

- analysis of Sitka spruce, *Picea sitchensis* (BONG.) CARR. *Silvae Genet.* 14: 127–132 (1965). — BRYSON, R. A. and HARE, F. K. (eds.): *World Survey of Climatology* 11 (1974). — CARTER, C. and SMITH-WHITE, S.: The cytology of *Brachyome lineariloba* 3. Accessory chromosomes. *Chromosoma (Berlin)* 39: 361–379 (1972). — DALIWAL, R. L. and HYDE, B. B.: The association of a single B-chromosome with male sterility in *Plantago coronopus*. *Amer. J. Bot.* 46: 468–469 (1959). — DAWLINGTON, C. D.: *Chromosome Botany*, G. Allen and Unwin, London 1956. — DAUBENMIRE, R.: Some geographical variations in *Picea sitchensis* and their ecological interpretation. *Can. J. Bot.* 46: 787–798 (1968). — DAY, W.: Sitka spruce in British Columbia. *For. Comm. Bull.* No. 28 (1957). — FLETCHER, A. W. and FAULKNER, R.: A plan for the improvement of Sitka spruce by selection and breeding. *For. Comm. Res. and Develop. Paper No. 85* (1972). — FOWLER, D. P.: A new spruce hybrid — *Picea schrenkiana* × *P. glauca*. Second Genetics Workshop of the Society of American Foresters. Research paper No. 6, North Central Forestry Experimental Station, U.S. Forest Service, 44–47 (1966). — FROST, S.: The geographical distribution of accessory chromosomes in *Centaurea scabiosa*. *Hereditas* 44: 75–111 (1958). — HANOVER, J. and WILKINSON, R.: Chemical evidence for introgressive hybridization in *Picea*. *Silvae Genet.* 19: 17–22 (1970). — HEWITT, G. H.: Evolution and maintenance of B-chromosomes. *Chromosomes Today* 4 (eds. J. WAHRMAN and K. R. LEWIS) 351–359 (1973). — HEWITT, G. M. and BROWN, F.: The B-chromosome system of *Myrmeleotettix maculatus* V. A steep cline in East Anglia. *Heredity* 25: 363–371 (1970). — JONES, R. N.: B-chromosome systems in flowering plants and animals species. *Int. Rev. Cytol.* 40: 1–400 (1975). — KERR, D. P.: The summer-dry climate of Georgia Basin, British Columbia. *Trans. R. Can. Inst.* 29: 23–31 (1951). — KIMURA, M. and KAYANO, H.: The maintenance of supernumerary chromosomes in wild populations of *Lilium callosum* by preferential Segregation. *Genetics* 46: 1699–1712 (1961). — KRUKLIS, M. V.: Additional chromosomes in Gymnosperms (*Picea obovata*). *Dokl. Akad. Nauk.* 196: 1213–1216 (1971). — LITTLE, E. L.: A natural hybrid in Alsaka. *J. For.* 51: 745–748 (1951). — MAITIK, C. and TRIPATHI, R.: **B-chromosomes** and meiosis in *Festuca mairlii*. *St. Yav. Z. Biol.* 116: 321–326 (1970). — MOIR, R. B.: A study of the Sitka spruce karyotype with special reference to B-chromosomes. Ph. D. thesis, Aberdeen University 1975. — MOIR, R. B. and FOX, D. P.: Supernumerary chromosomes in *Picea sitchensis* (BONG.) CARR. *Silvae Genetica* 21: 182–186 (1972). — MUNTING, A.: Effects of accessory chromosomes in diploid and tetraploid Rye. *Hereditas* 49: 361–426 (1963). — ROCHE, L.: A genecological study of the genus *Picea* in British Columbia. *New Phytol.* 68: 505–554 (1969). — RUTSHAUSER, A.: **Genetics of fragment chromosomes in *Trillium grandiflorum***. *Heredity* 10: 195–204 (1956). — SHEPERD, P. E.: An ecological reconnaissance of the trumpeter swan in south central Alaska. M.S. thesis. Wash. State Univ. Pullman (1962). — STEBBINS, G. L.: Chromosomal evolution in higher plants. Edward Arnold, London, 1971. — TEOH, S. B. and REES, H.: Nuclear DNA amounts in populations of *Picea* and *Pinus* species. *Heredity* (in press, 1976). — WALTER, H., HARNICKELL, E., MUELLER-DOMBOIS, D.: **Climate — diagram Maps**. Springer-Verlag, 1975. — WRIGHT, J. W.: Species crossability in spruce in relation to distribution and taxonomy. *For. Sci.* 1: 319–349 (1955). — ZECEVIC, L. and PAUNOVIC, D.: The effect of B-chromosomes on chiasma frequency in wild populations of rye. *Chromosoma (Berlin)* 27: 198–200 (1969).

Über Austrieb und Zuwachs von Fichtenklonen in verschiedener Seehöhe¹⁾

Von F. LECHNER, K. HOLZER und W. TRANQUILLINI

(Aus der Forstlichen Bundesversuchsanstalt,
Außenstelle für subalpine Waldforschung, Innsbruck)

(Eingegangen Mai / Dezember 1976)

Einleitung

Die Variabilität der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) ist aufgrund ihres weiten Verbreitungsgebietes entsprechend groß, da diese Holzart sich sowohl an gemäßigte wie an kalte Klimate z. T. sehr unterschiedlicher photo- und thermoperiodischer Verhältnisse anpassen mußte. Das äußert sich nicht nur in morphologischer Hinsicht (HOLZER 1964, 1967, SCHMIDT-VOGT 1972), sondern vor allem in der physiologischen Reaktion der Sämlinge verschiedener Herkünfte im Zuge von Nachkommenschaftsprüfungen in Kulturräumen (DORMLING *et al.* 1968, 1971, HEIDE 1974, HOLZER 1966, 1975) oder im Pflanzgarten (CIESLAR 1895, KRUTZSCH 1975, HOLZER 1967, 1975). Auch langfristige Herkunftsversuche, wie der IUFRO-Fichtenversuch 1938 (Zusammenfassung bei LINES 1974) und der inventierende Fichtenversuch 1964–1968 (erste Ergebnisse bei KRUTZSCH 1975) lassen diese Tatsache erkennen und zeigen, daß bei Begründung von Fichtenwäldern der Herkunft des Pflanzenmaterials besondere Beachtung geschenkt werden muß (HOLZER und NATHER 1974).

Im zentraleuropäischen alpinen Gebirgsraum ist diese Herkunftsfrage besonders wichtig, da hier auf engem Raum

durch die starke vertikale Gliederung die unterschiedlichsten Typen nahezu nebeneinander vorkommen (HOLZER 1964, 1970). Um die physiologische Reaktion der einzelnen Typen näher erforschen zu können, wurden Versuche durch Verklonung entsprechend differenzierender Ausgangspflanzen angelegt (HOLZER 1974), die eine eingehende Analyse der Umweltwirkung durch die unterschiedlichen Seehöhenklima auf die genetisch gesteuerten physiologischen und phänologischen Reaktionen ermöglichen sollen (RUDEN 1968, BURDON und SHELBOURNE 1974).

Neben den in dieser Arbeit behandelten Merkmalen Austrieb, Zuwachsperiode und Höhenzuwachs sind an diesem Material noch zahlreiche weitere Feststellungen in diesem Zusammenhang vorgesehen, deren Klärung jedoch noch einige Jahre in Anspruch nehmen wird.

Pflanzenmaterial, Versuchsgelände und Methodik

Als Versuchspflanzen dienten Stecklinge von Fichten, die im Jahre 1959 im Forstgarten Mariabrunn der FBVA Wien aus Einzelbaumsaatgut verschiedener Seehöhe von den Seetalen Alpen (Steiermark) und dem Höllengebirge (Oberösterreich) herangezogen wurden (siehe HOLZER 1972, p. 63 ff.). Die Stecklinge wurden 1970 und 1971 geschnitten, im Sprühbeet bewurzelt und einzeln in Torftöpfen weiterkultiviert. 1973 kamen sie nach Innsbruck und wurden im

¹⁾ Für die Arbeit wurden Teile einer Dissertation von F. LECHNER verwendet, die an der Außenstelle für subalpine Waldforschung durchgeführt und bei der Universität Innsbruck eingereicht wurde.

Juli, nachdem sie ihr Höhenwachstum abgeschlossen hatten, auf den Versuchsflächen ausgepflanzt.

Von 1965 bis 1970 wurden Austriebszeitpunkt und Höhenzuwachs der Ausgangsbäume bestimmt. Jeder Baum konnte demnach einer bestimmten Austriebs- und Wüchskeitsstufe zugeteilt werden (Tab. 1). Aus diesem Schema ist zu entnehmen, durch welche Eigenschaften die verwendeten 51 Klone charakterisiert sind. Wie aus der Tabelle hervorgeht, zeigen die aus Hochlagen stammenden Bäume im Durchschnitt ein geringeres Höhenwachstum als jene aus Tieflagen und treiben etwas später aus, doch ist die Variabilität dieser Eigenschaften innerhalb einer Höhenstufe groß (HOLZER 1966, 1967, 1972, 1974).

Die Fichtenstecklingspflanzen wurden im Wipptal in Tirol in 4 Höhenstufen (850, 1250, 1600 und 1900 m SH) oberhalb Pfons bei Matrei ausgepflanzt. Der Waldbestand des SW exponierten Hanges besteht im unteren, trockeneren Teil (Versuchsfläche 1) überwiegend aus Kiefern, über 1000 m aus einem geschlossenen Fichtenwald, in dem sich verschiedene Schlagflächen befinden, die eingezäunt und wieder aufgeforstet wurden. In diesen Flächen wurden die Versuchsflächen 2 und 3 eingerichtet. Über 1850 m Seehöhe löst sich der Fichtenwald infolge Beweidung in Horste auf, die bis 2000 m hinaufreichen. In dieser Zone befindet

sich die Versuchsfläche 4, die in einer eingezäunten Hochlagenauflaufungsfläche angelegt werden konnte.

Die unterste Versuchsfläche war durch dichten Bewuchs von *Deschampsia flexuosa* und Adlerfarn ausgezeichnet, welcher zusammen mit der Trockenheit des Oberbodens für die Entwicklung der Fichtenzweigpflanzen sehr ungünstig war. Auf den beiden mittleren Versuchsflächen herrschten bessere Bedingungen; hier war der Boden nur schüttig mit Himbeersträuchern bewachsen. Die oberste Fläche lag in einer geschlossenen Zwergrauweide mit *Vaccinium* und *Calluna vulgaris*.

Alle Versuchsflächen waren entsprechend der ähnlichen Hangneigung und -richtung und der Größe der Schlagflächen annähernd derselben Besonnungsdauer ausgesetzt, nur die Flächen 1 und 3 waren am Vormittag etwas länger beschattet.

Die Auspflanzung der Stecklingspflanzen im Gelände erfolgte in Abständen von etwa 80 cm. Durch Ballenpflanzung konnte der Versetzschock gering gehalten werden. Je Klon standen nur 4–5 Pflanzen zur Verfügung, die zwar hinsichtlich des Entwicklungsverlaufes sehr einheitlich reagierten, doch im Zuwachs erhebliche Streuungen aufwiesen. Leider fielen noch im Winter nach der Anpflanzung

Tab. 1. — Nummern der Stecklingsausgangsbäume, geordnet nach ihrem mittleren Austriebszeitpunkt¹⁾ und ihrer Wüchskeitsgröße (Höhe im Alter von 11 Jahren). N = Samenherkunft aus Normallage (800–1500 m), H = Hochlage (1500–1600 m) und T = Tieflage (500–900 m).

Wüchskeitsgröße ↓	dm früh 1–1,9	Austrieb						spät 7–8,5
		2–2,9	3–3,9	4–4,9	5–5,9	6–6,9		
stark →	>40		14 T	124 T	123 T		122 T	
	35–40	116 N 11 T	12 T	93 N	101 N	22 T		
	30–35	49 H 119 N	15 T 91 N	104 N		24 T 41 H 39 N		
	25–30	102 N 18 T 113 N	19 T 81 H 37 N	45 H 106 N	44 H 29 T 92 N 96 N	42 H 103 N	107 N	
	20–25		17 T		52 H 59 H		97 N 26 T	
	15–20			58 H	54 H		86 H 71 H	78 H 75 H
schwach ↓	10–15				53 H 88 H 98 N	55 H 79 H		
	<10				51 H	89 H		

¹⁾ Der Zeitpunkt der Knospenöffnung im Frühjahr wurde 6 Jahre hindurch zu 10 Terminen (Abstand 2–3 Tage) aufgenommen und durch Zahlen von 1–10 gekennzeichnet. Die in den einzelnen Jahren festgestellten Zahlen wurden gemittelt; sie geben den durchschnittlichen, relativen Austriebszeitpunkt der Bäume an.

einige Pflanzen aus, so daß verschiedene Klone bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden konnten.

In der Anpflanzung folgenden Vegetationsperiode 1974 wurde in Abständen von etwa 7 Tagen der Austrieb erhoben. Als Austriebszeitpunkt wurde das Öffnen der Knospen und das deutliche Sichtbarwerden der grünen Nadelspitzen festgelegt. Als Zeitpunkt der Endknospenbildung galt das Sichtbarwerden der ersten Schuppen am terminalen Vegetationspunkt (CAMPBELL und SORENSEN 1973). Hernach wurde die Länge der Jahrestriebe noch mehrmals gemessen, um den Abschluß des Längenwachstums und den gesamten Höhenzuwachs der Pflanzen zu erfassen.

Die bei den einzelnen Pflanzen erhaltenen Termine und Zuwächse wurden klonweise gemittelt. Die varianzanalytische Prüfung der Einzelwerte ergab für die Austriebswerte, die Endknospenbildung und den Höhenzuwachs gesicherte Mittelwerte der einzelnen Klone, wie das Beispiel Austrieb auf Fläche 1 zeigt:

Varianzanalyse der Austriebswerte zwischen und innerhalb der Klone auf Fläche 1				
Ursache	SQ	FG	MQ	F-Wert
Zwischen	26063.61	45	579.19	3.83**
Innerhalb	19045.43	126	151.15	
Total	45109.04	171		

Lediglich beim Zeitpunkt des Längenwachstumsabschlusses waren die Mittelwerte nicht gesichert, weil die Erhebungstermine zu weit auseinander lagen und die Zwischenklonunterschiede geringer waren als beim Austrieb und bei der Endknospenbildung (vgl. Abb. 1).

Die Witterung im Versuchsjahr 1974

Nach einem überdurchschnittlich warmen und trockenen Winter und sehr warmen März gab es in der zweiten Aprilhälfte eine kalte Periode, in der die Temperaturen unter dem langjährigen Durchschnitt lagen und Bodenfrost bis in tiefe Lagen auftrat. Der Mai war wieder relativ warm. Ein neuerlicher Kälteeinbruch am 8. Juni bewirkte vor allem in höheren Lagen Schneefall und Frost. Durch die anhaltenden Schneefälle bis zum 13. Juni wurden die Pflanzen auf der obersten Fläche etwa 30 cm tief eingeschneit. Nach einem warmen und mäßig feuchten Sommer folgte ein kalter und nasser Herbst. Bereits am 26. September wurden die Pflanzen der höchsten Versuchsfläche 4 eingeschneit und aperten bis zum Frühjahr 1975 nicht mehr aus. Die schneefreie Jahreszeit dauerte hier somit nur etwa drei Monate.

Ergebnisse

1. Austrieb und Verlauf des Höhenwachstums

Auf der untersten Versuchsfläche (850 m) trieben die ersten Klone, bedingt durch das warme Märzwetter, bereits anfangs April aus (Abb. 1). Es dauerte ab diesem Zeitpunkt 47 Tage, bis die letzten Klone ihre Knospen geöffnet hatten. Diese lange Zeitspanne beruht teilweise auf dem Entwicklungsstillstand während der Kälteperiode in der zweiten Aprilhälfte, in der die Temperatur in Bodennähe bis $-5,3^{\circ}\text{C}$ fiel. Bedeutend weniger stark unterschied sich der Zeitpunkt, zu dem die verschiedenen Klone mit der Bildung einer Endknospe begannen. Zwischen 18. Mai und 15. Juni, also innerhalb von 29 Tagen war bei allen Pflanzen eine Endknospe sichtbar. Damit war das Höhenwachstum jedoch noch nicht beendet. Die Endtriebe verlängerten sich auch später noch deutlich (vgl. WORALL 1973). Das Ende der Streckungsperiode fiel in die Zeit zwischen den

7. und 25. Juni, trat also während einer kurzen Zeitspanne von nur 18 Tagen ein.

Auf der um 400 m höher gelegenen Versuchsfläche 2 (1250 m) trieben die frühesten Klone erst Mitte Mai aus,

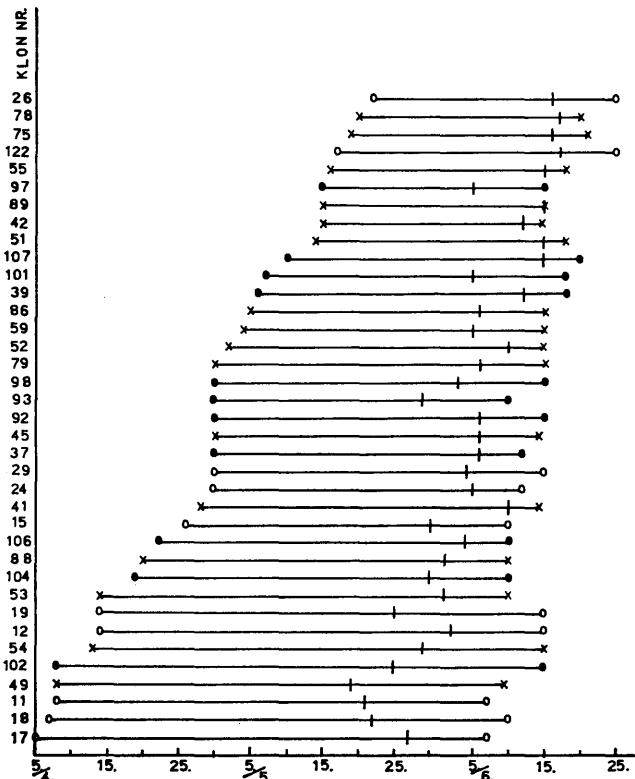


Abb. 1. — Mittlerer Zeitpunkt des Austreibens, der Endknospenbildung (—|—) und des Wachstumsabschlusses der Endtriebe der verschiedenen Fichtenklone auf der Versuchsfläche 1 in 850 m Seehöhe. o = Tieflagen-, ● = Normallagen-, × = Hochlagenherkunft.

also um 38 Tage später als auf der Fläche 1 (Abb. 2). Es dauerte hier aber nur 23 Tage, bis alle Klone ausgetrieben hatten. Das Streckungswachstum war in dieser Höhenlage bis spätestens Mitte Juli abgeschlossen. Die Endknospenbildung setzte Mitte bis Ende Juni ein und vollzog sich bei den verschiedenen Klonen innerhalb von 17 Tagen.

Auf der Fläche 3 (1600 m) verzögerte sich der Austrieb noch stärker. Hier begannen die frühesten Klone erst am 27. Mai auszutreiben. Überraschenderweise führte das aber nicht dazu, daß nun der Zeitunterschied zu den spät treibenden Klonen verkürzt wurde; im Gegenteil, er wurde wieder größer und betrug 29 Tage. Die Endknospenbildung erfolgte Ende Juni bis Mitte Juli. Das Höhenwachstum wurde im Juli innerhalb der kurzen Zeit von nur 16 Tagen bei allen Pflanzen gänzlich eingestellt.

Auf der obersten Versuchsfläche in 1900 m nahe der Waldgrenze trieben die Pflanzen am spätesten aus. Die frühesten Klone öffneten die Knospen am 15. Juni gleich nach der Schneeschmelze. Trotz dieser klimatisch erzwungenen starken Entwicklungsverzögerung dauerte es 29 Tage bis die letzten Klone ausgetrieben hatten. Die spätesten Klone öffneten ihre Knospen erst am 15. Juli, also zu einem Zeitpunkt, zu dem bereits alle Pflanzen auf der untersten Fläche ihr Höhenwachstum gänzlich eingestellt hatten. Die Endknospenbildung erfolgte in der zweiten Julihälfte und kurze Zeit hernach wurde das Wachstum innerhalb von nur 13 Tagen eingestellt, obwohl es im August und September auch in dieser Höhe noch sehr warm war.

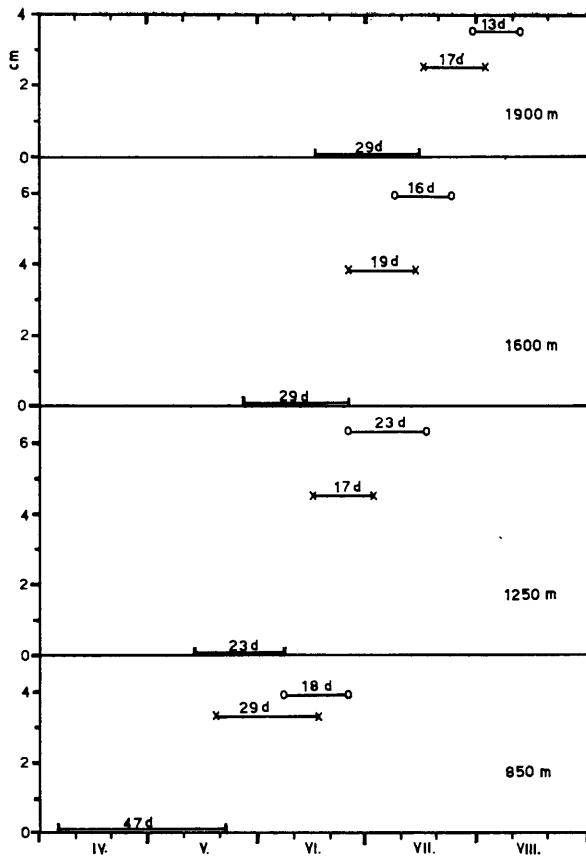


Abb. 2. — Zeitdauer innerhalb der die verschiedenen Klonen austreiben (—), eine Endknospe bilden (x—x) und das Höhenwachstum abschließen (o—o) auf den 4 verschiedenen hoch gelegenen Versuchsflächen. Die über den Strichen stehende Zahl gibt die jeweilige Zeitspanne in Tagen an. Ordinate Mittlerer Höhenzuwachs der Klonpflanzen auf den einzelnen Flächen zum Zeitpunkt der Endknospenbildung und des Wachstumsabschlusses.

Das auffallendste Ergebnis dieser Messungen ist, daß zwar alle Klonen mit zunehmender Seehöhe immer später austrieben, jedoch in allen 4 Höhenstufen große Unterschiede des Austriebszeitpunktes zwischen den Klonen auftraten und die Reihung der Klonen weitgehend erhalten blieb. Auch SAUER et al. (1973) haben festgestellt, daß sich in der Rangfolge von Fichtenklonen beim Vergleich sehr unterschiedlicher klimatischer Verhältnisse, d. h. bei sehr großen Unterschieden im Austriebsdatum an den verschiedenen Versuchsorten, kaum eine Verschiebung ergab.

Der Austriebszeitpunkt der einzelnen Klonen zeigte auf allen Flächen eine enge Korrelation zum Austriebsverhalten der Ausgangsbäume (Abb. 3). Die Beziehung war stets signifikant ($P = 0,001$), der Korrelationskoeffizient betrug 0,78 (Fläche 1) bzw. 0,74 (Fläche 4).

Die mittlere Zeitdauer vom Austreiben bis zur Endknospenbildung und bis zum Wachstumsabschluß wurde für die jeweils 5 frühesten und spätesten Klonen auf jeder Versuchsfläche in Tab. 2 zusammengestellt. Bei den Frühreibern war die Haupt- und Gesamtstreckungsdauer lediglich auf der untersten Fläche deutlich länger, wahrscheinlich durch die bereits erwähnte Kälteperiode bedingt, auf den 3 oberen Flächen hingegen unterschied sie sich nur um 1–2 Tage, war also praktisch konstant. Das Höhenwachstum der frühreibenden Fichtenstecklingspflanzen wurde also in Hochlagen nicht durch eine verkürzte Streckungsdauer begrenzt. Bei den Spätreibern war die Haupt- und Gesamtstreckungsperiode gegenüber den Frühreibern in allen Höhenlagen stets mehr oder weniger deutlich ver-

kürzt. Sie konnten also die Verspätung beim Austrieb nicht voll kompensieren, d. h. ihre Wachstumsvorgänge müßten in kürzester Zeit durchlaufen werden und so einen früheren Abschluß ermöglichen. Auffallend ist bei ihnen die sprunghafte Abnahme der Streckungsdauer zwischen der 2. und 3. Höhenstufe, hingegen kein weiterer Abfall mehr zur obersten Fläche. Die Spätreibende konnten also ab 1600 m die kurze Vegetationszeit für ihr Höhenwachstum weniger nutzen als die Frühreibende.

2. Höhenzuwachs

Um einen Überblick über den Zuwachs der Fichtenstecklinge in den 4 Höhenstufen zu bekommen, haben wir zunächst die Werte für alle Klonen gemittelt (Tab. 3). Der größte Zuwachs wurde auf der 2. Fläche in 1250 m erreicht (6,3 cm); er nahm sowohl zur tiefer als auch zu den höher gelegenen Stufen deutlich ab. Der geringe Zuwachs auf der Fläche 1 dürfte auf der bereits erwähnten Trockenheit des Standortes und der Konkurrenz durch Drahtschmiele und Adlerfarn beruhen. Die Abnahme des Zuwachses in größerer Seehöhe hat hingegen klimatische Gründe.

Vergleicht man die Zuwächse der einzelnen Klonen auf den Versuchsflächen mit der Wüchsigkeit der Ausgangs-

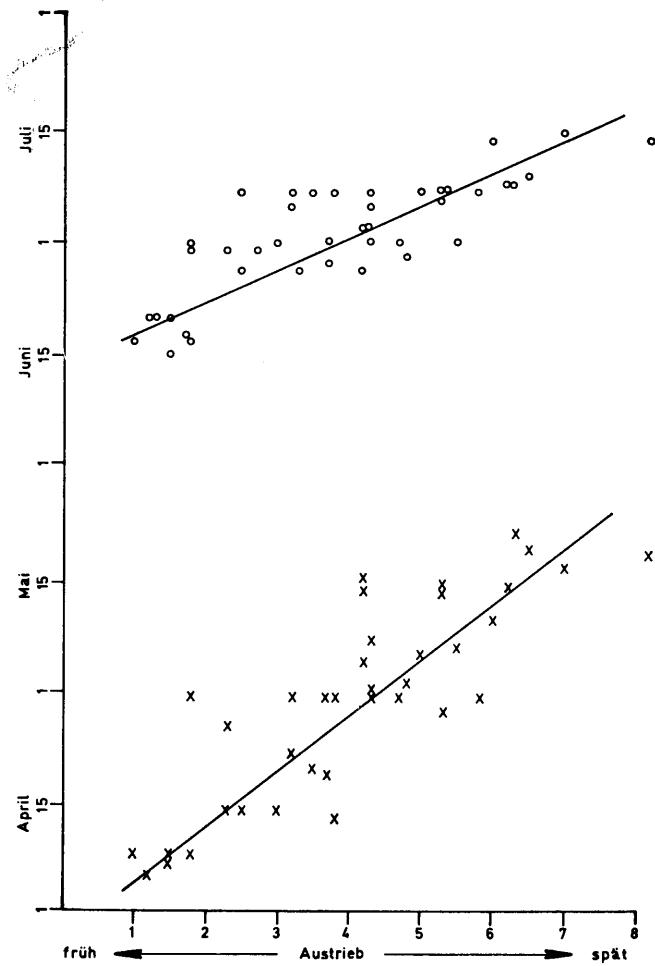


Abb. 3. — Beziehung zwischen dem relativen Austriebszeitpunkt der Stecklingsausgangsbäume (fünfjähriger Mittelwert, vgl. Tabelle 1) im Pflanzgarten Mariabrunn (Abszisse) und dem Datum des Austreibens der Klonpflanzen (Ordinate) auf der Versuchsfläche 1 (850 m) und 4 (1900 m). Die Beziehungen sind signifikant unter 0,1% ($P = 0,001$), der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,78$ (Fläche 1) und $r = 0,74$ (Fläche 4). Der kovarianzanalytische Vergleich der Regressionskoeffizienten der Austriebswerte auf Fläche 1 und Fläche 4 ergab ein hochsignifikantes Varianzverhältnis von $F = 8,80^{**}$ (bei FG 1/93).

Tab. 2. — Zeitdauer vom Austreiben bis zur Endknospenbildung (Hauptstreckungsperiode) und vom Austreiben bis zum Wachstumsabschluß (Gesamtstreckungsperiode) in Tagen bei Frühreibern (FT) und Spätreibern (ST) in verschiedener Höhenlage. Mittelwerte der auf den einzelnen Flächen jeweils 5 frühesten und spätesten Klonen.

	Hauptstreckungsperiode		Gesamtstreckungsmethode	
	FT	ST	FT	ST
850 m	47	28	64	33
1250 m	31	27	44	40
1600 m	32	19	46	28
1900 m	31	20	44	29

bäume (Tab. 3), so streuen die Werte um die Regressionslinie ziemlich stark (Abb. 4). Die Beziehung ist auf der Fläche 2 mit $P = 0,1$ gesichert ($r = 0,30$), auf der Fläche 4 ist die Signifikanz deutlich höher ($P = 0,02$, $r = 0,37$).

Innerhalb einer Fläche zeigten die verschiedenen Klonen sehr unterschiedlichen Zuwachs (Tab. 3). Die am stärksten wachsenden Klonen hatten bis zu 180%, die am schwächsten wachsenden nur 40—50% des Gesamtmittelwertes des Höhenzuwachses erzielt.

Die potentielle Wuchskraft setzt sich mindestens im ersten Jahr nach der Anpflanzung infolge verschiedener Standortsbedingungen weniger durch als der Austriebszeitpunkt; sie wird offenbar durch äußere Faktoren stärker beeinflußt. Immerhin zeigten aber auf allen Flächen die meisten starkwüchsigen Klonen auch überdurchschnittliche Zuwachsleistung und die meisten schwachwüchsigen Klonen lagen in allen Höhenstufen unter dem Durchschnitt.

Zwischen dem Austriebszeitpunkt der Klonen und dem Höhenzuwachs besteht kein enger Zusammenhang (vgl. auch SAUER et al. 1973). Die Zuwachswerte streuen bei allen Austriebsstufen ziemlich stark. Vergleicht man jedoch den mittleren Zuwachs von einigen extrem fröhreibenden mit jenem von sehr spätreibenden Klonen (Abb. 5), erkennt man in allen Höhenlagen deutlich die Überlegenheit der Fröhreiber (entsprechend der Ausgangssituation, siehe Tab. 1).

Diskussion

Die für die Stecklingsvermehrung verwendeten Fichten zeigen eine breite Variation der Merkmale Austriebszeitpunkt und Höhenwachstum (Tab. 1; HOLZER 1974). In vorliegender Arbeit sollte untersucht werden, inwieweit diese Veranlagungen auch bei der vegetativen Vermehrung durch Stecklinge fixiert sind, wie sie sich bei Auspflanzung in verschiedener Höhenlage auswirken und welche Beziehungen zwischen Wuchsverlauf und Höhenzuwachs gegeben sind.

Der Austriebszeitpunkt ist ein genetisch gesteuertes Merkmal, das sich durch hohe Stabilität auszeichnet (LANGNER und STERN 1964, STERN 1966, NIENSTAEDT und KING 1969, SAUER et al. 1973). Er wurde deshalb in diese Untersuchungen einbezogen, wobei in erster Linie seine Beeinflussung durch die Umweltwirkung verschiedener Höhenklima an einem alpinen Standort erkundet werden sollte. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse aus einem zentralalpinen Tal verzögerte er sich innerhalb des Seehöhenbereiches von 850 bis 1900 m um 7,2 (Fröhreiber) bis 4,6 Tage (Spätreiber) je 100 Höhenmeter. Diese sehr ausgeprägte Zeitverzögerung könnte durch die Besonderheiten des Witterungsverlaufes im Jahre 1974 mitbeeinflußt sein. Nach MITSCHERLICH (1963) beträgt die Austriebsverzögerung von Fichten in süddeutschen Gebirgen nur 3,8 Tage/100 m. MOULALIS (1971) gibt für Fichten in Bayern im Durchschnitt von 5 Jahren sogar nur 2,85 Tage/100 m an. Vergleichsweise dazu verzögerte sich das Austreiben von jungen Lärchen zwischen 700 und 1950 m um 4,1 Tage/100 m (TRANQUILLINI und UNTERHOLZNER 1968).

Innerhalb einer Höhenstufe differierte der Austriebszeitpunkt bei den untersuchten Fichtenklonen um 23—47 Tage. Dieser Unterschied beträgt für die Ausgangsbäume dieser Stecklinge in Mariabrunn (Seehöhe 216 m) zwischen 15 und 31 Tage in den verschiedenen Jahren (HOLZER unveröff.). Die Zeitdifferenz hängt stark von der Witterung während des Austreibens ab. Sie schwankte in Fichtenbeständen in Bayern von den frühesten zu den spätesten

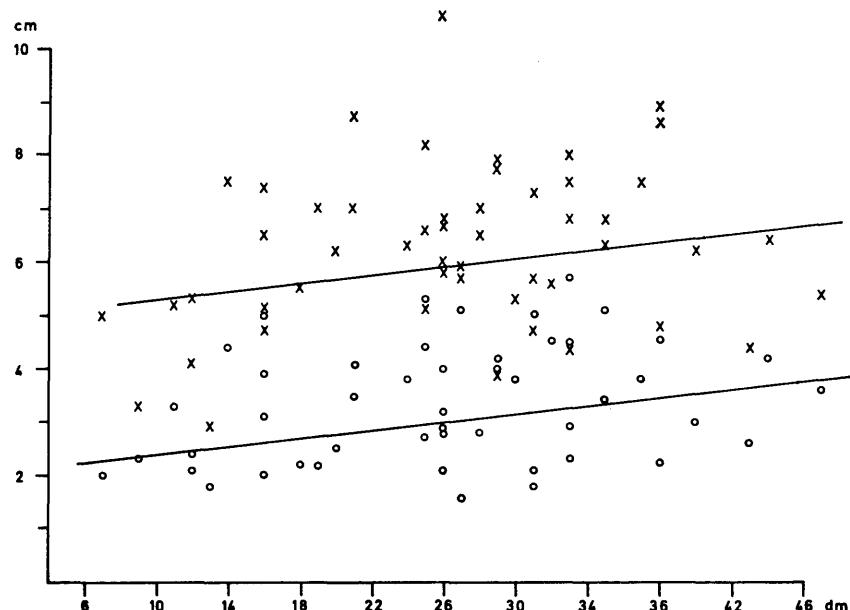


Abb. 4. — Beziehung zwischen der Höhe der Ausgangsbäume im Pflanzgarten Mariabrunn im Jahre 1970 (Abszisse) und dem Höhenzuwachs 1974 der Klonpflanzen (Ordinate) auf der Versuchsfläche 4 in 1900 m Seehöhe (Kreise) und 2 in 1250 m (Kreuze). Die Beziehung auf der Fläche 2 ist deutlich ($P = 0,1$, $r = 0,30$), auf der Fläche 4 etwas stärker ($P = 0,02$, $r = 0,37$).

Tab. 3. — Höhe der Ausgangsbäume in Mariabrunn im Alter von 11 Jahren in dm (1970) und mittlerer Höhenzuwachs der Stecklingspflanzen auf den Versuchsflächen im Jahre 1974 in cm.

Baum Nr.	Höhe d. Bäume in Mariabrunn	Höhenzuwachs der Stecklingspflanzen auf den Versuchsflächen			
		Fläche 1 850 m	Fläche 2 1250 m	Fläche 3 1600 m	Fläche 4 1900 m
122	47	4.0	5.4	6.2	3.6
14	44	—	6.4	3.3	4.2
123	43	5.1	4.4	7.4	2.6
124	40	4.1	6.2	5.8	3.0
11	38	3.8	8.9	6.3	4.4
12	38	4.3	8.6	5.9	—
93	38	3.4	4.8	5.3	2.2
22	37	3.5	7.5	4.7	3.8
101	35	3.7	6.3	7.7	3.4
116	35	3.1	6.8	8.5	5.1
15	33	3.4	4.4	5.4	2.3
24	33	4.0	8.0	6.5	2.9
49	33	4.7	7.5	7.8	5.7
104	33	4.6	6.8	6.4	4.5
41	32	4.7	5.6	6.8	4.5
'39	31	3.4	4.7	5.7	2.1
91	31	2.2	5.7	2.8	1.8
119	31	4.8	7.3	5.7	5.0
18	30	3.4	5.3	6.4	3.8
42	29	3.7	7.8	4.9	4.2
81	29	3.1	3.9	4.7	4.2
96	29	—	7.9	4.8	4.0
102	28	4.5	6.5	5.4	2.8
103	28	3.5	7.0	4.5	2.8
37	27	2.7	5.9	5.5	1.6
113	27	4.0	5.7	6.8	5.1
45	26	3.9	10.6	5.7	2.8
19	26	3.3	6.0	8.3	4.0
92	26	4.9	5.7	5.6	3.2
106	26	3.6	6.8	5.9	2.9
107	26	4.6	6.7	4.7	2.1
17	25	7.8	8.2	6.0	5.3
29	25	2.9	6.6	5.2	2.7
44	25	3.6	5.1	3.7	4.4
97	24	3.0	6.3	4.5	3.8
52	21	3.3	7.0	6.5	3.5
59	21	4.7	8.7	7.7	4.1
26	20	4.0	6.2	5.4	2.5
75	19	2.8	7.0	7.4	2.2
54	18	3.7	5.5	5.5	2.2
58	16	3.7	4.7	6.9	5.0
71	16	4.5	6.5	6.7	3.1
78	16	2.6	5.1	4.0	2.0
86	16	5.0	7.4	6.5	3.9
98	14	4.1	7.5	5.4	4.4
79	13	3.1	2.9	3.5	1.8
55	12	2.0	4.1	5.2	2.1
88	12	4.3	5.3	4.7	2.4
53	11	3.5	5.2	5.0	3.3
89	9	2.8	3.3	3.4	2.3
51	7	2.1	5.0	3.0	2.0
Mittelwert aller Klone:		3.9	6.3	5.9	3.5

Bäumen in verschiedenen Jahren zwischen 10 und 33 Tagen und betrug im Durchschnitt 19,4 Tage (MOULALIS 1971).

Die Austriebsdifferenz änderte sich in Höhenlagen über 1200 m nicht mehr. Man kann deshalb annehmen, daß die einzelnen Klone zum Austreiben eine spezifische Wärme summe benötigen (WORRALL und MERGEN 1967, NIENSTAEDT und KING 1969, AUSSENAC 1975), so daß bei späterem Frühjahrsbeginn diese auch erst später erreicht wird. So berichten NIENSTAEDT und KING von einer Differenz von 384 auf 663 Tagesstunden über 42° F (5,5° C) von den Früh- zu den Spättriebern bei *Picea glauca*-Klonen. Die erhöhte Spätfrostgefährdung für die frühlreibenden Klone ist deshalb in allen Höhenstufen im gleichen Maß gegeben (MÜNCH 1923, 1928, ROHMEDER 1948, ROHMEDER und SCHÖNBACH 1959, LANGNER und STERN 1964, NIENSTAEDT und KING 1969, HOLZER 1969).

Für den Höhenzuwachs ist der Zeitpunkt der Endknospenbildung besonders interessant, durch welche die Hauptstreckungsphase der Triebe abgeschlossen wird. Sie tritt im Durchschnitt um so später ein, je höher der Standort liegt, ist aber klonspezifisch vom Zeitpunkt des Austriebes abhängig. Das spricht gegen die Auslösung durch einen höhenunabhängigen Außenfaktor wie etwa die Tageslänge; dies wird besonders erkennbar durch die Endknospenbildung auf der untersten Fläche, die bereits vor Erreichung der maximalen Tageslänge Mitte Mai bis Mitte Juni einsetzt. Nur Fichtensämlinge im 1. und 2. Jahr benötigen für die Endknospenbildung gewisse Kurztagsbedingungen, da ihr Längenwachstum in erster Linie photoperiodisch gesteuert wird (DORMLING et al. 1968, 1971, HEIDE 1974, HOLZER 1966, 1975). Ältere Pflanzen zeigen diese Reaktion nicht mehr, sie stellen auch im Langtag das Wachstum ein (POL-

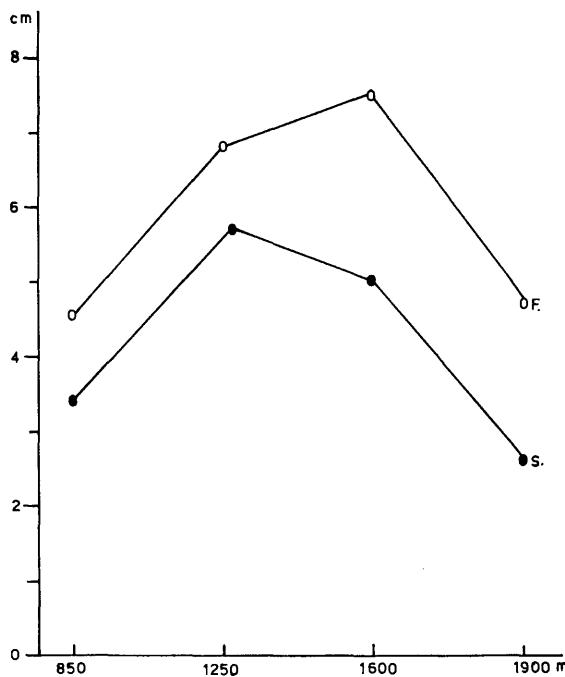


Abb. 5. — Mittlerer Höhenzuwachs der jeweils 7 am frühesten (F) und am spätesten (S) austreibenden Klone in verschiedenen Höhenstufen.

LARD 1974, WORRALL 1975), da der Trieb etwa ab dem 3. Lebensjahr bereits in seiner endgültigen Form in der Knospe vorgegeben ist. Deshalb ist die Hauptstreckungsperiode in fast allen Höhenlagen gleich lang; die Annahme der Begrenzung durch innere Vorgänge wird so bestätigt. Die Fichte gehört dem Quercus-Wachstumstyp an, der sich durch stoßartig schnelles Höhenwachstum auszeichnet, das bereits nach kurzer Dauer endogen bedingt zum Abschluß kommt (HOFFMANN und LYR 1973). Die Sproßbildung ist ein zweijähriger Prozeß, weil die Sproßanlage bereits im Jahr der Knospenbildung entwickelt wird, der Sproß selbst aber erst im folgenden Jahr zur Entfaltung kommt (FRASER 1962). Die Zahl der in der Knospe gebildeten Nadelanlagen ist für die Länge der Streckungsperiode maßgebend (KOZLOWSKI et al. 1973).

Bei den Spättreibern dauerte im allgemeinen die Streckungsperiode der Endtriebe in vergleichbarer Seehöhe kürzer als bei den Frühtreibern (Tab. 2). Dem steht die Beobachtung ROHMEDER'S (1952) entgegen, daß es vier Möglichkeiten des Wachstumsablaufes gibt, die er in seinen Versuchen vorfand. Sowohl bei Früh- als auch bei Spättreibern gibt es früh- und spätabschließende Klone, so daß in seinem Material die Dauer des Triebwachstums von 30 bis 72 Tagen schwankte. Unser Befund könnte darauf beruhen, daß Spättreiber eine erbliche Veranlagung zur Bildung von weniger Blattprimordien haben, die dann in kürzerer Zeit ausgewachsen sind (WORRALL 1975). POLLARD (1974) fand, daß schwachwüchsige Provenienzen von *Picea glauca* bei konstanten Bedingungen in Klimakammern in der Knospe weniger Primordien anlegen als schnellwüchsige Herkünfte, vor allem deshalb, weil die Neubildung der Nadelanlagen bei den schnellwüchsigen länger andauert.

Es kann aber auch angenommen werden, daß den Spätfichten in höchsten Lagen der Zeitraum zur Ausreifung der Knospe für den nächstjährigen Trieb zu kurz ist und sich in einer Verkleinerung des nächstjährigen Triebes äußert. Ob durch die raschere Entwicklung der Spättreiber auch ein Vorsprung gegenüber den Frühtreibern für die Win-

terruhe gegeben ist, muß durch Untersuchungen über die Reifungsvorgänge in der Knospe noch geklärt werden.

Beim Höhenzuwachs sind neben der Erbanlage der einzelnen Klone und dem Klimaeinfluß noch zwei Umstände maßgebend: erstens der Versetzschock (vgl. HAVRANEK 1975) und zweitens der Umstand, daß alle Klone vor dem Aussetzen der Pflanzen bis zur Anlage der Endknospen im Jahre 1973 unter einheitlichen Bedingungen standen. Durch dürften die Seehöhenstufen-bedingten Zuwachsunterschiede, wie sie allgemein bei Fichtenpflanzen und Bäumen festzustellen sind (HOLZER 1967, BENECKE 1972), verringert worden sein. Man wird daher den Zuwachs in den kommenden Jahren weiter erheben müssen, um zu endgültigen Aussagen zu kommen.

Die bisherigen Messungen ergaben im Durchschnitt aller Klone in 1200 m optimalen Höhenzuwachs. Die Abnahme der Zuwachsleistung mit steigender Seehöhe entspricht den Erwartungen. Nach BENECKE (1972) nahm der Höhenzuwachs von 3jährigen Fichten, die in 3 Höhenlagen ausgesetzt wurden, von 7,2 cm (600 m) auf 4,8 cm (1300 m) und 2,7 cm (1950 m) ab. Die Erbanlage „Wuchsigkeit“ setzt sich vorerst bei den Stecklingspflanzen weniger deutlich durch als das Austriebsverhalten; sie wird durch äußere Einflüsse stark überlagert. Immerhin zeigte sich bei dem vorliegenden Versuchsmaterial in Übereinstimmung mit den Ausgangspflanzen, daß Frühtreiber in allen Höhenstufen mehr Zuwachs haben als Spättreiber. Auch nach ROHMEDER (1964) leistete eine Tieflagenprovenienz der Lärche an 3 verschiedenen Anbauorten zwischen 700 und 1150 m in allen Höhenlagen mehr als die Hochlagenherkunft (vgl. VINCENT und VINCENT 1964, STASTNY 1971).

Nach KRUTZSCH (1975) ist für das gesamte Fichtenverbreitungsgebiet kein Zusammenhang zwischen Höhenzuwachs und Klimaeigenschaften der Herkunftsorte zu erwarten, was eine Bestätigung einiger früherer Versuche bedeutet, daß Austrieb und Wuchsleistung unabhängig voneinander vererbt werden (MÜNCH 1928, ROHMEDER und SCHÖNBACH 1959). Es sind viele Herkünfte bekannt, die trotz des späten Austriebes und einer kürzeren Wachstumsperiode zumindest eine ebenso gute Höhenentwicklung aufweisen als gute Frühtreiberherkünfte, außerdem aber den Vorzug der Spätfrostsicherheit aufweisen (DIETRICHSON 1969, NIENSTAEDT und KING 1969). Wie verschiedene Herkunftsversuche mit Hochlagensaatgut zeigen (z. B. CIESLAR 1895 — MELZER 1937; ENGLER 1913 — FISCHER 1950), handelt es sich bei diesen Herkünften um ausgesprochene Spätentwicklertypen (im Sinne BACKMANN'S), die vor allem in ihrer Jugend eine sehr lange Anlaufzeit benötigen und erst später durch anhaltendes gutes Wachstum vieles noch einholen, vor allem aber durch die Kimaangepaßtheit dem in der Jugend raschwüchsigen Tieflagentyp in Hochlagen weit überlegen sind.

Gerade dieses unterschiedliche Verhalten der im vorliegenden Material vertretenen Fichtenherkünfte in physiologischer Hinsicht läßt erkennen, daß es sich um Herkünfte von anderem Ursprung handeln muß; ob nun die Vermutung von GAMS (1967) zu Recht besteht, daß die alpine Hochlagenfichte (von Systematikern auch als *Picea obovata* var. *alpestris* bezeichnet) ein Hybrid zwischen verschiedenen Gebirgs- bzw. nordischen Fichtenarten sei, oder ob es sich nur um eine spezielle Rasse der *Picea abies* handelt (HOLZER 1970, SCHMIDT-VOGT 1974), kann auch mit diesem Material noch nicht geklärt werden; sicher aber handelt es sich um eine extrem an das Gebirgsklima angepaßte Varietät, deren Verpflanzung in andere Gebiete problematisch ist.

Zusammenfassung

Von 51 Fichten ostalpiner Herkünfte, die sich in ihren Merkmalen Austriebszeitpunkt und Höhenwachstum deutlich voneinander unterschieden, wurden 1970/71 Stecklinge gewonnen, diese im Forstgarten Mariabrunn (216 m) weiter gezogen und im Juli 1973 auf 4 verschiedenen hoch gelegenen Versuchsflächen (850, 1250, 1600 und 1900 m) in Tirol ausgesetzt. Im Jahr nach der Auspflanzung wurde der Zeitpunkt des Austriebes, der Endknospenbildung und der endgültigen Einstellung des Höhenwachstums, sowie der Höhenzuwachs im Jahre 1974 erhoben.

Die Pflanzen trieben um so später aus, in je höhere Lage sie gebracht wurden. Die Austriebsverzögerung betrug bei den Spätreibern 4,6 Tage/100 m, bei den Frühtreibern bis zu 7,2 Tage/100 m. Die klonspezifischen Unterschiede des Austriebsdatums betrugen auf der untersten Fläche 47 Tage, auf den 3 höheren Flächen 22–29 Tage. Sie waren mit dem Austriebsverhalten der Ausgangsbäume eng korreliert ($r = 0,74$ bis $0,78$).

Die Endknospenbildung und der Wachstumsabschluß verzögerten sich auch mit der Seehöhe, jedoch etwas weniger als der Austrieb. Die Haupt- und Gesamtstreckungsperiode nahm daher von den unteren zu den oberen Flächen bei den Frühtreibern um 16 bzw. 20 Tage, bei den Spätreibern um 9 bzw. 12 Tage ab. Extreme Frühtreiber hatten in allen Höhenstufen eine bedeutend längere Streckungsdauer wie Spätreiber.

Der Höhenzuwachs kulminierte im Mittel aller Klone in 1250 m Seehöhe und nahm nach oben klimabedingt ab. Die einzelnen Klone zeigten in einer Höhenstufe große Zuwachsunterschiede, die mit der Wüchsigkeit der Ausgangsbäume nur lose korreliert waren ($r = 0,30$ bis $0,37$). Extreme Frühtreiber zeichneten sich jedoch durch überdurchschnittliches, Spätreiber durch unterdurchschnittliches Höhenwachstum aus.

Schlagworte: Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.), physiologische Anpassung an die Höhenlage, Vererbung der phänologischen Variation.

Summary

51 trees of Norway spruce of eastalpine origin with distinct differences in flushing time and height growth were selected for vegetative propagation by cuttings; these were taken in the years 1970/71 and grown at Mariabrunn (altitude 216 m a.s.l.). In July 1973 the plants were planted at four different elevations in Tirol (850 m, 1250 m, 1600 m, and 1900 m a.s.l.). During 1974 height growth and the dates of flushing, bud formation and growth cessation were recorded.

The dates of bud burst were later at successively higher elevations. In the early flushing clones this delay was 7,2 days per 100 m, in the late ones 4,6 days per 100 m. At the lowest site, 47 days elapsed between the earliest and the latest clones; at the higher sites between 22 and 29 days. There was a strong correlation in bud-burst time between ortets and ramets ranging from $r = 0,74$ to $0,78$.

The beginning of bud formation and cessation of growth were also delayed with increasing elevation, but somewhat less than bud burst. The shoot expansion period in the early flushers was 20 days shorter at the highest than at the lowest site; the difference for the late flushers was 12 days. Early flushing clones had a longer shoot expansion period than late flushers at all four locations.

Shoot growth was best for all clones at the 1250 m site; it was restricted with increasing altitude by climatic conditions. There was much variation in shoot elongation and only loosely correlated with the height growth of the ortets in the first year of growth ($r = 0,30$ to $0,37$). However, the earliest clones showed better height growth than the late ones, in agreement with expectations.

Key words: *Picea abies* (L.) KARST., physiological adaptation to elevation, inheritance of phenological variation.

Literatur

- AUSSENAC, G.: Etude de la croissance en hauteur chez quelques résineux. Effet de la température. Ann. Sci. forest. 32, 1–16 (1975). — BENECKE, U.: Wachstum, CO_2 -Gaswechsel und Pigmentgehalt einiger Baumarten nach Ausbringung in verschiedene Höhenlagen. Angew. Bot. 46, 117–135 (1972). — BURDON, R. D. and SHELBOURNE, C. J. A.: The use of vegetative propagules for obtaining genetic information. N. Z. J. For. Sci. 4 (2), 418–425 (1974). — CAMPBELL, R. K. and SØRENSEN, F. C.: Cold acclimation in seedlings of Douglas-fir related to phenology and provenance. Ecology 54, 1148–1151 (1973). — CIESLAR, A.: Über die Erblichkeit des Zuwachsvermögens bei Waldbäumen. Centralbl. f. d. ges. Forstwes. 21, 7–29 (1895). — DIETRICHSON, J.: Growth rhythm and yield as related to provenance, progeny, and environment. Sec. Wrld. Cons. For. Tree Breeding, FO-FTB, I, 17–35 (1969). — DORMLING, I., GUSTAFSSON, A. and WETTSTEIN, D.: The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) KARST. I. Some basic experiments on the vegetative cycle. Silvae Gen. 17, 44–64 (1968). — DORMLING, I., EKBERG, I., ERIKSSON, G. and WETTSTEIN, D.: The inheritance of the critical night length for budset in *Picea abies* (L.) KARST. Proc. Joint IUFRO Meeting, S. 02.04. 1–3, Stockholm 1971, 438–448 (1971). — ENGLER, A.: Einfluß der Provenienzen des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse (Fichte, Tanne, Lärche, Bergahorn). Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes. 10, 191–386 (1913). — FISCHER, F.: Ergebnisse von Anbauversuchen mit verschiedenen Fichtenherkünften (*Picea abies* (L.) KARST.). Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes. 26, 153–204 (1950). — FRASER, D. A.: Apical and radial growth of White Spruce (*Picea glauca* (MOENCH) Voss) at Chalk River, Ontario, Canada. Can. J. Bot. 40, 659–668 (1962). — GAMS, H.: Diskussionsbeitrag zu HOLZER (1967). — HAVRANEK, W.: Wasserhaushalt und Zuwachs von Fichten nach Versetzung zu verschiedenen Jahreszeiten. Cbl. ges. Forstw. 92, 9–25 (1975). — HEIDE, O. M.: Growth and dormancy in Norway spruce ecotypes (*Picea abies*). I. Interaction of photoperiod and temperature. Physiol. Plant. 30, 1–12 (1974). — HOFFMANN, G. und LYR, H.: Charakterisierung des Wachstumsverhaltens von Pflanzen durch Wachstumsschemata. Flora 162, 81–98 (1973). — HOLZER, K.: Die Seehöhengliederung der Fichtentypen in den österreichischen Alpen. In: Forstsamengewinnung und Pflanzenzucht für das Hochgebirge. Ed. H. SCHMIDT-VOGT. München, 66–73 (1964). — HOLZER, K.: Die Vererbung von physiologischen und morphologischen Eigenschaften der Fichte. I. Sämlingsuntersuchungen. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn 71, 185 p (1966). — HOLZER, K.: Das Wachstum des Baumes in seiner Anpassung an zunehmende Seehöhe. In: Ökologie der alpinen Waldgrenze. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn 75, 427–456 (1967). — HOLZER, K.: A late frost injury in an alpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) provenance test. Sec. World Cons. For. Tree Breeding, FO-FTB, I, 699–713 (1969). — HOLZER, K.: Die Rassenfrage bei der alpinen Fichte. Informationsdienst 127, Allg. Forstztg. 81, 171–173 (1970). — HOLZER, K.: Pflanzgutbeschaffung von Fichte (*Picea abies*) für Hochlagen durch Stecklingsvermehrung. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien 96, 61–73 (1972). — HOLZER, K.: The use of cuttings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) in phenological research. N. Z. J. For. Sci. 4 (2), 433–439 (1974). — HOLZER, K.: Zur Identifizierung von Fichtenherkünften (*Picea abies* (L.) KARST.). Silvae Genetica 24, 169–175 (1975). — HOLZER, K. und NÄTHER, J.: Die Identifizierung von forstlichem Vermehrungsgut. 100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt, 13–42 (1974). — KOZLOWSKI, T. T., TORRIE, J. H. and MARSHALL, P. E.: Predictability of shoot length from bud size in *Pinus resinosa* Ait. Can. J. For. Res. 3, 34–38 (1973). — KRUTZSCH, P.: Die Pflanzschulenergebnisse eines inventierenden Fichtenherkunftsversuches (*Picea abies* (L.) KARST. und *Picea obovata* LEDEB.). Royal Coll. For., Dep. For. Genetics, Res. Paper 14, 64 p (1975). — LANGNER, W. und STERN, K.: Untersuchungen über den Austriebstermin von Fichten und dessen Beziehungen zu anderen Merkmalen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 135, 53–60 (1964). — LINES, R.: Summary report on the IUFRO 1938 Provenance Experiments with Norway spruce, *Picea abies* (L.) KARST. For. Comm. Research and Development Paper 105, 1–12 (1974). — MEIYZER, H.: Der Fichtenherkunftsversuch in Loimannshagen. Cbl. ges. Forstwes. 63, 225–232 (1937). — MITSCHERLICH, G.: Das Wachstum der Fichte in Europa. Allg. Forst- u. Jagdztg. 134, 29–140 (1963). — MOULALIS, D.: Untersuchungen über das Austriebsverhalten der Baumart Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) in Bayern und die Züchtung auf Spätfröstsresistenz. Dissertation München, 149 p (1971). — MÜNCH, E.: Die Knospenentwicklung der Fichte und die Spätfröstsgefahr. Allg. Forst- u. Jagdztg. 99, 241–265 (1923). — MÜNCH, E.: Weitere Untersuchungen über Früh- und Spätfichten. Zft. Forst- u. Jagdwes. 9, 129–177 (1928). — NIENHAUER, H. and KING, J. P.: Breeding for delayed budbreak in *Picea glauca* (MOENCH) Voss — potential frost avoidance and growth gains. Sec. Wrld. Cons. For. Tree Breeding, FO-FTB, I, 61–80 (1969). — POLLARD, D. F. W.: Provenance variation in

phenology of needle initiation in white spruce. Can. J. For. Res. 3, 589–593 (1973). — POLLARD, D. F. W.: Bud morphogenesis of white spruce *Picea glauca* seedlings in a uniform environment. Can. J. Bot. 52, 1569–1571 (1974). — ROBERTS, J. and WARFING, P. F.: A study of the growth of four provenances of *Pinus contorta* Dougl. Ann. Bot. 39, 93–99 (1975). — ROHMEDE, E.: Die Vererbung der Austriebszeit bei Fichteneinzelstämmen. Forstwiss. Cbl. 67, 32–38 (1948). — ROHMEDE, E.: Der jahreszeitliche Verlauf des Höhenwachstums früh- und spätreibender Fichten. Forstwiss. Cbl. 71, 369–372 (1952). — ROHMEDE, E.: Die Bedeutung der Samenherkunft für die Forstwirtschaft im Hochgebirge. In: Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. Ed. H. SCHMIDT-VOGT. München, 17–35 (1964). — ROHMEDE, E. und SCHÖNBACH, H.: Genetik und Züchtung der Waldbäume. Hamburg und Berlin (1959). — RUDEN, T.: Arvelige variasjoner hos gran (*Picea excelsa* (LAM) LINK). Forskning og Forsøk i Landbruket 19, 365–392 (1968). — SAUER, A., KLEINSCHMIT, J. und LUNDERSTÄDT, J.: Charakterisierung von Fichten-Klonen (*Picea abies* (L.) KARST) mit Hilfe morphologischer, physiologischer und biochemischer Methoden. Silvae Genet. 22, 173–182 (1973). — SCHMIDT-VOGT, H.: Studien zur morphologischen Variabilität der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.). Allg. Forst- und Jagdztg. 143, 133–144, 177–186, 221–240 (1972). — SCHMIDT-VOGT, H.: Die systematische Stellung der gemeinen Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) und der sibirischen Fichte (*Picea obovata* LEDEB.) in der Gattung *Picea*. Allg. Forst- u. Jagdztg. 145, 45–60 (1974). — STASTNY, T.: Photo-periodic reaction testing in *Larix decidua* MILL. Acta Inst. For. Zvolenensis 2, 29–56 (1971). — STERN, K.: Die Bewertung des Merkmals Austriebstermin in einem Züchtungsvorhaben mit Fichten in Schleswig-Holstein. Forstarchiv 37, 70–74 (1966). — TRANQUILLINI, W. und UNTERHOLZNER, R.: Das Wachstum zweijähriger Lärchen einheitlicher Herkunft in verschiedener Seehöhe. Cbl. ges. Forstwes. 85, 43–59 (1968). — VINCENT, G. und VINCENT, J.: Ergebnisse des internationalen Fichtenprovenienzversuches. Silvae Genet. 13 141–146 (1964). — WORRALL, J.: Seasonal, daily and hourly growth of height and radius in Norway spruce. Can. J. For. Res. 3, 501–511 (1973). — WORRALL, J.: Provenance and clonal variation in phenology and wood properties of Norway spruce. Silvae Genet. 24, 2–5 (1975). — WORRALL, J. und MERGEN, F.: Environmental and genetic control of dormancy in *Picea abies*. Physiol. Plant. 20, 733–745 (1967).

Influence of year of cone collection on seed weight and cotyledon number in *Abies procera*

By F. C. SORENSEN and J. F. FRANKLIN

Forestry Sciences Laboratory, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, Corvallis, Oregon 97331

(Received June / December 1976)

Introduction

In studies of natural variation of plant parts of wide-ranging forest species, plant samples may all be collected in 1 year or different samples may be collected in different years but treated as if there were no effects due to year of collection. Theoretically, a year effect is possible, either of environmental origin or, if progenies are being evaluated, of paternal origin. In the latter case, the paternal contribution could change from year to year due to different proportions of self-pollination or to different sources of cross pollen.

We report here results of a study of seed weight (SW) and cotyledon number (CN) in which seeds were collected from the same individual trees at four locations (two in Washington and two in Oregon) in 2 years (1967 and 1968). Effect of year on SW and CN and the relationship between the two traits were investigated. Inclusion of both SW and CN in the study of year effects provided a character predominantly of maternal origin (SW) (RIGHTER, 1945, SQUILACE, 1957) and one with a paternal contribution (CN) (SILEN *et al.*, 1965, and unpublished).

Material and Methods

Seeds were extracted by hand and filled and empty seeds were separated by X-ray. From each single tree collection (40 lots total), 10 filled seeds were taken at random. Seeds were weighed individually, and cotyledons were counted on the embryos they contained. Variation was analyzed on an individual seed basis using the analysis in Tab. 1.

Provenances were treated as random, having been chosen only to represent the region. Years were treated as random

since they were not chosen to represent any special characteristic of year but only year-to-year variability. They did happen to include a year with heavy cone crop (1967) and one with a relatively light crop (1968). Trees were likewise random except that they had to have cones since we were working with a seed trait; seeds were random as noted above. A test was not made on provenances. Only an approximate test would have been possible (Tab. 1), and in this investigation our interest was in the year effects rather than place effects.

Pooled within-seed-tree and within-provenance correlations between SW and CN were determined according to SNEDECOR and COCHRAN (1967, p. 185–88).

Results

Year effects including interactions with places and trees in places made up an estimated 45% of the variance in SW and 25% of the variance in CN (Tab. 2). The greatest difference between the 2 years for a single source was 0.86 cotyledons (5.94 to 6.80) in CN and 2.34 g (6.16 to 8.70) in SW. Average differences between the 2 years were 0.48 cotyledons and 1.69 g SW.

Unexplained variation (remainder) was much higher for CN than for SW. Perhaps this was due to the pollen contribution to CN variance. Coefficients of variation were 12.9 and 12.1% for SW and CN, respectively.

Average correlation coefficients (*r*) between SW and CN were 0.13 (pooled trees within provenances) and 0.06 (pooled seeds within trees). Correlations coefficients for the different provenances did not differ significantly, nor did correlation coefficients for the different trees within prove-