

TADEUSZ ANDRZEJCZYK, MARIUSZ MILEWSKI

Wpływ redukcji konkurencji brzozy brodawkowatej na wzrost dębu bezszypułkowego w fazie młodnika

Effect of reducing silver birch competition on growth of sessile oak during the thicket stage

ABSTRACT

Andrzejczyk T., Milewski M. 2019. Wpływ redukcji konkurencji brzozy brodawkowatej na wzrost dębu bezszypułkowego w fazie młodnika. Sylwan 163 (6): 452-459. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019001>.

Naturally regenerated silver birch is one of the most abundant competitor for planted seedlings in central Poland. The effect of the interaction between planted oak seedlings and naturally regenerated birch was studied in 14-17-years-old sessile oak stand. The experiment was established at stand age of 14-years. At that time, there were around 4000 oaks and 10000 birches per hectare. A sample of dominant individuals of oak were selected and one of three treatments were applied to each individual. The treatments included: (i) removal of all naturally regenerated trees in a radius of 1 m (W1), (ii) removal of all naturally regenerated trees in a radius of 2 m (W2) and (iii) untreated control (K). Breast height diameter and height of selected oaks were measured during three years following the experiment establishment. The release of competition resulted in greater diameter and height growth. The diameter growth was increasing with an increment of free space from oak and was the greatest in the W2 treatment. The increment of height growth was similar regardless of the treatment radius. In practical forestry, silver birch can be recommended as admixture in pure oak stands with low survival rate as replacement for dead oaks. However, a minimum distance of 2 m between oak and birch should be kept.

KEY WORDS

Betula pendula, interspecific competition, mixed-stand, *Quercus*, stand treatment

ADDRESSES

Tadeusz Andrzejczyk ⁽¹⁾ – e-mail: tadeusz.andrzejczyk@wl.sggw.pl

Mariusz Milewski ⁽²⁾ – e-mail: Mariusz.Milewski@lodz.lasy.gov.pl

⁽¹⁾ Katedra Hodowli Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁽²⁾ Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Łodzi

Wstęp

W lasach Polski powszechnym zjawiskiem jest występowanie obfitych samosiewów brzozy brodawkowatej w uprawach i młodnikach różnych gatunków drzew. Ze względu na szybki wzrost i dużą zdolność regeneracyjną po przycięciu w młodym wieku brzoza wymaga licznych zabiegów pielęgnacyjnych obniżających jej potencjał konkurencyjny, co powoduje wzrost kosztów pielęgnacji młodych drzewostanów. W ostatnich latach duże zainteresowanie budzi możliwość wykorzystania brzozy brodawkowatej w systemie hodowli drzewostanów liściastych, których znaczenie gospodarcze i przyrodnicze stale wzrasta. Oczekuje się, że umiejętne włączenie samosiewów brzozy do upraw dębowych i bukowych może przyczynić się do obniżenia kosztów ich zakłada-

nia i pielęgnowania oraz do wzrostu walorów przyrodniczych [von Lüpke 1991; Leder 1996; Ammer, Dingel 1997] i walorów ekonomicznych z powodu zwiększenia użytkowania przedrębego [Liziniwicz i in. 2016]. W związku z tym poszukuje się nowych, alternatywnych metod zakładania upraw dębowych, opartych na tzw. racjonalizacji biologicznej. W metodach tych dąb jest wysadzany w izolowanych grupach [Gockel, Rock 2003; Saha i in. 2012, 2013; Skiadaresis i in. 2016] lub parach rzędów [Andrzejczyk 2011; Andrzejczyk i in. 2015], pomiędzy którymi pozostawia się wolną powierzchnię, którą zajmują domieszkowe gatunki drzew (w tym brzoza) powstałe z odnowienia samosiewnego.

Utrzymanie brzozy w młodych drzewostanach dębowych zakładanych metodą tradycyjną jest problematyczne ze względu na jej dużą konkurencję względem dębu. Z wielu badań wynika, że dęby w fazie uprawy i młodnika podlegające konkurencji brzozy charakteryzują się zahamowanym przyrostem pędu na grubość, a w dalszej kolejności także słabszym przyrostem wysokości i obniżoną stabilnością z powodu dużej smukłości drzew [Wagner, Röker 2000; Andrzejczyk 2008; Petersen i in. 2009; Liziniwicz i in. 2016; Milewski, Andrzejczyk 2017]. W uprawach i młodnikach dębowych o obniżonej udatności i niepełnym pokryciu obecność brzozy może być jednak wskazana, gdyż w takich drzewostanach pełni ona pozytywną rolę hodowlaną, zapewniając dębom niezbędne zwarcie, które ma decydujący wpływ na przebieg procesu oczyszczania drzew i kształtowanie jakości pni [Leder 1996; Rock i in. 2004].

O nasileniu konkurencji między gatunkami drzew w dużym stopniu decyduje ich tempo wzrostu oraz wzajemne odległości między drzewami [Hegy 1974; Schütz 1989; Rock i in. 2004; Liziniwicz i in. 2016]. Rodzi się pytanie, przy jakiej odległości samosiewy brzozy mogą być tolerowane i utrzymane w drzewostanie bez negatywnego oddziaływania na wzrost dębu. W tym celu w drzewostanie będącym w fazie przejściowej między uprawą a młodnikiem założono doświadczenie, w którym wokół wytypowanych dębów (drzew centralnych) usunięto w promieniu 1 i 2 m drzewa gatunków domieszkowych (głównie brzozę) lub pozostawiono je bez zabiegu jako wariant kontrolny doświadczenia.

Celem badań było określenie reakcji wzrostowej dębu na różny stopień uwolnienia przestrzeni wzrostu spod konkurencyjnego oddziaływania brzozy.

Materiał i metody

Badania prowadzono w Nadleśnictwie Kolumna (RDLP Łódź), leśnictwie Teodory (oddz. 277f), w uprawie dębowej z samosiewną domieszką brzozy brodawkowatej na siedlisku LMśw.

Reakcję przyrostową badano u wytypowanych dominujących dębów (drzew centralnych), których wysokość w momencie rozpoczęcia doświadczenia (w wieku 14 lat) mieściła się w zakresie 220-340 cm. Doświadczenie obejmowało trzy warianty pielęgnacji (W1, W2, K), różniące się wielkością promienia wokół drzewa centralnego, w obrębie którego usunięto wszystkie gatunki domieszkowe, głównie brzozę, pozostawiając jedynie inne dęby. W wariantach W1 i W2 promień wynosił odpowiednio 1 i 2 m, natomiast w wariantcie kontrolnym K zabiegu nie wykonano. Przydział drzew obserwacyjnych do poszczególnych wariantów doświadczenia był losowy. Łącznie badania przeprowadzono na próbie 126 drzew obserwacyjnych, z których 38 reprezentowało wariant W1, 50 wariant W2 i 38 wariant K.

Przed wykonaniem zabiegu pielęgnacyjnego (maj 2011 roku) pomierzono wysokość i pierśnicę drzew centralnych oraz wysokość i pierśnicę innych drzew rosnących wokół drzewa centralnego na powierzchni kołowej o promieniu równym 2 m. W trakcie pomiaru wyznaczono drzewa do usunięcia w ramach zabiegu pielęgnacyjnego. Następne pomiary, wykonywane po zakończeniu sezonu wegetacyjnego przez 3 kolejne lata, obejmowały wysokość i pierśnicę drzew centralnych.

Obliczono średnie wartości cech wzrostowych drzew centralnych: wysokości, pierśnicy, smukłości, przyrostu pierśnicy oraz wysokości w kolejnych latach i w całym okresie trzyletnim. Określono także zagęszczenie, średnią wysokość i pierśnicę drzew domieszkowych rosnących w sąsiedztwie drzewa centralnego. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji i testowi jedno-rodności prób HSD Tukeya. Obliczenia wykonano w programie Statistica (Dell Inc.).

Wyniki

GATUNKI DOMIESZKOWE. Przed rozpoczęciem doświadczenia wokół każdego dębu centralnego występowało w promieniu 2 m średnio od 16,8 (W1) do 19,4 (K) drzew różnych gatunków (tab. 1). Wśród nich najwięcej było brzoź (11,4-13,7) i dębów (4,0-4,9). Po wykonaniu cięcia średnia liczba drzew w wariantach W1 i W2 zmniejszyła się odpowiednio do 12,3 i 4,0. W wariacie W1 były to głównie brzozy i dęby, a w wariacie W2 tylko dęby.

Średnia wysokość brzozy w poszczególnych wariantach wahała się od 3,5 do 3,8 m i była przeciętnie o 1 m wyższa od dębu, natomiast średnia wysokość innych gatunków domieszkowych (m.in. sosna, czeremcha amerykańska, jarząb, osika) wynosiła od 2,4 do 2,9 m (tab. 1). Po cięciu średnia wysokość i średnia pierśnica poszczególnych gatunków drzew była podobna jak przed zabiegiem (tab. 1).

WYSOKOŚĆ I PRZYROST WYSOKOŚCI DĘBU. W momencie rozpoczęcia i po pierwszym roku doświadczenia średnia wysokość dębu w poszczególnych wariantach była wyrównana pod względem statystycznym (tab. 2). Po drugim i trzecim roku dęby w wariantach objętych pielęgnacją (W1 i W2) uzyskały istotnie większą wysokość niż dęby w wariacie kontrolnym. W końcowym etapie badań różnica między średnią wartością analizowanej cechy w wariacie K i w wariantach W1 i W2 wynosiła odpowiednio 56,5 i 80,7 cm. Średni przyrost wysokości w pierwszym roku badań we wszystkich wariantach doświadczenia był statystycznie wyrównany, a w drugim i trzecim roku istotnie większe wartości osiągnął w wariantach W1 i W2 w porównaniu z wariantem K (tab. 2). Średni przyrost wysokości w całym 3-letnim okresie badań był istotnie większy w wariantach W2 (216,4 cm) i W1 (205 cm) w porównaniu z wariantem K (144,1 cm) (ryc. 1, tab. 2).

Tabela 1.

Średnia liczba (N/ha), wysokość (H [cm]) i pierśnica (D [mm]) drzew rosnących wokół dębów centralnych (w promieniu 2 m) przed i po wykonaniu zabiegu pielęgnacyjnego

Mean number of trees (N/ha), height (H [cm]) and breast-height diameter (D [mm]) of tree species growing around central oaks within a radius of 2 m before (przed) and after (po) the experiment treatments

		Przed			Po		
		K	W1	W2	K	W1	W2
N/ha	Brz	10 960	9 120	9 280	10 960	5 680	–
	Db	3 920	3 280	3 200	3 920	3 280	3 200
	Inne	640	1 040	1 440	640	880	–
	Razem	15 520	13 440	13 920	15 520	9 840	3 200
H	Brz	346	372	385	346	369	–
	Db	268	278	280	268	278	279
	Inne	237	258	294	237	287	–
	Razem	321	341	352	321	336	279
D	Brz	18,9	21,8	22,3	18,9	21,5	–
	Db	19,4	20,6	19,6	19,4	21,2	19,5
	Inne	24,7	31,4	34,9	23,6	28,5	–
	Razem	19,0	21,9	22,6	19,0	22,1	19,5

Brz – birch, Db – oak, inne – other species, razem – in total

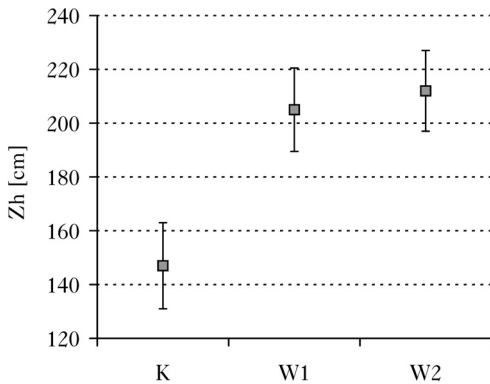
Tabela 2.

Średnia wysokość (H [cm]), przyrost wysokości (Zh [cm]), pierśnica (D [mm]), przyrost pierśnicy (Zd [mm]) oraz smukłość (H/D) dębu w kolejnych latach doświadczenia

Mean height (H [cm]), height increment (Zh [cm]), breast height diameter (D [mm]) and its increment (Zd [mm]) as well as slenderness (H/D) of sessile oak in consecutive years of the treatment experiment

		K	W1	W2	ANOVA	
					F	p
H	2010	269,2a	271,7a	285,3b	3,20	0,0441
	2011	323,1	337,6	341,5	1,86	0,1605
	2012	355,8a	383,6b	398,6b	6,49	0,0021
	2013	415,9a	472,4b	496,6b	16,39	<0,0001
Zh	2011	54,5	65,0	58,6	1,18	0,3103
	2012	32,7a	46,0b	57,1b	8,64	0,0003
	2013	60,5a	88,0b	94,4b	13,31	<0,0001
	2011-2013	146,7a	200,6b	211,5b	20,04	<0,0001
D	2010	18,9	19,0	19,5	0,33	0,7192
	2011	22,6a	24,6ab	25,4b	3,56	0,0318
	2012	25,4a	28,6b	30,5b	8,59	0,0003
	2013	27,9a	32,6b	36,1b	17,17	<0,0001
Zd	2011	3,7a	5,6b	6,1b	26,05	<0,0001
	2012	2,8a	4,0b	5,1c	17,05	<0,0001
	2013	2,4a	4,0b	5,5c	26,21	<0,0001
	2011-2013	9,0a	13,6b	16,5c	40,80	<0,0001
H/D	2010	145,9	145,3	151,9	0,98	0,3800
	2011	144,5	139,0	138,5	1,04	0,3556
	2012	141,2	135,9	134,0	1,60	0,2067
	2013	151,0a	146,9ab	140,6b	3,55	0,0318

ta sama litera oznacza brak istotnych różnic między wariantami w danym roku
the same letter indicates lack of significant differences among variants in the given year



Ryc. 1.

Średnia (kwadrat) wartość 3-letniego przyrostu wysokości dębu w wariantach doświadczalnych ± 95 -procentowy przedział ufności (wąsy)
Mean (square) $\pm 95\%$ confidence interval (whiskers) of three-year height increment of oak in the experimental variants

PIERŚNICA I PRZYROST PIERŚNICY DĘBU. Począwszy od pierwszego roku doświadczenia zaznacza się przewagę średniej pierśnicy w wariantach pielęgnowanych nad wariantem kontrolnym. Po pierwszym roku istotne różnice w tym zakresie wystąpiły między wariantami K i W2, a w dwóch kolejnych latach między wariantem K a wariantami W1 i W2 (tab. 2).

Średni przyrost pierśnicy był ściśle związany z wariantem i okresem trwania doświadczenia. W pierwszym roku doświadczenia statystyczne różnice wystąpiły tylko między wariantem kontrolnym K a wariantami W1 i W2, natomiast w dwóch kolejnych latach między wszystkimi wariantami

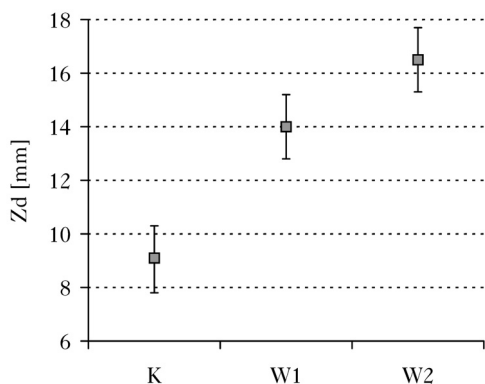
tami doświadczenia (tab. 2). Trzyletni przyrost pierśnicy największą wartość osiągnął w wariancie W2 (16,5 mm), następnie w wariancie W1 (13,6 mm), a najmniejszą w wariancie K (9,0 mm). Różnice między tymi wartościami były istotne statystycznie (ryc. 2).

SMUKŁOŚĆ DĘBU. Średni współczynnik smukłości dębu w momencie rozpoczęcia badań we wszystkich wariantach był wyrównany (tab. 2). Po pierwszym i drugim roku doświadczenia jego wartość stopniowo malała, najbardziej w wariantach W1 i W2, lecz różnice między wariantami nie były statystycznie istotne. Natomiast po trzecim roku, kiedy we wszystkich wariantach zaznaczył się wzrost wartości badanej cechy, różnice między średnimi w wariantach K i W2 były istotne statystycznie (tab. 2).

Dyskusja

Przeprowadzone doświadczenie potwierdziło negatywny wpływ brzozy na wzrost i stabilność dębu [Wagner, Röker 2000; Petersen i in. 2009; Liziniewicz i in. 2016]. Po 3-letnim okresie badań dęb w wariancie kontrolnym charakteryzował się znacząco mniejszą średnią wysokością i średnią pierśnicą oraz mniejszym średnim przyrostem pierśnicy i wysokości w porównaniu z wariantami, w których w bezpośrednim otoczeniu badanych dębów usunięto brzozę i inne gatunki domieszkowe. Jednocześnie w wariancie kontrolnym dęby cechowały się większą smukłością niż w wariantach z usuniętą brzożą, zwłaszcza w wariancie W2. Uzyskane wyniki wskazują, że poprawa przyrostu pierśnicy i przyrostu wysokości dębu w wyniku uwolnienia jego przestrzeni wzrostu następowała w różnym tempie. Zwiększony przyrost pierśnicy miał miejsce już w pierwszym roku doświadczenia, podczas gdy zwiększony przyrost wysokości zaznaczył się z rocznym opóźnieniem. Stwierdzono także, że wielkość przestrzeni uwolnionej spod konkurencji brzozy i innych gatunków drzew miała większy wpływ na przyrost pierśnicy dębu niż na przyrost wysokości. I tak przy redukcji brzozy wokół dębu w promieniu 1 m (wariant W1) średni przyrost pierśnicy był istotnie mniejszy niż przy redukcji brzozy w promieniu 2 m (wariant W2), natomiast przyrost wysokości w analizowanym okresie był podobny w obu wariantach doświadczenia.

Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach Wagnera i Rökera [2000], w których analizowano wpływ nasilenia konkurencji brzozy na wzrost dębu w fazie uprawy. Z badań tych wynika, że wraz z rosnącą konkurencją następuje u dębu osłabienie przyrostu grubości i wysokości pędu. Podobnie jak w prezentowanych badaniach zmniejszenie przyrostu grubości następowało od pierwszych lat, podczas gdy osłabienie przyrostu wysokości z kilkuletnim opóźnieniem. Także 8-letnie badania Petersen i in. [2009] przeprowadzone w fazie młodnika dowodzą, że w warunkach silnej (brak zabiegu pielęgnacyjnego) i częściowo zredukowanej konkurencji brzozy (usunięcie



Ryc. 2.

Średnia (kwadrat) wartość 3-letniego przyrostu pierśnicy dębu w wariantach doświadczalnych ± 95 -procentowy przedział ufności (wąsy)
Mean (square) $\pm 95\%$ confidence interval (whiskers) of three-year dbh increment of oak in the experimental variants

trzech najwyższych brzoź w promieniu 1,5 m wokół dębu centralnego) dąb uzyskuje znacząco mniejszy przyrost pierśnicy, przy wyraźnym zwiększeniu smukłości drzew w porównaniu z wariantem o pełnej pielęgnacji (całkowite usunięcie brzozy z drzewostanu).

Wyniki analizowanego doświadczenia mogą być wykorzystane w postępowaniu pielęgnacyjnym w młodych drzewostanach dębowych, zwłaszcza w aspekcie wskazania warunków i możliwości włączenia brzozy w system hodowli i pielęgnowania tego gatunku. Przyjęcie takich rozwiązań pielęgnacyjnych, w których część brzozy staje się przez krótszy lub dłuższy okres składnikiem drzewostanu dębowego, może z jednej strony obniżyć pracochłonność zabiegów pielęgnacyjnych, a z drugiej pozytywnie oddziaływać na pokrój i jakość dębu, zapewniając zwarcie w przereźdzonym drzewostanie [Leder 1996].

Regulacja konkurencji brzozy względem dębu polega głównie na utrzymaniu bezpiecznej odległości między drzewami tych gatunków. Z przeprowadzonych badań wynika, że w początkowej fazie młodnika (wysokość dębu 2,2-3,4 m) usunięcie brzozy w promieniu 1 m wokół badanych dębów tylko częściowo i na krótki okres poprawia wzrost dębu i jego stabilność. Wprawdzie przyrost wysokości w całym 3-letnim okresie badań był podobny jak w wariantcie o silniejszym cięciu (usuwanie brzozy w promieniu 2 m wokół badanych dębów), jednak przyrost pierśnicy, począwszy od drugiego roku doświadczenia, był już istotnie mniejszy. Także odsunięcie brzozy od dębu na odległość 1,5 m nie ogranicza skutecznie jej konkurencji [Petersen i in. 2009; Liziniewicz i in. 2016]. Petersen i in. [2009] wykazali, że dąb w wariantcie z częściową pielęgnacją, w którym zredukowano 3 najsilniejsze brzozy rosnące w promieniu 1,5 m od dębu, po 8 latach od zabiegu uzyskał wprawdzie podobną wysokość jak dąb w wariantcie o pełnej pielęgnacji, lecz wyraźnie mu ustępował pod względem pierśnicy i nadmiernej smukłości drzew. Z kolei w doświadczeniu pielęgnacyjnym założonym w młodniku brzozowo-dębowym w Nadleśnictwie Krynki brzoza rosnąca w odległości 1,5 m od dębu w całym okresie młodnika silnie ograniczała przyrost pierśnicy i przyrost wysokości dębu [Liziniewicz i in. 2016]. Uzyskane dane wskazują, że skuteczne ograniczenie konkurencji brzozy z naturalnego odnowienia na okres co najmniej trzech lat wiąże się z jej usunięciem w początkowej fazie młodnika dębowego w strefie 2 m od dębu. W dłuższym okresie, ze względu na rosnącą przewagę wysokości brzozy nad dębem [Milewski, Andrzejczyk 2017], dystans ten może być niewystarczający i konieczny będzie zabieg obejmujący dalszą redukcję brzozy, zwłaszcza egzemplarzy górujących, rosnących w odległości do około 3 m od dębu. Z badań Liziniewicza i in. [2016] wynika bowiem, że przy odległości 3 m brzoza nie wpływała negatywnie na wzrost dębu w całym 10-letnim okresie badań, obejmującym drzewostan w wieku 11-21 lat. W tym wariantcie doświadczenia średnia wysokość brzozy i dębu w wieku 21 lat wynosiła odpowiednio 15,4 i 9,4 m, a średnia pierśnica 16 i 7,6 cm.

Zatem utrzymanie domieszki brzozy w standardowo zakładanych uprawach dębowych jest możliwe i celowe w młodych lukowatych drzewostanach o przerwany zwarcie lub o dużym zróżnicowaniu wysokości i jakości dębów, np. w wyniku zahamowania wzrostu drzew uszkodzonych przez zwierzyńcę. W takich drzewostanach brzoza zapewnia zwarcie i tym samym sprzyja poprawie jakości dębu, poprzez ograniczanie grubości gałęzi i przyspieszenie procesu oczyszczania [Wagner, Röker 2000; Rock i in. 2004; Petersen i in. 2009; Liziniewicz i in. 2016]. Można przyjąć zasadę, że w ramach pierwszych czyszczeń późnych należy usuwać brzozę w odległości do 2 m od dębu, natomiast rosnącą w dalszej odległości pozostawiać. W młodnikach o wyraźnie obniżonej jakości, m.in. ze względu na mocno zróżnicowany wzrost i pokrój dębów, wskazany byłby zabieg pielęgnacyjny oparty o selekcję pozytywną z wyborem potencjalnych drzew dorodnych dębu najlepszej jakości i uwolnienie ich przestrzeni wzrostu od nacisku konkurencyjnego brzozy. Natomiast w sąsiedztwie dębów słabo rosnących i niskiej jakości brzozę należy pozostawić jako

czasową domieszkę pielęgnacyjną i produkcyjną. Nowe rozwiązania zakładania upraw dębowych metodą grupową przyjmują wręcz założenie, że dąb na uprawie jest wysadzany w izolowanych grupach, pomiędzy którymi pozostawia się wolną przestrzeń, którą wypełniają gatunki domieszkowe, w tym brzoza, powstałe w samosiewnego odnowienia [Gockel, Rock 2003; Andrzejczyk 2011; Saha i in. 2012; Skiaadarensis i in. 2016]. Takie podejście ma na celu obniżenie kosztów hodowli dębu, a jednocześnie uzyskanie drzewostanów o większej różnorodności biologicznej [Saha i in. 2013].

Wnioski

- ✦ Na uwolnienie przestrzeni wzrostu w wyniku redukcji konkurencji brzozy dąb w młodniku zareagował istotnie zwiększonym przyrostem pierśnicy i wysokości oraz poprawą stabilności.
- ✦ Reakcja przyrostowa dębu następowała w różnym czasie po usunięciu brzozy. Zwiększony przyrost pierśnicy miał miejsce już w pierwszym roku, podczas gdy przyrost wysokości z rocznym opóźnieniem.
- ✦ W 3-letnim okresie doświadczenia wielkość uwolnionej przestrzeni wzrostu dębu miała istotny wpływ na jego przyrost pierśnicy, natomiast nie miała istotnego wpływu na przyrost wysokości, który był podobny zarówno przy wycięciu brzozy w promieniu 1 m, jak i 2 m od dębu.
- ✦ Włączenie brzozy brodawkowatej jako czasowej domieszki pielęgnacyjnej i produkcyjnej w skład młodników dębowych o obniżonej jakości hodowlanej jest celowe i możliwe, jeśli jej odległość od rosnących dębów będzie nie mniejsza niż 2 metry.

Literatura

- Ammer C., Dingel C. 1997. Untersuchungen über den Einfluss starker Weichlaubkonkurrenz auf das Wachstum und die Qualität junger Stieleichen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 116: 346-358.
- Andrzejczyk T. 2008. Wpływ brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* L.) na wzrost i pokrój dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w uprawach na przykładzie Nadleśnictwa Krynki. Leśn. Pr. Bad. 69 (3): 203-209.
- Andrzejczyk T. 2011. Biologiczna racjonalizacja w hodowli dębu. W: Paluch R. [red.]. Półnaturalna hodowla lasu – przeszłość, teraźniejszość i przyszłość. IBL, Sękocin Stary. 103-118.
- Andrzejczyk T., Liziniewicz M., Drozdowski S. 2015. Effect of spacing on growth and quality parameters in sessile oak (*Quercus petraea*) stands in central Poland: results 7 years after planting. Scandinavian Journal of Forest Research 30 (8): 710-718. DOI: 10.1080/02827581.2015.1052752.
- Gockel H. A., Rock J. 2003. Die Eichen-Truppflanzung. Eine Alternative zur Bestandesbegründung von Eichenkulturen. Min. Umwelt u. Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Hegyfi F. 1974. A simulation model for managing Jack-pine stands. W: Fries J. [red.]. Growth models for tree and stand simulation. Royal College of Forestry, Stockholm. 74-90.
- Leder B. 1996. Weichlaubholzer in Eichen- und Buchenjungbeständen. Empfehlungen zur Einbeziehung in die waldbauliche Konzeption bei der Pflege von Jungbeständen. Forst u. Holzwirt. 51: 340-344.
- Liziniewicz 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: 165-172.
- von Lüpke B. 1991. Einfluss der Konkurrenz von Weichlaubholz auf das Wachstum junger Traubeneichen. Forst Holz 46: 166-171.
- Milewski M., Andrzejczyk T. 2017. Wpływ sposobu pielęgnowania uprawy na wzrost dębu. Sylwan 161 (3): 189-195. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2016126>.
- 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.
- Rock J., Puettmann K. J., Gockel 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. 2013. Tree species richness and stand productivity in low-density cluster plantings with oaks (*Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Mattuschka) Liebl.). Forests 4 (3): 650-665.
- Saha S., Kuehne C., Kohnle U., Brang P., Ehring A., Geisel J., Leder B., Muth M., Petersen R., Peter J., Ruhm W., Bauhus J. 2012. Growth and quality of young oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*) grown in cluster plantings in central Europe: a weighted meta-analysis. Forest Ecology and Management 283: 106-118.

- Schütz J.-P.** 1989. Zum Problem der Konkurrenz in Mischbeständen. Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen 140: 1069-1083.
- Skiadaresis G., Saha S., Bauhus J.** 2016. Oak group planting produces a higher number of future crop trees, with better spatial distribution, than row planting. Forests 7 (11): 289-304.
- Wagner S., Röker B.** 2000. Birkenanflug in Stieleichenkulturen. Untersuchungen zur Dynamik der Konkurrenz über 5 Vegetationsperioden. Forst u. Holz 55: 18-22.