

selection. These would provide a widely secure and higher gain opportunity for directed selection at a moderate 8.5% loss in aggregate selection differential.

Small populations carry high risks of losing useful alleles by accident and of inducing inbreeding depression in yield. While intercrossing among unrelated individuals for seed production would avoid inbreeding depression, a loss of alleles is difficult to compensate for. Hence, multiple replicates of small populations would eventually require intercrossing among some of them to regenerate genetic variances. Alternatively, the replicates could be selected in a reciprocal recurrent selection system for hybrid performance, but this would still require larger populations to maintain genetic variances.

Conclusion

Multiple populations would have to promise sufficient improvement over single populations to justify their costs. When uncertainty exists in estimating optimum index weights, splitting populations can provide substantial advantages. It has also been proposed by BAKER and CURNOW (1969) that, even when directed towards a single objective, multiple small populations can give greater gains than single populations by selecting and intercrossing among replicates. A heuristically optimal strategy is for tree breeders to manage their gene pools in much the same way that experimental designers allocate test units. If replicate populations are deployed, around points of high expectation, and some populations are deployed more distantly from the expected, some sample will be reasonably close to optimum whatever true σ results. Ordinarily, one would array the sample points to span the major trait variations expected and hence to vary in all n dimensions. Reductions in the dimension of the space the points occupy would also probably reduce the dimensionality of the error surface of b . If the base breeding populations can be crossed and

foundation breeds quickly developed for subsequent commercial seed production, more extreme sampling points can be used. In such cases, the "corners" of the n -dimensional space might be heavily sampled to help assure a large diversity of alleles among the base populations. In slower breeding as is typical for trees, a tighter contour in n space would seem more likely to be optimal for population sampling. In any case, the breeding design should accommodate both the desirable points specified by the breeder and changes in direction that may occur with time. A failure to specify population directions is an abdication of responsibility and is in fact a choice of a b vector made by indirection. While an optimal strategy may not be easily defined, the multiple index selection system provides an opportunity for obtaining immediate genetic gain and for simultaneously accommodating an uncertain future.

Key words: Simultaneous selection, single index selection, multiple index selection, multiple population selection.

Literature Cited

- BAKER, L. H., and CURNOW, R. N.: Choice of population size and use of variation between replicate populations in plant breeding selection programs. *Crop Sci.* 9: 555-560 (1969). — HAZEL, L. N., and LUSH, J. L.: The efficiency of three methods of selection. *J. Her.* 33: 393-399 (1942). — HENDERSON, C. F.: Selection index and expected genetic advance. In: *Statistical Genetics and Plant Breeding*. Ed. by HANSEN, W. D., and ROBINSON, H. F. Publ. No. 982: 141-163, NARS-NRC, Washington, D. C. (1967). — KEMPTHURNE, O., and NORDEKOG, A. W.: Restricted selection indices. *Biometrics* 15: 10-19 (1959). — NAMEKONG, G.: The problem of optimality in multiple trait breeding. *FAO Second World Consultation on Forest Tree Breeding*. FAO, Rome, Vol. 2: 775-781 (1970). — NAMEKONG, G., BARPOUJ, A. C., and HITCHING, R. G.: Evaluating control of wood quality through breeding. *TAPPI* 52: 1935-1938 (1969). — NAMEKONG, G., and MATZING, D. F.: Selection for annual growth curves in *Nicotiana tabacum* L. *Genetics* 51: 377-388 (1975). — WILLIAMS, J. S.: Some statistical properties of a genetic selection index. *Biometrika* 49: 325-337 (1962 a). — WILLIAMS, J. S.: The evaluation of a selection index. *Biometrics* 18: 375-393 (1962 b).

Zur intraspezifischen Variation von *Pinus contorta* auf Versuchsflächen in der Bundesrepublik Deutschland I. Ergebnisse aus der Versuchsserie von 1960/61¹⁾

Von B. R. STEPHAN²⁾

Aus der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg-Reinbek, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung

(Eingegangen Oktober 1976)

Einleitung

Pinus contorta DOUGLAS ex LOUD. besitzt ein außerordentlich großes natürliches Verbreitungsgebiet im westlichen Nordamerika, das sich in Nord-Süd-Richtung vom 64. (Alaska) bis zum 31. Breitengrad (Nieder-Californien) und in West-Ost-Richtung vom 140. (Pazifik) bis zum 105. Grad westlicher Länge (Ostseite der Rocky Mountains) er-

streckt. In vertikaler Ausdehnung kommt die Art von der McCrecksüste bis in Gebirgsregionen über 3300 m ü. NN vor. In diesem geographisch, klimatisch und ökologisch einheitlichen Gebiet ist *P. contorta* Bestandteil der unterschiedlichsten Waldtypen und Pflanzengesellschaften und stockt auf den verschiedensten Bodentypen. Es ist daher nicht verwunderlich, daß *P. contorta* große kontinuierliche und diskontinuierliche geographische Variation zeigt, was in der Vergangenheit zur Beschreibung zahlreicher Taxa führte. Nach der eingehenden Bearbeitung durch CRITCHFIELD (1957) werden innerhalb der Art *P. contorta* 4 Unter-

¹⁾ Herrn Professor Dr. W. LANGNER zum 70. Geburtstag gewidmet.

²⁾ Anschrift des Verfassers: Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Siekerlandstraße 2, D-2070 Großhansdorf-Schmalenbeck.

arten unterschieden, von denen *ssp. contorta* und *ssp. bolanderi* (PARR.) CRITCH. Küstenformen, die beiden anderen Unterarten *ssp. latifolia* (ENGELM. ex WATS.) CRITCH. und *ssp. murrayana* (BALF.) CRITCH. dagegen Inlandformen darstellen. Die Unterarten selbst sind wiederum eigene Formengruppen mit ökologischen Rassen.

P. contorta wurde etwa 1853 oder 1854 nach Europa eingeführt (nach DALIMORE und JACKSON 1966) und selther vor allem in West-, Nord- und Mitteleuropa angebaut. Die ersten Ergebnisse im Hinblick auf eine schnellwüchsige Papierholzbaumart waren so vielversprechend, daß der Anbau insbesondere in Irland, Schottland, England und Skandinavien in den vergangenen Jahrzehnten stark zunahm. Eine zusammenfassende Übersicht über die Ergebnisse des älteren *P. contorta*-Anbaus in Europa findet sich bei EDWARDS (1954, 1955). Berichte über die neueren Provenienzversuche mit *P. contorta* wurden von LINEN (1976 a) herausgegeben.

In Deutschland wurden die ersten Großanbauten um die Jahrhundertwende im Nürnberger Reichswald begründet, doch wurden sie aus nicht näher bekannten Ursachen zum Mißerfolg (nach ROHMEDER und MEYER 1952). Danach wurden zunächst keine größeren Versuche mehr angelegt bis die in Skandinavien erreichten Erfolge und die damit verbundenen günstigen Beurteilungen dieser Baumart (A. F. TIGERSTEDT 1922; C. G. TIGERSTEDT 1927; MITZGER 1928; LINDFORS 1928) um das Jahr 1930 auch in Deutschland neue umfangreiche Anbauversuche anregten. Hervorzuheben sind insbesondere die im Jahre 1931 angelegten bayerischen Versuche (FABRICIUS 1936; ROHMEDER und MEYER 1952) sowie die zur gleichen Zeit in Sachsen begründeten Versuche (JENRSCH 1954). Nach METZGER (1937) bestanden bis zum Jahr 1937 etwa 200 überwiegend im östlichen Deutschland gelegene Anbauten mit zusammen etwa 100 ha. Über die bis etwa 1950 in der Bundesrepublik Deutschland existierenden Anpflanzungen mit *P. contorta* unterrichtet das Inventurergebnis der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft (SCIENCK 1952).

Insgesamt gesehen haben sich die aufgrund der finnischen Ergebnisse in diese Baumart gesetzten hohen Erwartungen in Mitteleuropa nur zum Teil erfüllt. Die Leistung der geprüften Absaaten lag zwar mancherorts über der von Vergleichsbaumarten, doch war das Wachstum auf ärmeren Kiefernböden eindeutig geringer als das von *P. sylvestris*. Ein 30- bis 40jähriger Umtrieb war hier nicht möglich. Hervorgehoben werden allgemein die rasche Jugendwüchsigkeit sowie Resistenz gegen Winterkälte, Frost, Dürre und Schütte (*Lophodermium pinastri*). Allerdings wird auch immer wieder auf starke Verbiß- und Fegeschäden durch Rehwild sowie auf eine besonders große Anfälligkeit für Triebwickler (*Rhyacionia buoliana*) hingewiesen.

In den älteren Anbauversuchen sind nur wenige Provenienzen enthalten, die, soweit ihre Herkunft überhaupt bekannt ist, überwiegend aus dem kanadischen Inland sowie von einigen Stellen des Küstengebietes von Oregon, Washington und British Columbia kommen. Diese Populationen repräsentieren demnach nicht die ganze Variationsbreite von *P. contorta*. Daher sollte der Frage der intraspezifischen Variation bei dieser Baumart erneut nachgegangen und die Wuchsleistung und andere interessierende Eigenschaften bei unterschiedlichen Provenienzen auf Standorten der Bundesrepublik Deutschland geprüft werden.

Durch das Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung werden seit 1960 in 3 Feldversuchsreihen auf 14 Standorten der Bundesrepublik Deutschland (Abb. 1) insgesamt 146 Provenienzen aus dem gesamten Verbreitungs-

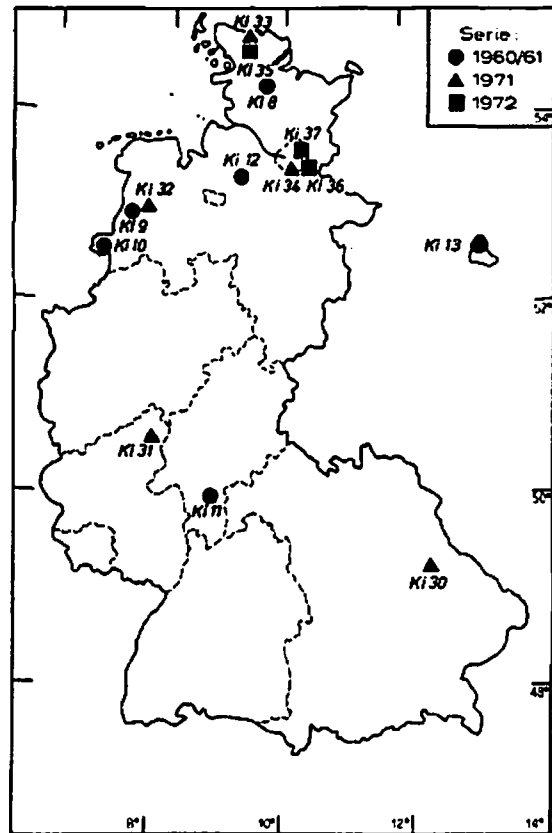


Abb. 1. — Standorte von Provenienzversuchen mit *P. contorta* in der Bundesrepublik Deutschland.

gebiet von *P. contorta* geprüft. In der ersten Serie mit insgesamt 11 Herkünften wurden 1960/61 sechs Versuchsflächen begründet. Über Ergebnisse bis zum Alter 15 bzw. 18 Jahre wird im folgenden berichtet. In einem weiteren Teil werden zu einem späteren Zeitpunkt Ergebnisse aus den Versuchen mit dem 1969/70 ausgesäten umfangreichen IUFRO-Material vorgestellt.

Material und Methoden

Pflanzenmaterial. Angaben über die in der ersten Versuchsserie enthaltenen 11 Herkünfte von *P. contorta* finden sich in Tab. 1. Die Herkünfte entstammen einem Gebiet

Tab. 1. — Herkunftangaben der *P. contorta*-Provenienzen.

SB.-Nr.	Herkunftsbezeichnung	Breitengrad		Längengrad	Höhe u. NN m
		N	W		
2770	Montana, Kootenai Nat. For.	48°25'	115°40'		1460
2771	Wyoming, Bridger Nat. For.	42°30'	110°30'		2740-3050
2772	Br. Columbia, Coombs	49°50'	125°15'		0-150
2773	Washington, Long Beach	46°20'	124°05'		0-150
2774	Br. Columbia, Salmon Arm	50°45'	119°15'		462-610
2775	Oregon, Oakridge	43°50'	122°30'		910-1070
2776	Oregon, Cascade	44°30'	122°22'		760-910
3128	California, Phillips, Eldorado County	38°49'	120°04'		2300
3129	California, Lake Valley	38°55'	120°06'		3100
3130	Br. Columbia, Stuart Lake	54°20'	124°35'		310
3149	Br. Columbia, Hazelton	55°15'	127°45'		460

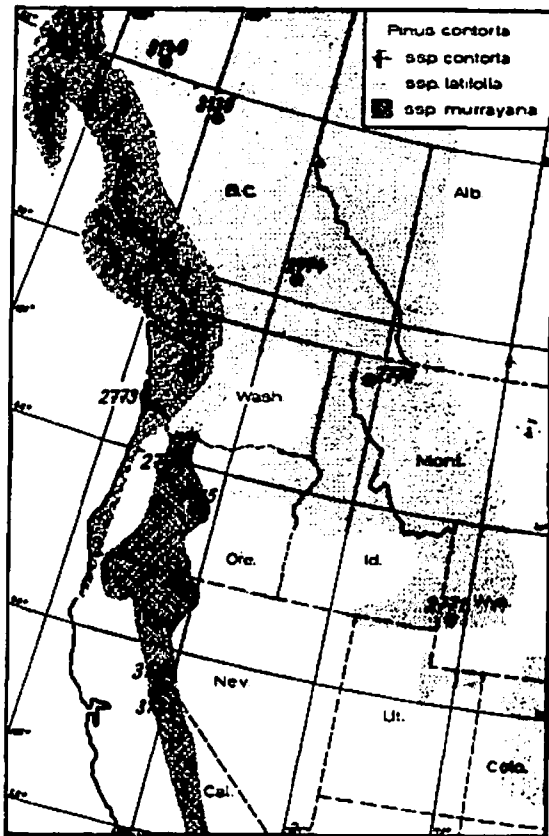


Abb. 2. — Natürliches Verbreitungsgebiet der *P. contorta*-Unterarten (nach Churchfield 1957) und Angabe der in den Provenienzversuchen verwendeten Herkünfte.

zwischen 39° und 55° nördlicher Breite und 110° und 128° westlicher Länge. Dabei handelt es sich um Populationen von der Küste sowie vom Inland. Somit sind in diesem Versuch von den von Churchfield (1957) unterschiedenen 4 Unterarten die folgenden 3 vertreten: *ssp. contorta* mit 2 Herkünften, *ssp. latifolia* mit 5 Herkünften und *ssp. murrayana* mit 4 Herkünften (Abb. 2). Den folgenden Ausführungen liegt die von Churchfield (1957) getroffene Unterteilung der Art zugrunde, obwohl bei einem Vergleich von *P. contorta*-Herkünften innerhalb einer Unterart weitere Gliederungen in Ökotypen erforderlich sein dürften.

Das Saatgut wurde von amerikanischen Samenklengen geliefert bzw. von staatlichen Institutionen zur Verfügung gestellt und in den Jahren 1956/57 eingesammelt.

Anzucht. Die Aussaat erfolgte im Mai 1958 unter praxisüblichen Bedingungen auf Baumschulflächen in Quickborn (Schleswig-Holstein), wo im Frühjahr 1960 die Verschulung eines Großteils der Sämlinge vorgenommen wurde.

Anlage der Feldversuche und Versuchsorte. Mit 2jährigen, nicht verschulten Sämlingen wurde im April 1960 eine Versuchsfläche (Ki 8, FA Rendsburg) angelegt. Weitere 5 Flächen wurden im April 1961 mit 3jährigen verschulten Jungpflanzen begründet.

Ki 8: FA Rendsburg, Rev. Kropp. Geographische Lage: 54° 23' n. Br., 9° 23' ö. L., ca. 15 m ü. NN. Niederschlag im Jahresmittel 941 mm, mittlere Jahrestemperatur 7,8° C. Bodenart: degradiertes Sand. Vollumbruch vor der Pflanzung.

Ki 9: FA Meppen, Rev. Großer Tannenkamp. Geographische Lage: 52° 49' n. Br., 7° 21' ö. L., 31 m ü. NN. Niederschlag im Jahresmittel 727 mm, mittlere Jahrestemperatur 8,6° C. Bodenart: zum Teil dünenartige Übersandungen, zum Teil Geschiebedecksand mit Stein- und Lehmgehalt. Vollumbruch vor der Pflanzung.

Ki 10: FA Nordhorn, Gemarkung Itterbeck. Geographische Lage: 52° 31' n. Br., 6° 45' ö. L., ca. 34 m ü. NN. Niederschlag im Jahresmittel 729 mm, mittlere Jahrestemperatur 8,3° C. Bodenart: reife Podsole auf sandiger Grundmoräne, begrabene alte humose Horizonte. Vollumbruch vor der Pflanzung.

Ki 11: FA Seligenstadt, Staatswald Nieder-Roden. Geographische Lage: 50° n. Br., 8° 53' ö. L., 130 m ü. NN. Niederschlag im Jahresmittel 654 mm, mittlere Jahrestemperatur 10,0°. Bodenart: Sandboden. Vornutzung als Acker. Vollumbruch vor der Pflanzung. Spätfrostgefahr.

Ki 12: FA Harsefeld, Gemarkung Hepstedt. Geographische Lage: 53° 16' n. Br., 9° 08' ö. L., 05 m ü. NN. Niederschlag im Jahresmittel 711 mm, mittlere Jahrestemperatur 8,3° C. Bodenart: silikatarmer Sand, Heidefläche. Die massive Ortsteinschicht in 80 cm Tiefe wurde vor der Pflanzung durch Tiefpflügen durchbrochen.

Ki 13: FA Berlin-Tegel, Rfö. Jungfernheide. Geographische Lage: 52° 33' n. Br., 13° 15' ö. L., 33 m ü. NN. Niederschlag im Jahresmittel 596 mm, mittlere Jahrestemperatur 8,4° C. Bodenart: Typischer Berliner Sandboden mit hohem Feinerdeanteil im Oberboden. Vollumbruch und Gründung auf einem Teil der Fläche, sonst nur plätzwweise Bodenbearbeitung.

Die einzelnen Versuchsflächen wurden mit jeweils 9 der insgesamt 11 Herkünfte bepflanzt, wobei 7 Herkünfte auf allen 6 Flächen, je eine auf 5 bzw. 3 Flächen und 2 auf 2 Flächen vertreten sind (Tab. 2).

Versuchsplan: auf allen Flächen einheitlich als 3 × 3 balanciertes Gitter in 4 Wiederholungen. Parzellengröße: 5 × 10 Pflanzen. Pflanzabstand: 1,0 × 0,5 m. Größe der einzelnen Versuchsflächen 0,1225 ha.

Durchforstung. Im Herbst 1966 wurde auf allen Flächen mit Ausnahme von Ki 9 schematisch jede 2. Pflanze gelütert, so daß die verbleibenden Bäume „auf Lücke“ standen. Bei der erforderlichen 2. Durchforstung wurden 1970/71 in jeder Parzelle die 2. und 4. Reihe entfernt. In den Versuchen Ki 11 und Ki 12 wurde 1972 eine 3. forstübliche Durchforstung in den dichtstehenden Reihen an den Parzellengrenzen notwendig.

Gemessene und bonitierte Merkmale. Messungen bzw. Bonituren betrafen die Pflanzenhöhe, das Dickenwachstum, die Pflanzenausfälle sowie die Schädigungen durch Triebwickler-Befall.

Höhenmessungen: 1961 (4jährig), 1963 (6jährig), 1966 (9jährig), 1969 (12jährig), 1972 (15jährig).

Dickenwachstum (BHD): 1972 (15jährig).

Die für 1972 vorgesehenen Höhen- und BHD-Messungen konnten auf der Fläche Ki 13 erst 1975 nachgeholt werden. Zu Vergleichszwecken wurde die Höhe auf das Jahr 1972 zurückgerechnet. Auf der Fläche Ki 9 wurde wegen der geringen Wüchsigkeit der BHD nicht ermittelt.

Um einen ungefähren Überblick über die durch den Triebwickler verursachten Schäden und Deformationen zu erhalten, wurde im Winter 1975/76 an den inzwischen 18-jährigen Bäumen das durch den Schädling beeinflusste Verhalten nach folgendem Schema bonitiert:

Tab. 2. — Höhen- und Dickenwachstum sowie Prozensatz der bis 1975 noch verbliebenen Bäume bei *P. contorta*-Herkünften an 6 Versuchsorten.

SB.-Nr.	Versuchsort:						KI 8			KI 9			KI 10			KI 11			KI 12			KI 13			
	Höhe 15-jährig		BHD V. B. *)		%		Höhe 15-jährig		BHD V. B. *)		%		Höhe 15-jährig		BHD V. B. *)		%		Höhe 15-jährig		BHD V. B. *)		%		
	1972	1975	1972	1975	1972	1975	1972	1975	1972	1975	1972	1975	1972	1975	1972	1975	1972	1975	1972	1975	1972	1975	1972	1975	
	%	Rang	%	Rang	%	Rang	%	Rang	%	Rang	%	Rang	%	Rang	%	Rang	%	Rang	%	Rang	%	Rang	%	Rang	
<i>spp. contorta</i> (Küstenform)																									
2772	115	3	69	19	58	117	2	73	24	111	4	76	9	106	4	59	18	104	4	66	17				
2773	121	1	66	14	59	121	1	67	23	126	1	72	15	123	1	67	23	107	1	58	23				
Σ	123		68	16	58	119		70	24	119		74	12	115		63	21	108		62	20				
<i>spp. latifolia</i> (Inlandform)																									
2770	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2771	86	7	47	18	60	104	5	61	22	93	5	59	13	102	5	56	25	103	5	56	26				
2774	173	2	63	18	57	114	3	64	21	117	3	71	17	114	2	63	20	106	3	54	26				
3120	113	4	58	20	56	112	4	67	26	118	2	75	16	108	3	62	15	107	1	61	21				
3149	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Σ	168		56	19	58	102		60	23	102		64	17	98		55	20	101		53	23				
<i>spp. murrayana</i> (Inlandform)																									
2775	99	5	56	21	58	95	7	62	24	89	7	58	13	92	7	56	20	93	9	50	25				
2776	91	6	48	12	58	98	6	65	24	92	6	64	14	88	8	53	18	97	6	55	16				
3128	63	9	41	15	56	62	9	44	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3129	78	8	46	7	—	—	—	—	—	77	8	54	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Σ	83		48	14	57	85		57	24	88		59	15	91		55	19	94		53	21				
Σ (cm)	453		183		457			547		543		64		543		56		420		53					
Σ (mm)	54		16		58			61		24		64		15		20		20		20					
Σ (%)																									

*) Verbliebene Bäume in % (Stand 1975).

1 = keine auf Triebwickler zurückzuführenden Deformationen; 2 = Verkrümmungen bzw. Posthornbildung; 3 = Zwieselbildung nach Absterben des Haupttriebes.

Bei Bewertung der letztgenannten Gruppe war die Ursache der Zwieselbildung nicht in jedem Fall zweifelsfrei auf Triebwickler-Befall zurückzuführen. Bei gleichzeitigem Auftreten der Stufen 2 und 3 wurde der jeweilige Baum der Gruppe 3 als der Stufe mit dem stärkeren Befall zugeordnet.

Versuchsauswertung. Aus verschiedenen Gründen konnten die Versuche nur als vollständig randomisierte Blockversuche mit 4 Wiederholungen ausgewertet werden. Wenn nicht anders angegeben, wurde vom Parzellenmittelwert ausgegangen. Die Daten wurden varianzanalytisch verrechnet, wobei die hierbei berücksichtigten Varianzursachen den einzelnen Tabellen zu entnehmen sind. Zwischen den Merkmalen Pflanzhöhe und BHD wurden auch Korrelationen und Regressionen untersucht.

Ergebnisse

I. Wuchsleistung

Angaben über das Höhen- und Dickenwachstum der 11 *P. contorta*-Herkünfte bis zum Alter 15 finden sich nach Versuchsorten geordnet, in Tab. 2. Die Höhenentwicklung ist in Abb. 3 dargestellt. Im Höhenwachstum bestehen signifikante Unterschiede sowohl zwischen den Herkünften als auch zwischen den einzelnen Versuchsorten. Die herkunftsbedingten Unterschiede in der Wuchsleistung tragen in Abhängigkeit vom jeweiligen Versuchsort mit etwa 72 bis 95% zur Gesamtvarianz bei (Tab. 3). Die Restvarianzen sind demgegenüber relativ gering. Gute Übereinstimmung besteht zwischen den einzelnen Rangfolgen der Herkünfte, trotz der großen Unterschiede in der Wuchsleistung an den einzelnen Versuchsorten.

Auf der Versuchsfläche mit dem im Mittel besten Wachstum (KI 11, FA Seligenstadt) haben die wüchsigsten Herkünfte im Alter 15 Höhen von etwa 7 m bei einem BHD von über 70 mm erreicht. Im Vergleich hierzu sind auf der Versuchsfläche mit dem geringsten Zuwachs (KI 9, FA Meppen) die Bäume erst um 2 m hoch. Diese starke Abhängigkeit der allgemeinen Wuchsleistung vom Anbauort drückt sich deutlich in der hohen Varianzkomponente von 74% aus (Tab. 4).

Von Interesse ist das Verhalten der *P. contorta*-Herkünfte auf den Flächen KI 9 (FA Meppen) und KI 13 (FA Berlin-Tegel), da sich hier bis auf die Unterschiede zwischen den Wiederholungen im Hinblick auf die Merkmale Höhe und BHD keine signifikanten Herkunftsunterschiede ergeben haben (Tab. 3). Am Versuchsort KI 9 handelt es sich um einen ausgesprochen armen Standort, der bei allen Herkünften nivellierend auf das Wachstum eingewirkt haben muß. Hinzu kommt sehr starker wiederholter Befall der Bäume durch Triebwickler. Für den Versuchsort KI 13 lassen sich die Gründe für die nicht nachweisbaren Herkunftsunterschiede im Höhenwuchs und die signifikanten Unterschiede zwischen den Wiederholungen sowie die mit 75% außerordentlich hohe Restvarianz vermutlich mit der ungleichmäßigen Vorbehandlung des Bodens erklären. Auf einem Teil der Fläche war Gründüngung vorgenommen worden, während der übrige Teil unbehandelt blieb. Diese abweichenden Vorbedingungen haben sich offenbar noch bis zum Alter 18 auf das Wachstum der Bäume ausgewirkt. Hiervon ist auch das Dickenwachstum betroffen, bei dem sich an diesem Versuchsort ebenfalls keine gesicherten Herkunftsunterschiede nachweisen ließen (Tab. 3).

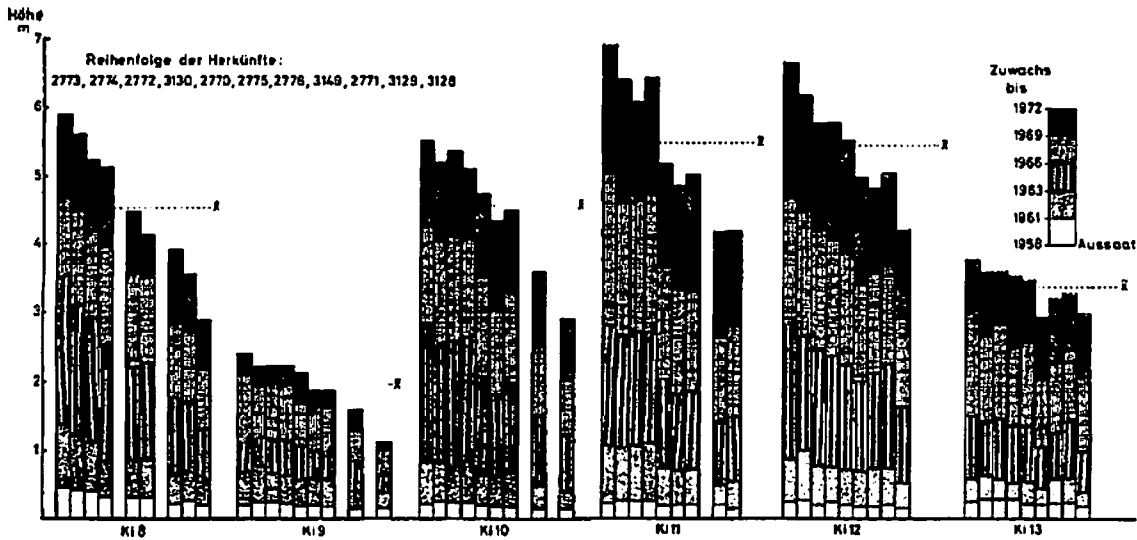


Abb. 3. — Wuchsleistung von 11 *P. contorta*-Herkünften an 6 Versuchsorten bis zum Alter 15 Jahre. (Die bei KI 13 für 1972 eingetragene Wuchshöhe wurde nach den Werten von 1975 errechnet.)

Tab. 3. — Varianzanalyse des Höhen- bzw. Dickenwachstums von *P. contorta* (Alter 15) an 6 Versuchsorten.

Versuchs-ort	Ursache: Wiederholung		Varianz-kompon.		Herkünfte		Varianz-kompon.		Rest		Varianz-kompon.	
	FG	F-Wert	abs.	%	FG	F-Wert	abs.	%	FG	abs.	%	
Pflanzenhöhe												
KI 8	3	2,08	160,0	2	8	14,62*	9430,8	80	24	1229,5	12	
KI 9	3	4,20*	120,6	7	8	4,36	1198,0	72	24	339,0	21	
KI 10	3	1,66	29,7	0	8	47,68**	7793,4	95	24	399,8	3	
KI 11	3	2,39*	160,2	2	8	19,92*	9576,2	83	24	804,3	8	
KI 12	3	1,75	73,9	1	8	14,81*	5345,0	85	24	882,5	14	
KI 13*)	3	3,95*	406,8	25	8	0,66	—	—	24	1240,2	75	
BHD												
KI 8	3	1,23	3,0	1	8	4,88	74,7	54	24	62,3	45	
KI 10	3	2,62	2,0	2	8	12,82*	87,7	87	24	11,3	11	
KI 11	3	0,19	—	—	8	45,71**	82,3	68	24	38,2	32	
KI 12	3	0,11	—	—	8	69,21**	48,0	65	24	25,1	25	
KI 13*)	3	2,70	8,1	14	8	1,27	7,9	14	24	42,8	72	

Signifikanzen: * = 5%; ** = 1%.
 *) Auf der Grundlage der Messungen von 1975 (Alter 18).

Tab. 4. — Varianzanalytischer Vergleich des Höhen- bzw. Dickenwachstums von *P. contorta*-Herkünften (Alter 15) zwischen verschiedenen Versuchsstandorten.

Ursache	Pflanzenhöhe				BHD			
	FG	F-Wert	Varianz-komponente abs.	%	FG	F-Wert	Varianz-komponente abs.	%
Wiederholung	15	2,58**	161,9	1	12	0,97	0	0
Versuchsorte	4	6,00*	17952,3	74	3	0,35	0	0
Herkünfte	6	27,12***	4844,8	19	6	18,33***	57,57	59
Vers.Orte x Herk.	24	5,17***	748,2	3	18	1,48	4,29	4
Rest	90	—	716,9	3	72	—	38,00	37

Signifikanzen: * = 5%; ** = 1%; *** = 0,1%.

Wie in der Pflanzenhöhe bestehen auch hinsichtlich des Dickenwachstums der Bäume mit Ausnahme von 2 Versuchsorten signifikante Herkunftsunterschiede, doch sind die Restvarianzen weit höher als für das Höhenwachstum (Tab. 3). Die Variation dieses Merkmals wird demnach in stärkerem Maß durch nicht näher ermittelte Ursachen beeinflusst. Für dieses Merkmal ergeben sich keine gesicherten

Unterschiede zwischen den Versuchsorten (Tab. 4).

Bei einem Vergleich zwischen den Wuchsleistungen der einzelnen Herkünfte und ihren geographischen Daten deuten sich für *P. contorta* Abhängigkeiten von diesen Variablen an. Diese wurden jedoch nicht im einzelnen untersucht, da sie offensichtlich bei dieser Kiefernart durch die starke intraspezifische Variation überdeckt werden. Grup-

piert man nämlich die 11 Herkünfte nach ihrer Unterarten-Zugehörigkeit, so zeigt sich an allen Versuchsorten eine deutliche Wuchsüberlegenheit der *ssp. contorta*-Provenienzen von 6–23% über den jeweiligen Versuchsmittelwerten (Tab. 2). Die Herkünfte der *ssp. latifolia* zeigen eine mittlere Wuchsleistung, doch kann die Variation zwischen einzelnen Populationen mit Wuchsunterschieden von bis zu 40% sehr groß sein. Die Provenienzen aus dem mittleren Verbreitungsgebiet der Unterart sind im vorliegenden Fall günstiger zu beurteilen als solche von weit nördlichen (SB-Nr. 3149, British Columbia) oder von weit südlichen Gebieten (SB-Nr. 2771, Wyoming). Letztere Herkunft stammt außerdem aus einer Gebirgslage um 3000 m. Die in den Versuchen vertretenen *ssp. murrayana*-Herkünfte schließlich zeigen um 10–20% unter den Versuchsmittelwerten liegende Wuchsleistungen. Der Brusthöhendurchmesser weist bei allen Herkünften der 3 Unterarten die gleiche Tendenz auf, indem Küstenherkünfte einen im Mittel größeren BHD-Wert haben als Inlandherkünfte.

Die Mittelhöhe der wüchsigsten Herkunft lag im Alter 6 (1963) an allen Versuchsorten um etwa den Faktor 2 über der Mittelhöhe der unwüchsigsten Herkunft. Im Verlauf der folgenden Meßintervalle nahm dieser Wert kontinuierlich ab. Im Alter 15 sind die wüchsigsten Herkünfte im Mittel nur noch um den Faktor 1,8 größer. Während der letzten 6 Jahre ließ sich bei Küstenherkünften eine geringe Abnahme im Zuwachs und bei einigen Inlandherkünften eine gewisse Zunahme feststellen. Am Versuchsort Ki 13 (FA Berlin-Tegel) mit seinem kontinentalen Klima haben im Alter 18 Jahre Inlandherkünfte der *ssp. latifolia* die Küstenherkünfte im Wachstum bereits ein- und zum Teil sogar überholt (Tab. 2, Abb. 3).

Zwischen den im Alter 15 (1972) gleichzeitig erhobenen Höhen- und BHD-Werten ließen sich Korrelationen mit errechneten Werten von $r = 0,48$ bis $0,90$ nachweisen, die die enge Beziehung zwischen diesen beiden Merkmalen bestätigen (Tab. 5). Den Berechnungen wurden die Meßwerte der Einzelbäume zugrundegelegt. Die zu errechnenden Regressionen zeigten zwischen den einzelnen Herkünften auf den meisten Versuchsflächen einen nahezu parallelen Verlauf. Sehr starke Interaktionen waren nur am Versuchsort Ki 13 zu verzeichnen, vermutlich infolge der bereits geschilderten unterschiedlichen Gegebenheiten.

Untersuchungen über Formeigenschaften und andere äußere Holzmerkmale wurden bisher nicht durchgeführt, obwohl sie für eine Beurteilung der Herkünfte als zusätzliches Kriterium zum Höhen- und Dickenwachstum von be-

Tab. 5. — Korrelationen zwischen Pflanzenhöhe und Brusthöhendurchmesser bei *P. contorta*-Herkünften im Alter 15 (1972). (Alle Werte sind signifikant bei 0,1%).

Versuchsort: SB.-Nr.	Ki				
	Ki 8	Ki 10	Ki 11	Ki 12	Ki 13*)
<i>ssp. contorta</i> (Küstenform)					
2772	0,82	0,75	0,81	0,79	0,70
2773	0,78	0,68	0,48	0,70	0,73
<i>ssp. latifolia</i> (Inlandform)					
2770	—	0,77	0,64	0,61	0,72
2771	0,88	0,83	0,72	0,84	0,93
2774	0,72	0,51	0,65	0,77	0,54
3130	0,60	0,74	0,77	0,68	0,75
3149	—	—	—	0,90	0,85
<i>ssp. murrayana</i> (Inlandform)					
2775	0,81	0,70	0,76	0,83	0,82
2778	0,89	0,83	0,76	0,90	0,81
3128	0,77	0,88	—	—	—
3129	0,60	—	0,85	—	—

*) r - Werte auf die Messungen im Alter 18 (1975) bezogen.

sonderer Bedeutung sind. Die Schaftform war jedoch in den meisten Fällen durch Triebwickler-Schädigungen so stark beeinflußt, daß eindeutige Formbonituren nicht möglich waren. Es bleibt abzuwarten, inwieweit diese Deformationen in den kommenden Jahren überwachsen werden. Die für *P. contorta* vielfach festgestellte schlechte Astreinigung bestätigt sich auch in der vorliegenden Versuchserie.

2. Pflanzenausfälle

Innerhalb der Versuchsserie war die Mortalität bis zum Alter 9 Jahre (1966), dem Zeitpunkt der ersten Durchforstung, gering und betrug auf den einzelnen Versuchsflächen im Mittel zwischen 1 und 10%. Signifikante Unterschiede zwischen Herkünften bzw. Versuchsorten waren nicht nachweisbar. Eine gewisse Ausnahme stellte hierbei die Fläche Ki 8 (FA Rendsburg) mit der bis zum Alter 9 höchsten Mortalität (10%) dar, die möglicherweise darauf zurückgeführt werden kann, daß diese Fläche ein Jahr vor den anderen mit 2jährigen nicht verschulten Sämlingen begründet wurde. Auf dieser Fläche hatten die beiden kalifornischen Gebirgsherkünfte (SB-Nr. 3128 und 3129) mit 18% bzw. 25% besonders hohe Ausfälle.

Der nach den Durchforstungen von 1966 und 1971 einschließlich der weiteren Ausfälle verbliebene prozentuale Baumbestand im Alter 18 (1975) ist aus Tab. 2 zu ersehen. Aufgrund der unterschiedlich starken Durchforstungsmaßnahmen an den einzelnen Versuchsorten ist ein Vergleich zwischen den Herkünften nur innerhalb einer Versuchsfläche möglich. Auf den gutwüchsigen Versuchsflächen (Ki 8, Ki 10, Ki 11 und Ki 12) war nach den Durchforstungen die Zahl der Bäume theoretisch auf 20–25% der ursprünglich gepflanzten Bäume reduziert worden. Die Werte für die tatsächlich noch vorhandenen Bäume liegen auf den genannten Flächen zwischen 15 und 23%. Betrachtet man die Versuchsorte getrennt, so zeigen sich herkunftsbedingte Unterschiede, die aber weder auf den einzelnen Flächen noch bei einem Vergleich mehrerer Flächen eine bestimmte Tendenz erkennen lassen. Auch zwischen den 3 Unterarten zeigte sich hierin kein unterschiedliches Verhalten.

Als Ursachen für die Mortalität können verschiedene Faktoren angeführt werden. So hat sicherlich die große Trockenheit während der letzten Vegetationsperioden extreme Bedingungen geschaffen. Auf einigen Flächen haben zudem Borkenkäfer-Kalamitäten zu nesterweisem Absterben von Bäumen geführt. Des weiteren ist auf einer Versuchsfläche (Ki 8, FA Rendsburg) eine noch näher zu untersuchende, krebserregende Pilzart am Abgang von Bäumen beteiligt. Ohne Einfluß auf die Mortalität scheinen dagegen Frost, Kiefernscütte und Triebwickler-Befall gewesen zu sein.

3. Schädigungen durch Triebwickler-Befall

Da für den Anbau von *P. contorta* ihre starke Anfälligkeit für den Triebwickler von besonderer Bedeutung ist, wurde das Verhalten der in dieser Versuchsserie vertretenen Herkünfte überprüft. Durch Triebwickler-Befall verursachte Schäden wurden erstmals 1975 an den 18jährigen Bäumen bonitiert. Dies erfolgte demnach zu einem Zeitpunkt, zu dem die Bäume der besonders anfälligen Phase zwischen dem 3. und 12. Jahr (SCHWERDTFEGER 1970) bereits entwachsen waren. Daher wurde nicht der aktuelle Befall des Jahres 1975, sondern die Auswirkungen früherer Befallsjahre bonitiert. Diese Erhebungen können so mit Fehlern behaftet sein, geben aber dennoch einen Überblick über den Umfang der Schädigungen je Herkunft, Unterart bzw.

Versuchsfläche (Tab. 6). Unberücksichtigt blieb in dieser Zusammenstellung die Versuchsfläche Ki 9 (FA Meppen) mit wiederholtem Befall, so daß alle Bäume starke Deformationen, Zwieselbildungen und buschiges Wachstum an den Triebenden zeigen. Die folgenden Ausführungen basieren daher auf den Ergebnissen von 5 Versuchsflächen. Auch auf ihnen liegt mit 58—82% der prozentuale Anteil geschädigter Bäume sehr hoch. Lediglich die südlichste Versuchsfläche Ki 11 (FA Seligenstadt) weist mit 36% vergleichsweise wenige geschädigte Bäume auf.

Hinsichtlich des Anteils an Bäumen mit Triebwickler-Schäden zeichnen sich deutliche Unterschiede zwischen Herkünften bzw. zwischen Standorten ab. Im Verhalten der einzelnen Herkünfte fällt eine oft starke Variation zwischen den Versuchsflächen auf, so daß schwacher Befall an einem bestimmten Standort nicht eine generell geringere Anfälligkeit der betreffenden Herkunft anzeigt. Eine Ausnahme hiervon scheint die zur ssp. *latifolia* gehörende Inlandherkunft aus Wyoming (SB-Nr. 2771) zu sein, die an allen 5 Versuchsorten einen weit unter dem Versuchsmittelwert liegenden Anteil geschädigter Bäume aufweist (Tab. 6). Die im Vergleich zu anderen Herkünften relativ geringen Schadensprozente zwischen 18 und 61% könnten auf eine geringere Anfälligkeit dieser Provenienz zurückzuführen sein.

Gruppiert man die Herkünfte nach ihrer Zugehörigkeit zu den *P. contorta*-Unterarten, so haben die Küstenherkünfte der ssp. *contorta* an fast allen Versuchsorten einen weit über dem Versuchsmittelwert liegenden Prozentsatz geschädigter Bäume. Die Inlandsherkünfte der beiden anderen Unterarten ssp. *latifolia* und ssp. *murrayana* unterscheiden sich nur wenig.

Hinsichtlich des Schadentyps ist festzustellen, daß der Triebwickler-Befall in den meisten Fällen zu einer Deformation der Stämme mit dem Extremfall der „Posthornbildung“ geführt hat (Tab. 6, Bonitierungsstufe 2). Weniger oft kam es zur Zwieselbildung. Hervorzuheben ist die auch nach stärkstem Befall zu beobachtende gute Regenerationsfähigkeit von *P. contorta*.

Diskussion

Die bisherigen Untersuchungen an den in dieser Versuchsserie verwendeten 11 Herkünften, die aus drei der vier *P. contorta*-Unterarten stammen, bestätigten die große intraspezifische Variation der Baumart. Bei der Auswahl der für den Anbau geeigneten Herkünfte dürfte die Unterarten-Gliederung nach САУСМБИД (1957) hilfreich sein. Die Heterogenität innerhalb der Unterarten konnte aufgrund der wenigen in dieser Versuchsserie vertretenen Herkünfte nicht weiter untersucht werden. Eingehender wird das Verhalten der *P. contorta*-Unterarten an dem durch IUFRO eingesammelten Material zu vergleichen sein. Unter den hiesigen Versuchsbedingungen ist jedenfalls das Höhen- und Dickenwachstum von Küsten- und einigen Inlandherkünften aus den Unterarten ssp. *contorta* und ssp. *latifolia* günstiger zu beurteilen als das der ssp. *murrayana*-Herkünfte. Die letzteren zeigten auf allen Standorten geringes Wachstum. Die Ergebnisse dieser Versuchsserie von 1960/61 stimmen weitgehend mit denen anderer Autoren aus Dänemark (JØRGENSEN und ANDERSEN 1959; FEJLBERG 1964), Großbritannien (ROBERTS und WAREING 1975; ALDHOUS 1970; LINES 1976 b; SAVILL 1976), Irland (O'DRISCOLL 1976) und den Niederlanden (KAIJK 1973) überein. Auch in einer weiteren in Schleswig-Holstein und Hamburg gelegenen Versuchsserie von 1972 mit 35 *P. contorta*-Herkünften zeigte sich ei-

Tab. 6. — Schädigungen durch Triebwickler-Befall bei *P. contorta*-Herkünften an 5 Versuchsorten (Bonitur 1975). (Boniturstufen: 1 = keine auf Triebwickler zurückzuführenden Deformationen; 2 = Verkrümmungen bzw. Posthornbildung; 3 = Zwieselbildung nach Absterben des Haupttriebes).

SB.-Nr.	Ki 8			Ki 10			Ki 11			Ki 12			Ki 13		
	Anteil d. Bäume Je Boniturstufe in %			Anteil d. Bäume Je Boniturstufe in %			Anteil d. Bäume Je Boniturstufe in %			Anteil d. Bäume Je Boniturstufe in %			Anteil d. Bäume Je Boniturstufe in %		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>ssp. contorta</i> (Küstenform)															
2772	3	75	22	9	72	19	91	59	0	0	59	29	6	66	26
3773	5	84	11	17	59	24	83	24	66	10	76	63	2	74	24
Σ	4	80	17	13	66	23	87	33	63	5	68	68	4	71	25
<i>ssp. latifolia</i> (Inlandform)															
2770	—	—	—	40	42	18	60	27	15	2	42	31	2	60	27
2771	39	36	25	39	30	31	61	69	4	27	31	82	10	8	39
2774	6	67	27	19	47	43	56	35	44	21	65	28	44	28	32
3130	39	49	12	21	71	8	79	32	56	22	76	47	37	16	33
3140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75	16	7	29
Σ	28	51	21	28	48	25	75	46	33	21	54	60	28	32	77
<i>ssp. murrayana</i> (Inlandform)															
2775	33	38	29	30	51	19	70	44	32	24	56	73	17	10	30
2770	35	38	27	26	57	17	74	55	28	17	45	56	33	11	44
1128	17	55	28	33	30	37	67	—	—	—	—	—	—	—	9
3129	14	72	14	—	—	—	—	81	14	5	19	—	—	—	—
Σ	25	51	25	30	46	24	70	60	23	15	40	63	25	11	36
Σ	10	61	21	24	53	24	77	46	40	16	54	64	26	10	38

rayana was unsatisfying. Height growth of all provenances was influenced very strongly by the test location.

The mortality was limited and relatively high only at few locations. Total loss of a provenance could not be observed, although there were provenance depending differences in mortality at the single locations.

A high percentage of trees showed at the age of 18 years damages caused by repeated pine shoot moth attack. Differences between both sites and provenances could be proved. Coastal provenances (ssp. *contorta*) seemed to be damaged more severely than inland provenances of the subspecies *latifolia* and *murrayana*.

Key words: *Pinus contorta*, differences between provenances, height growth, stem diameter, mortality, pine shoot moth attack.

Literatur

ALDRIDGE, J. R.: Lodgepole pine seed zones with reference to British requirements. *Forestry Comm., Res. and Development Paper 114*, 6–39 (1976). — CRITCHFIELD, W. B.: Geographic variation in *Pinus contorta*. *María Moors Cabot Foundation, Publ. no. 3*, 118 p. (1957). — DALLIMORE, W., and JACKSON, A. B.: A handbook of Coniferae and Ginkgoaceae. London, E. Arnold Ltd. 4, ed. 729 p. (1956). — EDWARDS, M. V.: A summary of information on *Pinus contorta*. *Forestry Abstr.* 11, 329–358, 16, 3–13 (1954, 1955). — ESKJER, P., and FEILBERG, L.: Infestation level of the European pine shoot moth (*Rhyacionia buoliana*) on some provenances of lodgepole pine (*Pinus contorta*). *Det forstl. Forsøgsvaesen* 32, 343–358 (1971). — FABRICIUS, L.: Die Murrayskiefer. *Pinus murrayana* BALDWIN. *Forstwiss. Cbl.* 58, 214–229 (1930). — FEILBERG, L.: *Pinus contorta*, proveniens og forædling. *Dansk Skovfor. Tidsskr.* 49, 267–296 (1964).

— GEDDEN, F.: Bericht über einen Murrayskiefer-Herkunftsversuch im Lehrwald Wildtal des staatlichen Forstamts Freiburg. *Allg. Forst- u. Jagdz.* 115, 182–184 (1939). — JENKIN, J.: *Pinus murrayana* (BALD.). *Arch. Forstwes.* 3, 289–332, 518–554 (1954). — JOHANNSEN, E. L., og ANDERSEN, K. F.: *Pinus contorta*, vækst og anvendelse i Danmark. *Dansk Skovfor. Tidsskr.* 44, 479–500 (1959). — KAISER, W.: *Pinus contorta* herkomstundersøek in Nederland. *Ned. Boebouw Tijdschr.* 45, 141–153 (1973). — LINDFORS, J.: *Pinus Murrayana*. *Forstarchiv* 4, 221–225 (1928). — LINES, R. (Editor): *Pinus contorta* provenance studies. *Forestry Comm., Res. and Development Paper 114*, 128 p. (1976 a). — LINES, R.: The development of forestry in Scotland in relation to the use of *Pinus contorta*. *Forestry Comm., Res. and Development Paper 114*, 2–5 (1976 b). — METZGER, C.: Die Murraykiefer als Papierholzbaum. *Der Deutsche Forstwirt* 10, 98–102 (1929). — METZGER, C.: Über die Einbürgerung der Murraykiefer. *Jahresber. Dtsch. Forstver.* 1937, 284–299 (1937). — O'DRISCOLL, J.: *Pinus contorta* international provenance experiments with IUFRO working party S2.02.05. *Forestry Comm., Res. and Development Paper 114*, 81–87 (1976). — ROBERTS, J., and WARRING, P. F.: A study of the growth of four provenances of *Pinus contorta* Dougl. *Ann. Bot.* 39, 93–99 (1975). — ROHMERT, E., und MEYER, H.: 23jährige Anbauversuche in Bayern mit *Pinus contorta* Douglas (*Pinus murrayana* BALDWIN) verschiedener Herkunft. *Forstwiss. Cbl.* 71, 257–272 (1952). — SAVILL, P. S.: Lodgepole pine provenance trials in northern Ireland. *Forestry Comm., Res. and Development Paper 114*, 88–97 (1976). — SCHENCK, C. A.: Ergebnisse der I. Inventur ausländischer Holzarten. *Mitt. Dtsch. Dendrol. Gesellsch.* 57, 21–66 (1932). — SCHWENKINGEN, F.: *Waldkrankheiten*. Hamburg und Berlin, Paul Parey, 3. Aufl. 1970. — STEPHAN, D. R.: Early results of the IUFRO *Pinus contorta* provenance experiments in northern Germany. XVI. IUFRO World Congress, Oslo June 1976. *Discussion Paper*, 12 p. (1976). — TIGERSTEDT, A. F.: *Arboretum Mustila. Acta for. fenn.* 24, 1–230 (1922). — TIGERSTEDT, C. G.: *Pinus murrayana*. *Forstl. Tidsskrift* 44, 31–48 (1927).

The Provenance Trials of Japanese Larch Established in Japan and the Tentative Achievements

By R. TODA¹⁾ and S. MIKAMI²⁾

(Received December 1976)

Introduction

Japanese larch, *Larix leptolepis* GORD., shows rather restricted areas of natural distribution in Central Japan, despite of its frequent use in forest plantations in northern temperate zone in Japan and in Europe. Artificial planting of this species in Japan started in 1874 using wild seedlings, which were soon replaced with nursery grown seedlings. Plantations of larch became more popular in northern Japan after the later half of 1880s, when nurserymen started active advertisement. It was reported that the first introduction of this species into Hokkaido was in the year 1880, and the first commercial export of seeds was also during the later half of the 1880s (NAKAMURA, 1925).

Although foresters had well recognized that natural distribution of Japanese larch was broken into several separate groups (NISI, 1929) and that the plants raised from seeds of different origins sometimes showed difference in their traits and plantation achievements (ANON., 1898), trials of provenance studies were seldom carried out in Japan. Only a plantation was established in 1928 at Siono at the foot of Mt. Asamayama, Nagano prefecture, by the efforts of re-

search staffs of the Government Forest Experiment Station, and this plantation was formerly mentioned by LINDQUIST (1956). However, this plantation produced few reliable pieces of information, since it was designed without any replication. In 1934, managers of the state forests started numerous trial plantations of provenances of principal afforestation trees in Japan, consulting with the staffs of the Government Forest Experiment Station. Japanese larch was also included in this programme, but the share of this species was very limited reflecting the minor importance of it in Japanese man-made forests. In addition, replication in each plantation was not realized again in this time, and the management was soon abandoned during the difficult period of the wartime.

After the World War II, many western foresters and scientists were much interested in Japanese larch, and the following authors among them should be mentioned: LANGNER (1951/52), SCHÖBER (1953) and SCHÖRDTER (1954). In 1955, Professor LANGNER of the Schmalenbeck institute planned a world-wide programme of Japanese larch provenance studies, and he requested the cooperation of the Japanese Government Forest Experiment Station in the procurement of the seeds of known origin.

Although Japanese larch gives a lot of seeds every year in northern countries, it is not an easy job to harvest a good

¹⁾ The Government Forest Experiment Station, Meguro, Tokyo, Japan.

²⁾ The Tohoku Forest Tree Breeding Station, Takizawa-mura near Morioka, Iwate, Japan.