

Weitere Versuche zur Bewurzelung der Kurztriebsstecklinge von *Pinus radiata*

Von JOCHEN KUMMEROW

Laboratorio de Fisiología Vegetal, Estación
Experimental Agronomica, Universidad de
Chile, Santiago

(Eingegangen im März 1968)

Die Möglichkeiten einer vegetativen Kiefernvermehrung mit Hilfe von Kurztriebsstecklingen sind in jüngster Zeit mehrfach untersucht worden (RUDOLPH und NIENSTAEDT 1964, MERGEN und SIMPSON 1964, KUMMEROW 1966, KUMMEROW und SCHMIDT 1967). Die Resultate waren teils widersprüchlich teils auch entmutigend. Da jedoch *Pinus radiata* D. DON ein für die chilenische Holzwirtschaft außerordentlich wichtiger Baum ist, der zudem ein relativ gutes Bewurzelungsvermögen aufweist, schien es lohnend, die diesbezüglichen Experimente fortzusetzen. Die im folgenden beschriebenen Versuche sollen dazu beitragen, experimentelle Grundlagen für eine Analyse der Ursachen guter bzw. schlechter Bewurzelungsfähigkeit zu schaffen. Damit würde eine der Voraussetzungen für eine erfolgreiche vegetative Vermehrung von *P. radiata* mittels der Kurztriebe geschaffen.

Unser Interesse galt zunächst der Frage nach dem Einfluß, den das Alter der Nadelbündel auf das Bewurzelungsvermögen haben könnte. Frühere Versuche hatten Hinweise auf eine solche Beziehung ergeben. Darüberhinaus sollte geprüft werden, inwieweit individuelle Unterschiede in der Bewurzelungsfähigkeit von Baum zu Baum bestehen. Derartige Beobachtungen finden sich in der Literatur (HYUN 1967). Wenn es sich bei dem spezifischen Bewurzelungsvermögen einzelner Bäume der gleichen Art um eine genetisch fixierte Eigenschaft handelt, sollten die Bewurzelungsprozente der Stecklinge von Individuen eines Klons einheitlich ausfallen oder doch zumindest keine systematischen Schwankungen mehr zeigen.

Material und Methode

Die Nadelbündel stammten von fünfjährigen *Pinus radiata* D. DON der Forstbaumschule der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt der chilenischen Staatsuniversität in Maipo, 15 km westlich von Santiago gelegen. Die Kurztriebe wurden mit dem Daumnagel von den Zweigen abgetrennt und mit dem Basalende etwa 1 cm tief 24 h lang in einer Indolbuttersäure-Lösung (50 mg/l) getränkt. Als Bewurzelungsmedium diente eine 10 cm hohe Schicht groben Sägemehls, das mit einer automatischen Sprüheinrichtung ständig feucht gehalten wurde. Die Gewächshaus-temperatur schwankte zwischen 16 und 28° C. Durch Zusatzlicht in den Morgen- und Abendstunden (Tageslicht-Leuchtstoffröhren und Glühlampen, 3000 Lux in Höhe der Kurztriebe) erhielten die Faszikel das ganze Jahr über 16 h Licht täglich. Die Stecklinge blieben in der Regel 90 Tage in dem Bewurzelungsbett. Frühere Versuche hatten

Vorstehende Arbeit wurde aus Mitteln des Forschungsauftrags Nr. FG-Ch-100-1 des US-Landwirtschaftsministeriums unterstützt (PL 480). Die verwendeten optischen Hilfsmittel stellte die Deutsche Forschungsgemeinschaft zur Verfügung. Herrn Forstingenieur H. SCHMIDT danken wir für seine Hilfe bei der Ausführung der Versuche und Herrn Landw. Ing. RENE CORNEJO für die statistischen Analysen.

ergeben, daß nach dieser Frist nur noch gelegentlich Wurzelbildung erfolgte.

Resultate

1. Der Einfluß des Alters der Nadelbündel auf das Bewurzelungsvermögen

Fünf gleichmäßig gewachsene *P. radiata*, fünf Jahre alt, wurden für den Versuch ausgewählt. An jedem dieser Bäume markierten wir drei Astquirle der unteren, mittleren und oberen Baumabschnitte. Jeder dieser Quirle besitzt 7-9 Zweige. Zu dem Versuch wurden aus einander entsprechenden Internodien jeweils eines Astes aus allen markierten Quirlen bei den fünf Kiefern 40 Kurztriebe entnommen und in der beschriebenen Weise zur Bewurzelung angesetzt. Die Nadelbündel der einzelnen Baumabschnitte unterschieden sich also voneinander durch ihr Alter. Spitzenwärts waren sie bei Versuchsbeginn etwa 9 Monate, in der Baummitte 12 und unten 24 Monate alt. In der Regel beginnen die Kurztriebe von *P. radiata* nach drei Jahren abzusterben. In zweimonatigen Abständen wurde der Versuch wiederholt, wozu wir natürlich die Kurztriebe an den Internodien der folgenden Zweige an den jeweils markierten Astquirilen benutzten. Im Laufe des von März 1966 bis März 1967 durchgeführten Experimentes alterten also alle Kurztriebe um 12 Monate, doch blieb der Altersunterschied zwischen den drei Kurztriebsgruppen immer konstant. Das Versuchsergebnis ist zusammengefaßt in Abb. 1 dargestellt. Mit Ausnahme der Werte vom März

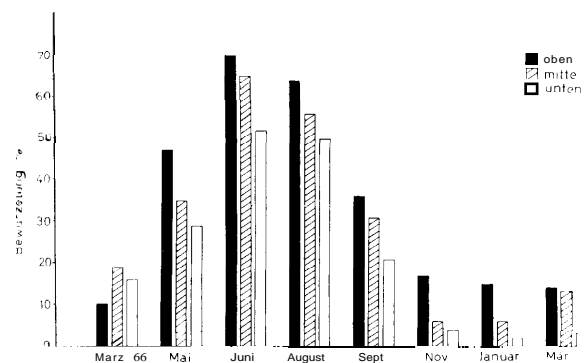


Abb. 1. — Bewurzelung der Kurztriebsstecklinge von *P. radiata*. -- Die drei unterschiedlich dargestellten Säulen eines Monats geben die Mittelwerte der Bewurzelungsprozente der Kurztriebe von Zweigen drei verschiedener Astquirle (oben, mitte, unten) wieder. Es sind Durchschnittswerte von fünf gleichaltrigen und gleichmäßig entwickelten Kiefern. Jede Säule repräsentiert die Bewurzelung von 20 Nadelbündeln. Bei den Wiederholungen in den einzelnen Monaten wurden die Nadelbündel von dem jeweils folgenden Zweige der Astquirle benutzt. Die Differenz zwischen der Bewurzelung der Kurztriebe der oberen und unteren Zweige ist mit Ausnahme der Werte vom März 1966 signifikant ($P=0,05$). Ebenso sind die Ergebnisse der Wiederholungen von Juni und August sowie von Mai und September signifikant von den übrigen Versuchen unterschieden.

1966 zeigt sich, daß die jüngeren Faszikel besser bewurzeln als die älteren. Wir vermuten, daß die Ausnahme vom März 1966 Folge der mangelnden Reife der jüngsten Nadelbündel war, da diese im Bewiirzelungsbett alsbald zu faulen begannen.

Darüber hinaus ist eine deutliche und statistisch signifikante Abhängigkeit von der Jahreszeit zu erkennen. In den Wintermonaten von Mai bis September ergeben sich die höchsten Werte. Die Versuche wurden zwar in einem geheizten und im Sommer schattierten und gut gelüfteten Gewächshaus durchgeführt; eine eigentliche Temperaturkontrolle war aber so nicht möglich. Es können daher die unvermeidlichen Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter zumindest als eine der Ursachen für die Jahresrhythmik der Bewurzelungsfähigkeit angesehen werden.

2. Individuelle Unterschiede in der Bewurzelungsfähigkeit der Kurztriebe bei einzelnen gleichalten *P. radiata*

Schon früher (KUMMEROW, 1966) hatten wir auf die Schwierigkeiten hingewiesen, welche bei der Beurteilung von Bewurzelungsexperimenten daraus entsteht, daß bei gleichalten und morphologisch einheitlichen Bäumen die von diesen gewonnenen Stecklinge sehr ungleichmäßig bewurzeln. Dieses Phänomen sei an folgendem Beispiel demonstriert: 2jährige Kiefern einer Quarzkultur — Samen von Zapfen einer einzigen selektionierten Kiefer — dienten während eines Zeitraumes von 15 Monaten (März 1966 — Juli 1967) als Spender von Nadelbündeln für die Bewurzelungsversuche. In den 15 Monaten wurden 8 Wiederholungen ausgeführt, wobei wir sorgfältig auf das gleiche Alter der Faszikel achteten. In der Tab. 1 sind die Bewurzelungsprozente einiger Bäume wiedergegeben.

Tabelle 1. — Bewurzelungsprozente der Kurztriebstecklinge von acht 2jährigen Kiefern. Kultur dieser Bäume in Gefäßen mit gereinigtem Quarzsand. Trotz identischer Ernährungsbedingungen (Nährlösungen) zeigen die vier Kiefern der Gruppe A während der Monate März bis Oktober höhere Bewurzelungsprozente als diejenigen der Gruppe B. Die Prozentzahlen beziehen sich auf jeweils 16–20 Kurztriebe/Baum.

Baum Nr.	Bewurzelung in %							
	A				B			
	4	24	40	49	21	29	32	45
März	31	50	31	37	12	44	12	50
Juni	81	69	88	62	31	19	56	6
August	56	62	31	25	0	6	0	0
Oktober	25	35	35	30	5	35	10	10
Dezember	19	12	0	0	6	6	0	0
Februar	6	1	2	0	6	0	6	3
April	0	0	0	6	6	0	0	6
Juli	31	87	50	31	12	0	31	6

Die Kiefern der Gruppe A sind in den Wintermonaten hinsichtlich ihrer Bewurzelungsfähigkeit denen der Gruppe B deutlich überlegen. In den Sommermonaten Dezember bis April sind die Werte bei allen Bäumen gleichmäßig niedrig. Selbstverständlich sind die Kulturbedingungen für die Kiefern der Gruppe A und B identisch. Es gibt also bei *P. radiata* gute und schlechte „Bewurzeler“.

Um dieses Phänomen weiter zu untersuchen, wurde folgendes Experiment durchgeführt: Vier bewurzelte Kurztriebsstecklinge eines 11jährigen Ortets wuchsen zu Bäumen aus, die an einer geeigneten Stelle der Forstbauschule ausgepflanzt wurden. Nach dreijähriger Kultur benutzten wir Kurztriebe dieses Klons für unsere Bewurzelungsversuche, die über ein Jahr lang mit acht Wiederholungen ausgedehnt wurden. Das Resultat ist in Abb. 2

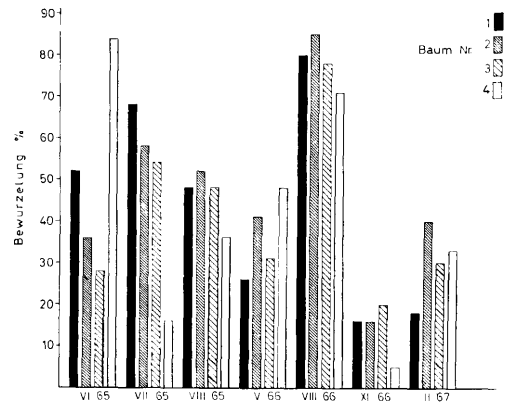


Abb. 2. — Bewurzelung der Kurztriebe von vier Bäumen eines *P. radiata*-Klons. — Jede Säule repräsentiert die Bewurzelungsprozente von 80 Nadelbündeln des Leittriebes. Alter der Kurztriebe im Juni 1965 etwa 10 Monate. Die Nadelbündel wurden bei den vier Kiefern aus einander entsprechenden Strmmabschnitten entnommen. Die Bewurzelungsprozente der Kurztriebe dieser vier Kiefern sind im Durchschnitt der von Juni 1965 bis Februar 1967 durchgeführten Wiederholungen nicht signifikant von einander unterschieden.

dargestellt. Es ergibt sich, daß auch weiterhin individuelle Unterschiede von Baum zu Baum innerhalb eines Klones bestehen, doch zeigt die statistische Analyse der Daten, daß es keine konstant schlechten bzw. guten „Bewurzeler“ unter diesen vier Individuen des Klones mehr gibt. Bei einigen Wiederholungen fallen die Werte sogar erstaunlich einheitlich aus.

Diskussion

Die hier geschilderten Untersuchungen sollen als Grundlage für ein tiefer gehendes Studium der Ursachen guter oder schlechter Bewurzelungsfähigkeit angesehen werden. Der zuerst geschilderte Versuch macht klar, daß zumindest im Falle von *P. radiata* zum Vergleich nur gleichaltrige Kurztriebstecklinge herangezogen werden dürfen. Hiermit findet auch eine früher mitgeteilte Beobachtung über einen Baumabschnitt mit optimaler Bewurzelungsfähigkeit der Kurztriebe (KUMMEROW 1966) eine hinreichende Klärung. Es handelt sich nicht eigentlich um die Nadelbündel eines besonderen Baumabschnittes, sondern die Kurztriebe müssen sich in einem optimalen Alter befinden, um die besten Bewurzelungsprozente zu ergeben.

Der Befund, demzufolge individuelle Unterschiede der Bewurzelungsfähigkeit von Baum zu Baum bestehen, ist keineswegs neu (HYUN 1967). Ein zusätzlicher Beitrag zu diesem Problem ist dadurch gegeben, daß der Rückversuch — Bewurzelung der Kurztriebe eines Klons — relativ einheitliche Werte und vor allem keine systematischen Schwankungen mehr ergibt.

Eine weitere Voraussetzung für die analytische Untersuchung guter bzw. schlechter Bewurzelungsfähigkeit von Stecklingen ist die Notwendigkeit identischer Ernährungsbedingungen der Ortets. Die in Tabelle 1 dargestellten Werte stammen von Kiefern, die von der Keimung an mit kontrollierter Nährlösung in Quarzkultur gehalten werden. Die alle sechs Wochen durchgeführten Nadelanalysen zeigen zwar gewisse individuelle Unterschiede in ihrem Mineralstoffgehalt doch besteht keine Korrelation mit der Bewurzelungsfähigkeit der Kurztriebe. Weitere Studien sollen klären, ob die von HYUN (1967) gefundene Bedeutung des C/N-Verhältnisses auch in unserem Falle gilt.

Zusammenfassung

Bei fünfjährigen *Pinus radiata* ist die Bewurzelungsfähigkeit der Nadelbündel von deren Alter beeinflusst. Am besten bewurzelten 12—24 Monate alte Nadelbündel. Das hohe bzw. niedrige Bewurzelungsvermögen von Kurztriebsstecklingen einzelner Kiefern ist auch unter den identischen Ernährungsbedingungen einer Quarzkultur nachweisbar. Die Kurztriebsstecklinge eines Klons zeigten ebenfalls Schwankungen ihrer Bewurzelungsfähigkeit, doch ließen sich hier keine guten oder schlechten „Bewurzeler“ nachweisen.

Resumen

La capacidad de arraigamiento de los braquiblastos de *Pinus radiata* de cinco años es influenciado por la edad de los fasciculos. El mejor arraigamiento se obtuvo con fasciculos de 12—24 meses de edad. La alta o escasa capacidad de arraigamiento de fasciculos de pinos individuales se mantiene también bajo el regimen controlado de nutrición mineral en cultivo de cuarzo. Las estacas de fasciculos de los pinos de un clon muestran tambien variaciones en su capacidad de arraigamiento. Sin embargo, no se puede comprobar la existencia de buenos o malos „arraigantes“ entre los pinos del clon.

Summary

The rooting capacity of short shoot cuttings of 5-year Monterey pine (*P. radiata*) is influenced by the age of the needle bundles. The highest rooting percentages were obtained from fascicles of 12—24 months. The high or low rooting capacity of the fascicles of individual pines was maintained even under the exactly controlled conditions of the mineral nutrition of a quartz culture. The short shoot cuttings of a clone show variations in their rooting capacity also. However, trees with a constant high or low rooting capacity could not be identified from this clone.

Literatur

HYUN, S. K.: Physiological differences among trees with respect to rooting. XIV. IUFRO-Kongress, München, Bd. III, Section 22-AG22/24, 168—190, 1967. — KUMMEROW, J.: Vegetative propagation of *Pinus radiata* by means of needle fascicles. Forest Sci. 12, 391—398 (1966). — KUMMEROW, J., und SCHMIDT, H.: Das Austreiben der Nadelbündel von *Pinus radiata* unter dem Einfluß von Cytokininen und Umweltfaktoren. XIV. IUFRO-Kongress, München, Bd. III, Section 22-AG22/24, 144—155, 1967. — MERGEN, F., and SIMPSON, B. A.: Asexual propagation of *Pinus* by rooting needle fascicles. Silvae Genet. 13, 133—139 (1964). — RUDOLPH, T. D., and NIENSTAEDE, H.: Rooting, shoot development, and flowering of jack pine needle fascicles. Silvae Genet. 13, 118—123 (1964).

Pollination of Teak (*Tectona grandis* L.)

By KNUD BRYNDUM and TORBEN HEDEGART

Thai-Danish Teak Improvement Center

Lampang, Thailand

(Received for publication December 7, 1967)

1. Introduction

The *Thai-Danish Teak Improvement Center* was started in January 1965 by agreement between the Thai and the Danish governments (KEIDING 1966).

The characteristics of teak flowers and the mechanics of pollination were obviously considered of importance for the improvement work and studies of flowering and pollination were carried out during the flowering season of 1965 and continued the following year.

2. The Teak Flower

Teak in northern Thailand flowers from mid July and flowering continues throughout the rainy season until November.

The flowers are perfect, regular, and normally with 6 leaves in the ring. The corolla is white, it is undivided at the lower half, which forms a tube to which the 6 stamens are fixed. It contains a little nectar. The pistil is composed of an ovary with 4 ovules and a style with a forked stigma. Style and stamens are c. 6 mm long, the diameter of the corolla 6—8 mm.

The flowers appear scattered in large panicles (*fig. 1*). One inflorescence may contain several thousand buds, but not all of these develop during the period of flowering which lasts from 2 to 4 weeks. Generally only a few flowers occur at a time, on good days up to a hundred.

The flower opens a few hours after sunrise. At this time the anthers are flat and no pollen is visible. During the following hour they swell and then fully inflated pollen

grains appear in small quantities. At midday thick belts of pollen have formed round the anthers.

In the evening of the same day or the next morning either the corolla alone together with the anthers or the complete flower falls off.

3. Control of Pollination

31. Isolation

The flower structure necessitates emasculation of every flower prior to isolation. The development of the anther suggests that emasculation and isolation may be carried out for a short period after the flower is fully opened.

The appearance of flowers scattered on the inflorescence means that only one or a few flowers situated near each other can be isolated at a time. Taking advantage of the fact that flowers unfold only in the morning it is also possible to carry out isolation effectively by means of bags covering the whole inflorescence and of such construction that they can be taken off and put on frequently for emasculation, pollination and inspection. Both methods have been applied. *Fig. 1* shows a panicle with small bags isolating single flowers. In *fig. 2* is seen how a complete inflorescence is covered by a large cotton bag stretched over a bamboo skeleton.

In several cases it has been possible to cover two inflorescences from neighbouring trees with one bag (see 413—414).

32. Pollination period

In studies to determine the optimum period for controlled pollination pollen was applied at several stages of the