

TADEUSZ ANDRZEJCZYK, BOGDAN BRZEZIECKI

Wpływ grabu (*Carpinus betulus* L.) na wzrost i przeżywalność dębu (*Quercus robur* L.) w fazie młodnika

Effect of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) on growth and survival of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) during the thicket stage

ABSTRACT

Andrzejczyk T., Brzeziecki B. 2018. Wpływ grabu (*Carpinus betulus* L.) na wzrost i przeżywalność dębu (*Quercus robur* L.) w fazie młodnika. Sylwan 162 (12): 989-997.

Growth and mortality of oak (*Quercus robur* L.) in young mixed stands with various admixture of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in the period of 9-13 years after planting were examined. The trial stand is located in central Poland (51.827023° N, 19.922315° E). It was established in 2004 on a moderately fertile site. Four experimental variants with different participation of oak (O) and hornbeam (H) were established: W1 – an oak monoculture (control variant, 100% O), W2 – a mixed stand consisting of two rows of oak and one row of hornbeam (67% O, 33% H), W3 – a mixed stand consisting of one row of oak and one row of hornbeam (50% O, 50% H), W4 – a mixed stand characterized by a single tree mixture, with three oaks and one hornbeam alternately occurring in each row (75% O, 25% H). During the first two years of the study period the height increments of oak trees were significantly larger in the study variants with hornbeam (the biggest in W3 variant), while during the next two years, the largest values of height increments occurred in the control variant (W1). Through the second part of the study period, the most pronounced, negative effect of hornbeam on the dbh increment of oak trees took place in the W3 variant. During the first nine years after planting the survival rate of oak trees in the variants with hornbeam were similar (82-94%) as in the control variant (85%). However, during the next four years, three times more oaks died in W3 variant (16,5%) than in other variants (5-7%). In general, the results obtained suggest that in order to create mixed oak stands with hornbeam as a nursery species, the share of hornbeam should not exceed 20-25% of all planted trees. The above value appears to be acceptable from the point of view of the negative competitive effects of hornbeam on oak trees during the initial stages of stand development.

KEY WORDS

artificial regeneration, *Carpinus*, interspecific competition, mixing form, mixed-stand, *Quercus*, silviculture

ADDRESSES

Tadeusz Andrzejczyk – e-mail: tadeusz.andrzejczyk@wl.sggw.pl

Bogdan Brzeziecki – e-mail: bbrzeziecki@wl.sggw.pl

Katedra Hodowli Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Wstęp

Podstawowym warunkiem uzyskania wysokiej jakości drzewostanów dębowych jest obecność gatunku pielęgnacyjnego w dolnej warstwie drzewostanu. Jego zadaniem jest osłona pni dębu i niedopuszczanie do powstawania pędów epikormicznych, rozwijających się z pączków śpiących

występujących w korze pni i grubych gałęzi [Fontaine i in. 1999, 2001; Colin i in. 2010; Morisset i in. 2011, 2012; Meier i in. 2012]. Oba gatunki dębów występujące w naszym kraju, tj. dąb szypułkowy i dąb bezszypułkowy, charakteryzują się silną tendencją do wytwarzania takich pędów [Tyszkiewicz, Obmiński 1963; Evans 1982; Spiecker 1991; Jensen 2000]. Pędy te, po przekształceniu w gałęzie, w znaczącym stopniu obniżają wartość surowca drzewnego [Meadows, Burkhardt 2001; Fontaine i in. 2004].

Spośród kilku gatunków, które mogą pełnić rolę pielęgnacyjną w drzewostanach dębowych, na szczególną uwagę zasługuje grab pospolity [Fricke 1986; Hochbichler 1993; Leder 1996; von Lüpke 1998; Jaworski 2011]. Zaletami grabu są m.in. duża cienioznośność, zdolność do regeneracji pędu po przycięciu oraz gęsta i plastyczna korona dobrze osłaniająca dno lasu i pnie dębu. W polskich lasach grab pospolity występuje powszechnie na żyznych siedliskach, zarówno w naturalnych zbiorowiskach grądowych, jak i w lasach o przekształconym składzie gatunkowym [Faliński, Pawlaczyk 1993; Matuszkiewicz 2001], wykazując przy tym silną tendencję do poszerzania areалу występowania na siedliska o średniej, a nawet niskiej żyzności [Bernadzki i in. 1998; Brzeziecki i in. 2012, 2016; Drozdowski i in. 2012].

Jednym z rozwiązań mających na celu kształtowanie mieszanych drzewostanów grabowo-dębowych, zwłaszcza w ramach przebudowy drzewostanów sosnowych, jest jednoczesne odnowienie obu tych gatunków na uprawie [Dieckert i in. 1982; Andrzejczyk 2007]. Takie postępowanie może być jednak obciążone istotnym ryzykiem hodowlanym, ze względu na znaczną siłę konkurencyjną grabu w młodym wieku, wynikającą z szybszego, w porównaniu z dębem, wzrostu na wysokość [Fricke 1986]. Grab pospolity zyskuje bowiem z reguły przewagę wysokości nad dębem już w uprawie i powiększa ją jeszcze w fazie młodnika [Andrzejczyk i in. 2014].

Ekologiczne i hodowlane znaczenie konkurencyjnego oddziaływania domieszki grabu w młodych drzewostanach dębowych powstałych z jednoczesnego odnowienia obu tych gatunków jest w znaczący sposób związane z ich udziałem ilościowym oraz sposobem rozmieszczenia na odnawianej powierzchni. Forma zmieszania ma istotny wpływ na interakcje między gatunkami, w tym na przebieg procesów wzrostowych i nasilenie konkurencji [Dieckmann i in. 2000; Andrzejczyk 2008; Mokany i in. 2008; Andrzejczyk, Głodowski 2010; Ngo Bieng i in. 2013]. Planując zatem jednoczesne odnowienie dębu i grabu, należy poszukiwać takich rozwiązań, które pozwolą z jednej strony zminimalizować negatywne skutki konkurencji grabu, a z drugiej strony zapewnić w przyszłości jego korzystne oddziaływanie pielęgnacyjne wobec całej populacji dębu w drzewostanie. Zacienienie dna lasu i osłona pni dębów powinny mieć miejsce zwłaszcza od fazy drągowiny, kiedy to nasila się tendencja do wzmożonego rozwoju pędów epikormicznych [Spiecker 1991; Schütz 2001].

Celem pracy było określenie wpływu grabu występującego w różnym udziale ilościowym na wzrost i przyrost wysokości i pierśnicy dębu w pierwszych latach młodnika – między 9 a 13 rokiem od momentu założeniu drzewostanu.

Materiał i metody

Powierzchnia doświadczalna położona jest w leśnictwie Strzelna (oddz. 148a), wchodzącym w skład Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW w Rogowie. Według regionalizacji przyrodniczo-leśnej teren badań znajduje się w północnej części krainy Małopolskiej, w mezoregionie Sieradzko-Łódzkim (VI.1) [Zielony, Kliczkowska 2012].

Powierzchnia doświadczalna została założona na siedlisku lasu świeżego wiosną 2004 roku na powierzchni otwartej jako uprawa dębowa z udziałem grabu w czterech wariantach zmieszania: W1 – wariant kontrolny (100% dąb); W2 – zmieszanie rzędowe, dwa rzędy dębu i jeden rząd

grabu (66% dąb, 33% grab); W3 – zmieszanie rzędowe, jeden rząd dębu i jeden rząd grabu (50% dąb, 50% grab); W4 – zmieszanie jednostkowe, na przemian 3 dęby i 1 grab w rzędzie (75% dąb, 25% grab). Każdy wariant został powtórzony trzykrotnie w układzie bloków losowanych na działkach o wymiarach 20×30 m. Do założenia uprawy wykorzystano 3-letnie sadzonki dębu (o symbolu produkcyjnym 3/0) i 2-letnie sadzonki grabu (2/0). Szczegółowy opis powierzchni doświadczalnej zawarty jest w pracy Andrzejczyka i in. [2014].

Niniejsza praca zawiera wyniki uzyskane na podstawie trzykrotnych pomiarów wysokości i pierśnicy dębu i grabu wykonywanych co 2 lata po zakończeniu sezonu wegetacyjnego (odpowiednio w latach 2012, 2014 i 2016). W okresie badań dąb był w wieku 13-17 lat, a grab w wieku 12-16 lat. W trakcie pomiarów rejestrowano drzewa martwe. Na podstawie wykonanych pomiarów obliczono średni przyrost wysokości i średni przyrost pierśnicy dębu w okresach dwuletnich oraz udział wypadów w całym okresie badań. Do oceny istotności różnic między średnimi wartościami analizowanych cech w poszczególnych wariantach doświadczenia zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji oraz test NIR Fishera przy poziomie istotności 0,05, wykorzystując program statystyczny Statistica 13.1.

Wyniki

PRZEŻYwalność dębu. W pierwszych 9 latach od momentu odnowienia (tj. do 2012 roku) przeżywalność dębu zarówno w wariantcie kontrolnym bez grabu (W1), jak i w wariantach z rzędowym zmieszaniem grabu (W2 i W3) kształtowała się na podobnym poziomie (82-88%). Największa wartość tego parametru (94%) wystąpiła w wariantcie W4 (tab. 1). Natomiast w kolejnym 4-letnim okresie (lata 2013-2016) zaznaczył się wyraźny spadek przeżywalności dębu w wariantcie W3 (50% grabu) – ubyło 16,5% dębów. W pozostałych wariantach udział wypadów był trzykrotnie mniejszy (tab. 1). Dla porównania – przeżywalność grabu do 2012 roku była o 5-10% większa niż dębu, a udział wypadów w kolejnych 4 latach nie przekraczał 5% populacji tego gatunku (tab. 1).

WYSOKOŚĆ I PRZYROST WYSOKOŚCI. W pierwszym terminie pomiarowym (w 2012 roku), który przypadł na początek fazy młodnika, średnia wysokość dębu we wszystkich wariantach doświadczenia była podobna (370-390 cm) i nie różniła się istotnie statystycznie (tab. 2). Po upływie dwóch lat, w 2014 roku, średnia wysokość dębu w wariantcie kontrolnym (bez grabu, W1) była istotnie mniejsza w porównaniu z wariantami z udziałem grabu (tab. 2). Po kolejnych dwóch latach (w 2016 roku) średnia wysokość dębu we wszystkich wariantach doświadczenia ponownie była jednorodna pod względem statystycznym (tab. 2).

Średni przyrost wysokości dębu w pierwszym okresie dwuletnim (lata 2013-2014) we wszystkich wariantach doświadczenia z udziałem grabu osiągnął istotnie większe wartości niż z wariant-

Tabela 1.

Przeżywalność w 2012 roku (SR [%]) i udział wypadów w latach 2013-2016 (UW [%]) dębu (Db) i grabu (Gb) w wariantach doświadczenia
Survival rate in 2012 (SR [%]) and fraction of losses in period 2013-2016 (UW [%]) for oak (Db) and hornbeam (Gb) by experimental variants

	SR-Db	SR-Gb	UW-Db	UW-Gb
W1	85	–	4,9	–
W2	82	93	5,8	1,7
W3	88	92	16,5	3,0
W4	94	99	6,7	5,0

cie kontrolnym (ryc. 1; tab. 2). Spośród wariantów z grabem największy przyrost wysokości uzyskał dąb w wariacie W3, gdzie jego wartość była istotnie większa niż we wszystkich pozostałych wariantach. W ciągu następnych dwóch lat nastąpiła radykalna zmiana. W latach 2015-2016 największy przyrost wysokości miał miejsce w wariacie kontrolnym W1 (bez grabu), a najmniejszy w wariacie W3. Różnice między średnimi wartościami przyrostu wysokości dla wariantów były istotne statystycznie ($p=0,0053$), a test NIR Fishera pozwolił wyróżnić trzy jednorodne grupy wariantów pod względem analizowanej cechy: 1) W1 i W4, 2) W4 i W2, 3) W2 i W3 (ryc. 1; tab. 2). Analizując średni przyrost wysokości w całym czteroletnim okresie badań, nie stwierdzono natomiast istotnych różnic statystycznych między wariantami doświadczalnymi ($p=0,3398$; tab. 2).

Tabela 2.

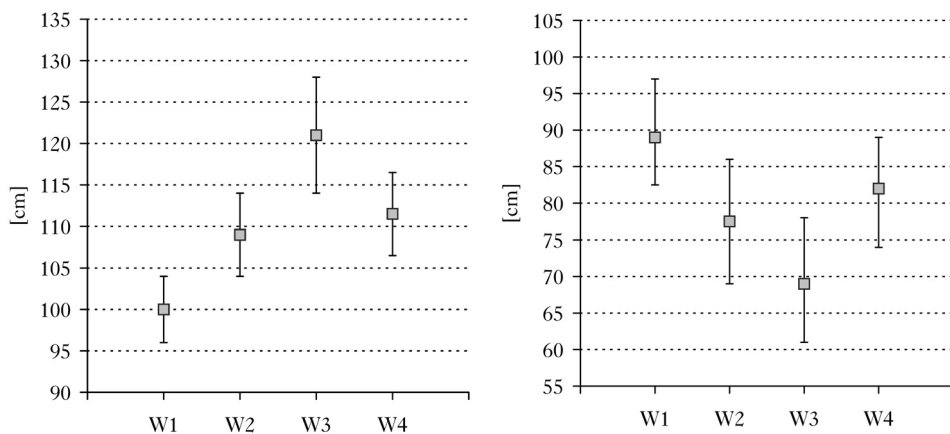
Średnia wysokość (H [cm]) i pierśnica (D [mm]) oraz średni przyrost wysokości (Zh [cm]) i pierśnicy (Zd [mm]) dębu w wariantach doświadczenia w latach 2013-2016

Mean height (H [cm]) and diameter (D [mm]) as well as mean height (Zh [cm]) or diameter (Zd [mm]) increment of oak in 2013-2016 by experimental variants

		W1	W2	W3	W4	p
H	2012	370,3	389,7	380,1	383,2	0,0576
	2014	467,2a	502,9b	497,8b	498,2b	<0,0001
	2016	584,9	582,6	603,7	595,2	0,4531
Zh	2013-2014	100,0a	109,4b	120,7c	111,5b	<0,0001
	2015-2016	89,5c	77,3ab	69,6a	81,7bc	0,0053
	2013-2016	197,4	187,5	200,9	194,8	0,3398
D	2012	29,2	29,1	29,0	27,4	0,2976
	2014	36,2	36,5	36,0	35,8	0,9541
	2016	43,2	42,8	43,5	42,1	0,7958
Zd	2013-2014	7,3a	7,0a	6,9a	8,0b	0,0051
	2015-2016	5,6b	5,2ab	4,5a	5,7b	0,0065
	2013-2016	13,1ab	12,4a	12,2a	13,9b	0,0339

ta sama litera oznacza brak istotnych różnic między wariantami w danym roku

the same letter indicates lack of significant differences among the variants in the given year



Ryc. 1.

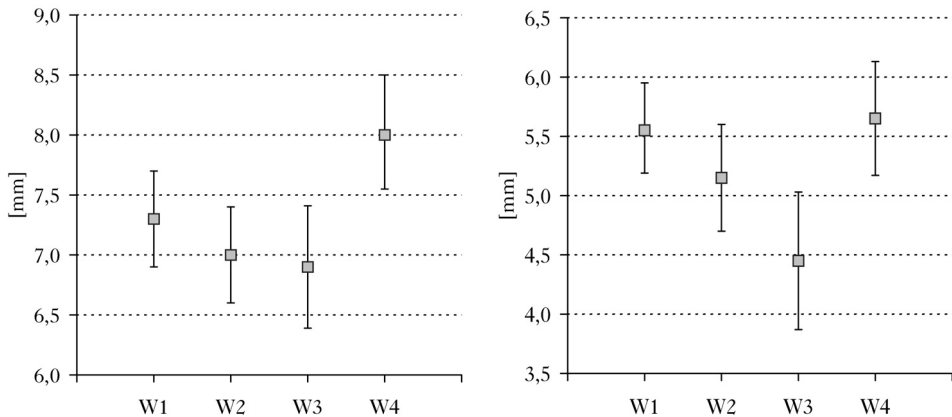
Średnia (kwadrat) $\pm 95\%$ przedział ufności (wąsy) wartość przyrostu wysokości dębu w latach 2013-2014 (lewo) i 2015-2016 (pravo) w wariantach doświadczalnych

Mean (square) $\pm 95\%$ confidence interval (whiskers) of height increment of oak in 2013-2014 (left) and 2015-2016 (right) in four experimental variants

PIERŚNICA I PRZYROST PIERŚNICY. Średnie pierśnice dębu w poszczególnych wariantach doświadczenia w kolejnych latach badań nie różniły się istotnie między sobą (tab. 2). Natomiast średni przyrost pierśnicy, zarówno w kolejnych okresach dwuletnich, jak i w całym czteroletnim okresie badań różnił się istotnie między wariantami doświadczenia (tab. 2). W pierwszych dwóch latach (2013-2014) znacząco większym przyrostem pierśnicy wyróżniał się dąb w wariacie W4. Z kolei w następnym dwóch latach (2015-2016) najmniejszy przyrost pierśnicy miał miejsce w wariacie W3. Średnia wartość przyrostu pierśnicy w tym wariacie istotnie różniła się od średnich w wariantach W1 i W4 (ryc. 2; tab. 2). Natomiast analizując przyrost pierśnicy dębu w całym okresie czteroletnim, nie stwierdzono tak wyraźnych różnic między wariantami, jak w przypadku przyrostu w latach 2015-2016. Okazało się bowiem, że wariant kontrolny i warianty W2 i W3 stanowią pod względem rozpatrywanej cechy jednorodną grupę statystyczną (tab. 2). W analogicznych latach grab miał przewagę nad dębem pod względem średniej wysokości i średniej pierśnicy, odpowiednio o około 100-120 cm i o 6-11 mm (tab. 3).

Dyskusja

Z badań przeprowadzonych wcześniej na analizowanej powierzchni doświadczalnej, obejmujących okres pierwszych ośmiu lat od momentu odnowienia, wynikało, że w fazie uprawy grab, niezależnie od udziału w składzie drzewostanu, mimo znacznej przewagi wysokościowej nie miał negatywnego wpływu na przyrost wysokości dębu [Andrzejczyk i in. 2014]. Podobny wynik uzyskano także po dwóch kolejnych latach doświadczenia, nie stwierdzając istotnych różnic



Ryc. 2.

Średnia (kwadrat) $\pm 95\%$ przedział ufności (wąsy) wartość przyrostu grubości dębu w latach 2013-2014 (lewo) i 2015-2016 (prawo) w wariantach doświadczalnych
 Mean (square) $\pm 95\%$ confidence interval (whiskers) of diameter increment of oak in 2013-2014 (left) and 2015-2016 (right) in four experimental variants

Tabela 3.

Średnia wysokość (H [cm]) i pierśnica (D [mm]) grabu w wariantach doświadczenia w latach 2012-2016
 Mean height (H [cm]) and dbh (D [mm]) of hornbeam in 2012-2016 by experimental variants

	H2012	H2014	H2016	D2012	D2014	D2016
W2	484,0	587,4	669,4	34,4	42,8	48,0
W3	505,7	634,2	730,8	33,8	43,4	50,2
W4	477,5	588,5	676,4	34,6	46,2	53,3

między średnimi wysokościami i średnimi pierśnicami dębu w poszczególnych wariantach eksperymentalnych. Natomiast w ciągu następnych 4 lat nastąpiły istotne różnice pomiędzy wariantami doświadczenia pod względem średniego przyrostu wysokości i pierśnicy dębu. W tym okresie drzewostan wszedł już w początek fazy młodnika, w której stale wzrasta zwarcie koron i nasila się konkurencja między drzewami o światło i przestrzeń potrzebną do wzrostu [Szymański 1980]. W tych warunkach dominujący pod względem wysokości grab zaczyna wywierać coraz bardziej istotny wpływ na wzrost i przeżywalność dębu.

Cykl pomiarów pozwolił na uchwycenie specyfiki reakcji przyrostowej dębu na zróżnicowany udział grabu w poszczególnych wariantach doświadczenia. W pierwszym dwuletnim okresie przyrost wysokości dębu był istotnie pozytywnie skorelowany z udziałem grabu. Największa jego wartość wystąpiła bowiem w wariantcie W3 (udział grabu 50%), a najmniejsza w wariantcie kontrolnym W1, bez grabu. Natomiast w kolejnych dwóch latach sytuacja zmieniła się diametralnie – w wariantach z większym udziałem grabu przyrost wysokości dębu był istotnie mniejszy. Największa wartość tego przyrostu wystąpiła w wariantach W1 (bez grabu) i W4 (25% udział grabu), a najmniejsza – w wariantach W3 (udział grabu 50%) i W2 (udział grabu 33%).

Wyniki uzyskane w pierwszych dwóch latach dają się wyjaśnić mechanizmem alokacji asymilatów w warunkach silnej konkurencji o światło. Następuje wówczas duża mobilizacja drzew do wzrostu na wysokość w celu utrzymania lub poprawy pozycji biosocjalnej w zespole [Waring, Schlesinger 1985]. Zwiększenie przyrostu dębu na wysokość w pierwszych latach uprawy w warunkach konkurencji międzygatunkowej w porównaniu z wariantem kontrolnym wykazały badania Jensena i in. [2012]. Podobne zwiększenie przyrostu wysokości może powodować również silna konkurencja wewnątrzgatunkowa spowodowana bardzo gęstą więźbą sadzenia, przy czym zjawisko to zachodzi tylko we wczesnych fazach rozwoju drzewostanu [Riley, Nixon 1993; Schmaltz i in. 1997; Uhl i in. 2015].

Wyniki niniejszych badań wskazują jednak, że zwiększenie przyrostu dębu na wysokość spowodowane silną konkurencją międzygatunkową jest możliwe tylko w stosunkowo krótkim okresie (2-3 lata), po czym następuje jego istotne zmniejszenie. W drugiej połowie analizowanego okresu zaznaczył się także bardzo wyraźnie wpływ większego udziału grabu na obniżenie przyrostu pierśnicy dębu.

Silne zahamowanie przyrostu dębu na wysokość i grubość w młodych stadiach rozwojowych drzewostanu z powodu konkurencji międzygatunkowej stwierdzono w wielu badaniach, które w większości dotyczyły wpływu brzozy brodawkowatej na wzrost i jakość dębu [von Lüpke 1991; Wagner, Röker 2000; Rock i in. 2004; Andrzejczyk 2008; Petersen i in. 2009; Liziniewicz i in. 2016; Milewski, Andrzejczyk 2017]. Według Sahy i in. [2014] negatywne oddziaływanie gatunków średnio- i późnosukcesyjnych (takich jak grab, lipa i jawor) na dąb jest jeszcze silniejsze niż gatunków wczesnosukcesyjnych. Podobne wnioski wynikają także z innych badań [Leder 1996; von Lüpke 1998; Ammer i in. 2005].

W kontekście okresowych zmian tempa przyrostu dębu na wysokość warto zwrócić uwagę na duże znaczenie częstotliwości pomiarów dla poznania natury tego zjawiska. Gdyby w niniejszych badaniach pomiary były wykonywane w dłuższych okresach (np. co 4 lata), wówczas nie wykazano by istotnych różnic statystycznych pomiędzy poszczególnymi wariantami doświadczenia. To dowodzi, że zwłaszcza w drzewostanach mieszanych procesy wzrostowo-rozwojowe mają bardzo intensywny przebieg. Szczególnie w tak dynamicznej fazie rozwojowej drzewostanu, jaką jest młodnik, w krótkim czasie może dojść do zmian o charakterze nie tylko ilościowym, ale i jakościowym. Ich dokładne poznanie wymaga zatem systematycznych i możliwie częstych pomiarów.

W prezentowanych badaniach negatywny wpływ grabu na wzrost i przeżywalność dębu w fazie młodnika był ściśle związany z jego udziałem w drzewostanie. Wpływ ten najsilniej zaznaczył się przy udziale grabu wynoszącym 50% (wariant W3), w mniejszym stopniu przy udziale 33% (wariant W2), a przy udziale grabu równym 25% (wariant W4) wzrost dębu nie różnił się istotnie od wzrostu w wariantcie kontrolnym W1 bez udziału grabu. Ponadto w czteroletnim okresie badań w wariantcie W3 wydzieliło się około trzykrotnie więcej dębów niż w innych wariantach doświadczenia.

Wyniki uzyskane w opisanych badaniach sugerują, że optymalny udział grabu w uprawach dębowych, w których ma on w przyszłości pełnić rolę gatunku pielęgnacyjnego, powinien wynosić około 20-25% przy wprowadzaniu tego gatunku w formie jednostkowej (co 4 lub 5 drzewo w rzędzie) lub w formie rzędowej (co 4 lub 5 rząd). Obie te formy zmieszania pozwalają na równomierne rozmieszczenie osobników grabu i wytworzenie dolnej warstwy drzewostanu. Przy takim udziale grabu w młodych fazach rozwojowych drzewostanu (uprawa, młodnik) w analizowanym doświadczeniu nie zaznaczyło się ani znaczące osłabienie wzrostu dębu, ani też zwiększenie jego wydzielania. Jednak w celu ograniczenia konkurencji grabu w przyszłości i obniżenia jego wysokości, tak by docelowo tworzył on dolną warstwę w drzewostanie, konieczne jest ogławianie i usuwanie najsilniejszych drzew tego gatunku w ramach czyszczeń późnych i trzebieży wczesnych. Szczególnie zalecane jest ogławianie – ze względu na dużą zdolność grabu do regeneracji po tym zabiegu i możliwość utrzymania się w niższej warstwie drzewostanu [Fricke 1986]. Wydaje się, że proponowany udział grabu, mimo konieczności redukcji części najsilniejszych drzew, pozwoli utworzyć zwarte dolne piętro drzewostanu, zapewniające dębom wystarczającą osłonę pni.

Wnioski

- ✦ Mimo szybszego (w porównaniu z dębem) wzrostu grabu na wysokość w całym okresie życia uprawy, negatywny wpływ tego ostatniego gatunku na wzrost i przeżywalność dębu zaznaczył się w istotny sposób dopiero w pierwszej połowie fazy młodnika.
- ✦ Negatywny wpływ grabu na przyrost wysokości i pierśnicy oraz przeżywalność dębu był tym większy, im większy był jego udział w drzewostanie. Wpływ ten najsilniej zaznaczył się przy udziale grabu równym 50% (wariant W3), słabiej przy udziale 33% (wariant W2), natomiast przy udziale grabu wynoszącym 25% (wariant W4) nie stwierdzono istotnych różnic w porównaniu z wariantem kontrolnym (bez grabu).
- ✦ Stres spowodowany pogorszeniem się warunków świetlnych i ograniczeniem przestrzeni wzrostu w wyniku nasilającej się konkurencji z grabem spowodował okresową (dwuletnią) reakcję dębów w postaci zwiększonego przyrostu na wysokość. Reakcja ta miała jednak tylko przejściowy charakter i nie pozwoliła na istotną zmianę konkurencyjnych stosunków między tymi dwoma gatunkami.
- ✦ Z hodowlanego punktu widzenia optymalny udział grabu w uprawie dębowej powinien wynosić około 20-25%. Przy wprowadzaniu grabu do uprawy dębowej można wykorzystywać zarówno jednostkowe, jak i rzędowe zmieszanie drzew obu gatunków. Domieszka grabu w uprawie dębowej w ilości 20-25% jest wystarczająca, aby docelowo utworzyć dolne piętro pełniące funkcje osłaniająco-pielęgnacyjne względem dębu, nie stwarzając przy tym zagrożenia dla wzrostu dębu w początkowych fazach rozwojowych (uprawa, młodnik). Aby ograniczyć negatywny wpływ grabu na dąb i nie dopuścić do zdominowania dębu przez szybciej rosnący grab, należy terminowo wykonywać zabiegi pielęgnacyjne i eliminować lub ograniczać wzrost najbardziej dynamicznych osobników grabu poprzez ich całkowite wycięcie lub ogławianie.

Literatura

- Ammer C., Ziegler C., Knoke T. 2005. Assessing intra- and interspecific competition in thickets of broadleaved tree species. *Allg Forst Jagdztg* 176: 85-94.
- Andrzejczyk T. 2007. Zakładanie drzewostanów dębowych z udziałem gatunków pielęgnacyjnych – zapomniane rozwiązania. W: Rutkowski P. [red.]. *Hodowla dębów w Polsce – wybrane zagadnienia. Idee ekologiczne*. T. 16. Sorus, Poznań. 43-64.
- Andrzejczyk T. 2008. Wpływ brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* L.) na wzrost i pokrój dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w uprawach na przykładzie Nadleśnictwa Krynki. *Leś. Pr. Bad.* 69 (3): 203-209.
- Andrzejczyk T., Dzwonkowski M., Pawłowski M., Działak R. 2014. Wpływ osłony bocznej drzewostanu na wzrost dębu bezszypułkowego (*Quercus petraea*) i grabu pospolitego (*Carpinus betulus*) w fazie uprawy. *Sylwan* 158 (10): 723-732.
- Andrzejczyk T., Głodowski Z. 2010. Wpływ gatunków domieszkowych na wzrost i pokrój dębu szypułkowego w uprawie założonej metodą Szymańskiego. *Leś. Pr. Bad.* 71 (4): 321-330.
- Bernadzki E., Bolibok L., Brzeziecki B., Zajączkowski J., Żybura H. 1998. Compositional dynamics of natural forests in the Białowieża National Park, north-eastern Poland. *Journal of Vegetation Science* 9: 229-238.
- Brzeziecki B., Keczynski A., Zajączkowski J., Drozdowski S., Gawron L., Buraczyk W., Bielak K., Szeligowski H., Dzwonkowski M. 2012. Zagrożone gatunki drzew Białowieżskiego Parku Narodowego (Rezerwat Ścisły). *Sylwan* 156 (4): 252-261.
- Brzeziecki B., Pommerening A., Miścicki S., Drozdowski S., Żybura H. 2016. A common lack of demographic equilibrium among tree species in Białowieża National Park (NE Poland): evidence from long-term plots. *Journal of Vegetation Science* 27: 460-469.
- Colin F., Mecherqui R., Dhôte J. F., Fontaine F. 2010. Epicormic ontogeny on *Quercus petraea* trunks and thinning effects quantified with the epicormic composition. *Ann. For. Sci.* 67: 813. <https://doi.org/10.1051/forest/2010049>
- Dieckert H., Gussone H. A., Hanstein U., Heiseke D., Plate G., Steinhoff P. 1982. Hinweise zur Bestandesbegründung von Stiel- und Traubeneiche. *Niedersächsische Landesforstverwaltung. Merkblatt* 14: 1-24.
- Dieckmann U., Law R., Metz J. A. J. 2000. *The geometry of ecological interactions: simplifying spatial complexity*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Drozdowski S., Brzeziecki B., Żybura H., Żybura B., Gawron L., Buraczyk W., Zajączkowski J., Bolibok L., Szeligowski H., Bielak K., Widawska Z. 2012. Wieloletnia dynamika starodrzewów w zagospodarowanej części Puszczy Białowieżskiej: gatunki ekspansywne i ustępujące. *Sylwan* 156 (9): 663-671.
- Evans J. 1982. Free growth and control of epicormics. W: Malcolm D. C., Evans J., Edwards P. N. [red.]. *Broadleaves in Britain*. Institute of Chartered Foresters, Edinburgh. 183-190.
- Faliński J. B., Pawlaczyk P. 1993. *Zarys ekologii*. W: Bugała W [red.]. *Grab zwyczajny – Carpinus betulus L. Nasze drzewa leśne*. T. 9. Sorus, Poznań – Kórnik. 157-263.
- Fontaine F., Colin F., Jarret P., Druelle J. L. 2001. Evolution of the epicormic potential on 17-year-old *Quercus petraea* trees: first results. *Ann For Sci* 58: 583-592.
- Fontaine F., Kiefer E., Clement C., Burrus M., Druelle J. L. 1999. Ontogeny of the proventitious epicormic buds in *Quercus petraea*. II. From 6 to 40 years of the tree's life. *Trees Struct Funct* 14: 83-90.
- Fontaine F., Mothe F., Colin F., Duplat P. 2004. Structural relationships between the epicormic formations on the trunk surface and defects induced in the wood of *Quercus petraea*. *Trees* 18: 295-306.
- Fricke O. 1986. Standortansprüche und waldbauliches Verhalten der Mischbaumarten zur Eiche. *Forst u. Holzwirt.* 41: 259-264.
- Hochbichler E. 1993. Methods of oak silviculture in Austria. *Ann. For. Sci.* 50: 583-591.
- Jaworski A. 2011. *Hodowla lasu*. T. III. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Jensen A. M., Löf M., Witzell J. 2012. Effects of competition and indirect facilitation by shrubs on *Quercus robur* saplings. *Plant Ecol* 213: 535-543. DOI: 10.1007/s11258-012-0019-3.
- Jensen J. S. 2000. Provenance variation in phenotypic traits in *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Danish provenance trials. *Scan J For Res* 15: 297-308.
- Leder B. 1996. Weichlaubhölzer in Eichen- und Buchen-Jungbeständen. *Forst u. Holzwirt.* 51: 340-344.
- Liziniwicz M., Andrzejczyk T., Drozdowski S. 2016. The effect of birch removal on growth and quality of pedunculate oak in a 21-year-old mixed stand established by row planting. *Forest Ecology and Management* 364: 16-172.
- Lockow K. W. 2006. *Erziehung und Pflege der Eichenbestände unter Berücksichtigung der baumartenspezifischen Besonderheiten*. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe. Bd. 25: 159-161.
- von Lüpke B. 1991. Einfluss der Konkurrenz von Weichlaubholz auf das Wachstum junger Traubeneichen. *Forst Holz* 46: 166-171.
- von Lüpke B. 1998. Silvicultural methods of oak regeneration with special respect to shade tolerant mixed species. *For Ecol Manag* 106: 19-26.

- Matuszkiewicz J. M. 2001. Zespoły leśne Polski. Wydawn. Nauk. PWN, Warszawa.
- Meadows J. S., Burkhardt E. C. 2001. Epicormic branches affect lumber grade and value in willow oak. *South. J. Appl. For.* 25: 136-141.
- Meier A. R., Saunders M. R., Michler C. H. 2012. Epicormic buds in trees: a review of bud establishment, development and dormancy release. *Tree Physiol* 32: 565-584.
- Milewski M., Andrzejczyk T. 2017. Wpływ sposobu pielęgnowania uprawy na wzrost dębu. *Sylvan* 161 (3): 189-195.
- Mokany K., Ash J., Roxburgh S. 2008. Effects of spatial aggregation on competition, complementarity and resource use. *Austral Ecol* 33 (3): 261-270.
- Morisset J. B., Mothe F., Chopard B., Francois D., Fontaine F., Colin F. 2011. Does past emergence of epicormic shoots control current composition of epicormic types? *Annals of Forest Science* 69: 139-152.
- Morisset J. B., Mothe F., Colin F. 2012. Observation of *Quercus petraea* epicormics with X-ray CT reveals strong pith-to-bark correlations: silvicultural and ecological implications. *Forest Ecology and Management* 278: 127-137.
- Ngo Bieng M. A., Perot T., de Coligny F., Goreaud F. 2013. Spatial pattern of trees influences species productivity in a mature oak-pine mixed forest. *Eur. J. Forest. Res.* 132: 841-850. DOI: 10.1007/s10342-013-0716-z.
- Petersen R., Schüller S., Ammer C. 2009. Einfluss unterschiedlich starker Birkenkonkurrenz auf das Jugendwachstum von Traubeneichen – Ergebnisse einer 8-jährigen Beobachtungsreihe. *Forstarchiv* 80: 208-214.
- Riley M., Nixon C. J. 1993. 50 year results from an oak spacing trial in South Scotland. *Scottish Forestry* 47: 79-82.
- Rock J., Puettmann K. J., Goekel H. A., Schulte A. 2004. Spatial aspect of the influence of silver birch (*Betula pendula* L.) of growth and quality of young oaks (*Quercus* spp.) in central Germany. *Forestry* 77 (3): 235-247.
- Saha S., Kuehne C., Bauhus J. 2014. Intra- and interspecific competition differently influence growth and stem quality of young oaks (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.). *Annals of Forest Science* 71: 381-393. DOI: 10.1007/s13595-013-0345-1.
- Schmaltz J., Fröhlich A., Gebhardt M. 1997. Die Qualitätsentwicklung in jungen Traubeneichenbeständen im Hessischen Spessart. *Forstarchiv* 68: 3-10.
- Schütz J. Ph. 2001. Waldbau. I. Die Prinzipien der Waldnutzung und der Waldbehandlung. ETH Zentrum, Zürich.
- Schwinnig S., Weiner J. 1998. Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. *Oecologia* 113: 447-455.
- Spiecker H. 1991. Controlling the diameter growth and the natural pruning of sessile and pedunculate oaks (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL. and *Quercus robur* L.). Dissertation. Selbstverlag der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg.
- Szymanski S. 1980. Ekologiczne podstawy hodowli lasu. PWRiL, Warszawa.
- Tyszkiewicz S., Obmiński Z. 1963. Hodowla i uprawa lasu. PWRiL, Warszawa.
- Uhl E., Biber P., Ulbricht M., Heym M., Horváth T., Lakatos F., Gál J., Steinacker L., Tonon G., Ventura M., Pretsch H. 2015. Analysing the effect of stand density and site conditions on structure and growth of oak species using Nelder trials along an environmental gradient: experimental design, evaluation methods, and results. *Forest Ecosystems* 2: 17. DOI: 10.1186/s40663-015-0041-8.
- Wagner S., Röker B. 2000. Birkenanflug in Stieleichenkulturen. Untersuchungen zur Dynamik der Konkurrenz Über 5 Vegetationsperioden. *Forst u. Holz* 55: 18-22.
- Waring R. H., Schlesinger W. H. 1985. Forest ecosystems: concepts and management. Orlando, Academic Press.
- Zielony R., Kliczkowska A. 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. CILP, Warszawa.