

WŁADYSŁAW BARZDAJN, WOJCIECH KOWALKOWSKI, JĘDRZEJ SZYGUŁA

Wzrost drzewostanu sosnowego do fazy tyczkowiny w zależności od sposobu założenia uprawy na gruncie zalesianym

Growth of Scots pine stand to the stage of polewood with regard to the method of culture establishment in the afforested farmland

ABSTRACT

Barzdajn W., Kowalkowski W., Szyguła J. 2017. Wzrost drzewostanu sosnowego do fazy tyczkowiny w zależności od sposobu założenia uprawy na gruncie zalesianym. Sylwan 161 (9): 723-729.

The aim of the study was to compare the growth of plantations established with manual and mechanical methods using planting material of various age. The experiment was established in 2000, in the Góra Śląska Forest District (W Poland) on a former farmland. One- and two-years-old Scots pine seedlings were used. Applied planting methods included: conventional planting bar, German Huff's dibble, trowel, Junack spade and three types of planting machines. The complete random block design with five replications was adopted. For the requirements of machine operation, unit plots were elongated rectangles with the longer side of 100 m and the shorter side of 4.5 m. Each plot consisted of three trenches. Spacing between seedlings in the trench was selected to ensure 10,000 seedlings/ha density. Measurements were carried out in 2000, 2001, 2002, 2003, 2008 and 2015. In the first five dates all heights were measured and seedling survival rates were established based on the number of measurements. In 2008 and 2015 all diameters at breast height were measured. In 2015 height of sample trees was recorded, while the height of the other trees was calculated according to the Prodan model $h=d^2/(a+bd+cd^2)+1.3$. Based on the measured diameters at breast height and established heights, basal area at the breast height and total tree volume were calculated for each plot. Survival rate is the primary parameter in the evaluation of planting methods, as it most effectively differentiates treatments. Stand height showed no significant diversification with regard to the treatments. For mean diameters at breast height the only differences were found between two-year old and one-year old seedlings, irrespective of the planting method. Despite the lack of differences in growth, effects of various planting methods and different planting material remain and as a result of high class timber already found in the stand these effects have become economically important. The decision on the selection of a particular planting material type and planting method has extensive economic consequences, as it affects productivity of grown stands at least at the first thinning operations. Planting machines are good tools in the establishment of forest cultures and the quality of their work exceeds that of manual operations.

KEY WORDS

Scots pine, former farmland, planting methods

ADDRESSES

Władysław Barzdajn ⁽¹⁾ – e-mail: barzdajn@up.poznan.pl

Wojciech Kowalkowski ⁽¹⁾ – e-mail: wojkoyal@up.poznan.pl

Jędrzej Szyguła ⁽²⁾ – e-mail: jedrzej.szygula@poznan.lasy.gov.pl

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

⁽²⁾ Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Poznaniu; ul. Gajowa 10, 60-959 Poznań

Wstęp

Postęp w hodowli lasu przejawia się między innymi w mechanizacji prac przy odnowieniach sztucznych. Zakładanie upraw sadzeniem odbywa się najczęściej z zastosowaniem narzędzi ręcznych, lecz spotyka się też urządzenia mechaniczne. Konstruktorzy sadzarek na ogół zaniedbują porównanie jakości pracy maszyn z jakością pracy ręcznej lub wyników tych porównań nie publikują. Brak takich porównań skutkuje niedocenianiem zalet (lub nieznanymi wad) sadzarek i rezygnacją z nich na rzecz narzędzi ręcznych, a zatem niską wydajnością i wysokimi kosztami pracy.

W 2000 roku w Nadleśnictwie Góra Śląska założono doświadczenie, którego celem było porównanie wzrostu sztucznych zalesień powstałych przy zastosowaniu narzędzi ręcznych i mechanicznych oraz jednorocznego i dwuletniego materiału sadzeniowego [Szyguła i in. 2012]. Wybór lokalizacji wynikał z dużego rozmiaru prac zalesieniowych realizowanych w nadleśnictwie w tamtym okresie i poszukiwania przez kadrę terenową rozwiązywania trudności z tym związanych. W związku z tym, że początkowe różnice wzrostu zachowały się do młodnika w wieku 9 lat, zaistniała potrzeba kontynuowania badań. W 2015 roku drzewostan wymagał już trzebieży wczesnej.

Materiał i metody

Doświadczenie założono wiosną 2000 roku na zalesianej łące, na glebie brunatnej właściwej i brunatnej wylugowanej wytworzonej z piasków luźnych na piaskach słabo gliniastych. Według leśnej typologii siedlisk jest to bór mieszany świeży (BMśw). Jako gatunek główny wybrano więc sosnę. Doświadczenie obejmowało następujące obiekty: dwulatki sadzone sadzarką L76, dwulatki sadzone sadzarką GNKp, dwulatki sadzone sadzarką Egedal, dwulatki sadzone w jamkę łopata ogrodniczą, dwulatki sadzone w jamkę łopata Junack, jednolatki sadzone sadzarką L76, jednolatki sadzone w szparę pod kostur i jednolatki sadzone na ukos kosturem Huffa. Łopata Junack i kostur Huffa to narzędzia ręczne nieużywane i na ogół nieznanne w Polsce. Wybrano układ doświadczalny bloków kompletnie zrandomizowanych, z pięcioma powtórzeniami-blokami. Poletka, ze względu na używanie narzędzi mechanicznych, miały wydłużony kształt, długość 100 m i szerokość 4,5 m (3 rzędy co 1,5 m). Zagęszczenie sadzonek wynosiło 10 000 szt./ha. Pomiarzy wykonano w latach 2000, 2001, 2002, 2003, 2008 i 2015. W pierwszych pięciu terminach mierzono wszystkie wysokości, a z liczby pomiarów ustalano przeżywalność drzewek. W latach 2008 i 2015 pomierzono wszystkie pierśnice. W 2015 roku pomiar wysokości łatą pomiarową był niemożliwy, zastosowano więc wysokościomierz Vertex, którym zmierzono wysokość drzew próbnych. Wysokość pozostałych drzew odczytano z krzywej wysokości, obliczonej według modelu Prodana:

$$h = d^2 / (a + b \cdot d + c \cdot d^2) + 1,3$$

Na podstawie pomiarów pierśnic i ustalonych wysokości obliczono poletkowe sumy pierśnicowego pola przekroju i sumy całkowitej miąższości drzew.

Do opracowania wyników zastosowano następujący stały model analizy wariancji:

$$y_{ij} = \mu + a_i + b_j + e_{ij}$$

gdzie:

y_{ij} – wartość cechy dla poletka,

a_i – efekty obiektowe,
 b_i – efekty blokowe,
 e_{ij} – błędy.

Gdy test F w analizie wariancji wykrywał istotne różnice, dzielono obiektową sumę kwadratów na kontrasty ortogonalne i weryfikowano je testem F . Dla 8 obiektów liczba niezależnych porównań między nimi wynosi 7 – tyle kontrastów przetestowano. Dodatkowo dla miąższości w 2015 roku wykonano nowy wielokrotny test rozstępu Duncana. Dla przeżywalności wyrażonej w procentach zastosowano transformację danych według Bliss: $y = \arcsin(p^{0,5})$.

Znając średnie wysokości z 6 pomiarów wykonanych w okresie 16 lat, wykreślono krzywe wzrostu dla poszczególnych obiektów, testując przy okazji dwa modele wzrostu:

– MMF [Morgan i in. 1975]:

$$h = \frac{ab + ct^d}{b + t^d}$$

– Bruchwalda [1979]:

$$h = \left(\frac{t}{a + bt^c} \right)^d$$

gdzie:

h – wysokość [m],
 t – wiek drzewostanu [lata],
 a, b, c, d – parametry empiryczne.

Oba modele wykazywały bardzo wysokie dopasowanie do danych ($R^2 > 0,99$), jednakże model MMF wykazywał dla pierwszego roku zbyt wysokie wartości dla dwulatek i ujemne wartości dla jednolatek. Krzywe wzrostu wykreślono więc według modelu Bruchwalda [1979].

Wyniki

Cechą podstawową dla oceny metod sadzenia jest przeżywalność. Cecha ta także najbardziej różnicuje objekty (tab. 1). Wpływ sposobu sadzenia na wypadanie drzewek był bardzo wyraźny do wieku 4 lata, później osłabł, lecz do wieku 9 lat drzewka posadzone kosturem leśnym i kosturem Huffa nadal wypadają w zwiększonej liczbie (ryc. 1). Pomiędzy 9. a 16. rokiem drzewka wypadają już równomiernie, prawdopodobnie za sprawą naturalnego przerzedzania się młodnika/tyczkowiny na skutek wewnętrznej konkurencji. Oceniając sposoby sadzenia według przeżywalności, stwierdzono, że do wieku drzewostanu 16 lat: dwulatkę przeżyły w większej liczbie od jednolatek, lepiej przeżyły dwulatkę posadzone sadzarkami od tych posadzonych łopatami, nieco lepszym narzędziem okazała się łopata Junack, spośród jednolatek lepiej zaadaptowały się posadzone sadzarką niż posadzone kosturami, a kostur Huffa okazał się istotnie gorszym narzędziem od kostura leśnego i najgorszym ze wszystkich narzędzi.

Wysokość drzewostanu nie wykazała istotnego zróżnicowania obiektów (tab. 2). W 2008 roku wpływ metod sadzenia na wysokość był jeszcze bardzo wyraźny. Od tego roku krzywe wzrostu zaczęły zbliżać się do siebie (ryc. 2). Dla średniej pierśnicy udowodniono jedynie istnienie różnic pomiędzy dwulatkami a jednulatami, niezależnie od metod sadzenia (tab. 2). Pierśnicowe pole przekroju dwulatek istotnie różniło się od wartości dla jednolatek. Formalnie nieistotna jest różnica między dwulatkami sadzonymi sadzarkami a sadzonymi łopatami ($p=0,07$). Poziom istotności nie został osiągnięty z powodu nieco słabszego wyniku uzyskanego przez dwulatkę sadzoną sadzarką Egedal. U jednolatek zanotowano istotną różnicę pomiędzy sadzonymi kosturem leśnym a kosturem Huffa. Różnica na korzyść kostura leśnego wyniosła tu 8,4 m²/ha. Jej

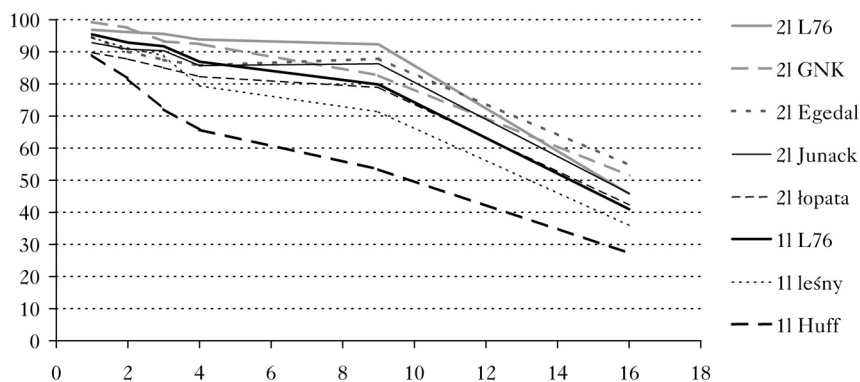
Tabela 1.

Wiek (W [lata]) i sposób sadzenia (Sposób) sadzonek oraz średni procent przeżycia (PP [%]), wysokość (H [m]), pierśnica (D [cm]), pierśnicowe pole przekroju (G [m²/ha]) i miąższość (V [m³/ha]) badanego drzewostanu w 2015 roku

Seedlings age (W [years]) and planting method (Sposób) as well as mean survival rate (PP [%]), height (H [m]), breast height diameter (D [cm]), basal area (G [m²/ha]) and volume (V [m³/ha]) of the analysed stand in 2015

W	Sposób	PP	H	D	G	V
2	L 76	45,77	9,74	10,08	41,35	250,27a
2	GNKp	51,42	9,71	9,49	40,26	249,47a
2	Egedal	54,71	9,71	9,73	35,33	230,13a
2	Łopata Junack Junack spade	45,88	9,70	9,52	35,46	230,13a
2	Łopata ogrodnicza Trowel	42,30	9,73	10,13	34,39	234,13a
1	L76	40,99	9,66	8,78	28,06	191,73ab
1	Kostur leśny Forest dibble	35,89	9,68	9,35	26,91	172,27b
1	Kostur Huffa Huff's dibble	27,25	9,67	9,07	18,50	111,60c

te same litery oznaczają jednorodne grupy miąższości
the same letters indicate homogenous groups for volume



Ryc. 1.

Przeżywalność [%] sosny zwyczajnej w zależności od sposobu sadzenia i wieku sadzonek

Survival rate [%] of Scots pine depending on the planting method and seedling age

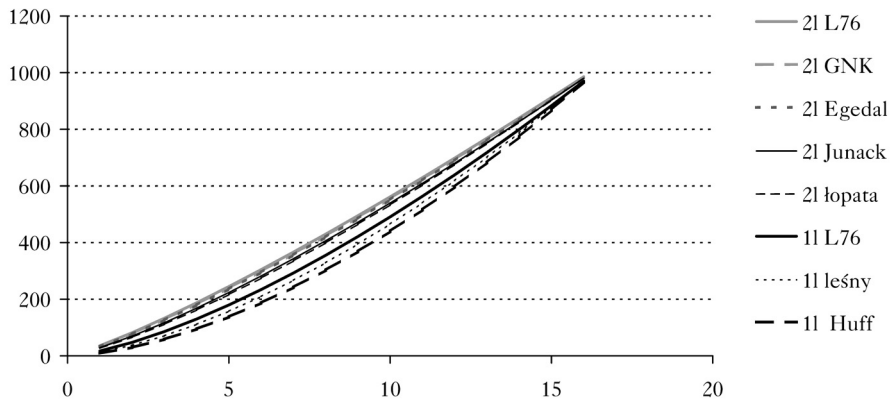
1l – jednolatki, 2l – dwulatki; leśny – kostur leśny, Huff – kostur Huffa

1l – 1 year old, 2l – 2 years old; łopata – trowel, leśny – forest dibble, Huff – Huff's dibble

istotność nie ma więc tylko charakteru statystycznego, lecz także użytkowy. Stwierdzono różnice w miąższości między dwulatkami i jednolatkami. Wśród jednolatek zaobserwowano korzystny wpływ sadzenia sadzarką w porównaniu z kosturami. Także pomiędzy kosturami (kostur leśny vs kostur Huffa) stwierdzono istotne różnice, które sięgały ponad 60 m³/ha.

Dyskusja

Różnice między obiektami, które utrzymały się do wieku drzewostanu wynoszącego 16 lat, wynikają przede wszystkim z różnic w śmiertelności, utrzymujących się aż do wieku 9 lat. Dalszy ubytek drzew jest już w przybliżeniu równomierny. Można uznać, że w 2015 roku proces adaptacji drzew do warunków siedliskowych zakończył się we wszystkich obiektach i dlatego różnice wzro-



Ryc. 2.

Wzrost średniej wysokości [cm] drzewostanu w zależności od sposobu sadzenia i wieku sadzonek
 Growth of average stand height [cm] depending on the planting method and seedling age
 oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as in figure 1

Tabela 2.

Schemat podziału obiektowej sumy kwadratów na kontrasty ortogonalne i otrzymane poziomy istotności dla obiektów i kontrastów (oznaczenia jak w tabeli 1, Dg – pierśnica drzewa o przeciętnym przekroju)
 Scheme of treatment sums of squares into orthogonal contrasts and obtained significance levels for treatments and contrasts (denotes as in table 1, Dg – quadratic mean diameter)

	df	H	D	Dg	PP	G	V
Bloki Blocs	4	0,0925	0,0480	0,0638	0,0005	0,2983	0,2929
Obiekty Experimental objects	7	0,0988	0,0066	0,0057	0,0000	0,0000	0,0001
1l vs 2l	1		0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2l sadzarki vs łopaty 2l planter vs spade	1		0,7953	0,0000	0,0084	0,0666	0,5086
2l L76+GNK vs Egedal	1		0,8629	0,0000	0,0584	0,0648	0,3849
2l L76 vs GNK	1		0,0968	0,7596	0,1262	0,7419	0,8780
2l łopata zwykła vs Junack 2l spadle vs trowel	1		0,2594	0,3082	0,0017	0,7778	0,8780
1l L76 vs kostury 1l L76 vs wedges	1		0,1658	0,0005	0,0035	0,0703	0,0341
1l kostur leśny vs kostur Huffa 1l forest dibble vs Huff's dibble	1		0,4141	0,0526	0,0148	0,0164	0,0260

1l – jednolatki, 2l – dwunolatki; 1l – 1 year old, 2l – 2 years old

stowe są już w zaniku. Dotyczy to przede wszystkim wysokości, w mniejszym stopniu pierśnicy. Możliwe jest też, że w niektórych obiektach, stwarzających względnie niekorzystne warunki adaptacji, przyjęły się tylko najbardziej żywotne drzewka, a ich wzrost zależy właśnie od tej cechy. Niska przeżywalność stwarza też większe stoisko pozostałym drzewom, które dzięki temu mogą więcej przrastać na promieniu.

Pomimo zaniku różnic we wzroście skutki różnych metod sadzenia oraz różnego materiału sadzeniowego utrzymują się nadal i w związku z tym, że w drzewostanie pojawiło się już drewno użytkowe, nabrały znaczenia ekonomicznego. Interesująca jest różnica miąższości pomiędzy drzewostanem wyrosłym z jednolatek posadzonych zwykłym kosturem leśnym a drzewostanem

posadzonym kosturem Huffa. Drzewostan z sadzenia zwykłym kosturem wykazał w wieku 16 lat miąższość większą o 61 m³/ha. Drzewostan powstały z sadzenia kosturem Huffa wykazał niższą produkcję w całym doświadczeniu. Pomimo bardzo dobrych ocen tego narzędzia z punktu widzenia ergonomii i wydajności pracy [Giefing i in. 2003], sprzęt ten nie sprawdził się pod względem wzrostu posadzonych nim upraw sosnowych. Drzewostan wyrosły z jednolatek posadzonych sadzarką ma miąższość o około 19 m³/ha większą od drzewostanu wyrosłego z jednolatek posadzonych pod zwykły kostur, lecz różnica ta nie została potwierdzona analizą statystyczną.

Niemal wszystkie cechy (z wyjątkiem wysokości) potwierdziły znaczną, istotną nie tylko w sensie statystycznym, przewagę dwulatek nad jednolatkami. Różnica miąższości, z pominięciem drzewostanu posadzonego kosturem Huffa, wyniosła średnio 57 m³/ha na korzyść obiektów obejmujących dwulatkę. Może to wynikać ze specyfiki powierzchni doświadczalnej, na której jest dobre zaopatrzenie sadzonek w wodę. Na tej powierzchni uprawy i młodniki powstałe z sadzenia dwulatek od początku rozwijały się lepiej od upraw i młodników z jednolatek [Szyguła i in. 2012]. Korzyść z wyboru dwulatek przejawiała się więc nie tylko w większej zasobności tyczkowiny, lecz także w ograniczeniu kosztów pielęgnacji.

Różnice w adaptacji i początkowym wzroście po posadzeniu mogą wynikać ze zniekształceń systemów korzeniowych oraz z mechanicznych modyfikacji gleby. Spulchnianie (przez sadzarkę) lub zagęszczanie gleby (przez wszystkie narzędzia) mogą też modyfikować warunki bytowania innych organizmów, np. grzybów symbiotycznych lub pasożytniczych, sprzyjających przeżywaniu lub chorobotwórczym [Żółciak, Sierota 1997; Szewczyk 2014]. Związek pomiędzy zniekształceniem systemów korzeniowych w trakcie sadzenia a porażeniem ich przez patogeny można uznać za udowodniony [Szewczyk 2014]. Autorzy nie mają informacji na temat bezpośrednich przyczyn wypadania drzewek w różnych obiektach przez wiele lat po posadzeniu, gdyż nie wykonywano badań fitopatologicznych, ale zniekształcenia korzeni musiały wystąpić. W wypadku sadzenia kosturem leśnym było to na pewno boczne ściśnięcie korzeni i prawdopodobnie wystąpiło ich zawinięcie. W wypadku sadzenia „na ukos” kosturem Huffa na pewno wystąpiło nienaturalne położenie systemów korzeniowych i ich ściśnięcie, a prawdopodobnie splątanie. Najmniej okazji do błędów sadzenia stwarzały sadzarki i dlatego nie dziwi dobry wzrost drzewostanów powstałych z sadzenia maszynowego. Nową w pewnym stopniu i bardzo ważną informacją jest długotrwały wpływ rodzaju materiału sadzeniowego i metod sadzenia na wzrost nie tylko upraw, lecz młodnika i tyczkowiny, wyrażający się w istotnych różnicach w wielkości produkcji drewna. Stwierdzone wielkości różnic być może byłyby nieco inne, gdyby badania wykonano na większych, przede wszystkim szerszych poletkach. Jednakże wszystkie obiekty rosły na takich samych poletkach i istnienie różnic jest niewątpliwe. Decyzje dotyczące zakładania upraw mają wpływ nie tylko na koszty wyprowadzenia młodników, ale także na produktywność powstających drzewostanów.

Podsumowanie

Decyzja o wyborze rodzaju materiału sadzeniowego i metody sadzenia ma bardzo daleko idące skutki o charakterze ekonomicznym, gdyż wpływa na produktywność powstałych drzewostanów, przynajmniej w okresie pierwszych trzebieży. Sadzarki są dobrym narzędziem zakładania upraw leśnych, a jakość ich pracy jest wyższa od jakości pracy ręcznej.

Literatura

- Bruchwald A. 1979. Zmiana z wiekiem wysokości górnej w drzewostanach sosnowych. *Sylvan* 123 (2): 1-9.
 Giefing F., Grzywiński W., Kosak J. 2003. Physical work load of workers during planting using different types of dibbles. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 6 (1): #02.

- Morgan P. H., Mercer L. P., Flodin N. W. 1975. General model for nutritional responses of higher organisms. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. 72: 4327-4331.
- Szewczyk W. 2014. Skala zniekształceń systemów korzeniowych sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* (L.) w uprawach leśnych. Sylwan 158 (10): 754-760.
- Szyguła J., Barzdajn W., Kowalkowski W. 2012. Wpływ sposobu sadzenia na wzrost uprawy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) założonej na gruncie porolnym. Sylwan 156 (2): 89-99.
- Żółciak A., Sierota Z. 1997. Zabiegi hodowlane a zagrożenie drzewostanów przez patogeny korzeni. Prace Inst. Bad. Leś. B 33: 71-84.