

pine. In: USDA For. Serv. Res. Pap. NC-6:18-23 (1966). — SARVAS, R.: Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. Comm. Inst. For. Fenn. 53 (4): 198 p. (1962). — SILEN, R. R.: Pollen dispersal considerations for Douglas-fir. J. For. 60: 70-75

(1962). — SØRENSEN, F. C.: Frequency of seedlings from natural self-fertilization in coastal Douglas-fir. Silvae Genetica 22: 20-24 (1973). — SQUILLACE, A. E., and KRAUS, J. F.: The degree of natural selfing in slash pine as estimated from albino frequencies. Silvae Genetica 12: 46-50 (1963).

Unterschiede im Kronenaufbau bei Klonen und Herkünften der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.)

Von JACQUES ANTOINE

Abteilung für Forstliche Biometrie der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen

(Eingegangen im Juli 1974)

1. Problemstellung

Die Mannigfaltigkeit der Formen der Fichtenkrone ist seit langem bekannt, und es hat nicht an Versuchen für eine kausale Erklärung des ihr zugrundeliegenden genetischen Polymorphismus gefehlt. Die meisten Autoren, die sich mit diesem Fragenkomplex auseinandergesetzt haben, machen verschiedene Selektionswerte der Kronentypen mit Hinblick auf Konkurrenzfähigkeit im Bestand, Widerstandsfähigkeit gegen *Schneeauflage* bzw. Eisanhang für die Vielfalt der Ausformung der Fichtenkrone und für ihre geographische Verteilung verantwortlich. Es sei hier auf die Veröffentlichungen von HOFFMANN (1968) und SCHMIDT-VOGT (1972) für zusammenfassende Darstellungen dieser Forschungsergebnisse und Beobachtungen hingewiesen. Die Eisbruchuntersuchung von ANTOINE (1974) im Harz sowie auch frühere Forschungsergebnisse über dieses Thema heben die Zweckmäßigkeit der gleichzeitigen Betrachtung mehrerer miteinander koi-relierter Merkmale hervor, um verschiedene Kronenmorphie der Fichte auseinanderzuhalten. Bei der jetzigen Untersuchung soll überprüft werden, inwieweit bestimmte anbaufähige Klonen und Herkünfte sich in der Batterie der für Eisbruch relevanten sowie zusätzlichen interessanten Wipfelmerkmale unterscheiden.

2. Untersuchungsmaterial

Die Untersuchungsobjekte (es sind Fichtenwipfel) stammen von zwei Fichtenversuchen: einem 17- bis 20jährigen Klonversuch in Escherode (Bundesrepublik Deutschland) und einem Herkunftsversuch in Dönjelt (Südschweden). Der Fichtenklonversuch Escherode liegt in 52° nördlicher Breite und 340 m Seehöhe. Der Fichtenherkunftsversuch Dönjelt ist einer der Versuche, die 1938 von der IUFRO in mehreren Ländern Europas angelegt wurden. LANGLET hat diesen Versuch geplant und durchgeführt (vgl. LANGLET 1964). Der Ort Dönjelt befindet sich in 57° nördlicher Breite und in 170 m über NN. Der Versuch enthält 36 Provenienzen aus verschiedenen Gebieten Europas, die in 5 vollständigen Blocks verteilt sind.

Die Quirlzahl wurde bei den untersuchten Wipfeln konstant gehalten: 4 für das Escheroder Material, 6 für Dönjelt. Vom Escheroder Material wurden folgende Merkmale erhoben:

- 1— Gesamtzahl der Quirläste
- 2— Gesamtzahl der Fülläste

3— Wipfellänge

4— Triebdicke oberhalb der Schnittstelle

5— Gesamtlänge der Quirläste

6— Astdicke eines repräsentativen Hauptastes am untersten Quirl

7— Astwinkel 1 = Winkel zwischen Stammachse und einem Hauptast am untersten Quirl

8— Astwinkel 2 = Winkel gemessen an einem Hauptast am obersten Quirl

9— Brusthöhdurchmesser

10— Baumlänge

Die ersten 5 Wipfelmerkmale sind gleichzeitig diejenigen, die den Eisbruch in den untersuchten Harzbeständen (ANTOINE 1974) wesentlich mitbeeinflußten. Diese Merkmale wurden in beiden Versuchen aufgenommen, während sich die zusätzlich herangezogenen Wipfel- und Stammesmerkmale in den zwei Versuchen zum Teil unterscheiden. Für Dönjelt heißen die zusätzlichen Merkmale:

6— Astbreite, gemessen an der breitesten Stelle eines repräsentativen Hauptastes an jedem Quirl. Die Meßwerte für die Äste an den verschiedenen Quirlen wurden aufsummiert.

7— Asttief (wie im Punkt 6)

8— Astdicke (wie in Escherode)

9— Astwinkel 1 (wie in Escherode)

10— Astwinkel 2 (wie in Escherode)

11— Baumlänge

Im Escheroder Versuch wurden die Messungen an 7 verschiedenen Klonen mit 5 Wiederholungen vorgenommen. Da die Messungen im Zuge einer Durchforstung erfolgten, waren die Probäume nicht streng zufällig auf die Versuchsfläche verteilt. In Dönjelt sind die oben aufgeführten Merkmale an 10 ausgewählten Herkünften gemessen worden. Die Stichprobe umfaßte 100 Bäume der oberen Kronenschicht: 10 Individuen je Provenienz und jeweils zwei Bäume in jeder Parzelle der 5 vorhandenen Blocks.

3. Das biometrische Verfahren

Als statistisches Entscheidungsmittel wird die multivariate Varianzanalyse benutzt, die bei der Behandlung biologischer Fragestellungen mit korrelierten Merkmalen mehr und mehr Anwendung findet (SCHNEIDER 1967). Sie kann als Verallgemeinerung der univariaten Varianzanalyse aufgefaßt werden. Der wesentlichste Unterschied

zwischen beiden Verfahren liegt darin, daß die univariate Varianzanalyse Schätzwerte für Skalarparameter (Mittelwerte und Varianzen) liefert, während die multivariate Varianzanalyse mehrdimensionale Parameter schätzt. Dementsprechend beruhen die multivariaten Tests auf Skalarprüfgrößen, die Quotienten von Funktionen bestimmter Quadratsummen- und Kreuzproduktmatrizen bzw. deren Dispersions- oder Korrelationsmatrizen darstellen. Sonst erfolgt die Zerlegung der Quadratsummen- und Kreuzproduktmatrix für die Gesamtvariation und -kovariation analog zur Aufteilung der Gesamtvarianz im univariaten Fall (ANDERSON 1958).

Die WILK'sche Testgröße besitzt die allgemeine Form:

$$\Lambda = \frac{|W|}{|S|}$$

Die senkrechten Striche deuten auf die Determinante der jeweiligen Matrix hin. Der Inhalt der Matrizen W und S hängt vom Gegenstand der Nullhypothese ab. Die exakte Verteilung der Größe Lambda ist in bestimmten wichtigen Fällen bekannt, und Tabellen von Lambda für bestimmte Werte ihrer Parameter existieren bereits. Gewöhnlich aber wird diese Größe Lambda durch entsprechende Transformationen zu einer χ^2 (BARTLETT 1938) oder F-verteilten Prüfgröße (RAO 1952) gemacht. Die F-Approximierung, die nach SCHNEIDER (1967) besser ist als die χ^2 -Approximierung, wird hier für die Tests benutzt. Die F-Prüfgröße sieht folgendermaßen aus (COOLEY and LOHNES 1972):

$$F = \frac{\frac{n_1}{n_2} - 1 - y \frac{n_2}{n_1}}{y - 1}$$

mit

$$n_1 = p(g-1)$$

$$n_2 = s \left[(N-1) - \frac{p+(g-1)+1}{2} \right] - \frac{p(g-1)-2}{2}$$

$$s = \sqrt{\frac{p^2(g-1)^2 - 4}{p^2 + (g-1)^2 - 5}}$$

$$y = \Lambda^{1/s}$$

darin bedeuten

p = Zahl der Merkmale

g = Zahl der Gruppen

N = Gesamtzahl der Individuen in allen Gruppen

n_1 = Zahl der Freiheitsgrade für den Zähler als Prüfgröße benutzten Varianzquotienten

n_2 = Zahl der Freiheitsgrade für den Nenner des als Prüfgröße benutzten Varianzquotienten

Entsprechend den unterschiedlichen Versuchsanlagen an den zwei Orten werden zwei verschiedene varianzanalytische Modelle für die Auswertung der vorliegenden Messungen zu Hilfe genommen. Für Escherode gilt das Modell einer einfachen Klassifikation:

$$\begin{bmatrix} y_{ik1} \\ \vdots \\ y_{ikm} \\ \vdots \\ y_{ijkp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \vdots \\ \mu_m \\ \vdots \\ \mu_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{i1} \\ \vdots \\ \alpha_{im} \\ \vdots \\ \alpha_{ip} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{ik1} \\ \vdots \\ \varepsilon_{ikm} \\ \vdots \\ \varepsilon_{ijkp} \end{bmatrix}$$

und für Dönjelt das Modell einer Zweiwegeklassifikation mit Interaktion:

$$\begin{bmatrix} y_{ijk1} \\ \vdots \\ y_{ikm} \\ \vdots \\ y_{ijkp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \vdots \\ \mu_m \\ \vdots \\ \mu_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{i1} \\ \vdots \\ \alpha_{im} \\ \vdots \\ \alpha_{ip} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{j1} \\ \vdots \\ \beta_{jm} \\ \vdots \\ \beta_{jp} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \lambda_{ij1} \\ \vdots \\ \lambda_{ijm} \\ \vdots \\ \lambda_{ijp} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{ijk1} \\ \vdots \\ \varepsilon_{ikm} \\ \vdots \\ \varepsilon_{ijkp} \end{bmatrix}$$

$i = 1, \dots, s$ Klone bzw. Herkünfte

$j = 1, \dots, r$ Blöcke

$k = 1, \dots, n$ Bäume pro Parzelle

$l = 1, \dots, p$ Merkmale

In Matrzenschreibweise sieht die Zerlegung der Quadratsummen- und Kreuzproduktmatrix für die Gesamtvariation folgendermaßen aus:

— für das erste Modell

$$\begin{array}{rcl} T & = & Z + W \\ \text{(Gesamt)} & \text{(zwischen)} & \text{(innerhalb)} \\ & \text{Klonen} & \text{Klone} \end{array}$$

— und für das zweite Modell

$$\begin{array}{rcl} T & = & A_h + A_b + A_i + W \\ \text{(Gesamt)} & \text{(Herkunft)} & \text{(Block)} \\ & & \text{(Interaktion)} \end{array}$$

Die Teststatistiken sind:

— im ersten Fall

$$\Lambda = \frac{|W|}{|T|}$$

— im zweiten Fall bei der Annahme eines fixen Modells

$$\Lambda_1 = \frac{|W|}{|A_h + W|}$$

$$\Lambda_2 = \frac{|W|}{|A_b + W|}$$

$$\Lambda_3 = \frac{|W|}{|A_i + W|}$$

Diese Ausdrücke für Lambda werden nach den oben angegebenen Formeln zu entsprechenden F-Werten transformiert.

4. Die Ergebnisse der statistischen Analyse

Die Mittelwerte der Komponenten der Mittelwertvektoren für Klone bzw. Herkünfte sind in den Tabellen 1 und 2 enthalten. In Tabellen 3 und 4 sind die multivariaten F-Werte eingetragen; dort sind auch zum Vergleich die entsprechenden univariaten F-Tests aufgeführt. Die multivariaten Tests wurden für zwei Merkmalsblöcke durchgeführt: zum einen sind die 5 ersten relevanten Merkmale ohne die zusätzlichen Merkmale behandelt worden, zum anderen alle Merkmale gemeinsam.

Die Klone im Escheroder Versuch zeigen deutliche Unterschiede in der Mehrzahl der gemessenen Merkmale. Nicht nur die Wachstumsmerkmale, sondern auch die Merkmale Zahl der Quirl- bzw. Fülläste und Astwinkel weisen signifikante Unterschiede in den univariaten F-Tests auf. In Dönjelt heben sich die nordischen Herkünfte (über 60° Latitude) von den anderen Herkünften durch kleinere Mittelwerte der Wachstumsmerkmale ab. Interessant ist, daß Herkünfte aus mittleren Gebirgslagen wie Plania oder Garmisch relativ gute Wuchsleistungen im Vergleich zu den wüchsigen Herkünften der unteren Lagen Drångsered oder Bialowieza aufweisen. Im Gegensatz zum Klonversuch bringen ausschließlich Wachstumsmerkmale signifikante Unterschiede zwischen den Herkünften in den univariaten F-Tests und leisten daher die größten Beiträge zur Signifikanz der multivariaten F-Tests für beide Merkmalsblöcke (5 bzw. 11 Merkmale).

5. Diskussion der Ergebnisse

Die Gegenüberstellung der Testergebnisse macht manche Unterschiede zwischen beiden statistischen Verfahren deutlich. Offensichtlich ermöglicht die multivariate Varianzanalyse bei genügend großen Stichproben eine bessere Ausbeute der in den Daten enthaltenen Informationen. Von der biologischen Seite her entspricht die Behandlung von Merkmalsgruppen mehr der plausiblen Theorie der Ma-

Tabelle 1*). — Mittelwerte der untersuchten Merkmale für die 7 Escheroder Klonen

Variable Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			m	cm	m	cm	o	o	cm	m
Klon A	19.8	55.6	3.0	4.8	14.9	1.5	75	55	7.2	8.5
Klon B	20.6	47.6	2.2	3.7	9.7	1.1	72	67	6.7	7.8
Klon C	28.0	71.2	2.5	5.2	19.6	1.4	65	59	6.4	8.1
Klon G	19.6	79.6	2.9	6.9	14.5	2.0	69	61	5.7	8.3
Klon H	20.4	70.4	2.7	4.5	12.2	1.3	72	57	7.1	7.9
Klon I	24.8	82.4	2.8	4.6	15.3	1.3	56	56	7.0	8.6
Klon R	24.0	44.0	2.0	4.7	15.0	1.4	72	61	4.4	6.8
Gesamtmittel	22.5	64.4	2.6	4.8	14.3	1.4	68.7	59.4	6.3	7.9

*) In den Tabellen 1 und 2 stehen statt der Merkmale die ihnen im Text zugewiesenen Nummern.

Tabelle 2. — Mittelwerte der untersuchten Merkmale für die 10 Herkünfte im Dönjeltversuch

Provenienzname und Nr.	Geogr. Breite	Seehöhe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					m	cm	m	cm	dm	dm	o	o	m
Tyldal (3)	62° 04'	550 m	25.0	54.6	2.1	3.8	14.8	8.5	35.7	14.1	71	45	11.5
Follafoß (5)	63° 58'	80 m	25.7	52.5	2.3	3.7	15.3	8.2	35.0	13.0	66	46	12.9
Drängsereid (6)	57°	165 m	27.0	51.6	2.9	5.1	22.3	9.0	50.7	15.7	63	48	18.9
Pförtner (8)	51° 47'	70 m	27.0	54.0	3.0	5.5	23.1	8.3	45.8	21.5	69	50	22.0
Istebna (10)	49° 35'	620 m	28.9	50.4	2.8	5.3	19.5	10.3	51.3	15.5	71	50	15.2
Plania (15)	49° 20'	750 m	29.2	59.4	3.1	5.7	20.1	10.9	60.3	18.0	71	51	15.9
Oberzellach													
II (18)	46° 55'	900 m	29.4	64.1	3.1	5.9	19.8	10.1	54.9	17.0	69	50	15.1
Garmisch (31)	47° 30'	750 m	30.4	56.1	2.7	5.7	20.4	11.4	55.9	15.8	67	46	15.5
Bialowieza (34)	52° 52'	180 m	29.0	61.8	3.3	5.6	21.5	10.4	52.2	17.8	64	48	16.7
Dolina (36)	49°	500 m	30.2	57.8	2.9	5.5	20.7	11.9	53.6	20.6	57	47	14.8
Gesamtmittel			28.2	56.2	2.8	5.2	19.8	9.9	49.5	16.9	67	48	15.8

jorgene (STERN 1964), die wahrscheinlich miteinander in Beziehung stehen und den genetischen Polymorphismus der Kronenform der Fichte bedingen. Daraus resultiert die Bedeutung der multivariaten statistischen Verfahren bei der Erforschung des pflanzenzüchterisch sehr wichtigen Polymorphismus der Fichtenkrone hinsichtlich der Eis-

bzw. Schneebrechresistenz der Fichte in gefährdeten Lagen. Außerdem ist es sinnvoll, möglichst viele Merkmale in ein eventuelles Resistenzzüchtungsprogramm einzubeziehen, um eine breitere Arbeitsbasis zu schaffen und damit die Erfolgschancen zu erhöhen. Dabei muß man aber in Kauf nehmen, daß der genetisch theoretische Hintergrund erheblich komplizierter wird. In der Klonzüchtung, die gewöhnlich eine Einengung der genetischen Variation der ursprünglichen Population mit sich bringt, könnte die Züchtung auf Merkmalsgruppen für eine gewisse Vielfalt in dem nachzuziehenden Material sorgen. Herkünfte, die repräsentative Abschnitte von Unterpopulationen darstellen, liefern eine breitere genetische Grundlage für die Züchtung von langlebigen Organismen wie Waldbäumen, denn die Aufrechterhaltung der genetischen Variabilität im Zuchtmaterial ist nach Ansicht vieler Forstgenetiker eine unabdingbare Voraussetzung für die Betriebssicherheit der zukünftigen Bestände. Insofern können diese Ergebnisse für die forstliche Praxis wertvoll sein, denn sie bestätigen einmal mehr die Annahme, daß Fichtenmorphie, die in Nischen (siehe STERN und ROCHE (1974) für Begriffserklärung) mit kritischen Werten von Schneeauflage bzw. Eisanhang entstanden sind, unterschiedlichere Variationsmuster der Kronenform aufweisen müssen als diejenigen, die etwa in Nischen mit geringer Häufigkeit dieser winterlichen Witterungsverhältnisse gebildet sind.

Tabelle 3. — Ergebnisse der F-Tests für das Escheroder Material

Multivariater F-Test

Variationsursache	F-Wert	Zahl der Freiheitsgrade
Klon (5 Variable)	6.72***	30/98
Klon (10 Variable)	5.59***	60/104

Univariater F-Tests

Variationsursache	Klon	F-Wert mit 6/28 FG
Variable		
1		4.09***
2		12.79***
3		12.80***
4		8.82***
5		4.32***
6		17.11***
7		6.56***
8		1.88
9		9.67***
10		1.25

Anmerkung

Für die Erlaubnis zu Messungen auf Feldversuchen wird O. LANGLET, CH. CARBONNIER, P. KRUTZSCH und J. KLEINSCHMIT gedankt. Die Rechenarbeiten wurden bei der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung Göttingen durchgeführt. Die Untersuchungen waren gefördert aus Mitteln des Niedersächsischen Zahlenlottos.

Tabelle 4. — Ergebnisse der F-Tests für das Dönjeltmaterial

Multivariate F-Tests (fixes Modell)

Variationsursache	5 Variable		11 Variable	
	F-Wert	Zahl der FG	F-Wert	Zahl der FG
Herkunft	5.14***	45/387	4.04***	99/575
Block	1.70*	20/302	2.42***	44/327
Interaktion	1.93***	180/367	2.05***	396/767

Univariate F-Tests (fixes Modell)

Variationsursache	Herkunft	Block	Interaktion
	F-Werte mit 9/50 FG	F-Werte mit 4/50 FG	F-Werte mit 36/50 FG
Variable			
1	1.38	.61	.75
2	.95	.24	1.94*
3	5.95***	.34	2.17**
4	16.95***	1.65	2.32**
5	1.03	2.39	1.08
6	3.79**	1.41	1.92
7	5.42***	3.23*	1.36
8	1.79	1.00	1.11
9	1.87	.94	1.20
10	.73	.90	1.30
11	1.53	2.44	1.01

6. Zusammenfassung

Im Rahmen einer Untersuchung über die Zusammenhänge zwischen Kronenmorphologie der Fichte und Eisbruchgefährdung wurden mehrere für diese Schadensursache relevante sowie zusätzliche gegenseitig abhängige Merkmale in zwei Fichtenversuchen erhoben und die Meßdaten ausgewertet. Als biometrisches Entscheidungsmittel wurde die multivariate Varianzanalyse, die den gleichzeitigen Vergleich von ganzen Merkmalsblocks an verschiedenen Gruppen von Objekten ermöglicht, benutzt. Es hat sich herausgestellt, daß dieses Verfahren bei genügend großer Stichprobe eine bessere Ausnutzung der Dateninformationen als die univariate Varianzanalyse erlaubt. Daraus können wertvolle Aussagen über die Gestaltung ganzer Batterien von Kronenmerkmalen getroffen werden, was eine entscheidende Hilfe für die forstliche Resistenzzüchtung — die ohnehin eine breite Arbeitsbasis für ihre künstliche Selektion braucht — bedeuten könnte.

Schlagworte: Klon, Herkunft, Schnee-Eisbruchresistenz, Polymorphismus der Fichtenkrone, multivariate Varianzanalyse.

Summary

Title of the paper: Comparison of crown structure among several clones and provenances of Norway spruce.

Various crown characteristics related to the resistance of spruce against ice breakage were assessed in two field experiments. In view of the correlations existing between these traits multivariate tests were applied that account for their common probability distributions. This procedure may utilize more relevant information than separate univariate analyses of variance if appropriate sample sizes were chosen. The test statistics proved to be significant also for a subset of the traits under study. Since adaptation to the natural environment takes place in the complex of such traits there may be gained better decision aids for artificial selection.

Résumé

Titre de l'article: Comparaison de la structure de la cime de plusieurs clones et provenances d'épicéa.

Ce travail rapporte quelques résultats de recherche sur les relations entre le bris de verglas et la morphologie de la cime de l'épicéa. Les caractères morphologiques intéressants ont été mesurés dans deux stations d'essai forestières: une plantation de clones d'épicéa située à Escherode (République d'Allemagne fédérale) et une plantation de provenances localisée à Dönjelt (Suède), et analysés. La méthode d'analyse statistique utilisée, l'analyse de variance multivariée, est exposée dans le texte. Les différents clones et provenances investigués ont montré des différences significatives dans les deux blocs de caractères considérés. Ce résultat pourrait être profitable à l'amélioration des arbres forestiers, où l'accent est porté plutôt sur des groupes de caractères que sur des caractères isolés, en ce qui concerne la sélection de sous-populations ou d'individus résistants au bris de verglas ou de neige.

Literaturangabe

ANDERSON, T. W.: An introduction to multivariate statistical analysis. New York, 1958, 215—221. — ANTOINE, J.: Einige Untersuchungsergebnisse über die Abhängigkeit des Wipfelbruchs durch Eisanhang bei der Fichte von der Kronenmorphologie und den Holzmerkmalen. Allg. Forst- und Jg. Zt. 145, 93—98 (1974). — BARTLETT, M. S., 1938: Siehe COOLEY and LOHNES, 227. — COOLEY, W. W., and LOHNES, P. R.: Multivariate data analysis. New York, 1972, 223—242 and 299—323. — HOFFMANN, J.: Über die bisherigen Ergebnisse der Fichtentypenforschung. Archiv f. Forstwesen 17, 207—216 (1968). — RAO, C. R., 1952: Siehe COOLEY and LOHNES, 227. — SCHNEIDER, B.: Einführung in die multivariate Analyse. Biometrische Zeitschrift 9, 269—284 (1967). — SCHMIDT-VOGT, H.: Studien zur morphologischen Variabilität der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). Allg. Forst- und Jg. Ztg. 143, 133—144, 177—186, 221—240 (1972). — STERN, K., and ROCHE, L.: Genetics of Forest ecosystems. Ecological studies, Vol. 6, Berlin, 1974, 3—13. — STERN, K.: Herkunftsversuche für Zwecke der Forstpflanzenzüchtung, erläutert am Beispiel zweier Modellversuche. Der Züchter 34, 181—191 (1964). — LANGLET, O., Proveniensvalets betydelse för produktion och skogsträdssördning av gran. Särtryck ur Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift 1964, nr. 3.