

BEOBACHTUNGEN ÜBER WURZELBILDUNG

VON
CORNELIA A. GOUWENTAK
UND
G. HELLINGA



Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool
Deel 39 — Verhandeling 6

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1935

497723

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT



PHYSICS DEPARTMENT

BEOBACHTUNGEN ÜBER WURZELBILDUNG

VON

CORNELIA A. GOUWENTAK UND G. HELLINGA

Einleitung.

Beim Durchsehen der Literatur über den regulierenden Einfluss der Diastase bei der Entwicklung der Organe, fiel es uns auf, wie wenig überzeugend die diesbezüglichen Angaben sind. Wir haben diesen Einfluss für eine dieser Angaben und zwar für die Wurzelbildung näher untersucht und teilen hierunter das Resultat mit. Im Verlauf der Arbeit vermochten wir Stellung zu nehmen in der Kontroverse Zellteilungs-Zellstreckungsstoff; ferner taten sich Einblicke auf in das Los des Wuchsstoffs und in die Polaritätserscheinungen an Stecklingen.

Versuche mit Diastase.

Über die wurzelbildende Wirkung von Diastase bei *Acalypha*-Stecklingen hat vor zwei Jahren WENT (2) berichtet. Genau den von ihm angegebenen Vorschriften befolgend versuchten wir auf dieselbe Weise Wurzelbildung an holzigen Stecklingen von in Holland einheimischen Holzgewächsen zu erreichen. Die Versuche wurden ausgeführt an einer Weidenart: *Salix alba vitellina*, der Dotterweide und an *Ligustrum ovalifolium*. Es sind dies Pflanzen, von welchen die letztgenannte Art ganz frei ist von präformierten Wurzelanlagen; *Salix alba vitellina* hat aber oberhalb und links sowie rechts unterhalb der Knospen je eine Wurzelanlage. Diese Anlagen treiben fast immer alle aus und sind durch Stellung und Beschaffenheit leicht als solche zu erkennen. Aber auch Neuanlagen trieben aus, und zwar ohne irgendwelche Wuchsstoffzufuhr, nämlich auch an blatt- und knospenlosen Kontrollen.

Man könnte diese Erscheinung der Wirkung von noch in den Stecklingen vorhandenem Wuchsstoff zuschreiben; wir haben aber durch an *Coleus* erhaltene Ergebnisse — auf welche Untersuchungen wir unten zurückkommen werden — Grund anzunehmen, dass hierbei vorwiegend Wundhormone eine Rolle spielen. Diese Auffassung wird gestützt durch die schon 1893 von JOST (6) beobachteten Zellteilungs- und Zellstreckungserscheinungen, welche an Bäumen in vollster Winterruhe auftreten, sobald sie angeschnitten werden und die Schnittfläche vor Austrocknen geschützt bekommen; dieselbe Erscheinung haben wir auch wahrnehmen können.

Obwohl die vorhandenen und die infolge Wundhormone auftretenden Wurzelanlagen bezw. leicht und verhältnismässig leicht austreiben, die Pflanzen also leicht Wurzeln treiben, ist es uns nicht gelungen,

mittels Diastase weitere Wurzelbildung zu veranlassen. Diastase erwies sich in unseren Versuchen als gänzlich wirkungslos. Wir wollen hier nicht die Hunderte von Stecklingen verzeichnen, durch welche wir zu diesem Befund gekommen sind, sondern nur erwähnen, dass ein augenscheinlich positives Ergebnis, an Vorversuchsreihen erhalten, sich beim Arbeiten mit grösseren Zahlen nie bewährte. Die Diastase wurde anfänglich in der von WENT beschriebenen Weise in Agar in Konzentrationen von 5 und 10% zugeführt, später in einer viel höheren Konzentration in Pastenform nach LAIBACH (11). Keine bessere Ergebnisse haben wir bekommen, als wir die Stecklinge vor der Diastasezugabe erst einer Warmbadbehandlung unterzogen (17) oder wenn wir sie in eine Glukoselösung stellten; es war ja auch von vornherein nicht zu erwarten, dass holzige Stecklinge im Winter Kohlenhydratmangel aufweisen sollten. Auch nach der Winterruhe war keine wurzelbildende Wirkung von Diastase merkbar.

Aus dem Ergebnis dieser Versuche schliessen wir, dass, wenn überhaupt, jedenfalls nicht genug wurzelbildender Stoff in der Diastase vorhanden ist um Neubildung von Wurzeln an *Salix* und *Ligustrum* auszulösen. Wir müssen aber mit der Möglichkeit rechnen, dass der etwa ursprünglich in der Diastase vorhandene Wuchsstoff nicht lange wirksam bleibt. Soweit wir jetzt durch die Untersuchungen von KÖGL und seinen Mitarbeitern, von WENT, THIMANN, wissen, büssen die Auxine in reinem Zustande bald und in unreinem verhältnismässig bald ihre Wirksamkeit ein. Übrigens war das von uns gebrauchte Diastasepräparat frisch von Merck bezogen, während das von WENT verwendete jedenfalls noch erst die Reise nach Indien hat machen müssen.

Obwohl inzwischen durch die Untersuchungen von THIMANN und KOEFLI (19), KÖGL und Mitarbeitern (HAAGEN SMIT, (4)), gezeigt worden war, dass die synthetisch bereitete β -Indolylessigsäure¹⁾ nicht nur Streckungswuchsstoff ist, sondern auch Wurzelneubildung auszulösen vermag und WENT (21) schon vorher für allerdings noch nicht ganz reine Auxinpräparate dasselbe gefunden hatte, schien es uns nicht ohne Reiz zu untersuchen, ob ein Präparat, welches bekanntermassen Zellteilungen auslöst, auch Wurzelbildung verursachen kann. Geeignet erschien Hefeextrakt, welcher nach KÖGL (8) und VAN HASSELT (5) Zellteilung²⁾ an Hefezellen bewirkt, genau wie das im Kögl-schen Laboratorium aus Eigelb hergestellte krystallisierte Biotin.

¹⁾ In allerjüngster Zeit teilt THIMANN (20) mit, dass 2 stickstofffreie Analoge von β -Indolylessigsäure unter gewissen Bedingungen nebst Streckungswirkung auch wurzelbildendes Vermögen haben.

²⁾ Ganz neuerdings hat KÖGL (9) den Begriff der Zellteilungstoffe in zwei weitere zerlegt und erwägt die Möglichkeit, dass das Biotin auf dem Plasmawuchs wirken könnte.

Der nämliche oder, wie KÖGL neuerdings betont (9) ein anderer Bios II Faktor soll auch in Hefe vorkommen. Bekanntlich enthält die Hefe auch Heteroauxin; es blieb also nachher noch zu untersuchen, welcher der beiden dazu in Betracht kommenden Stoffe für die Wurzelbildung verantwortlich zu machen sei.

Wirkung von Hefeextrakt.

Da unser *Salix*-material nicht ausreichte und *Ligustrum* zu langsam reagierte, haben wir weiter mit einer nicht näher determinierten *Coleus*-art gearbeitet.

Als Stecklinge wurden blatt- und knospenlose Internodien ohne Nodien, von mittlerem Alter und 2½–4½ cm Länge verwendet. Die basalen und apikalen Schnittflächen wurden in Abständen von 4 bis 5 mm von dem Knoten gelegt, indem etwaige Wurzelanlagen sich fast ausschliesslich an den Knoten befinden; vereinzelt, an der konvexen Seite gekrümmter Internodien vorkommende Wurzelanlagen eilen den andern Wurzeln immer voraus; sie sind auch sonst leicht kenntlich und sind nicht mit verzeichnet worden. Die basale Schnittfläche tauchte in Wasser, die apikale wurde nach LAIBACH (11) mit einem Hut aus Hefeextraktpaste oder Wasserpaste versehen. Der Auszug wurde nach VAN HASSELT'S (5) Angaben hergestellt: 100 g frischer Hefe (Koningsgist Delft) mit 400 cm³ aq. dest. zwei Stunden lang ausziehen bei Kochtemperatur, abkühlen, abfiltrieren bis das Filtrat klar durchläuft, nachfüllen bis 400 cm³. Drei cm³ des Filtrats wurden mit nahezu 3 g adeps lanae verrieben und die Paste auf 20 Stecklinge verteilt.

Da in einem Vorversuch die Paste etwas verpilzte, haben wir ihr seitdem nach LAIBACH (15) etwas Nipagin zugesetzt; Einfluss auf die Wurzelbildung hat dieses Konservierungsmittel auch bei uns nicht gezeigt.

Ausser in der angegebenen wurde der Extrakt in doppelter Konzentration geprüft; ausserdem wurden in zwei Versuchsreihen die Hute nach 4 Tagen erneuert. Über das Ergebnis gibt Tabelle 1 Aufschluss.

TABELLE 1.

Behandlung	Anzahl der Wurzeln pro 20 Stecklingen nach Tagenzahl						
	7	9	11	12	13	16	25
Hefepaste	20	30		43			49
Hefepaste in doppelter Konzentration	16	31		35			45
Hefepaste, 2 × zugeführt	12	25	33		33	38	42
Hefepaste in doppelter Konzentration, 2 × zugeführt.	28	43	48		49	49	50
Wasserpaste + Nipagin ¹⁾	7	16	21		24	27	34
Wasserpaste	2	5	12		12	12	verrottet
Unbehandelt	2	9	19		19	26	29

1) Dass die grosse Anzahl nicht vom Nipagin-Einfluss herrührt, geht aus dem Versuch auf S. 8 hervor, wo dieselbe Stecklinge nach Behandlung mit Heteroauxin-Paste stärker reagierten als sonst üblich ist.

Zweifelsohne geht aus der Tabelle eine wurzelbildende Wirkung des Hefeextrakts hervor. Es darf nur der Extrakt nicht zu alt sein; auch im Eisschrank verliert er schon nach wenigen Wochen seine Wirkung.

Irgend eine Korrelation zwischen Wurzelzahl und Konzentration (LAIBACH und FISCHNICH (14)) zeigte sich in unseren Versuchsreihen nicht; vielleicht reichte hierzu die Zahl der Stecklinge nicht aus.

Es blieb jetzt zu untersuchen, ob nicht etwa der bekannte Heteroauxingehalt des Hefeextrakts für die beobachtete Wirkung verantwortlich zu machen sei. Aus den von KOSTERMANS (10, S. 27 und 46) gegebenen Zahlen lässt sich berechnen, wieviel Heteroauxin man in Hefekochsaft erwarten kann; seinen Zahlen nach muss jeder unserer Stecklinge etwa 0,01 gamma erhalten haben. Demnach wurde an 20 Stecklingen je 0,01 gamma reines Heteroauxin verabreicht (Abb. 1). Der Erfolg war schlagend:

Tageszahl	7	8	9	10	13	16	20
Wurzelanzahl	1	21	55	55	61	63	63

Die nach KOSTERMANS im Extrakt anzunehmende β -Indolylessigsäure reichte demnach zur Erklärung der erhaltenen Wurzelbildung völlig aus.

Ein Steckling hatte dicht unter der Paste 2 Wurzeln getrieben, am basalen Ende keine.

Ob das Heteroauxin tatsächlich primär Wurzelbildung induziert, oder ob letztere, wie CZAJA (3) will, erst eine Folgeerscheinung nach angeregter Streckung vorstellt, lässt sich aus den angeführten Versuchen nicht entscheiden. Wir haben aber folgenden Grund zu der Annahme, dass ersteres zutrifft.

CZAJA (3, S. 489) sagt: „Bevor man aber dem“ (offenbar Streckungs-) „Wuchsstoff und verwandten Stoffen die Fähigkeit zuschreiben kann, Zellteilungen oder Kallusbildungen auszulösen, ist der Beweis dieser Fähigkeit an einem einwandfreien, unkomplizierten Objekt zu liefern, etwa wie das von KÖGL (1935) für das Biotin an Hefe ausgeführt worden ist.“ Es fragt sich aber, wie die Tatsache zu erklären sei, dass die Fähigkeit des Biotins Zellvermehrung auszulösen, weit hinter derjenigen des Rohkochsaftes zurücksteht. KÖGL (8) greift zur Erklärung zu den organischen Nährstoffen des Hefekochsafts; dies scheint uns in Anbetracht der schon reichlich in der Nährlösung vorhandenen Nährstoffe wenig einleuchtend. Eine direkte Prüfung der Wirkung von Heteroauxin auf Hefezellen steht unseres Wissens noch aus. Wir können, einer späteren Mitteilung aus diesem Institut vorausgreifend, hier schon vorläufig mitteilen, dass mit einer bestimmten Konzentration der β -Indolylessigsäure Kambiumteilungen an Bäumen, welche ein Jahr über in Winterruhe verharret haben,

erreicht worden sind, ohne dass irgendwo Zellstreckungserscheinungen senkrecht zum Wuchsstoffstrom beobachtet wurden. Unter Wasserpaste traten dagegen nur die typischen kallusartigen Zellwucherungen auf, wie sie schon JOST (6) beschrieben hat. Wir meinen also, dass jedenfalls der eine Streckungswuchsstoff, das Heteroauxin, eine doppelte Funktion ausüben kann, indem es einerseits Zellteilung und Zellstreckung bewirkt, andererseits die ungezügelter Wirkung der Wundhormone hemmt.

Schicksal des Wuchsstoffs und Fähigkeit von Stecklingen zur Wurzelbildung.

Während der schon mitgeteilten und anderer Versuche, bei welchen je 20 gamma Heteroauxin gegeben wurde, fiel es uns auf, dass die Mehrzahl der Wurzeln innerhalb 7 bis 10 Tagen austreibt; nachher kommen nur noch wenige hinzu: Tabelle 2 und 1. Bisweilen reagieren die Stecklinge ungleich schnell; so hatten z. B. in einem Versuch 10 Stecklinge, welche nach 27 Tagen alle noch ohne Wurzeln dastanden, nach weiteren 11 Tagen insgesamt 14 Wurzeln gebildet. Der wurzelbildende Einfluss des Wuchsstoffs ist eine doppelte: es werden mehr und besonders, es werden schneller Wurzeln gebildet als in den Kontrollen (Abb. 3). Bei niedriger Konzentration tritt mitunter nur die letzte Eigenschaft des Wuchsstoffs hervor.

TABELLE 2.

Verfahren:	Zahl der Wurzeln hinzugekommen nach Anzahl von Tagen					
	7	10	13	14	16	18
I. 19 Steckl. mit 20 γ Heteroauxin:						
unten		147	0	0	0	0
oben		204	—	—	—	—
II. 19 Steckl. mit Wasserpaste		16		2		0
III. 5 Steckl. mit 20 γ Heteroauxin:						
unten	18		4			1
oben			viele			

Auf das Auftreten von Wurzeln am basalen und am apikalen Ende kommen wir weiter unten zurück.

Es tun sich jetzt die folgenden Fragen auf. Woher stammen die Wurzeln der Kontrollstecklinge? Sind Stecklinge nach erneuter Wuchsstoffzufuhr erneuter Wurzelbildung fähig? Was war das Schicksal der erstmaligen Wuchsstoffgabe?

Oben wurde schon bemerkt, dass bei der Wurzelbildung an Kontrollstecklingen vorwiegend Wundhormone betätigt sein könnten. Wir kommen zu diesem Schluss durch den Ausgang eines Versuchs der aus folgender Überlegung heraus angestellt wurde. Wenn bewurzelte Kontrollstecklinge nach abermaliger Verwundung aufs Neue mit Wurzelbildung reagieren sollten, so wäre dieser Schluss berechtigt. Dem ist tatsächlich so: 10 ausgewählte Stecklinge, welche ohne Wuchsstoffzugabe die extrem hohen Werte von

2, 9, 19, 19, 26, 29 Wurzeln

nach 7, 9, 11, 13, 16, 25 Tagen gezeigt hatten, wurden beiderseits von einer frischen Schnittfläche versehen und zeigten dann nachher

1, 3, 8, 17, 19, 19 Wurzeln

nach 11, 14, 15, 18, 19, 21 Tagen,

also etwas später als zuvor, wo vielleicht vorhandener Wuchsstoff mit Wundhormonen zusammenwirkte.

Um das Beibehalten der Fähigkeit zur Wurzelbildung zu prüfen, wurden 2 Versuche angestellt, jeder mit einer Gruppe von Stecklingen, welche zuvor mit Wasserpaste wenige Wurzeln gebildet hatten. Diese konnten nachher zweimal mittels 20 gamma Heteroauxin zu erneuter Wurzelbildung veranlasst werden. Das erste Mal trieben sie oben in 12 Tagen 194, unten 162 Wurzeln; 19 Kontrollstecklinge, sofort mit 20 gamma Wuchsstoff belegt, lieferten in 12 Tagen oben 204, unten 147 Wurzeln, d.h. praktisch dieselbe Zahl. Am 15ten Tage wurden die Versuchsstecklinge zum zweiten Mal mit 20 gamma Heteroauxin versehen, nachdem diesmal alle Wurzeln entfernt waren; sie wurden in zwei Gruppen eingeteilt von welchen die eine zuerst auf einige Tage in 1% Glukoselösung und nachher in Wasser, die andere aber sofort in Wasser gestellt wurde. Während des Versuches gingen 3 Stecklinge ein; der Versuch ist mit 8 Stück je Gruppe zu Ende geführt worden. — Ein zweiter Versuch, angestellt mit Stecklingen aus Tabelle 1, hatte nahezu denselben Verlauf; die Wasser- und Glukosegruppen waren hier aber von Anfang an getrennt gehalten und schon bei der ersten Wuchsstoffgabe in Wasser bzw. Glukoselösung gestellt worden. Die Glukosestecklinge bildeten weit mehr Wurzeln als die Wasserstecklinge (148 gegen 97); sie hatten aber zuvor, mit Wasserpaste und in Wasser gestellt auch mehr Wurzeln gebildet als ihre Gegenstücke, und zwar doppelt so viele (23 gegen 11). Es wurden deshalb bei der zweiten Wuchsstoffgabe die Gruppen gewechselt und jetzt waren schon am 7ten Tage die Verhältnisse umgekehrt, wenn auch nicht zahlenmässig. Das Ergebnis der abermaligen Wuchsstoffgabe für alle vier Versuchsreihen enthält Tabelle 3. Abb. 2 zeigt 3 Stecklinge aus dem Versuch I.

TABELLE 3.

Nr	Mit $\pm 20 \gamma$ Hetero- auxin	Tage ab Versuchsbeginn					Bemerkungen
		7	10	12	15	18	
Ia	8 Steckl. in Wasser		viele kurze		41	42	nach 5-10 Tagen alle Gluk. durch Wasser ersetzt.
Ib	Item in Glukose			viele kurze	53	65	
IIa	9 Steckl. in Wasser	30	48	48			nach 3 Tagen Gluk. durch Wasser ersetzt. Versuch am 12ten Tag abgebrochen.
IIb	10 Steckl. in Glukose	41	80	81			

Man soll die Stecklinge nicht zu lange in der Glukoselösung belassen, weil dieses das Wurzeltreiben verzögert.

Was das Schicksal des Wuchsstoffs anbelangt lässt sich aus obigem schliessen, das ein grosser Teil inaktiviert wird, ohne zur Wurzelbildung Anlass zu geben; sonst müsste der Wirkungsunterschied zwischen einer Gabe von 20 und von 0,01 gamma weit grösser sein; auch wäre der erneute Wurzeltrieb bei erneuter Wuchsstoffgabe sonst unerklärlich. Ähnliches haben BONNER und THIMANN (1) beim Streckungswachstum der Haferkoleoptile gefunden.

Anatomisches.

Die mikroskopische Prüfung der Stecklinge zeigte, dass sich an den Schnittflächen von Versuchs- sowie von Kontrollstecklingen ein gleich starker unregelmässiger Kallus vorfand, an welcher sich eine Zone regelmässiger Kambiumbildung anschliesst, und an diese die Wurzelzone; die drei Regionen sind oft deutlich getrennt.

Polarität.

Auf die Erscheinung, dass mit der starken Wuchsstoffpaste nicht nur am basalen, sondern auch am apikalen Ende Wurzeln gebildet werden (Abb. 3, links), haben wir oben schon hingewiesen. In der Literatur fanden wir keine Beispiele solcher Wurzelbildung an Stecklingen, wohl aber eine kurze Bemerkung von SNOW und LE FANU (18), dass die Epikotyle dekapitierter Sonnenblumen dicht unterhalb des Huts Wurzeln bilden. Auch hat LAIBACH-(12, 13) am intakten *Coleus*-stengel ganzer Pflanzen Wurzeln erhalten und MÜLLER (16) Wurzelanlagen am Epikotylstumpf von *Vicia Faba*.

Die schwächere Dose rief am apikalen Ende weder Wurzeln, noch Wurzelanlagen hervor; sie veranlasste nur am basalen Ende Wurzel-

bildung und zwar bei 19 von 20 Stecklingen (Abb. 1); der 20ste hat oben zwei Wurzeln, unten weder Wurzeln noch deren Anlagen gebildet; leider ist nicht festgelegt worden ob er nicht etwa trotz peinlicher Sorgfalt invers stand; die nächste Versuchsreihe mit inversen Stecklingen legt diesen Gedanken nahe.

Überraschend gleichmässig war nämlich das Resultat eines Versuchs mit invers in Wasser gestellten Stecklingen; sie hatten in 10 Tagen viele Wurzeln gebildet, jedoch nur an ihrem, jetzt aufwärts gerichteten basalen Ende. Die 13 Stecklinge zeigten insgesamt 148 Wurzeln, während 20 normal gestellte deren basal nur 154 geliefert hatten; letztere trugen allerdings apikal weitere 220. Die Wurzeln der inversen Stecklinge waren nach 10 Tagen viel länger als die der normal gestellten, traten aber zur selbigen Zeit hervor; sie waren im Vergleich zur Stengelachse fast genau so orientiert wie basale Wurzeln, welche sich bei normal gestellten Stecklingen in Wasser entwickeln (Abb. 3, rechts oben und links unten).

In den Stecklingen ist also eine starke Polarität vorhanden, welche sich daraufhin äussert, dass bei normaler Stellung und wenig Heteroauxin sich Wurzeln im allgemeinen nur am basalen Ende bilden; bei grösseren Wuchsstoffmengen bildet sich am apikalen Ende gleichsam ein zweiter wurzelnder Pol aus. Bei invers gestellten Stecklingen geht der Wuchsstoffstrom offenbar nicht hinunter (d.h. in morphologisch apikaler Richtung); er wird oben teilweise zur Wurzelbildung verbraucht, teilweise inaktiviert.

Über die mutmasslichen Ursachen der zuletzt angeführten Erscheinungen hoffen wir später Näheres zu berichten.

Zusammenfassung.

1. Mittels Diastase (Merck) war Wurzelbildung an *Salix alba vitellina* und *Ligustrum ovalifolium* nicht zu erreichen.
2. Zur Erklärung der wurzelbildenden Wirkung von Hefeextrakt reicht die in demselben vorhandene Heteroauxinmenge völlig aus.
3. Von synthetischer β -Indolylessigsäure genügt noch eine Dose von 0,01 gamma um starke Wurzelbildung an *Coleus*stecklingen herbeizurufen.
4. Heteroauxin bewirkt ausser Zellstreckung auch Zellteilung.
5. Die Bildung von Wurzeln an Kontrollstecklingen geschieht unter Einfluss von Wundhormonen.
6. Nach gewisser Zeit wird an *Coleus*stecklingen die Wurzelbildung infolge Wuchsstoffmangels eingestellt, um nach erneuter Wuchsstoffzufuhr wieder einzusetzen.
7. Bei reicheren Wuchsstoffgaben wird ein grösserer Teil des Heteroauxins inaktiviert ohne zur Wurzelbildung beigetragen zu haben.

8. Dem Wuchsstoffstrom gegenüber zeigt der *Coleus*stengel eine ausgesprochene Polarität.

Für die freundliche Herstellung und Überlassung des Heteroauxins sei an dieser Stelle Herrn Professor Dr Ir S. C. J. OLIVIER unser verbindlichster Dank abgestattet.

Literatur.

1. BONNER, J. and K. V. THIMANN, Studies on the growth hormone of plants, VII. The fate of growth substance in the plant and the nature of the growth process. Journ. of Gen. Physiol. 18, nr 5, 1935, 649-658.
2. BOUILLENNE, R. et F. W. WENT, Recherches expérimentales zur la néoformation des racines dans les plantules et les boutures des plantes supérieures (substances formatrices de racines). Ann. de Buitenzorg, 43, 1933, 1-178.
3. CZAJA, A. TH. Die Wirkung des Wuchsstoffes in parallelotropen Pflanzenorganen (Eine Entgegnung). Ber. d. d. bot. Ges. 53, H. 4, 1935, 478-490.
4. HAAGEN SMIT, A. J., Over Auxinen. Handel. v. h. Nederl. Nat.- en Gen. Congres, 25, 1935, 58-73.
5. HASSELT, W. VAN, Onderzoekingen over het Bios-vraagstuk. Diss. Utrecht, Maart 1935, 116 S.
6. JOST, L. Über Beziehungen zwischen der Blattentwicklung und der Gefäßbildung in der Pflanze. Bot. Ztg. 51, 1893, 89-138.
7. KOEGL, F. and D. G. F. R. KOSTERMANS, Hetero-auxin als Stoffwechselprodukt niederer pflanzlicher Organismen. Isolierung aus Hefe. H. S. Ztschr. f. physiol. Chem. 228, 1934, 113-121.
8. KOEGL, F. Über Wuchsstoffe der Auxin- und der Bios-Gruppe. Ber. d. d. chem. Ges. 68, nr 1, 1935, 16-28.
9. ———, Untersuchungen über pflanzliche Wuchsstoffe. Die Naturwiss. 23, H. 50, 1935, 839-843.
10. KOSTERMANS, D. G. F. R., Over Hetero-auxine. Diss. Utrecht, Juni 1935, 70 S.
11. LAIBACH, F. Versuche mit Wuchsstoffpaste. Ber. d. d. bot. Ges. 51, 1933, 386-392.
12. ———, Über die Auslösung von Kallus- und Wurzelbildung durch β -Indolyllessigsäure. Ber. d. d. bot. Ges. 53, 1935, 359-364.
13. ——— und O. FISCHNICH, Künstliche Wurzelneubildung mittels Wuchsstoffpaste. Ber. d. d. bot. Ges. 53, H. 5, 1935, 528-539.
14. ——— Über eine Testmethode zur Prüfung der kallusbildenden Wirkung von Wuchsstoffpasten. Ber. d. d. bot. Ges. 53, H. 4, 1935, 469-477.
15. ———, und F. MEYER, Über die Schwankungen des Auxingehaltes bei *Zea Mays* und *Helianthus annuus* im Verlauf der Ontogenese. Senckenbergiana 17, nr 1/2, 1935, 73-86.
16. MUELLEB, ANNA MARIE, Über den Einfluss von Wuchsstoff auf das Austreiben der Seitenknospen und auf die Wurzelbildung. Jahrb. f. wiss. Bot., 81, 1935, 497-540.
17. SCHWARZ, L., Wirkung des Warmbades und einiger chemischer Bäder auf das Wurzeltreiben von Stecklingen. Gartenbauwiss. 8, 1933, 285-322.
18. SNOW, R. and B. LE FANU, Activation of cambial growth. Nature, 135, 1935, p. 149.
19. THIMANN, K. V. and J. B. KOEPLI, Identity of the growth-promoting and root-forming substances of plants. Nature 135, 1935, 101-102.

20. THIMANN, K. V. On an analysis of the activity of two growth-promoting substances on plant tissues. Proc. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam 38, nr 8, Oct. 1935, 896-912.
21. WENT, F. W., A test method for rhizocaline, the rootforming substance. Proc. Kon. Akad. v. Wet., Amsterdam, 37, 1934, 445-455.

Tafelerklärung

Abb. 1. Wurzelbildung an *Coleus*-Stecklingen, welche apikal mit je 0,01 gamma Heteroauxin versehen wurden. Bei * zwei Wurzeln am apikalen, keine am basalen Ende.

Abb. 2. Wurzelbildung bei *Coleus* nach zweiter Heteroauxingabe von 20 gamma.

Abb. 3. *Coleus*-Stecklinge nach 8 Tagen photographiert. Links Versuchssteckling mit 20 gamma Heteroauxin am apikalen Ende; in der Mitte Kontrollsteckling mit Wasserpaste; rechts invers gestellter Steckling mit 20 gamma Heteroauxin am basalen, nach oben gestellten Ende.

Laboratorium voor Plantkunde.

Wageningen, Dezember 1935.

*

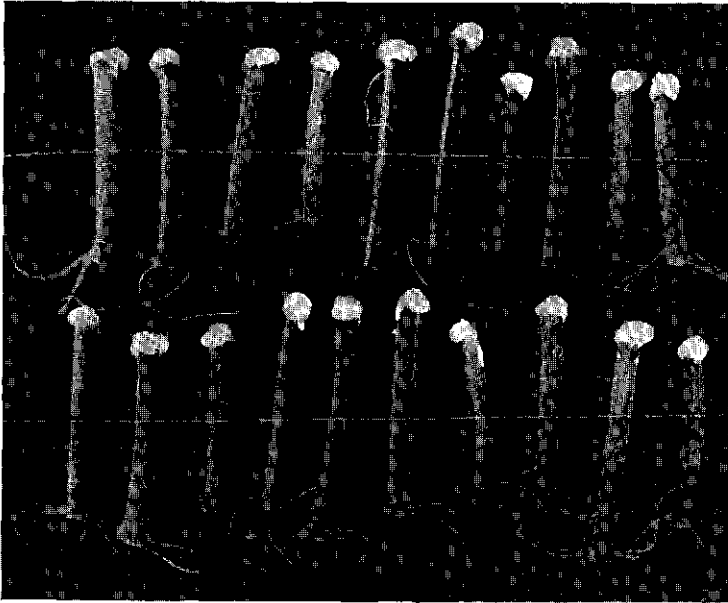


Abb. 1

Foto J. M. J. Smit

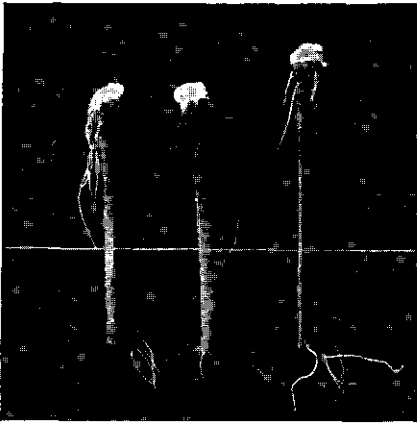


Abb. 2

Foto B. W. Smit



Abb. 3

Foto J. M. J. Smit