

WPŁYW NAWOŻENIA AZOTOWEGO I PODCINANIA KORZENI NA WZROST I PRZEŻYWALNOŚĆ BUKA ZWYCZAJNEGO (*FAGUS SYLVATICA* L.) W UPRAWIE

Robert Korzeniewicz¹✉, Joanna Multańska¹, Winicjusz Kasprzyk²

¹Katedra Hodowli Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań

²Nadleśnictwo Złotoryja

ul. Staszica 18, 59-500 Złotoryja

ABSTRAKT

Wstęp. W pracy przedstawiono analizę wpływu nawożenia azotowego i podcinania korzeni na wzrost i przeżywalność dwuletnich sadzonek buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) po roku wzrostu w uprawie leśnej.

Materiał i metody. Materiał badawczy pochodził z powierzchni doświadczalnej założonej na terenie Nadleśnictwa Jawor, wchodzącego w skład Regionalnej Dyrekcji Lasów we Wrocławiu. Analizie poddano sadzonki buka zwyczajnego po roku wzrostu w uprawie leśnej, do której założenia użyto dwuletnich sadzonek wyprodukowanych różnymi technologiami. W doświadczeniu badano dwa czynniki: sposób produkcji szkółkarskiej (sadzonki bez podcinanych korzeni i z korzeniami podcinanymi) oraz wpływ zmieniającej się dawki nawozu azotowego zastosowanego na etapie produkcji szkółkarskiej.

Wyniki. W doświadczeniu wykazano silny wpływ podcinania systemów korzeniowych i nawożenia azotowego na przeżywalność, wysokość i przyrost sadzonek buka. Ustalono, że w uprawie najwyższe i najgrubsze są sadzonki z niepodcinanym systemem korzeniowym i nawożone dawką nawozu azotowego w ilości 25 kg/ha. Natomiast te same sadzonki charakteryzowały się najmniejszą przeżywalnością. Wykazano, że zróżnicowane dawki nawozu azotowego miały mniejszy wpływ na cechy biometryczne buka zwyczajnego niż zabieg podcinania korzeni. Zaobserwowano także interakcję w działaniu badanych czynników na przeżywalność i cechy morfologiczne młodych sadzonek bukowych.

Wnioski. Ubytek systemów korzeniowych, do jakiego dochodzi na etapie produkcji szkółkarskiej u siewek buka zwyczajnego w wyniku podcinania korzeni lub wyorywania sadzonek można zrekompensować wyższą dawką nawozu azotowego. Obniżenie dawki azotu do 25 kg/ha nie zakłóca wzrostu na grubość i wysokość w uprawie siewek bukowych z niepodcinanym systemem korzeniowym, wpływając jednak na zmniejszenie udatności upraw tego rodzaju sadzonek.

Słowa kluczowe: produkcja szkółkarska, buk zwyczajny, nawożenie, podcinanie korzeni, wzrost

WSTĘP

Sukces zalesienia i sztucznego odnowienia lasu jest uzależniony od wielu czynników, spośród których istotne znaczenie ma jakość i vitalność sadzonek. Generalnie przydatne do założenia uprawy są sadzonki

silne, o dużej dynamice wzrostu, które mogą przetrwać w warunkach stresu środowiskowego (Schultz i Thompson, 1996).

✉korzon@up.poznan.pl

W Polsce zdecydowana większość (blisko 84%) odnowień oraz zalesień powstaje w sposób sztuczny (Raport..., 2016). Przyjmuje się, że największe znaczenie dla jakości sadzonek mają średnica w szyi korzeniowej oraz wysokość. Za lepsze jakościowo uważa się większe i lepiej rozwinięte drzewka młode (Rozporządzenie..., 2004). Jednak nie zawsze takie sadzonki, zalecane do sadzenia, wykazują większy przyrost lub przeżywalność po posadzeniu w uprawie (Zaczek i Steiner, 2011). Uważa się, że istotne znaczenie ma wpływ technologii produkcji szkółkarskiej na dalszy wzrost i rozwój sadzonek (Barzdajn, 2006; 2010; Barzdajn i Kowalkowski, 2016). Przejawia się przede wszystkim w wyborze sposobu produkcji (z nagim systemem korzeniowym lub zakrytym) i długości czasu produkcji sadzonek w warunkach szkółkarskich. Znaczenie mają też inne czynniki, jak miejsce, pora i norma wysiewu nasion w szkółce, wielkości bryłki, ilość i częstotliwość nawożenia, deszczowanie czy formowanie korzeni.

Specyfika produkcji szkółkarskiej wymaga ciąglego uzupełniania składników pokarmowych niezbędnych do prawidłowego rozwoju siewek. Zasadniczym ich źródłem jest dogłębne nawożenie mineralne oraz okresowo stosowane nawożenie organiczne i dolistnie (Wesoły i Hauke, 2009). Dawki i terminy stosowania nawozów uwzględniają potrzeby i stan rozwojowy młodych roślin (Krzywański i Wójcik-Wojtkowiak, 2002). W tej materii notuje się systematyczny postęp wynikający z udoskonalania składu nawozów i ich sposobu aplikacji (Wesoły i in., 2005). Znane są wyniki zastosowania w warunkach szkółkarskich jako stymulatorów wzrostu buka nawozów fosforynowych, które jednocześnie mogą być inhibitorami rozwoju patogenów korzeniowych (Tkaczyk i in., 2014). Dostępne są też publikacje dotyczące morfologii systemów korzeniowych niektórych gatunków liściastych, w których wskazuje się na jej znaczenie dla dalszego rozwoju sadzonek (Schultz i Thompson, 1996). Stosowany w produkcji szkółkarskiej zabieg podcinania korzeni ma prowadzić do lepszego ukształtowania i zagęszczenia systemu korzeniowego. W wyniku prawidłowo przeprowadzonego podcinania powstają skupione systemy korzeniowe o dużej liczbie korzeni drobnych, a ich główna masa znajduje się wierzchniej warstwie podłoża. Po wykonanym zabiegu podcinania sadzonki przez krótki czas są narażone na stres i mają

zaburzony bilans wodny, który utrzymuje się do czasu wytworzenia nowych korzeni. Przetrawianie oraz wzrost sadzonek po wykonanej czynności podcinania zależy w dużej mierze od formy wzrostu systemu korzeniowego siewek danego gatunku i ich zdolności do szybkiej produkcji nowych korzeni.

W pracy przedstawiono ocenę wpływu różnych dawek nawożenia azotowego i podcinania systemów korzeniowych, zastosowanych na etapie produkcji szkółkarskiej, na przeżywalność, wysokość i przyrost wysokości sadzonek buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) po pierwszym sezonie wegetacyjnym w uprawie leśnej. Praca uzupełnia wiedzę dotyczącą kształtowania się wybranych cech biometrycznych buka zwyczajnego rosnącego w podokapowej, rocznej uprawie, w warunkach siedliskowych lasu wyżynnego (Lwyż).

MATERIAŁY I METODY

Materiał badawczy pochodził z powierzchni doświadczalnej założonej na terenie Nadleśnictwa Jawor w leśnictwie Muchów w oddziale 210f. Zgodnie z regionalizacją przyrodniczo-leśną powierzchnia jest położona w Krainie Sudeckiej (VII), mezoregionie Pogórza Kaczawskiego (VII.3) (Kliczkowska i Zielony, 2012). Według opisu taksacyjnego dominującym typem siedliskowym jest las wyżynny świeży (Lwyż) w stopniu uwilgotnienia silnie świeżym, wykształcony na glebie oglejonej. Teren jest pagórkowaty o wystawie południowo-wschodniej. Drzewostan bukowo-świerkowo-dębowy, o zwarcu i zadrzewieniu umiarkowanym, w chwili założenia podokapowej uprawy miał 137 lat. Skład gatunkowy: dąb – 60%, świerk – 30%, buk – 10% (6Db3Św1Bk; Plan..., 2007).

Podokapowe doświadczenie założono w układzie blokowym z czterema powtórzeniami. Sposób rozmieszczenia wariantów eksperymentu oraz liczbę użytych sadzonek przedstawiono na rysunku 1. Łącznie do założenia eksperymentu użyto 554 sadzonki. Pomiar i obserwacje przeprowadzono w uprawie jednorocznej, do której założenia użyto dwuletnich sadzonek buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) wyhodowanych w szkółce leśnej Muchów (leśnictwo Muchów, Nadleśnictwo Jawor). Glebę pod odnowienie przygotowano punktowo w trakcie sadzenia, zachowując regularną więźbę 1,5×1,0 m. Sadzenie w jamkę

BLOK 1				BLOK 2			
PN 50 kg 34 szt.	PN 25 kg 39 szt.	NN 50 kg 40 szt.	NN 25 kg 36 szt.	PN 25 kg 43 szt.	NN 50 kg 45 szt.	NN 25 kg 41 szt.	PN 50 kg 38 szt.
BLOK 3				BLOK 4			
NN 50 kg 30 szt.	NN 25 kg 30 szt.	PN 50 kg 31 szt.	PN 25 kg 29 szt.	NN 50 kg 32 szt.	PN 50 kg 24 szt.	PN 25 kg 31 szt.	NN 25 kg 31 szt.

Rys. 1. Schemat rozmieszczenia wariantów eksperymentu w blokach doświadczenia
Fig. 1. The scheme of distribution of experiment variants in experimental blocks

wykonano w 27–30 kwietnia 2015 roku. Sadzonki zostały oznaczone etykietami z oznaczeniem wariantu, numeru porządkowego i powtórzenia. W doświadczeniu badano cztery warianty przygotowanego w szkółce materiału odnowieniowego:

- dwuletnie sadzonki z podcinanym systemem korzeniowym oraz nawożone w szkółce nawozem azotowym w ilości 50 kg·ha⁻¹ czystego składnika, podanego dwóch równych dawkach – oznaczone symbolem PN 50 kg
- dwuletnie sadzonki z podcinanym systemem korzeniowym oraz nawożone w szkółce nawozem azotowym w ilości 25 kg·ha⁻¹ czystego składnika – oznaczone symbolem PN 25 kg
- dwuletnie sadzonki z niepodcinanym systemem korzeniowym oraz nawożone w szkółce nawozem azotowym w ilości 50 kg·ha⁻¹ czystego składnika, podanego dwóch równych dawkach – oznaczone symbolem NN 50 kg
- dwuletnie sadzonki z niepodcinanym systemem korzeniowym oraz nawożone w szkółce nawozem azotowym w ilości 25 kg·ha⁻¹ czystego składnika – oznaczone symbolem NN 25 kg.

Do wyprodukowania sadzonek nawożonych nawozami azotowymi użyto doglebowo saletrę amonową (pierwszy zabieg) oraz mocznik w celu uzupełnienia ilości zastosowanego nawozu do 50 kg·ha⁻¹ (drugi zabieg) dla dwóch wariantów wyprodukowanych sadzonek bukowych testowanych w doświadczeniu. Dawki użytych nawozów określono na podstawie zaleceń glebowo-nawożeniowych z marca 2014 roku, gdzie pełna dawka nawozu azotowego w przeliczeniu na

hektar dla gatunków liściastych na fragmencie objętym produkcją sadzonek bukowych wyniosła 50 kg. Podcinanie korzeni w dwóch wariantach doświadczenia wykonano jednokrotnie w lutym 2014 roku za pomocą podcinacza kłamrowego EGEDAL (Kasprzyk i Jastrzębowski, 2016).

Pomiary i obserwacje wykonano dwukrotnie: wiosną i po zakończeniu wzrostu, wczesną jesienią w 2015 roku. Wysokość żywych sadzonek bukowych zmierzono za pomocą łąty pomiarowej z dokładnością do 0,1 cm. Przyrost obliczono z różnicy wysokości sadzonek na początku i na koniec sezonu wegetacyjnego.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem modelu dwuczynnikowej analizy wariancji ANOVA dla układów czynnikowych. Grupy jednorodne średnich wyznaczono za pomocą testu post-hoc HSD Tukeya. Obliczenia wykonano w programie Statistica v. 13.1. Dane wyrażone w procentach poddano transformacji według formuły Bliss'a $y = \arcsin \sqrt{p}$ (Kala, 2002).

WYNIKI

Udatność sadzonek buka zwyczajnego (Bk 2/0) wykazuje związek z zastosowaną technologią produkcji szkółkarskiej. Wyniki przeżywalności po pierwszym sezonie wegetacyjnym wzrostu w uprawie przedstawiono w tabeli 1. Średnia przeżywalność sadzonek bukowych w doświadczeniu wyniosła 79,57%, przy czym najniższą (47,22%) odnotowano w wariantcie z niepodcinanymi korzeniami i nawożonymi azotem w ilości 25 kg·ha⁻¹ czystego składnika (NN 25 kg).

Tabela 1. Przeżywalność sadzonek buka zwyczajnego wyprodukowanego różnymi technologiami, %

Table 1. Survival rates of European beech seedlings produced using various technologies, %

Wariant – Variant			
PN 50 kg	PN 25 kg	NN 50 kg	NN 25 kg
Minimalna, % – Minimal, %			
90,32	80,65	74,19	47,22
Maksymalna, % – Maximal, %			
92,11	97,63	93,75	66,67
Średnia, % – Mean, %			
91,32	88,15	82,80	56,01

Największą przeżywalnością, średnio 91,32%, charakteryzował się wariant z podcinanymi korzeniami, gdzie zastosowano dawkę nawozu azotowego w ilości 50 kg·ha⁻¹ czystego składnika. W tym wariacie różnica pomiędzy wartościami skrajnymi przeżywalności nie przekraczała 2%. Dwuczynnikowa analiza wariancji pozwoliła na odrzucenie hipotezy o braku różnic w przeżywalności badanych wariantów (tab. 2). Na uzyskany wynik miało wpływ zastosowanie

zróżnicowanej dawki nawozu azotowego ($F = 11,720$; $p = 0,005047$) i formowanie systemu korzeniowego ($F = 25,660$; $p = 0,000277$). Ustalono, że pomiędzy badanymi czynnikami wystąpiła statystycznie istotna interakcja, co oznacza, że zmiana jednego badanego czynnika zmienia siłę drugiego. W teście HDS Tukeya, na poziomie istotności alfa = 0,05, wyodrębniono dwie grupy statystycznie różniące się pod względem przeżywalności. Wariant NN 25 kg o najmniejszej średniej przeżywalności, w którym nie podcinano korzeni sadzonek bukowych i nawożono azotem w ilości 25 kg·ha⁻¹ czystego składnika, trafił do niezależnej, wyraźnie statystycznie różniącej się grupy, trzy pozostałe warianty doświadczenia nie różniły się statystycznie pod względem przeżywalności.

Kolejnymi cechami poddanymi analizie i istotnymi pod względem hodowlanym jest wysokość i przyrost wysokości w czasie sezonu wegetacyjnego. W tabeli 3 przedstawiono charakterystykę statystyczną obu badanych cech. Pod względem średniej wysokości najwyższe (49,72 cm) były sadzonki bukowe (NN 25 kg) z niepodcinanym systemem korzeniowym i nawożone nawozem azotowym w ilości 25 kg·ha⁻¹ czystego składnika. Nieco niższe (46,77 cm) po pierwszym sezonie wegetacyjnym okazały się także sadzonki niepodcinane (NN 50 kg), nawożone azotem w ilości

Tabela 2. Analiza wariancji przeżywalności sadzonek buka

Table 2. Analysis of variance for survival rates of beech seedlings

Źródło wariancji Source of variance	SS	df	MS	F	p
Podcinanie korzenia Root cutting	846,65	1	846,65	25,660	0,000277
Dawka N, kg·ha ⁻¹ Dose N, kg·ha ⁻¹	386,70	1	386,70	11,720	0,005047
Podcinanie korzenia × Root cutting × Dawka N, kg·ha ⁻¹ Dose N, kg·ha ⁻¹	241,77	1	241,77	7,327	0,019064
Błąd Error	395,94	12	33,00		

SS – suma kwadratów, df – stopnie swobody, MS – suma kwadratu, F – F-test, p – prawdopodobieństwo.

SS – sum of squares, df – degrees of freedom, MS – sum of square, F – F-test, p – probability.

50 kg·ha⁻¹ czystego składnika. Najniższą wysokością (39,52 cm) po pierwszym sezonie wegetacyjnym charakteryzowały się sadzonki (PN 25 kg) z podcinanym systemem korzeniowym i nawożone mniejszą dawką nawozu azotowego. Pod względem rozkładu wysokości wszystkie badane warianty sadzonek bukowych charakteryzują podobnym i dość wysokim współczynnikiem zmienności (tab. 3), który średnio dla doświadczenia wyniósł $V = 31,79\%$. Rozkłady wysokości są zbliżone do normalnego, wyraźnie jednomodalne z nieznaczną prawostronną asymetrią (oprócz wariantu NN 25 kg). Pod względem przyrostu (Δh) wyniki układają się podobnie, z tą różnicą, że sadzonki bukowe (PN 50 kg) z podcinanym systemem korzeniowym i nawożone nawozem azotowym w ilości 50 kg·ha⁻¹ czystego składnika przyrosły najmniej po pierwszym sezonie wegetacyjnym, średnio 5,75 cm. Cechą charakterystyczną przyrostów wysokości jest wysoki współczynnik zmienności, który średnio dla doświadczenia wyniósł $V = 58,57\%$.

Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, pozwoliła na

odrzuć hipotezy o braku różnic w wysokości, którą charakteryzowały się badane warianty sadzonek bukowych (tab. 4). Stwierdzono wpływ podcinania korzeni na uzyskane wyniki, natomiast nie potwierdzono oddziaływania różnych dawek nawozu azotowego ($F = 1,581$; $p = 0,232532$) na wysokość badanych sadzonek bukowych. Za pomocą testu post-hoc HSD Tukeya (tab. 5) wyodrębniono trzy jednorodne grupy różniące się pod względem wysokości. Sadzonki bukowe z korzeniami niepodcinanymi utworzyły wspólną grupę o największych średnich wysokościach. Natomiast sadzonki z podcinanymi korzeniami i nawożone połową dawki nawozu azotowego (NN 25 kg) utworzyły niezależną grupę o najmniejszych średnich wysokościach. Dla wyników pomiarów przyrostu wysokości, po pierwszym sezonie wzrostu w warunkach uprawy podokapowej, przeprowadzona analiza wariancji wykazała brak podstaw do odrzucenia hipotezy o wpływie na jego wielkość zarówno zastosowanego podcinania korzeni ($F = 1,406$; $p = 0,25938$), jak i zastosowanej dawki nawozu azotowego ($F = 1,499$; $p = 0,2443$).

Tabela 3. Charakterystyka statystyczna wysokości (h) i przyrostu wysokości (Δh) odnowienia bukowego po pierwszym roku wzrostu w uprawie

Table 3. Statistical characteristics of height (h) and increment in height (Δh) of beech regeneration material after the first year of growth in cultivation

Wariant Variant	N szt. – psc.	\bar{x}	Min	Max	Var	Sdx	V	A
Wysokość h , cm – Height h , cm								
PN 50 kg	116	39,52	12,5	79,7	193,28	13,90	35,18	0,394
PN 25 kg	84	32,04	11,3	56,6	85,62	9,25	28,88	0,269
NN 50 kg	123	46,77	16,6	91,4	255,42	15,98	34,17	0,473
NN 25 kg	77	49,72	18,1	81,3	206,93	14,39	28,93	-0,019
Przyrost wysokości Δh , cm – Increment in height Δh , cm								
PN 50 kg	112	5,75	0,20	19,71	10,88	3,30	57,38	0,925
PN 25 kg	84	6,17	0,4	17,40	16,94	4,12	66,76	0,956
NN 50 kg	121	7,01	0,40	19,50	14,40	3,76	54,12	0,656
NN 25 kg	75	7,56	1,40	19,90	17,96	4,24	56,02	0,736

\bar{x} – średnia, Var – wariancja, Sdx – odchylenie standardowe, V – współczynnik zmienności, A – skośność.
 \bar{x} – mean, Var – variance, Sdx – standard deviations, V – coefficient of variation, A – skewness.

Tabela 4. Analiza wariancji wysokości sadzonek
Table 4. Analysis of variance for seedling height

Źródło wariancji Source of variance	SS	df	MS	F	p
Podcinanie korzenia Root cutting	677,33	1	677,33	38,522	0,000045
Dawka N, kg·ha ⁻¹ Dose N, kg·ha ⁻¹	27,80	1	27,80	1,581	0,232532
Podcinanie korzenia × Root cutting × Dawka N, kg·ha ⁻¹ Dose N, kg·ha ⁻¹	158,51	1	158,51	9,015	0,011016
Błąd Error	211,00	12	17,58		

SS – suma kwadratów, df – stopnie swobody, MS – suma kwadratu, F – F-test, p – prawdopodobieństwo.

SS – sum of squares, df – degrees of freedom, MS – sum of square, F – F-test, p – probability.

Tabela 5. Wynik grupowania za pomocą testu HSD Tukeya na poziomie $\alpha = 0,05$ dla wysokości (*h*)

Table 5. Results of Tukey's HSD test at $\alpha = 0.05$ for height (*h*)

Czynnik – Factor		<i>h</i> , cm	Grupy jednorodne Uniform groups		
podcinanie korzenia root cutting	dawka N dose N kg·ha ⁻¹		1	2	3
P	25 kg	30,78			****
P	50 kg	39,71	****		
N	50 kg	46,43	****	****	
N	25 kg	50,09		****	

DYSKUSJA

W literaturze brak jest obszerniejszych opracowań uwzględniających łączny wpływ zabiegów podcinania oraz nawożenia na wzrost i przeżywalność sadzonek w warunkach uprawy leśnej. Niekorzystne zmiany związane z nadmiernym skróceniem korzeni szkieletowych przed przesadzeniem potwierdzają wyniki uzyskane przez Buraczyka i in. (2011), którzy badali dalszy rozwój sadzonek o korzeniach skróconych

w różnym stopniu po ich zaszkołkowaniu. Należy jednak mieć na uwadze, że doświadczenie to przeprowadzono w warunkach dalszego wzrostu w warunkach szkółki leśnej.

Analiza statystyczna podstawowych cech biometrycznych oraz przeżywalności w warunkach uprawy podokapowej sadzonek bukowych wyprodukowanych różnymi technologiami wykazała, że oba uwzględnione w badaniach czynniki wywierają wpływ na wzrost młodych drzew w pierwszym sezonie wegetacyjnym.

Badane warianty materiału odnowieniowego już na starcie różniły się wymiarami, co potwierdzają wyniki opublikowane przez Kasprzyka i Jastrzębowski (2016). Uzyskany w doświadczeniu wynik wskazuje, że po roku wzrostu w uprawie podokapowej utrzymują się różnice w wysokości sadzonek, jakie zaobserwowano na szkółce. Dlatego wydaje się, że pod względem znaczenia hodowlanego wynik przeżywalności sadzonek najsilniej wpływa na ocenę technologii wyprodukowanego materiału odnowieniowego. Spośród badanych wariantów, sadzonki bukowe z niepodcinanym systemem korzeniowym i nawożone połową dawki nawozu azotowego (NN 25 kg) są najmniej przydatne do odnowień, mimo wysokości, którą charakteryzowały się na koniec okresu pomiarowego. Zaobserwowano, że w przypadku tych sadzonek (NN 25 kg) przewaga wysokości uzyskana w warunkach na szkółce utrzymuje się po roku wzrostu w warunkach uprawy podokapowej. Sadzonki te charakteryzowały się także małym przyrostem, poniżej średniej doświadczenia (6,62 cm). Mała średnia ich przeżywalność (NN 25 kg), nieco ponad 56%, połączona z dobrym wynikiem przyrostu wysokości może świadczyć, że inne czynniki mogły wpłynąć na adaptację tych sadzonek w nowym miejscu. Hodowcy wskazują na błędy związane z zastosowaną techniką sadzenia. Szyguła i in. (2012), badając wpływ różnych technik sadzenia na udatność, wskazują na związek między deformacją systemów korzeniowych a przeżywalnością. Szewczyk (2014) kategorycznie stwierdza, że błędy popełnione podczas sadzenia sosny zwyczajnej odpowiadają za wypadki. W tym konkretnym przypadku doświadczenie zostało założone przez zespół doświadczonych robotników pod nadzorem autorów eksperymentu, dlatego raczej wątpliwy jest wpływ czynnika związanego z jakością sadzenia. Bardziej prawdopodobne wydaje się to, że niedostateczna ilość substancji odżywczych zmagazynowanych w systemie korzeniowym była kluczowym czynnikiem wpływającym na przeżywalność. Na takie przypuszczenie wskazują wyniki doświadczeń z dębem prowadzonych w warunkach uprawy (Cuesta i in., 2010).

W ocenie wyników doświadczenia okazało się kluczowe to czy młode sadzonki przeżywają po posadzeniu, czy obumierają na skutek różnych czynników. Pod tym względem najkorzystniej wypada wariant sadzonek z podcinanym korzeniem i nawożonych pełną

dawką nawozu azotowego (PN 50 kg). Drugą najwyższą ocenę otrzymały sadzonki bukowe z niepodcinanym systemem korzeniowym i nawożone pełną dawką nawozu azotowego (NN 50 kg). W doświadczeniu ten wariant charakteryzował się dość wysoką średnią przeżywalnością (blisko 83%) oraz zbliżoną średnią wysokością i przyrostem wysokości do najlepszego pod tym względem wariantu.

Uzyskane wyniki, przynajmniej w odniesieniu do sadzonek niepodcinanych i nawożonych większą dawką azotu, potwierdzają częściowo rezultaty uzyskane przez Andersen (2001), gdzie po dwóch latach trwania doświadczenia sadzonki buka o korzeniu skróconym przed posadzeniem do 19 cm przeżyły nawet w 94%, niezależnie od konkurencji ze strony roślinności trawiastej. Niższy od uzyskanego przez Andersen procent przeżywalności sadzonek niepodcinanych i nawożonych pełną dawką azotu może być efektem nieco większego skrócenia korzeni podczas wyorywania sadzonek przeznaczonych na potrzeby doświadczenia (pomiędzy 15 a 20 cm).

Przeprowadzone doświadczenie jest próbą oceny wpływu określonych kombinacji zabiegów szkółkarskich na dalszy rozwój upraw bukowych i wskazuje na możliwość rezygnacji w pewnych warunkach z obciążonego ryzykiem zabiegu podcinania korzeni.

WNIOSKI

W doświadczeniu zaobserwowano, że ubytek systemów korzeniowych, do którego dochodzi na etapie produkcji szkółkarskiej siewek buka zwyczajnego w wyniku podcinania korzeni sadzonek można zrekompensować większą dawką nawozu azotowego.

W doświadczeniu zaobserwowano, że zmniejszenie dawki azotu do 25 kg/ha nie zakłóca wzrostu na wysokość w uprawie siewek bukowych z niepodcinanym systemem korzeniowym, wpływa jednak na zmniejszenie udatności upraw dla tego rodzaju sadzonek.

Sadzonki podcinane, w przedstawionym doświadczeniu podokapowym, niezależnie od dawki zastosowanego na etapie produkcji szkółkarskiej nawożenia azotowego, oraz sadzonki niepodcinane, lecz nawożone pełną wyliczoną dawką okazały się materiałem sadzeniowym gwarantującym uzyskanie zadowolającej udatności upraw w pierwszym roku po posadzeniu.

Z racji większych wymiarów części nadziemnej, na powierzchniach skłonnych do zachwaszczania się można rozważyć stosowanie sadzonek niepodcinanych, nawożonych na szkółce pełną dawką azotu. Zastosowanie większych sadzonek powinno ułatwić ich wyszukiwanie na zachwaszczającej się powierzchni podczas prowadzenia prac pielęgnacyjnych.

PIŚMIENNICTWO

- Andersen, L. (2001). Survival and growth of *Fagus sylvatica* seedlings root-pruned prior to transplanting under competitive conditions. *Scand. J. For. Res.*, 16, 4, 318–323. <https://doi.org/10.1080/713785155>
- Barzdajn, W. (2006). Wpływ technologii produkcji i pory sadzenia jednolatek sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) na udatność i początkowy wzrost uprawy. *Sylvan*, 150(8), 38–51.
- Barzdajn, W. (2010). Wzrost uprawy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) założonej przy użyciu sadzonek z bryłką i z nagim korzeniem w różnych terminach sadzenia. *Sylvan*, 154(5), 312–322.
- Barzdajn, W., Kowalkowski, W. (2016). Wpływ pory sadzenia i technologii produkcji sadzonek na wzrost sosny zwyczajnej w doświadczeniu w Nadleśnictwie Oleśnica. *Sylvan*, 160(2), 127–134.
- Bernadzi, E., Czereyski, K., Ilmurzyński, E., Marszałek, T., Szymański, S. (1980). Trzebieże. Warszawa: PWRiL.
- Buraczyk, W., Drozdowski, S., Szeligowski, H., Gawron, L., Karpik, M. (2011). Wpływ skracania systemów korzeniowych dwuletnich sadzonek świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst.) na ich wzrost po posadzeniu. *Sylvan*, 155(7), 482–492.
- Cuesta, B., Villar-Salvador, P., Puértolas, J., Jacobs, D., Rey-Benayas, J. M. (2010). Why do large, nitrogen rich seedlings better resist stressful transplanting conditions? A physiological analysis in two functionally contrasting Mediterranean forest species. *For. Ecol. Manag.*, 260, 71–78.
- Kasprzyk, W., Jastrzębowski, S. (2016). Wpływ podcinania korzeni i nawożenia na cechy biometryczne dwuletnich sadzonek buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). *Leśn. Pr. Bad.*, 77(3), 256–260.
- Kliczkowska, A., Zielony, R. (2012). Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. Warszawa: GDLP.
- Krzywański, Z., Wójcik-Wojtkowiak, D. (2002). *Zarys fizjologii roślin – wykłady i ćwiczenia* (s. 85–99). Poznań: Wyd. AR.
- Plan urzędzenia lasu dla Nadleśnictwa Jawor na okres od 1 stycznia 2008 r. do 31 grudnia 2017 r. (2007). Brzeg: Biuro Urzędzenia Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu.
- Raport o stanie lasów w Polsce 2015 (2016). Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe. Warszawa: Centr. Inf. LP.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakie powinien spełniać leśny materiał podstawowy (2004). *Dz.U.* nr 100, poz. 1026.
- Kala, R. (2002). *Statystyka dla przyrodników*. Poznań: Wyd. AR.
- Schultz, R. C., Thompson, J. R. (1996). Effect of density control and undercutting on root morphology of 1+0 bare-root hardwood seedlings: five-year field performance of root-graded stock in the central USA. *New Forests*, 13, 297–310.
- Szewczyk, W. (2014). Skala zniekształceń systemów korzeniowych sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* (L.) w uprawach leśnych. *Sylvan*, 158(10), 754–760.
- Szygła, J., Barzdajn, W., Kowalkowski, W. (2012). Wpływ sposobu sadzenia na wzrost uprawy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) założonej na gruncie porolnym. *Sylvan*, 156(2), 88–99.
- Tkaczyk, M., Nowakowska, J. A., Oszako, T. (2014). Nawozy fosforowe jako stymulatory wzrostu roślin w szkółkach leśnych. *Sylvan*, 158(1), 3–9.
- Wesoły, W., Hauke, M. (2009). *Szkółkarstwo leśne od A do Z*. Warszawa: CILP
- Wesoły, W., Cichocka, I., Hauke, M., Sienkiewicz, A. (2005). Wytyczne nawożenia dolistnego oraz stosowanie nawozów wieloskładnikowych o długim okresie działania w szkółkach kontenerowych i otwartych. Poznań – Warszawa: Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych.
- Zaczek, J. J., Steiner, K. C. (2011). The influence of cultural treatments of the long term survival and growth of planted *Quercus rubra*. W: *Proceedings of the 17th Central Hardwood Forest Conference*. Lexington, KY. April 5–7, 2010. GTR-NRS-P-78 (s. 294–305). Newtown Square, PA: USDA Forest Service, Northern Research Station.

THE EFFECT OF NITROGEN FERTILISATION AND ROOT UNDERCUTTING ON GROWTH AND SURVIVAL OF BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN CULTIVATION

ABSTRACT

Background. The paper presents an analysis of the effect of nitrogen fertilisation and root undercutting on growth and survival rates of 2-year old seedlings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) after a vegetation season of their growth in cultivation.

Material and methods. The experimental material came from an experimental site established in the Jawor Forest District administered by the Regional Directorate of the State Forests in Wrocław. Analyses were conducted on young European beech trees after a year of growth in a second-growth forest, established using 2-year old seedlings produced by various methods. Two factors were investigated in the experiment, i.e. nursery production method (seedlings with no root undercutting vs. seedlings with root undercutting) and the effect of varying nitrogen fertilizer application rates (25 kg·ha⁻¹ and 50 kg·ha⁻¹).

Results. The experiment showed a strong effect of seedling production technology and nitrogen fertilisation on survival rates, height and increment in height of beech seedlings. It was found that in cultivation the seedlings with no root undercutting, fertilized with nitrogen fertiliser applied at 25 kg·ha⁻¹, were the tallest. However, those seedlings had the lowest survival rates. It was shown that the varied nitrogen fertiliser application rates had a lesser effect on biometric traits of European beech in comparison to the effect of root undercutting. An interaction was also observed for the investigated factors in terms of their effect on survival rates and morphological characteristics of young beech seedlings.

Conclusion. The reduction of root systems at the stage of nursery production produced by root undercutting in European beech seedlings may be compensated for by a higher nitrogen fertiliser application rate. The reduction of nitrogen fertiliser dose to 25 kg·ha⁻¹ does not disturb growth in height in cultivation of beech seedlings with no root undercutting. Nitrogen fertiliser application rate may be lowered to 25 kg·ha⁻¹ when root undercutting is eliminated in nursery production; however, a potential drawback of this method is connected with the risk of low reforestation success.

Keywords: nursery production, European beech, fertilisation, root undercutting, growth