

Tadeusz Andrzejczyk¹✉, Leszek Bolibok¹, Stanisław Drozdowski¹, Henryk Szeligowski¹

Sposób powstawania, struktura i produktywność drzewostanów bukowo-modrzewiowych w Polsce

Polish beech-larch stands: their structure, productivity and processes of generation

Abstract. The aim of this study was to analyse how the formation processes that generate mixed larch stands with beech in the secondary storey affect their standing volume and growing stock. These estimates were based on data from 19 Polish stands surveyed for age, growth, stand quality and growing stock as partitioned among the tree species and canopy strata. Qualitative traits and changes in the standing volume and growing stock related to the proportion of beech to larch in the stand were analyzed for two larch age groups: (1) less than 120 years old and (2) over 120 years old. The examined stands were generated in two ways: through the establishment of mixed beech-larch crops or through the introduction of beech trees under an existing canopy of larch (usually at aged 40-50 years old or older). The growing stock of large timber in younger stands ranged from 372 to 622 m³/ha, including 86 to 190 m³/ha from beech and other admixed species, and was 482 to 1102 m³/ha from older stands, with species other than larch contributing 158 to 390 m³/ha. As the proportion of beech in the stand increases, the overall stand growing stock decreases: to a greater extent in younger than in older stands. Hence, excessive reduction in larch density is not desirable, since it is not compensated by increased beech reaching the upper canopy. In most stands, regardless of the method of stand generation, beech has a high growth rate so adds to stand quality.

Stands with the largest growing stock (Młynary i Miłomłyn – northern Poland) reached 1034 and 1102 m³/ha of large timber, of which the larch standing volume was, respectively 711 and 834 m³/ha.

Key words: mixed stands, two storeyed stand

1. Wstęp

Modrzew europejski jest gatunkiem o dużych zaletach produkcyjnych (Schober 1949; Assmann 1968; Chylarecki 2000) i hodowlanych (Timofejew 1960; Timofeev 1977; Tyszkiewicz i Obmiński 1963; Bellon 1972; Bellon et al. 1983a; Andrzejczyk et al. 1997). Pozwala na uzyskanie w stosunkowo krótkim czasie drzewostanów o wysokiej zasobności i tym samym znaczne skrócenie, w porównaniu z sosną, cyklu produkcyjnego. Kulminacja bieżącego i przeciętnego przyrostu miąższości modrzewia wysokiej bonitacji przypada bowiem odpowiednio w wieku 25 i 55 lat (Bachmann 1999; Burschel i Huss 2003), podczas gdy sosny w wieku 35 i 75 lat (Burschel i Huss 2003).

Gatunek ten jest wykorzystywany przede wszystkim jako domieszka produkcyjna, a w niektórych regionach naszego kraju (np. w Górach Świętokrzyskich) także jako gatunek główny. Często jest stosowany w zalesieniach na gruntach porolnych, w uprawach plantacyjnych, a także w uzupełnieniach, dolesieniach i poprawkach. Znaczenie modrzewia w lasach polskich wzrasta w związku z ograniczeniem udziału sosny w nowo zakładanych drzewostanach na żyznych siedliskach.

Modrzew szczególnie dobrze nadaje się do tworzenia drzewostanów o budowie dwupiętrowej, w których tworzy górne piętro, a gatunki cienioznośne piętro dolne. Według Tyszkiewicza i Obmińskiego (1963) takie drzewostany można uzyskać albo poprzez jednoczesne sadzenie modrzewia i cienioznośnych gatunków wolniej

¹ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny, Katedra Hodowli Lasu, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, ✉ e-mail: tadeusz.andrzejczyk@wl.sggw.pl

rosnących w młodości (np. jodły, buka) albo poprzez zakładanie litej uprawy modrzewiowej i późniejsze wprowadzanie gatunku cieniznośnego pod okap modrzewia. Z badań dotyczących doboru gatunków drzew do tworzenia dolnej warstwy w drzewostanach modrzewiowych wynika, że największą przydatność ma

buk zwyczajny (Bellon et al. 1983b; Andrzejczyk et al. 1997; Bellon i Andrzejczyk 2000). Gatunek ten w warunkach podokapowych ma dobry wzrost i korzystną formę pokroju. Wyniki dotychczasowych badań dotyczą głównie wzrostu podsadzeń w młodym wieku. Mimo podkreślania dużej roli drugiego piętra w

Tabela 1. Wykaz drzewostanów modrzewiowych z udziałem buka uwzględnionych w badaniach

Table 1. List of larch stands with beech share included in the studies

RDLP Regional Directorate of the State Forests	Nadleśnictwo Leśnictwo Forest District Forest Subdistrict	Nr drzewostanu Plot No.	Oddz. Compartm.	Wielkość powierzchni The size of the plot	Typ siedliskowy lasu Forest site type*	Wiek modrzewia i buka (lat)** Age of larch and beech (years)**
Olsztyn	Stare Jablonki Barduń	1	206f	0,25	LMśw	Md 68 Bk 47-50 Iip
	Miłomłyn Śródziejzerze	12	191h	0,40	Lśw	Md 135 Bk 135Ip, 40-60 Iip
	Młynary Stępniewo	13	318g	0,40	Lśw	Md 140 Bk 60-80 Iip
	Młynary Rez.Lenki	16	247o, 249c	0,50	Lśw	Md 150 Bk 80-90 Iip
Gdańsk	Gdańsk Marianowo	14	188a	0,50	Lśw	Md 140 Bk 140 Ip, Iip
	Kolbudy Sobowidze	18	44f	0,50	Lśw	Md 165 Bk:165 Ip, 60-70 Iip
	Kolbudy Sobowidze	19	58g	0,50	Lśw	Md 170 Bk:170 Ip, 60-70 Iip
	Krosno	Strzyżów Wola Zgłobieńska	2	59a	0,40	Lwyż
Kańczuga Lipnik		3	32d	0,50	Lwyż	Md 63 Bk (50-72) 60 Iip
Krasiczyn Łętownia		4	47h	0,50	Lwyż	Md 73 Bk (65-75) 70 Iip
Strzyżów Babica		8	9c	0,40	Lwyż	Md 100 Bk 45 Iip
Strzyżów Wola Zgłobieńska		9	56g	0,40	Lwyż	Md 85 Bk (35-50) 45 Iip
Leżajsk		10	200b	0,40	Lśw	Md 110 Bk (55-65) 60 Ip, Iip
Kańczuga		11	56g	0,40	Lwyż	Md 115 Bk (60-74) 65 Iip
Leżajsk		15	203b	0,40	Lśw	Md 145 Bk (50-60) 55 Iip
Katowice	Prudnik Pokrzywna	5	235 k	0,25	LG	Md (65-70) 68 Bk (46-54) 50 Ip, Iip
	Kraków	Brzesko Chrostowa	7	86g	0,50	Lwyż
Wrocław		Bardo Śląskie Laskówka	6	89a	0,25	LG
	Bardo Śląskie Laskówka	17	88g	0,25	LG	Md 160 Bk 75 Ip, Iip

* Lśw – fresh deciduous forest site, LMśw – fresh mixed deciduous forest site, Lwyż – upland deciduous forest site, LG – montain deciduous forest site type

** Ip – wiek drzew w I piętrze drzewostanu; Iip – wiek drzew w II piętrze drzewostanu
Ip – age of trees in I stand storey; Iip – age of trees in II stand storey

podnoszeniu produktywności drzewostanów modrzewiowych stosunkowo mało jest danych na ten temat. Według Burgera (1941, za Assmannem 1968) całkowita produkcja drzewostanów modrzewiowych z podszonym bukiem lub innymi gatunkami jest większa niż litych drzewostanów modrzewiowych lub bukowych, a także równowiekowego drzewostanu modrzewiowo-bukowego. Z badań Schobera (1953, za Assmannem 1968) wynika, że szczególnie dobrze do tworzenia drzewostanów dwupiętrowych nadaje się modrzew japoński, który przewyższał pod względem produktywności modrzewia europejskiego. Podokapowe gatunki cienioznośne (m.in. buk, świerk, daglezcja, żywotnik) pozwalają osiągnąć dodatkową produkcję bez konieczności zmniejszenia zapasu modrzewia japońskiego poniżej określonej w tablicach zasobności w przypadku trzebieży silnej.

Celem niniejszej pracy jest przeanalizowanie sposobu powstania oraz zasobności rębnych i przeszło-rębnych drzewostanów modrzewiowych z udziałem buka w dolnym piętrze w warunkach Polski, a także określenie roli buka w kształtowaniu zasobności takich drzewostanów.

2. Materiał i metodyka badań

Badania przeprowadzono w dziewiętnastu drzewostanach modrzewiowych z udziałem buka, o budowie dwupiętrowej, zlokalizowanych w różnych częściach kraju (regionalne dyrekcje LP w Gdańsku, Olsztynie, Katowicach, Krakowie, Krośnie i we Wrocławiu). Ich wykaz i krótką charakterystykę przedstawiono w tabeli 1.

W każdym drzewostanie założono jedną powierzchnię próbną o wielkości od 25 do 50 arów. Na powierzchni próbnej pomierzono pierśnicę wszystkich drzew oraz wysokość próby drzew w celu określenia krzywej wysokości. Dla każdego drzewa określono położenie w piętrze drzewostanu. W celu określenia wieku modrzewia i buka, z kilku drzew każdego gatunku pobrano wywiarty świdrem przyrostowym z pnia na wysokości ok. 20 cm nad ziemią. Liczbę słoików na wywiertku powiększoną o dwa przyjęto za wiek drzewa.

Przeprowadzone pomiary pozwoliły na określenie podstawowych charakterystyk taksacyjnych każdego drzewostanu (pierśnicowe pole przekroju, miąższość grubizny, czynnik zadrzewienia, skład gatunkowy, wiek, bonitacja, średnia pierśnica i średnia wysokość), z uwzględnieniem gatunku i piętra. Miąższość grubizny drzew poszczególnych gatunków obliczono na podstawie tablic miąższości drzew stojących (Czuraj et al. 1960), bonitację i czynnik zadrzewienia (stosunek zasobności rzeczywistej do tablicowej) na podstawie tablic

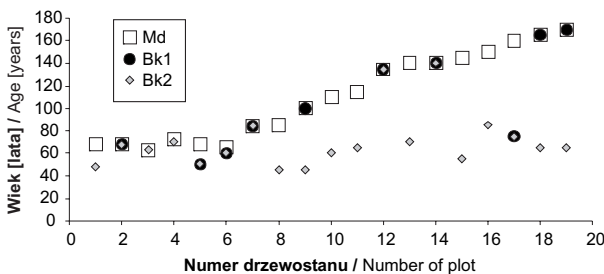
zasobności drzewostanu (Szymkiewicz 1961). Uzyskane wyniki zestawiono i analizowano z podziałem drzewostanów na dwie grupy wiekowe: 1 – drzewostany IV, V i VI klasy wieku, i 2 – drzewostany VII klasy wieku i starsze.

3. Wyniki

Wiek i sposób odnowienia buka

Z analizy wieku drzew wynika, że w większości badanych drzewostanów występowała jedna generacja buka, będąca albo w tym samym wieku co modrzew (7 drzewostanów), albo od niego młodsza (9 drzewostanów). W trzech drzewostanach buk był dwugeneracyjny: starszy, w wieku modrzewia, współtworzył górne, a młodszy – dolne piętro drzewostanu (ryc. 1). Różnica wieku między modrzewiem a bukiem była zmienna. W drzewostanach 60–70-letnich wynosiła około 20 lat, a czasami tylko kilka lat, podczas gdy w starszych drzewostanach była znacznie większa i wahała się od 40–50 lat (drzewostany V–VI klasy wieku) do 70–90 lat (drzewostany starsze). W drzewostanach z bukiem różnowiekowym różnica wieku między generacjami buka wynosiła od 55 do 100–105 lat.

Buk będący w wieku modrzewia w większości drzewostanów znajdował się zarówno w pierwszym, jak i drugim piętrze, ale w niektórych drzewostanach rósł tylko w dolnej warstwie (drzewostany nr 3 i 4). Natomiast buk młodszy od modrzewia niemal zawsze pozostawał w drugim piętrze i tylko w dwóch drzewostanach (nr 5 i 17) awansował do warstwy górnej. W wielu drzewostanach buk był zróżnicowany pod względem wieku drzew, co sugeruje, że powstał on w wyniku naturalnego odnowienia podokapowego.



Rycina 1. Wiek modrzewia i buka w badanych drzewostanach (Md – modrzew, Bk1 – buk w górnym piętrze, Bk2 – buk w dolnym piętrze); numeracja drzewostanów jest zgodna z tabelą 1

Figure 1. Age of larch and beech in examined stands (Md – larch, Bk1 – beech in upper storey, Bk2 – beech in lower storey) stands numbering is consistent with Table 1

Zasobność i inne cechy taksacyjne**Drzewostany w wieku do 120 lat**

Zestawienie cech taksacyjnych drzewostanów młodszych od 120 lat przedstawiono w tabeli 2. Ogólna zasobność grubizny tych drzewostanów wynosiła od

372,4 do 622,4 m³/ha. Udział miąższościowy modrzewia wahał się najczęściej od około 60 do 80%, a buka od 20 do 30% (ryc. 2). W niektórych jednak drzewostanach (nr 9 i 10), o małej miąższości modrzewia, udział buka i innych gatunków liściastych wynosił ponad 40%.

Badane drzewostany miały typową budowę dwupiętrową, w których na dolne piętro przypadało od 14 do

Tabela 2. Cechy taksacyjne drzewostanów bukowo-modrzewiowych w wieku do 120 lat (*V*: miąższość, *Zd*: zadrzewienie, *D*_{1,3}: średnia pierśnica, *H*: średnia wysokość, *N*: liczba drzew)

Table 2. The taxation parameters of beech-larch stands aged to 120 years (*V*: total volume, *Zd*: stocking, *D*_{1,3}: the average DBH, *H*: the average height, *N*: Number of trees)

Nr drzewostanu Plot No.	Cechy drzewostanu Stand parameters					Cechy gatunku Species parameters							
	Skład gatunkowy w piętrach*		<i>V</i>	Udział Share	<i>Zd</i>	Gatu- nek Species	Wiek Age lata	<i>D</i> _{1,3} cm	<i>H</i> m	Boni- tacja Stand quality	<i>N</i> /ha	<i>V</i> m ³ /ha	<i>Zd</i>
	Species composition in the storeys*		m ³ /ha	%									
1	I	10 Md	519,6	86	1,2	Md	68	35,4	31,2	I	365	509,6	1,2
	II	7Bk 2Św 1 in	86,4	14	0,3	Bk	48	21,8	21,1	I	170	64,1	0,2
	Σ	8Md 1Bk 1 in	606,0	100									
2	I	8Md 1So 1Bk i in	467,5	75	1,1	Md	68	40,3	35,2	I	185	378,5	0,9
	II	7Bk 2Gb 1 in	154,9	25	0,4	Bk Ip	68	43,2	30,4	I	12	27,3	0,1
	Σ	6Md 2Bk 1So 1 in	622,4	100		Bk IIp	68	16,5	26,7	I.1	232	115,4	0,3
3	I	10Md	400,8	72	1,0	Md	63	34,5	32,5	I	270	397,2	1,0
	II	10Bk	157,0	28	0,4	Bk	63	22,6	25,3	I	330	159,2	0,4
	Σ	7Md 3Bk	557,8	100									
4	I	10Md	485,7	81	1,0	Md	73	37,2	32,8	I	284	465,4	1,0
	II	9Bk 1Gb	116,3	19	0,3	Bk	70	22,0	25,2	I.0	224	103,5	0,2
	Σ	8Md 2Bk	602,0	100									
5	I	8MdSo 1Św 1Bk	367,8	77	0,8	Md	68	30,4	28,9	I.0	256	257,0	0,6
	II	8Bk 2Św	109,1	23	0,4	Bk Ip	50	28,5	23,7	I	32	23,8	0,1
	Σ	6Md 2Bk 2Św i in	476,9	100		Bk IIp	50	16,0	20,0	I	456	83,4	0,3
6	I	9Md 1Bk	402,0	83	1,0	Md	65	29,1	30,9	I	372	372,0	0,9
	II	9Bk 1Db	82,4	17	0,2	Bk Ip	60	29,8	26,8	I	32	30,0	0,1
	Σ	8Md 2Bk	484,4	100		Bk IIp	60	16,5	21,7	I.1	332	74,1	0,2
7	I	6Md 2So 1Bk 1 in	348,7	75	0,7	Md	84	30,8	29,5	1.6	180	196,6	0,5
	II	10Bk	117,8	25	0,3	Bk Ip	84	38,5	27,5	1.4	32	51,0	0,1
	Σ	4Md 4Bk 2So i in	466,5	100		Bk IIp	84	15,6	22,6	II.5	336	117,8	0,3
8	I	9Md 1Bk	435,7	78	0,8	Md	100	46,6	36,2	I	150	399,4	0,7
	II	9Bk 1Db	119,0	22	0,5	Bk Ip	100	60,7	29,0	1.7	8	33,3	0,1
	Σ	7Md 3Bk i in	554,7	100		Bk IIp	45	18,6	20,3	I	392	106,0	0,5
9	I	9Md 1 In	241,2	56	0,5	Md	85	41,5	30,9	1.2	122	225,0	0,5
	II	5Bk 2Js1Jw1Jd 1 in	190,5	44	0,7	Bk	45	19,9	20,6	I	298	91,8	0,4
	Σ	5Md 2Bk1Js 2 in	431,7	100									
10	I	9Md 1Bk	190,0	51	0,3	Md	110	53,3	34,5	I.1	58	177,0	0,3
	II	9Bk 1Gb	182,4	49	0,5	Bk	60	22,8	25,3	I	410	183,9	0,5
	Σ	5Md 5Bk	372,4	100									
11	I	10 Md	369,6	69	0,7	Md	115	58,7	35,2	I.1	100	362,2	0,7
	II	5Bk 2Gb 2Js 1Jw	164,2	31	0,4	Bk	65	25,1	24,8	I	158	93,4	0,2
	Σ	7Md 2Bk 1Gb	533,9	100									

* Md – modrzew, Bk – buk, Gb – grab, Św – świerk, in – inne / Md – larch, Bk – beech, Gb – hornbeam, Św – spruce, in – other

44%, najczęściej 20–25% ogólnej miąższości drzewostanu. W większości drzewostanów czynnik zadrzewienia piętra górnego wynosił 0,8 lub więcej, a dolnego 0,3–0,4. W drzewostanach modrzewiowych o zadrzewieniu zbliżonym do pełnego (0,9–1,2) miąższość grubizny buka stanowiła z reguły około 20% ogólnej miąższości drzewostanu i około 30% miąższości modrzewia. Buk występował w obu piętrach drzewostanu lub tylko w dolnym piętrze. Udział miąższościowy buka w górnej warstwie był niewielki (do 10%), natomiast w dolnej z reguły przekraczał 75%. W zależności od regionu kraju i drzewostanu, w dolnym piętrze bukowi towarzyszyła domieszka grabu, dębu, świerka, jaworu, jesionu i jodły. Zarówno w górnym, jak i dolnym piętrze buk zwykle osiągał bonitację I klasy lub nawet ją przekraczał.

Drzewostany w wieku powyżej 120 lat

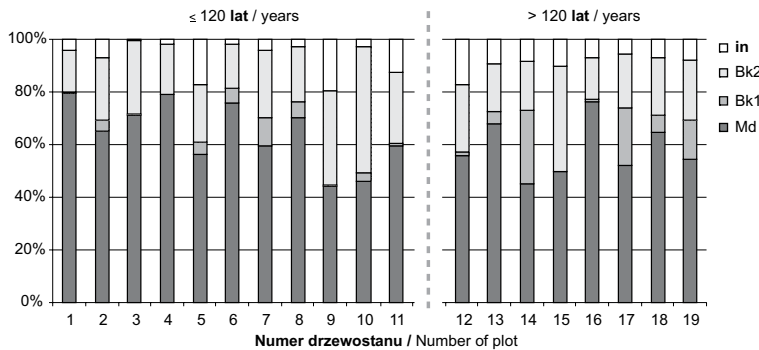
Charakterystykę taksacyjną drzewostanów w wieku powyżej 120 lat przedstawiono w tabeli 3. Zasobność grubizny wahała się w szerokim zakresie – od 482 do ponad 1100 m³/ha. Największą zasobnością (1102 m³/ha) charakteryzował się drzewostan nr 12 z Nadleśnictwa Miłomłyn, a niewiele mu ustępował (1034 m³/ha) drzewostan nr 16 z Nadleśnictwa Młynary, rezerwat Lenki, w którym modrzewie osiągnęły rekordowe wysokości (średnia wysokość 45,1 m, maksymalna wysokość 48 m). W drzewostanach tych, przy stosunkowo dużym zadrzewieniu i zagęszczeniu modrzewi (150–180 szt./ha), występowało dobrze ukształtowane dolne piętro, o zasobności odpowiednio 327 i 170 m³/ha. W rezerwacie Lenki dolne piętro, w którym obok buka występowały jesion, klon, jawor, dąb i grab, powstało z

Tabela 3. Cechy taksacyjne drzewostanów bukowo-modrzewiowych w wieku ponad 120 lat (*V*: miąższość, *Zd*: zadrzewienie, *D*_{1,3}: średnia pierśnica, *H*: średnia wysokość, *N*: liczba drzew)

Table 3. The taxation parameters of beech-larch stands in age of over 120 years (*V*: total volume, *Zd*: stocking, *D*_{1,3}: the average DBH, *H*: the average height, *N*: Number of trees)

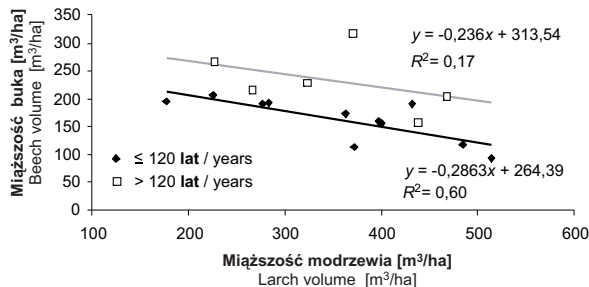
Nr drzewostanu Plot No.	Cechy drzewostanu Stand parameters					Cechy gatunku Species parameters							
	Skład gatunkowy w piętrach Species composition in the storeys		<i>V</i>	Udział Share	<i>Zd</i>	Gat. Species	Wiek Age	<i>D</i> _{1,3}	<i>H</i>	Boni- tacja Stand quality	<i>N</i> /ha	<i>V</i>	<i>Zd</i>
			m ³ /ha	%									
12	I	9Md 1 LpBk	774,3	70	1,3	Md	135	52,9	41,2	I	180	711,4	1,2
	II	5Bk 5Lp	327,3	30		Bk	135	34,4	33,1	1.6	110	175,8	0,3
	Σ	6Md 2Lp 2Bk	1101,6	100		Lp	135	37,3	32,6	I	133	198,6	0,5
13	I	10Md	437,8	74	0,8	Md	140	68,6	41,7	I	75	437,8	0,8
	II	6Bk 2Lp 1Gb 1Kl	157,8	26		Bk	70	27,4	25,7	1.0	150	97,4	0,2
	Σ	7Md 2Bk 1Lp i in	595,6	100		Lp	40	13,4	17,8	I	308	32,0	0,2
14	I	6Md 3Bk 1Db	397,9	81	0,85	Md	140	57,2	32,8	1.9	72	226,3	0,5
	II	9Bk 1Db	94,0	19		Bk Ip	140	41,3	28,6	III.0	74	140,0	0,3
	Σ	5Md 4Bk 1Db	491,9	100		Bk IIp	140	30,1	25,4	III.6	96	84,0	0,2
15	I	10Md	266,8	55	0,5	Md	145	65,9	39,4	I	53	266,8	0,5
	II	7Bk 2Gb 1Jw	214,8	45		Bk	55	19,6	21,8	I	513	159,2	0,5
	Σ	6Md 3Bk 1GbJw	481,6	100									
16	I	10Md	863,1	83	1,4	Md	150	61,3	45,1	I	150	834,3	1,4
	II	6Bk 3JsKl 1GbDb	170,8	17		Bk	85	34,8	28,0	1.2	64	118,3	0,3
	Σ	8Md 1Bk 1 In	1033,9	100									
17	I	7Md 3Bk	543,6	79	0,9	Md	160	54,8	36,6	1.2	107	370,5	0,6
	II	8Bk 2Lp	143,6	21		Bk Ip	75	35,4	31,5	I	96	156,5	0,3
	Σ	5Md 4Bk 1Lp i in	687,2	100		Bk IIp	75	22,4	27,5	I	203	118,2	0,3
18	I	9Md 1Bk	512,0	76	0,9	Md	165	62,6	39,2	1.0	100	467,9	0,8
	II	7Bk 2Gb 1Db	160,6	24		Bk Ip	165	63,3	33,0	II.3	8	44,1	0,1
	Σ	7Md 2Bk 1GbDb	672,6	100		Bk IIp	65	28,1	26,6	1.0	152	111,8	0,3
19	I	7Md 2Bk 1So	413,5	75	0,9	Md	170	56,0	35,0	II	86	286,2	0,6
	II	7Bk 2Gb 1Db	137,6	25		Bk Ip	170	58,4	31,2	II.7	20	89,0	0,2
	Σ	6Md So 3Bk 1 In	551,1	100		Bk IIp	65	24,0	22,0	1.5	212	91,9	0,3

Oznaczenia jak w tabelach 1 i 2. / Marking as in tables 1 and 2.



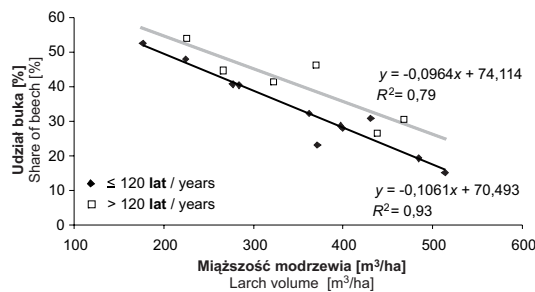
Rycina 2. Struktura gatunkowa drzewostanów bukowo-modrzewiowych w wieku do 120 i ponad 120 lat (Md – modrzew, Bk1 – buk w górnym piętrze, Bk2 – buk w dolnym piętrze, in – inne gatunki liściaste); numeracja drzewostanów jest zgodna z tabelą 1

Figure 2. Species composition of beech and larch stands in age to 120 and over 120 years (Md – larch, Bk1 – beech in upper storey, Bk2 – beech in lower storey, in – other leafed species); stands numbering is consistent with Table 1



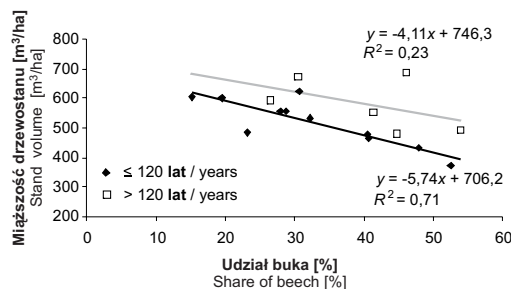
Rycina 3. Zależność między miąższością modrzewia a miąższością buka z uwzględnieniem kategorii wiekowej drzewostanów

Figure 3. Relationship between larch total volume and beech total volume including stands age category



Rycina 4. Zależność między miąższością modrzewia a udziałem buka w drzewostanie z uwzględnieniem kategorii wiekowej drzewostanów

Figure 4. The larch total volume and beech share relationship including stands age category



Rycina 5. Zależność między udziałem buka a ogólną miąższością drzewostanu

Figure 5. The relationship between beech share and stand total volume

odnowienia naturalnego (wiek drzew był zróżnicowany). W drzewostanie Młynary dolne piętro, złożone z lipy i buka, powstało sztucznie, w wyniku jednoczesnego sadzenia tych gatunków z modrzewiem.

Miąższość grubizny modrzewia w analizowanej grupie drzewostanów wahała się od 226 do 834 m³/ha, stanowiąc od 45 do ponad 80% ogólnej miąższości drzewostanu. Pozostała część przypadła na buk z ewentualną domieszką innych gatunków liściastych (ryc. 2). Miąższość drugiego piętra wynosiła od 94 do 327 m³/ha (najczęściej 140–180 m³/ha), stanowiąc z reguły 20–30% ogólnej miąższości drzewostanu. Buk występował głównie w drugim piętrze, gdzie w niektórych drzewostanach towarzyszyła mu domieszka grabu, dębu, lipy, jaworu lub klonu zwyczajnego. W kilku drzewostanach (nr 14, 17, 19) buk wchodził w skład pierwszego piętra, uzyskując od 20 do 35% jego miąższości. Czynniki zadrzewienia pierwszego piętra wynosiły od 0,3 do 1,4, a drugiego 0,2–0,7.

Bonitacja buka była zróżnicowana. W drzewostanach, w których gatunek ten występował tylko w dolnym piętrze była zbliżona do I klasy lub nieco ją przekraczała, natomiast w drzewostanach, w których buk występował także w górnym piętrze wahała się między II a III klasą w piętrze górnym i poniżej III klasy w piętrze dolnym.

Zależności między zasobnością i udziałem buka a zasobnością drzewostanu modrzewiowego i ogólną zasobnością drzewostanu

Zależność między zasobnością i udziałem buka w drzewostanie a zasobnością drzewostanu modrzewiowego i ogólną zasobnością drzewostanu określono dla każdej grupy wiekowej drzewostanów. Z analizy tej wyłączono dwa drzewostany (nr 12 i 16) jako tzw. obiekty odstające, gdyż na tle pozostałych charakteryzowały się wyraźnie wyższą zasobnością modrzewia.

Zależność zasobności buka od zasobności modrzewia (ryc. 3) w drzewostanach obu grup wiekowych miała ujemny, liniowy charakter, o podobnym współczynniku regresji (proste regresji położone są równolegle względem siebie). Zależność ta była silniejsza w

przypadku drzewostanów młodszych. Zasobność buka malała wraz ze wzrostem zasobności modrzewia.

Zależność między udziałem buka w drzewostanie a zasobnością modrzewia również miała ujemny charakter (ryc. 4). Wraz ze wzrostem zasobności modrzewia udział buka wyraźnie się zmniejszał; największą wartość (50%) osiągał w drzewostanach o zasobności modrzewia równej około 200 m³/ha, a najmniejszą (ok. 10–20%) – w drzewostanach o zasobności modrzewia 500 m³/ha. Przy takiej samej zasobności modrzewia udział buka w drzewostanach starszych był o ok. 5–10% większy niż w drzewostanach młodszych.

Wraz ze wzrostem udziału buka ogólna zasobność badanych drzewostanów malała (ryc. 5), lecz wielkość tych zmian była różna w obu grupach wiekowych drzewostanów (różne wartości współczynnika regresji). Zasobność drzewostanów starszych w mniejszym stopniu zależała od udziału buka niż zasobność drzewostanów młodszych.

4. Dyskusja

Większość dotychczasowych badań związanych z hodowlą dwupiętrowych drzewostanów modrzewiowych dotyczyła porównania wzrostu różnych gatunków drzew (buk, dąb, lipa, jodła) pod okapem modrzewia w pierwszych latach po posadzeniu (Bellon i Jagiełło 1961; Bellon et al. 1983b) oraz wpływu stopnia przerzedzenia drzewostanu modrzewiowego na wzrost i żywotność odnowień podokapowych (Bellon et al. 1983a). Natomiast stosunkowo mało było badań dotyczących zasobności drzewostanów modrzewiowych z typowym drugim piętrem oraz badań porównawczych nad produktywnością litych i mieszanych drzewostanów modrzewiowych. Nie dysponując odpowiednio długimi seriami pomiarów, prowadzonych na stałych powierzchniach doświadczalnych, badania niniejsze przeprowadzono w drzewostanach gospodarczych. Pozwoliły one przybliżyć potencjalne możliwości produkcyjne dwupiętrowych drzewostanów bukowo-modrzewiowych.

Uzyskane wyniki potwierdzają trafność zaleceń Tyszkiewicz i Obmińskiego (1963) co do możliwych sposobów uzyskiwania dwupiętrowych drzewostanów modrzewiowych. Według tych autorów przy jednoczesnym odnowieniu obu gatunków wysadza się mniej modrzewi (600–1500 sztuk na 1 ha) niż wtedy, gdy sadi się początkowo sam modrzew (2500–4500 sztuk na 1 ha). Jednak już od wielu lat, zgodnie z *Zasadami hodowli lasu* (1988, 2003), norma sadzenia modrzewia w uprawach leśnych jest znacznie mniejsza (1,5–2 tys. sztuk na 1 ha).

Tyszkiewicz i Obmiński (1963) zwracali uwagę, że pierwszy sposób tworzenia mieszanych drzewostanów o

dwupiętrowej budowie w pewnych warunkach siedliskowych i w przypadku populacji modrzewia wolniej rosnących, może się okazać kłopotliwy ze względu na trudności z utrzymaniem modrzewia w drzewostanie. Przy dynamicznym wzroście gatunku domieszkowego może dochodzić do silnego skrócenia koron modrzewia i jego wydzielenia się. Takie rozwiązanie hodowlane, tzn. jednoczesne sadzenie modrzewia i gatunków domieszkowych, ma jednak bardzo duże zalety ze względu na mniejsze koszty odnowienia i pielęgnacji w porównaniu z późniejszym wprowadzaniem gatunku domieszkowego. W większości badanych drzewostanów nie udało się ustalić formy zmieszania modrzewia i buka zastosowanej na etapie zakładania uprawy. Timofeev (1977) zaleca wprowadzać gatunki w zmieszaniu rzędowym w układzie 1+1 (na przemian jeden rząd modrzewia i jeden rząd gatunku domieszkowego przy odległości między rzędami z modrzewiem 3 lub 4 m) lub w układzie 1+3 (jeden rząd modrzewia i trzy rzędy gatunków domieszkowych, przy odległości między rzędami z modrzewiem 5 m). Z obserwacji własnych dokonanych w Lasach Doświadczalnych Rogów wynika, że przy jednorzędowym zmieszaniu buk w okresie uprawy może cechować się znacznym zahamowaniem wzrostu, a w okresie młodnika – dużą smukłością drzew. Z tego względu wydaje się, że lepszym rozwiązaniem byłoby zmieszanie modrzewia i buka w układzie 1+3 (jeden rząd modrzewia i trzy rzędy buka) przy 1,5-metrowej odległości między rzędami lub w układzie 1+2 (jeden rząd modrzewia i dwa rzędy buka) przy dwumetrowej odległości między rzędami.

Przy drugiej metodzie tworzenia drzewostanów dwupiętrowych duże znaczenie ma wiek drzewostanu w momencie wykonywania podsadzenia. W badanych drzewostanach buk najczęściej był wprowadzany pod okap 40–50-letnich modrzewi, a w przypadku grupy najstarszych drzewostanów w wieku 70–90 lat. Z dotychczasowych badań (Andrzejczyk et al. 1997) wynika, że ze względu na produkcję drugiego piętra, w warunkach żyznych siedlisk (LMśw, Lśw), podsadzanie w drzewostanach modrzewiowych najlepiej wykonywać w wieku 25 lat. Wcześniejszy zabieg (na początku II klasy wieku) może przynieść dobre rezultaty tylko pod warunkiem silnego przerzedzenia drzewostanu i dopuszczenia około 50% światła pełnego do jego wnętrza (Bellon et al. 1983b). Podsadzenia wykonane później, na przełomie drągowiny i dojrzewającego drzewostanu, w wieku 40–50 lat, mają tę zaletę, że przy prawidłowej pielęgnacji drzewostanu zagęszczenie modrzewi powinno być już zbliżone do docelowego (250–300 drzew na hektarze). Tym samym nie będzie potrzeby wykonywania silnych cięć przerzedzających, co znacznie ograniczy szkody w dolnej warstwie drzew. Jednocześnie w drzewostanach starszych, o bardziej

rozluźnionym zwarcu i obecności drzew o relatywnie krótszych i wyżej osadzonych koronach (Bachmann 1999), do dna lasu dociera więcej światła niż w drzewostanach młodszych dzięki zwiększonej ażurowości punktowej drzewostanu (Bolibok 2010). Tym samym lepsze warunki świetlne i mniejsza konkurencja korzeniowa modrzewi sprawiają, że odnowienia podokapowe w takich drzewostanach będą wykazywać lepszy wzrost i rozwój niż w drzewostanach młodszych. W badaniach dotyczących stopnia przenikania światła przez okap drzewostanu do dna lasu Sonohat i in. (2004), w przypadku drzewostanów modrzewiowych stwierdzili pozytywny związek tej charakterystyki z wiekiem drzewostanu. Jednocześnie z badań tych wynika, że wbrew utartym opiniom, warunki świetlne pod okapem drzewostanów modrzewiowych nie są najkorzystniejsze. W młodszych klasach wieku drzewostan modrzewiowy przepuszcza znacznie mniej światła (10%) niż drzewostan sosnowy (30%) o tej samej wartości powierzchni przekroju pierśnicowego (np. 25 m²). W starszych drzewostanach (powyżej 50 lat) obu gatunków wskaźnik transmitancji promieniowania słonecznego jest podobny i np. przy powierzchni przekroju pierśnicowego równej 30 m² wynosi około 25%.

Warto zwrócić uwagę na wysoką bonitację buka w większości badanych drzewostanów, bez względu na moment jego odnowienia. Wskazuje to na dobry wzrost buka na wysokość zarówno w warunkach podokapowych, jak i przy osłonie bocznej modrzewia. Potwierdzają to wyniki badań Kerra i in. (1992), w których wykazano lepszy wzrost buka na wysokość w mieszanych drzewostanach z udziałem modrzewia niż w jednogatunkowych drzewostanach bukowych. Także Liziniwicz (2009), analizując wzrost buka w litych i mieszanych młodnikach z udziałem różnych gatunków o zmieszaniu rzędownym (m.in. modrzewia) w warunkach południowej Szwecji, stwierdził podobną wysokość buka w różnych wariantach uprawowych. Na tym etapie rozwoju gatunki szybkorosnące (m.in. modrzew, osika, brzoza) ani nie hamowały, ani nie wzmagaly przyrostu buka na wysokość.

Powyższe wyniki wskazują, że pod okapem lub przy bocznej osłonie modrzewia buk znajduje korzystne warunki wzrostu na wysokość. Wydaje się, że strategia wzrostu buka w umiarkowanie zwartych drzewostanach modrzewiowych polega na względnie dużej alokacji asymilatów na wzrost elongacyjny pędu głównego, kosztem przyrostu jego grubości i rozwoju gałęzi. Strategia taka zapewnia stopniową poprawę warunków świetlnych w strefie wierzchołkowej drzewa. Jest ona przede wszystkim typowa dla światłolądnych gatunków drzew (Messier et al. 1999), ale wydaje się, że z podobnego mechanizmu może korzystać także buk w warunkach półcienia, uzyskując korzystny pokrój drzew. Już

Kurth (1946) wykazał, że buki rosnące pod umiarkowanie zwartym okapem (o stopniu 0,5–0,7), w porównaniu do drzew rosnących w pełnym świetle, wytwarzały cieńsze gałęzie oraz miały mniejszą tendencję do tworzenia dwójek. Jednak silne lub zbyt długie zacinienie może prowadzić do utraty osi głównej i wzrostu plagiotropowego buka, a przy silnej osłonie bocznej modrzewia w fazie młodnika i tyczkownicy gatunek ten wydziela się.

Uzyskane wyniki wskazują, że przy 80–100-letnim wieku rębności modrzewia osiągnięcie dwupiętrowej budowy drzewostanu i uzyskanie średniowymiarowych sortymentów buka jest możliwe, jeśli zostanie on podsadzony w pierwszej połowie cyklu produkcyjnego drzewostanu (w wieku do 50 lat). Podsadzenia wykonane w późniejszym wieku modrzewia nie pozwolą osiągnąć takich drzewostanów, o ile nie zostanie znacznie podniesiony wiek rębności modrzewia. Z kolei podniesienie wieku rębności tego gatunku nie jest racjonalne z wielu względów. Następuje bowiem zmniejszenie przyrostu miąższości, gdyż drzewostany takie, zwłaszcza na żyznych siedliskach, już dawno przekroczyły wiek kulminacji przeciętnego przyrostu (Bachmann 1999). Mogą również nastąpić straty wartości drewna ze względu na murz w części odziomkowej drzew, ponieważ u modrzewi wraz z wiekiem wzrasta udział drzew porażonych przez patogeny korzeniowe (Schober 1949). Ponadto obecnie maleje zainteresowanie przemysłu drzewnego grubowymiarowym drewnem iglastym ze względu na niedostosowanie nowoczesnych technologii do przerobu drewna o grubości przekraczającej 40 cm.

Im większy był udział buka w drzewostanie, tym mniejsza była zasobność drzewostanu modrzewiowego i mniejsza ogólna zasobność drzewostanu. Nie stwierdzono przy tym wyraźnych różnic między drzewostanami z bukiem odnowionym jednocześnie z modrzewiem a drzewostanami z udziałem buka w wieku młodszym od modrzewia (danych nie załączono). Zatem nadmierna redukcja modrzewia nie jest pożądana, gdyż wzrost udziału buka nie rekompensuje zmniejszenia zapasu górnego piętra. Korzystniejsza relacja udziału buka do ogólnej miąższości drzewostanu w drzewostanach starszych w porównaniu z młodszymi wynika z faktu, że buk osiąga w nich fazę intensywnego przyrostu miąższości. Gatunek ten bowiem charakteryzuje się późną kulminacją bieżącego i przeciętnego przyrostu miąższości, która według Assmanna (1968) przypada odpowiednio w wieku 60 i powyżej 140 lat, a według Burschela i Hussa (2003) w wieku 75 i ponad 150 lat.

Jak wynika z przedstawionych danych (tab. 2 i 3), w drzewostanach modrzewiowych o zadrzewieniu zbliżonym do pełnego dodatkowa produkcja buka potencjalnie może stanowić około 20–30% miąższości modrzewia. Wartość ta jednak może okazać się przeszacowana ze

względu na błąd w określeniu rzeczywistego stopnia zadrzewienia drzewostanów modrzewiowych z powodu niedostosowania do naszych warunków tablic zasobności modrzewia według Schobera, przyjętych przez Szymkiewicza (1961). Wiele bowiem badanych drzewostanów wykazywało większą przeciętną wysokość i większą zasobność od danych tablicowych dla drzewostanów I klasy bonitacji. Podobnie, z opracowania Chylareckiego (2000) wynika, że na obszarze Polski modrzew osiąga na ogół wysokości znacznie przekraczające I klasę bonitacji.

Dla porównania warto zwrócić uwagę na produktywność drzewostanów bukowo-sosnowych, które są modelowym przykładem drzewostanów o budowie dwupiętrowej. Cytowane przez Assmanna (1968) wyniki badań Ertelda (1953) wskazują, że drzewostany bukowo-sosnowe cechowały się zwiększoną produkcją suchej masy drewna w porównaniu z litymi drzewostanami sosnowymi rzędu 4–24% w jednym i 45–50% w innym doświadczeniu. W Polsce badania nad produktywnością drzewostanów bukowo-sosnowych (Bernadzki i Mierzejewski 1979; Magnuski 1982; Bernadzki i Andrzejczyk 1983; Bernadzki i Żybura 1990) wykazały, że na żyznych siedliskach (LMśw, Lśw) można liczyć na dodatkową produkcję piętra dolnego, wynoszącą nawet do 30% zasobności drzewostanu sosnowego, przy jego pełnym zadrzewieniu, pod warunkiem stosunkowo wczesnego wprowadzenia buka pod okap sosny (w drzewostanach drugiej klasy wieku). Z przytoczonych przez Assmanna (1968) badań wynika, że straty przyrostowe powstałe na skutek silnego przeredzenia sosny nie zostały skompensowane przez zwiększoną produkcję piętra dolnego. Także w niniejszych badaniach wykazano, że w przypadku silnego przeredzenia drzewostanów modrzewiowych należy się liczyć ze stratami przyrostowymi, których nie rekompensuje przyrost dolnego piętra bukowego. Z produkcyjnego punktu widzenia nie wskazane są zbyt silne trzebieże w drzewostanie modrzewiowym mające na celu promowanie dolnego piętra. Dolne piętro spełni natomiast pozytywną rolę produkcyjną w drzewostanach lukowatych, nadmiernie przeredzonych z przyczyn losowych. Należy także pamiętać o korzystnym oddziaływaniu dolnego piętra na jakość drzewostanu głównego dzięki stymulowaniu procesu oczyszczania drzew. Zaletą domieszki buka w drzewostanach modrzewiowych, podobnie jak w innych drzewostanach iglastych, jest jego rola pielęgnacyjna w odniesieniu do siedliska i poprawy zasobności gleby (Chodzicki 1934; Bielak 1976).

5. Wnioski

Przedstawione wyniki pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Buk w drzewostanach modrzewiowych, w I i II piętrze drzewostanu, odnawiany równocześnie z modrzewiem lub w późniejszym terminie osiąga wysoką bonitację wzrostową (z reguły I klasę), co świadczy o korzystnych warunkach wzrostu, jakie stwarza osłona modrzewia.

2. W celu uzyskania dwupiętrowej budowy drzewostanu bukowo-modrzewiowego i osiągnięcia dodatkowej produkcji dolnego piętra bukowego w formie średniowymiarowych sortymentów, buk powinien być odnowiony w pierwszej połowie długości cyklu produkcyjnego modrzewia (w wieku do 50 lat).

3. W drzewostanach modrzewiowych o pełnym zadrzewieniu można liczyć na dodatkową produkcję buka w wysokości ok. 20–30% miąższości piętra głównego.

4. Silne trzebieże w drzewostanie modrzewiowym nakierowane na promowanie buka nie są wskazane ze względów produkcyjnych, gdyż prowadzą do zmniejszenia ogólnego zapasu drzewostanu; dodatkowa produkcja buka nie rekompensuje strat powstałych z powodu redukcji zapasu modrzewia.

5. Możliwe są dwie drogi tworzenia mieszanych drzewostanów bukowo-modrzewiowych: poprzez jednoczesne sadzenie obu gatunków, jak i poprzez wprowadzanie buka pod okapem drzewostanu; ze względów ekonomicznych należy preferować pierwsze rozwiązanie.

Literatura

- Andrzejczyk T., Bellon S., Żybura H. 1996. O kształtowaniu drzewostanów z udziałem modrzewia. *Las Polski*, 23/24: 4–5.
- Andrzejczyk T., Bellon S., Żybura H. 1997. Zasady tworzenia dolnych warstw z gatunków drzew cienioznośnych pod okapem modrzewia. *Las Polski*, 1: 4–5.
- Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. Warszawa, PWRiL.
- Bachmann P. 1999. Waldwachstum I/II. Zürich, Skript der ETH.
- Bellon S. 1972. Hodowla drzewostanów dwupiętrowych z udziałem modrzewia i gatunków cienioznośnych. *Zeszyty Naukowe SGGW – Leśnictwo*, 17: 171–189.
- Bellon S., Andrzejczyk T. 2000. Modrzew w realizacji proekologicznego leśnictwa. *Leśny Bank Genów Kostrzyca*, 21, 1: 12–23.
- Bellon S., Jagiełło J., 1961. O wprowadzaniu jodły, dębu, świerka i lipy pod okap drzewostanu modrzewiowego. *Folia Forestalia Polonica, Ser. A*, 6: 199–235.

- Bellon S., Żybura H., Andrzejczyk T. 1983a. Wpływ przerzedzenia na wzrost i strukturę drzewostanu modrzewiowego. *Sylwan*, 127(6): 11–20.
- Bellon S., Żybura H., Andrzejczyk T. 1983b. Wzrost i rozwój odnowień jodły, buka, dębu i lipy pod okapem drzewostanu modrzewiowego o różnym stopniu przerzedzenia. *Sylwan*, 127(9/10): 29–40.
- Bernadzki E., Andrzejczyk T. 1983. Wzrost i zasobność dwupiętrowych drzewostanów bukowo-sosnowych w lasach taborskich. *Sylwan*, 127(1): 1–11.
- Bernadzki E., Mierzejewski W. 1979. Badania nad powstawaniem dwupiętrowych drzewostanów bukowo-sosnowych. *Sylwan*, 123(3): 11–22.
- Bernadzki E., Żybura H., 1990. Wpływ drzewostanu sosnowego na tempo wzrostu wysokości buka w dolnym piętrze. *Sylwan*, 134(2):1–6.
- Bielak Z., 1976. Buk w Nadleśnictwie Głogów. *Sylwan*, 120(6): 51–54.
- Bolibok L., 2010. Zastosowanie zdjęć hemisferycznych do opisu struktury warstwy koron i modelowania warunków świetlnych pod okapem drzewostanów. *Leśne Prace Badawcze*, 71(2): 175–188.
- Burschel P., Huss J. 2003. Grundriss des Waldbaus, 3. Stuttgart, Eugen Ulmer. ISBN 3-8001-4570-7
- Chodzicki E. 1934. Domieszka buka w sośninach jako czynnik edaficzny na piaszczystych popiołozemiach i burozemiach dyluwialnych. Warszawa, Kasa im. Mianowskiego.
- Chylarecki H., 2000. Modrzewie w Polsce. Poznań, Bogucki Wydawnictwo Naukowe. ISBN 83-88163-21-3.
- Czuraj M., Radwański B., Strzemeski S. 1960. Tablice miąższości drzew stojących. Warszawa, PWRiL.
- Kerr G., Nixon C.J., Matthews R.W. 1992. Silviculture and yield of mixed-species stands: the UK experience. w: Cannell M.G.R., Malcolm D.C., Robertson P.A. (editors). *The Ecology of Mixed-Species Stands of Trees*. London, Blackwell: 35–52.
- Kurth A. 1946. Untersuchungen über Aufbau und Qualität von Buchendickungen. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen*, 24, 2: 581–658.
- Liziniewicz M. 2009. The development of beech in monoculture and mixtures. Master thesis no. 132 in Forest Management SLU/Southern Swedish Forest Research Centre, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.
- Magnuski 1982. Produkcyjność drzewostanów sosnowych litych i sosnowych mieszanych z piętrem dolnym. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 140: 91–98.
- Messier C., Doucet R., Ruel J.-C., Claveau Y., Kelly C., Lechowicz M.J. 1999. Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 812–823.
- Schober R. 1949. Die Lärche. Hannover, Schaper.
- Sonohat G., Balandier P., Ruchaud F., 2004. Predicting solar radiation transmittance in the understory of even-aged coniferous stands in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 61: 629–641.
- Szymkiewicz B., 1961. Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów. Warszawa, PWRiL.
- Timofeev B. 1977. Lesnye kul'tury listviennicy. Moskva, Lesnaja Promyšlennost'.
- Timofejew W. 1960. Struktura najbardziej wydajnych drzewostanów modrzewiowych. *Sylwan*, 104(11): 13–27.
- Tyszkiewicz S., Obmiński Z. 1963. Hodowla i uprawa lasu. Warszawa, PWRiL.
- Zasady hodowli lasu, 1988. Warszawa, PWRiL.
- Zasady hodowli lasu. 2003. Warszawa, Generalna Dyrekcja Lasów Państwowych.