

WPŁYW SPOSOBU SADZENIA NA JAKOŚĆ KORZENI SOSNY W UPRAWACH LEŚNYCH

Wojciech Szewczyk¹✉, Katarzyna Szewczyk², Marta Bełka¹

¹Katedra Fitopatologii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

²Katedra Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

ABSTRAKT

Wstęp. Prawidłowe sadzenie powinno zabezpieczyć sadzonkę przed niekorzystnymi warunkami i umożliwić wzrost w warunkach uprawy leśnej. Przy sadzeniu, niezależnie od wybranego sposobu, najważniejsze jest prawidłowe ułożenie korzeni i ich przykrycie glebą. Zastosowana technika sadzenia często nie sprzyja prawidłowemu wykształceniu się systemu korzeniowego, ale także zwiększa zagrożenie infekcyjne.

Cel pracy. Celem pracy było porównanie ułożenia systemu korzeniowego oraz wartości wybranych cech biometrycznych sosny na powierzchniach odnowionych różnymi technikami.

Materiał i metodyka. Pobrany materiał badawczy w postaci drzewek z korzeniami został poddany pomiarom biometrycznym, ocenie stopnia deformacji korzeni oraz stopnia porażenia przez osutkę sosny. Dodatkowo określono wskaźnik R/S (root to shoot ratio).

Wyniki i wnioski. Na powierzchniach odnawianych z użyciem sadzarki prawidłowo ukształtowane korzenie stwierdzono w 25% badanej populacji. Na pozostałych powierzchniach było to 17%. Współczynnik SUK osiągnął niższe wartości dla upraw założonych z użyciem sadzarki w porównaniu z sadzeniem ręcznym. Stopień porażenia przez osutkę sosny okazał się stosunkowo wysoki. Najwyższe współczynniki R/S uzyskano na powierzchniach o najmniejszym wskaźniku SP . Z przeprowadzonych badań wynika, że korzenie sosen przy sadzeniu mechanicznym są mniej zdeformowane. Czynniki chorobowe w postaci osutki sosny mógł mieć wpływ na wzrost drzewek.

Słowa kluczowe: sosna zwyczajna, sposób sadzenia, deformacja korzeni, osutka

WSTĘP

W Polsce uprawy leśne powstają najczęściej w sposób sztuczny poprzez ręczne sadzenie w szparę, w jamkę i w dołki. Prawidłowe sadzenie powinno zabezpieczyć sadzonkę przed niekorzystnymi warunkami i umożliwić wzrost w warunkach uprawy leśnej. Przy sadzeniu, niezależnie od wybranego sposobu, najważniejsze jest prawidłowe ułożenie korzeni i ich przykrycie glebą.

Zastosowana technika sadzenia często nie sprzyja prawidłowemu wykształceniu się systemu korzeniowego, ale także zwiększa zagrożenie infekcyjne, na przykład na terenach występowania opieńki (Żółciak i Sierota, 1997). Wadą tą może być obarczonych nawet 70% drzewek zamarych w wieku uprawy (Sierota, 1997). Na terenie występowania opieńkowej zgnilizny

Projekt sfinansowano w ramach badań własnych.

✉ wojciech.szewczyk@up.poznan.pl, <https://orcid.org/0000-0001-9846-9971>

Tabela 1. Charakterystyka powierzchni badawczych
Table 1. Characteristics of research areas

Numer powierzchni Plot number	Adres leśny Forest address	Sposób sadzenia Planting method	Wiek drzewek Age of trees	Typ siedliskowy lasu Forest site type	Bonitacja Site index
1	09-15-4-10-976-a-01	szpadel spade	5	BMśw fresh mixed coniferous	1
2	09-15-4-10-976-b-01	kostur stick	4	BMśw fresh mixed coniferous	2
3	09-15-4-10-923-f-00	kostur stick	3	Bśw fresh coniferous	2
4	09-15-4-10-925-a-01	kostur stick	3	Bśw fresh coniferous	1
5	09-15-4-10-944-c-01	kostur stick	3	Bśw fresh coniferous	1
6	09-15-4-10-960-c-01	sadzarka planter	3	BMśw fresh mixed coniferous	1
7	09-15-4-10-928-a-01	sadzarka planter	4	Bśw fresh coniferous	1
8	09-15-4-10-948-g-01	sadzarka planter	5	Bśw fresh coniferous	2

korzeni deformacje systemu korzeniowego przyczyniają się do wzrostu śmiertelności drzew (Szewczyk, 2014). Wobec braku rąk do pracy wydaje się wskazane wykorzystanie sadzenia maszynowego. Brak dostatecznych porównań sadzenia maszynowego z ręcznym skutkuje niedocenianiem zalet (lub nieznanymi wad) sadzarek i rezygnacją z ich wykorzystania na rzecz narzędzi ręcznych, co wiąże się z małą wydajnością i wysokimi kosztami pracy (Barzdajn i in., 2017). Ręczne wprowadzanie sadzonki w szczeliny wykonane kosturem charakteryzuje pracochłonność jednostkowa (w zależności od stopnia trudności) między 8,5 a 12,1 rbh na 1000 sadzonek, natomiast wykorzystanie sadzarki zawieszanej na ciągniku wiąże się z zapotrzebowaniem jednostkowym na robociznę wynoszącym odpowiednio 1,4–1,9 rbh na 1000 sadzonek (Nurek, 2011). Najmniej błędów obserwowano w sadzeniu z użyciem sadzarki, stąd zrozumiały dobry wzrost drzewostanów powstałych z sadzenia maszynowego (Barzdajn i in., 2017). Celem pracy było porównanie ułożenia systemu korzeniowego sosny na powierzchniach odnowionych różnymi technikami.

CHARAKTERYSTYKA POWIERZCHNI BADAWCZYCH

Jako powierzchnie doświadczalne wybrano uprawy sosnowe zlokalizowane na obszarze Puszczy Noteckiej na terenie Nadleśnictwa Oborniki, leśnictwa Chraplewo. Głównym kryterium wyboru powierzchni był sposób ich odnowienia. Wybór powierzchni był ograniczony ze względu na sporadyczne wykorzystywanie odnowienia za pomocą sadzarki i szpadla. Charakterystykę wybranych powierzchni przedstawiono w tabeli 1.

MATERIAŁY I METODYKA

Na każdej powierzchni wybrano po 50 drzewek, tak by nie tworzyć luk oraz by usuwanie drzew nie wpływało na stabilność uprawy. Materiał badawczy pobierano według przyjętego schematu. Pobieranie drzew rozpoczynano od piątego rzędu, licząc od granicy z drogą leśną lub drzewostanem graniczącym z uprawą. Następnie z użyciem szpadla wykopywano co dwudziestą sadzonkę w rzędzie, począwszy od

dwudziestej. Na początku ustalano stopień ułożenia korzeni oraz oceniano porażenie drzew przez osutkę. Po zmierzeniu wysokości drzewek, z dokładnością do 1 mm, materiał badawczy suszono w suszarce elektrycznej w temperaturze 105°C, a następnie ważono na wadze laboratoryjnej z dokładnością do 0,1 g. Ustalenie masy korzeni oraz masy pozostałej części drzewa pozwoliło na określenie rzeczywistego wskaźnika *R/S* (root to shoot ratio).

Stopień ułożenia systemu korzeniowego (*W*) określono na podstawie skali:

- 0 – korzeń prawidłowo ukształtowany
- 1 – bez widocznego korzenia głównego
- 2 – z widocznym korzeniem głównym, wygiętym w poziomie
- 3 – z widocznym korzeniem głównym, zawiniętym do góry.

Na podstawie otrzymanych danych obliczono stopień ułożenia korzeni (SUK) sosen na poszczególnych powierzchniach według wzoru:

$$SUK = \sum (P \times W) / n$$

gdzie:

- P* – liczba sosen w określonym stopniu ułożenia korzenia,
- W* – stopień ułożenia korzeni,
- n* – liczba ocenianych drzew.

Porażenie drzewek przez osutkę oceniano poprzez kwalifikację drzewek do jednej z 5 klas porażenia (*W*):

- 0 – drzewka zdrowe
- 1 – udział igieł porażonych do 25%
- 2 – udział igieł porażonych 26–50%
- 3 – udział igieł porażonych 51–75%
- 4 – udział igieł porażonych powyżej 75%.

Na podstawie otrzymanych danych obliczono stopień porażenia (SP) sosen przez osutkę na poszczególnych powierzchniach według wzoru (Aleksandrowicz-Trzczińska, 2008):

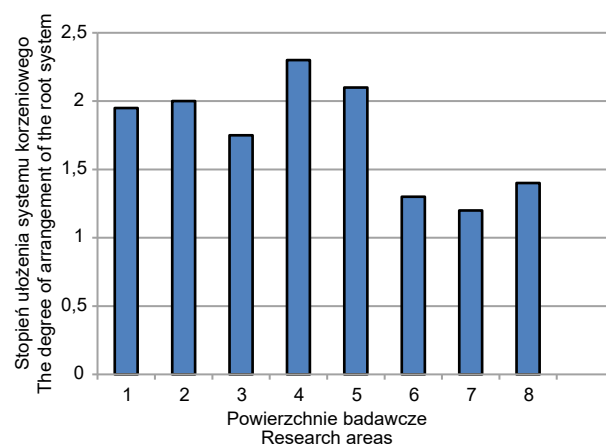
$$SP = \sum (P \times W) / n$$

gdzie:

- P* – liczba sosen porażonych w określonym stopniu,
- W* – klasa porażenia,
- n* – liczba ocenianych drzew.

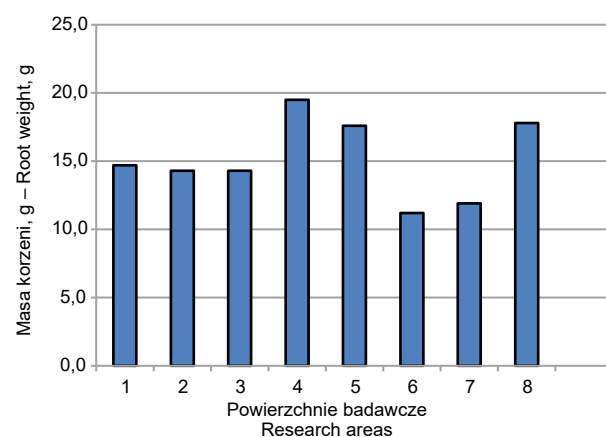
WYNIKI

Stopień ułożenia systemu korzeniowego (SUK) kształtował się na poziomie od 1,2 do 2,3, przy czym był najniższy na powierzchniach, na których stosowano sadzarkę (rys. 1). Na pozostałych powierzchniach

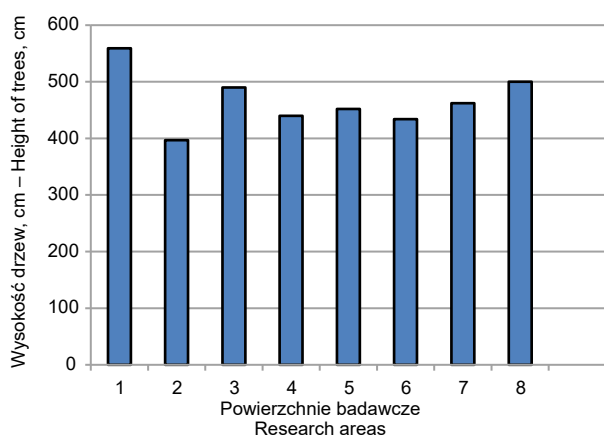


Rys. 1. Stopień ułożenia systemu korzeniowego (SUK)
Fig. 1. The degree of root positioning (DRP)

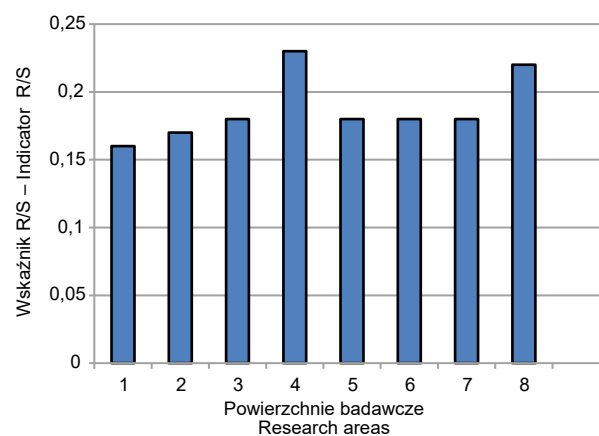
współczynnik uzyskiwał wartości wyższe niż 2, z wyjątkiem powierzchni 1, gdzie stosowano sadzenie pod szpadeł – tu SUK wyniósł 1,95. Średnia masa korzeni zawierała się w przedziale 11,2–19,5 g (rys. 2).



Rys. 2. Średnia masa korzeni, g
Fig. 2. Average root mass, g



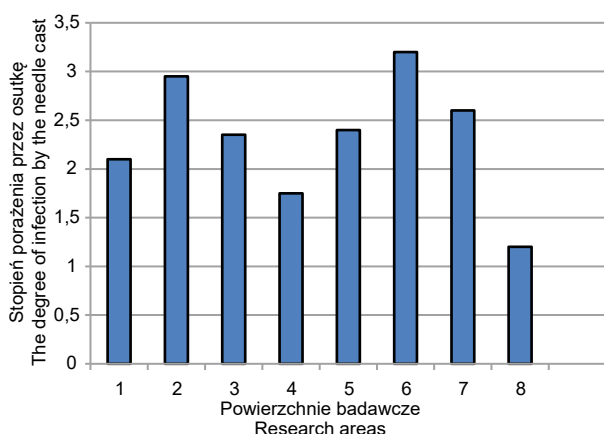
Rys. 3. Średnia wysokość drzewek, mm
Fig. 3. Average height of trees, mm



Rys. 5. Rzeczywisty wskaźnik R/S
Fig. 5. Real R/S ratio

Najmniejszą średnią masą korzeni charakteryzowały się drzewka z powierzchni 6 i 7, gdzie do sadzenia używano sadzarki. Różnice pomiędzy masą korzeni były istotne dla upraw zarówno w tym samym wieku ($F = 11,48; p < 0,001$), jak i w różnym wieku ($F = 14,68; p < 0,001$). Wysokość drzewek zawierała się w przedziale od 434 do 559 mm (rys. 3). Zróżnicowanie wysokości wynikało głównie z różnic w wieku drzewek. Na powierzchniach o tym samym wieku drzewek najniższą wartością wysokości charakteryzowały się sztuki na powierzchni 6. Różnice wysokości pomiędzy poszczególnymi rocznikami upraw

były istotne statystycznie ($F = 10,67; p < 0,001$), jak również w obrębie upraw w tym samym roczniku ($F = 15,70; p < 0,001$). Obliczony SP dla osutki sosny okazał się stosunkowo wysoki. Najmniejszą wartość wskaźnika – 1,75 zanotowano na powierzchni 4, a najwyższą – 3,2 na powierzchni 6 (rys. 4). Współczynnik R/S wyniósł od 1,6 na powierzchni 1 do 2,3 na powierzchni 4 (rys. 5). Współczynnik R/S różnił się istotnie na badanych powierzchniach ($F = 24,16; p < 0,001$), jednak istotnych różnic nie było na powierzchniach odnawianych sadzarką ($F = 0,64; p < 0,529$).



Rys. 4. Stopień porażenia drzewek przez osutkę
Fig. 4. The degree of Lophodermium infection of trees

DYSKUSJA

W pracy zastosowano nowy sposób oceny stopnia ułożenia korzeni sosny, opierający się na skali 4-stopniowej. Uproszczono poprzednią skalę 7-stopniową (Szewczyk i Lechtański, 2008) w ten sposób, że 0 oznacza korzeń ukształtowany prawidłowo, a kolejne trzy stopnie to korzenie od najmniej do najbardziej zdeformowanych. Na powierzchniach odnawianych z użyciem sadzarki prawidłowo ukształtowane korzenie stwierdzono w 25% badanej populacji. Na pozostałych powierzchniach było to 17%. Zastosowany współczynnik SUK osiągnął mniejsze wartości dla upraw założonych z użyciem sadzarki w porównaniu z sadzeniem ręcznym. W badaniach korzeni udowodniono, że deformacja na skutek niewłaściwego sadzenia jest zjawiskiem powszechnym i w 6-letniej uprawie sosny zwyczajnej dotyczy 95% drzew (Szewczyk, 2014). Sadzarki są dobrym

narzędziem do zakładania upraw leśnych, a jakość ich pracy jest lepsza od jakości pracy ręcznej (Barzdajn i in., 2017). Sosny poddane ocenie w niniejszej pracy charakteryzowały się wysokim współczynnikiem porażenia przez osutkę sosny. W przypadku młodych drzew w fazie uprawy choroba może ograniczyć przyrost o 12–18% (Hanso i Drenkhan, 2012). Na powierzchni 6 stwierdzono najwyższy współczynnik SP oraz najmniejszą masę korzeni i najniższą średnią wysokość drzew. W badaniach nad naturalnymi odnowieniami sosny dla siewek kontrolnych niechronionych chemicznie stopień porażenia wyniósł maksymalnie 1,7 w skali pięciostopniowej, natomiast na działkach rozmieszczonych w większej odległości od drzewostanu obsiewającego tylko 0,4 (Aleksandrowicz-Trzcińska, 2008). Na powierzchniach analizowanych ten współczynnik nie był niższy niż 1,2 i dochodził do 3,2, należy więc uznać, że ten czynnik mógł wpłynąć na wzrost sosen w uprawach. Trzeba podkreślić, że grzyby powodujące osutki sosny obniżają znacząco przyrost sosny (Sierota, 2001; Zaleski i Łukomski, 1966), a infekcji sprzyja przede wszystkim wysoka wilgotność w okresie późnej wiosny i lata oraz łagodna jesień i zima. Nie ma praktycznej możliwości ograniczania inokulum patogenu przez usuwanie porażonych, a zwłaszcza opadłych igieł (Sierota i Szczepkowski, 2014). Chorobie sprzyjają miejsca zmrozowiskowe, które mogą się tworzyć pod wpływem gospodarki zrębowej. Na powierzchni 8 sosny osiągnęły największą wysokość przy stosunkowo najmniejszym porażeniu drzew przez osutkę w odniesieniu do wieku uprawy. Typ siedliskowy lasu miał mniejsze znaczenie, podobnie jak bonitacja – drzewa osiągnęły lepsze parametry w teoretycznie gorszych warunkach. W badaniach Długosiewicza i in. (2019) parametry wzrostowe sosen w poszczególnych wariantach siedliskowych kształtowały się na podobnym poziomie. Międzynarodowy Zespół do spraw Zmian Klimatu (IPCC) proponuje dla lasów iglastych strefy umiarkowanej wartość wskaźnika R/S równą 0,2 (1996). Cairns i in. (1997) sugerują 0,26, natomiast Kröner (1994) – 0,24. Według równania Li i in. (2003) wartość wskaźnika R/S wynosi 0,222. W niniejszej pracy wartość wskaźnika R/S wahała się od 0,16 do 0,23, średnio wynosząc 0,18. Najwyższe współczynniki R/S uzyskano na powierzchniach wyróżniających się najniższym wskaźnikiem SP.

Z przeprowadzonych badań wynika, że korzenie sosen po sadzeniu mechanicznym charakteryzują się

lepszą jakością. Czynnikiem chorobowym – osutka sosny jest najważniejszym ze wszystkich branych pod uwagę i wpływających na wzrost sosen.

PIŚMIENNICTWO

- Aleksandrowicz-Trzcińska, M. (2008). Wzrost naturalnych odnowień sosny zwyczajnej i stan ich mikoryz po chemicznej ochronie przed osutką [Growth and mycorrhiza condition of Scots pine natural regeneration after chemical treatment against needlecast]. Leśn. Pr. Bad., 69(1), 7–14.
- Barzdajn, W., Kowalkowski, W., Szyguła, J. (2017). 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]. Sylwan, 161(9), 723–729.
- Cairns, M., Brown S., Helmer, E., Baumgardner, M. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. Oecologia, 111, 1–11.
- Długosiewicz, J., Zając, S., Wysocka-Fijorek, E. (2019). Ocena naturalnego i sztucznego odnowienia drzewostanów sosnowych *Pinus sylvestris* L. w Nadleśnictwie Nowa Dęba [Evaluation of natural and artificial regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. stands in the Nowa Dęba Forest District]. Leśn. Pr. Bad., 80(2), 105–116.
- Hanso, M., Drenkhan, R. (2012). Lophodermium needle cast, insect defoliation and growth responses of young Scots pines in Estonia. For. Pathol., 42(2), 124–135.
- Kröner, C. (1994). Biomass fractionation in plants: a reconsideration of definitions based on plant functions. W: J. Roy, E. Garnier (red.), A whole plant perspective on carbon–nitrogen interactions (pp. 173–185). Haga, SPB Academic.
- Li, Z., Kurz, W., Apps, M., Beukema, S. (2003). Belowground biomass dynamics in the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvement and implications for the estimation of NPP and NEP. Can. J. For. Res., 33, 126–136.
- Nurek, T. (2011). Struktura zatrudnienia w zakładach usług leśnych a poziom mechanizacji prac [Impact of employment structure of forest contractors on the level of work mechanization]. Techn. Roln. Ogrod. Leśn., 6, 4–5.
- Sierota, Z. (1997). Choroby korzeni drzew leśnych [Root diseases in forest trees]. Bibl. Leśn., 76, 3–19.
- Sierota, Z., Szczepkowski, A. (2014). Rozpoznawanie chorób infekcyjnych drzew leśnych [Diagnostics of infectious diseases in forest trees]. Warszawa: CILP.

- Szewczyk, W. (2014). Skala zniekształceń systemów korzeniowych sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* (L.) w uprawach leśnych [The scale of root system deformations in young Scots pine plantations]. Sylwan, 158(10), 754–760.
- Szewczyk, W., Lechtański, S. (2008). Deformation of scots pine root system in young plantation and the threat by root pathogens. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar., 7(2), 39–43.
- Zaleski, K., Łukomski, S. (1966). Analiza objawów osutki sosnowej – *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev. – i jej zwalczanie [Analysis of *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev. needlecast symptoms and disease control measures]. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN, 21, 263–282.
- Żółciak, A., Sierota, Z. (1997). Zabiegi hodowlane a zagrożenie drzewostanów przez patogeny korzeni [Silvicultural treatments and the threat to stands from root pathogens]. Pr. Inst. Bad. Leśn., B, 33, 71–84.

EFFECT OF PLANTING METHOD ON PINE ROOT QUALITY IN FOREST CULTURES

ABSTRACT

Background. Proper planting should protect the seedling against adverse conditions and allow growth in forest conditions. When planting, regardless of the adopted method, it is most important to correctly position the roots and cover them with soil. The planting technique used is often not conducive to the proper formation of the root system, while it also increases the risk of infection.

Aim of the study. The aim of the study was to compare the arrangement of the root system and the values of selected biometric features of pine in plots regenerated using various techniques.

Material and methods. Collected research material in the form of young trees with roots was subjected to biometric measurements and was assessed for the degree of root deformation and for the degree of *Lophodermium* infection in pine trees. In addition, the root to shoot ratio was calculated.

Results and conclusions. On plots regenerated using planters, correctly formed roots were found in 25% of the studied population. In the other plots it was 17%. The DRP (degree of root positioning) coefficient took lower values for crops established using a planter compared to manual planting. The degree of *Lophodermium* infection proved to be relatively high. The best R/S ratios were obtained in plots with the lowest DP (degree of paralysis) index. The research shows that pine roots during mechanical planting are less deformed. The disease agent such as *Lophodermium* spp. could have affected the growth of young trees.

Keywords: Scots pine, planting method, root deformation, *Lophodermium* needlecast