

WOJCIECH SZEWCZYK

Skala zniekształceń systemów korzeniowych sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* (L.) w uprawach leśnych

Range of deformation of root system in young Scots pine plantations

ABSTRACT

Szewczyk W. 2014. Skala zniekształceń systemów korzeniowych sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* (L.) w uprawach leśnych. Sylwan 158 (10): 754-760.

Deformation of root system as a result of root crookedness, bending or other injuries during plantation represent the main reason predestinating trees to parasitic infection. The objective of the presented work was the determination of the intensified occurrence of root deformation during tree plantation and the appearance of root pathogens. Observations were carried out on 5 sites localized in young Scots pine stands (up to 10 years old), from which 1522 samples of infected roots were collected. The obtained results confirmed that majority of trees showed deformed roots (95% represented roots with deformations). The greatest number of roots was characterized by symptoms accepted in the classification as second degree of deformation, i.e. without a visible main root and with numerous lateral roots.

KEY WORDS

deformation of root system, root pathogens, Scots pine plantation

ADDRESSES

Wojciech Szewczyk – e-mail: wszew@up.poznan.pl

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

Wstęp

W uprawach leśnych nierzadko spotykamy się z deformacjami korzeni. Wadą tą może być obarczonych nawet 70% drzewek zamarych w wieku uprawy [Sierota 1997]. Deformacja systemu korzeniowego, będąca skutkiem jego spłaszczenia, podwinięcia lub uszkodzenia podczas sadzenia albo obecności podeszwy płuznej, ogranicza rozwój korzeni, dostępność partnera mykoryzowego oraz pobieranie i transport biogenów. Gęsta więźba sadzenia (w przeszłości do 20 tys. sadzonek/ha) sprzyja szybkiemu kontaktowaniu i ranieniu się korzeni, przez co stwarza roślinom dodatkowy stres [Sierota 2001]. Funkcje korzenia palowego zaczynają wtedy przejmować liczne korzenie boczne układające się w płaszczyźnie poziomej, zwiększając podatność drzew na porażenie ze strony patogenów korzeni oraz na szkodliwe działanie czynników zewnętrznych. Zwiększenie predyspozycji chorobowej następuje zwłaszcza w przypadku anomalii pogodowych (susza, niska temperatura). Zastosowana technika sadzenia często nie sprzyja prawidłowemu wykształceniu się systemu korzeniowego, ale także zwiększa zagrożenie infekcyjne, na przykład na terenach występowania opieńki [Żółciak, Sierota 1997]. W wyniku stresu powodowanego uszkodzeniem korzeni dochodzi do opanowania sadzonek przez patogeny korzeni. W drzewostanach gospodarczych najpoważniejszymi chorobami infekcyjnymi systemów korzeniowych są obecnie: huba korzeni powodowana przez grzyb *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. oraz opieńkowa zgnilizna korzeni, której sprawcą są opieńki *Armillaria* spp. (Fr.:Fr.) Staude. Obie choroby mogą występować epi-

fitozyjnie. Masowy atak sprawcy i uporczywy charakter choroby doprowadzają do przełamania barier odpornościowych rośliny, szybkiego zasiedlenia tkanek i śmierci całego organizmu. W zbiorowiskach leśnych gwałtowny rozwój choroby wyraża się porażeniem wielu organów i wielu drzew równocześnie i może doprowadzić do zamierania całych drzewostanów [Sierota 1997].

Celem pracy było określenie skali występowania zniekształceń korzeni drzew wykazujących symptomy porażenia przez patogeny korzeni.

Materiał i metody

Obserwacje były prowadzone w 2012 roku w Nadleśnictwie Płynica (RDLP Piła), gdzie wybrano 5 powierzchni z sosną zwyczajną jako gatunkiem panującym. Do sadzenia użyto klasycznego kostura leśnego, jedynie w wydzieleniu 104d sadzono pod szpadel. Materiał sadzeniowy stanowiła sosna jednoroczna, poza wydzieleniem 104d, gdzie sadzono dwulatki. Uprawy założono w 2006 roku, rok wcześniej sosna została posadzona w pododdziale 113d. Do przygotowania gleby na wszystkich powierzchniach użyto pługa LPz-75 z pogłębiaczem i wyrówniarką. Na każdej powierzchni badawczej policzono drzewa, na których zaobserwowano symptomy charakterystyczne dla porażenia przez *Armillaria* sp. oraz *Heterobasidion* sp. Zamarłe sosny wykopywano, ustalano przyczynę zamarcia oraz oceniano stan ułożenia korzeni według 7-stopniowej skali stopni zniekształceń systemów korzeniowych zaproponowanej przez Szewczyka i Lechtańskiego [2008b], opartej na analizie ułożenia korzenia głównego oraz korzeni bocznych (tab. 2). Dodatkowo na każdej powierzchni pobrano korzenie z 50 losowo wybranych drzew żywych, które nie wykazywały objawów porażenia przez patogeny. W toku prowadzonych prac pozyskano 1522 korzenie

Tabela 1.

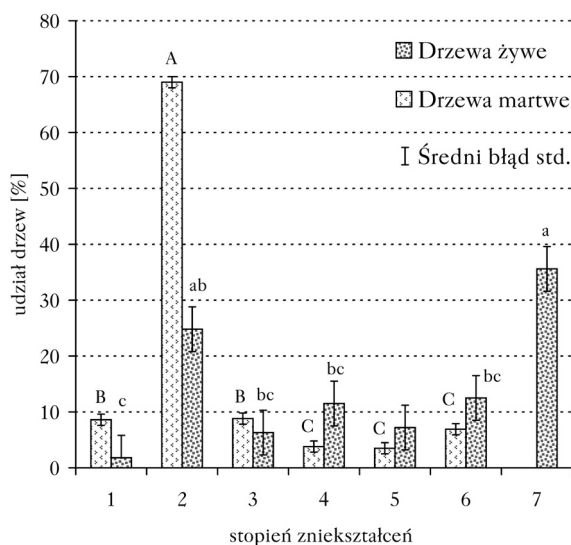
Charakterystyka powierzchni badawczych
Characteristic of study sites

Pododział	Rok założenia	TSL	Udział gatunków	Powierzchnia [ha]	Materiał sadzeniowy	Średnia wysokość [cm]	Liczba sadzonek [tys. szt./ha]
102d	2006	BMśw	So	1,63	So1/0	178	10
			Dbb	0,24			
			Bk	0,23			
			Md	0,23			
102g	2006	BMśw	So	0,71	So1/0	180	10
			Dbb	0,11			
			Bk	0,1			
			Md	0,1			
104d	2006	BMśw	So	2,25	So2/0	176	10
			Dbb	0,48			
			Bk	0,32			
			Md	0,16			
113d	2005	BMśw	So	1,93	So1/0	230	10
			Dbb	0,27			
			Bk	0,27			
			Md	0,14			
			Św	0,14			
160c	2006	BMśw	So	0,53	So1/0	193	10
			Dbb	0,08			
			Bk	0,07			
			Md	0,07			

z drzew z objawami porażenia przez patogeny korzeni oraz 250 korzeni z drzew niewykazujących objawów chorobowych. Drzewa te stanowiły 3,5% ogólnej liczby drzew na powierzchniach badawczych. Każdą powierzchnię badawczą traktowano jako powtórzenie. Jako powtórzenia uznano obserwacje z kolejnych powierzchni badawczych, dla których wyznaczono odpowiednie procentowe wartości częstości występowania stopni zniekształceń. W analizie wyników wykorzystano dwuczynnikową analizę wariancji ANOVA, z powierzchnią i stopniem zniekształcenia jako czynnikami. Czynniki (powierzchnia) charakteryzujący się brakiem wpływu na uzyskane wartości średnich ($P > 0,05$) usunięto z modelu i ponownie przeprowadzono analizę wariancji ze stopniem zniekształcenia jako jedynym czynnikiem. Dla wyodrębnienia statystycznie istotnych różnic między średnimi zastosowano test *post hoc* Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki

Spośród 1772 analizowanych w uprawach drzew tylko 5% wykazywało prawidłowo uformowany system korzeniowy i były to drzewa niewykazujące jeszcze objawów chorobowych. Głównym sprawcą zamierania drzew we wszystkich badanych drzewostanach była opieńka. Stwierdzono ją na 1503 sosnach, stanowiących 99% analizowanych drzew. Występowanie huby korzeni stwierdzono na trzech powierzchniach (102d, 102g, 113d) na 19 sosnach stanowiących 1% analizowanych drzew. Wszystkie drzewa porażone przez *Armillaria* i *Heterobasidion* miały nieprawidłowo rozwinięty system korzeniowy. Analiza statystyczna nie wykazała różnic między powierzchniami badawczymi w udziale drzew reprezentujących poszczególne stopnie zniekształceń ($P = 1,000$). U zmarłych drzew najczęściej występującą deformacją był brak widocznego korzenia głównego z licznymi bocznymi odgałęzzeniami (ryc.). Ten typ systemu korzeniowego stwierdzono w 65 (pododdział 104d – 381 sztuk) do 72% (pododdział 113d – 161 sztuk) analizowanych przypadków. Pozostałe typy deformacji objęły mniej niż 9% analizowanego materiału badawczego. Pomiędzy 4., 5. i 6. stopniem zniekształcenia nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w średnim udziale procentowym ($p > 0,05$). W przypadku sosen niewykazujących objawów chorobowych drzewa z podwiniętymi korzeniami stanowiły od 54 (pododdział 160c) do 84% (pododdział 104d). Średnia wysokość drzew wynosiła od 178 cm w pododdziale 102d do 230 cm w pododdziale 113d (tab. 1).



Ryc.

Udział [%] stopni zniekształceń korzeni
Fraction [%] of roots in the particular deformation degrees

duże litery – drzewa martwe; małe litery – drzewa żywe; ta sama litera oznacza brak istotnych różnic przy $p < 0,001$

capital letters – dead trees; normal letters – alive trees; the same letter indicates no significant difference at $p < 0,001$

Tabela 2.

Stopnie zniekształceń systemów korzeniowych [Szewczyk, Lechtański 2008b]

Degree of root deformation [Szewczyk, Lechtański 2008b]

Stopień zniekształcenia	Rodzaj zniekształcenia
	Bez widocznego korzenia głównego
1	z dwoma bocznymi odgałęzzeniami
2	z licznymi bocznymi odgałęzzeniami (więcej niż dwoma)
	Z widocznym korzeniem głównym
3	wygiętym pionowo
4	bocznie wygiętym
5	zawiniętym
6	wygiętym, z wygiętymi korzeniami bocznymi
7	prawidłowo ukształtowanym (brak uszkodzeń)

Dyskusja

Przedstawione wyniki analizy korzeni drzew w uprawach sosnowych w Nadleśnictwie Płynica potwierdziły występowanie zjawiska deformacji korzeni spowodowanego błędami w sadzeniu drzew. Mogą one mieć znaczny wpływ na zwiększenie predyspozycji chorobowej upraw sosnowych. Deformacje korzeni, podobnie jak opisywali to Szczerbiński [1957] i Sierota [1997], nadal są głównym powodem zamierania drzew w uprawach, w czym istotną rolę odgrywiają patogeny korzeni. W Polsce powszechnie stosuje się orkę w bruzdy oraz sadzenie w szparę przy użyciu kostura [Kocjan 1994]. Sposób ten nie zapewnia prawidłowego ułożenia korzeni w trakcie sadzenia, powodując dodatkowo przecinanie ryzomorf (na terenach występowania opieńki). Przerwanie ryzomorfy macierzystej powoduje powstanie z niej wielu nowych, znacznie cieńszych i szybciej rosnących, zdolnych aktywnie porażać korzenie drzew [Sierota 2001]. W pierwszych latach po posadzeniu w szparę sosna rozwija się normalnie, ale z czasem, kiedy korzenie przyrastają na grubość, z powodu podwinięć zaciskają się wokół siebie, utrudniając nawiązywanie kontaktów mykoryzowych i pobieranie wody oraz soli mineralnych. Źle wykształcony system korzeniowy ogranicza stabilność rośliny w podłożu, a w konsekwencji narażony jest na ocieranie się i powstawanie ran, które są bramą infekcji, głównie w przypadku korzeniowca wieloletniego.

W niniejszych badaniach stwierdzono, że najczęściej występuje system korzeniowy bez widocznego korzenia głównego, z licznymi bocznymi odgałęzzeniami. Badania potwierdziły, że stosowanie kostura leśnego ogranicza możliwość wytworzenia korzenia głównego, a w przypadku, kiedy się wytworzy, najczęściej nie rośnie pionowo. Brak istotnych statystycznie różnic między powierzchniami sugeruje, że sadzenie sosny dwuletniej pod szpadel (pododdział 104d, tab. 1) powoduje te same zniekształcenia korzeni co sadzenie pod kostur. O problemach związanych z sadzeniem pod kostur donosił Szczerbiński [1957]: 42,1% sosen nie wykazało normalnie rosnącego korzenia palowego, a powstałe zniekształcenia były typowe dla nieprawidłowego sadzenia. Również Ilmurzyński [1969] zwrócił uwagę na negatywny wpływ tego sposobu sadzenia na zagęszczenie ścian szpary i na spłaszczanie korzeni przy jej zaciskaniu. W celu zmniejszenia zagrożenia drzewostanów przez opieńkową zgniliznę korzeni zaleca się m.in. unikanie uszkodzania ryzomorf w trakcie przygotowania gleby poprzez zastępowanie całkowitego przygotowania gleby – częściowym, np. przez wykonywanie talerzy [Instrukcja... 2012].

W badaniach prowadzonych w Nadleśnictwach Doświadczalnych Siemianice i Zielonka oraz w Nadleśnictwach Szczecinek i Złotów wykazano, że 93% systemów korzeniowych było zniekształconych [Szewczyk, Lechtański 2008a]. Na przestrzeni kilkudziesięciu lat zaobserwo-

Tabela 3.

Udział [%] stopni zniekształceń korzeni na poszczególnych powierzchniach z uwzględnieniem drzew wykazujących (M) i niewykazujących (Z) porażenia

Share [%] of roots in deformation degrees at the particular study sites regarding trees with (M) and without (Z) evidences of pathogens

	1		2		3		4		5		6		7	
	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z
102d	10	10	68	20	6	0	2	20	5	10	9	0	0	40
102g	9	0	71	20	8	10	4	20	2	10	6	8	0	32
104d	7	0	65	38	10	12	3	0	6	16	88	18	0	16
113d	6	0	72	28	9	10	7	10	2	0	15	8	0	44
160c	10	0	67	18	10	0	3	8	3	0	8	28	0	46

wano drastyczne pogorszenie się tej sytuacji. Należy zwrócić uwagę, że od kilkunastu lat sadzenie wykonywane jest przez pracowników Zakładu Usług Leśnych, którzy mają zróżnicowane kwalifikacje i różną znajomość następstw wadliwego sadzenia drzew. Szyguła i in. [2012] badali wpływ sposobu sadzenia na wzrost uprawy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) założonej na gruncie porolnym. Zaobserwowali różnice w przeżywalności drzewek w zależności od zastosowanych narzędzi wykorzystanych przy sadzeniu. Autorzy sugerowali, że może to wynikać z trwałych deformacji systemów korzeniowych, obniżających odporność drzewek na stresy środowiskowe, szkodniki i choroby. Trwałe zniekształcenia wystąpiły zwłaszcza przy sadzeniu kosturem Huffa, a następnie zwykłym kosturem leśnym. Ackzell [1993], porównując sposoby odnowień sosny (naturalny, z siewu oraz z sadzenia), wykazał, że najczęściej ubytków występowało po 11 latach z sadzenia. Mogło na to wpłynąć zdeformowanie korzeni. Sposób odnowienia ma duże znaczenie dla występowania chorób związanych z systemem korzeniowym. Wykazano, że naturalne odnowienie sosny ma mniejszą podatność na porażenie przez *Armillaria ostoyae* i *H. annosum* [Łakomy 1998]. W badaniach nad wzrostem i rozwojem sosny ze zdeformowanymi korzeniami obserwuje się wyraźny związek między opisywanym zjawiskiem a porażeniem ze strony opień [Kriegel 1990]. W trakcie prowadzonych prac na wszystkich powierzchniach stwierdzono występowanie porażen głównie ze strony opieńki – stanowiły one 99% przypadków zamierania drzew. Wiek sosen, w którym były porażane, predysponuje bardziej do infekcji ze strony opieńki. W badaniach Łakomego [1998] kulminacja wypadów sosny z powodu porażenia przez opieńkę przypadała w wieku od 3 do 7 lat, w analogicznych badaniach Szewczyka [2005] wiek ten wynosił 5-7 lat. Podsumowując wyniki badań, można przyjąć, że istnieje związek między deformacją systemu korzeniowego a porażaniem ze strony patogenów korzeni. Stosując sadzenie w szparę przy użyciu kostura, narażamy drzewa na nieprawidłowe wykształcanie systemów korzeniowych. Średnia wysokość drzew na powierzchniach badawczych była porównywalna z podawanymi w literaturze cechami wzrostowymi sosny zwyczajnej na siedlisku boru mieszanego świeżego [Szymański 1982]. W pododdziale 106c drzewa osiągnęły wyższą średnią wysokość niż na pozostałych powierzchniach badawczych, w wydzieleniu tym stwierdzono też najczęściej prawidłowo wykształconych systemów korzeniowych. W kolejnych badaniach należałoby potwierdzić wpływ zniekształcenia korzeni na wzrost drzew. Można zminimalizować powstawanie zniekształceń przy starannym przestrzeganiu kilku zasad, o których wspomina Szczerbiński [1957] – m.in. nie sadić w głąb zbyt pulchną, przestrzegać, by ścianka szpary była możliwie zbliżona do pionowej oraz starać się wyprostować korzenie poprzez wrzucenie garści ziemi. Korzystniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie sadzarki, która daje lepsze wyniki udatności niż narzędzia ręczne [Szyguła i in. 2012]. Na terenach opieńkowych należałoby stosować kostur

rurowy do sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, który rozsuwa ryzomorfy, a nie prze-rywa ich. Pewną alternatywą dla prawidłowego sadzenia, oprócz poprawnej techniki, jest stosowanie biożelu, którym pokrywane są korzenie sadzonek. Oprócz ochrony przez wysychaniem, obciąża on również korzenie, co powoduje ich lepsze ułożenie w szparze.

Wnioski

- ✦ Deformacja korzeni na skutek niewłaściwego sadzenia jest zjawiskiem powszechnym i w przypadku 6-letniej uprawy sosny zwyczajnej dotyczy 95% drzew.
- ✦ Na terenie występowania opieńkowej zgnilizny korzeni deformacje systemu korzeniowego przyczyniają się do wzrostu śmiertelności drzew. W badanej uprawie 100% zamartwych drzew cechowało zniekształcenie systemu korzeniowego wynikające z niewłaściwego sadzenia.
- ✦ Należy zwracać większą uwagę na sposób przygotowania gleby i sposób sadzenia na terenach występowania patogenów korzeni, aby nie potęgować zagrożenia chorobowego przyszłych drzewostanów.

Literatura

- Ackzell L. 1993. A comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* (L.) in boreal Sweden. *Forest Ecology and Management* 61: 229-245.
- Ilmurzyński E. 1969. Szczegółowa hodowla lasu. PWRiL, Warszawa.
- Instrukcja Ochrony Lasu. 2012. CILP, Warszawa.
- Kocjan H. 1994. Wpływ zabiegów uprawowych na wzrost i jakość hodowlaną sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w młodniku na siedlisku boru suchego. *Pr. Komis. Nauk Rol. i Leś. PTPN* 78: 5-8.
- Kriegel H. 1990. Růst a vývoj borových kultur s deformovanými kořeny. *Zprávy lesnického výzkumu* 35: 17-20.
- Łakomy P. 1998. Monitoring huby korzeni i opieńkowej zgnilizny korzeni w wybranych uprawach sosnowych Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej. *Roczniki AR Poznań. Rozprawy Naukowe* 283.
- Sierota Z. 1997. Choroby korzeni drzew leśnych. *Bibliot. Leśnicz.* 76: 3-19.
- Sierota Z. 2001. Choroby lasu. CILP, Warszawa.
- Szczerbiński W. 1957. System korzeniowy sosny pospolitej a sadzenie w szparę. *Sylvan* 101 (8): 60-69.
- Szewczyk W. 2005. Monitoring Armillaria root rot in young (up to 20 yrs) Scots pine plantations in Zielonka Forest District. *Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* 4 (2): 91-100.
- Szewczyk W., Lechtański S. 2008a. Root deformation in young Scots pine stands threatened by root diseases. W: Garbelotto M., Gonthier P. [red.]. *Root and butt rots of forest trees. 12th International Conference on Root and Butt Rots. IUFRO Working Party 7.02.01. 12th-19th August 2007 Berkeley, California – Medford, Oregon (USA). Conference proceedings. University of California, Berkeley, USA.* 171-173.
- Szewczyk W., Lechtański S. 2008b. 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.
- Szyguła J., Barzdajn W., Kowalkowski W. 2012. Wpływ sposobu sadzenia na wzrost uprawy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) założonej na gruncie porolnym. *Sylvan* 156 (2): 89-99.
- Szymański S. 1982. Wzrost niektórych gatunków drzew leśnych w pierwszych 10 latach życia na siedlisku boru mieszanego świeżego. *Sylvan* 126 (7): 11-29.
- Żółciak A., Sierota Z. 1997. Zabiegi hodowlane a zagrożenie drzewostanów przez patogeny korzeni. *Prace Inst. Bad. Leś.* B 33: 71-84.

SUMMARY

Range of deformation of root system in young Scots pine plantations

Deformation of root system in result of root crookedness, bending or other injuries during plantation represent the main reason predestinating trees to parasitic infection in case of unfavorable weather conditions like drought or low temperature. The objective of the presented work was the determination of the intensified occurrence of root deformation during tree plantation

and the appearance of root pathogens. Observations were carried out on 5 sites localized in 6 year old Scots pine stands, from which 1522 samples of infected roots were collected. The deformation degree was estimated on the basis of a 7-degree scale by Szewczyk and Lechtański [2008b]. The obtained results confirmed that majority of trees showed deformed roots. The deformations developed because of incorrect plantation procedure, which might have predisposed the planted tree cutting to disease, which was revealed in the period after plantation. 95% roots had deformations. The greatest number of roots was characterized by symptoms accepted in the classification as second degree of deformation, i.e. without a visible main root and with numerous lateral roots.