

are provisional for high B-numbers there are several indications that it may be self-limiting and not lead inexorably to ever-increasing population B-frequencies.

- (a) Accumulation on the female side may be limited to plants with one or two B's.
- (b) Crosses between plants both of which carry B's lead to some unexplained loss of B's.
- (c) The effect of flowering time may lead, especially in the case of individuals with three or more B-chromosomes, to reduced fecundity due to a lack of other trees with ripe pollen and receptive female flowers at the appropriate time.

#### Acknowledgements

We would like to thank our friends and colleagues at Aberdeen University and the Forestry Commission Northern Research Station for their help during the course of this work. Prof. R. CURNOW and Dr. C. J. A. SAMUEL gave considerable help with the statistical analysis. V.M.K. was in receipt of an N.E.R.C. C.A.S.E. studentship which is gratefully acknowledged.

The help of Mrs. CHRISTINE FOX in preparing the manuscript is gratefully acknowledged.

#### References

DARLINGTON, C. D. and THOMAS, P. T.: Morbid mitosis and the activity of inert chromosomes in *Sorghum*. Proc. Roy. Soc. **130**, 127—150 (1941). — FERNANDES, A.: Sur le rôle probable des heterochromatinsomes dans l'évolution des nombres chromosomiques. Scientia Genet. **4**, 168—181 (1952). — JONES, R. N.: B-chromosome systems in flowering plants and animals species. Int. Rev. Cytol.

40, 1—100 (1975). — JONES, R. N., and REES, H.: The influence of B-chromosomes upon the nuclear phenotype in rye. Chromosoma **24**, 158—176 (1968). — KAYANO, H.: Cytogenetic studies in *Lilium callosum*. III Preferential segregation of a supernumerary chromosome in EMC's. Proc. Japan Acad. **33**, 553—558 (1957). — KEAN, V. M.: Studies on the supernumerary B-chromosome in Sitka Spruce. Ph. D. thesis, Aberdeen University (1981). — KISHIKAWA, H.: Cytogenetic studies of B-chromosomes in rye, *Secale cereale* L., in Japan. Agric. Bull. Saga. Univ. **21**, 1—81 (1965). — LONGLEY, A. E.: Supernumerary chromosomes in *Zea mays*. J. Agric. Res. **35**, 769—784 (1927). — 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 Genet. **21**, 182—186 (1972). — MOIR, R. B. and FOX, D. P.: Supernumerary chromosomes and growth rate in *Picea sitchensis* (BONG.) CARR. Silvae Genet. **25**, 139—141 (1976). — MOIR, R. B. and FOX, D. P.: Supernumerary chromosome distribution in provenances of *Picea sitchensis* (BONG.) CARR. Silvae Genet. **26**, 26—33 (1977). — MÜNTZING, A.: Cytological studies of extra fragment chromosomes in rye. III The mechanism of non-disjunction at the pollen mitosis. Hereditas (Lund) **32**, 97—119 (1946). — MÜNTZING, A.: Accessory chromosomes in *Secale* and *Poa*. Proc. of the 8th Int. Congr. of Genetics (Hereditas, Suppl. Vol.) **402—422** (1949). — OSTERGREN, G.: Heterochromatic B-chromosomes in *Anthoxanthum*. Hereditas **33**, 261—296 (1947). — RANDOLPH, L. F.: Types of supernumerary chromosomes in maize. Anat. Rec. **41**, 102 (1928) abstract. — REES, H.: B-chromosomes. Sci. Prog. Oxford **64**, 535—554 (1974). — RUTISHAUSER, A.: Genetics of B-chromosomes. Genetics Today **1**, 118—119 (1963). — SNOW, R.: Alcoholic hydrochloric acidcarmine as a stain for chromosomes in squash preparations. Stain Technol. **38**, 9—13 (1963). — STEVENS, N. M.: The chromosomes in *Diabrotica vittata*, *Diabrotica soror* and *Diabrotica 12-punctata*. J. Exp. Zoo. **5**, 453—470 (1908). — TEOH, S. B. and REES, H.: B-chromosomes in White Spruce. Proc. Roy. Soc. **198**, 325—344 (1977). —

## Untersuchungen zum Wachstum slowakischer Rotbuchenprovenienzen (*Fagus sylvatica* L.)

By L. PAULE

Forstliche Fakultät der Hochschule für Forstwirtschaft und Holztechnologie, Zvolen, Tschechoslowakei

(Eingegangen 1. Februar 1982)

#### Zusammenfassung

In der Arbeit wird die geographische Variabilität der slowakischen Provenienzen der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) an Hand der Wachstumsmerkmale untersucht. Die Versuchsfläche mit 1 rumänischen und 19 slowakischen Provenienzen wurde im Jahre 1972 mit 3jährigen Pflanzen begründet. Die Arbeit umfaßt die Ergebnisse des Höhen- und Durchmesserwachstums und des -zuwachses, sowie deren Saisondynamik. Die Buchenprovenienzen aus dem Gebiet der Slowakei weisen eine beträchtliche geographische Variabilität auf. Die besten Provenienzen sind diejenigen der Nordostslowakei und die lokale Provenienz — Zvolen. Aus mehrjährigen Untersuchungen ergibt sich, daß im Frühjahr (bis 15. Juni) 77%, im Sommer (bis 15. August) 16% und im Spätsommer 7% des Höhenzuwachses und 34%, 54%, bzw. 12% des Durchmesserzuwachses realisiert werden.

**Schlagworte:** *Fagus sylvatica* L., geographische Variabilität, Provenienzforschung, Höhenwachstum, Höhenzuwachs, Durchmesserwachstum, Durchmesserzuwachs, Saisondynamik des Zuwachses.

#### Summary

The geographical variability of Slovak provenances of Beech (*Fagus sylvatica* L.) was studied on the basis of their growth characteristics. Provenance trial was established

in 1972 with 3 years old plants of 1 Roumanian and 19 Slovak provenances. The paper deals with the evaluation of height and diameter growths and increments and their seasonal dynamics. Beech provenances from the region of Slovakia manifested a relatively high geographical variation. The best of them are those from the North-Eastern Slovakia and that of local origin — Zvolen. Investigations lasting more years showed that in spring (till June 15th) has been realized 77%, in summer (till August 15th) 16% and in late summer 7% of the height increment and 34%, 54% and 12% of the diameter increment, respectively.

**Key words:** *Fagus sylvatica* L., geographical variation, provenance investigations, height growth, height increment, diameter growth, diameter increment, seasonal dynamics of increment.

#### Einleitung

In der Vergangenheit wurde in der Slowakei die genetische und züchterische Forschung mehr auf die Nadel- als auf die Laubholzarten ausgerichtet. Dies ist dadurch bedingt, daß den Nadelholzarten eine beträchtlich größere Wertigkeit zugeordnet wurde. Auch ist ihre Fläche bei Begründung der Waldbestände beträchtlich größer. Erst in den letzten Jahrzehnten wendet sich die Forschung mehr den Laubholzarten, vor allem der Buche, deren Flächen-

anteil in der Slowakei 35.7% beträgt, zu. Die Buche wird hier vor allem natürlich verjüngt.

Der Anteil der gepflanzten Buche in der Tschechoslowakei liegt in den letzten 25 Jahren zwischen 10.9% und 13.7% der Pflanzungen aller Baumarten. Trotz des verhältnismäßig hohen Anteils sind nur selten gelungene Kulturen vorzufinden. Eine der Ursachen ist in der schlechten phänotypischen, bzw. genetischen Qualität des Pflanzungsmaterials zu suchen.

Der Variabilität der Rotbuche in der Slowakei ist damit größere Aufmerksamkeit zu widmen. Innerhalb des komplexen Programms zur Erforschung der Buche und Buchenbestände wurden in der Slowakei in den letzten zwanzig Jahren Untersuchungen zur Variabilität der Assimilationsorgane (PAGAN, 1968), Morphologie und Biochemie des Samens (ŠMELKOVÁ, 1976, 1978) und Phänologie geführt, sowie die ersten Provenienzflächen begründet (BALKOVIČ, 1967, 1973, 1975). Erkenntnisse liegen außerdem vor zur Auswahl von Plusbeständen (PIŠKUN, 1978), Variabilität der Wachstumsmerkmale der slowakischen Buchenbestände (BEZAČINSKY, 1975; VESELY, 1977) und zur Buchennaturverjüngung (KORPEL, 1978). Die ersten Arbeiten in der Provenienzforschung mit Buche wurden auf einer kleinen Fläche begonnen. Hier ist die Dynamik des Höhenwachs-

tums untersucht (BALKOVIČ, 1967, 1973) worden. Im Jahre 1968 wurde mit einem umfangreicheren Provenienzversuch begonnen, von dem im Frühjahr 1972 eine Versuchsfläche angelegt wurde (BALKOVIČ, 1975, 1978; ČERVENKA und PAULE, 1980, 1982). Die Untersuchung des Wachstumsverlaufs der slowakischen Buchenprovenienzen im juvenilen Stadium — bis zum Alter von 12 Jahren — ist Ziel dieser Arbeit.

#### Material und Methodik

Die Provenienzfläche Kováčová — Bieň wurde für das Studium des Wachstums der slowakischen Buchenprovenienzen im Jahre 1972 angelegt. Sie befindet sich im Lehrforstbetrieb der Hochschule für Forstwirtschaft und Holztechnologie, Zvolen, im Bestand 508 b, Seehöhe 500 m, Waldtypengruppe Fagetum pauper, Hangneigungsrichtung Ost. Das Saatgut stammt aus der Ernte 1968 und wurde im Frühjahr 1969 ausgesät. Zur Pflanzung im Verband  $2.5 \times 2.5$  m hat man 3jährige Pflanzen (1 + 2) verwendet. Das Gesamtausmaß der Provenienzfläche beträgt 1.35 ha und innerhalb der Provenienzfläche liegen 3 Teilversuche:

- A — Provenienzversuch mit 20 Provenienzen
- B — Provenienzversuch mit 12 Provenienzen
- C — Provenienzversuch mit 12 Provenienzen

Alle 3 Versuche wurden in zufälliger Blockanordnung in 3 Wiederholungen mit 25, 8 bzw. 9 Pflanzen begründet. Im C-Versuch, als auch in drei Fällen des A-Versuchs, hat man Pflanzen verwendet, die aus mit Röntgenstrahlen behandelten Samen erwachsen sind.

Im Versuch wurden 19 Provenienzen aus dem Gebiet der Slowakei — 8 aus der Ost-, 6 aus der Mittel- und 5 aus der Westslowakei aus Seehöhen von 420 m bis 1000 m verwendet (Tab. 1). Außerdem wurde eine Provenienz aus Rumänien zum Vergleich verwendet.

Während der Jahre 1972—1977 wurden Höhen- und Durchmesserwachstum sowie die entsprechenden Zuwächse erfaßt. Dabei ist der Gesamtzuwachs und der der Intervalle Frühjahr — bis 15. Juni —, Sommer — bis 15. August — und Spätsommer — nach dem 15. August — ermittelt worden. In den Jahren 1979—1981 wurden nur Höhen- und Durchmesserwachstum insgesamt festgestellt.

Zur statistischen Auswertung sind Varianz-, Hauptkomponenten- und Clusteranalyse verwendet worden. Für die Varianzanalysen haben wir ein Modell für Zweiwegklassifikation mit ungleicher Anzahl der Wiederholungen in Untergruppen (Matrix der Originalausgaben), sowie die Zwei-

Tab. 1. — Grundangaben über die verwendeten Buchenprovenienzen.

Provenienz	Alter	See- höhe	Geogr. Lage		Hangneigungs- richtung
			$\varphi$	$\lambda$	
1 Remetské Hámre	130	450	22°08'	48°50'	SO
2 Blyskavica	100	850	19°16'	48°28'	N
3 Horná Mariková (RTG)	130	940	18°19'	49°16'	SW
4 Lozorno (RTG)	120	500	17°08'	48°20'	NW
5 Lozorno	120	500	17°08'	48°20'	NW
6 Uliš	110	500	22°31'	49°00'	SW
7 Uliš (RTG)	110	500	22°31'	49°00'	SW
8 Hriňová	140	790	19°31'	48°35'	W
9 Horná Súča	130	500	18°00'	48°56'	O
10 Zvolen	130	500	19°02'	48°40'	O
11 Kamenica n. C.	130	500	22°08'	48°56'	SW
12 Pakostov	80	290	21°57'	49°02'	S
13 Ilava	130	420	18°17'	48°58'	O
14 Lenartov	140	550	21°01'	49°18'	NW
15 Slanec	120	600	21°33'	48°40'	N
16 Slovany	120	1000	18°44'	48°59'	S
17 Hrabíčov	110	800	18°37'	48°33'	NO
18 Sklenné Teplice	90	700	18°54'	48°31'	NO
19 Lukov	110	720	21°05'	49°16'	SW

RTG: Saatgut mit Röntgenstrahlen behandelt

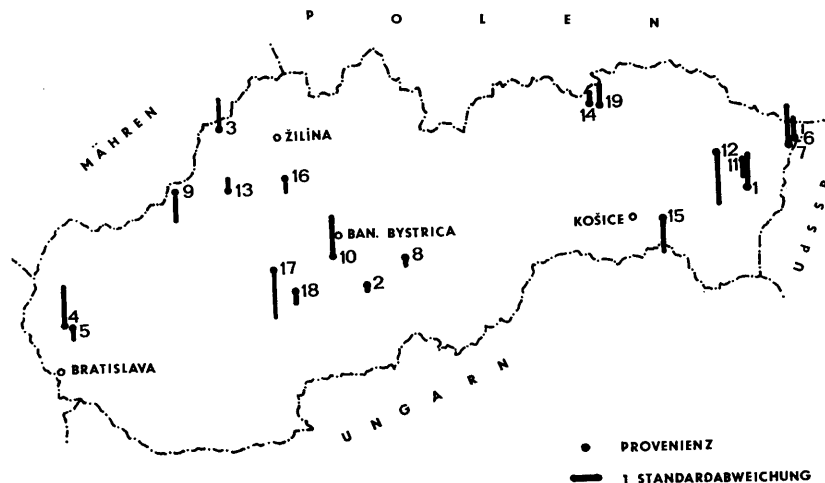


Abb. 1. — Verteilung der einzelnen slowakischen Provenienzen der Rotbuche mit Standardabweichung der Mittelhöhen im Alter von 12 Jahren.

wegklassifikation ohne Wiederholungen in Unterklassen (Matrix der Mittelwerte) verwendet. Zur Schätzung der Varianzkomponenten haben wir das Hendersson Modell eingesetzt (HARVEY, 1975).

Für die Gesamtvergleiche der ausgewählten Variablen ist die Hauptkomponentenanalyse und für die Clusteranalyse die Matrix der verallgemeinerten Euklidischen Entfernungen einzelner Hauptkomponenten verwendet worden. In der Clusteranalyse haben wir ein Modell der hierarchischen Anordnung mit dem nächsten, bzw. weitesten Nachbarn eingesetzt. Alle Rechnungen sind mittels Tesla 270 Rechner der Hochschule für Forstwirtschaft und Holztechnologie, Zvolen, bzw. dem Hewlett Packard Rechner des Mathematischen Instituts der Akademie der Wissenschaften in Prag (Clusteranalyse) durchgeführt worden.

### Ergebnisse

#### Mortalität

Alle Provenienzen haben sich sofort nach der Begründung der Provenienzfläche mit guter Vitalität geäußert. Am Ende der dritten Vegetationsperiode nach der Begründung der Provenienzfläche (Alter 6 Jahre) schwankte das Überlebensprozent zwischen 97% und 100%. Deutlich unter diesen Werten blieben die Provenienzen Horná Mariková, Zvolen und Pakostov (93—94%), bzw. Slanec und Rumänien (84—87%). Im Alter von 12 Jahren wurden bei drei Provenienzen (Lozorno, Zvolen und Slovany) keine weiteren Verluste ermittelt, bei 6 Provenienzen lag die Mortalität höher als 5% (Hriňová und Sklenné Teplice — 5,3%, Kamenica, Slanec und Lukov — 6-6%, Lenartov — 12%). Interessant ist, daß die höchste Mortalität die ostslowakischen Provenienzen mit übermäßigem Wachstum (Lenartov und Lukov), und die mit unterdurchschnittlichem Wachstum (Kamenica und Slanec) aufweisen.

#### Höhenwachstum

Die Mittelwerte des Höhenwachstums im Alter von 5, 8 und 12 Jahren, sowie die durchschnittlichen Höhen des Versuchs sind in Tab. 2 angeführt. Die Ergebnisse der Varianzanalysen bestätigen, daß sich mit ansteigendem Alter der Pflanzen die Werte der Varianzkomponenten vermindern. Die Differenzen unter den Provenienzen sinken von 30% (Alter 5 Jahre) auf 18% (Alter 11 Jahre). Im Vergleich hierzu wachsen die Werte der Varianzkomponenten für die Blockdifferenzen von 3% auf 16%, bzw. für die Wechselwirkung von 5% auf 8%. Zu den drei Provenienzen mit dem besten Höhenwachstum während der ersten 8 Jahre der Wachstumsperiode gehören die Provenienzen Ulič, Remetské Hámre und Zvolen, deren Mittelhöhen um 28% bis 53% höher liegen als der Mittelwert des gesamten Versuchs, später nur um 17% bis 20%. Zwei Provenienzen (Ulič und Remetské Hámre) sind ostslowakischer Herkunft, dazu kommt die lokale Provenienz Zvolen. Über die gesamte Untersuchungsperiode steht immer dieselbe Provenienz — Hrabíčov — an letzter Stelle, deren Mittelwerte um 25% bis 35% unter dem Gesamtmittel liegen. Schwach wachsende Provenienzen sind außerdem Pakostov, Slanec und Horná Súča. Ihre Mittelwerte im Höhenwachstum liegen unter 85% des Gesamtmittelwertes.

Bei Auswertung der Stabilität des Höhenwachstums mittels Spearmans Rangkorrelationskoeffizienten wurde festgestellt, daß der Rang einzelner Provenienzen relativ stabil bleibt und die Rangkorrelationskoeffizienten statistisch signifikant sind.

Beim Vergleich des Wachstums der Provenienzen untereinander, entsprechend den geographischen Gebieten der Slowakei (west, mittel und ost), wird deutlich, daß die

Tab. 2. — Die Mittelhöhen (in cm) der entsprechend den geographischen Gebieten (Ost-, Mittel- und Westslowakei) eingereihten Buchenprovenienzen.

Provenienz	Höhe 1973		Höhe 1976		Höhe 1980	
	Alter 5 Jahre	%	Alter 8 Jahre	%	Alter 12 Jahre	%
<b>Ostslowakei:</b>						
1 Remetské Hámre	58,73	131,3	175,30	126,6	332,94	117,4
6 Ulič	58,30	130,3	178,27	128,7	337,04	118,8
7 Ulič (RTG)	59,68	133,4	157,22	113,5	312,38	110,1
11 Kamenica	35,98	80,4	121,66	87,8	262,73	92,6
12 Pakostov	30,21	67,5	96,00	69,3	213,56	75,3
14 Lenartov	54,84	122,6	160,20	115,7	301,69	106,3
15 Slanec	32,28	72,2	103,83	75,0	234,24	82,6
19 Lukov	51,32	114,7	157,43	113,7	311,42	109,8
<b>Mittelslowakei:</b>						
2 Blýskavica	42,53	95,1	130,09	93,9	279,10	98,4
8 Hriňová	38,17	85,3	131,13	94,7	282,96	99,7
10 Zvolen	56,32	125,9	174,21	125,8	341,04	120,2
16 Slovany	39,67	88,7	133,14	96,1	280,82	99,0
17 Hrabíčov	27,72	62,0	85,07	61,4	215,49	76,0
18 Sklenné Teplice	29,26	65,4	116,22	83,9	269,15	94,9
<b>Westslowakei:</b>						
3 Horná Mariková (RTG)	56,55	126,4	166,06	119,9	326,23	115,0
4 Lozorno (RTG)	62,52	139,8	172,03	124,2	339,44	119,6
5 Lozorno	46,77	104,5	138,00	99,6	269,81	95,7
9 Horná Súča	32,14	71,8	108,24	78,2	243,08	85,7
13 Ilava	40,78	91,2	146,25	105,6	299,47	105,6
Gesamtmittel	44,73		138,48		283,70	
Variationskoeffizient	31,38		20,05		14,08	

Tab. 3. — Die Mitteldurchmesser der entsprechend den geographischen Gebieten (Ost-, Mittel- und Westslowakei) eingereihten Buchenprovenienzen

Provenienz	Durchmesser $d_{0,1}$		Durchmesser $d_{1,3}$	
	Alter 8 Jahre	%	Alter 12 Jahre	%
<b>Ostslowakei:</b>				
1 Remetské Hámre	26,78	123,4	30,77	123,1
6 Ulič	27,33	125,9	31,29	125,2
7 Ulič (RTG)	25,53	117,6	26,85	107,4
11 Kamenica	17,52	80,7	20,45	81,8
12 Pakostov	16,89	77,8	19,80	79,2
14 Lenartov	27,33	125,9	29,18	116,7
15 Slanec	17,27	79,6	18,79	75,2
19 Lukov	25,91	119,4	28,54	114,2
<b>Mittelslowakei:</b>				
2 Blýskavica	20,19	93,0	22,32	89,3
8 Hriňová	19,10	88,0	23,87	95,5
10 Zvolen	28,44	131,1	31,97	127,9
16 Slovany	18,70	86,2	23,39	93,6
17 Hrabíčov	13,68	63,0	16,33	92,9
18 Sklenné Teplice	16,78	119,4	22,63	114,2
<b>Westslowakei:</b>				
3 Horná Mariková (RTG)	25,71	118,5	28,12	112,5
4 Lozorno (RTG)	26,88	123,9	31,85	127,4
5 Lozorno	24,45	112,7	23,26	93,0
9 Horná Súča	16,66	76,8	20,44	81,8
13 Ilava	21,11	97,3	27,68	110,7
Gesamtmittel	21,70		25,00	
Variationskoeffizient	21,26		18,96	

ostslowakischen Provenienzen in zwei Gruppen zu teilen sind. Zu den besser wachsenden zählen die aus dem nordöstlichen Teil der Slowakei (Ulič, Lenartov, Lukov und Remetské Hámre) und zu den schwach wachsenden wieder die Provenienzen Kamenica, Pakostov und Slanec. Diese

stammen aus wärmeren Gebieten, Die mittelslowakischen Provenienzen sind verhältnismäßig gleichwertig, nur die lokale Provenienz Zvolen weicht positiv und Hrabíčov negativ signifikant ab.

Bei den Provenienzen des C-Versuchs (bestrahlte Samen) haben im Alter von 12 Jahren einige (Blýskavica, Hriňová, Zvolen und Slovany) um 20% geringere Mittelwerte im Höhenwachstum im Vergleich zum Versuch A aufzuweisen. Bei anderen Provenienzen blieb das Wachstum unbeeinflusst und einige (Lozorno und Hrabíčov) haben einen um 15% bis 20% höheren Mittelwert des Höhenwachstums erreicht.

#### Durchmesserwachstum

Der Verlauf des Durchmesserwachstums wurde in den Jahren 1972—1977 am Durchmesser  $d_{0,1}$  ermittelt und seit dem Jahre 1979 am Brusthöhendurchmesser  $d_{1,3}$  ausgewertet.

Ähnlich dem Höhenwachstum fand sich eine starke geographische Variabilität auch beim Durchmesserwachstum. Varianzanalytisch bestätigt sich, daß mit wachsendem Alter die Werte der Varianzkomponenten für die Differenzen unter den Provenienzen absinken. Die Varianzkomponenten vermindern sich von 40% im Alter von 5—7 Jahren auf 6% im Alter von 10 Jahren. Die Werte für die Varianzkomponenten der Blockdifferenzen bleiben ungefähr gleich (1%—2%), wie auch die Werte des Wechselwirkungseinflusses (2%—8%).

Im Durchmesserwachstum stehen über alle Erhebungsjahre hinweg immer die gleichen Provenienzen (Lozorno, Ulič, Lenartov und Zvolen) vorn. Nur in den letzten zwei Jahren rückte zu den besten Provenienzen diejenige aus Remetské Hámre auf. Die besten Provenienzen besitzen Mittelwerte, die um 30% über dem Gesamtmittel liegen. Die schlechtesten Provenienzen (Pakostov, Hrabíčov und Sklenné Teplice) haben Mittelwerte von 49% bis 70% des Gesamtmittels erreicht. Die Provenienzen mit der schwächsten Leistung (Pakostov und Hrabíčov) gehörten auch zu den schlechtesten im Höhenwachstum.

Im C-Versuch (bestrahlte Samen) haben nur zwei Provenienzen höhere Mittelwerte als im A-Versuch erreicht. Im wesentlichen liegen sie im Intervall von 75% bis 92% der Provenienzenmittelwerte des A-Versuchs.

#### Höhenzuwachs und seine Saisondynamik

In den drei aufeinander folgenden Jahren (1975—1977) wurde die Saisondynamik des Höhenzuwachses unter-

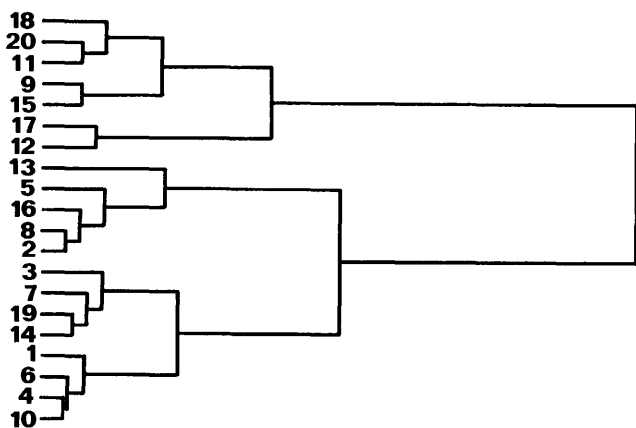


Abb. 2. — Ergebnisse der Clusteranalyse. Cluster A bilden die Provenienzen 10, 4, 6, 1, 14, 19, 7 und 3; Cluster B - 2, 8, 16, 5 und 13; Cluster C - 12 und 17; Cluster D - 15, 9, 11, 20 und 18, bzw. die Cluster C und D können zusammen betrachtet werden.

Tab. 4. — Ergebnisse der Varianzanalysen der Zweifwegklassifikation mit ungleicher Anzahl in Untergruppen — Varianzkomponentenschätzung (in %).

Merkmal	Jahr	$\sigma^2_P$	$\sigma^2_B$	$\sigma^2_{PB}$	$\sigma^2_O$
Höhe	1974	30,88	3,49	5,91	59,72
	1975	27,66	4,59	6,71	61,05
	1976	25,17	12,30	8,49	62,06
	1977	21,22	10,78	7,61	60,38
	1979	18,55	10,24	8,43	62,78
Höhenzuwachs	1975	12,05	4,40	6,54	77,02
	1976	6,06	8,07	4,23	81,64
	1977	3,08	14,34	4,83	77,76
Höhenzuwachs 1975	Frühjahr	11,62	3,03	3,75	81,60
	Sommer	2,75	3,55	8,60	85,10
	Spätsom.	0,33	0,74	2,18	96,75
Höhenzuwachs 1976	Frühjahr	4,95	3,00	3,72	88,34
	Sommer	2,61	4,08	1,33	91,98
	Spätsom.	0,00	5,05	2,92	92,03
Höhenzuwachs 1977	Frühjahr	3,77	13,79	5,80	76,64
	Sommer	0,51	2,11	1,08	96,30
	Spätsom.	0,00	0,11	0,45	99,44
Durchmesser	1974	54,69	1,78	2,76	40,77
	1975	47,77	1,64	4,67	45,91
	1976	41,25	2,18	4,82	51,75
	1977	38,80	1,12	8,58	51,51
Durchmesserzuwachs	1975	12,37	0,17	9,20	78,25
	1976	3,03	0,63	2,02	94,32
	1977	8,78	0,00	19,43	71,79
Durchmesserzuwachs 1975	Frühjahr	3,17	1,26	5,71	89,34
	Sommer	8,49	1,92	4,71	84,88
	Spätsom.	0,18	5,57	10,04	84,20
Durchmesserzuwachs 1976	Frühjahr	0,56	0,25	1,20	97,93
	Sommer	0,57	0,00	2,76	96,69
	Spätsom.	2,17	0,52	10,39	86,91
Durchmesserzuwachs 1977	Frühjahr	5,29	6,44	11,80	76,47
	Sommer	2,48	4,27	15,71	77,54
	Spätsom.	0,29	1,61	4,63	93,48

sucht. Im Jahre 1975 ist im Mittel ein Höhenzuwachs von 38 cm erreicht worden. Davon entfielen auf das Frühjahr 77,22% (Variationskoeffizient — 7,07%), auf den Sommer 14,01% ( $v_x$  — 34,11%) und auf die Spätsommerperiode 11,09% ( $v_x$  — 5,95%). Von diesen Mittelwerten weichen die Provenienzen aus der Süd- und Westslowakei (Blýskavica, Hriňová, Horná Súča und Slanec) und Rumänien statistisch signifikant ab. Sie realisierten in der Frühjahrsperiode mehr als 82% des Jahreshöhenzuwachses. Die Provenienzen Ilava, Lenartov, Slovany und Sklenné Teplice dagegen realisierten im Frühjahr statistisch signifikant weniger als der Versuchsmittelwert. Einen ähnlichen Verlauf haben wir in den darauffolgenden Jahren ermittelt. Im Jahre 1976 realisierten sich 77,97% des Höhenzuwachses im Frühjahr, 14,14% im Sommer und 7,97% im Spätsommer. Von diesen Werten hoben sich signifikant die Provenienzen Horná Mariková und Ulič mit höherem Anteil (85,06% und 84,37%) ab und Ilava, Hrabíčov und Sklenné Teplice mit einem geringeren Anteil im Höhenzuwachs (66%—72%). Im Jahre 1977 realisierten sich im Frühjahr im Durchschnitt 76,94% des Höhenzuwachses, im Sommer 18,08% und im Spätsommer 5,11%. Von diesen Werten wichen die Provenienzen Remetské Hámre, Blýskavica, Horná Mariková und Ulič signifikant ab, die mehr als 82% des Höhenzuwachses und die Provenienzen Ilava, Hrabíčov, Lenartov und Sklenné Teplice, die weniger als 73% des jährlichen Höhenzuwachses im Frühjahr realisierten.

Die Testcharakteristiken  $\chi^2$  der Differenzen unter einzelnen Provenienzen waren in den einzelnen Jahren statistisch nicht gesichert.

#### Durchmesserzuwachs und seine Saisondynamik

In denselben aufeinander folgenden Jahren (1975—1977) haben wir auch die Saisondynamik des Durchmesserzuwachses untersucht. So realisierten sich im Frühjahr 25,40%

( $v_x = 18.07\%$ ), im Sommer 53.84% ( $v_x = 6.40\%$ ) und im Spätsommer 21.46% ( $v_x = 13.00\%$ ) des Durchmesserzuwachses. Aus diesen Mittelwerten wichen statistisch signifikant die Provenienzen Lozorno, Zvolen, Pakostov und Sklenné Teplice ab, deren Durchmesserzuwachsanteil in der Frühjahrsperiode höher als 30% lag, während die Provenienzen Horná Mariková und Ulič einen Zuwachsanteil von weniger als 21% aufwiesen. Im Sommer hatten die beiden Provenienzen Horná Mariková und Slovany aus den Lagen über 900 m einen statistisch signifikant höheren Anteil im Durchmesserzuwachs.

Eine ähnliche Situation haben wir in den darauffolgenden Jahren ermittelt. Im Jahre 1977 realisierten sich im Frühjahr 38.45%, im Sommer 56,97% und im Spätsommer 4,89% des Durchmesserzuwachses. Von diesen Werten wichen positiv signifikant die Provenienzen Hriňová, Lukov, Lenartov und Slanec ab, deren Anteil im Frühjahr über 42% lag. Die Provenienzen Pakostov und Slovany besaßen einen Sommeranteil von mehr als 60% im Durchmesserzuwachs.

Der Vergleich der Zuwachsanteile einzelner Provenienzen vermittelt keine signifikanten Differenzen für die Erhebungsjahre 1975 und 1977, während sie für das Jahr 1976 statistisch signifikant gesichert sind.

### Diskussion

Die Rotbuche, als eine weit verbreitete Laubholzart in Europa, spielt in mehreren europäischen Ländern eine bedeutsame Rolle. Es wird geschätzt, daß zur Zeit in Europa mehr als 12 Mill. ha Buchenwälder stocken, davon besitzt Jugoslawien einen Anteil von 4 Mill. ha, Rumänien 2 Mill. ha, Frankreich 1.7 Mill. ha, BRD und DDR 1.15 Mill. ha, Bulgarien 0.62 Mill. ha und die Tschechoslowakei 0.6 Mill. ha (ENESCU, 1974). Außer diesen Ländern bildet die Buche einen wichtigen Anteil der Naturwälder in Südpolen und der Karpathenukraine, bzw. sie wird häufig bei Begründung der Waldbestände in Westeuropa, z. B. in Belgien, Dänemark usw. verwendet.

In der Tschechoslowakei bezieht sich die Verpflichtung im Sinne des Waldgesetzes, die Samenernte nur in anerkannten Beständen durchzuführen, nicht auf die Laubholzarten, auch nicht auf Buche und Eiche. Anerkannte Bestände mit hohem phänotypischen Wert zu beernten ist nicht nur praktisch zu fordern, sondern kann auch wissenschaftlich begründet werden. Bei der Buche ist in Naturwäldern eine beträchtliche Variabilität in Stamm- und Kronenform zu beobachten. Das hat Konsequenzen in der Bewirtschaftung der Buchenbestände. Im wesentlichen geht es um die Produktion hochwertiger Buchensortimente und nicht um eine Überproduktion minderwertiger Ware (PISKUN, 1978).

Im Rahmen der eingeleiteten Aktion der Anerkennung von Buchen-Saatgutbeständen sind bis jetzt in der Slowakei 712 Bestände mit einer realen Fläche von 11 243 ha, bzw. 7 486 ha reduzierter Fläche ausgeschieden. Diese Summe liegt höher als für den Bedarf notwendig ist; das zeugt von dem hohen phänotypischen Wert der slowakischen Buchenbestände (PISKUN, 1978).

Die Rassenfrage bei der Buche ist im Vergleich zu anderen Baumarten, vor allem den Nadelholzarten, noch ungenügend untersucht worden. Trotz der geringen Anzahl an Versuchsflächen, die in der Vergangenheit begründet wurden, sind folgende Aussagen möglich. Die Buche differenziert sich im Rahmen ihres natürlichen Areals entsprechend den standörtlichen, klimatischen und ökologischen Bedingungen in Klima- und Ökotypen (KRAHL-URBAN, 1953;

MÜNCH, 1949 u. a.). Die von OPPERMAN (1908) und BURGER (1948) durchgeführten Untersuchungen bei Buche in Abhängigkeit von der geographischen Lage weisen beträchtliche Unterschiede in der Phänologie, im Vegetationsrhythmus, im Höhenwachstum und der Morphologie von Krone und Stamm aus. Wichtige Erkenntnisse zur geographischen Variabilität der Buche haben die Tharandter Provenienzversuche erbracht, die von MÜNCH (1949) begründet und ausgewertet wurden. Weitere Provenienzversuche begründete KRAHL-URBAN (1958). Sie dienen der Erforschung der Variabilität der Buche und experimentellen Arbeiten (KRAHL-URBAN, 1952, 1953, 1955). In Jugoslawien wurde ein Provenienzversuch mit Buche von BRINAR (1963) begründet, auf dem er die Phänologie von 29 Provenienzen (310—1360 m) prüfte. Weitere 4 Flächen mit 16 Provenienzen in Seehöhen von 300, 600, 900 und 1 200 m über N.N. dienen der Erforschung der Wechselwirkung von Provenienz und Umwelt.

In der Slowakei wurden die ersten Provenienzversuche mit Buche erst in den sechziger Jahren begründet. In einem Vorversuch mit 3 Provenienzen (Trenčín, Penzinok und Zvolen), sollten Methodik und Untersuchung der Saisondynamik des Wachstumsrhythmus für den vorliegenden beschriebenen Provenienzversuch getestet werden (BALKOVIČ, 1965, 1973). Dieser Hauptversuch erfaßt insgesamt 20 Provenienzen und wurde im Jahre 1972 begründet. Schon die ersten Ergebnisse (BALKOVIČ, 1975, 1978) zeigten eine beträchtliche Variabilität der Buche auf dem Gebiet der Slowakei in Bezug auf Höhen- und Durchmesserwachstum, die entsprechenden Zuwachswerte und deren Saisondynamik. Die untersuchten Merkmale unter den einzelnen Provenienzen sind statistisch gesichert, dabei nehmen mit zunehmendem Alter die F-Werte ab. Die Differenzen bleiben gleich und sind auch im Alter von 12 Jahren statistisch signifikant. Die Provenienzen adaptieren sich innerhalb einer kurzen Periode an die inhomogenen Bedingungen der Provenienzfläche, sie werden durch die Blockdifferenzen geprüft.

Aus der detaillierten Untersuchung des Wachstums slowakischer Provenienzen geht hervor, daß zu den besten Provenienzen, die aus der Nordostslowakei (Ulič, Remetské Hámre, Lenartov und Lukov) gehören. Des weiteren zählen hierzu die lokale Provenienz Zvolen und die westslowakische aus Lozorno. Von den sieben untersuchten ostslowakischen Provenienzen gehören vier in Bezug auf das Wachstum zu den besten, die Provenienzen Kamenica, Pakostov und Slanec sind durch geringere Leistung gekennzeichnet und bilden eine Gruppe weniger produktiver Provenienzen. Sie sind denen der Mittelslowakei, bzw. Westslowakei ähnlich.

Obwohl einzelne Differenzen in der Saisondynamik unter den Provenienzen unsignifikant sind, wird die Aussage möglich, daß die Vegetationsperiode für den Zuwachs ungleichmäßig genutzt wird. Über drei Jahre wurde festgestellt, daß sich 78% des Höhenzuwachses im Frühjahr, 16% im Sommer und 7% im Spätsommer realisieren. Demgegenüber werden im Frühjahr 34%, im Sommer 54% und im Spätsommer 12% des Durchmesserzuwachses gebildet. Die Saisondynamik des Zuwachses ist im Falle der Übertragung von fröhrtreibenden Provenienzen in Gebiete mit Spätfrostgefahr zu beachten.

Auch wenn unter den Bedingungen der Slowakei die Buche vor allem natürlich verjüngt wird, so haben doch die Kenntnisse über die geographische Variabilität außerordentliche Bedeutung aus populationsgenetischer Sicht.

## Anerkennung

Mein besonderer Dank gilt dem Dozenten EDUARD ČERVENKA aus dem Waldbauinstitut der Forstlichen Fakultät in Zvolen, für seine Aufmerksamkeit, die er der Lösung dieser Forschungsaufgabe widmete und für manche Empfehlungen bei der Fertigstellung dieses Manuskripts. Für die Durchführung der Clusteranalyse sei DR. JIRÍ VONDRÁČEK aus dem Mathematischen Institut der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften in Prag herzlich gedankt.

## Literatur

BALKOVIČ, Z.: Čiastkové výsledky provenienčných pokusov s bukom. Zborník vedeckých prác Lesníckej fakulty VŠLD Zvolene 7 (2): 57–81 (1965). — BALKOVIČ, Z.: Štúdium niektorých fenologických prejavov buka na Slovensku. Lesnícka fakulta VŠLD, Zvolen, Dissertation (1967). — BALKOVIČ, Z.: Niektoré aspekty ročného rytmu fenologických a rastových prejavov buka. Zborník vedeckých prác Lesníckej fakulty VŠLD vo Zvolene 15 (1): 87–101 (1973). — BALKOVIČ, Z.: Štúdium rastového rytmu buka a možnosti jeho využitia pri hodnotení genekologických vzťahov. Lesnícka fakulta VŠLD, Zvolen, Habilitationsschrift (1975). — BALKOVIČ, Z.: Rast buka a možnosti jeho hodnotenia v provenienčných pokusoch. Vedecké práce VULH vo Zvolene 27: 85–106 (1978). — BEZAČINSKY, H.: Výskum optimálnej štruktúry, vývoja a pestovania hospodárskych porastov vo fáze dospievania a obnovy - etapa: Bučiny východného Slovenska. Lesnícka fakulta VŠLD vo Zvolene, Forschungsbericht 255 S. (1975). — BRINAR, M.: O rozvojiem ritmu rozličných bukových provenienc oziroma ekotipov. Gozdarski vestnik 21 (3–4): 65–90 (1963). — BURGER, H.: Einfluß der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. VI.: Die Buche. Mitteilungen Schweizerischer Anstalt für das forstliche Versuchswesen 25: 287–326 (1948). — ČERVENKA, E. und PAULE, L.:

Výskum genetických a ekologických vlastností buka. Lesnícka fakulta VŠLD, Zvolen, Forschungsbericht, 98 S. (1980). — ČERVENKA, E. und PAULE, L.: Výškový a hrúbkový rast slovenských proveniencií buka lesného (*Fagus sylvatica* L.). Lesnícky časopis 28 (6): (1982). — ENESCU, V.: Ameliorarea principalelor specii forestiere. Editura Ceres, Bucuresti (1974). — HARVEY, W. R.: Least squares analysis of data with unequal subclass numbers. Agricultural Research Service, ARS-H-4: 1–157 (1975). — KORPEL, Š.: Prirodzená obnova bukových porastov. Vedecké práce VULH vo Zvolene 27: 107–141 (1978). — KRAHL-URBAN, J.: Erbanlagen und Züchtungsmöglichkeiten bei Rotbuche, Stiel- und Traubeneichen. Zeitschrift für Forstgenetik und -pflanzenzüchtung 1 (4): 114–120 (1952). — KRAHL-URBAN, J.: Rassenfragen bei Eichen und Buchen. Allgemeine Forstzeitschrift 8 (44): 477–480; 8 (45): 491–494 (1953). — KRAHL-URBAN, J.: Forstgenetik in der Eichen- und Buchenwirtschaft. Forstarchiv 26 (6): 121–131 (1955). — KRAHL-URBAN, J.: Vorläufige Ergebnisse von Buchenprovenienzversuchen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 129: 242–251 (1958). — MÜNCH, E.: Vergleichender Anbauversuch mit Buchen verschiedener Herkunft. Beiträge für Forstpflanzenzüchtung 13: 103–108 (1949). — OPPERMAN, A.: Renkbuchen im nordöstlichen Seeland. Mitteilungen des dänischen Versuchswesens (1908). — PAGAN, J.: Premenlivost morfológických znakov listov buka na Slovensku. Zborník vedeckých prác Lesníckej fakulty VŠLD vo Zvolene 10 (1): 15–39 (1968). — PISKUN, B.: Uznane porasty buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) na Slovensku. Vedecké práce VULH vo Zvolene 27: 39–58 (1978). — ŠMELKOVÁ, L.: Chemické zloženie semena buka. Zborník vedeckých prác Lesníckej fakulty VŠLD vo Zvolene 18 (1): 39–58 (1976). — ŠMELKOVÁ, L.: Contents of some biogene elements in beech seed and their dependencies on properties of parent stand. Zborník vedeckých prác Lesníckej fakulty VŠLD vo Zvolene 20 (2): 69–82 (1978). — VESELY, L.: Zmeny štruktúry a morfológických znakov v rastových fázach slovenských bučín. Lesnícka fakulta VŠLD Zvolen, Forschungsbericht, 237 S. (1977).

# Discriminant Analysis of Interspecific Hybridization in *Betula*

By D. S. SOLOMON and K. W. KENLAN<sup>1)</sup>

(Received February 1982)

## 1. Abstract

Three species of birch, *Betula alleghaniensis* BRITTON, *Betula papyrifera* MARSH., and *Betula populifolia* MARSH., and their hybrids, were classified with the use of leaf, seed, and bract variables in a discriminant analysis. Intraspecific crosses were classified correctly using leaf variables (ratio of petiole length to blade length and ratio of blade length to blade width), and hybrids were placed close to the mean of the female parent. Seed and bract measures (seed width, seed length, length of strobilus, and ratio of midbract lobe length to side lobe length) correctly classified intraspecific crosses and placed hybrids between the means of the intraspecific crosses. The application of our equations to data from other studies indicated that intraspecific crosses and hybrids from those studies will be classified correctly with our discriminant equations.

**Key words:** Discriminant analysis, hybridization, *Betula*.

## Zusammenfassung

Es erfolgte eine Klassifizierung der drei Birkenarten, *Betula alleghaniensis* BRITTON, *Betula papyrifera* MARSH., und *Betula populifolia* MARSH. und ihrer Hybriden an Hand von Blatt-, Samen- und Brakteen-Variablen mit Hilfe einer Diskriminanzanalyse. Intraspezifische Kreuzungen wurden mit Hilfe von Blattvariablen richtig klassifiziert (Verhältnis der Blattstiellänge zur Blattlänge und Verhältnis der Blattlänge zur Blattbreite). Die Hybriden lagen nä-

her an den Mittelwerten der weiblichen Eltern. Die Messung von Samen und Deckblättern (Samenbreite, Samenlänge, Strobililänge und das Verhältnis der mittleren Länge der Deckblattlappen zur seitlichen Lappenlänge) ergab eine richtige Klassifizierung der Kreuzungen zwischen reinen Arten und stellte die Hybriden zwischen deren Mittelwerte. Die Anwendung unserer Diskriminanzgleichungen an Daten anderer Untersuchungen zeigten, daß intraspezifische Kreuzungen und ihre Hybriden richtig klassifiziert werden konnten.

## 2. Introduction

Interspecific hybridization in the genus *Betula* is common in nature and has received a great deal of attention from geneticists and taxonomists over the last few decades. Several questions have been of particular interest, including the degree of interchange of genetic material between parent species, how these interspecific crosses affect the variability in parent populations, the evolutionary changes brought about by hybridization, and the genetic integrity of the (F<sub>1</sub>) hybrids themselves.

Examples of natural hybridization among the North American birches have been reported, including *Betula alleghaniensis* BRITTON × *Betula papyrifera* MARSH. (BARNES *et al.* 1974, CLAUSEN 1966), *B. alleghaniensis* × *Betula lenta* L. (SHARIK and BARNES 1971), *B. papyrifera* × *Betula pumila* L. (CLAUSEN 1962), and *B. alleghaniensis* × *B. pumila* (DANCIK and BARNES 1972). Because of their sympatry and great amount of polymorphism, frequent crossings between *B. papyrifera* and *B. populifolia* have long been suspected

<sup>1)</sup> Authors are respectively: Research Forester and Research Technician, USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, Orono, Maine 04469.