

JANUSZ SABOR, HELENA STANUCH

Genetyczna reaktywność buka zwyczajnego na warunki glebowe

Genetic response of European beech to soil conditions

ABSTRACT

Sabor J., Stanuch H. 2009. Genetyczna reaktywność buka zwyczajnego na warunki glebowe. Sylwan 153 (8): 507-518.

The paper presents the results of the assessment of the genotype-soil interaction effect on adaptive traits in beech provenances in gene conservation areas of the Regional Bank of Genes (RBG) in the territory administered by the Katowice Regional Directorate of the State Forests. The level of Ca concentrations had no significant effect on survival and growth of beech in the juvenile phase. The interaction effect significantly increased with tree age, while the genotypic effect was less significant. The research confirmed the ecotypic nature of genetic variation in beech.

KEY WORDS

soil, adaptation traits, beech, Regional Bank of Genes, selection index, calcium

ADDRESSES

Janusz Sabor ⁽¹⁾ – e-mail: e-mail: rlsabor@cyf-kr.edu.pl
Helena Stanuch ⁽²⁾

⁽¹⁾ Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych; Uniwersytet Rolniczy; ul 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

⁽²⁾ Zakład Bioinformatyki i Telemedycyny; Uniwersytet Jagielloński; ul. Kopernika 17, 31-501 Kraków

Wstęp i cel

Regionalne Banki Genów zakładane są przede wszystkim w krainach o szczególnej wartości przyrodniczo-leśnej, a także tam, gdzie istnieje groźba utraty wartościowych populacji Leśnego Materiału Podstawowego. Idea ochrony leśnych zasobów genetycznych w Regionalnych Bankach Genów (RBG) przedstawiona była w pracach Giertycha [2001], Sabora [2001, 2006, 2007] i Suszki [2001]. Rozpoczęta w roku 1995 analiza lokalnej bazy nasiennej buka w Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach, w ramach założonego RBG tego gatunku, określiła zakres możliwości pozyskania kwalifikowanego materiału odnowieniowego oraz pozwoliła na racjonalizację możliwego transferu leśnego materiału rozmnożeniowego w ramach obowiązujących zasad regionalizacji nasiennej. Program RBG buka w RDLP w Katowicach przedstawiony w opracowaniu Sabora [2007] umożliwia ochronę *in vivo* oraz testowanie i weryfikację wartości genetyczno-hodowlanych lokalnych populacji tego gatunku. Wiele publikacji wskazuje na istotny efekt interakcji metod pielęgnacji oraz nawożenia (zawartość Ca) i genotypu (pochodzenie) buka.

W pracy przedstawiona została ocena reaktywności genetycznej buka zwyczajnego na warunki glebowe w oparciu o oszacowanie cech adaptacyjnych, takich jak przeżywalność i wysokość w juvenilnej fazie przyrostowej na powierzchniach zachowawczych RBG w Katowicach.

Material

Badaniami objęto 15 pochodzeń buka reprezentujących drzewostany nasienne i gospodarce nadleśnictw Bielsko, Ustroń, Turawa, Koniecpol, Koszęcin, Kłobuck, Namysłów, Pszczyna i Złoty Potok reprezentujące mikroregion maceczny buczyny górskiej 801 oraz mikroregiony zwykle Krainy Śląskiej (658, 654, 655). Charakterystykę pochodzeniową badanych sadzonek na powierzchniach I i II strefy uprawowej przedstawia tabela 1. Plan eksperymentu podano w pracy Sabora i Stanuch [2007].

Sadzonki wysadzone były w 2 strefach uprawowych. Powierzchnie porównawcze I strefy uprawowej obejmowały nadleśnictwa Bielsko, Pszczyna, Rudziniec, Złoty Potok i Kłobuck. Przeprowadzone badania glebowe wykonane w listopadzie 1999 obejmowały następujące właściwości gleb: skład granulometryczny określany metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, odczyn (pH) wyznaczany metodą potencjometryczną, kwasowość hydrolityczną określana metodą Kappena, sumę zasad wymiennych, zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego i zawartość składników pokarmowych (wapnia rozpuszczalnego w 1M octanie amonu o pH 7) oraz magnezu, chlorku wapnia (metoda AAS), fosforu i potasu, a także glinu wymiennego, żelaza, manganu, cynku, miedzi, ołowiu i kadmu [Gruba i in. 1999].

Wyniki przeprowadzonych analiz glebowych pozwoliły na wyodrębnienie trzech kategorii gleby różniących się głównie pod względem zawartości Ca w wierzchniej warstwie uprawnej powierzchni zachowawczych. Do pierwszej kategorii (1) zaliczyć należy warunki glebowe w Pszczynie i Rudzińcu. W profilu o głębokości 0-19 cm występowało 10-12 mg Ca/100g gleby. Glebę powierzchni w Pszczynie charakteryzuje typ gleby bielcowej właściwej o składzie granulometrycznym piasku słabogliniastego, przechodzącego na głębokości 40 cm we frakcję piasku luźnego. Odczyn w całym profilu jest silnie kwaśny w poziomie skały macierzystej na przejściu do kwaśnego. Powierzchnia ta reprezentuje siedlisko boru mieszanego świeżego (BMśw). Na powierzchni zachowawczej w Rudzińcu stwierdzono glebę rdzawą właściwą o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego, przechodzącego na głębokości 30-40 cm w piasek luźny. Odczyn był silnie kwaśny na poziomie wierzchnim do słabo kwaśnego w poziomie skały macierzystej. Gleba słabo zbielicowana reprezentuje siedlisko boru mieszanego świeżego (BMśw). Charakterystykę poziomu zasobności w składniki pokarmowe przedstawia tabela 2. Do drugiej (2) kategorii gleb Regionalnego Banku Genów zaliczono powierzchnie w Bielsku i Kłobucku o zawartości 20-40 mg Ca/100 g gleby w poziomach 0-5 cm (Ol, Ofh, Ah, Bbr, B, CB, AE, ABv, Bv, BvC, IIC). Na uprawie bielskiej charakterystycznym typem gleby jest gleba brunatna kwaśna typowa z gliną średnią przechodzącą w utwór gliniasto-kamienisty. Odczyn w całym profilu jest silnie kwaśny ze znaczną zawartością ołowiu w wierzchnich warstwach gleby. Gleba reprezentuje siedlisko lasu mieszanego górskiego (LMG). Zawartość składników pokarmowych w profilach gleb charakteryzuje tabela 2. Powierzchnia w Kłobucku odznacza się glebami rdzawymi o słabym stopniu zbielicowania z frakcją piasku gliniastego lekkiego, przechodzącego w piasek luźny na glinie lekkiej. Powierzchnia reprezentuje siedlisko boru mieszanego świeżego (BMśw) o zróżnicowanej zawartości składników pokarmowych w warstwach glebowych (tab. 2). Do trzeciej kategorii należą gleby uprawy zachowawczej w Złotym Potoku o bardzo wysokim poziomie zawartości wapnia w glebie (powyżej 50 mg/100g). Powierzchnia założona u podnóża wzgórze wapiennego pokrytego piaskami plejstoceńskimi z typem gleby opadowo-glejowej właściwej charakteryzuje się piaskiem luźnym akumulacji wodno-lodowcowej na zwietrzelinie wapienia jurajskiego. Zróżnicowanie chemizmu gleb w poszczególnych profilach przedstawia tabela 2.

Tabela 1.

Charakterystyka pochodzeń Regionalnego Banku Genów buka zwyczajnego objętych ochroną w RDLP Katowice

Characterisation of the RBG beech provenances embraced by protection in the territory of the Katowice RDSF

Nr poch.	Nadleśnictwo	Leśnictwo	Oddział	Mikro-region	Rodzaj drzewostanu	Strefa uprawowa
1	Bielsko	Jaworze	178f	801	DNW	I
2	Bielsko	Jaworze	187a	801	DNW	I, II
3	Bielsko	Kamienica	89m	801	DNW	I
4	Bielsko	Straconka	32a	801	DNW	I
5	Bielsko	Czyrna	–	801	NN	I
6	Bielsko	Grodziec	–	801	NN	II
7	Bielsko	Biła	–	801	NN	II
8	Bielsko	Kamienica	–	801	NN	I
9	Bielsko	Zapora	–	801	NN	II
10	Bielsko	Jaworze	187a	801	DD5144*	–
11	Bielsko	Jaworze	178f	801	DD5152	–
12	Bielsko	Jaworze	178f	801	DD5153	–
13	Bielsko	Jaworze	187a	801	DD5154	–
14	Bielsko	Jaworze	187a	801	DD5145	–
15	Bielsko	Jaworze	187a	801	DD5149	II
16	Bielsko	Jaworze	187a	801	DD5150	–
17	Bielsko	Jaworze	187a	801	DD5151	–
18	Bielsko	Jaworze	187a	801	DD5146	–
19	Bielsko	Jaworze	187a	801	DD5155	I
20	Bielsko	Kamienica	89m	801	DD5156	–
21	Ustroń	obr. Brenna, Ustroń	–	–	–	I
22	Turawa		–	–	–	I, II
24	Pszczyna	Wiry	–	557	DG	–
26	Koniecpol	Małachów	–	658	NN	I
27	Koszęcin		–	654	DG	I
28	Brynek		–	556	NN	II
30	Rudziniec	Proboszczowice	83d	556	DG	–
32	Rudziniec	Proboszczowice	77c	556	DG	–
33	Rudziniec	Utrata	–	556	DG	–
34	Kłobuck		–	654	DG	I, II
35	Brynek	obr. Wieszowa	55g, 73g	556	DG	–
37	Rudy Raciborskie	obr. Łęszczok	–	558	DG	–
38	Rudy Raciborskie	obr. Paproć	–	558	DG	–
39	Andrychów	Targaniec	–	–	–	–
40	Sucha		–	–	–	–
41	Andrychów (seria II)	Targaniec	–	–	–	II
45	Namysłów	Komorno	51b	–	–	I, II
46	Olkusz		–	655	–	II
47	Pszczyna (seria II)	Wiry	12	557	DG	I, II
50	Złoty Potok		–	655	–	I

*potomstwo drzew doborowych testowane w nadleśnictwach Bielsko i Wisła

* progeny of the select trees tested in Bielsko and Wisła Forest Districts

Tabela 2.

Właściwości chemiczne gleb powierzchni porównawczych RBG buka w RDLP Katowice. Strefa I
Chemical properties of soils at comparative sites with the RBG beech in the territory of the Katowice
RDSF. Zone I

Klasy gleby	Powierzchnia	Głęb. [cm]	Symbol	C %	N %	C:N	Ca mg/100g gleby	
1	Pszczyna	0-19	A	8,86	0,37	23,9	10,7	
		19-40	Ees	0,25	–	–	4,1	
		40-73	B	0,20	–	–	3,3	
		73-100	BC	–	–	–	3,8	
		100-150	C	–	–	–	3,6	
	Rudziniec	0-15	A	1,83	0,10	18,3	11,9	
		15-33	Bv	0,55	0,05	11,0	4,5	
		33-85	Bv	0,06	–	–	3,0	
		85-145	Bv	–	–	–	9,9	
	2	Bielsko	145-190	C	–	–	–	9,4
			0-2	Ol	–	–	–	–
			2-5	Ofh	20,26	1,13	17,9	26,3
			5-13	Ah	5,14	0,33	15,6	6,6
			13-50	Bbr	0,90	–	–	2,7
Kłobuck		50-100	B	–	–	–	2,7	
		100-120	CB	–	–	–	6,0	
		0-3	Ol	–	–	–	–	
		3-8	AE	3,47	0,16	21,7	36,9	
		8-23	ABv	0,89	0,04	22,2	7,5	
3	Złoty Potok	23-45	Bv	0,36	–	–	2,7	
		45-78	BvC	–	–	–	1,5	
		78-175	IIC	–	–	–	57,4	
		0-3	Ol	–	–	–	–	
		3-14	Ah	1,08	0,09	12,0	58,9	
	14-46	G	0,15	0,01	15,0	13,4		
	46-85	Bg	0,08	0,01	8,0	26,0		
85-110	IICca	–	–	–	507,8			

Warunki glebowe strefy II wyraźnie różniły się wyższą zawartością Ca w wierzchniej warstwie gleby. Do pierwszej kategorii zaliczono gleby powierzchni w Oleśnie o poziomie Ca około 50 mg/100g gleby, do drugiej (100-200 mg/100g) – Prudnik, Prószków, Brzeg, a do trzeciej (powyżej 500 mg/100g) – Opole. Są to gleby rdzawe o składzie granulometrycznym piasku gliniastego (Olesno), bielcowe i opadowo-glejowe (Prudnik, Prószków, Brzeg) na siedliskach BMśw i LMśw (tab. 3).

Pomiary wysokości przeprowadzane były corocznie od roku 1998 (3-letnie sadzonki) do roku 2003 (wiek 8 lat). Przeżywalność obliczano na poletku jako odsetek sadzonek, które przeżyły, w stosunku do liczby wysadzonych. Przeżywalność wyrażona była w mierze kątowej [Tadeusiewicz i in. 1993].

Metoda obliczeń

W ocenie cech adaptacyjnych, takich jak wysokość i przeżywalność, uwzględniono wpływ rodzaju gleby, pochodzenie sadzonek (efekt genetyczny) i wiek oraz interakcję gleby i pochodzenia, gleby i wieku, pochodzenia i wieku oraz interakcję kategorii gleby, pochodzenia

Tabela 3.

Właściwości chemiczne gleb powierzchni porównawczych RBG buka w RDLP Katowice. Strefa II
Chemical properties of soils at comparative sites with the RBG beech in the territory of the Katowice
RDSF. Zone II

Klasy gleby	Powierzchnia	Głęb. [cm]	Symbol	C %	N %	C:N	Ca mg/100g gleby
1	Olesno	0-5	OfhAh	10,48	0,59	17,7	51,6
		5-12	A	2,69	–	–	11,3
		12-63	ABv	0,72	–	–	4,4
		63-90	BvC	–	–	–	2,3
		90-150	C	–	–	–	3,4
		150-220	II C	–	–	–	2,4
	Prudnik	0-3	Ol	–	–	–	–
		3-8	Oh	27,10	1,25	25,0	157,1
		8-13	Ag	3,38	0,17	19,8	19,0
		13-60	Gg	0,30	–	–	4,4
60-125		Gg	–	–	–	40,7	
125-180		C	–	–	–	58,2	
2	Prószków	0-4	Of	22,82	1,24	22,7	116,7
		4-9	AE	2,66	0,13	20,5	15,4
		9-14	Ees	0,80	–	–	7,5
		14-30	Bhfe	0,84	–	–	9,2
		30-50	B/C	–	–	–	3,3
		50-100	II C	–	–	–	5,6
	100-130	III C	–	–	–	3,8	
	Brzeg	0-4	Ol	–	–	–	–
		4-11	Ofh	32,50	1,48	24,8	216,0
		11-15	Oh	20,30	1,02	24,5	120,9
15-21		Ees	1,05	–	–	10,1	
21-35		Bhfe	0,68	–	–	4,9	
35-70		BC	–	–	–	2,7	
70-110	C	–	–	–	2,7		
110-190	II C	–	–	–	129,3		
3	Opole	0-25	A	9,17	0,50	18,3	747,1
		25-30	Ees	1,20	0,09	13,3	52,4
		30-40	Bh	2,17	–	–	58,1
		40-90	BfeC	–	–	–	14,2
		90-135	II C	–	–	–	5,0
		135-150	III C	–	–	–	2,7

i wieku. Do określenia wpływu tych czynników zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji z powtórzeniami [Wright 1976; Żuk 1989; Stanuch 2005]. W analizie pominięto rok 2002 i Żłoty Potok. W obliczeniach uwzględniono średnią wysokość sadzonek i ich przeżywalność w bloku danej lokalizacji w konkretnej kategorii gleby, w danym pochodzeniu sadzonek i dla danego roku badania.

Wpływ gleby i pochodzeń na przeżywalność i na wysokość buka w I i II strefie uprawowej w poszczególnych latach oceniano przez zastosowanie analizy wariancji do modelu mieszanego [Stanuch, Sabor 2001].

$$x_{ijk} = \mu + gl_i + poch_j + (gl \cdot poch)_{ij} + e_{ijk}$$

gdzie:

x_{ijk} – wartość cechy adaptacyjnej (przeżywalność w k -tym bloku, wysokość k -tej sadzonki) w i -tej kategorii gleby w j -tym pochodzeniu danego roku obserwacji.

$i=1, \dots, n$ – gdzie n – liczba kategorii gleb,

$j=1, \dots, p$ – gdzie p – liczba pochodzeń,

$k=1, \dots, b$ – gdzie b – liczba bloków dla przeżywalności lub liczba sadzonek dla wysokości w i -tej kategorii gleby, j -tego pochodzenia w danym roku,

μ – średnia ogólna,

gl_i – efekt i -tej kategorii gleby,

$poch_j$ – efekt j -tego pochodzenia,

$(gl \cdot poch)_{ij}$ – efekt interakcji i -tej kategorii gleby i j -tego pochodzenia,

e_{ijk} – efekt błędu cechy adaptacyjnej (przeżywalności w k -tym bloku lub wysokości k -tego drzewka) w i -tej kategorii gleby w j -tym pochodzeniu,

Obliczenia wykonano w pakiecie statystycznym STATISTICA w module ANOVA i komponentów wariancyjnych oraz w arkuszu kalkulacyjnym Microsoft Excel.

Wyniki i dyskusja

Wyniki oceny wysokości i przeżywalności pochodzeń buka w RGB RDLP Katowice w kolejnych latach życia na uprawach porównawczych charakteryzujących się zróżnicowanymi właściwościami glebowymi przedstawiają tabele 4 i 5.

Jak wynika z tabeli 4 najlepsze efekty hodowlane zarówno pod względem przeżywalności, jak i wysokości otrzymano na glebie kategorii 2, natomiast najgorsze na glebie kategorii 3. Zauważa się również najmniejsze zróżnicowanie cech adaptacyjnych między pochodzeniami na glebie kategorii 2. I tak, w 2001 roku współczynnik zmienności dla przeżywalności między pochodzeniami dla gleby kategorii 3 wynosi 54,6%, dla gleby kategorii 1 – 28,5%, a dla gleby kategorii 2 – tylko 8,8%. Podobne wyniki otrzymano dla wysokości, gdzie odpowiednie współczynniki zmienności wynoszą 31,8%, 20,7% i 12,0%. W II strefie uprawowej najlepsze wyniki cech adaptacyjnych przeżywalności i wysokości buka zwyczajnego zauważa się na glebie kategorii 1. Najniższą przeżywalność stwierdzono na glebie kategorii 3. Najniższe sadzonki buka zwyczajnego charakteryzowały uprawę porównawczą na glebie kategorii 2. Największe zróżnicowanie cech adaptacyjnych między pochodzeniami zauważa się na glebie kategorii 3 (tab. 5).

Zastosowanie analizy wariancji do modelu uwzględniającego wpływ gleby, pochodzenia, wieku (rok obserwacji) oraz interakcji gleby i pochodzenia, gleby i wieku, wieku i pochodzenia, a także gleby, wieku i pochodzenia na cechy adaptacyjne buka zwyczajnego pozwoliło stwierdzić wysoce istotny wpływ kategorii gleby na przeżywalność i wysokość sadzonek w obu strefach badawczych (tab. 6 i 7). Zauważa się jednak nieco mniejsze znaczenie kategorii gleby w I strefie uprawowej przy ocenie wysokości sadzonek ($p < 0,03$). Stwierdzono wysoce istotny wpływ wieku (rok obserwacji) sadzonek oraz interakcji wieku i kategorii gleby na wyniki cech adaptacyjnych buka zwyczajnego w obu strefach badawczych. Pochodzenie oraz interakcja gleby i pochodzenia nie mają istotnego związku z cechami adaptacyjnymi buka zwyczajnego. Nie ma również istotnego wpływu na cechy adaptacyjne interakcja wieku i pochodzenia, jak również interakcja wszystkich trzech zmiennych (tab. 6 i 7).

Zależność zawartości wapnia od wieku sadzonek i zmienności genetycznej przeżywalności i wysokości buka przedstawiono w tabelach 8 i 9.

W obu strefach badawczych zauważa się istotny wpływ kategorii gleby na wyniki cech adaptacyjnych. Przeżywalność nie jest związana z pochodzeniem, natomiast z upływem czasu

Tabela 4.

Zmienność wysokości (h) i przeżywalności (P) buka zwyczajnego w I strefie uprawowej w zależności od pochodzenia, gleby i wieku

Height (h) and survival (P) of European beech in Plantation Zone I depending on provenances, soil and age

Kat.	Pocho- gleby dzień	1998		1999		2000		2001		2003	
		P	h	P	h	P	h	P	h	P	h
1	1	79,67	17,04	63,00	17,12	45,00	15,61	6,67	18,51	0,89	33,65
	2	88,00	17,69	75,67	19,13	55,00	19,12	11,00	21,34	2,11	38,90
	3	87,00	17,23	77,00	17,39	52,00	19,22	10,00	31,10	2,56	55,45
	4	92,33	16,51	77,33	17,21	43,00	17,71	8,33	26,41	1,56	40,32
	5	88,33	17,33	73,67	17,31	46,67	18,44	9,67	17,60	2,33	36,22
	8	86,67	15,14	70,00	18,23	42,00	18,45	4,33	21,94	1,33	40,72
	19	81,67	15,61	74,00	19,17	54,33	18,49	10,33	25,81	2,44	43,00
	21	83,00	16,10	76,33	18,18	52,00	18,35	10,67	26,67	1,56	37,78
	22	84,33	15,49	73,67	15,04	39,67	14,40	9,67	15,13	2,00	25,79
	26	86,67	14,48	75,67	16,29	52,00	17,19	9,33	20,69	2,44	34,67
	27	83,00	16,76	69,67	19,02	50,00	19,25	4,67	19,32	1,11	46,08
	34	80,00	16,59	64,00	18,59	52,00	18,38	5,67	28,81	1,44	31,92
	45	74,67	16,94	63,33	17,93	40,00	19,01	5,33	30,96	1,22	28,41
	47	82,33	17,09	67,33	17,87	45,00	16,99	11,00	23,66	2,22	32,82
	50	81,67	15,58	67,00	17,21	42,67	16,04	9,00	23,14	2,44	45,31
	\bar{x}	83,96	16,37	71,18	17,71	47,42	17,78	8,38	23,41	1,84	38,07
	s	4,35	0,93	5,18	1,12	5,31	1,46	2,39	4,84	0,57	7,56
V%	5,18	5,67	7,27	6,30	11,20	8,20	28,49	20,67	30,68	19,85	
2	1	84,67	17,85	75,33	19,91	70,33	20,74	55,00	33,76	16,89	44,57
	2	83,33	17,92	72,00	19,48	66,33	21,28	47,67	28,46	14,11	38,68
	3	88,67	16,85	83,33	18,56	74,67	22,81	56,33	34,81	17,33	48,11
	4	86,67	15,86	70,33	18,12	62,00	18,42	49,00	29,33	15,22	41,75
	5	89,33	17,60	80,33	20,03	74,33	22,95	59,67	34,31	17,56	45,52
	8	93,00	14,39	85,00	18,09	77,00	20,53	56,67	31,54	17,78	42,19
	19	96,00	15,59	88,67	19,33	81,67	22,60	55,67	38,13	17,89	50,30
	21	93,00	15,77	83,33	17,40	79,00	18,49	58,00	28,25	18,33	38,96
	22	93,67	15,91	89,00	16,96	78,00	17,76	47,33	36,03	13,78	50,28
	26	88,33	15,32	78,33	17,75	71,67	19,05	48,33	29,23	14,56	39,99
	27	91,33	19,27	82,00	21,07	76,00	23,67	58,67	41,98	17,00	55,43
	34	83,33	16,82	76,00	19,17	67,00	21,77	50,00	33,31	14,11	46,44
	45	78,00	15,23	68,67	17,80	62,67	20,94	48,67	35,29	15,44	48,44
	47	88,33	17,96	76,00	18,67	67,33	19,42	55,00	28,66	15,89	41,36
	50	85,67	16,75	76,67	18,80	68,67	21,67	47,00	32,70	14,33	43,05
	\bar{x}	88,22	16,61	79,00	18,74	71,78	20,81	52,87	33,05	16,01	45,00
	s	4,79	1,32	6,24	1,11	6,04	1,84	4,65	3,95	1,60	4,82
V%	5,43	7,97	7,91	5,92	8,42	8,84	8,80	11,96	10,02	10,72	
3	1	93,33	18,90	60,00	17,42	25,33	17,98	9,33	14,15		
	2	97,33	14,68	72,00	14,20	35,33	15,61	10,67	23,43		
	3	95,33	16,67	75,33	16,27	42,00	16,59	9,33	40,23		
	4	81,33	18,15	68,67	17,15	29,33	18,23	2,67	25,08		
	5	92,67	14,36	70,00	13,96	30,67	16,90	12,00	20,68		
	8	92,00	11,33	72,67	12,19	41,33	12,51	11,33	18,71		Złoty
	19	95,33	12,70	67,33	12,06	24,00	14,48	4,67	21,88		
	21	98,00	16,93	76,00	16,34	42,67	18,13	20,67	27,71		Potok
	22	82,67	16,20	60,67	15,19	24,00	16,55	9,33	20,66		
	26	91,33	15,48	82,00	14,79	36,00	15,66	4,67	12,44		100%
	27	94,67	13,98	80,67	13,84	43,33	15,83	13,33	23,97		
	34	85,33	15,39	61,33	15,17	33,33	15,56	5,33	23,14		wypadu
	45	94,67	12,26	63,33	12,35	32,67	13,27	3,33	22,36		
	47	94,00	17,40	66,00	16,53	33,33	16,98	8,67	21,64		
	50	89,33	14,05	56,00	13,89	17,33	15,02	4,67	38,95		
	\bar{x}	91,82	15,23	68,80	14,76	32,71	15,95	8,67	23,67		
	s	5,07	2,19	7,74	1,76	7,79	1,67	4,73	7,53		
V%	5,52	14,38	11,25	11,92	23,81	10,49	54,55	31,83			

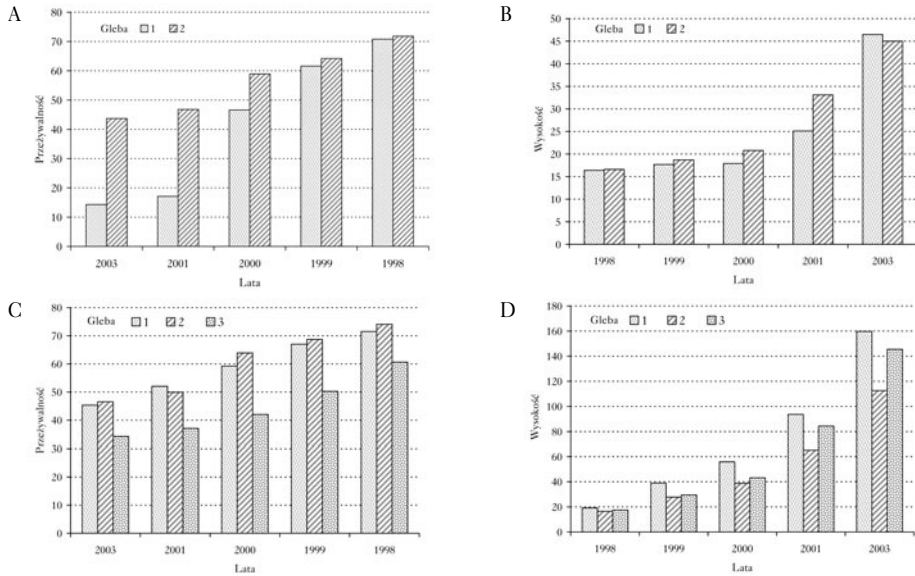
Tabela 5.

Zmienność wysokości (h) i przeżywalności (P) buka zwyczajnego w II strefie uprawowej w zależności od pochodzenia, gleby i wieku

Height (h) and survival (P) of European beech in Plantation Zone II depending on provenances, soil and age

Kat.	Pocho- gleby dzenie	1998		1999		2000		2001		2003	
		P	h	P	h	P	h	P	h	P	h
1	2	92,00	20,61	91,00	41,46	84,00	57,93	76,00	89,44	60,00	166,81
	5	95,00	23,61	90,00	44,02	85,00	57,60	73,00	95,03	64,00	148,33
	6	92,00	20,03	87,00	40,55	72,00	60,33	59,00	98,36	55,00	161,07
	9	77,00	23,24	75,00	49,89	70,00	67,62	63,00	116,31	58,00	180,00
	15	90,00	16,56	84,00	35,86	69,00	56,20	56,00	101,31	47,00	166,61
	22	91,00	17,74	89,00	34,78	72,00	55,88	63,00	91,95	42,00	174,87
	28	92,00	17,52	87,00	35,31	76,00	49,96	62,00	86,42	43,00	161,12
	34	82,00	19,09	84,00	41,22	76,00	56,04	65,00	87,88	55,00	148,99
	41	87,00	19,96	85,00	41,64	79,00	55,81	69,00	97,32	60,00	165,13
	45	79,00	15,58	74,00	31,47	59,00	46,12	39,00	74,45	31,00	127,51
	46	85,00	17,38	78,00	37,37	62,00	57,04	54,00	101,01	48,00	164,86
	47	87,00	18,98	79,00	33,73	69,00	49,68	56,00	84,32	41,00	151,19
	\bar{x}	87,42	19,19	83,58	38,94	72,75	55,85	61,25	93,65	50,33	159,71
	s	5,44	2,37	5,54	4,94	7,52	5,28	9,33	10,11	9,47	13,40
	V%	6,22	12,35	6,63	12,68	10,33	9,46	15,23	10,79	18,82	8,39
2	2	89,67	17,25	86,67	27,83	78,67	39,79	62,67	60,95	58,33	108,30
	5	88,33	20,14	82,33	30,74	73,00	39,75	53,67	66,75	45,67	119,73
	6	85,67	18,26	78,67	32,11	74,67	46,17	57,67	76,25	49,00	127,77
	9	89,33	17,42	84,33	29,10	81,67	38,40	61,33	67,04	55,67	113,22
	15	76,67	14,84	70,67	28,01	64,00	42,07	46,67	68,22	46,00	115,91
	22	88,33	14,66	78,33	23,21	70,67	30,06	46,67	53,20	44,33	88,76
	28	89,33	15,79	82,00	26,09	79,33	33,54	56,67	56,28	52,67	101,04
	34	81,00	13,64	75,67	23,23	66,67	32,56	47,33	54,31	44,67	101,65
	41	91,67	17,34	85,33	29,63	77,33	42,20	57,00	75,74	51,33	126,69
	45	81,67	14,09	75,33	24,75	71,00	34,29	55,33	59,63	48,33	103,96
	46	88,00	15,93	82,67	27,88	76,33	40,36	55,67	64,26	51,67	108,09
	47	89,67	18,05	83,00	25,38	75,00	35,44	53,33	57,61	50,33	95,95
	\bar{x}	86,61	16,45	80,42	27,33	74,03	37,89	54,50	63,35	49,83	109,26
	s	4,31	1,87	4,54	2,73	5,02	4,52	5,10	7,40	4,20	11,44
	V%	4,97	11,34	5,64	10,00	6,77	11,94	9,36	11,68	8,44	10,47
3	2	80,00	17,72	68,00	27,71	49,00	38,99	41,00	80,56	29,00	130,86
	5	74,67	18,96	60,00	30,42	44,00	33,91	37,33	62,87	37,33	126,44
	6	87,00	20,25	69,00	38,30	61,00	56,34	53,00	110,77	35,00	179,88
	9	72,00	18,90	53,00	37,33	41,00	52,24	30,00	94,01	27,00	118,22
	15	83,00	15,68	66,00	24,53	47,00	38,51	40,00	78,17	37,00	162,63
	22	81,00	15,80	45,00	25,32	28,00	36,76	21,00	81,66	21,00	142,13
	28	54,00	14,98	43,00	26,00	29,00	45,50	20,00	85,09	20,00	130,71
	34	77,00	14,94	66,00	23,42	48,00	36,09	37,00	67,51	27,00	159,72
	41	88,00	16,64	72,00	28,71	65,00	39,45	57,00	78,07	55,00	134,66
	45	48,00	16,20	41,00	26,64	30,00	39,25	28,00	84,43	25,00	135,59
	46	75,00	16,56	49,00	33,07	43,00	46,43	35,00	88,62	33,00	162,83
	47	68,00	20,32	57,00	28,59	40,00	41,21	38,00	75,76	35,00	129,80
	\bar{x}	73,97	17,25	57,42	29,17	43,75	42,06	36,44	82,29	31,78	142,79
	s	11,75	1,86	10,55	4,61	11,11	6,49	10,64	11,82	9,01	18,04
	V%	15,89	10,76	18,37	15,81	25,40	15,44	29,18	14,37	28,35	12,63

obserwacji pochodzenie sadzonek ma coraz mniejszy wpływ na ich wysokość. Również interakcja gleba-pochodzenie nie ma związku z przeżywalnością sadzonek, natomiast z biegiem czasu obserwacji interakcja ta ma coraz mniejszy związek z wysokością sadzonek buka zwyczajnego. Analizę efektu interakcji gleby i wieku sadzonek dla przeżywalności i wysokości charakteryzuje rycina.



Ryc.

Analiza efektu interakcji gleby i wieku sadzonek dla przeżywalności i wysokości
 Effect of soil and age interaction on survival and height of beech seedlings

A – przeżywalność, strefa I; B – wysokość, strefa I; C – przeżywalność, strefa II; D – wysokość, strefa II
 A – survival, zone I; B – height, zone I; C – survival, zone II; D – height, zone II

Tabela 6.

Analiza cech adaptacyjnych. RBG buka zwyczajnego w RDLP Katowice, I strefa, lata 1998-2003
 Adaptive traits analysis. The RBG of beech in the territory of the Katowice RDSF, zone I, 1998-2003

Źródło zmienności	Suma kwadratów	Stopnie swobody	Średnia suma kwadratów	Wartość testu F	Wartość p
Przeżywalność					
Gleba	44866	1	44866	122,32	0,0001***
Pochodzenie	4192	14	299	0,82	0,6504
Gleba×pochodzenie	2645	14	189	0,52	0,9211
Błąd ₁	49150	134	367	–	–
Wiek	222125	4	55531	1055,96	0,0001***
Wiek×gleba	31130	4	7783	147,99	0,0001***
Wiek×pochodzenia	2103	56	38	0,71	0,9410
Wiek×gleba×pochodzenie	1453	56	26	0,49	0,9993
Błąd ₂	28187	536	53	–	–
Wysokość					
Gleba	896	1	896	5,07	0,0259*
Pochodzenie	1871	14	134	0,76	0,7144
Gleba×pochodzenie	1108	14	79	0,45	0,9554
Błąd ₁	23684	134	177	–	–
Wiek	94591	4	23648	427,49	0,0001***
Wiek×gleba	2063	4	516	9,32	0,0001***
Wiek×pochodzenia	2118	56	38	0,68	0,9611
Wiek×gleba×pochodzenie	1160	56	21	0,37	1,0000
Błąd ₂	29650	536	55	–	–

*** – p<0,001; * – p<0,05

Tabela 7.

Analiza cech adaptacyjnych. RBG buka zwyczajnego w RDLP Katowice, II strefa, lata 1998-2003
Adaptive traits analysis. The RBG of beech in the territory of the Katowice RDSF, zone II, 1998-2003

Źródło zmienności	Suma kwadratów	Stopnie swobody	Średnia suma kwadratów	Wartość testu F	Wartość p
Przeżywalność					
Gleba	44641	2	22320	19,46	0,0001***
Pochodzenie	13806	11	1255	1,09	0,3676
Gleba×pochodzenie	10549	22	480	0,42	0,9907
Błąd ₁	228259	199	1147	–	–
Wiek	87569	4	21892	357,91	0,0001***
Wiek×gleba	3016	8	377	6,16	0,0001***
Wiek×pochodzenia	1572	44	36	0,58	0,9862
Wiek×gleba×pochodzenie	3448	88	39	0,64	0,9953
Błąd ₂	48688	796	61	–	–
Wysokość					
Gleba	88811	2	44406	23,94	0,0001***
Pochodzenie	21016	11	1911	1,03	0,4214
Gleba×pochodzenie	14128	22	642	0,35	0,9975
Błąd ₁	369167	199	1855	–	–
Wiek	1719501	4	429875	1090,57	0,0001***
Wiek×gleba	56397	8	7050	17,88	0,0001***
Wiek×pochodzenia	11822	44	269	0,68	0,9437
Wiek×gleba×pochodzenie	19438	88	221	0,56	0,9996
Błąd ₂	313763	796	394	–	–

*** p<0,001

Tabela 8.

Wpływ zawartości wapnia (Ca) na zmienność genetyczną przeżywalności i wysokości buka pochodzeń II serii doświadczalnej RBG w RDLP Katowice w I strefie uprawowej

Effect of calcium (Ca) content on the genetic variation in survival and height of the RBG beech provenances of experimental series II in the territory of the Katowice RDSF in Plantation Zone I

Efekt	Poziom istotności				
	1998	1999	2000	2001	2003
Przeżywalność					
Gleba	0,0165*	0,0004***	0,0001***	0,0001***	0,0001***
Pochodzenie	0,1022	0,0518 ⁺	0,1330	0,5014	0,7910
Pochodzenie×gleba	0,8605	0,9908	0,9956	0,9513	0,9511
Wysokość					
Gleba	0,2047	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0050**
Pochodzenie	0,0033**	0,0105*	0,0958 ⁺	0,1552	–
Pochodzenie×gleba	0,0001***	0,0300*	0,0001***	0,1258	0,9281

*** – p<0,001; ** – p<0,01; * – p<0,05; + – p<0,1

Przeprowadzone badania potwierdziły opinie o silnym wpływie warunków glebowych na wzrost i rozwój buka w fazie młodocianego wzrostu. Ocena cech adaptacyjnych populacji buka katowickiego wskazała na istotnie oddziaływanie zawartości poziomu Ca w glebie na przeżywalność i wzrost. Oddziaływanie to potęguje się wraz z wiekiem uprawy przy osłabieniu efektu genetycznego (proweniencyjnego). Fakt ten posiada istotne znaczenie praktyczne i hodowlane, o czym wspomina Giertych [2000].

Tabela 9.

Wpływ zawartości wapnia (Ca) na zmienność genetyczną przeżywalności i wysokości buka pochodzeń II serii doświadczalnej RBG w RDLP Katowice w II strefie uprawowej

Effect of calcium (Ca) content on the genetic variation in survival and height of the RBG beech provenances of experimental series II in the territory of the Katowice RDSF in Plantation Zone II

Efekt	Poziom istotności				
	1998	1999	2000	2001	2003
Przeżywalność					
Gleba	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***
Pochodzenie	0,2337	0,3426	0,2929	–	–
Pochodzenie×gleba	0,6922	0,9836	0,9706	0,9976	0,9989
Wysokość					
Gleba	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***
Pochodzenie	0,0001***	0,0198*	0,0890 ⁺	0,1221	0,4728
Pochodzenie×gleba	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***

*** – $p < 0,001$; * – $p < 0,05$; + – $p < 0,1$

Wnioski

- ✚ Stwierdzono istotność wpływu warunków glebowych (zawartość wapnia) na zmienność cech adaptacyjnych badanych pochodzeń buka w I i II strefie uprawowej. Istotność tego wpływu wzrastała wraz z wiekiem uprawy zarówno dla przeżywalności, jak i wysokości sadzonek w wieku od 2 do 6 lat.
- ✚ Efekt genetyczny (pochodzenie) był istotny dla wysokości na początku okresu juvenilnego i malał wraz z wiekiem uprawy. Wpływ pochodzenia nie uwidocznił się w całym okresie badawczym dla przeżywalności.
- ✚ Ważnym dla hodowli selekcyjnej wynikiem badań jest wykazanie istotnej statystycznie interakcji pochodzenia i gleby dla wysokości sadzonek buka zwyczajnego mierzonej w pięcioletnim cyklu pomiarowym.
- ✚ Wyniki potwierdzają w zdecydowany sposób opinie o ekotypowym charakterze zmienności genetycznej tego gatunku.

Literatura

- Giertych M. 2001. Jak regionalne banki genów mogą służyć programom selekcyjnym. Konf. Nauk.: Ochrona genetyczna cząstkowych drzew leśnych w Karpackim Banku Genów, Ustroń, Jaszowiec, Wiśla, Istebna, Wyrchzadeczka. 29 czerwca 2001.
- Gruba P., Lasota J., Wanic T. 1999. Charakterystyka gleb i ocena warunków siedliskowych drzewostanów macierzystych buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* L. „Regionalnego Banku Genów” w RDLP Katowice. W: Analiza bazy nasiennej buka w RDLP Katowice ze wskazaniem populacji najwartościowszych pod względem wartości hodowlanej. Opracowanie na zlecenie RDLP w Katowicach
- Sabor J. 2001. Opracowanie metodyki sporządzania regionalnych programów zachowania leśnych zasobów genowych. Konf. Nauk.: Ochrona genetyczna cząstkowych drzew leśnych w Karpackim Banku Genów, Ustroń, Jaszowiec, Wiśla, Istebna, Wyrchzadeczka. 29 czerwca 2001.
- Sabor J. 2006. Idea regionalnego banku genów. W: Sabor J. [red.]. Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa. 619-636.
- Sabor J., Stanuch H. 2007. Ocena zmienności cech adaptacyjnych oraz określenie wartości genetyczno-hodowlanej pochodzeń objętych ochroną w regionalnym banku genów buka zwyczajnego RDLP Katowice. Sylwan 151 (10): 25-37.
- Stanuch H. 2005. Ocena różnic średnich między wieloma populacjami i analiza danych uwzględniających zmiany w czasie. W: Stanisław A. [red.]. Biostatystyka. Wyd. UJ. 179-234.
- Stanuch H., Sabor J. 2001. Use of linear model to evaluation of value population genetics in Carpathian Gene Bank, The XXXIth Inter. Biometrical Colloquium, Skorzęcin, 17-21 September. 37-38.

- Tadeusiewicz R., Izworski A., Majewski J. 1993. *Biometria*. Wydawnictwo AGH.
Wright W. J. 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, London.
Żuk B. 1989. *Biometria stosowana*. PWN, Warszawa.

SUMMARY

Genetic response of European beech to soil conditions

An important silvicultural issue of genetic reactivity of beech to variable soil conditions was discussed in the paper. The material for the research comprised 15 beech provenances from seed stands and commercial seed stands located in the territory of Forest Districts administered by the Katowice Regional Directorate of the State Forests (Katowice RDSF) representing mother micro-region 801 of mountain beech and micro-regions 658, 654, 655 of the Śląsk Natural-Forest Region. The test sites were established in two plantation zones. Zone I comprised the Bielsko, Pszczyna, Rudziniec, Złoty Potok Forest Districts, while Zone II featuring higher Ca concentrations in topsoil layers comprised the experimental sites located in the territory of the Olesno, Prudnik, Prószków, Brzeg and Opole Forest Districts. Adaptive traits of seedling survival and height were evaluated in the period 1998-2003, taking into consideration the effect of soil type, seedling origin, age and interactions: soil-origin, soil-age, origin-age, and soil-origin-age.

The mixed analysis of variance model in the ANOVA module of Statistica Package was used. The results obtained from the research confirmed the significance of the impact of soil conditions (Ca content) on the variability of adaptive traits in beech provenances in both plantation zones aged 2-6 years. The genetic effect decreased with plantation age, the origin-soil interaction was found to be statistically significant in this phase of seedling development. The analysis of the variability of adaptive traits in tested beech provenances proves the ecotypic nature of genetic variation in this species in the territory of the Katowice RDSF's Forest Districts.