

LANDBOUWHOOGESCHOOL TE WAGENINGEN
(NEDERLAND)

**LABORATORIUM
VOOR TUINBOUWPLANTENTEELT**

DIRECTEUR

Prof. Ir. A. M. SPRENGER

No. 18

JANUARI 1933

**VERSUCHE ÜBER DEN EINFLUSS VON
NIEDRIGEN TEMPERATUREN AUF DIE
WURZELBILDUNG VON STECKLINGEN**

VON

Dr. H. A. A. VAN DER LEK

OVERDRUK

UIT „DIE GARTENBAUWISSENSCHAFT“, BAND VII, HEFT 3

DRUCK DER SPAMER A.-G. IN LEIPZIG
PRINTED IN GERMANY

(Aus dem „Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt“ der Landbouwhoogeschool in Wageningen [Holland].)

Versuche über den Einfluß von niedrigen Temperaturen auf die Wurzelbildung von Stecklingen.

Von

H. A. A. van der Lek.

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 1. Dezember 1932.)

Die in dieser Arbeit beschriebenen Versuche über den Einfluß von niedrigen Temperaturen auf die Wurzelbildung von holzigen Stecklingen knüpfen an Beobachtungen an über den Einfluß von Blättern und Knospen auf diesen Prozeß während der Vegetationsperiode. Hierüber, besonders über den Einfluß ausgetriebener Knospen zu Beginn der Vegetationsperiode, habe ich in meiner Arbeit von 1925 berichtet¹. Im Anschluß an diese Untersuchungen wurde auch der Wirkung ausgewachsener Blätter und junger Knospen während und am Ende der Vegetationsperiode Beachtung geschenkt. Über diese Beobachtungen beabsichtige ich in einer späteren Mitteilung zu berichten. Ich will hier nur ganz kurz folgendes erwähnen: Diesjährige Stecklinge von *Ribes nigrum* bilden nur dann Wurzeln, wenn sie Blätter besitzen. Die Knospen spielen in diesem Falle noch keine Rolle. Auch das Wurzelwachstum kommt zum Stillstand, wenn die Blätter abgefallen sind. Ich halte es nicht für wahrscheinlich, daß wir es hier mit einer Erscheinung von echter Periodizität zu tun haben, wenigstens nicht in dem Sinne, daß den Wurzelanlagen und den Wurzeln eine periodische Entwicklung eigen ist. Eben- sowenig aber kann man diesen Wachstumsstillstand durch Mangel an Reservestoffen erklären, denn diese sind am Ende der Vegetationsperiode reichlich vorhanden. Man muß vielmehr annehmen, daß entweder ein Mangel an bestimmten Stoffen eintritt, z. B. an spezifischen wurzelbildenden Hormonen od. dgl., oder daß den Zweigen eine derartige Periodizität innewohnt, daß die Reservestoffe zu dieser Zeit in einer Form vorliegen, in der sie nicht unmittelbar als Baustoffe verwendet werden

¹ H. A. A. van der Lek, Over de wortelvorming van houtige stekken (mit englischer Zusammenfassung). Mededeeling van het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt 1925, Nr 1. (Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool 28, 1—230.)

können, und daß die Wurzelanlagen auch nicht imstande sind, die Reservestoffe in Baustoffe umzuwandeln. Vielleicht spielen auch beide Faktoren eine Rolle. Nun wissen wir aus früheren Beobachtungen, daß die aufspringenden Knospen unmittelbar nach der Winterruhe die Wurzelbildung stark anregen. Dies ist auch dann der Fall, wenn die Knospen sich im Dunkeln entfalten. Ungeachtet des starken Verbrauchs an Reservestoffen und der damit zusammenhängenden Dissimilation regt das Wachstum von etiolierten Trieben die Wurzelbildung stark an. Daraus geht hervor, daß unter solchen Umständen Umwandlungen stattfinden, die auch der Wurzelbildung zugute kommen. Die Tatsache, daß die Wurzelentwicklung ganz oder größtenteils gehemmt wird, wenn die Knospen entfernt werden, deutet darauf hin, daß zu dieser Zeit die Umwandlungsprozesse stark durch die aufbrechenden Knospen beherrscht werden. Es fragt sich nun, ob es möglich ist, die stoffliche Zusammensetzung der Zweige in der Weise zu beeinflussen, daß auch gänzlich ihrer Knospen beraubte Zweige zu starker Wurzelbildung gebracht werden können. Es ist mir nur ein Mittel bekannt, durch welches man die Zusammensetzung der Reservestoffe tiefgreifend verändern kann, nämlich die Temperatur. Wir wissen ja aus den grundlegenden Untersuchungen von *Russow* und *Müller-Turgau*, daß es oft möglich ist, durch niedrige Temperaturen den Gehalt an gelösten Kohlehydraten auf Kosten der vorhandenen Stärke zu erhöhen. Hierdurch haben wir es in der Hand, einen Teil der Reservestoffe zu mobilisieren. Zwar gilt dies nur für N-freie Verbindungen. Diese aber spielen bei allen Neubildungs- und Wachstumsprozessen als Energieliefernde und als Baustoffe eine große Rolle, und es lag nahe zu versuchen, durch Kälteinwirkung die Fähigkeit zur Wurzelbildung zu verstärken; mit anderen Worten: es wurde der Versuch gemacht, die Stecklinge zunächst während einiger Wochen der Einwirkung von Kälte auszusetzen und dann bei geeigneter Temperatur zur Bewurzelung zu bringen.

Für diese Versuche wurden diesjährige Zweige von *Ribes nigrum* verwendet, an denen alle Knospen entfernt waren. Es schien mir wünschenswert, Stecklinge zu benutzen, von denen bekannt war, daß sie normalerweise ein starkes Wurzelbildungsvermögen besitzen. Diese *Ribes*-Stecklinge zeichnen sich durch zahlreiche kräftige Wurzelanlagen aus, die meiner Ansicht nach immer auswachsen, wenn sie durch die stoffliche Zusammensetzung des Zweiges dazu angeregt werden, vorausgesetzt daß Baustoffe in ausreichender Menge und geeigneter Form vorhanden sind. Ich hielt es für besser, zunächst an diesem Material die Einwirkung der Kälte zu studieren, um erst später die Untersuchungen auf schwerer zur Wurzelbildung zu bringendes Material auszudehnen.

Ich gebe hier zunächst erst einen Überblick über 2 Versuchsreihen mit diesjährigen, entknospten Zweigen von *Ribes nigrum*, die in den

Jahren 1929 und 1930 durchgeführt wurden. Eine 3. Versuchsreihe (1931/32), bei der ich auch mikrochemische Beobachtungen ausführte, will ich hier nur ganz kurz erwähnen; ich hoffe hierüber später in Zusammenhang mit neuen Versuchen berichten zu können. Die hier mitgeteilten Versuche und Ergebnisse sollen nur zur vorläufigen Orientierung dienen. Wie man sieht, sind die Versuche noch nicht nach einem einheitlichen Plan ausgeführt. Dies ist teils darauf zurückzuführen, daß die geeigneten Methoden erst noch gefunden werden mußten, außerdem aber auch darauf, daß unser Laboratorium für derartige Untersuchungen damals noch nicht genügend eingerichtet war. Ich war deshalb gezwungen, für die Kältebehandlung meiner Stecklinge andere Institute in Anspruch zu nehmen. Die technischen Schwierigkeiten, die sich hieraus ergaben, können hier übergangen werden, denn sie lassen sich schließlich alle überwinden. Ein wirklicher Nachteil ist es in solchen Fällen aber, daß man die Temperaturregelung nicht selbst nach Belieben vornehmen kann, sondern genötigt ist, bei gegebenen Temperaturen zu arbeiten. Bei der Beurteilung meiner Versuche ist dem Rechnung zu tragen. Ich hoffe, die Versuche mit Hilfe der neuen Kühleinrichtungen unseres Institutes in erweitertem Maßstab wiederholen zu können. Ich bin aber den Herren Prof. *Blaauw* und Prof. *Quanjor* sehr zu Dank verpflichtet, daß sie mir Gelegenheit gegeben haben, die Kühleinrichtungen ihrer Institute für diese orientierenden Versuche zu benutzen.

Versuch 1.

Mit der ersten Versuchsreihe wurde im Oktober 1929 begonnen. Mitte Oktober wurde eine Anzahl Zweige von den Sträuchern geschnitten, und zwar a) nur diesjähriges Holz, b) diesjähriges Holz, dem ein kurzes Stück (einige Zentimeter) zweijähriges Holz belassen war. Dieses Material wurde vom 16. bis 30. X. bei einer Temperatur von $-1/2^{\circ}$ gehalten. Am 30. X. wurden 16 Stecklinge davon entnommen, bei 8 von ihnen wurden alle Knospen entfernt, die übrigen 8 behielten ihre Knospen. In beiden Gruppen befanden sich je 4 Stecklinge aus den Gruppen a und b. Diese Stecklinge wurden so in Glaszylinder eingestellt, daß die unteren Enden auf 3–4 cm in Wasser tauchten, während die oberen Teile sich in feuchter Luft befanden. Die Zylinder wurden in ein Gewächshaus von $15-20^{\circ}$ gebracht. Das Ergebnis war, daß die meisten Stecklinge innerhalb 4 bis 5 Wochen Wurzeln bildeten, die ohne Knospen sowohl wie die mit Knospen. In beiden Gruppen hatten sich gewöhnlich ein oder mehrere Wurzeln in der Nähe der basalen Schnittfläche gebildet; bei den Stecklingen mit Knospen außerdem hier und da auch schwache Wurzeln an den Internodien. Die Bewurzelung der knospenlosen Stecklinge war offensichtlich kräftiger als es gewöhnlich bei solchen Stecklingen der Fall ist.

Versuch 2.

Am 18. XI. wurden einjährige Zweige geschnitten; diese wurden vom 19. XI. bis 22. XII. in einem Kühlraum des Institutes für Mykologie aufbewahrt. Während des Versuches ergaben sich hier sehr unerwünschte Temperaturschwankungen: im November lag die Temperatur meist unter dem Gefrierpunkt ($-1,7$ bis $-7,7^{\circ}$);

abgesehen vom 25. und 26. XI., wo sie bis auf + 1 bis 2° stieg. Im Dezember betrug die Temperatur meistens + 2 bis + 5°, vom 17. bis 19. XII schwankte sie zwischen jedoch zwischen 0 und - 6°. Während der ganzen Versuchsdauer bewegten sich die Temperaturen des Kühlraumes zwischen + 5 und - 7,7°. Es ergab sich, daß diese Behandlung die Wurzelbildung nicht nennenswert beeinflusste: alle Stecklinge zeigten nur eine ganz geringe Wurzelbildung. Das gilt für beide zum Versuch verwendete Gruppen von Stecklingen, für die mit Knospen sowohl wie für die ohne Knospen.

Versuch 3.

Ein dritter Versuch wurde etwa zur selben Zeit wie Nr. 2 durchgeführt. Hierbei wurden die Stecklinge teils in der gleichen Weise wie dort behandelt, teils wurde ihnen Wasser, Diastaselösung oder auf 100° erwärmte Diastaselösung injiziert. Auch hier waren die Ergebnisse durchaus negativ. Diesen Versuchen kommt nur orientierende Bedeutung zu. Wichtiger sind die beiden folgenden Versuche, die ich darum ausführlicher besprechen will.

Versuch 4.

Das Material wurde am 9. I. entnommen: Von 12 Sträuchern wurden je 3 möglichst gleichartige einjährige Zweige unmittelbar an ihrer Basis, d. h. an der Übergangsstelle zum älteren Holz geschnitten. Einige der längeren Zweige wurden durchgeschnitten, so daß sich insgesamt 3 Gruppen von je 17 Stecklingen ergaben, die untereinander so gut wie möglich vergleichbar waren. Diese wurden vom 9. bis 29. I. im Institute für Mykologie in folgender Weise gekühlt:

Gruppe A im Thermostat bei 2°;

Gruppe B im Kühlraum; hier sollte die Temperatur um den Gefrierpunkt schwanken. Es stellte sich aber leider heraus, daß die Temperatur immer etwas über dem Gefrierpunkt lag, nämlich zwischen 0 und + 4,5°. In der Behandlung der Gruppen A und B ergab sich somit fast kein Unterschied.

Gruppe C. Um noch tiefere Temperaturen zu erreichen, wurden die Stecklinge in einem Glaszylinder ins Solereservoir eingebracht, wo die Temperatur zwischen 0 und - 13° schwankte; vom 21. bis 27. I. war sie sehr niedrig und betrug dauernd - 7 bis - 13°.

Die Abkühlung erfolgte stufenweise:

9. I. A, B und C bei 2°; 10. I. B und C im Kühlraum; 11. I. C im Solereservoir.

Bei diesen Temperaturen blieben die Stecklinge bis zum 27. I. Dann wurden sie wiederum stufenweise auf höhere Temperatur gebracht. Am 29. I. wurden sie zur Bewurzelung angesetzt. Hierbei wurde jede der 3 Gruppen in zwei Teile geteilt: je 9 Stecklinge kamen wieder in Glaszylinder, wie bei den vorigen Versuchen, je 8 wurden in ein Gemisch von Sand und Torfmull eingesteckt; alle wurden im Gewächshaus untergebracht. Am 24. II. wurde die Bewurzelung kontrolliert. Es ergab sich, daß die Wurzelbildung in dem Sand-Torfgemisch (siehe Abb. 1) bedeutend besser vor sich gegangen war als in den Gläsern. Unter beiden Bedingungen machten sich aber große individuelle Unterschiede bemerkbar, die einen Vergleich erschwerten. Trotzdem war deutlich zu sehen, daß bei den in Sand-Torfmulle gehaltenen Stecklingen die Bewurzelung in der Gruppe B am kräftigsten war. Abb. I zeigt die bewurzelte Basis der Stecklinge der 3 Gruppen. Bei den in Wasser gestellten Stecklingen war kein derartiger Unterschied zu bemerken. Diese zeigten nur eine sehr schwache Bewurzelung, zahlreiche, sehr dünne, kurze Würzelchen, die über einen großen Teil des Stecklings zerstreut waren. Die Tatsache, daß die Stecklinge der Gruppe B einen deutlichen Vorsprung aufwiesen, ist im Hinblick auf die geringen Temperaturunterschiede in den Versuchs-

reihen A und B überraschend. Da die zum Vergleich verwendeten Stecklinge sorgfältig ausgesucht wurden, ist meines Erachtens nicht anzunehmen, daß dieser Unterschied ganz zufällig ist. Viel wahrscheinlicher ist er daraus zu erklären, daß die Stecklinge der Gruppe B 4 Tage lang einer Temperatur von $+ 0^{\circ}$ ausgesetzt waren. Diese Temperatur scheint hier auf die Wurzelbildung günstiger gewirkt zu haben als die von $+ 2^{\circ}$ und auch als die tieferen Kältegrade.

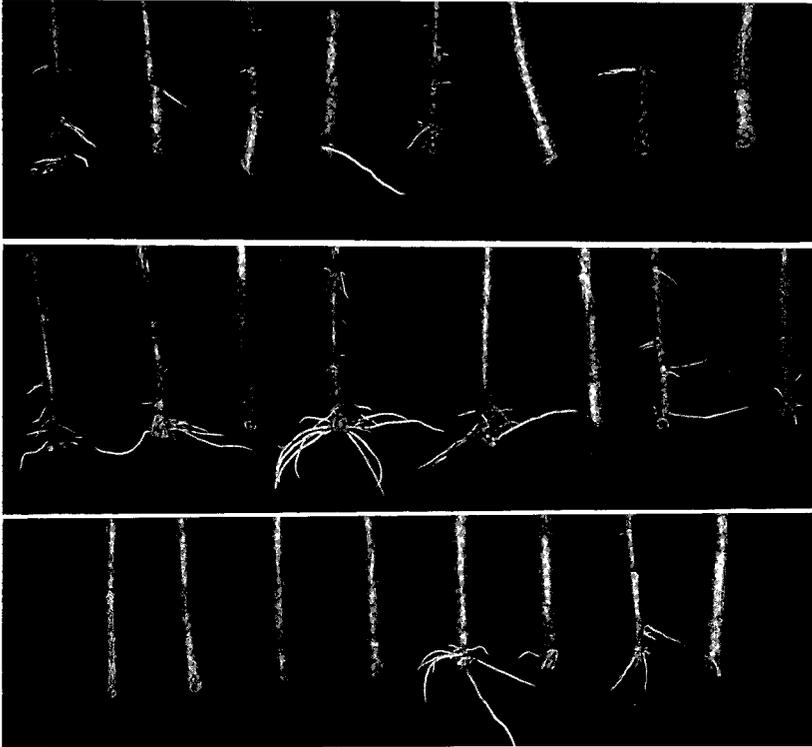


Abb. 1. Bewurzelung entknospter Stecklinge von *Ribes nigrum*. Von oben nach unten die Gruppen A, B und C. Erklärung im Text.

Versuch 5.

Das Material wurde Ende Februar geschnitten: Von 13 Sträuchern je 4 möglichst gleichartige Zweige; diese wurden alle in eine basale und eine apikale Hälfte geteilt, so daß sich für jede Gruppe 26 Stecklinge ergaben. Alle Knospen wurden entfernt, und die Stecklinge wurden folgenden Temperaturen ausgesetzt:

A, $- 2$ bis $- 13^{\circ}$; im Solereservoir;

B, $- 1$ bis $- 2^{\circ}$;

C, $+ 2^{\circ}$; im Thermostat;

D, $+ 9^{\circ}$; im Thermostat.

Die Gruppen B, C und D wurden am 1. III. auf die genannten Temperaturen gebracht, A an diesem Tage in den Kühlraum und am 3. III. ins Solereservoir. Vom 24. auf den 25. III. wurden die Gruppen A, B und C auf 9° erwärmt, und schließlich wurden alle in ein Gemisch von Sand und Torf gesteckt und ins Gewächshaus

gestellt. Am 14. IV. wurden die Stecklinge vorsichtig herausgeschwemmt und alle Wurzeln gezählt und gemessen. Tab. 1 gibt für jeden Steckling die Zahl der Wurzeln und deren Gesamtlänge in Millimetern. Tab. 2 enthält eine Übersicht, in der auch die mittlere Länge und das Trockengewicht der Wurzeln für

Tabelle 1.

	A		B		C		D	
	-5 bis -13°		-1 bis -2°		+2°		+9°	
	Wurzeln in mm		Wurzeln in mm		Wurzeln in mm		Wurzeln in mm	
	Zahl	Länge	Zahl	Länge	Zahl	Länge	Zahl	Länge
1 Bas.	2	42	17	405	13	73	15	57
2 „	18	321	6	252	18	66	14	117
3 „	7	146	6	305	14	64	17	104
4 „	5	242	6	84	13	96	16	154
5 „	0	0	5	132	11	23	7	12
6 „	5	20	9	392	6	26	13	100
7 „	22	529	4	35	6	38	5	23
8 „	23	693	0	0	26	107	21	119
9 „	21	516	20	464	7	12	17	48
10 „	17	351	24	743	14	50	15	64
11 „	13	252	7	380	10	62	14	101
12 „	7	274	0	0	20	140	25	163
13 „	10	242	5	269	15	58	21	91
	150	3628	109	3461	173	815	200	1154
1 Apik.	10	182	6	83	19	87	11	41
2 „	15	175	3	153	18	145	26	115
3 „	18	169	5	115	14	76	13	55
4 „	2	7	8	153	17	104	6	15
5 „	10	153	19	293	13	76	9	15
6 „	11	48	13	100	16	87	12	55
7 „	2	22	0	0	7	31	2	6
8 „	22	462	25	219	2	17	23	128
9 „	17	106	15	293	10	24	20	95
10 „	20	163	20	375	24	84	6	29
11 „	6	64	9	87	16	131	6	38
12 „	9	209	12	126	22	108	12	112
13 „	0	0	0	0	6	35	3	19
Apik.	142	1760	135	1997	184	1005	149	723
Bas.	150	3628	109	3461	173	815	200	1154
	292	5388	244	5458	357	1820	349	1877

jede Gruppe sowie das Trockengewicht pro Millimeter aufgeführt sind. Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß die Unterschiede zwischen C und D und ebenso die zwischen A und B sehr gering sind, doch daß ein scharfer Gegensatz zwischen A und B einerseits und C und D andererseits besteht:

A, Anzahl der Wurzeln	292;	Gesamtlänge	5388 mm
B, „ „ „	244;	„	5488 „
C, „ „ „	357;	„	1820 „
D, „ „ „	349;	„	1877 „

Wie man sieht, war die Wurzelbildung der beiden unter Null gekühlten Gruppen (A und B), was das Längenwachstum betrifft, fast 3mal so groß wie die in den beiden über Null gehaltenen Gruppen (C und D), obwohl die Zahl der Wurzeln in den letztgenannten Gruppen erheblich größer war. Tatsächlich war aber der Unterschied noch viel größer, denn in den Gruppen A und B waren die Wurzeln dicker und oft schon verzweigt, während die in den Gruppen C und D dünn, durchscheinend und immer unverzweigt waren. Das geht auch aus den Zahlen für das Trockengewicht hervor: dies betrug für A und B insgesamt 5,5mal so viel wie für C und D. Diese Zahlen zeigen weiter, daß die schwersten (dicksten

Tabelle 2.

	Zahl der Wurzeln	Gesamtlänge in mm	Mittlere Wurzellänge	Trockengewicht in mg	Trockengewicht pro mm Wurzel
A. — 5 bis — 13°.					
13 St. Bas. . . .	150	3628	24,2	194	0,054
13 St. Apik. . . .	142	1670	12,4	49	0,028
B. — 1 bis — 2°.					
13 St. Bas. . . .	109	2461	31,8	233	0,067
13 St. Apik. . . .	135	1997	14,8	71	0,036
C. + 2°.					
13 St. Bas. . . .	173	815	4,7	19	0,023
13 St. Apik. . . .	184	1005	5,5	24	0,024
D. + 9°.					
13 St. Bas. . . .	200	1154	5,8	34	0,030
13 St. Apik. . . .	149	723	4,8	22	0,030

und verzweigten) Wurzeln an den basalen Stecklingen der Gruppen A und B auftraten; besonders in B, wo eine verhältnismäßig geringe Zahl schwerer und auch langer Wurzeln vorkam, meistens in der Nähe der Basis. Daran schließt sich die Gruppe A basal, wo zahlreiche, weniger schwere und auch etwas kürzere Wurzeln auftraten. Die übrigen Gruppen weichen, was das Trockengewicht per Millimeter betrifft, nur wenig voneinander ab.

Ein anderer deutlicher Unterschied zwischen den Gruppen A und B einerseits und C und D andererseits liegt darin, daß die basale Callusbildung bei den letztgenannten Gruppen immer ganz fehlte, während sie in den Gruppen A und B, wenn auch in wechselnder Stärke, anzutreffen war. Vergleicht man die Wurzelbildung der basalen Stecklinge mit der der apikalen, so ergibt sich, daß im Durchschnitt die Wurzelbildung der basalen viel kräftiger ist als die der apikalen (Tab. 2) besonders was die Länge der Wurzeln betrifft. Nur die Gruppe C macht hiervon eine Ausnahme.

Abb. 2 zeigt von jeder der 4 Gruppen die beiden Stecklinge mit der kräftigsten Wurzelbildung, nämlich:

A 7, bas. 529 mm; A 8, bas. 693 mm; B 1, bas. 405 mm; B 10, bas. 743 mm; C 2, apik. 145 mm; C 12, bas. 140 mm; D 4, bas. 154 mm; D 8, apik. 128 mm.

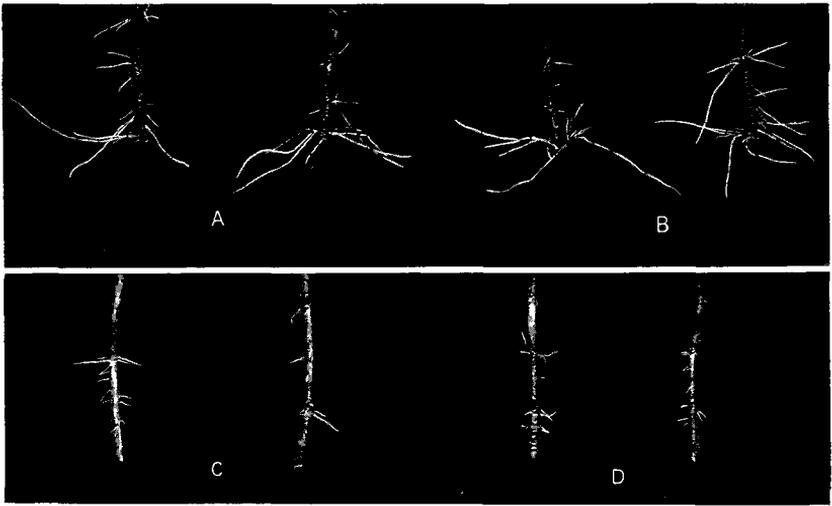


Abb. 2. Bewurzelung entknospter Stecklinge von *Ribes nigrum*. Vorbehandlung bei verschiedenen Temperaturen (siehe Tab. 2). Die Abbildung zeigt von jeder Gruppe die beiden Stecklinge mit der kräftigsten Wurzelbildung.

Abb. 3 zeigt von jeder Gruppe die beiden Stecklinge, die dem Durchschnitt am nächsten kamen, nämlich:

A 4, bas. 242 mm; A 11, bas. 252 mm; B 2, apik. 252 mm; B 8, apik. 219 mm; C 3, bas. 64 mm; C 11, bas. 62 mm; D 3, apik. 53 mm; D 13, bas. 41 mm.

Der Unterschied zwischen A und B einerseits und C und D andererseits ist sehr augenfällig; auch der Callus ist bei verschiedenen Stecklingen von A und B zu sehen.

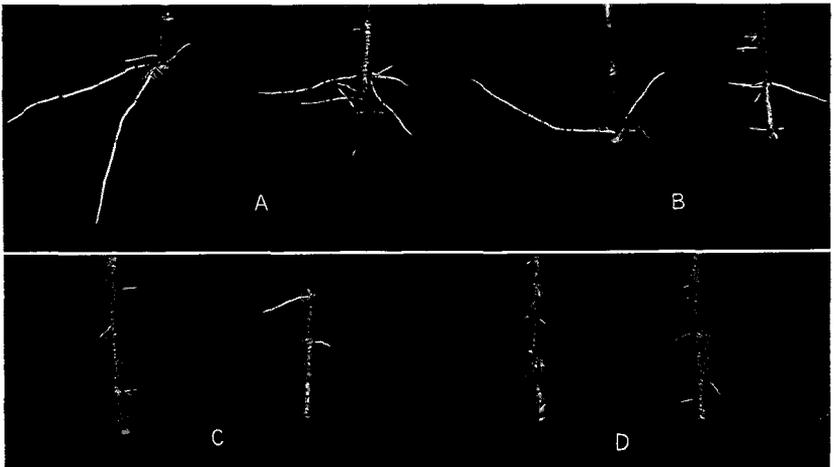


Abb. 3. Wie Abb. 2. Von jeder Gruppe die beiden Stecklinge, deren Bewurzelung dem Durchschnitt am nächsten kam.

Schließlich noch etwas über die Art der Bewurzelung in den Gruppen A und B: Die Gesamtsumme der Wurzellängen ist in beiden Gruppen fast gleich, jedoch besteht ein Unterschied insofern, als in B eine Neigung zu stark basaler Wurzelbildung besteht, d. h. eine Anhäufung der Wurzeln in der Nähe der Basis, während diese bei A mehr zerstreut auftreten. Trotz ziemlich großer Variation sind beide Typen deutlich voneinander zu unterscheiden. Abb. 4 zeigt von beiden Gruppen 4 typische Repräsentanten. Die Stellung der Wurzeln in der Gruppe A ähnelt der in den Gruppen C und D. Auch in anderer Hinsicht steht A den Gruppen D und C näher als die Gruppe B: Die Anzahl der Wurzeln ist in den Gruppen A um etwa 18% größer als in B, nähert sich also in gewissem Grade der größeren Wurzelzahl von C und D. Auch die basale Callusbildung ist bei der Gruppe B im allgemeinen etwas kräftiger als in A.

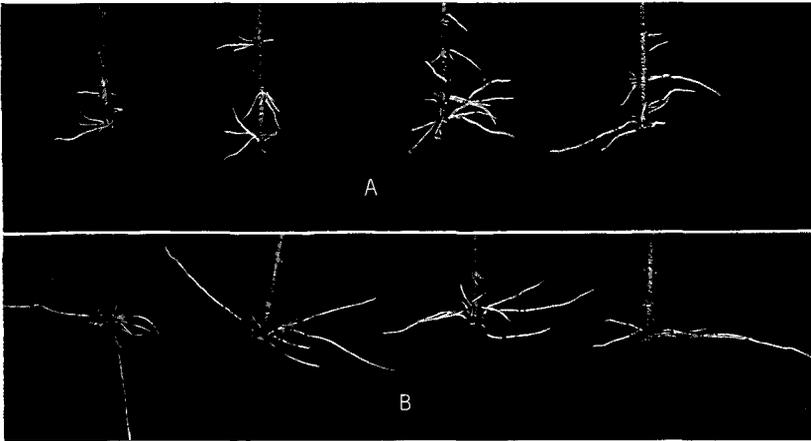


Abb. 4. Vier typische Repräsentanten der Gruppe A (Vorbehandlung -5 bis -13°) und der Gruppe B (Vorbehandlung -1 bis -2°).

Das Ergebnis von diesem Versuch ist also, daß bei diesen zu Beginn der Vegetationsperiode gekühlten Stecklingen (an denen die Knospen entfernt waren) eine Kühlung unter den Gefrierpunkt auf die Wurzelbildung sowohl wie auch auf die Callusbildung stark fördernd gewirkt hat. Die Resultate sind also in diesem Fall viel eindeutiger als in den vorigen Versuchen. Sie weichen auch von den Ergebnissen des vierten Versuches ab, wo eine Kühlung von 0 bis -13° gar keine Förderung der Wurzelbildung zur Folge hatte. Daneben mag noch auf folgendes hingewiesen werden:

Bemerkenswert sind die großen individuellen Unterschiede; zwar wird im allgemeinen die Wurzelbildung durch die Kühlung unter 0° stark gefördert, jedoch gehen die Zahlenwerte für die einzelnen Stecklinge stark auseinander, besonders in den Gruppen A und B: bei 6 Stecklingen ist die Wurzelbildung = 0, was bei C und D in keinem Falle vorkommt. Offenbar waren einige Stecklinge dabei, die diese niedrige Temperatur nicht gut vertragen konnten. Sehr bemerkenswert ist aber, daß die jeweils vom gleichen Zweig stammenden basalen und apikalen Stecklinge häufig gar keine Übereinstimmung zeigen. So ist z. B. die Wurzelbildung von:

A 5, bas. = 0; von A 5, apik. aber kräftig	B 8, bas. = 0; B 8, apik. kräftig
A 13, bas. kräftig; A 13, apik. = 0	B 13, bas. kräftig; B 13, apik. = 0

Daß wir es hier nicht mit einem zufälligen Fehlen von Wurzelanlagen zu tun haben, geht daraus hervor, daß wir in den Gruppen C und D bei allen Stecklingen eine ziemlich große Anzahl von Wurzeln finden. Denselben Mangel an Übereinstimmung zwischen basalen und apikalen Zweigstücken finden wir auch bei den Paaren, wo eines der beiden Stücke eine sehr schwache Wurzelbildung zeigt, z. B. A 4, A 7, B 4. Demgegenüber gibt es andere Fälle, in denen recht wohl Übereinstimmung zwischen beiden Stücken besteht, so z. B. bei A 2, 6, 8, 9, 10, 11, 12, und B 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11. Die große Variabilität macht sich auch beim Vergleich der 4 einander entsprechenden Stecklinge von gleicher Nummer aus den Gruppen A, B, C und D bemerkbar. Berücksichtigt man, daß diese 4 Zweige jeweils von einem Strauch geschnitten und sehr sorgfältig ausgewählt wurden, möglichst gleich stark und dicht bei einander gewachsen waren, dann überrascht die große Ungleichmäßigkeit in der Wurzelbildung.

Eine zweite Versuchsreihe von 5 Versuchen wurde von Oktober 1930 bis Januar 1931 durchgeführt. Für die Kältebehandlung konnte dank des Entgegenkommens von Herrn Prof. *Blaauw*, die Kühlanlage des Instituts für Pflanzenphysiologie benutzt werden.

Versuch 6.

Das Versuchsmaterial wurde in den letzten Tagen des September von den Sträuchern (var. Goliath) geschnitten. Die Zweige wurden genau an der Übergangsstelle vom zwei- zum einjährigen Holz abgeschnitten und ziemlich kühl aufbewahrt, zunächst einige Tage im Freien, dann bei konstanter Temperatur von 9°.

Zu dem Versuch wurden 3 Temperaturstufen gewählt:

I . . . —6 bis —12°; II . . . — $\frac{1}{2}$ °; III . . . +5°.

Die Stecklinge der Gruppe I wurden zunächst vom 1. bis 4. X. bei — $\frac{1}{2}$ ° gehalten. Die eigentliche Kühlung dauerte vom 1. (bzw. 4.) bis 20. X. Jede Gruppe umfaßte 20 Stecklinge, von 10 Zweigen geschnitten, also 10 basale und 10 apikale, alle 25 cm lang. Die basalen Stücke wurden unten gerade abgeschnitten, unmittelbar über den Narben der Knospenschuppen. Alle Stecklinge kamen in einem Gemisch von Sand vom 20. X. bis zum 10. XI. in einen Thermostat von 20°. Am 10. XI. wurde die Wurzelbildung festgestellt:

Gruppe I hatte offensichtlich stark gelitten; es war weder Callus- noch Wurzelbildung eingetreten. Schon im Thermostat waren sie von Schimmel befallen worden, und die Rinde zeigte unter dem Kork keine grüne, sondern eine bleiche oder bräunliche Farbe.

Gruppe III hatte ebensowenig Callus und Wurzeln gebildet, war aber sonst in gutem Zustand.

Gruppe II, basale Stecklinge: 9 von den 10 Stecklingen mit schwacher bis mäßiger Callusbildung; 6 mit Wurzeln, 16 W., Gesamtlänge 267 mm; apikale Stecklinge: 7 ohne oder mit ganz schwachem Callus, 3 mit schwacher Callus- und schwacher Wurzelbildung, 3 W., 44 mm. Das Resultat stimmt also in der Hauptsache mit dem des ersten Versuches überein. Ebenso wie dort wurde auch hier, im Oktober, auf — $\frac{1}{2}$ ° gekühlt. Auch hier zeigte sich dabei eine wenn auch schwache Förderung der Callus- und Wurzelbildung. Hier jedoch tritt sie noch deutlicher zutage infolge der Vergleichsmöglichkeit mit der Gruppe III. Ein Unterschied besteht insofern, als bei Versuch I die Stecklinge bei nicht konstanter Temperatur (15—20°) in Wasser gestellt wurden, während sie hier bei einer konstanten Temperatur von 20° in einem Gemisch von Sand und Torf im Thermostat gehalten wurden. Sand und Torf begünstigt die Wurzelbildung zweifellos stärker als Wasser und feuchte Luft; andererseits ist wahrscheinlich eine Temperatur

von 20° wohl etwas zu hoch für die Wurzelbildung und eine solche von 15—20° günstiger hierfür. Hierzu ist noch folgendes zu bemerken: Es ist möglich, daß die im allgemeinen wenig günstigen Ergebnisse von diesen und den folgenden Versuchen teilweise die Folge davon sind, daß die Temperatur für die Wurzelbildung ein wenig zu hoch war. Der Thermostat war stets auf 20—22° eingestellt. Dies war deshalb nicht zu vermeiden, weil der Thermostat im geheizten Laboratorium stand. Um eine konstante Temperatur zu erhalten, mußte diese einige Grade über der Zimmertemperatur (15—18°) gehalten werden. Es würde jedoch empfehlenswert sein, bei einer Wiederholung dieser Versuche nicht über eine Temperatur von 17—18° zu gehen. Dabei ist aber darauf hinzuweisen, daß auch bei den Versuchen 1—4, wo die Temperatur nicht so hoch war, die Auswirkungen der Kühlung nur gering blieben. Erst beim 5. Versuche ergaben sich ganz eindeutige Resultate.

Hinsichtlich der Gruppe I ist noch auf folgendes hinzuweisen: Bei diesem (und auch einigen folgenden Versuchen) erhält man durchaus den Eindruck, daß die einjährigen Zweige in der Zeit von Oktober bis November so niedrige Temperaturen (— 6 bis — 12°) nicht gut vertragen können. Dagegen zeigte der 5. Kühlversuch, daß die Stecklinge im März derartige Temperaturen (— 5 bis — 13°) nicht nur sehr gut aushalten, sondern unter ihrem Einfluß auch eine Anregung der Regenerationsprozesse empfangen. Die Beobachtungen über die Kälteempfindlichkeit der Stecklinge im Oktober bis November werden leider durch die Schwierigkeiten der Versuchsanstellung etwas beeinträchtigt. Um die Stecklinge diesen niedrigen Temperaturen auszusetzen, wurden sie in oben offenen Glaszylindern in den Solebehälter der Kühlmaschine gehangen. Dabei war es aber schwierig zu vermeiden, daß gelegentlich etwas von der Salzlösung, die stark in Bewegung war, in die Zylinder kam. Ganz abschließen kann man diese natürlich auch nicht. Infolgedessen kamen die Stecklinge bei diesen Versuchen bald mehr, bald weniger mit der konzentrierten Lösung in Berührung. Dies kann selbstverständlich schädlich wirken, und es bleibt daher etwas zweifelhaft, ob die beobachtete Schädigung ausschließlich der niedrigen Temperatur zuzuschreiben ist. Die ganze Einrichtung des Solebehälters macht es schwer, diesen Fehler auszuschalten, was aber bei Wiederholung dieser Versuche unbedingt notwendig ist.

Versuch 7.

Dieser Versuch verfolgte einen doppelten Zweck: 1. In einigen Fällen wurde bei den vorhergehenden Versuchen nach der Kühlung ein etwa 1—2 cm langes Stück an der Basis weggeschnitten, um eine frische Wundfläche zu bekommen. Nun hat es sich später, besonders im 5. Versuch, in der Gruppe B gezeigt, daß die Wurzelbildung häufig ausgesprochen basal auftritt. Die Frage ist nun, ob vielleicht schon während der Kühlung nicht nur eine Mobilisierung, sondern auch ein Transport von Stoffen nach der Basis stattfindet. In diesem Falle würde durch die Entfernung des basalen Endes gerade der Teil entfernt werden, der zur kräftigsten Wurzelbildung befähigt ist. Wenn dagegen der basipetale Stofftransport erst nach der Kühlung eintritt (also während der Bewurzelungsperiode), dann wird es nichts ausmachen, ob vorher ein basales Stück entfernt wird oder nicht.

2. Es sollte nochmals die Bewurzelung von auf $-1/2^\circ$ gekühlten und tiefer (im Solebehälter) gekühlten Stecklingen verglichen werden. Das Versuchsmaterial wurde in derselben Weise entnommen und zugerichtet wie im vorigen Versuch. Zur Verfügung standen 4 Gruppen von je 20 Stecklingen:

- a) $-1/2^\circ$, Stecklinge mit ursprünglicher Basis;
- b) $-1/2^\circ$, nach der Kühlung ein $2 1/2$ cm langes Stück an der Basis weggeschnitten;

c) — 6 bis — 12°, mit ursprünglicher Basis;

d) — 6 bis — 12°, eingekürzt wie bei b.

Gekühlt wurde vom 2. bis 21. X.; die Gruppen c und d wurden erst vom 2. bis 4. X. bei — 1/2° vorgekühlt und dann in den Solebehälter gebracht. Am 10. XI. wurde die Wurzelbildung festgestellt mit folgendem Befund: a) 5 Stecklinge bewurzelt; 13 W., deren Gesamtlänge 109 mm. Diese 5 Stecklinge mit geringer bis mäßiger Callusbildung; die übrigen 15 mit wenig oder ohne Callus. b) 10 Stecklinge bewurzelt, 19 W., Gesamtlänge 270 mm. Von diesen 10 Stecklingen 8 mit geringer bis mäßiger Callusbildung, 2 ohne Callus. Die nicht bewurzelten Stecklinge meist ohne Callus, einige mit schwachem Callus. Es kann also keine Rede davon sein, daß durch die Entfernung des untersten Stückes vom Steckling die Wurzelbildung herabgesetzt wird. In diesem Versuch war sogar die Wurzelbildung bei den eingekürzten Stecklingen etwas stärker. Die 20 abgeschnittenen Basalstücke wurden ebenfalls gesteckt. Die meisten ergaben gar keinen, nur 3 einen sehr schwachen Callus. 5 davon zeigten eine schwache Wurzelbildung: 6 W., Gesamtlänge 58 mm. Was die zweite oben aufgeworfene Frage betrifft, so zeigten auch hier die stark gekühlten Stecklinge keinerlei Callus- oder Wurzelbildung, und sie waren offenbar erfroren. Zwar ist es auch hier nicht absolut ausgeschlossen, daß durch eindringende Salzlösung eine gewisse Schädigung verursacht worden ist, jedoch ist das in diesem Falle sehr unwahrscheinlich. Die Schlußfolgerungen, die aus dem 6. Versuch gezogen wurden, bestehen also wohl zu Recht.

Versuch 8.

Es handelt sich hier um die Frage, ob die Anwesenheit der Knospen während der Kühlung einen Einfluß auf die infolge der Kühlung eintretenden, die Wurzelbildung fördernden Prozesse hat. Zu diesem Zweck wurden vom gleichen Material wie bei den vorigen Versuchen zwei Gruppen von Stecklingen verwendet, jede Gruppe zu 30 Stecklingen. Gruppe a) Knospen an den Stecklingen belassen; b) Knospen entfernt. Diese Stecklinge wurden vom 6. bis 28. X. bei einer Temperatur von — 1 bis — 3° gehalten. Danach wurden auch an den Stecklingen der Gruppe a die Knospen entfernt, und weiterhin wurden alle Stecklinge in der gewöhnlichen Weise gesteckt und in einem Warmhaus untergebracht. Sie blieben dort vom 28. X. bis 27. XI. Am 27. XI. ergab sich folgendes: a) 7 Stecklinge zeigten einige Wurzelbildung, jedoch sehr schwach, 1—5 zarte Würzelchen unmittelbar an der Basis. b) 5 Stecklinge mit sehr schwacher Wurzelbildung: nur 1 mit etwas kräftigerer Bewurzelung, nämlich mit 15 Wurzeln von 3—32 mm Länge. Die Callusbildung ist in beiden Gruppen gering. Es ergibt sich also, daß es gleichgültig ist, ob während der Kühlung an den Stecklingen Knospen vorhanden sind oder nicht. Es zeigt sich außerdem auch hier wieder, daß der Einfluß einer solchen Kühlung (— 1 bis — 3°) im Oktober nur unbedeutend ist.

Versuch 9.

Dieser Kühlversuch wurde im Oktober und November in erweitertem Umfang mit 8 Gruppen von je 20 Stecklingen durchgeführt; a) — 6 bis — 12°; b) — 1 bis — 3°; c) — 1/2°; d) + 1/2°; e) + 5°; f) + 8°; g) + 17 bis + 18°; h) + 25°.

Das Versuchsmaterial entsprach dem der vorhergehenden Versuche. Die Gruppe a wurde erst einige Tage auf — 1 bis — 3° gehalten. Die Kühlung erfolgte in der Zeit vom 13. X. bis 6. XI. Da sich herausstellte, daß die Stecklinge der Gruppe a mehr oder weniger stark mit der Salzlösung in Berührung gekommen waren, wurden sie für einige Zeit in fließendes Wasser gelegt. Dann wurden alle Stecklinge wie gewöhnlich gesteckt, d. h. in einem Sand- und Torfgemisch in

einen Thermostaten von 20° gebracht. Eine 1. Kontrolle wurde am 27. XI., also nach 3 Wochen vorgenommen.

Hierbei erwiesen sich alle Stecklinge der Gruppe a als abgestorben. Von allen anderen Gruppen wurden je 6 Stecklinge herausgenommen; dabei zeigte sich, daß die Bewurzelung noch sehr gering war. Infolgedessen wurde die endgültige Auswertung des Versuches noch um 2 Wochen, bis zum 11. XII., verschoben. Ergebnisse:

b (— 1 bis — 3°), 16 St. ohne Wurzeln und Callus; 4 St. mit Wurzeln: 59 W., 747 mm. Callusbildung bei 2 St. kräftig, bei 2 schwach.

c (— 1/2°), 7 St. ohne Wurzeln und Callus; 13 St. mit Wurzeln: 159 W., 2806 mm. Callusbildung bei 3 St. fehlend, bei den übrigen schwach bis kräftig.

d (+ 1/2°), 7 St. ohne Wurzeln und Callus; 13 St. mit Wurzeln: 120 W. 2263 mm Callus bei 4 von diesen fehlend, bei den übrigen schwach bis kräftig.

e (+ 5°), 11 St. ohne Wurzeln und Callus; 9 mit Wurzeln: 63 W. 916 mm. Callus bei 3 von diesen fehlend, bei den übrigen schwach bis sehr schwach.

f (+ 8°), 20 St. ohne Wurzeln und Callus.

g) (+ 17 + 18°), 15 St. ohne Wurzeln und Callus; 5 St. mit Wurzeln: 23 W. 270 mm. Callus bei 4 von diesen fehlend, bei 1 sehr schwach.

h (25°), 18 St. ohne Wurzeln und ohne Callus; 2 St. mit Wurzeln: 3 W. 18 mm. Kein Callus.

Versuch 10.

Der Versuch ist in der Hauptsache eine Wiederholung der 9. Versuchsreihe, wobei aber die Gruppen g und h ausgelassen wurden; gearbeitet wurde mit 6 Gruppen von je 20 Stecklingen; die Gruppen a—f sowie das Material wie im vorigen Versuch. Am 11. XI. wurden die Gruppen a, b und c auf — 2°, die Gruppen d, e und f auf eine Temperatur von + 8° gebracht; am 12. XI. wurden alle 6 Gruppen auf die oben angegebenen Versuchstemperaturen gebracht. Die Kühlung erfolgte vom 12. XI. bis 3. XII. Dann kamen die Stecklinge bis 7. I. 1931 in Sand und Torf in einen Thermostat von 20°. Ergebnisse:

a (— 6 bis — 12°), die Stecklinge sind anscheinend nicht geschädigt, sehen normal aus; 14 St. ohne Wurzel- und Callusbildung; 6 St. mit Wurzeln: 13 W. 96 mm. Callus fehlend oder sehr schwach.

b (— 1 bis — 3°), 11 St. ohne Wurzel- und Callusbildung; 9 St. mit Wurzeln: 41 W. 1567 mm (10 W. verzweigt).

c (— 1/2°), 17 St. ohne Wurzel- und Callusbildung; 3 St. mit Wurzeln: 10 W. 939 mm (6 W. verzweigt).

d (— 1/2°), 17 St. ohne Wurzel- und Callusbildung; 3 St. mit Wurzeln: 6 W. 389 mm (3 W. verzweigt). Bei 1 von den 3 St. war die einzige vorhandene Wurzel abgebrochen; die Zahl für die Gesamtlänge ist daher zu niedrig. Ebenso wie im vorigen Versuch zeigen die Gruppen c und d vermutlich nahezu übereinstimmendes Verhalten, wobei d wohl eine etwas schwächere Wurzelbildung aufweist.

e (+ 5°), 16 St. ohne Wurzel- und Callusbildung; 4 St. mit Wurzeln, 9 W. 146 mm (1 W. verzweigt).

f (+ 8°), 16 St. ohne Wurzel- und Callusbildung; 4 St. mit Wurzeln, 19 W. 180 mm.

Diskussion der Versuchsergebnisse.

Aus der ersten Versuchsreihe (Herbst 1929 bis Frühjahr 1930) ergab sich, daß die Vorkühlung während der Winterruhe im allgemeinen nur wenig Einfluß auf die Wurzelbildung hat. Im ersten Versuch, unmittelbar nach der Vegetationsperiode war eine zwar geringe fördernde Wir-

kung bei Abkühlung auf wenige Grade unter Null festzustellen. Im 2. und 3. Versuch, mitten in der Winterruhe, war von einer solchen Wirkung überhaupt nichts zu bemerken, aber es ist fraglich, ob in diesen Versuchen die Kühlung ausreichend war, um eine solche Wirkung zu erzielen. Im 4. Versuch, zu dem das Material im Januar abgeschnitten und gekühlt wurde, erhält man den Eindruck, daß mehrtägige Abkühlung auf 0° für die Wurzelbildung günstiger gewesen ist als eine Kühlung auf $+2^\circ$ einerseits und -7 bis -13° andererseits. Erst im 5. Versuch, zu dem das Material in der 2. Hälfte des Februar entnommen und vom 24. III. bis 14. IV. gekühlt wurde, zeigt sich ein sehr deutlicher Gegensatz zwischen den unter und den über 0° gehaltenen Stecklingen. Es handelt sich hier nur um einen Unterschied von wenigen Graden; zwischen der Gruppe b (-1 bis -2°) und c ($+2^\circ$) bestehen aber trotzdem sehr wesentliche Verschiedenheiten: das Trockengewicht der Wurzeln ist bei b genau 7 mal so groß wie bei c. Am Trockengewicht gemessen ist die Wurzelbildung von c ($+2^\circ$) sogar noch geringer als die von d ($+9^\circ$). Daneben ist auf 2 Tatsachen hinzuweisen:

1. Mit der Förderung der Wurzelbildung geht stets auch eine solche der Callusbildung einher; in den Gruppen a und b ist ein schwach bis sehr kräftig entwickelter Callus fast immer vorhanden, während er in c stets vollkommen fehlt.

2. Auch wenn man die Stecklinge lange Zeit viel niedrigeren Temperaturen (-5 bis -13°) aussetzt, so vertragen das jetzt die Stecklinge gut und der Erfolg ist fast derselbe wie bei Kühlung auf nur wenige Grade unter Null: die Wurzelbildung, bezogen auf das Trockengewicht, beträgt bei a $\frac{5}{6}$ von der bei b (s. Tab. 2).

Was die erstgenannte Erscheinung betrifft, daß Callus- und Wurzelbildung im gleichen Maße gefördert werden, so weist dies meines Erachtens darauf hin, daß die kräftige Wurzelbildung in den Gruppen a und b nicht einfach als eine Periodizitätserscheinung aufzufassen ist. Das geht auch daraus hervor, daß die Wurzelbildung in c und d so gering war. Die Callusbildung ist eine Wundreaktion, die in hohem Maße unabhängig ist von der periodischen Entwicklung der Pflanze; auch den Wurzelanlagen kann nach meiner Ansicht keine eigene Periodizität innewohnen. Beide Prozesse werden nun offenbar kräftig durch eine Abkühlung unter den Gefrierpunkt angeregt. Ich möchte annehmen, daß dabei Stoffe mobilisiert werden, die sowohl für die Callus- wie für die Wurzelbildung als Baustoffe dienen. Jedoch ist hiermit nicht gesagt, daß die Periodizität in der Entwicklung der Pflanze hierbei keine Rolle spielt. Vielmehr weisen einige Tatsachen darauf hin, daß dies doch wohl der Fall ist: Wir fanden (Versuch 6, 7 und 9), daß regelmäßig die Stecklinge, die im Oktober auf -6 bis -12° gekühlt worden waren, hierdurch stark gelitten hatten und offenbar erfroren waren; Wurzel-

und Callusbildung war daher auch bei ihnen vollkommen ausgeblieben. Wenn es auch nicht ganz ausgeschlossen ist, daß hierbei bisweilen Beschädigungen durch die Salzlösung mitgespielt haben, so glaube ich doch nicht, daß das vollkommen gleichförmige Bild dieser Versuche darauf zurückgeführt werden kann. Insbesondere im 7. Versuch war nichts davon zu bemerken, daß die Stecklinge mit der Lösung in Berührung gekommen waren. Andererseits sehen wir, daß in den Versuchen 10 (Kühlung November bis Dezember) und 4 (Kühlung im Jan.) keine Beschädigung durch eine Abkühlung auf -12 bis -13° verursacht wurde; in Versuch 5 (Kühlung im März) ergab sich nicht nur keine Schädigung, sondern sogar eine starke Förderung der Regenerationsprozesse, d. h. der Callus- und Wurzelbildung. Ich halte es für wahrscheinlich, daß wir hierin Auswirkungen einer Periodizität zu sehen haben. Es besteht hier eine Analogie zu der von *Müller-Thurgau* [Landw. Jb. 11, 783. (1882)] beschriebenen Erscheinung, daß der Zuckerbildungsprozeß in frischen, im Herbst ausgegrabenen Kartoffeln noch nicht so ausgiebig ist wie im Winter und daß aus diesem Grunde die Kartoffeln z. B. im September nicht so schnell süß werden wie im Januar. Weiterhin ist auf folgendes hinzuweisen: In der ersten Versuchsreihe (Versuch 1—5) beobachteten wir beim Versuch 1 unmittelbar nach der Vegetationsperiode, also in der Vorruhe, eine gewisse Förderung der Wurzelbildung durch Abkühlung auf $1/2^{\circ}$. Im 2. und 3. Versuch, wo die Kühlung in den November und Dezember fiel, fehlte eine solche. Leider kann man hier nicht mit Sicherheit sagen, ob die Kühlung den Versuchsanforderungen ganz entsprach. Im 4. Versuch (Kühlung im Januar) ergab sich, daß eine Abkühlung auf 0 bis -4° die Wurzelbildung begünstigte; eine Temperatur von 0 bis -13° wurde zwar vertragen, jedoch war die Wurzelbildung merklich geringer als in der auf 0 bis -4° gekühlten Gruppe. Im 5. Versuch (Kühlung im März) wurde eine Abkühlung auf -5 bis -13° nicht nur vertragen, sondern die Wurzel- und Callusbildung war in der so stark gekühlten Gruppe nur wenig schwächer als in den auf -2° gekühlten. Bei den auf $+2^{\circ}$ behandelten Stecklingen war dagegen zu dieser Zeit die Wurzelbildung sehr gering, und die Callusbildung blieb ganz aus. Die zweite Versuchsreihe (besonders die Versuche 6, 9 und 10) zeigt, daß auch hier unmittelbar nach der Vegetationsperiode durch Abkühlung auf $-1/2^{\circ}$ eine gewisse Förderung der Wurzel- und Callusbildung zu erzielen war, jedenfalls mehr als durch eine Temperatur von $+5^{\circ}$. Eine 3 Wochen lang einwirkende Temperatur von -6 bis -12° wurde dagegen nicht gut vertragen. Im Versuch 9 sehen wir dann, daß auch eine Temperatur von -6 bis -12° , die in der Zeit vom 13. X. bis 6. XI. einwirkte, nicht vertragen wurde und daß sowohl auf die Callus- wie auf die Wurzelbildung $-1/2^{\circ}$ einen günstigeren Einfluß als -1 bis -3° hatte. Etwas oberhalb des

Gefrierpunktes ($+ \frac{1}{2}^{\circ}$) ist die Wirkung schon schwächer als bei $- \frac{1}{2}^{\circ}$; eine Temperatur von $+ 5$ wirkte jedoch in dieser Zeit günstiger als eine solche von $- 1$ bis $- 3^{\circ}$. Vorbehandlung bei $+ 8$ und $+ 25^{\circ}$ hatte nahezu keine Callus- und Wurzelbildung zur Folge; dagegen traten nach einer Behandlung bei $17-18^{\circ}$ noch einige Wurzeln auf. Im Versuch 10, in dem die Kühlung 1 Monat später erfolgte (11. XI. bis 3. XII.), ist eine deutliche Verschiebung dieser Verhältnisse festzustellen: $- 6^{\circ}$ bis $- 12^{\circ}$ wird jetzt vertragen, 6 Stecklinge bildeten einige Wurzeln, eine Temperatur von $- 1$ bis $- 3^{\circ}$ ist jetzt optimal, die Wurzelbildung ungefähr 2 mal so kräftig wie in Versuch 9. Dagegen ist $- \frac{1}{2}^{\circ}$ viel weniger günstig. Die Wurzelbildung ist im Vergleich zu Versuch 9 auf $\frac{1}{3}$ zurückgegangen; $+ \frac{1}{2}^{\circ}$ und $+ 5^{\circ}$ haben ebenfalls eine viel geringere Wirkung als dort. Wir sehen also, daß im allgemeinen die Wurzelbildung geringer ist als im Versuch 9. Bei den beiden Gruppen mit niedrigsten Temperaturen ist aber eine Zunahme zu beobachten. Bei Temperaturen von $- \frac{1}{2}^{\circ}$ aufwärts ist die Wurzelbildung stark vermindert. Es war leider nicht möglich, diese Versuchsreihe bis zum Ende der Vegetationsperiode fortzuführen. Es ist das deshalb zu bedauern, weil offenbar die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen noch kein einheitliches Bild liefern: Erhalten wir aus der 1. Versuchsreihe den Eindruck, daß der Einfluß der Kühlung sich erst in der Nachruhe und im Beginn der Vegetationsperiode (Versuch 4 und 5) geltend macht, so scheint dies nach der 2. Versuchsreihe schon in Oktober bis November der Fall zu sein. Ich möchte schon hier bemerken, daß in einer 3. Versuchsreihe (Ende Oktober 1931 bis April 1932), über die ich später ausführlich zu berichten gedenke, der Einfluß der Abkühlung ganz allgemein sehr gering war, daß jedoch im Februar und März eine Steigerung der Kältewirkung zu bemerken war. Wenn also auch aus diesen Versuchen noch kein ganz einheitliches Bild zu gewinnen ist, so darf man doch wohl sagen, daß sich deutliche Hinweise dafür ergeben haben, daß die Periodizität der Pflanze in der mehr oder weniger starken Wirkung der Kühlung zum Ausdruck kommt. Weitere Versuche sind notwendig, um hier zu größerer Klarheit zu gelangen, und auch chemische Untersuchungen werden hierbei nicht zu entbehren sein, um nach Möglichkeit auch einen Einblick in die inneren Vorgänge zu gewinnen. Auch abgesehen von der Periodizität ist es meines Erachtens sehr beachtenswert, daß — wie dies im 5. Versuch der Fall war — der Einfluß, den unter normalen Umständen die aufbrechenden Knospen ausüben, in so weitgehendem Maße durch eine Periode der Abkühlung unter den Gefrierpunkt ersetzt werden kann. Dies weist nach meiner Auffassung doch wohl sehr stark darauf hin, daß die Umwandlung von Stärke in lösliche Kohlehydrate auch hierbei eine große Rolle spielt. Doch ist der Prozeß zweifellos viel komplizierter, denn so wesentlich die N-freien

Reservestoffe auch sein mögen, so sind doch auch verschiedene andere Stoffe ebenso unentbehrlich für den Aufbau der Organe, d. h. in unserem Falle die Wurzeln.

Es scheint mir nicht ausgeschlossen, daß bei dieser Mobilisierung auch spezifische organbildende Stoffe eine Rolle spielen. Ich könnte mir vorstellen, daß vielleicht solche morphogenetischen Hormone in äußerst geringen Mengen in den Stärkekörnern festgelegt werden. Wenn das der Fall wäre, dann würden die Stärkekörner nicht nur Reservestoffe in inaktivem Zustand, sondern gleichzeitig auch Träger von morphogenetischen Reizen in latentem Zustand sein, die gleichzeitig mit der Auflösung der Stärke frei werden. Auf diese Weise könnten diese Reizstoffe nur dann zur Wirkung gelangen, wenn gleichzeitig die energieliefernden Stoffe verfügbar werden. Ich möchte diese Hypothese jedenfalls zur Diskussion stellen.
