanwortelingspercentage in de groepen I, II, IV, V en VIII reeds bijna 100%. Op 13 October, d.i. na 4½ week, is in de overige behandelde groepen III, VI en VII de 75% reeds bereikt, terwijl de contrôle-groepen IX en X in elke groep slechts 1 aangeworteld exemplaar toonen (zie foto van groepen I en IX op 13 October resp. fig. 5 en fig. 6 en van groep VI op 6 November, fig. 7).

Pas 8 December hebben de contrôlegroepen de 75% bereikt. De het eerst aangewortelde groepen worden na 4½ week opgepot, de volgende na 8 weken, terwijl in de contrôlegroep het oppotten van de bewortelde exemplaren geleidelijk plaats vond. Van deze laatsten gaan gedurende den winter echter weer meerdere exemplaren verloren.

De beste doseering blijkt tusschen 45 en 60 γ per stek te liggen, groepen I, IV en VIII. De tweemaal zoo hooge dosis van de groepen II en V bevorderen en vervroegen eveneens nog sterk de wortelvorming. De aanworteling der stekken in deze groepen is echter veel ongelijker, doordat alle stekken in meerdere of mindere mate een rotting aan de basis vertoonen. De behandeling van deze groepen, de concentratie van de oplossingen in combinatie met den duur van opzuigen, is schadelijk geweest voor het gedeelte van de stek, dat in de oplossing heeft gestaan. De onder-optimale doseering van de groepen III, VI en VII vervroegen in mindere mate de wortelvorming der stekken.

Ook hier zijn 2 typen van wortelvorming te onderscheiden; een wortelvorming op de knopen (nodale wortelvorming) en een vorming van wortels internodaal uit verdikkingen en schorswoekeringen. Beide

typen beteekenen een nieuw-vorming van wortels, aangezien dit object geen wortelbeginsels vertoont. Wel mag er voor de nodale wortelvorming door het snelle optreden en de bepaalde localisatie, van een zekere gepraedestineerdheid van bepaalde celgroepen gesproken worden. De nodale wortelvorming is de normale, die ook bij de contrôles optreedt; het aantal wortels per knoop wordt echter door de heteroauxine-behandelingen verhoogd.

β -indolylazijnzuur bevordert deze nodale wortelvorming reeds in doses vanaf 15 γ (groep VI), zie fig. 7, Pl. IV. Bij grootere hoeveelheden heteroauxine krijgen wij daarnaast een nieuwvorming van wortels uit woekeringen van de schors. De optimale groeistofbehandelingen vertoonen een combinatie van de beide typen van bevordering van wortelvorming (zie fig. 5, Pl. III).

Hooge concentraties van de groeistofoplossing bevorderen de internodale wortelvorming, terwijl nodale wortels in het basisgedeelte der stek geremd of onderdrukt worden en alleen aan de hogere delen van de stek weer optreden. Bij de groepen II en V sterft het onderste deel van de stek zelfs af en komen ook de internodale schorswoekeringen annex wortelvorming eerst aan hogere leden voor.

De wortelvorming uit dergelijke woekeringen van de schors, het tweede type van wortelvorming hier, lijkt bij dit object, evenals bij *Wisteria*, een gevolg van de pathologische werking, die heteroauxine in hogere concentratie blijkbaar op het weefsel, waarmede het direct in contact kwam, uitoefent.

In dit verband zij gememoreerd een proef met *Pyraecantha coccinea* ROEM., die een maand later werd aangezet en waarbij de schadelijkheid van de groeistofoplossing reeds bij veel geringere concentraties bleek.

Er hadden, naast de contrôle, twee behandelingen plaats (telkens 20 ex.), overeenkomend met de behandeling van groep IV en VII van de proef met *Pyraecantha crenulata* ROEM. De dosis heteroauxine, die de stekken op deze manier toegediend kregen, was echter de helft van die bij de voorgaande proef; we krijgen dan ook alleen een bevordering van de nodale wortelvorming.

Behandeling VII, met een dosis van 14 γ heteroauxine per stek, blijkt hier reeds optimaal. De behandeling IV, met een dosis van 30 γ heteroauxine per stek, is reeds schadelijk (of het de dosis is, of de concentratie van de oplossing is niet uit te maken). Er is afsterving van de stekken aan de basis, terwijl de nodale wortelvorming aan de onderste knoop(en) onderdrukt is.

De groote gevoeligheid van de stekken — hetzij, dat deze een eigenschap van de soort is, of wel, dat zij in 't algemeen bij *Pyraecantha* in dezen tijd van het jaar bijzonder groot is — maakt, dat wij op dit tijdstip geen internodale wortelvorming uit schorswoekeringen op kunnen

wekken om het aanwortelingspercentage te verhoogen. Bij de behandeling VII bereikten wij in 8 weken een aanwortelingspercentage van 60%.

Bij een proef met *Pyracantha coccinea* ROEM. var. *Lalandii* DIPP. bleek inderdaad de invloed van den tijd van het jaar, d.w.z. van den toestand, waarin de stekken verkeerden. Stekken gesneden uit het topgedeelte van de eenjarige scheuten werden sterker door heteroauxine in hun wortelvorming bevorderd dan stekken gesneden uit de meer verhoude basisgedeelten der eenjarige scheuten. Deze laatste stierven aan de basis af door behandeling gedurende 48 uur met een oplossing van 50 γ heteroauxine per cc (dosis 40 γ).

Olearia Haasti HOOK. f.

11 November werd hiermede een stekproef aangezet. Eenjarige eind- en zijscheuten leverden het stekmateriaal (110 ex.), dat in lengte varieerde van 5 tot 15 cm en gelijkmatig verdeeld werd over 5 groepen, welke als volgt behandeld werden (standaardoplossing 2 dagen oud):

Groep	Conc. groeistof-oplossing in γ per cc	Duur der behandeling	Aantal cc opgenomen per stek	Dosis groeistof per stek in γ
I	100	28 uur	0,8	80
II	50	28 uur	0,7	35
III	25	51 uur	1,3	32
IV	25	28 uur	0,7	18
V	0	28 uur	0,7	0

De stekken werden op de gebruikelijke manier verder gekweekt. De temperatuur bedroeg aanvankelijk $\pm 15^{\circ}\text{C}$, met een minimum van 12°C en een maximum van 19°C . De grondtemperatuur was gemiddeld 18°C . In de wintermaanden was de temperatuur ongeveer 2°C lager.

Na $3\frac{1}{2}$ week is het aanwortelingspercentage in de groepen I tot V, respectievelijk 54%, 45%, 41%, 77% en 18%. Twee weken later is dit percentage nog iets toegenomen; ook de groepen II en III hebben dan de 50% bereikt, terwijl de contrôle voor 30% wortelt. De wortelvorming op zichzelf is echter weinig of niet in kracht toegenomen en de wortels zijn weinig gegroeid; het blad begint te verkleuren, kortom de stekken toonen geen actie meer, zijn in de winterrust overgegaan. Mogelijk, dat wij vroeger in het jaar een hooger aanwortelingspercentage kunnen verkrijgen.

Olearia Haasti toont in de contrôle de mogelijkheid om door stek vermeerderd te worden, zooals ook de vakliteratuur aangeeft. Gezien het feit, dat onze zwakste dosis het beste resultaat heeft, moeten wij

hier met voor β -indolylazijnzuur zeer gevoelig materiaal te doen hebben. Dat de toestand der stekken veel invloed heeft op die gevoeligheid, blijkt uit het verschijnsel, dat alleen bij deze groep met de zwakste dosis, nl. 18 γ per stek, ook aangewortelde exemplaren voorkomen onder de stekken, gesneden uit de dikkere en krachtigere eindscheuten, terwijl in de overige behandelde groepen alleen stekken uit zijtwijgen gesneden wortelen. De wortelvorming, welke wij met de behandeling van groep IV, de zwakste behandeling, opwekten, is een wondwortelvorming, vlak boven of schijnbaar uit het callus van het basale wondvlak. Nodale wortelvorming zien wij na 3 weken alleen optreden bij de sterkste behandeling (80 γ per stek), groep I; na 5 weken toonen ook stekken van behandeling III nodale wortelvorming. Bij de groepen I en II, de beide sterkste doseeringen, treden bovendien basale en nodale zwellingen op. Dit zijn ook de groepen, waarin na 3 weken reeds een rotting van het basale gedeelte der stekken valt waar te nemen, wat wijst op een pathologische werking van de groeistof-oplossingen in verdunningen van 100 γ en 50 γ per cc.

De contrôle wortelt uitsluitend basaal. We zien dus hier, dat de groeistof de normale wortelvorming uit de basale snede bevordert. En in dit opzicht is de laagste door ons gebruikte dosis het gunstigst; niet alleen wekt deze het grootste aantal stekken tot snelle wortelvorming op, maar ook werkt zij een zeer krachtige wortelvorming in de hand.

Een nodale wortelvorming zien wij bij de sterkste behandeling I na 3 weken, bij behandeling III na 5 weken. De nodale wortelvorming wordt dus blijkbaar veel moeilijker opgewekt, een hogere dosis groeistof is hiervoor noodig; de zwakkere dosis van behandeling III werkte al langzamer. Mogelijk, dat wij ook in groep I hiervoor nog niet de optimale dosis bereikt hebben. Maar het voorkomen van basale en nodale opzwellingen wijst al op een zekere schadelijkheid van de groeistofbehandeling, die zich duidelijker nog uit in het afsterven van de basis, dat daarmede parallel gaat. Misschien kunnen wij op een anderen tijd van het jaar hogere doseeringen toepassen, nodale wortelvorming opwekken of zelfs internodale wortelvorming uit schorswoekeringen, zonder dat daarbij de stekken te gronde gaan.

Dat het verschil maakt, op welke wijze wij een zekere doseering bereiken, blijkt uit het verschillende resultaat van de behandelingen II en III. Het aantal wortelvormende stekken loopt bij deze groepen wel niet veel uiteen, maar de kracht van de wortelvorming is zeer verschillend. Een lange duur van behandeling, groep III, blijkt niet bevorderlijk hiervoor te zijn. De groei van de wortels is langzaam, we krijgen den indruk van een remming.

Daphne Laureola L. (Plaat IV en V).

Daphne Laureola is een bladhoudende kleine heester, die (volgens

kweekerservaringen) moeilijk door stek te vermenigvuldigen is.

Voor onze stekproef met dit object werden allereerst 50 twijgtoppen gebruikt. Daarnaast werd een kleine proef ingezet met het overblijvende materiaal, bestaande uit het basale gedeelte der eenjarige twijgen (25 ex.). Deze veel minder bebladerde stekken bleken slechts $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$ op te nemen van de hoeveelheid groeistofoplossing, die de met meerdere kransen van bladeren bezette stekken, de twijgtoppen, opgenomen hadden.

Aangezien deze apicale stekken zeer uiteen liepen, zoowel wat betreft de dikte als het aantal der bladeren, bepaalden wij hier de opgenomen hoeveelheid der oplossing voor ieder exemplaar afzonderlijk. Daarbij bleek, dat deze hoeveelheid sterk varieerde, zoodat als resultaat van een bepaalde behandeling niet één bepaalde dosis op te geven is: de doseeringsgrenzen van de behandelingsgroepen vallen over elkaar.

De behandeling gebeurde met verdunningen (van een standaardoplossing, welke 17 dagen tevoren bereid was), die 100 γ , 50 γ of 25 γ per cc bevatten, en gedurende 24 tot 48 uur opgenomen werden. De door deze verschillende behandelingen toegediende dosis β -indolyl-azijnzuur varieerde van 60-450 γ per stek.

De verdere cultuur dezer stekken kwam overeen, wat omstandigheden betreft, met de hier voor beschreven proef met *Olearia*. De stekdatum was 9 November.

Na 4 weken komen, na een krachtige basale callusvorming, wortels uit dit callus bij alle met heteroauxine behandelde groepen; zie fig. 8, Pl. IV.

Of de wortels in dit callusweefsel ontstaan of alleen door dit callus heenbreken, is niet nagegaan en dus nog niet met zekerheid te zeggen. De groep, behandeld met de sterkste groeistofoplossing (100 γ per cc) wortelt dan reeds voor 50%. De contrôle wortelt niet en toont slechts zeer geringe callusvorming aan de basale snede.

Na 12 weken zijn de 3 het sterkst behandelde groepen voor 100% geworteld, de 4e groep, behandeld met 25 γ per cc wortelt voor 70%, terwijl ook thans de contrôle nog geen beworteling toont. Pas in Maart vertoonen ook enkele stekken van de contrôlegroep een zwakke wortelvorming, in type overeenkomend met die van de behandelde groepen: aan de basale sneden.

Alleen bij de groepen, behandeld met de sterkste concentraties, 100 γ en 50 γ per cc, treden in enkele gevallen verdikkingen van de schors aan het basisgedeelte der stek op, blijkbaar een zwakkere vorm van de nodale en internodale woekeringen, die wij bij de andere objecten waarnamen.

De stekken uit het basisgedeelte der eenjarige twijgen bleken veel minder neiging tot aanworteling te bezitten. Bij de behandelde groepen wortelden ten slotte nog enkele aan.

Stranvaesia Davidiana DECNE (Plaat V).

Een zeer uitgebreide proef werd 29 October ingezet met dit object. Op dien datum werd eenjarig hout, hoofdzakelijk zijtwijgen en enkele eindtwijgen, versneden tot stekken van 6 tot 15 cm lengte en behandeld met heteroauxine-oplossingen (standaardoplossing 5 dagen tevoren bereid), volgens onderstaand schema. De stekken werden onderscheiden in „dikke stekken”, afkomstig meerendeels van eindtwijgen en verder van de dikste zijtwijgen (22 ex. per behandeling) en in „middelmaat” (15 ex.) en „dunne stekken” (12 ex. per behandeling), de beide laatste uit zijtwijgen gesneden en alleen in dikte verschillend.

Groep	Conc. hetero- auxine-opl. in γ per cc	Duur der behandeling		
		dikke	middelmaat	dunne
I	100	15 uur	17 uur	17 uur
II	50	40 uur	40 uur	23 uur
III	50	15 uur	17 uur	17 uur
IV	25	40 uur	48 uur	48 uur
V	25	16 uur	18 uur	18 uur
VI	0	16 uur	18 uur	18 uur

De dikke stekken namen in ongeveer dezelfde tijdsduur twee-, respectievelijk driemaal zoveel op, als de middelmatige, respectievelijk de dunne stekken. De dosis indolylazijnzuur varieerde in de groepen der dikke stekken van 35 tot 200 γ , bij de middelmaatstekken van 20 tot 80 γ en bij de dunne stekken van 20 tot 50 γ per stek.

De cultuur na de behandeling was als gewoonlijk, de luchttemperatuur was $\pm 16^{\circ}\text{C}$, de grondtemperatuur 18°C .

Het loof vertoont bij meerdere stekken reeds spoedig verkleuring en neiging tot afvallen, vooral bij de dunne stekken. Zeer waarschijnlijk is dit gedeeltelijk te wijten aan het feit, dat de bodemtemperatuur gedurende korten tijd abnormaal hoog was opgelopen. Er is echter ook eenig verband met de groeistofbehandeling. Een lange behandelingsduur schijnt nadeelig te zijn. Wij zien de meeste kale stekken in de groepen II en IV met een behandelingsduur van 23 uur of langer.

De dosis groeistof bepaalt verder het voorkomen van rotte punten aan de basis der stekken. Bij de groepen III, V en contrôle vertoonen slechts enkele exemplaren dit afstervingsverschijnsel.

De aanworteling heeft plaats binnen 4 weken, daarna gaat het be- wortelingsproces niet meer verder. Van de contrôlegroepen is alleen bij de dunne stekken een enkel exemplaar geworteld. De behandelde groepen wortelen allemaal, het aanwortelingspercentage wisselt van

ruim 60% bij de optimale behandelingen tot de enkele percenten bij verscheidene andere behandelingen. Bij de dikke stekken is behandeling I optimaal, aanworteling voor 64%; bij de middelmaat is behandeling III optimaal, aanworteling voor 60% (met direct erop volgend behandeling I) en bij de dunne stekken is eveneens behandeling III, met aanworteling voor 66%, optimaal (hier is behandeling I reeds te sterk). Fig. 11 en fig. 10 geven middelmaatstekken weer van de optimale behandeling III en van contrôle. Opmerkelijk is, dat bij de groepen der dikke stekken die, welke hooger uit de eindtwijgen gesneden werden, beter wortelen, bij de optimale behandeling I zelfs voor 100%.

De wortelvorming is basaal, in een heel enkel geval treedt daarnaast een nodale wortel op. Bij de dikke stekken treden er in de behandelingsgroepen I en II en bij de middenmaatstekken alleen in groep I nodale woekeringen, verdikkingen op, waaruit echter nog geen wortels te voorschijn komen.

In het algemeen wordt de basale callusvorming daarentegen door de heteroauxine-behandelingen min of meer geremd, of er treedt zelfs basis-rot op. De basale callusvorming is het krachtigst bij de contrôle-groepen, hierna volgen de zwakkere behandelingen V en III.

Wij achten het niet uitgesloten, dat vroeger in den zomer met deze heester betere resultaten te verkrijgen zijn.

Myrabolaan (Plaat VI).

Een variëteit van *Prunus cerasifera*, welke in de fruitteelt als onderstam gebruikt wordt, werd eveneens met β -indolylazijnzuuroplossing behandeld. Twee van de typen door HATTON onderscheiden, nl. type A en type B, werden voor de proef gebruikt. HATTON geeft aan, dat type B beter door stek, althans door houtstek, te vermenigvuldigen is dan type A.

2 Juli werd stek gesneden uit het basisgedeelte der eenjarige grondscheuten (moerplanten), lengte ± 12 cm.

De volgende behandelingen werden toegepast: (zie tabel pag. 28).

De verdere cultuur geschiedde bij een luchttemperatuur, welke schommelde tusschen 15°C en 25°C en die overdag doorgaans 20°C was. De grondtemperatuur verliep parallel, de uitersten wat afgevlakt.

Bij type A, zowel als bij type B vertoonden in de groepen I, III en V reeds na 14 dagen een aantal stekken opzwellen van het basale deel der stek over 2 à 3 cm, gepaard gaande met longitudinale barsten en begin van wortelvorming. Type A is wat de wortelvorming betreft iets voor bij type B.

Vaak in combinatie met het optreden van bovengenoemde wortelvorming en met verdikkingen van de basis zien wij het afsterven van het basisgedeelte der stek. Deze afsterving is echter vooral talrijk bij

Groep	Conc. groeistof-oplossing in γ per cc	Duur der behandeling	Aantal cc opgenomen per stek	Dosis groeistof per stek in γ
<i>Myrabolaan A</i>				
I	100	6 uur	2,4	240
II	50	24 uur	5,8	290
III	50	14 uur	3,4	170
IV	25	50 uur	12,0	300
V	25	24 uur	4,4	110
VI	0	24 uur	5,2	0
<i>Myrabolaan B</i>				
I	100	6 uur	2,2	220
II	50	24 uur	5,8	290
III	50	14 uur	3,1	155
IV	25	50 uur	8,8	220
V	25	24 uur	5,4	135
VI	0	24 uur	4,8	0

de groepen II, waarbij type A iets gevoeliger lijkt dan type B.

Wanneer wij type A dan eerst alleen nagaan, dan vinden wij na 4 weken de groepen I en V (elk met 1 uitvaller) krachtig geworteld (zie foto van 28 Juli, fig. 13, Pl. VI). De wortels ontspringen in reeksen op het onderste lid van de stek, doch ook wel rond de basale snede. Bij enkele exemplaren komt ook nog hooger aan de stek nodale wortelvorming voor.

De wortelvorming van groep III heeft zich veel minder sterk ontwikkeld, de wortelvorming is hier nog in beginstadium. Groep II is op 1 wortelend exemplaar na, geheel afgestorven onder rottingsverschijnselen aan de basis. Groep IV toont na 4 weken nog geenerlei werking. Ook de contrôle-groep vertoont geen wortelvorming en nagenoeg geen callusvorming (zie foto 28 Juli, fig. 12). 9 September, na ruim 2 maanden, is ook de wortelvorming bij de achterlijke groepen III en IV krachtig. Bij de contrôlegroep blijft de wortelvorming beperkt tot 1 exemplaar, waarbij 1 klein worteltje basaal optreedt.

De wortelvorming van een exemplaar uit groep I wordt weergegeven op de foto van de wortelkruit op 18 September, fig. 14. Een uitgespoelde wortelkruit van een exemplaar van de groep V toont ons een foto op dienzelfden datum, fig. 15.

Het aantal exemplaren per groep bedraagt in deze proef, die nog geheel een oriënteerend karakter draagt, slechts vijf. Het is uit den aard der zaak wat gewaagd hieruit bepaalde conclusies te trekken. Op grond van de groote overeenkomst in de bewortelingen in de overige verschijnselen, getoond door de stekken van één groep, meenen wij niettemin voorloopig het volgende te mogen vaststellen: de normale

wortelvorming heeft plaats aan de basale snede en aan de knoopen. Door de sterke doseering van al onze behandelingen zijn de bases der stekken vaak beschadigd; bij behandeling II sterven de geheele stekken daardoor af. Bovendien wordt de nodale wortelvorming aan de onderste knoopen onderdrukt en treedt deze pas hooger aan de stek op. Maar tevens bewerkt groeistof in deze doseeringen het ontstaan van internodale woekeringen van de schors, waaruit dan weer wortels ontspringen.

Verder zien wij uit het resultaat der verschillende behandelingen, dat niet de dosis per stek de werking van de behandelingen bepaalt. Zeer zeker doet de wijze van toediening er veel toe. De resultaten van de groepen I en V zijn gelijk, de doseeringen zijn zeer verschillend en groep III, die in doseering tusschen beide in ligt, heeft een veel minder gunstig resultaat. Tegenover de 6-urige behandeling van groep I zouden wij zeggen, dat de duur van de behandeling te lang is, maar tegenover groep V moeten wij het minder gunstig resultaat ook toeschrijven aan de hogere concentratie van de oplossing.

De doseering was blijkbaar te hoog bij de behandelingen II en IV. Bij II was de behandeling, duur zoowel als concentratie, absoluut schadelijk, bij IV was de concentratie onschadelijk, doch de lange behandelingsduur bewerkt blijkbaar een vertraagde reactie; ook III geeft tegenover I den indruk van een remming.

Ook bij type B geven de behandelingen van groepen I en V het beste resultaat. De groepen III en IV zijn hier echter weinig slechter. Als wij naar de doseering per stek kijken is dit begrijpelijk, hierin verschillen ze niet of weinig van de gunstigste behandelingen I en V. Dat de uitwerking van IV tegenover die van I minder is, moet, bij gelijke dosis per stek, het gevolg zijn van een zekere remming door de lange behandelingsduur van groep IV, zooals wij die ook bij type A geconstateerd hebben. Type B blijkt minder gevoelig dan type A, er treedt minder vaak rotting aan de basis op. De behandeling II, die bij type A bepaald schadelijk was, veroorzaakt bij type B, bij volkomen gelijke doseering, slechts een vertraging van de wortelvorming en van verschijnselen zooals woekeringen en barsten. Alleen de contrôle vertoont na 4 weken nog geenerlei werking. Op 23 September heeft eindelijk ook 1 exemplaar van de contrôle, 1 basaal ontspringende wortel.

Kwee (Plaat VII en VIII).

Een voorloopige proef, in den zomer genomen met kwee (Anger), toonde aan, dat de normale nodale wortelvorming door voorafgaande groeistofbehandeling van de stek sterk te bevorderen is. Ook voor deze bevordering laat zich weer een optimum dosis vaststellen. Doseeringen daarboven of behandelingen, die weer door den duur der opzuiging

nadeelig werken, onderdrukken die nodale wortelvorming allereerst aan de laagste knoopen. Tegelijk treden er internodale woekeringen van de schors op, waaruit weer wortels kunnen ontspringen, terwijl aan de basissen der stekken afsterving begint op te treden.

24 September werden weer proeven met kwee aangezet en wel met de typen A, B en C, volgens de classificatie van HATTON; zgn. moerplanten leverden het materiaal. De eenjarige scheuten waren bij type A en B twijgen van 1,5 à 2 m. Het vertakte basale gedeelte werd niet voor stek gebruikt. Uit het gedeelte daarboven werden bij A en B vier en bij type C twee stekken van ± 15 cm gesneden. Deze werden gemerkt naar de plaats aan de twijg: van onder naar boven a, b, c en d en gelijkelijk over de behandelingsgroepen verdeeld. Behandelen wij de proeven met de verschillende typen afzonderlijk:

Type A (ongeveer kwee Anger).

Type A is volgens onderzoeken, o.a. van HATTON, door stek te vermenigvuldigen.

Er waren 3 groepen van 20 stekken, welke volgens onderstaand schema met verdunningen van een (14 dagen oude) β -indolylazijnzuuroplossing behandeld werden:

Groep	Conc. groeistofoplossing in γ per cc	Duur der behandeling	Aantal cc opgenomen per stek	Dosis per stek in γ
I	25	48 uur	4,1	103
II	25	24 uur	2,7	68
III	0	24 uur	1,9	0

De luchttemperatuur tijdens de verdere cultuur was $\pm 16^{\circ}\text{C}$, met een minimum van 12°C en een maximum van 20°C . De bodemtemperatuur was $\pm 17,5^{\circ}\text{C}$.

Na 3 weken controleren wij hier de reactie op de behandelingen; de wortelvorming is dan reeds aan den gang. Het aanwortelingspercentage is in de groepen I, II en III respectievelijk 20%, 50% en 20% en 2 weken later, dus na 5 weken, resp. 45%, 60% en 20%. Het aanwortelingsproces zet echter, ook bij de behandelde groepen, daarna niet verder door in verband met het gevorderde seizoen: de stekken laten hun bladeren vallen, gaan in den rusttoestand over. Zij toonen zich in dezen toestand zeer vatbaar voor rottingsverschijnselen aan de basis. Het treedt even sterk op in de contrôlegroep als in de behandelde groepen. Er is verschil in gevoeligheid in dit opzicht tusschen de stekken, gesneden uit het basisgedeelte der twijgen, a en b, en de stekken meer uit het topgedeelte afkomstig, c en d, welke zich ook uit in de manier van wortelen. De „basisstekken” wortelen het eerst, met

wortels ontspringend rond de knopen. De wortelvorming van de topstekken is een wortelvorming uit internodale woekeringen. Deze treedt veel later op dan de nodale wortelvorming bij de basisstekken en uitsluitend bij de behandelde.

Wij zouden ons kunnen voorstellen, dat de behandeling II reeds de nodale wortelvorming onderdrukt, althans remt, bij de gevoeligere topstekken en op deze stekken alleen indirect bevorderend op de wortelvorming werkt, doordat de groeistofoplossing hier internodale woekeringen doet ontstaan, waaruit wortels ontspringen; wellicht ook bezitten de knopen hooger aan de twijgen niet de gemakkelijk tot wortels uitgroeïende wortelbeginsels.

De bijna tweemaal zoo groote doseering van behandeling I doet diezelfde internodale woekeringen ontstaan bij de basisstekken in deze groep. De nodale wortelvorming is hier niet geheel onderdrukt, soms wèl geremd, getuige het inhalen van I op II. Maar daarnaast treedt nu de internodale wortelvorming op uit woekeringen van de schors. Deze begint bij behandeling I eerder dan bij behandeling II. De apicale stekken van behandeling I toonen een hevige afsterving aan de basis, internodale woekeringen vertoonen zich daardoor niet. Wij moeten het laatst genoemde verschijnsel ook als een zwakkere vorm van de pathologische werking van sterke groeistofbehandelingen beschouwen, die zich heviger uit in het doen afsterven van het basisgedeelte der stekken. Misschien dat in een gunstiger tijd van het jaar, wanneer dergelijke celwoekeringen niet zoo gemakkelijk tot rotting overgaan, wij door het opwekken van deze internodale woekeringen het aanwortelingspercentage kunnen verhoogen.

Type C.

Met type C, welke volgens HATTON ook door stek te vermenigvuldigen is, werd op denzelfden datum (24 Sept.) een proef aangezet. Er werden hier slechts 2 stekken uit één twijg gesneden; verder waren er weer 3 groepen, die dezelfde behandelingen als in de proef met type A ondergingen en ook daarna onder dezelfde omstandigheden werden verder gekweekt.

De doseeringen waren als volgt:

Groep	Conc. groeistofoplossing in γ per cc	Duur der behandeling	Aantal cc opgenomen per stek	Dosis per stek in γ
I	25	48 uur	5,2	130
II	25	24 uur	2,8	70
III	0	24 uur	2,4	0

Na 3 weken is hier eveneens de wortelvorming reeds aan den gang. Het aanwortelingspercentage is dan in de groepen I, II en III respec-

tievelijk 10%, 50% en 10% en na 5 weken respectievelijk 70%, 80% en 20%. Hierna houdt het aanwortelingsproces op: het is reeds 31 October, het blad verkleurt en begint af te vallen.

Het begin van wortelvorming, dat bijvoorbeeld de resterende 20% van de behandeling II na 5 weken toont, zet niet door. Ook hier heeft behandeling II beter resultaat dan behandeling I, ofschoon ook in deze proef behandeling I later behandeling II grootendeels inhaalt.

Overigens is er minder onderscheid tusschen de behandeling I en II dan bij type A. De basis- en de topstekken, onmiddellijk aan elkaar grenzend aan de twijg, kwamen in toestand veel meer overeen dan de vier stekken uit één twijg bij type A. De verschillen, die optreden in de reacties op de beide behandelingen, van de basisstekken eenerzijds en de topstekken anderzijds, vervallen grootendeels. Het eenige, wat ook bij type C erop wijst, dat de topstekken gevoeliger zijn dan de basisstekken, is, dat er bij behandeling I meer achterblijvers zijn onder de dunne topstekken, dan onder de basisstekken.

Beide behandelingen wekken schorswoekeringen aan de onderste leden op. Ook hier treden deze internodale woekeringen bij de groep met behandeling I sterker en eerder op dan bij groep II.

Bij type C treedt de wortelvorming uit deze opzwellingen meer op den voorgrond, maar toch ontbreekt nodale wortelvorming niet geheel en speciaal bij de zwakkere dosis (behandeling II), zijn het de nodale wortels, die we het eerst te voorschijn zien komen en die maken, dat behandeling II aanvankelijk voor is bij behandeling I.

Ten slotte wordt hier nog besproken, wat in de proef met kwee type B geconstateerd werd in de drie weken, dat deze stekken gekweekt werden, alvorens ze voor een lage temperatuurbehandeling weer uit den grond genomen werden en in de koelcel gebracht.

Evenals bij de proef met type A hebben wij hier groepen van 20 stekken, verkregen op de boven beschreven wijze.

De proef omvatte de volgende 10 behandelingen:

Groep	Concentratie der groeistofoplossing in γ per cc	Duur der behandeling	Aantal cc opge- nomen per stek	Dosis per stek in γ
I	100	10 uur	1,0	100
II	50	48 uur	3,2	160
III	50	24 uur	2,05	103
IV	50	10 uur	0,95	48
V	25	48 uur	2,85	72
VI	25	24 uur	2,1	53
VII	25	10 uur	0,8	20
VIII	10	72 uur	4,45	44
IX	0	48 uur	2,75	0
X	0	10 uur	0,8	0

De stekdatum en ook de verdere cultuur waren dezelfde als die van type A en C.

Van type B is door HATTON aangegeven, dat ze zich moeilijk laat stekken.

We zien uit de tabel, dat type B in denzelfden tijdsduur een kleinere hoeveelheid oplossing opneemt dan de beide typen A en C. De verkleuring van het blad, gevolgd door bladval, heeft bij dit type al 2 à 3 weken eerder plaats dan bij A en C. De opzuigkracht van deze stekken was daardoor reeds veel geringer op het moment van de behandeling. Type B was al nader tot den rusttoestand dan A en C. De reactie op de behandeling was dan ook gering. Deze bestond na 3 weken uit het optreden van basale opzwellingen, barstjes en woekeringen en hier en daar begin van wortelvorming. Het sterkst hebben gewerkt de behandelingen I, III en V met een dosis van 70-100 γ per stek; dit zijn doseeringen, die overeenkomen met die van de behandelingen in de proeven met type A en C. Ze veroorzaken hier bij type B internodale woekeringen en dan speciaal bij de topstekken. Beneden 70 γ per stek zijn de basale opzwellingen en schorswoekeringen geringer en ze treden op bij een beperkter aantal, terwijl we hierdoor weer juist een allereerste begin van nodale wortelvorming bewerken.

De behandelingen, die internodale woekeringen opwekken, veroorzaken steeds ook een afsterven van de basis van de stekken. Hoe hoger de dosis, des te grooter gedeelte van de stek bruin verkleurt.

Ook hier zien we dus, dat, evenals bij A, internodale woekeringen opgewekt worden door de hogere doses, het allereerst en het sterkst bij de gevoeliger topstekken. Een begin van nodale wortelvorming wordt reeds door veel geringere doseeringen opgewekt, ook weer het eerst bij de gevoeliger topstekken.

Wij hebben in het voorafgaande de proeven beschreven, met die objecten, waarmede min of meer positieve resultaten bereikt werden.

Behalve met de genoemde werden nog proeven ingezet met een tiental andere objecten, waarbij de resultaten geheel negatief waren, of nog zoo onbeteekenend, dat wij er de voorkeur aan geven ze voorloopig nog niet te publiceeren. Geheel of nagenoeg geheel negatieve resultaten gaven bij voorbeeld *Ilex verticillata* en *Cotoneaster salicifolia*. Deze proeven werden in October en November ingezet. Het is mogelijk, dat het vergevorderd seizoen hier een van de oorzaken was, dat positieve resultaten uitbleven. Twee coniferen-soorten, *Tsuga heterophylla* en *Juniperus chinensis Pfitzeriana*, waarmede eveneens in October en November proeven werden ingezet, gaven daarentegen resultaten, die in elk geval wijzen op de mogelijkheid ook met naaldboomen gunstige resultaten te bereiken. Volkomen negatief waren de resultaten met framboos (*Mei*) en *Clematis grandiflora*, „Prins Hendrik”.

Wat nu betreft de positieve resultaten, die wij verkregen, wij verhalen ons geenszins, dat wij tot nu toe nog alleen oriënteerend werk deden.

De wortelvorming van stekken is een regeneratieproces, waarop tal van in- en uitwendige factoren van invloed zijn. In de tuinbouwpraktijk zijn deze factoren aan groote variatie onderworpen. Daardoor is het ongetwijfeld grootendeels te verklaren, dat de mededeelingen der practici betreffende de meerdere of mindere geschiktheid van een plant om zich door stek te laten vermeerderen, zoozeer uiteenloopen. Niet alleen zijn de omstandigheden tijdens het regeneratieproces hier van beteekenis, ook de voorgeschiedenis van de plant, waarvan de stekken gesneden worden, heeft soms grooten invloed.

Met al deze factoren zal men rekening moeten houden, wanneer men wil trachten door toediening van groeistoffen de wortelvorming te bevorderen, respectievelijk mogelijk te maken, bij objecten, waarbij tot nu toe zelden of nooit wortelvorming werd waargenomen. In de eerste plaats zal het noodig zijn zich rekening te geven van de periodiciteit in de ontwikkeling der proefplanten en na te gaan, op welk tijdstip de behandeling het meeste kans van succes heeft. Direct hiermede samenhangend is de vraag naar de meerdere of mindere geschiktheid van verschillende deelen van eenzelfde plant zich door stekken, al dan niet behandeld, te laten vermenigvuldigen. Onder onze proefplanten toonden bijvoorbeeld *Stranvaesia*, *Olearia* en *Kwee* in dit opzicht verschillen, die — zoowel theoretisch als practisch — interessant zijn. Ook bij *Tsuga heterophylla* deden wij hieromtrent waarnemingen, waarop wij later terug hopen te komen.

Wat nu de behandeling met β -indolylazijnzuur zelf betreft, het meest in het oog vallende resultaat van de hier gepubliceerde waarnemingen is o.i. wel, dat de optimale dosis voor de verschillende proefobjecten blijkbaar zeer sterk uiteen loopt. Terwijl bij *Olearia Haastii* de zwakste door ons gegeven dosis (18 γ per stek) het beste resultaat gaf, vonden wij als optimale dosis bij *Pyracantha crenulata* 45 γ à 60 γ en bij *Wisteria sinensis* lag deze zelfs boven de 100 γ . Het is wel duidelijk, dat hier, behalve physiologische eigenschappen ook meer uitwendige factoren (afmetingen van de stek, van de bladeren daaraan, enz.) een groote rol spelen. In enkele gevallen bleek duidelijk, dat het niet alleen de dosis is, die de werking bepaalt, maar ook de wijze waarop deze wordt toegediend. Zoo bleek bijv. bij *Olearia Haastii*, dat een dosis van 32 γ , in 51 uur opgenomen, veel minder gunstig werkte, dan een dosis van 35 γ , in 28 uur opgenomen.

Bij *Myrabolaan B* gaf een dosis van 220 γ , in 6 uur opgenomen, betere resultaten dan eenzelfde dosis, in 50 uur opgenomen. Het zal dus noodzakelijk zijn bij ieder nieuw object, waarvoor men de optimale behandeling wil bepalen, zoowel de concentratie van de oplossing als de

duur van de opzuiging te varieeren. Dit op eenigszins uitgebreide schaal te doen stuit veelal op groote bezwaren. In de eerste plaats is het dikwijls moeilijk goed vergelijkbaar stekmateriaal in voldoende hoeveelheid (bijv. 100 en 200 ex.) te verkrijgen; in de tweede plaats is de ruimte, die te onzer beschikking staat, nog niet groot genoeg, om gelijktijdig uitgebreide proeven met een groot aantal objecten te nemen. Wat het eerste punt betreft hopen wij in de toekomst vooral op de medewerking der practici. Veel dank zijn wij in dit opzicht reeds verschuldigd aan den heer A. E. SCHIPHORST te Wageningen.

In het algemeen is het wel onze indruk, dat een langdurige behandeling minder gunstige resultaten geeft, zoodat wij ons kunnen beperken tot bijv. twee of drie verschillende opzuigtijden, met een maximum van 24 uur. Passen wij dan drie concentraties toe, plus een contrôlegroep, dan krijgen wij toch nog 8 à 12 groepen van stekken, zoodat voor een proef, waarbij per behandeling 10 à 12 stekken genomen worden, zeker 100 à 150 stekken noodig zijn. Willen wij — zooals in onze bedoeling ligt — in het onderzoek ook andere stoffen betrekken, in de eerste plaats α -naphthaleenazijnzuur, dan neemt het daarvoor noodige stekmateriaal nog weer toe.

Het is duidelijk, dat dit onderzoek — dat, zooals in den aanhef gezegd werd, in de eerste plaats ten doel heeft, na te gaan in hoeverre de toepassing van groeistoffen ook voor den Nederlandschen tuinbouw nut kan afwerpen — zich op deze wijze sterk in de breedte uitbreidt. Het kan echter niet uitblijven of men stuit in den loop van het onderzoek op vragen, die het noodzakelijk maken, ook meer naar de diepte te werken, waarbij voortdurend contact gehouden dient te worden met de resultaten van het zuiver theoretische groeistof-onderzoek, zooals dit in een bijna benauwendend stroom van publicaties tot uiting komt.

In de eerste plaats dient aandacht besteed te worden aan de wijze, waarop de groeistoffen bij de verschillende behandelingen op de stekken inwerken en den invloed, die andere in- en uitwendige factoren op de reacties der stekken uitoefenen. In het algemeen genomen krijgen wij den indruk, dat de werking van β -indolylazijnzuur kan bestaan in:

a. versnelling en versterking van de „normale” wortelvorming der stekken, d.w.z. van dat type van wortelvorming, dat zonder bijzondere kunstgrepen optreedt, dus bijv. van de nodale wortelvorming bij *Pyraecantha crenulata* en *Kwee* of van de basale bij *Olearia Haastii*;

b. in het opwekken van andere typen van wortelvorming naast de normale, bijv. van internodale by *Pyraecantha* en van nodale bij *Olearia Haastii*. Dat de grens tusschen hetgeen als „normaal” en „niet-normaal” te beschouwen is, hier niet scherp te trekken is, spreekt vrijwel vanzelf. Vooral bij toepassing van de zwakkere doses nemen wij veelal alleen een versterking van de normale wortelvorming waar. Deze versterking kan dan tevens de optimale behandeling vormen, doordat

— zooals wij waarnamen — voor het opwekken van een ander type van wortelvorming zoo hooge doses noodig zijn, dat daarmede tevens de grens wordt overschreden, waarbij het β -indolylazijnzuur schadelijk gaat werken. In het algemeen zien wij, dat het opwekken van de minder-normale (of „extra”) wortelvorming door de krachtigere behandelingen, gepaard gaat met verschijnselen (opzwellingen, weefselwoekeringen enz.) die licht een pathologisch karakter aannemen. Dien-tengevolge loopen wij hier spoedig de kans, ondanks de versterking van de wortelvorming, het optimum te overschrijden, doordat verschijnselen van rotting en afsterving optreden, die de gunstige resultaten weer te niet doen.

Het is noodzakelijk, dat al deze verschijnselen aan eenige objecten nauwkeurig bestudeerd worden, zoodat wij een beter inzicht krijgen in de reacties der stekken.

Zooals in het literatuuroverzicht reeds vermeld werd, is in den laatsten tijd gebleken, dat verschillende andere organische verbindingen eveneens de wortelvorming van stekken bevorderen, zoo bijv. het reeds genoemde α -naphthaleenazijnzuur. Het is zeker gewenscht, dat ook een of meer van deze stoffen in het onderzoek betrokken worden, teneinde voor ieder object vast te stellen, welke behandeling de beste en meest economische resultaten geeft. Tenslotte dient er op gewezen te worden, dat de handel zich reeds van dit gebied — waar o.i. alles nog geheel in stadium van onderzoek bevindt — begint meester te maken en onder fancy-namen stoffen van onbekende samenstelling op de markt brengt „for the stimulation and acceleration of root production”. Het lijkt ons gewenscht, ook aan deze stoffen bij ons verder onderzoek eenige aandacht te besteden, opdat wij, zoo noodig, de kweekers van advies zullen kunnen dienen.

STIMULATION OF THE ROOTING OF CUTTINGS BY GROWTH SUBSTANCES

SUMMARY

Our investigation, in which β -indolylacetic acid was used throughout, includes three series of experiments:

a. Application by the paste-method (LAIBACH), on cuttings of several apple varieties.

b. Continuous absorption of solutions from little cups attached to the base of the cutting, the cuttings being set during the process in a rooting mixture of sand and peat. Woody cuttings of apple, myrobolan and Wisteria were used. The results of both these series of experiments were quite negative.

c. In this series the method worked out at the Boyce Thompson Institute was followed, the basal ends of the cuttings being placed in solutions of β -indolylacetic acid. Dilutions with tap water were made from a standard stock solution, 10 mg per 100 cc of distilled water. This solution was prepared by dissolving the hetero-auxin in a few drops of 96 per cent ethyl alcohol and then adding the distilled water. The aim was to discover the optimal treatment in each case by varying both the concentration of the solution and the duration of the treatment.

As a rule solutions were used containing 100, 50, 25 and 10 γ per cc. For these experiments species of plants were chosen, the propagation of which by cuttings without special treatment, though not wholly impossible, was known to be often very troublesome in practice. It was thought that if in these cases positive results were obtained, the experience gained might perhaps enable us to apply the method to more recalcitrant objects.

The method adopted by us was as follows: — The lower leaves of the cuttings (sometimes also small side branches) were removed. They were then made into bundles (varying from 5 to 30 cuttings), which were placed in a certain quantity (50 to 150 cc) of the solutions of different concentrations or in the same quantity of tap water (control groups).

During absorption the basal parts, 2 to 4 cm, were immersed in the liquid. After remaining in the solution for the period required (6 to 72 hours) the cuttings were washed and planted in small boxes filled with a mixture of sand and peat (1 : 1). The amount absorbed by the cuttings was measured. The boxes were placed in a glass-house in propagation frames. During sunny weather cheesecloth was placed over the cuttings, especially at the beginning of the experiment. Regular sprinkling was necessary to prevent flagging, but excessive humidity was avoided, since it might have caused decay of the basal parts of the cuttings.

There is in the literature on the subject no unanimity as to the stability of the hetero-auxin solutions. In our experiments the stock-solution was as a rule prepared 1 to 5 days before use. Only in one case, with *Daphne Laureola* L., the stock-solution was 17 days old. Nevertheless the result of the treatment was here most favourable. This fact is in accordance with the experience of Prof. KÖEL, who had the kindness to inform us, that in his laboratory solutions of β -indolylacetic acid were used for weeks as stock-solution without showing much decrease of activity. This does not alter the fact, that in general it may be best to use freshly prepared stock-solutions, especially when the aim is to determine the optimal concentration and duration of treatment.

Wisteria sinensis SWEET (Pl. I and II).

On July 1st leafy shoots were treated as follows:

Group	I,	100 γ ,	12 hours,	average dose:	120 γ
"	II,	50 γ ,	48 "	" "	135 γ
"	III,	50 γ ,	24 "	" "	70 γ
"	IV,	25 γ ,	48 "	" "	67,5 γ
"	V,	0 γ ,	48 "	control	

The temperature of the air and of the rooting medium during root formation was $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

In groups I, III and IV 100% of the cuttings had rooted within 8 weeks, this percentage being reached in group I within 4 weeks. In group V (control) only one specimen had rooted at the end of 8 weeks; in group II 80%, but there the root formation of the specimens was very unequal.

As to the type of rooting, the normal type in *Wisteria* is a basal root formation. The smaller doses (groups III and IV) sufficed to stimulate this. The higher doses (groups I and II) also caused strong root formation but induced at the same time more or less pathological swellings of the bark. In particular the treatment of group II was too strong, and here decay of some of the cuttings was noticeable. This treatment was evidently less favourable than that of group I.

Pyracantha crenulata ROEM. (Pl. III and IV).

On Sept. 11th ten groups of leafy shoots, each of 16 specimens, were treated as follows:

Group	I,	100 γ ,	9 hours,	average dose:	40 γ
"	II,	100 γ ,	20 "	" "	110 γ
"	III,	50 γ ,	9 "	" "	40 γ
"	IV,	50 γ ,	20 "	" "	60 γ
"	V,	50 γ ,	32 "	" "	100 γ
"	VI,	25 γ ,	9 "	" "	15 γ
"	VII,	25 γ ,	20 "	" "	28 γ
"	VIII,	25 γ ,	32 "	" "	50 γ
"	IX,	water,	9 "	control	
"	X,	water,	32 "	control	

Air temperature during root formation was $\pm 15^{\circ}\text{C}$ and that of the rooting medium 1 or 2 degrees higher.

In groups I, II, IV, V and VIII 100% of the cuttings, and in groups III, VI and VII 75% of the cuttings had rooted in 3 to 5 weeks; whereas only one specimen had rooted in each of the control groups, IX and X.

Two types of root formation are to be observed: 1. A nodal root formation, which must be considered as a formation de novo, since no root germs are to be found in this plant. A dose of 15 γ per cutting (group VI) sufficed to stimulate this formation. 2. In the case of higher doses roots may be seen emerging from internodal swellings of the bark tissue.

The optimal treatments of groups I, IV and VIII induce both types of root formation. These higher concentrations stimulate the internodal root formation of the basal part of the cutting; at the same time the development of nodal roots is retarded or suppressed in this region and they only appear higher up on the cutting.

In groups II and V proliferations of the bark tissue are visible and these must be considered as a symptom of the pathological action of β -indolylacetic acid when applied in excessive doses. In these groups this symptom only

appears in regions of the stem higher up, while the basal nodes of the cuttings show symptoms of decay.

In a further experiment with *Pyracantha coccinea* ROEM., a month later, 20 hours treatments with 50 γ per cc and with 25 γ per cc, were applied.

The pathological action of β -indolylacetic acid was quickly apparent as the result of these smaller doses, and the cuttings absorbed during the same length of exposure only half the amounts taken up by of *Pyracantha crenulata* in the preceding experiment.

Treatment with 25 γ for 20 hours, resulting in an average dose of 14 γ , appears to be optimal and stimulates nodal root formation. Treatment with 50 γ for 20 hours (average dose 30 γ) has an injurious effect: the cuttings show decay of the base and at the same time nodal root formation from the lower nodes is suppressed. Internodal swelling of the bark combined with root formation is not induced by these lower doses.

Evidently *Pyracantha coccinea* is particularly prone to these injurious effects of the treatment. Moreover, it must be remembered that the experiment took place a month later than the preceding one and that possibly the state of the wood tissue affects results. The importance of this factor is also indicated by a test with *Pyracantha coccinea* ROEM. var. *Lalandii* DRPP. Cuttings taken from the apical parts of the one-year-old twigs showed a stronger stimulation of root formation by heteroauxin than did cuttings taken from the basal part of the twigs the latter showing symptoms of decay.

Olearia Haastii Hook. f.

On November 11th cuttings were treated as follows:

Group	I,	100 γ	for 28 hours,	average dose: 80 γ
"	II,	50 γ	" 28 "	" " 35 γ
"	III,	25 γ	" 51 "	" " 32 γ
"	IV,	25 γ	" 28 "	" " 18 γ
"	V,	water	" 28 "	control

The temperature of the air during root formation was initially $\pm 15^{\circ}$ C, that of the rooting medium $\pm 18^{\circ}$ C, later on falling two degrees in both cases.

Five weeks after treatment the rooting percentage of the groups treated with β -indolylacetic acid had reached 50% or more, with a maximum of 80% in group IV. In group V, control, 30% of the specimens had rooted. From this date no further rooting took place, the cuttings having passed into dormancy.

We may conclude from the fact that group IV, which received the weakest treatment, shows the best result, that *Olearia Haastii* is very sensitive. In this group some of the cuttings taken from the thicker and stronger apical shoots rooted, whereas in the other groups only cuttings taken from lateral shoots showed root formation. Apparently the state of the cuttings influences the sensitivity and consequently the possibility of stimulating root formation by hetero-auxin. The cuttings of group V, control, rooted only at the base.

The root formation of group IV was basal too, the roots emerging immediately above or apparently from the callus at the basal end of the cutting.

Nodal root formation was observed within 3 weeks in the group subjected to the strongest treatment, i.e. group I, and after 5 weeks in group III. In groups I and II basal and nodal swelling appeared, and corresponding with this a rotting of the base of the cutting. No roots emerged from this pathological bark tissue.

From these facts it may be concluded that very low doses of β -indolylacetic acid suffice to stimulate normal basal root formation. Greater doses are wanted

to induce nodal root formation; thus treatment III with a dose lower than that of treatment I, is less effective in this respect. The appearance of swelling of the bark tissue and the decay of the base of the cuttings points to a pathological action of β -indolylacetic acid at these higher concentrations.

Daphne laureola L. (Plate IV and V).

On November 9th, 1936, cuttings were taken and treated with β -indolylacetic acid solutions containing 100 γ , 50 γ , 25 γ and 0 γ (control), per cc, for 24 and for 48 hours. Most of the cuttings were apical shoots, while some consisted of the basal part of one-year-old shoots.

A strong basal callus formation appeared very soon in the groups treated with hetero-auxin, and 4 weeks after treatment roots emerged from this callus. In group I which received the greatest dose, 100 γ for 24 hours, 50% of the cuttings rooted within 5 weeks. Twelve weeks after treatment all the cuttings of the three groups which had received the largest doses had rooted; in group IV, treated with 25 γ per cc, 70 per cent of the cuttings had rooted. In March 1937 some of the control group cuttings showed also basal root formation. In the groups, which had been treated with the highest concentrations of β -indolylacetic acid, 100 γ and 50 γ per cc, a swelling of the bark tissue was apparent on the basal portions of some cuttings. No development of roots from these proliferations was observed.

Stranvaesia Davidiana DECNE (Pl. V).

In a test with this plant, begun on October 29th, cuttings were taken from apical shoots, from the thickest lateral shoots, marked „thick cuttings”, and from thinner lateral shoots, „medium size”, and „thin” cuttings, differing from each other in diameter only. These three types of cuttings, all treated for the same lengths of time, absorbed quite different quantities of the β -indolylacetic acid solutions. The concentration of the solutions ranged from 25 to 100 γ heteroauxin per cc, the duration of the treatments from 15 to 48 hours.

Root formation took place within 4 weeks but did not proceed after that period. In the groups of the „thick” cuttings, treatment I, 100 γ for 15 hours, proved to be optimal (rooting percentage 64%); for the „medium size” cuttings treatment III, 50 γ for 17 hours was optimal (rooting percentage 60%), as also for the „thin” cuttings (rooting percentage 66%). For the „medium size” cuttings treatment I was nearly as effective but for the „thin” cuttings it was too strong. In the control groups only one specimen of the „thin” cuttings rooted. Fig. 10 and fig. 11 on Plate V show „medium size” cuttings, 7 weeks after treatment: cf. control group and group III.

The thick cuttings rooted better when taken from regions of the shoots higher up — in group I 100% of these cuttings rooted — than when taken from the basal portion of the shoots.

Root formation was nearly always basal, very rarely nodal.

The cuttings, which absorbed the highest doses, showed swelling of the bark tissue at the nodes, from which, however, no roots emerged.

Basal callus formation was strongest in the control groups, followed by those submitted to the weaker treatments, namely, V, 25 γ for 16 or 18 hours, and III, 50 γ for 15 or 17 hours. In consequence of great humidity of the rooting mixture for several days, much basal decay appeared; this was most pronounced in the treatments with the highest doses: I, II and IV.

Myrobolan (Prunus cerasifera EHRH.) Pl. VI.

Using two of the types indicated by HATTON as type A and type B, experiments were started on July 2nd with cuttings taken from leafy shoots. Treatment was as follows:

Type A.

group	I,	100 γ	for	6 hours,	average dose:	240 γ
„	II,	50 γ	„	24 „	„	290 γ
„	III,	50 γ	„	14 „	„	170 γ
„	IV,	25 γ	„	50 „	„	300 γ
„	V,	25 γ	„	24 „	„	110 γ
„	VI,	water	„	24 „	„	control

A fortnight after treatment marked swelling of the bark of the lower internodes of the cuttings was noticeable in groups I, III and V, with here and there a beginning of root formation. In groups I and V all the cuttings, except one, had rooted strongly within 4 weeks. Root development in group III was much less. In group II a fortnight after treatment very heavy decay of the bases of the cuttings was already noticeable and within 4 weeks all cuttings except one were dead. Neither group IV nor group VI (control) showed any effects of treatment at this point.

On September 9th, a good two months after treatment, groups III and IV had also rooted strongly. In the control group one specimen alone showed one root.

Normal root formation took place at the basal cut and on the nodes. The high doses, even of the most successful treatments I and V, inhibited root formation on the lower nodes, nodal roots appearing only higher up on the cutting. In the basal region of the cuttings, the β -indolylacetic acid treatments caused a pathological swelling of the bark, from which roots emerged, on the other hand the basal ends of the cuttings often showed decay at the same time. In group II, with the strongest treatment, this feature was particularly noticeable. Group III and group IV showed delayed reaction. In group IV the inhibiting effect was due to the long duration of the period of treatment, whereas in group III, in comparison with treatments I and V, this effect must be ascribed to injury caused by the combination of high concentration and too long a period of treatment.

Type B.

This type was treated in the same way as type A:

group	I,	100 γ	for	6 hours,	average dose:	220 γ
„	II,	50 γ	„	24 „	„	290 γ
„	III,	50 γ	„	14 „	„	155 γ
„	IV,	25 γ	„	50 „	„	220 γ
„	V,	25 γ	„	24 „	„	135 γ
„	VI,	water	„	24 „	„	control

Here too treatments I and V proved the best, though in this case treatments III and IV were nearly as good. This was primarily due to the size of the doses given, which in the tests with type B — but not with type A — differed little or not at all from those of the optimal treatments I and V.

But also type B is obviously less sensitive to β -indolylacetic acid. Treatment II was much less injurious. This treatment caused a delay in the appearance of the swelling of the bark tissue and in the root formation from it. The same

delayed effect, though less, was observed in treatment IV. Here the dose was the same as that in treatment I; hence the retarding effect must have been due in this case to the long duration of the treatment. Type B was throughout slower in root formation than type A. Here also one cutting of the control group had rooted twelve weeks after treatment.

Quince (Cydonia oblonga MILL.). Pl. VII and VIII.

Experiments were started on Sept. 25th with three of the quince types distinguished by Hatton, namely A, B and C.

In each of types A and B one-year-old shoots were divided into 4 cuttings of 15 cm, marked from base to top: „a”, „b”, „c” and „d”. Type C yielded only two cuttings from each shoot.

Type A was treated as follows:

group	I,	25 γ for 48 hours,	average dose:	103 γ
„	II,	25 γ „ 24 „	„	68 γ
„	III,	water „ 24 „	„	control

Root formation three weeks after treatment amounted in groups I, II and III, to 20%, 50% and 20%, and 5 weeks after treatment to 45%, 60% and 20%. The lateness of the season prevented higher percentages. The want of activity in the cuttings was also apparent from the great susceptibility to rotting of the bases.

The basal cuttings „a” and „b” of group II showed normal but earlier root formation; in the „a” and „b” cuttings of group I this root formation was less advanced. In the apical cuttings nodal root formation was already suppressed as the result of treatment II (perhaps these cuttings do not possess root germs). In the same cuttings „c” and „d” this treatment induced a pathological swelling of the bark, from which roots emerged. Treatment I, with a dose nearly twice as high as that of treatment II, caused these same pathological swelling and root formation in the group of the basal cuttings. In the apical cuttings treatment I was much more injurious, the cuttings dying off at the base.

Type C, treatment as follows:

group	I,	25 γ for 48 hours,	average dose:	130 γ
„	II,	25 γ „ 24 „	„	70 γ
„	III,	water „ 24 „	„	control

Three weeks after treatment root formation had started.

In groups I, II and III the rooting percentage was 10%, 50% and 10% respectively, and after 5 weeks 70%, 80% and 20%. The cuttings had now become dormant and no further rooting took place. In this experiment no differences were observed in the reaction of the cuttings taken from one shoot. There were only two cuttings per twig and these corresponded with each other in condition and consequently in sensibility to favourable and injurious effects of hetero-auxin.

The root formation from internodal intumescences was more pronounced in type C. Nodal root formation was, however, not entirely absent and particularly in the weaker treatment II at first only these nodal roots could be seen, hence at the outset treatment II was in advance of treatment I.

Type B.

Cuttings of this type of quince were treated on Sept. 25th as follows:

group	I,	100 γ	for 10 hours,	average dose:	100 γ
"	II,	50 γ	" 48 "	" "	160 γ
"	III,	50 γ	" 24 "	" "	103 γ
"	IV,	50 γ	" 10 "	" "	48 γ
"	V,	25 γ	" 48 "	" "	72 γ
"	VI,	25 γ	" 24 "	" "	53 γ
"	VII,	25 γ	" 10 "	" "	20 γ
"	VIII,	10 γ	" 72 "	" "	44 γ
"	IX,	water	" 48 "	" "	control
"	X,	water	" 10 "	" "	control

In contrast to types A and C, type B was on this date already in a state of reduced activity. The cuttings, therefore, absorbed less during treatment, a fact which entailed diminished reaction to the treatments.

In groups I, III and V internodal proliferations appeared, particularly on the apical cuttings „c" and „d". Decay of the bases could be observed in groups where high doses were given. When the average dose was less than 70 γ , nodal roots began to appear, whereas basal swelling and overgrowth of callus were less noticeable.

In addition to the above-mentioned experiments, which gave positive results, trials were also started with some ten other plants. Here results were insignificant or quite negative, as for instance in the case of *Ilex verticillata* and *Cotoneaster salicifolia*. In both these cases the lack of positive results may have been due to the advanced season (October, November). Experiments with *Tsuga heterophylla* and *Juniperus chinensis Pfitzeriana* point to the fact that good results may also be obtained with conifers.

Generally speaking we must emphasize the more or less preliminary character of the research work described in this publication. Root formation in cuttings is a process of regeneration, which is influenced by a number of interior and exterior conditions. In practice these conditions are subject to great variation. No doubt this is one of the causes why nurserymen so often disagree as to the ease of propagating particular plants by cuttings. Not only the conditions prevailing during the regeneration process, but also the history of the plant, from which the cuttings are taken, may be of great influence.

In the application of growth substances for promoting the root development of cuttings (especially in species where it is almost impossible to obtain rooting without special treatment) it is of primary importance to study the periodical development of the plant in order to find the moment at which treatment may be most effective. The differences in rooting capacity shown by different parts of the plant, with or without special treatment, are directly connected with this periodicity. Among our experimental plants *Stranvaesia*, *Olearia* and Quince showed such differences.

As regards treatment with β -indole-acetic-acid, it appears from the above published results that the optimal dose varied greatly. In some cases we found that it is not only the dose, which determines the effect, but also the way in which it is administered. Thus it appeared that in *Olearia Haastii* a dose of 32 γ , absorbed in 51 hours, was less effective than a dose of 35 γ , absorbed in 28 hours. In Mirabolan B a dose of 220 γ in 6 hours gave better results than the same dose in 50 hours. Consequently, in determining the optimal treatment for a given object, it is necessary to vary both the concentration and the time of absorption. In general we may say that 100-200 specimens are necessary for a conclusive experiment.

On the whole it seems that the results of long exposures are not very favourable, and in future we intend, therefore, to restrict ourselves to two or three lengths of exposure, with a maximum of 24 hours. In testing three concentrations and a test group, 8 or 12 groups of cuttings are used in each experiment. If the investigation is extended to embrace other substances, e.g. α -naphthalene-acetic-acid, even more material is wanted. In this way, however, the investigation will cover an ever broader field, without penetrating deeper into the problems, which is necessary and in which it is desirable to keep into touch with the results of theoretical work on the phytohormones.

One of the first problems arising here is the way in which the growth substances act upon the cuttings, and the influence exerted by other conditions on the reactions of the cuttings.

Generally speaking we may say that the effect of β -indole-acetic-acid may be shown in the following ways:

a. Accelerating and strengthening the „normal” root formation of the cuttings, i.e. that type of root formation which occurs without special treatment, e.g. the nodal root formation of *Pyracantha crenulata* and Quince or the basal one of *Olearia Haastii*.

b. stimulating other types of root formation besides the normal, for instance internodal in *Pyracantha* or nodal in *Olearia Haastii*. It stands to reason that no clear-cut line can be drawn between „normal” and „not normal”.

Often after the application of small doses only a strengthening of the normal root formation is observed. This strengthening may, however, correspond with the optimal treatment, as, for instance, in cases where for stimulating other types of root formation such high doses are wanted, as will cause injurious effects.

It is a general observation that the stimulation of abnormal types of root formation in consequence of heavier treatments is often combined with phenomena, that are apt to assume a pathological character (intumescences, morbid growths of tissues etc.).

Owing to this an increase in root formation may easily be thwarted by the dying off and the decay of the basal parts of the cuttings.

For a better understanding of the reaction of the cuttings a more detailed study of these phenomena is essential.

As mentioned above (review of literature), other organic substances are also found to have a stimulating effect on root formation, e.g. α -naphthalene-acetic-acid. It is intended to include these substances also in the investigation in order to establish the optimal treatment for each special object.

Finally, it may be pointed out that products of unknown composition are on the market „for the stimulation and acceleration of root production”. Attention will have to be paid to these products, too, in future investigation, so that advice, if wanted, may be given to the nurserymen.

LITERATUUR

- BOUILLENNE, R. et F. W. WENT, 1933; Recherches expérimentales sur la néoformation des racines dans les plantules et les boutures des plantes supérieures (Substances formatrices de racines). Ann. du Jardin Bot. de Buitenzorg, Vol. 43.
- COOPER, WILLIAM C., 1935; Hormones in relation to rootformation on stem cuttings. Plant Physiology, 10.
- FISCHNICH, O., 1935; Über den Einfluss von β -indolylessigsäure auf die Blattbewegungen und die Adventivwurzelbildung von Coleus. Planta, Bd. 24, Heft 4.
- GOUWENTAK, CORNELIA A., und G. HELLINGA, 1935; Beobachtungen über Wurzelbildung. Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool, Dl. 39, No. 6.
- HAAGEN SMIT, A. J., 1935; Auxinen. Handelingen XXVe Ned. Natuur- en Geneeskundig Congres.
- HABERLANDT, G., 1913; Zur Physiologie der Zellteilung, I. Sitz. Ber. Akad. d. Wiss. Berlin.
- HABERLANDT, G., 1914; Zur Physiologie der Zellteilung, II. Sitz. Ber. Akad. d. Wiss. Berlin.
- HABERLANDT, G., 1921; Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. Beitr. z. Alg. Bot. 2.
- HITCHCOCK, A. E., 1935; Indole-3n-propionic acid as a growth hormone and the quantitative measurement. Contrib. Boyce Thompson Inst. Vol. 7, No. 1.
- HITCHCOCK, A. E. and P. W. ZIMMERMAN, 1935; Absorption and movement of synthetic growth substances from soil as indicated by the responses of aerial parts. Contrib. Boyce Thompson Inst., Vol. 7, No. 4.
- HITCHCOCK, A. E. and P. W. ZIMMERMAN, 1936; Effect of growth substances on the rooting response of cuttings. Contrib. Boyce Thompson Inst., Vol. 8, No. 1.
- JOST, L., 1935; Über Wuchsstoffe. Ztschr. f. Bot., Bd. 28.
- JOST, L. und ELISABETH REISZ, 1936; Zur Physiologie der Wuchsstoffe II. Ztschr. f. Bot., Bd. 30.
- KÖGL, F., A. J. HAAGEN SMIT und H. ERKLEBEN, 1933; Über ein Phytohormon der Zellstreckung. Reindarstellung des Auxins aus menschlichen Harn. 4. Mitt. über pflanzliche Wachstumsstoffe. Hoppe-Seyler's Ztschr. Physiol. Chem. 214.
- KÖGL, F., A. J. HAAGEN SMIT und H. ERKLEBEN, 1934; Über ein neues Auxin („Hetero-auxin“) aus Harn. 11. Mitt. über pflanzliche Wachstumsstoffe. Hoppe-Seyler's Ztschr. Physiol. Chem. 228.
- LAIBACH, F., 1933; Versuche mit Wuchsstoffpaste. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. LI, Heft 9, Jahrg. 1933.
- LAIBACH, F., 1934; Zum Wuchsstoffproblem. Der Züchter, Jahrg. 6, Heft 3.
- LAIBACH, F., A. MÜLLER und W. SCHÄFER, 1934; Über wurzelbildende Stoffe. Die Naturwissenschaften, Jahrg. 22, Heft 35.
- LAIBACH, F., 1935; Über die Auslösung von Kallus- und Wurzelbildung durch β -indolylessigsäure. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. LIII, Heft 3, Jahrg. 1935.
- LAIBACH, F. und O. FISCHNICH, 1935; Künstliche Wurzelneubildung mittels Wuchsstoffpaste. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. LIII, Heft 5, Jahrg. 1935.
- LAIBACH, F. und R. LOTZ, 1936; Methodisches zur Wuchsstoffuntersuchung. Biochem. Ztschr. Bd. 288, Heft 3-4.
- LEK, H. A. A. VAN DER, 1925; Over de wortelvorming van houtige stekken (with a summary in English). Med. van het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt, No. 1 (Med. van de Landbouwhoogeschool te Wageningen, 28).

- OVERBEEK, J. VAN, 1933; Wuchsstoff, Lichtwachstumsreaktion und Phototropismus bei *Raphanus*. Rec. Trav. Bot. néerl., Vol. XXX, Livr. 2-4.
- SACHS, J., 1880; Stoff und Form der Pflanzenorgane I. Arb. Bot. Inst. Würzburg, 2 (Gesammelte Abhandl. XLII).
- THIMANN, K. V. en F. W. WENT, 1934; On the chemical nature of the root-forming hormone. Proc. Kon. Ak. Amst., Vol. 37, No. 7.
- THIMANN, K. V. and J. B. KOEPFLI, 1935; Identity of the growth promoting and rootforming substances of plants. Nature, Vol. 135.
- TINCKER, M. A. H., 1936; Experiments with growth substances or hormones, and the rooting of cuttings. Journ. R. Hort. Soc., Vol. LXI, Part 12.
- WENT, F. A. C., 1930; Über wurzelbildende Substanzen bei *Bryophyllum calicinum* Salisb. Ztschr. f. Bot., Bd. 23.
- WENT, F. W., 1928; Wuchsstoff und Wachstum. Rec. Trav. Bot. néerl., Vol. XXV.
- WENT, F. W., 1929; On a substance causing root formation. Proc. Kon. Ak. Amst., Vol. 32, No. 1.
- WEY, H. G. VAN DER, 1932; Der Mechanismus des Wuchsstoff-transportes. Rec. Trav. Bot. néerl., Vol. XXIX.
- ZIMMERMAN, P. W., and FRANK WILCOXON, 1935; Several chemical growth substances which cause initiation of roots and other responses in plants. Contrib. Boyce Thompson Inst., Vol. 17, No. 3.

VERKLARING DER FIGUREN

Opmerking: Alle stekken werden na de behandeling geplaatst in zand en turfmoelm.

PLAAT I

- Fig. 1. *Wisteria sinensis* SWEET. Eenjarige scheuten, 1 en 2 Juli gedurende 48 uur in water geplaatst: contrôle, groep V. Foto van 10 Augustus 1936.
- Fig. 2. *Wisteria sinensis* SWEET. Eenjarige scheuten op 1 Juli behandeld met een oplossing van 100 γ β -indolylazijnzuur per cc, gedurende 12 uur: groep I. Toestand na 6 weken, foto van 10 Augustus 1936.

PLAAT II

- Fig. 3 en 4. *Wisteria sinensis* SWEET. Dezelfde groepen op 29 Augustus 1936: fig. 3, contrôle groep; fig. 4, groep I, behandeling 100 γ 12 uur.

PLAAT III

- Fig. 5. *Pyraecantha crenulata* ROEM. Eenjarige scheuten op 11 September behandeld met een oplossing van 100 γ β -indolylazijnzuur per cc gedurende 9 uur: groep I. Toestand na 4,5 week, foto van 13 October 1936. 100 % is geworteld, gelijkmatig krachtig; wortelvorming op de onderste leden uit internodale woekeringen, hooger op nadaal.
- Fig. 6. *Pyraecantha crenulata* ROEM. Eenjarige scheuten op 11 September gedurende 9 uur in water geplaatst, groep IX. Foto van 13 October 1936.

PLAAT IV

- Fig. 7. *Pyraecantha crenulata* ROEM. Eenjarige scheuten op 11 September behandeld met een oplossing van 25 γ β -indolylazijnzuur per cc, gedurende 9 uur: groep VI. Toestand na 8 weken, foto van 6 November 1936. Nodale wortelvorming.
- Fig. 8. *Daphne laureola* L. Twijgtoppen op 9 November 1936 behandeld met een oplossing van 100 γ β -indolylazijnzuur per cc, gedurende 24 uur. Foto van 4 Februari 1937. De afbeelding toont de basale callusvorming en wortels die uit het callus zelf of onmiddellijk daarboven ontspringen.

PLAAT V

- Fig. 9. *Daphne laureola* L. Twijgtoppen op 9 November 1936 behandeld met een oplossing van 100 γ β -indolylazijnzuur per cc, gedurende 24 uur. Foto van 4 Februari 1937: 100% is geworteld, wortelvorming is uitsluitend basaal.
- Fig. 10. *Stranvaesia Davidiana* DECNE. Stekken gesneden uit eenjarige zijtwijgen, op 29 October gedurende 18 uur in water geplaatst: contrôle, groep VI. Foto van 14 December 1936.
- Fig. 11. *Stranvaesia Davidiana* DECNE. Stekken gesneden uit eenjarige zijtwijgen, op 29 October behandeld met een oplossing van 50 γ β -indolylazijnzuur per cc gedurende 17 uur: groep III. Toestand na 7 weken, foto van 14 December 1936; 60% is geworteld, wortelvorming basaal.

PLAAT VI

- Fig. 12. *Myrabolaan* (*Prunus cerasifera* EHRH.), type A. Eenjarige bladscheuten op 2 Juli gedurende 24 uur in water geplaatst: contrôle, groep VI. Foto van 28 Juli 1936.
- Fig. 13. *Myrabolaan* (*Prunus cerasifera* EHRH.), type A. Eénjarige bladscheuten op 2 Juli behandeld met een oplossing van 25γ β -indolylazijnzuur per cc gedurende 24 uur: groep V. Toestand na 4 weken, foto van 28 Juli 1936. Eén uitvaller, overigens zeer krachtig geworteld; wortels in reeksen op het onderste lid van de stek — dat sterke woekeringen van de schors toont — en op de basale snede; een enkele keer ook nodaal.
- Fig. 14. *Myrabolaan* (*Prunus cerasifera* EHRH.), type A. Eénjarige bladscheut op 2 Juli behandeld met een oplossing van 100γ β -indolylazijnzuur per cc gedurende 6 uur: groep I. Foto genomen 11 weken na de behandeling. De afbeelding toont de wortelkluit van een exemplaar ($\times \frac{1}{6}$); twee krachtige scheuten hebben zich ontwikkeld.
- Fig. 15. *Myrabolaan* (*Prunus cerasifera* EHRH.), type A. Eénjarige bladscheut op 2 Juli behandeld met een oplossing van 25γ β -indolylazijnzuur per cc gedurende 24 uur: groep V. Foto van 18 September 1936. Wortelstelsel, 11 weken na groeistof-behandeling ($\times \frac{1}{6}$).

PLAAT VII

- Fig. 16 en 17. *Kwee* (*Cydonia oblonga* MILL.), type A. Stekken behandeld op 24 September met een oplossing van 25γ β -indolylazijnzuur per cc gedurende 24 uur: groep II. Uit de eenjarige twijgen werden telkens 4 stekken van 15 cm gesneden, van de basis naar den top aangeduid met a, b, c en d. Toestand na 3 weken, foto van 16 October 1936. De stekken a en b wortelen nodaal. Bij c en d treden internodale schors-woekeringen op, die op dit moment nog slechts een begin van wortelvorming vertoonen; nodale wortelvorming blijft hier achterwege.

PLAAT VIII

- Fig. 18, 19 en 20. *Kwee* (*Cydonia oblonga* MILL.) type A. De stekken afgebeeld op fig. 16 en fig. 17 op lateren datum: Foto van 31 October 1936. Uit de woekeringen van het onderste lid der stek treden bij de c- en d-stekken thans wortels te voorschijn.

EXPLANATION OF PLATES

Notes: After treatment with β -indolylacetic acid, all cuttings were placed in a mixture of sand and peat (see Summary).

PLATE I

- Fig. 1. *Wisteria sinensis* SWEET. Cuttings taken on July 1st and placed in water for 48 hours (group V, control). Photograph taken August 10th, 1936.
- Fig. 2. *Wisteria sinensis* SWEET. Cuttings taken on July 1st; group I, treatment: β -indolylacetic acid 100 γ per cc for 12 hours. Photograph taken 6 weeks after treatment. August 10th 1936.

PLATE II

- Fig. 3 and fig. 4. *Wisteria sinensis* SWEET. The same groups on August 29th 1936: fig. 3, group V, control. Fig. 4, group I, β -indolylacetic acid, 100 γ per cc for 12 hours.

PLATE III

- Fig. 5. *Pyracantha crenulata* ROEM. Cuttings taken on Sept. 11th; group I, treatment: β -indolyl-acetic acid 100 γ per cc for 9 hours. Photograph taken 4,5 weeks after treatment. All the cuttings have rooted equally well, root formation on the basal internodes from hypertrophical swellings, nodal roots higher up.
- Fig. 6. *Pyracantha crenulata* ROEM. Cuttings taken on Sept. 11th, placed in water for 9 hours: group IX, control. Photograph taken on October 13th 1936.

PLATE IV

- Fig. 7. *Pyracantha crenulata* ROEM. Cuttings taken on Sept. 11th; group VI, treatment: β -indolyl-acetic acid 25 γ per cc, for 9 hours. Photograph taken 8 weeks after treatment, on November 6th 1936, shows nodal root formation.
- Fig. 8. *Daphne laureola* L. Apical shoots taken on Nov. 9th; treatment: β -indolylacetic acid 010 γ per cc for 24 hours. Photograph taken on February 4th, 1937, shows basal callus formation and roots emerging from the callus or immediately above it.

PLATE V

- Fig. 9. *Daphne laureola* L. Apical shoots taken on Nov. 9th; treatment: β -indolylacetic acid 100 γ per cc for 24 hours. Photograph taken on February 4th 1937. All cuttings show roots originating from the basal callus.
- Fig. 10. *Stranvaesia Davidiana* DECNE. Cuttings, on October 29th, taken from lateral shoots. Group VI. Control: placed in water for 18 hours. Photograph taken on December 14th 1936.

Fig. 11. *Stranvaesia Davidiana* DECNE. Cuttings, on October 29th, taken from lateral shoots. Group III, treatment: β -indolylacetic acid, 50 γ per cc for 17 hours. Photograph taken 7 weeks after treatment on December 14th 1936. 60 per cent of rooted cuttings, basal root formation.

PLATE VI

Fig. 12. *Myrobolan* (*Prunus cerasifera* EHRH.), type A. Cuttings taken on July 2nd and placed in water for 24 hours (group VI, control). Photograph taken on July 28th 1936.

Fig. 13. *Myrobolan* (*Prunus cerasifera* EHRH.), type A. Cuttings taken on July 2nd; group V, treatment: β -indolylacetic acid 25 γ per cc for 24 hours. Photograph taken 4 weeks after treatment, July 28th 1936. All cuttings, except one, have very strongly rooted; roots in rows on the basal internode — which shows hypertrophical swelling of the bark — and at the base of the cutting; rarely nodal root formation too.

Fig. 14. *Myrobolan* (*Prunus cerasifera* EHRH.), type A. Cuttings taken on July 2nd; group I, treatment: β -indolylacetic acid, 100 γ per cc for 6 hours. Photograph taken 11 weeks after treatment, showing the roots $\times \frac{1}{6}$; two vigorous shoots have developed.

Fig. 15. *Myrobolan* (*Prunus cerasifera* EHRH.), type A. Cuttings taken on July 2nd; group V, treatment: β -indolylacetic acid 25 γ per cc for 24 hours. Photograph shows the development of the root system 11 weeks after treatment, on Sept. 18th.

PLATE VII

Fig. 16 and 17. *Quince* (*Cydonia oblonga* MILL.) type A. Cuttings taken on September 24th. Each one-year-old shoot was divided into 4 cuttings of 15 cm each, marked from base to top: a, b, c and d. Group II, treatment: β -indolylacetic acid 25 γ per cc for 24 hours. Photograph taken 3 weeks after treatment, October 16th 1936. The cuttings a and b show nodal root formation, c and d show a pathological swelling of the bark, from which roots are only now beginning to appear. No development of nodal roots.

PLATE VIII

Fig. 18, 19 and 20. *Quince* (*Cydonia oblonga* MILL.) type A. Photograph, taken on October 31st 1936, shows the cuttings of fig. 16 and fig. 17 at a later stage, Roots are now emerging from the internodal swellings of the bark.



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

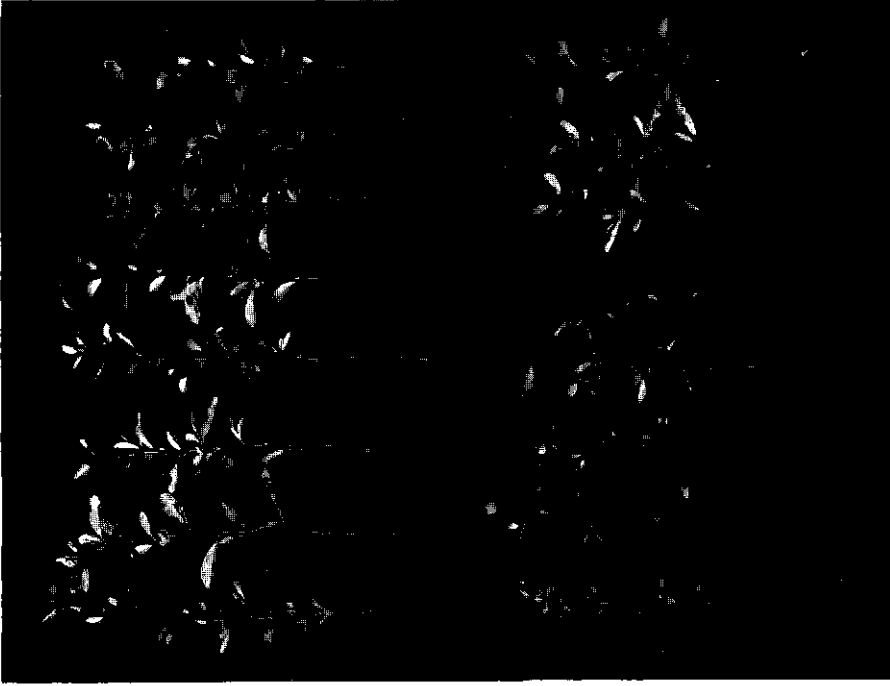


Fig. 6

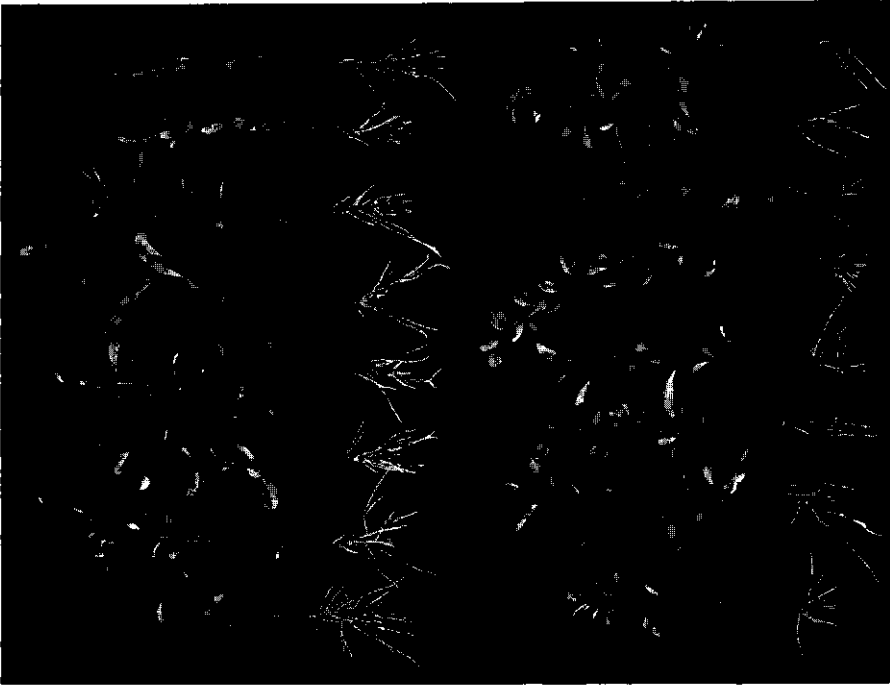


Fig. 5



Fig. 8

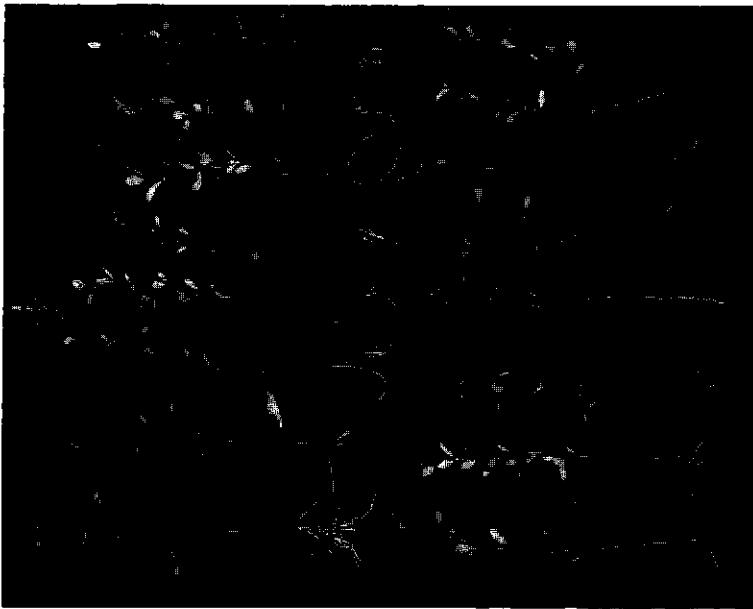


Fig. 7



Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11

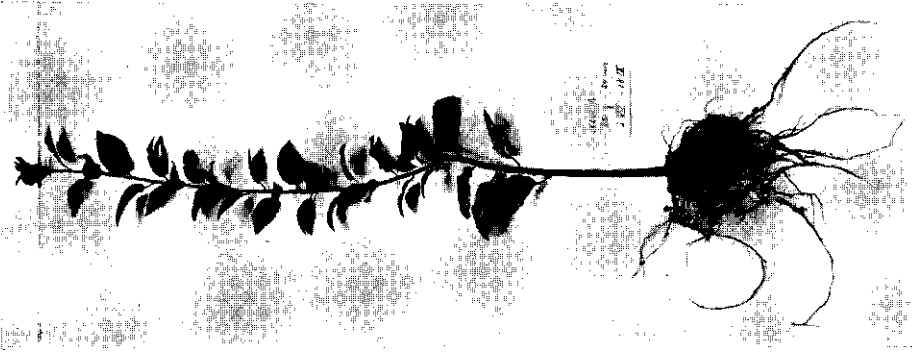


Fig. 15

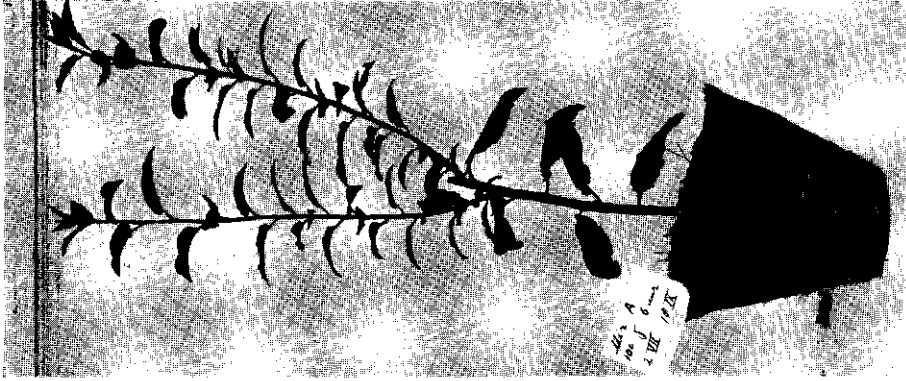


Fig. 14



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 16

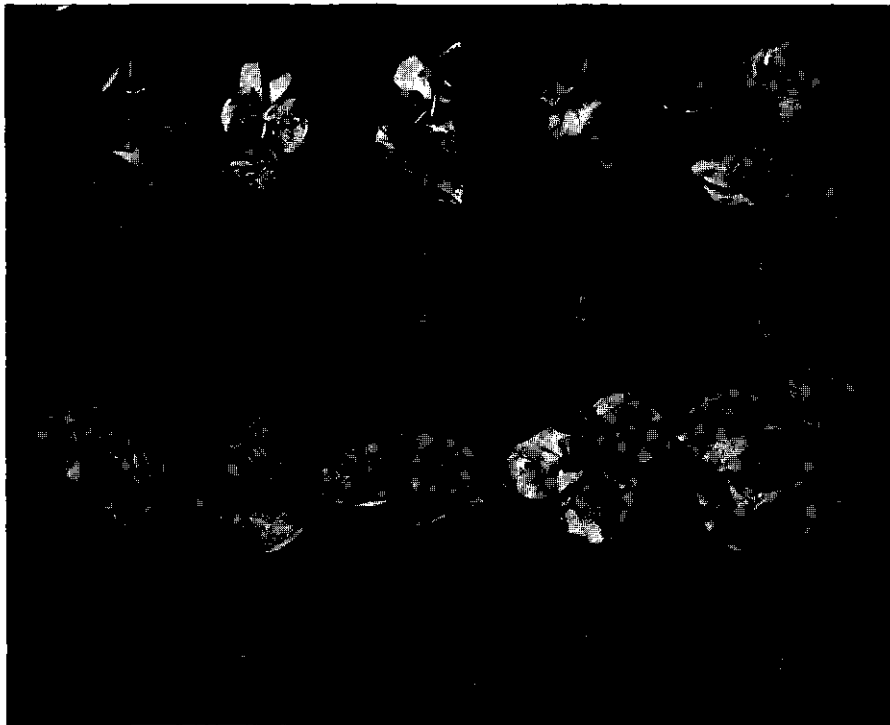


Fig. 17

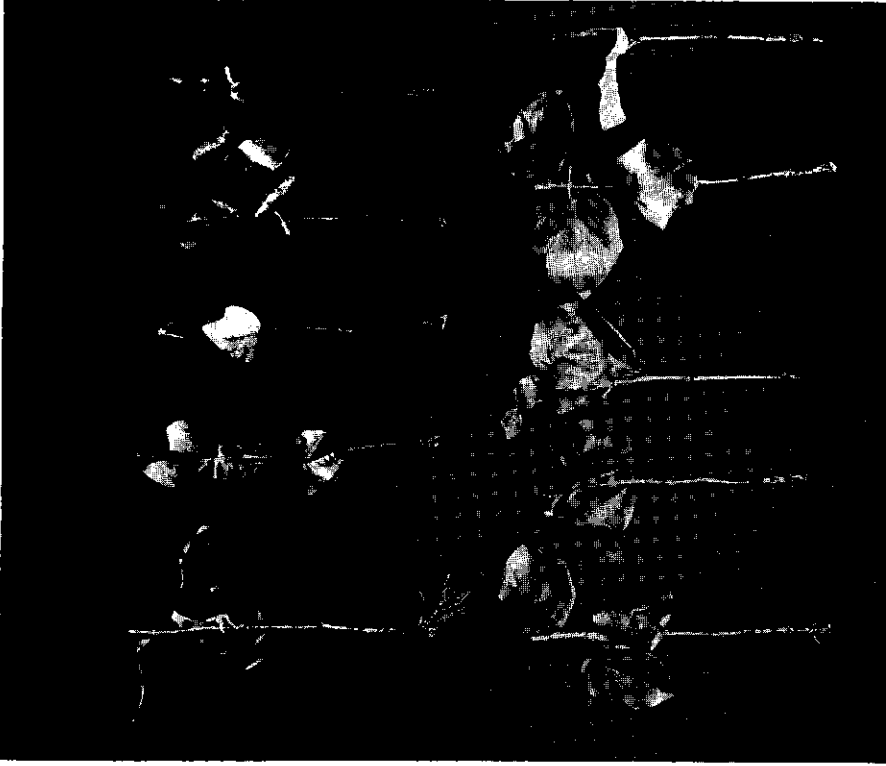


Fig. 20



Fig. 18



Fig. 19