

HENRYK FOBER

Wpływ zróżnicowanego poziomu fosforu w pożywce mineralnej na wzrost siewek świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) różnych rodów i proveniencji*

Abstract

Fober, H. 1990. Effect of phosphorus level in the nutrient medium on the growth of various progenies and provenances of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings. Arbor. Kórnickie 35: 105 - 118.

Seedlings from 50 progenies of Norway spruce were grown 6 months, using 4 levels of phosphorus. Provenances differ significantly for growth traits only, and progenies within provenances differ strongly also for developmental characters. For all the studied traits the percentage variance component for progenies within provenances is always higher than for provenances. The greatest progeny variability for seedling height and dry weight was observed within provenances Szczebra and Wisła. Single tree heritabilities for the progenies within provenances are high, 0.35 for seedling height and 0.40 for the total seedling mass. Statistically significant interaction between genotype and level of phosphorus is stronger on progeny level and significant for more traits. Significance of the interaction between progenies and mineral nutrition suggests that possibilities exist for selection within species of forms suitable for specific site conditions, as well as for those that are stable over many levels of phosphorus nutrition.

Additional key words: hierarchical variance analysis, variance component, genotype \times phosphorus interaction, single tree heritability

Address: H. Fober, Institute of Dendrology, 62-035 Kórnik, Poland

WSTĘP

Niniejsze badania mają na celu porównanie zmienności rodowej ze zmiennością proveniencyjną w kontrolowanych warunkach uprawy siewek.

Jeżeli różne proveniencje, rody czy klony wykazują odmienną reakcję na zróżnicowane warunki środowiskowe, to mamy do czynienia z interakcją między genotypem a środowiskiem. Interakcje takie występują w uprawach rolniczych (Simmonds 1987), były też stwierdzane dla różnych gatunków drzew leśnych, a liczne

* Praca finansowana w ramach problemu CPBP 04-04, koordynowanego przez Instytut Dendrologii PAN w Kórniku.

Tabela 1

Pochodzenie nasion użytych w doświadczeniu
Origin of seeds used in the experiment

Prowienienca Provenance	Ród Progeny	Szerokość geograficzna Latitude	Długość geograficzna Longitude	Wysokość npm Altitude
Supraśl	S - 01 - 687	53°15'	23°20'	170
	S - 01 - 689			
	S - 01 - 691			
	S - 01 - 692			
	S - 01 - 694			
Szczecina	S - 01 - 740	53°55'	22°55'	140
	S - 01 - 741			
	S - 01 - 742			
	S - 01 - 744			
	S - 01 - 745			
Zwierzyniec	S - 01 - 777	52°40'	23°45'	175
	S - 01 - 778			
	S - 01 - 779			
	S - 01 - 780			
	S - 01 - 786			
Radom	S - 06 - 1355	51°27'	20°55'	150
	S - 06 - 1356			
	S - 06 - 1358			
	S - 06 - 1360			
	S - 06 - 1361			
Łagów	S - 06 - 1387	50°46'	21°00'	300
	S - 06 - 1388			
	S - 06 - 1389			
	S - 06 - 1390			
	S - 06 - 1391			
Miechów	S - 04 - 1403	50°22'	19°44'	300
	S - 04 - 1404			
	S - 04 - 1405			
	S - 04 - 1406			
	S - 04 - 1411			
Wieluń	S - 06 - 1420	51°20'	18°23'	200
	S - 06 - 1421			
	S - 06 - 1422			
	S - 06 - 1424			
	S - 06 - 1425			
Ujsoły	S - 03 - 2123	49°26'	18°59'	850
	S - 03 - 2125			
	S - 03 - 2126			
	S - 03 - 2127			
	S - 03 - 2128			
Węgierska Górka	S - 03 - 2133	49°34'	19°10'	600
	S - 03 - 2136			
	S - 03 - 2138			
	S - 03 - 2139			
	S - 03 - 2140			
Wisła	S - 03 - 2141	49°31'	18°54'	540
	S - 03 - 2143			
	S - 03 - 2145			
	S - 03 - 2146			
	S - 03 - 2147			

przykłady znajdujemy w pracy Ekberg i Erikssona (1985). Dla *Picea abies* istotną interakcję genotypu ze środowiskiem dla wzrostu drzew stwierdzili Ekberg i in. (1982), Skrøppa (1984), Kleinschmit (1985).

Tabela 2

Analiza wariancyjna rodów wewnątrz proveniencji na różnych poziomach fosforu
 Analysis of variance and related formulae

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Oczekiwany średni kwadrat Expected mean square	F
Razem Total	$nprb - 1$		
Zmienne doświadczalne Experimental variables	$npr - 1$		
Proveniencje Provenances	$p - 1$	$A = V_{RB} + rV_{PB} + nbV_R + rnbV_P$	$A/(B + G - H)$
Rody w proveniencjach Progenies in provenances	$p(r - 1)$	$B = V_{RB} + nbV_R$	B/H
Poziom fosforu (P) Phosphorus level (P)	$n - 1$	$C = V_{RB} + rV_{PB} + prV_B + bV_{RN} + rbV_{PN} + prbV_N$	$C/(D + F - G)$
Proveniencje × P Provenances × P	$(p - 1)(n - 1)$	$D = V_{RB} + rV_{PB} + bV_{RN} + rbV_{PN}$	$D/(E + G - H)$
Rody w proveniencjach × P Progenies in provenances × P	$p(n - 1)(r - 1)$	$E = V_{RB} + bV_{RN}$	E/H
Bloki w pożywkach Blocks in P	$n(b - 1)$	$F = V_{RB} + rV_{PB} + prV_B$	F/G
Bloki w P × proveniencje Blocks in P × provenances	$n(p - 1)(b - 1)$	$G = V_{RB} + rV_{PB}$	G/H
Bloki w P × rodów w proveniencjach Blocks in P × progenies in provenances	$np(b - 1)(r - 1)$	$H = V_{RB}$	

Istotność zmiennych analizy wariancyjnej (test F), procentowe war-
Results of F test after variance analysis, percentage varia-

Źródło zmienności Source of variation		Cecha				
		Wysokość siewek Seedling height	Długość korzeni Root length	Liczba pędów bocznych Number of laterals	Długość pędów bocznych Length of laterals	
Test F	Proweniencje Provenances	**	*	—	**	
	Rody w proveniencjach Progenies in provenances	**	**	**	**	
	Poziom fosforu (P) Phosphorus level (P)	**	—	*	*	
	Proweniencje \times P Provenances \times P	**	—	—	—	
	Rody w proveniencjach \times P Progenies in provenances \times P	**	—	—	—	
	Bloki w pożywkach Blocks in P	**	**	**	**	
	Bloki w P \times proveniencje Blocks in P \times provenances	—	—	—	*	
	V %	Proweniencje Provenances	8,9	5,1	2,3	5,5
		Rody w proveniencjach Progenies in provenances	8,8	12,7	11,2	6,4
Poziom fosforu (P) Phosphorus level (P)		54,8	8,9	30,1	34,7	
Proweniencje \times P Provenances \times P		3,6	2,7	3,5	3,5	
Rody w proveniencjach \times P Progenies in provenances \times P		6,7	0	7,7	1,8	
Bloki w pożywkach Blocks in P		3,4	8,6	8,9	10,0	
Bloki w P \times proveniencje Blocks in P \times provenances		0	0	1,6	4,3	
Bloki w P \times rodzy w proveniencjach Blocks in P \times progenies in provenances		13,8	62,0	34,7	33,8	
$h_A^2 = \frac{4 \times V_{\text{rodowa/progeny}}}{V_{\text{ogółem/total}}}$		0,351	0,509	0,448	0,256	

— brak istotnego zróżnicowania
non significant

* istotne na poziomie 0,05
significant at 0.05

** istotne na poziomie 0,01
significant at 0.01

Poznanie edaficznych czynników środowiskowych powodujących powstawanie takich interakcji było celem serii doświadczeń ze zróżnicowanym żywieniem mineralnym siewek świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) różnych rodzy pochodzących z Polski północnej, środkowej i południowej. W tej pracy przedstawiono wyniki doświadczenia ze zróżnicowanym żywieniem fosforowym. Zastosowanie różnych

Tabela 3

tości komponentów wariancji ($V\%$) oraz wartości odziedziczalności
 nce components ($V\%$) and single tree heritabilities

Świeża masa Fresh weight		Sucha masa Dry weight			% siewek z pączkiem szczytowym % of seedlings with apical buds	% suchej masy siewek Seedlings dry weight in %
Części nadz. aerial part	korzeni roots	igieł needles	pędów shoots	korzeni roots		
**	**	**	**	**	—	—
**	**	**	**	**	*	—
*	—	*	*	—	—	*
**	—	*	*	—	—	—
**	—	**	**	—	*	*
**	**	**	**	**	**	**
—	—	—	—	—	—	—
7,2	6,9	7,8	6,3	10,3	1,8	0,7
7,5	8,6	8,4	9,1	12,4	4,0	1,0
50,2	0	48,2	48,2	0	10,5	60,3
3,7	1,3	2,8	3,3	1,6	0	0,3
7,2	2,1	6,0	6,3	0	12,4	4,3
11,6	44,4	12,3	10,6	47,0	16,1	8,2
0,1	0	0,8	0,4	0,3	0,6	1,5
12,5	36,7	13,7	15,8	28,4	54,6	23,7
0,298	0,345	0,335	0,366	0,496	0,159	0,041

poziomów fosforu w pożywkach mineralnych pozwoliło określić reakcję poszczególnych rodów na zmienne warunki żywienia fosforowego oraz stopień interakcyjności pod względem różnych cech wzrostowych i rozwojowych.

MATERIAŁY I METODYKA

Potrzebne do doświadczenia nasiona świerka zebrano z 5 losowo wybranych drzew w każdym z 10 przypuszczalnie rodzimych drzewostanów w różnych rejonach Polski północno-wschodniej (Nadleśnictwa Szczebra, Supraśl i Zwierzyniec), środkowej (Radom, Łągów, Wieluń i Miechów) oraz w Beskidzie Śląskim i Żywieckim

(Wisła, Węgierska Górka, Ujszoły). Całe doświadczenie obejmuje zatem 50 porcji nasion z wolnego zapylenia, zwanych dalej rodami. W tabeli 1 przedstawiono numery wszystkich rodów oraz współrzędne geograficzne i wysokość nad poziomem morza miejsc zbioru nasion. Z pozyskanych nasion założono w szklarni doświadczenie, w którym siewki świerka uprawiano w doniczkach, na podłożu mieszaniny równych objętości żwiru i perlitu, przy zastosowaniu fotoperiodu 20 godzin światła na dobę. Siewki każdego rodu rosły w warunkach 4 różnych poziomów fosforu w pożywkach mineralnych, tj. 6, 15, 30 i 60 mg P/l pożywki. Pozostałe elementy mineralne dozowane były w optymalnych ilościach. Rośliny podlewano pożywkami dwa razy tygodniowo, a w pozostałe dni wodą destylowaną. W doświadczeniu zastosowano dwa powtórzenia.

Wszystkie wartości procentowe przetransformowano na wartości kątowe. Wyniki poddano hierarchicznej analizie wariancyjnej, przyjmując pożywki jako stałe elementy doświadczenia, a pozostałe zmienne (proweniencje, rody w proveniencjach, bloki) jako losowe. Przy ustalaniu oczekiwanych średnich kwadratów posłużono się sposobem podanym przez Hicksa (1973). Analizę wariancji przeprowadzono zatem według schematu podanego w tabeli 2. Posłużono się następującymi symbolami:

p – liczba proveniencji,

r – liczba rodów w proveniencji,

n – liczba pożywek,

b – liczba bloków w pożywkach,

V_P – wariancja proveniencji,

V_R – wariancja rodów w proveniencjach,

V_N – wariancja pożywek,

V_{PN} – wariancja interakcji proveniencji z pożywkami,

V_{RN} – wariancja interakcji rodów w proveniencjach z pożywkami,

V_B – wariancja bloków w pożywkach,

V_{PB} – wariancja interakcji proveniencji z blokami w pożywkach,

V_{RB} – wariancja interakcji rodów w proveniencjach z blokami w pożywkach.

Obliczono komponenty wariancji i odziedziczalność addytywną badanych cech dla rodów wewnątrz populacji. Dla świeżej masy nadziemnej części roślin określono stopień interakcyjności między genotypem i poziomem fosforu w pożywce, zarówno na poziomie proveniencyjnym, jak i rodowym. Zastosowano sposób opisany przez Giertycha (1984), w którym współczynnik regresji (b) jest odwrotną miarą „stabilności fenotypowej” według Finlay i Wilkinsona (1963), natomiast V_d przedstawia wariancję odchyłeń od regresji według Eberharta i Russella (1966).

WYNIKI

A. ZMIENNOŚĆ PROWENIENCYJNA

Proweniencje różnią się istotnie między sobą głównie pod względem cech wzrostowych, nie różnią się natomiast pod względem cech rozwojowych, takich jak liczba pędów bocznych, procent siewek z pączkiem szczytowym czy procent suchej masy (tab. 3). Średnie wartości wysokości siewek wahają się dla poszczególnych prove-

nienencji od 4,4 cm do 7,1 cm, przy czym najlepiej rosły siewki pochodzące z Polski środkowej (Wieluń, Łągów i Miechów), a najslabiej siewki proveniencji Ujsoły z Beskidu Żywieckiego (tab. 4). Zróżnicowanie we wzroście wysokości siewek odzwierciedla się również w ich masie. Sucha masa całych siewek, jak również igieł, pędów oraz korzeni, jest największa u proveniencji Wieluń, Łągów i Miechów, a najmniejsza u proveniencji Ujsoły (tab. 4, 5 i 6). Wartości masy całych siewek

Tabela 4

Zakresy zmienności wysokości siewek (cm) i suchej masy siewek (mg/1 siewkę). Wartości średnie poprzez pożywki i powtórzenia
Ranges of variation of seedling height (cm) and seedling dry weight (mg/seedling). Mean values for phosphorus levels and replicates

Proveniencja Provenances	Wysokość Height			Sucha masa siewek Total dry weight		
	Średnia Mean	Zmienność rodów Progeny variability		Średnia Mean	Zmienność rodów Progeny variability	
		Min. - max.	Zakres Range		Min. - max.	Zakres Range
Supraśl	5,1	4,3 - 6,5	2,2	118	92 - 141	49
Szczebra	5,5	4,7 - 8,1	3,4	130	100 - 213	113
Zwierzyniec	5,7	5,1 - 6,7	1,6	137	123 - 170	47
Radom	5,2	4,7 - 5,9	1,2	121	106 - 138	32
Łągów	6,6	5,6 - 7,5	1,9	165	135 - 193	58
Miechów	6,5	6,0 - 7,4	1,4	146	131 - 162	31
Wieluń	7,1	6,5 - 8,0	1,5	182	154 - 203	49
Ujsoły	4,4	4,0 - 5,0	1,0	95	71 - 122	51
Węgierska Górką	5,4	4,6 - 6,0	1,4	131	110 - 153	43
Wisła	5,4	3,9 - 6,9	3,0	134	86 - 182	96
Min. - max.	4,4 - 7,1		1,0 - 3,4	95 - 182		31 - 113
Zakres Range	2,7			87		

Tabela 5

Zakresy zmienności długości korzeni (cm) i suchej masy korzeni (mg/1 siewkę). Wartości średnie poprzez pożywki i powtórzenia
Ranges of variation of root length (cm) and root dry weight (mg/seedling). Mean values for phosphorus levels and replicates

Proveniencja Provenances	Długość korzeni Roots length			Sucha masa korzeni Dry weight of roots		
	Średnia Mean	Zmienność rodów Progeny variability		Średnia Mean	Zmienność rodów Progeny variability	
		Min. - max.	Zakres Range		Min. - max.	Zakres Range
Supraśl	17,0	15,8 - 20,0	4,2	39	32 - 45	13
Szczebra	17,4	15,3 - 19,2	3,9	40	33 - 54	21
Zwierzyniec	16,9	15,0 - 18,0	3,0	38	35 - 40	5
Radom	15,8	15,2 - 16,3	1,1	36	30 - 40	10
Łągów	15,5	13,2 - 18,1	4,9	45	38 - 50	12
Miechów	18,1	16,4 - 19,4	3,0	43	38 - 49	11
Wieluń	16,3	15,2 - 17,3	2,1	50	47 - 56	9
Ujsoły	17,7	14,3 - 19,7	5,4	32	26 - 38	12
Węgierska Górką	17,3	16,2 - 19,2	3,0	39	35 - 43	8
Wisła	15,1	14,3 - 16,5	2,2	40	28 - 53	25
Min. - max.	15,1 - 18,1		1,1 - 5,4	32 - 50		5 - 25
Zakres Range	3,0			18		

Tabela 6
Zakresy zmienności suchej masy igieł i pędów (mg/1 siewkę). Wartości średnie poprzez pożywki i powtórzenia
Ranges of variation of needle and shoot dry weight (mg/seedling). Mean values for phosphorus levels and replicates

Proweniencja Provenances	Sucha masa igieł Dry weight of needles			Sucha masa pędów Dry weight of shoots		
	Średnia Mean	Zmienność rodów Progeny variability		Średnia Mean	Zmienność rodów Progeny variability	
		Min. - max.	Zakres Range		Min. - max.	Zakres Range
Supraśl	49	36 - 61	25	31	23 - 39	16
Szczebra	55	41 - 95	54	36	26 - 64	38
Zwierzyńiec	62	52 - 82	30	38	34 - 48	14
Radom	52	41 - 62	21	32	28 - 36	8
Łagów	76	61 - 89	28	44	35 - 54	19
Miechów	64	59 - 71	12	39	34 - 46	12
Wieluń	82	67 - 91	24	49	40 - 57	17
Ujsoly	39	28 - 52	24	24	18 - 32	14
Węgierska Górka	59	48 - 71	23	33	26 - 40	14
Wisła	59	35 - 78	43	35	22 - 51	29
Min. - max.	39 - 82		12 - 54	24 - 49		8 - 38
Zakres Range	43			25		

wahają się w zakresie od 95 mg u proweniencji Ujsoly do 182 mg u proweniencji Wieluń (tab. 4). Siewki proweniencji Łagów charakteryzują się najdłuższymi pędami bocznymi i średnio posiadają 3-krotnie dłuższe pędy niż siewki proweniencji Ujsoly (tab. 7).

Zróznicowanie proweniencyjne długości korzeni siewek jest niewielkie (istotne na poziomie 0,05), a średnie wartości dla poszczególnych proweniencji wahają się od 15,1 cm do 18,1 cm (tab. 5). Cecha ta nie koreluje z wysokością siewek.

Procentowy udział wariacji proweniencyjnej dla cech wzrostowych waha się od 5,1% do 10,3% (tab. 3).

B. ZMIENNOŚĆ RODOWA

Doświadczenie wykazało statystycznie istotne na poziomie 0,01 zróznicowanie rodów wewnątrz proweniencji pod względem wszystkich badanych cech, z wyjątkiem procentu suchej masy siewek (tab. 3). Zakres średniej dla rodów wysokości siewek waha się w poszczególnych proweniencjach od 1,0 cm do 3,4 cm, a średniej masy całych siewek od 31 mg do 113 mg (tab. 4). Masa igieł ma największy procentowy udział w masie całej siewki, a średnie wartości dla rodów wahają się w zakresie od 12 mg do 54 mg dla różnych proweniencji (tab. 6). Zakresy zmienności masy pędów wahają się od 8 mg do 38 mg (tab. 5), a masy korzeni od 5 mg do 25 mg (tab. 5).

Największą zmienność wysokości oraz suchej masy siewek stwierdzono wśród rodów proweniencji Szczebra oraz Wisła. Dotyczy to również masy poszczególnych części roślin, to znaczy igieł, pędów i korzeni (tab. 5 i 6). W najmniejszym stopniu natomiast zróznicowane są rody proweniencji Ujsoly i Radom pod względem wysokości siewek, oraz Miechów i Radom pod względem suchej masy całych siewek.

Tabela 7

Zakresy zmienności długości pędów bocznych (cm/1 siewkę). Wartości średnie poprzez pożywki i powtórzenia

Ranges of variation for length of laterals (cm/seedling). Mean values for phosphorus levels and replicates

Prowienienca Provenances	Długość pędów bocznych Length of laterals		
	Średnia Mean	Zmienność rodów Progeny variability	
		Min. - max.	Zakres Range
Supraśl	5,1	2,9 - 7,6	4,7
Szczebra	7,3	3,6 - 16,1	12,5
Zwierzyniec	8,1	6,4 - 10,9	4,5
Radom	6,0	3,6 - 9,8	6,2
Łągów	11,3	9,8 - 13,0	3,2
Miechów	6,2	3,8 - 7,8	4,0
Wieluń	7,6	6,1 - 9,1	3,0
Ujsoły	3,7	2,0 - 6,0	4,0
Węgierska Górka	4,8	1,6 - 8,4	6,8
Wisła	5,4	1,4 - 7,8	6,4
Min. - max.	3,7 - 11,3		3,0 - 12,5
Zakres Range	7,6		

Średnie wartości długości korzeni wahają się w zakresie od 1,1 cm dla rodów prowieniencki Radom, do 5,4 cm dla rodów prowieniencki Ujsoły (tab. 5), a zakresy długości pędów bocznych od 3,0 cm dla rodów wewnątrz prowieniencki Wieluń do 12,5 cm dla rodów wewnątrz prowieniencki Szczebra (tab. 7).

Dla cech wzrostowych procentowy udział zmienności rodowej wynosi od 6,4% do 12,7%, a dla cech rozwojowych od 1% do 11,2% i jest zawsze wyższy od zmienności prowienienckiej (tab. 3). System korzeniowy siewek zarówno pod względem długości, jak i ciężaru suchej masy, jest w najwyższym stopniu zróżnicowany w poszczególnych rodach wewnątrz prowieniencki.

Odziedziczalność addytywna badanych cech dla rodów wewnątrz prowieniencki jest wysoka i wynosi 0,35 dla wysokości siewek i 0,51 dla długości korzeni (tab. 3).

C. INTERAKCJE GENOTYPU Z POZIOMEM FOSFORU W POŻYWCE MINERALNEJ

Dla cech wzrostowych dotyczących nadziemnej części rośliny, to znaczy wysokości siewek i ciężaru masy części nadziemnych roślin, zaznaczył się istotny wpływ interakcji między prowienienckimi i poziomem fosforu w pożywce mineralnej, jednak procentowy udział zmienności spowodowany tą interakcją nie przekracza 3,7% (tab. 3). Natomiast interakcja rodów wewnątrz prowieniencki i poziomu fosforu jest istotna dla ważniejszych cech wzrostowych (wysokość, sucha masa igieł i pędów, świeża masa nadziemnej części siewek) i rozwojowych (liczba pędów bocznych na siewce, procent siewek z pączkiem szczytowym, procent suchej masy siewek), a procentowy udział tej zmienności dochodzi do 14% (tab. 3).

Tabela 8

Średnie dla proveniencji wartości świeżej masy nadziemnej części rośliny (mg/1 siewkę) oraz współczynniki określające stopień interakcji między proveniencjami a poziomem fosforu w pożywce mineralnej. Objaśnienia w tekście

Fresh weight of seedling aerial part (mg/seedling) and provenance \times phosphorus level interaction parameters. Definitions in text

Proweniencja Provenances	Świeża masa (mg) Fresh weight	b	$V_d \times 10^2$	r
Supraśl	236	1,152	5,9	0,968
Szczebra	274	1,009	1,6	0,989
Zwierzyniec	309	0,873	1,7	0,983
Radom	259	1,098	3,6	0,978
Łagów	376	1,038	0,8	0,994
Miechów	316	1,068	1,9	0,987
Wieluń	415	1,126	1,3	0,993
Ujsoły	190	0,852	0,9	0,991
Węgierska Górka	278	0,882	2,2	0,979
Wisła	277	0,874	0,1	0,999

W tabeli 8 przedstawiono informację o interakcji proveniencji z poziomem fosforu w pożywce mineralnej dla świeżej masy nadziemnej części roślin. Dla wszystkich proveniencji beskidzkich oraz jednej proveniencji północnej (Zwierzyniec) wartości współczynnika regresji (b) są niższe od jedności, co wyraża dobrą zdolność przystosowania się tych proveniencji do środowisk zróżnicowanych pod względem dostępności fosforu. Wariancje odchylen od regresji (V_d) są małe, a bardzo wysokie wartości r wskazują, że przekształcenia logarytmiczne zapewniają doskonałą liniowość. Proweniencje Wieluń i Supraśl są przystosowane do skorzystania z wyższych poziomów żywienia fosforowego ($b > 1$), jednak dla tej ostatniej proveniencji stosunkowo wyższa wartość V_d oznacza mniejszą wiarygodność reakcji. Niewielkie odchylenia współczynnika regresji (b) od jedności są wynikiem stosunkowo niewielkiej

Tabela 9

Średnie dla rodów wartości świeżej masy nadziemnej części rośliny (mg/1 siewkę) oraz współczynniki określające stopień interakcji między rodami wewnątrz proveniencji a poziomem fosforu w pożywce mineralnej. Objaśnienia w tekście

Fresh weight of seedling aerial part (mg/seedling) and progeny within provenances \times phosphorus level interaction parameters. Definitions in text

Proweniencja Provenances	Ród Progeny	Świeża masa (mg) Fresh weight	b	$V_d \times 10^2$	r
Zwierzyniec	786	261	0,550	0,3	0,992
Radom	1356	267	1,174	0,1	0,999
Łagów	1391	319	0,710	1,3	0,981
Miechów	1403	299	1,044	0,8	0,995
Wieluń	1422	450	1,333	4,2	0,982
Ujsoły	2126	239	0,656	1,7	0,971
Węgierska Górka	2133	287	0,713	2,0	0,971
Wisła	2141	369	0,920	0,7	0,994
Wisła	2143	202	0,727	1,2	0,983

interakcyjności poszczególnych proveniencji, co odzwierciedla też mała wartość komponentu wariancji interakcyjnej dla proveniencji (tab. 3).

W tabeli 9 przedstawiono informację o interakcyjności wybranych rodów, charakteryzujących się niskimi wartościami V_d , czyli charakteryzujących się wyraźnie określoną relacją z żywieniem fosforowym (reakcje możliwe do przewidzenia) i równocześnie wysokimi wartościami współczynnika r . Jak wynika z tabeli, największą niezależność od zmiennych warunków żywienia fosforowego mają rody nr 786, 1391, 2126, 2133 i 2143 (rody stabilne). Natomiast ród nr 1422 pochodzący z Wielunia jest bardzo interaktywny, a więc przystosowany do najwyższego poziomu fosforu.

DYSKUSJA

Uzyskane w niniejszym doświadczeniu wyniki zwracają uwagę na bardzo duże zróżnicowanie wewnątrzpopulacyjne, to znaczy między rodami z wolnego zapylenia wewnątrz poszczególnych proveniencji. To duże zróżnicowanie rodów dotyczy zarówno wysokości siewek oraz innych cech wzrostowych, jak też badanych w niniejszym doświadczeniu cech rozwojowych, co szczególnie odróżnia zmienność rodową od zmienności proveniencyjnej (tab. 3). Zmienność rodowa jest większa od zmienności proveniencyjnej, wykazuje bowiem wyższy procentowy udział komponentów wariancji. Wynik ten jest zgodny z wynikami doświadczeń terenowych Giertycha (1985) nad 11 - 12-letnim świerkiem *Picea abies*, obejmujących rody z wolnego zapylenia proveniencji z Beskidu Śląskiego i Żywieckiego.

Należy jednak zaznaczyć, że duża zmienność rodowa dotyczy tylko niektórych proveniencji. Wśród badanych 10 populacji, wyższy od średniego zakres zmienności rodów pod względem wysokości siewek mają tylko trzy populacje, dwie z Polski północno-wschodniej (Szczebra i Supraśl) i jedna z południa (Wisła), brak zatem jakichkolwiek rejonizacji geograficznych.

Najciekawszy wynik tego doświadczenia, to stwierdzenie istotnych interakcji między proveniencjami i poziomem fosforu w pożywce mineralnej oraz między rodami wewnątrz proveniencji i poziomem fosforu. Dotychczasowe wyniki doświadczeń terenowych nad proveniencjami świerka polskich populacji, a także doświadczeń rodowych (Giertych, 1985) nie wykazały interakcji genotypu ze środowiskiem. W doświadczeniach terenowych na warunki środowiska składają się zarówno warunki klimatyczne, jak również warunki edaficzne, stąd i interakcja genotypu ze środowiskiem może dotyczyć różnic klimatycznych lub różnic w żyzności siedliska. Do doświadczeń terenowych z zasady wybiera się siedliska typowe dla danego gatunku, który jest obiektem zainteresowania, a więc szansa uzyskania interakcji może być niewielka, pomimo różnych lokalizacji.

Dużą zmienność genotypów w reakcji na nawożenie stwierdzili Jahromi i inni (1976) u *Pinus elliottii* rosnącej na glebach ubogich w fosfor. Wanyancha i Morgenstern (1987) uzyskali dla niektórych cech siewek *Larix laricina* istotną interakcję między rodami z wolnego zapylenia a poziomem fosforu w glebie.

Interakcja między proveniencjami i poziomem fosforu, chociaż o niewielkim

stopniu istotności, została stwierdzona podczas badań nad jednorocznymi siewkami świerka pospolitego polskich pochodzeń, prowadzonymi w formie kultur piaskowych (Fober i Giertych, 1970). Wyniki obecnego doświadczenia są zatem zgodne z wynikami uzyskanymi wówczas.

Należy zwrócić uwagę, że interakcja genotypu z fosforem na poziomie rodów jest silniejsza i obejmuje liczniejsze cechy (tab. 3). Istotność komponentu wariancji interakcyjnej między rodami a żywieniem mineralnym wskazuje na możliwość selekcji interaktywnych rodów dla warunków glebowych bogatych w fosfor, względnie stabilnych rodów dla środowisk o nieznanym lub zróżnicowanym zaopatrzeniu w fosfor.

STRESZCZENIE

W cieplarni uprawiano siewki świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) 50 rodów z wolnego zapylenia, reprezentujących 3 proveniencje z Polski północno-wschodniej (Supraśl, Szczebra, Zwierzyniec), 4 ze środkowej (Radom, Łągów, Wieluń, Miechów) oraz 3 z Beskidu Śląskiego i Żywieckiego (Wisła, Węgierska Górka, Ujsoły). Doświadczenie prowadzono w formie kultur piaskowych, stosując 4 pożywki mineralne o zróżnicowanych stężeniach fosforu (6, 15, 30 i 60 mg P/1 porcja). Po 6 miesiącach uprawy zmierzono liczne cechy wzrostowe i rozwojowe siewek.

Hierarchiczna analiza wariacyjna wykazała, że rody wewnątrz proveniencji różnią się istotnie między sobą pod względem wszystkich badanych cech, z wyjątkiem procentu suchej masy. Zróżnicowanie proveniencyjne jest mniejsze i dotyczy tylko cech wzrostowych. Największy zakres zmienności wysokości siewek oraz suchej masy stwierdzono wśród rodów proveniencji Szczebra oraz Wisła. Dla cech wzrostowych, procentowy udział wariancji rodowej waha się od 6,4% do 12,7% i jest zawsze wyższy od wariancji proveniencyjnej. Długość korzeni siewek oraz ich sucha masa są w najwyższym stopniu zróżnicowane w poszczególnych rodach wewnątrz proveniencji. Odziedziczalność addytywna badanych cech dla rodów wewnątrz proveniencji jest wysoka, 0,35 dla wysokości siewek i 0,40 dla suchej masy siewek.

Interakcja rodów wewnątrz proveniencji i poziomu fosforu w pożywkach mineralnych jest istotna dla ważniejszych cech wzrostowych (wysokość siewek, świeża masa części nadziemnej siewek, sucha masa igieł i pędów) i rozwojowych (liczba pędów bocznych, procent siewek z pączkiem szczytowym oraz procent suchej masy siewek). Istotność komponentu wariancji interakcyjnej wskazuje na możliwość selekcji interaktywnych rodów dla warunków glebowych bogatych w fosfor, względnie stabilnych rodów dla środowisk o zróżnicowanym zaopatrzeniu w fosfor.

LITERATURA

1. Eberhart S. A., Russell W. A., 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36 - 40.
2. Ekberg I., Eriksson G., 1985. Constraints to conifer breeding. "Crop Physiology of Forest Trees" (eds. Tigerstedt, Ruttonen, Koski), Helsinki: 129 - 145.

3. Ekberg I., Eriksson G., Hadders G., 1982. Growth of intra- and interprovenance families of *Picea abies* (L.) Karst. *Silvae Genet.* 31: 160 - 167.
4. Finlay K. W., Wilkinson G. N., 1963. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. *Austr. J. Agric. Res.* 14: 742 - 754.
5. Fober H., Giertych M., 1970. Phosphorus uptake by spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings of various provenance. *Arbor. Kórnickie* 15: 99 - 116.
6. Giertych M., 1984. Report on the IUFRO 1938 and 1939 provenance experiments on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Published by Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology, Kórnik, Poland.
7. Giertych M., 1985. Porównanie selekcji rodowej i proveniencyjnej u świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) z Beskidu Śląskiego i Żywieckiego. *Arbor. Kórnickie* 30: 241 - 255.
8. Hicks C. R., 1973. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
9. Jahromi S. T., Goddard R. E., Smith W. H., 1976. Genotype \times fertilizer interactions in slash pine. Growth and nutrient relations. *Forest Sci.* 22: 211 - 219.
10. Kleinschmit J., 1985. Concepts and experiences in clonal plantations of conifers. *Proc. Can. Tree Imp. Ass., 19th Meeting, Toronto, Ontario, August 23 - 26, 1983* (eds. Zuffa, Rauter, Yeatman), Part 2: Clonal forestry: 26 - 56.
11. Simmonds N. W., 1987. Podstawy hodowli roślin. PWRiL, Warszawa.
12. Skrøppa T., 1984. A critical evaluation of methods available to estimate the genotype \times environment interaction. *Stud. For. Suec.* 166: 3 - 14.
13. Wanyanchara J. M., Morgenstern E. K., 1987. Genetic variation in response to soil types and phosphorus fertilizer levels in tamarack families. *Can. J. For. Res.* 17 (10): 1251 - 1256.

Effect of phosphorus level in the nutrient medium on the growth of various progenies and provenances of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings

Summary

In greenhouse seedlings were grown from 50 progenies of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) representing 3 provenances of north-eastern Poland (Supraśl, Szczebra, Zwierzyniec), 4 from central Poland (Radom, Łągów, Wieluń, Miechów) and 3 from the Silesian and Żywiec Beskids (Wisła, Węgierska Górka, Ujsoły). The experiment was conducted in the form of sand cultures, using 4 mineral nutrients differing in the level of phosphorus (6, 15, 30 and 60 mg P/l of medium). After 6 months of cultivation numerous growth and developmental characters were recorded.

A hierarchical variance analysis was performed which showed that progenies within provenances differ significantly between each other for all the studied traits except the percentage dry weight. Provenance variation is less obvious and for growth characters only. The greatest progeny variability for seedling height and dry weight was observed within provenances Szczebra and Wisła. For growth characters the percentage variance component for progenies within provenances was between 6.4% and 12.7% and is always higher than for provenances. Length of roots and their dry weight are differentiated most on the progeny within provenance level. Single tree heritabilities for the progenies within provenances are high, 0.35 for seedling height and 0.40 for the total seedling mass.

Interaction between progenies within provenances and the level of phosphorus in nutrition is significant for the more important growth traits (seedling height, fresh weight of aerial part of the seedling, dry mass of needle and mass of shoots) and development characteristics (number of lateral shoots, percentage of seedlings with an apical bud, percentage of dry weight

of seedlings). Significance of the interaction between progenies and mineral nutrition suggests that possibilities exist for selection within species of forms suitable for specific site conditions, as well as for those that are stable over many levels of phosphorus nutrition.

Symbols used in the form of variance analysis:

- p — number of provenances,
 r — number of progenies within provenances,
 n — number of phosphorus nutrition levels,
 b — number of blocks within phosphorus nutrition levels,
 V_P — provenance variance,
 V_R — progenies within provenances variance,
 V_N — phosphorus nutrition levels variance,
 V_{PN} — interaction variance between provenances and phosphorus nutrition levels,
 V_{RN} — interaction variance between progenies within provenances and phosphorus nutrition levels,
 V_B — blocks within nutrition levels variance,
 V_{PB} — interaction variance between provenances and blocks within phosphorus nutrition levels,
 V_{RB} — interaction variance between progenies within provenances and blocks within phosphorus nutrition levels.