

TADEUSZ ANDRZEJCZYK, MARIUSZ MILEWSKI

## Wpływ terminu i sposobu wycinania brzozy brodawkowatej na jej regenerację i wzrost w uprawie dębowej

Effect of time and cleaning method on silver birch sprouting ability and growth in oak young growth

### ABSTRACT

Andrzejczyk T., Milewski M. 2017. Wpływ terminu i sposobu wycinania brzozy brodawkowatej na jej regenerację i wzrost w uprawie dębowej. Sylwan 161 (4): 295-302.

The objective of the study was to examine the sprouting ability and growth of silver birch after cleaning in a 11-year-old oak stand in Kolumna Forest District (central Poland). The purpose of the cleaning was to remove naturally regenerated birch. Six different treatments were applied as a cleaning methods. They differed in time of application and height of cutting or breaking the birch sprouts, i.e. spring cleaning at ground level in every second oak row (W1) or over the entire surface (W2), cutting or breaking at a height of 1 m in spring (W3a, W3b) and cutting or breaking at a height of 1 m in summer (W4a, W4b). We analyzed the formation of new sprouts and their height and dbh increment over a 4-year period after the treatment. On average, after spring cleaning 10-20% of birches produced new sprouts when birch was cut at the ground level. When cut at one meter, 85-90% of birches produced new sprouts. Cleaning in the summer decreased the sprouting ability by 20-25%. There were also significant differences in height growth of sprout between spring (better) and summer (worse) time of cleaning. There were no significant differences in sprouting ability and sprout growth between cutting and breaking when done at the same time of the year. Thus, the most effective way to restrict competition of birch in young oak stands is cutting at ground level.

### KEY WORDS

*Betula pendula*, sprouts, stump height, growth, cleaning, silviculture

### ADDRESSES

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

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

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

<sup>(2)</sup> Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Łodzi

## Wstęp

W uprawach i młodnikach dębu oraz innych gatunków drzew duży problem hodowlany stanowią samosiewne gatunki lekkonasienne, w tym przede wszystkim powszechnie występująca w naszych lasach brzoza brodawkowata. Gatunek ten, ze względu na szybki wzrost i duże zagęszczenie, ogranicza przestrzeń wzrostu gatunku głównego, konkurując o zasoby siedliskowe. Młode dęby podlegające konkurencji brzozy charakteryzują się przede wszystkim zahamowanym przyrostem pędu na grubość, a w dalszej kolejności słabszym przyrostem wysokości i obniżoną sta-

bilnością z powodu dużego wysmuklenia drzew [Wagner, Röker 2000; Andrzejczyk 2008; Petersen i in. 2009; Milewski, Andrzejczyk 2017]. Ważną cechą brzozy, przesądzającą o dużym i stosunkowo trwałym potencjale konkurencyjnym, jest jej wysoka zdolność regeneracyjna w młodym wieku w postaci tworzenia pędów odrosłowych po wycięciu drzewa [Kauppi in. 1988; Perala, Alm 1990; Johansson 1992a, b]. Na powstawanie i wzrost odrosli brzozy istotny wpływ ma wiele czynników, m.in. termin wykonania zabiegu i jego powtarzalność, wielkość i wiek przycinanych drzew oraz żyzność siedliska [Ferm 1990; Johansson 1992a; Hytönen 1994; Hytönen, Issakainen 2001]. Dlatego też należy poszukiwać takich sposobów traktowania brzozy w zabiegach pielęgnacyjnych, które pozwolą na bardziej skuteczne ograniczenie jej konkurencji i jednocześnie przyczynią się do zmniejszenia kosztów pielęgnacji dzięki wydłużeniu okresu między kolejnymi zabiegami.

Według Ledera [1996] bardziej skutecznym od wycinania sposobem ograniczania konkurencji brzozy jest jej ogławianie, zwłaszcza poprzez łamanie pędu głównego. Podobne sugestie stosunkowo często zgłaszają także leśnicy praktycy, zwłaszcza w odniesieniu do upraw pozostających pod silną presją zwierzyny płowej. W takich sytuacjach brzoza ogranicza dostępność uprawy i tym samym przyczynia się do zmniejszenia szkód z powodu zgrzyzania i spalowania drzew. Wiele zaleceń dotyczących traktowania brzozy w zabiegach pielęgnacyjnych jest opartych na obserwacjach i doświadczeniach praktyków.

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy pochodzą z 4-letniego doświadczenia obejmującego 6 wariantów pielęgnacji uprawy dębowej, których głównym celem była całkowita lub częściowa redukcja brzozy i innych gatunków domieszkowych powstałych w wyniku odnowienia naturalnego. W pracy Milewskiego i Andrzejczyka [2017] przedstawiono wyniki dotyczące wpływu poszczególnych sposobów pielęgnacji na wzrost dębu.

Celem niniejszej pracy było: 1) określenie wpływu sposobu i terminu redukcji brzozy na jej zdolność regeneracyjną i wzrost po zabiegu oraz 2) wskazanie najbardziej skutecznego sposobu wykonania czyszczenia w starszych uprawach dębowych.

## **Materiał i metody**

Badania prowadzono w latach 2010-2013 na stałej powierzchni doświadczalnej z różnymi wariantami czyszczeń założonej w 13-letniej uprawie dębowej w Nadleśnictwie Kolumna (RDLP Łódź), leśnictwie Teodory (oddz. 277f), na siedlisku LMśw. Opis doświadczenia przedstawiono w pracy Milewskiego i Andrzejczyka [2017].

W doświadczeniu zastosowano 6 wariantów pielęgnacji, różniących się sposobem i terminem redukcji samosiewnych gatunków domieszkowych, w tym głównie brzozy brodawkowatej, oraz wariant kontrolny.

- W1 – cięcie przy gruncie w terminie wiosennym na 50% powierzchni uprawy (pielęgnacji podlegał co drugi rząd dębu);
- W2 – cięcie przy gruncie w terminie wiosennym na pełnej powierzchni;
- W3 – wycinanie (W3a) i łamanie (W3b) drzew domieszkowych na wysokości około 1 m w terminie wiosennym (na przemian w jednym rzędzie drzewa wycinano, w drugim – łamano);
- W4 – wycinanie (W4a) i łamanie (W4b) drzew domieszkowych na wysokości około 1 m w terminie późnoletnim (początek września), analogicznie jak w wariantcie W3;
- K – kontrola, bez zabiegu.

Zabieg pielęgnacyjny był wykonany wiosną 2010 roku, a w przypadku wariantu W4 na początku września 2009 roku. Pierwszy pomiar wysokości i pierśnicy dębu i gatunków domieszkowych

(stan wyjściowy) wykonano jesienią 2009 roku (w wariantach W4 gatunki domieszkowe pomierzono w drugiej połowie sierpnia bezpośrednio przed zabiegiem). Następne pomiary dębu i domieszek wykonywano co roku jesienią, po zakończeniu wegetacji, oprócz 2012 roku, kiedy nie mierzono gatunków domieszkowych. W pierwszych dwóch latach po zabiegu pomiarem objęto wszystkie brzozy na powierzchni, a w ostatnim roku około 25 lub 50% na każdej działce doświadczania (tab. 1).

Zdolność regeneracyjną brzozy określono na podstawie udziału drzew wyciętych lub ogłównionych, które wytworzyły pędy odrosłowe w pierwszym i drugim roku po zabiegu. Określono średnie wartości wysokości, przyrostu wysokości, pierśnicy i przyrostu pierśnicy brzozy w kolejnych latach po zabiegu w wariantach objętych pielęgnacją. Istotność różnic między średnimi w wariantach doświadczenia określono za pomocą analizy wariancji i testu Tukeya w programie Statistica. W porównaniach statystycznych nie uwzględniano wariantu W1 (mała liczba sprostżeń) oraz wariantu K.

## Wyniki

STAN PRZED WYKONANIEM CIĘCIA PIELEGNACYJNEGO. Średnie zagęszczenie brzozy w poszczególnych wariantach doświadczenia wahało się od 7,6 do 10,6 tys. drzew/ha. Średnia wysokość brzozy wynosiła od 230 do 248 cm, a średnia pierśnica od 12,2 do 14,6 mm (tab. 2).

**Tabela 1.**

Liczba brzozy objętych pomiarem w kolejnych latach badań w poszczególnych wariantach doświadczenia  
Number of measured birches in each variant in the study years

	2010	2011	2013
W1 bez cięcia W1 without clearing	337	311	90
W1 cięcie W1 treatment	40	24	2
W2	135	115	20
W3a	255	237	69
W3b	275	270	85
W4a	138	165	50
W4b	166	199	64
K	688	663	143
Razem In Total	2034	1984	523

**Tabela 2.**

Średnie zagęszczenie (N [tys. szt./ha]) oraz średnia wysokość (H [cm]) i pierśnica (D [mm]) brzozy w poszczególnych wariantach doświadczenia przed wykonaniem cięcia pielęgnacyjnego

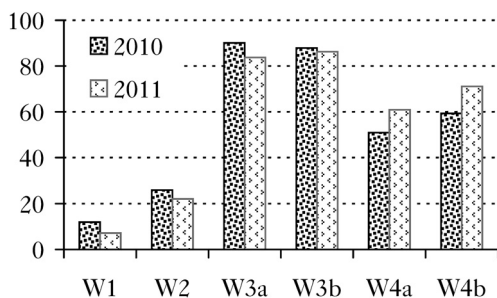
Mean density (N [ $\times 1000$ /ha]), mean height (H [cm]) and dbh (D [mm]) of birch in the analyzed treatments before cleaning

	N	H	D
W1	10,3	244,2	12,2
W2	7,6	230,9	14,0
W3	8,9	234,1	14,0
W4	10,6	245,6	14,6
K	10,6	248,1	12,5

ZDOLNOŚĆ REGENERACYJNA. Udział brzoź, które zregenerowały się po zabiegu pielęgnacyjnym w poszczególnych wariantach doświadczenia, przedstawiono na rycinie 1. Największą zdolnością regeneracyjną charakteryzowała się brzoza w wariantcie W3 (ogławianie w terminie wiosennym), a najmniejszą w wariantach W1 i W2 (wiosenne cięcie przy gruncie). W pierwszym przypadku (W3), niezależnie od sposobu zabiegu (cięcie/łamanie), około 90% brzoź wytworzyło odrośla w roku wykonania zabiegu (2010), a w następnym roku wskaźnik ten nieznacznie się zmniejszył na skutek zamierania części odrośli. W drugim przypadku (W1 i W2) zregenerowało się od 12 do 26% brzoź, a ich udział w następnym roku zmniejszył się o 4-5%. W wariantcie W4 (ogławianie w okresie letnim) brzozy regenerowały się słabiej niż w wariantcie W3. Jednocześnie zaznaczyła się tu pewna różnica między sposobami wykonania zabiegu, a ponadto część brzoź regenerowała się dopiero w trzecim roku (2011) po zabiegu. Brzozy przycięte charakteryzowały się mniejszą zdolnością regeneracyjną (51 i 61% odpowiednio w 2010 i 2011 roku) niż brzozy łamane, u których udział zregenerowanych drzew był o około 10% większy (odpowiednio 59 i 71%).

Wyniki dotyczące frekwencji drzew z określoną liczbą pędów odrosłowych w 2011 roku wskazują, że po cięciach wykonanych przy gruncie w co drugim rzędzie (W1) większość regenerujących się brzoź (ponad 60%) wytwarzała jeden pęd odrosłowy, natomiast w pozostałych wariantach większość brzoź (52-66%), niezależnie od sposobu traktowania, wytworzyła 2 i więcej pędów (ryc. 2).

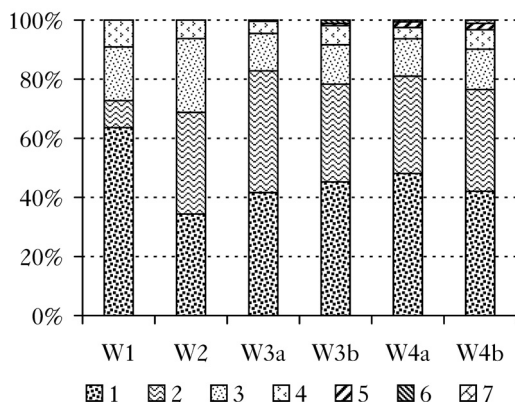
WYSOKOŚĆ I PRZYROST WYSOKOŚCI. Średnia wysokość brzozy odrosłowej począwszy od pierwszego roku po zabiegu różniła się istotnie w poszczególnych wariantach doświadczenia (ryc. 3). W całym okresie badań najmniejszą wysokość uzyskiwała brzoza w wariantcie W2 (277 cm w 2013 roku), a największą w subwariantach W3 (około 485 cm w 2013 roku). Pośrednią pozycję miała brzoza w subwariantach W4 (około 400 cm w 2013 roku). Średnia wysokość brzozy w wariantcie kontrolnym w 2013 roku wynosiła 590 cm.



Ryc. 1.

Udział [%] zregenerowanych brzoź w wariantach doświadczenia

Share [%] of regenerated birches in the analyzed treatments



Ryc. 2.

Udział zregenerowanych brzoź z określoną liczbą pędów odrosłowych w wariantach doświadczenia (1-7 – liczba pędów odrosłowych na drzewie)

Share [%] of birch with a certain number of new sprouts in the analyzed treatments (1-7 – number of sprouts on one stump)

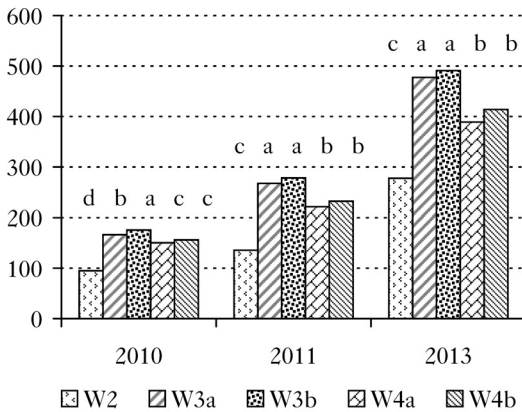
Średni przyrost wysokości brzozy w pierwszym roku doświadczenia w wariantach W3 i W2 był istotnie większy niż w wariacie W4. Także w drugim oraz trzecim i czwartym roku doświadczenia jego wartość w wariacie W3 była generalnie istotnie większa niż w wariantach W4 i W2 (ryc. 4). Spośród dwóch zastosowanych sposobów ograniczania konkurencji brzozy w wariantach W3 i W4 (cięcie i łamanie), niezależnie od terminu zabiegu, większym przyrostem wysokości charakteryzowały się brzozy podlegające łamaniu (W3b i W4b), lecz różnice między średnimi nie były istotne statystycznie (ryc. 4).

**PIERŚNICA I PRZYRÓST PIERŚNICY.** Średnia pierśnica brzozy po pierwszym roku doświadczenia (2010 rok) w wariacie W3 była generalnie istotnie większa niż w wariacie W4 (ryc. 5). W następnych latach jej wartość była największa w wariacie W3 (około 25 mm w 2013 roku), a najmniejsza w wariacie W2 (11 mm w 2013 roku). Różnice między wariantami były istotne statystycznie (ryc. 5). W wariacie kontrolnym średnia pierśnica brzozy w 2013 roku wynosiła 35 mm.

Średni przyrost pierśnicy w drugim (2011 rok) oraz w dwóch następnych latach doświadczenia był największy w wariacie W3b, a najmniejszy w wariacie W2, jednak pod względem statystycznym nie stwierdzono istotnych różnic między wariantami (ryc. 6).

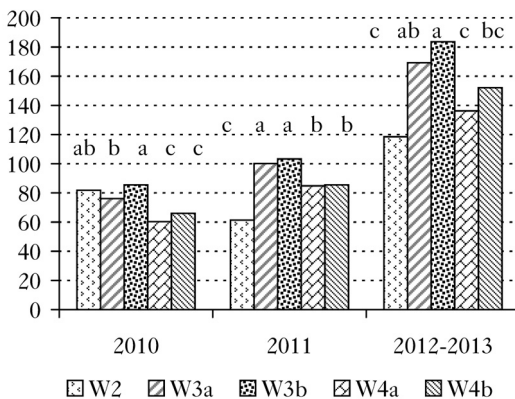
### Dyskusja

Zastosowane sposoby pielęgnowania różniły się wyraźnie zdolnością regeneracyjną i wzrostem brzozy po zabiegu. Najmniejszy potencjał regeneracyjny, określony odsetkiem przyciętych brzoź,



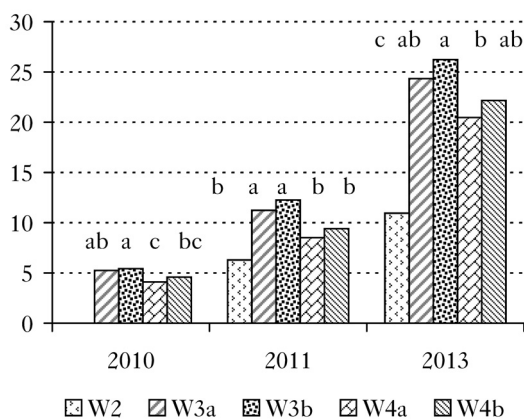
Ryc. 3.

Średnia wysokość [cm] brzozy w wariantach doświadczenia w kolejnych latach badań  
 Mean height [cm] of birch in the analyzed treatments in in the study years  
 te same litery wskazują brak istotnych różnic przy  $\alpha=0,05$   
 the same letter indicates insignificant difference at  $\alpha=0.05$



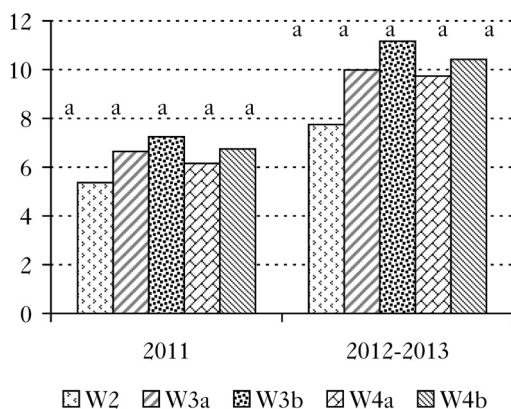
Ryc. 4.

Średni przyrost wysokości [cm] brzozy w wariantach doświadczenia w kolejnych latach badań  
 Mean height increment [cm] of birch in in the analyzed treatments in in the study years  
 oznaczenia jak na rycinie 3; denotes as in figure 3



Ryc. 5.

Średnia pierśnica [mm] brzozy w wariantach doświadczenia w kolejnych latach badań  
Mean dbh [mm] of birch in the analyzed treatments in the study years  
oznaczenia jak na rycinie 3; denotes as in figure 3



Ryc. 6.

Średni przyrost pierśnicy [mm] brzozy w wariantach doświadczenia w kolejnych latach badań  
Mean dbh increment [mm] of oak in the analyzed treatments in the study years  
oznaczenia jak na rycinie 3; denotes as in figure 3

które wytworzyły pędy odrosłowe, stwierdzono w wariantach W1 (12%) i W2 (26%), przy wiosennym cięciu brzozy blisko powierzchni gruntu. Różnice między tymi wariantami wynikały, jak się wydaje, z odmiennych warunków środowiskowych i biocenotycznych. W wariantach W1 pozostawione w co drugim rzędzie brzozy bez przycinania spowodowały większe ocienienie gleby i większą konkurencję korzeniową o wodę w porównaniu z wariantem W2, w którym na całej powierzchni wycięto gatunki domieszkowe.

Znaczenie warunków środowiskowych w regeneracji odrosłowej grabu podkreślał Fricke [1986], wskazując, że w młodnikach dębowych ten stosunkowo cieniznośny gatunek przycięty przy powierzchni gruntu zamierał z powodu nadmiernego ocienienia, natomiast po ogłowieniu przeżywał i utrzymywał się w zespole. Podobną prawidłowość stwierdzono w niniejszych badaniach, gdzie brzoza po dwóch latach od przycięcia lub złamania na wysokości około 1 m regenerowała się w około 85% (wariant W3) i 60-70% (wariant W4).

Różnice w zdolności regeneracyjnej brzozy w wariantach W3 i W4 były ściśle związane z terminem zabiegu: więcej drzew regenerowało się po cięciach na początku sezonu wegetacyjnego niż po cięciach w okresie wegetacji. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w wielu innych badaniach [Kays, Canham 1991; Johansson 1992a; Hytönen 1994], z których wynika, że zdolność odrosłowa brzozy i innych gatunków charakteryzujących się długim cyklem wzrostu w okresie wegetacyjnym jest największa wówczas, gdy cięcie jest wykonane na początku lub pod koniec okresu wegetacji, a także w okresie zimowym, zaś najmniejsza, kiedy cięcie jest wykonywane w trakcie okresu wegetacji, gdy ma miejsce wzrost pędu głównego. Prawidłowość ta ma ścisły

związek z sezonową zmiennością zawartości węglowodanów (skrobi) w tkankach zapasowych korzeni – w okresie letnim ich poziom jest względnie niski [Kays, Canham 1991; Kozłowski i in. 1991; Sennerby-Forsse i in. 1992].

Przeprowadzone badania nie potwierdziły natomiast większej skuteczności łamania pędów niż ich przycinania, na co wskazywał m.in. Leder [1996] i wielu leśników praktyków. Oba te sposoby traktowania brzozy, zarówno w terminie wiosennym, jak i letnim, dały bardzo podobne wyniki. Można było nawet zauważyć tendencję, że drzewa po złamaniu charakteryzowały się nieco większą zdolnością regeneracyjną i większym przyrostem wysokości niż po cięciu. Zaletą zabiegu łamania jest utrudniony dostęp dla zwierzyny płowej do wnętrza uprawy i młodnika, natomiast wadami są mniejsza wydajność i dużo większy wysiłek podczas jego wykonywania. Zabieg łamania może dotyczyć tylko młodych brzoź, których średnica pędu w miejscu łamania nie przekracza 2-2,5 cm.

Sposób i termin zabiegu pielęgnacyjnego miał nie tylko wpływ na zdolność regeneracyjną brzozy, ale także na jej przyrost wysokości. Był on najmniejszy w wariantach W1 i W2 (cięcie drzew przy gruncie w okresie wiosennym), a największy w wariantach W3, przy cięciu lub łamaniu drzew na wysokości około 1 m w okresie wiosennym. W rezultacie na koniec okresu badań (2013 rok) największą wysokość uzyskały brzozy w wariantach W3 (4,8-4,9 m) i W4 (3,9-4,1 m), a najmniejszą w wariantach W2 (2,8 m). W tym czasie średnia wysokość dębu wynosiła 4,3-4,8 m [Milewski, Andrzejczyk 2017], a więc była większa od średniej wysokości brzozy w wariantach W2 i W4, natomiast mniejsza lub zbliżona do wysokości brzozy w wariantach W3.

Z uzyskanych danych wynika, że najskuteczniejszym zabiegiem, zapewniającym ograniczenie konkurencji brzozy względem dębu, było jej wycinanie bezpośrednio przy gruncie. Drugim rozwiązaniem, które może mieć zastosowanie w pielęgnacji starszych upraw i młodników dębowych w warunkach presji zwierzyny płowej, jest cięcie brzozy na wysokości około 1 m w sezonie letnim. Zabieg taki pozwala utrzymać domieszkę brzozy w młodniku, przez co utrudnia zwierzynie dostęp do jego wnętrza, a jednocześnie znacznie obniża konkurencję brzozy ze względu na osłabienie regeneracji i przyhamowanie przyrostu po zabiegu. Uwzględniając różnicę wysokości brzozy i dębu stwierdzoną po 4 latach od wykonania zabiegu, wydaje się, że w przypadku tego rozwiązania jeszcze w kolejnych 2-3 latach nie będzie konieczności wykonywania powtórnego zabiegu pielęgnacyjnego, podczas gdy w wariantach W3 będzie on niezbędnym.

Warto także zauważyć, że utrzymanie pewnej domieszki brzozy lub innych gatunków drzew jest celowe w lukowatych lub o niepełnym pokryciu młodnikami dębowych. W takich warunkach drzewa domieszkowe zapewniają dębom zwarcie, które jest warunkiem uzyskania w przyszłości dobrej jakości technicznej. Celem zabiegu pielęgnacyjnego powinno być wówczas wyeliminowanie z zespołu tylko dominujących brzoź, rosnących w stosunkowo bliskim sąsiedztwie dębu, a pozostawienie brzoź o wysokości niższej lub zbliżonej do dębu, jak również wyższych, lecz rosnących w dalszej odległości. Dystans krytyczny jest związany z wysokością i szerokością korony drzew na siebie oddziałujących [Lüpke 1991; Wagner, Röker 2000; Rock i in. 2004]. W 20-letnim drzewostanie brzożowo-dębowym powstałym w wyniku sztucznego odnowienia obu gatunków w Nadleśnictwie Krynki stwierdzono, że dąb o wysokości 9 m rosnący w odległości 3 m od brzozy nie podlegał jej konkurencyjnemu oddziaływaniu, mimo że średnia wysokość brzozy była prawie dwukrotnie większa i wynosiła 16 m [Liziniewicz i in. 2016].

## Wnioski

✦ Regeneracja i wzrost brzozy, a tym samym skuteczność zabiegu pielęgnacyjnego zależy od sposobu i terminu jego wykonania. Cięcie brzozy przy gruncie jest bardziej skuteczne niż



przycinanie lub łamanie na wysokości około 1 m, a zabieg w terminie letnim jest bardziej skuteczny niż w terminie wiosennym.

- ✚ Nie stwierdzono istotnych różnic w zdolności regeneracyjnej i we wzroście pędów odrosłych brzozy po przycięciu i po jej łamaniu na wysokości około 1 m w tej samej porze roku.
- ✚ Optymalną metodą ograniczenia konkurencji brzozy w starszych uprawach dębowych jest jej cięcie przy gruncie, a w przypadku upraw pozostających pod presją zwierzyny płowej cięcie na wysokości 1-1,5 m w terminie letnim.

## Literatura

- Andrzejczyk T. 2008. Wpływ brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* L.) na wzrost i pokrój dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w uprawach na przykładzie Nadleśnictwa Krynicki. Leśn. Pr. Bad. 69 (3): 203-209.
- Ferm A. 1990. Coppicing, aboveground woody biomass production and nutritional aspects of birch with specific reference to *Betula pubescens*. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 348: 35.
- Fricke O. 1986. Standortansprüche und waldbauliches Verhalten der Mischbaumarten zur Eiche. Forst u. Holzwirt. 41: 259-264
- Hytönen J. 1994. Effect of cutting season, stump height and harvest damage on coppicing and biomass production of willow and birch. Biomass and Bioenergy 6 (5): 349-357.
- Hytönen J., Issakainen J. 2001. Effect of repeated harvesting on biomass production and sprouting of *Betula pubescens*. Biomass and Bioenergy 20 (4): 237-245.
- Johansson T. 1992a. Sprouting of 2- to 5-year-old birches (*Betula pubescens* Ehrh. and *Betula pendula* Roth) in relation to stump height and felling time. For. Ecol. Manage. 53: 263-281.
- Johansson T. 1992b. Sprouting of 10- to 50-year-old *Betula pubescens* in relation to felling time. For. Ecol. Manage. 53: 283-296.
- Kauppi A., Rinne P., Ferm A. 1988. Sprouting ability and significance for coppicing of dormant buds on *Betula pubescens* Ehrh. stumps. Scand. J. For. 3: 343-354.
- Kays J. S., Canham C. D. 1991. Effects of time and frequency of cutting on hardwood root reserves and sprout growth. Forest Science 37 (2): 524-539.
- Kozłowski T. T., Kramer P. J., Pallardy S. G. 1991. Physiological Ecology of Woody Plants. Academic Press, New York.
- 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 Manage. 364: 165-172.
- Lüpke B. 1991. Einfluss der Konkurrenz von Weichlaubholz auf das Wachstum junger Traubeneichen. Forst u. Holzwirt. 46: 166-171.
- Milewski M., Andrzejczyk T. 2017. Wpływ sposobu pielęgnowania uprawy na wzrost dębu. Sylwan 161 (3): 189-195.
- Perala D. A., Alm A. A. 1990. Regeneration silviculture of birch – a review. For. Ecol. Manage. 32: 39-77.
- 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.
- Sennerby-Forsse L., Ferm A., Kauppi A. 1992. Coppicing ability and sustainability. W: Mitchell C. P., Hinkley T., Sennerby-Forsse L. [red.]. Ecophysiology of short rotation crops. Amsterdam, Elsevier. 146-184.
- Wagner S., Roker B. 2000. Birkenanflug in Stieleichenkulturen. Untersuchungen zur Dynamik der Konkurrenz Über 5 Vegetationsperioden. Forst u. Holz 55: 18-22.