

ROZMIESZCZENIE KORZENI TRZECH GATUNKÓW DRZEW W GLEBACH SŁOWIŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO*

Paweł Rutkowski¹✉, Karolina Samborska¹, Tomasz Wajsowicz¹, Monika Konatowska¹,
Anna Budka², Irmina Maciejewska-Rutkowska³, Katarzyna Wajsowicz⁴,
Aleksandra Rybarczyk¹

¹Katedra Siedliskoznawstwa i Ekologii Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71F, 60-625 Poznań

²Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

³Katedra Botaniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71D, 60-625 Poznań

⁴Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71D, 60-625 Poznań

ABSTRAKT

Na 23 powierzchniach badawczych Słowińskiego Parku Narodowego badano rozmieszczenie korzeni trzech gatunków drzew – *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris* i *P. ×rhaetica* – w glebach wykształconych z piasków wydmowych. Wykazano, że sosna zwyczajna zdecydowanie częściej niż pozostałe gatunki lokuje korzenie w warstwie gleby do głębokości 10 cm. Ma też większy udział korzeni o grubości ponad 4 cm i sięga nimi głębiej. Kosodrzewina wykształca głównie korzenie poniżej 1 cm grubości i korzeni się płytko (do 30 cm). Buk wykorzystuje przestrzeń gleby w sposób najbardziej równomierny wśród badanych gatunków, wykazując mniejszy udział korzeni w warstwach 0–10 cm oraz 11–20 cm, ale przewyższa udziałem procentowym sosnę zwyczajną i kosodrzewinę w warstwach 21–30 cm, 31–40 cm oraz 41–50 cm.

Słowa kluczowe: *Fagus*, *Pinus*, korzenie, wydmy

WSTĘP

Wydmy nadmorskie należą do najcenniejszych elementów środowiska i zasobów naturalnych w Europie (Janušauskaitė i in., 2013). W Polsce zajmują niemal 85% krajowego wybrzeża, podlegając silnym wpływom czynników naturalnych i antropogenicznych (Łabuz, 2013). Specyficzną cechą wydm nadmorskich są bardzo trudne warunki do wzrostu roślin,

w szczególności roślinności drzewiastej (Olesiak i in., 2014). Na czynniki naturalne ograniczające wzrost drzew składają się: niedostatek wody, niedobór składników pokarmowych, zasolenie, wiatr i przemieszczający się pod jego wpływem piasek.

Szczególnym obiektem, w którym można obserwować wszystkie wymienione procesy oraz ich wpływ na

*Badania sfinansowano z Funduszu Leśnego – w ramach tematu „Wpływ wybranych czynników biotycznych i abiotycznych na naturalne odnawianie się drzew w Słowińskim Parku Narodowym” – realizowanego w latach 2015–2017.

✉rebede@wp.pl

drzewostan jest Słowiński Park Narodowy (SPN). Wśród drzew dominującym gatunkiem rosnącym na jego wydmach jest sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), ale spotyka się także drzewostany bukowe (*Fagus sylvatica* L.) oraz zbiorowiska z wyłącznym udziałem kosodrzewiny i jej mieszańców (*Pinus ×rhaetica* Turra). Wymienione trzy gatunki zostały objęte badaniami, których celem było porównanie rozkładu i zagęszczenia korzeni w zależności od głębokości ich występowania. Jednorodnie podłoże geologiczne oraz zbliżony wiek drzew (ok. 100 lat) rosnących w warunkach naturalnych, w niewielkiej od siebie odległości, dają niepowtarzalną okazję do obserwowania strategii życiowych tych tak odmiennych ekologicznie gatunków. Rozwój systemów korzeniowych jest jednym z elementów tej strategii.

Jak podkreśla Jaworski (2011), sosnę charakteryzuje wysoka tolerancja klimatu i gleby oraz plastyczność morfologiczna wobec czynników abiotycznych i biotycznych. Według Kowalkowskiego i in. (2002), system korzeniowy sosny charakteryzuje się dobrze rozwiniętym korzeniem palowym, pionowo sięgającym do 6 m. Poziome korzenie boczne, o długości do 10 m, rozwijają się na głębokości 10–30 cm, jednakże płycej na glebach piaszczystych w porównaniu z żyzniejszymi. W zależności od uziarnienia, warunków wodnych i zasobności gleby długość korzenia palowego jest zróżnicowana i ma ścisły związek z grubością korzeni bocznych. Im większy przekrój korzenia palowego, tym mniejsze są przekroje korzeni bocznych (Jaworski, 1988). W starszym wieku od korzenia palowego odchodzą korzenie poziome, zazwyczaj o znacznej gęstości, oraz rzadziej korzenie ukośne. Zakończenia korzeni zwykle są szczotkowane.

W optymalnych warunkach buk pospolity już w młodym wieku (20–30 lat) tworzy sercowaty system korzeniowy, z dużą liczbą delikatnych korzonków w powierzchniowej warstwie gleby. Liczba tych drobnych korzonków, w porównywalnych warunkach siedliskowych, jest około 2–3 raza większa niż u sosny (Skrzyszewski, 2012). Buk wykształca korzenie boczne o długości do 1 m, często z korzeniami odrostowymi pionowo wrastającymi w glebę do głębokości 120–140 cm. Intensywność ukorzenienia zwiększa się z wiekiem. W glebach wytworzonych z glin i ilów system korzeniowy jest płaski lub bardzo płaski (Kowalkowski i in., 2002). Intensywność ukorzenienia buka nie różnicuje się tak wyraźnie w zależności od

gleby jak na przykład świerka lub jodły. Te ostatnie, kiedy rosną na glebie żyzniejszej, wykształcają delikatne korzenie o mniejszej długości (Jaworski, 1988).

Kosodrzewina ma system korzeniowy poziomy i zwykle bez korzenia centralnego, a jej korzenie boczne są grube i rozgałęzione, o długości do 8–9 m (Alexandrov, 2011). W ten sposób kosodrzewina zabezpiecza glebę przed erozją i zapobiega lawinom oraz osuwaniu się ziemi. Korzenie boczne kosodrzewiny wytwarzają gęstą sieć rozpostartą powierzchniowo. W glebach wilgotnych system korzeniowy jest mniej rozwinięty niż w suchych. W glebach ubogich w pokarm jest on bardziej rozwinięty i przenika na większą głębokość.

OBSZAR BADAŃ I METODY

Badania przeprowadzono na 23 powierzchniach doświadczalnych w Słowińskim Parku Narodowym (SPN), których szczegółową lokalizację podano w pracy Rutkowskiego i in. (2016). Z listy powierzchni badawczych położonych na terenie SPN, wykazanych w cytowanej pracy, w publikacji poświęconej korzeniom wyłączono powierzchnię nr 3 ze względu na odmienne od pozostałych warunki hydrologiczne (płytki poziom wody gruntowej). Analizie zostały poddane drzewostany z bukiem, sosną zwyczajną i kosodrzewiną, w wieku około 100 lat. Prace te były częścią większych badań nad naturalnym odnowieniem drzew, prowadzonych w SPN w latach 2015–2017. Liczba powierzchni reprezentujących poszczególne gatunki jest nierównomierna, co wynika z udziału tych gatunków w drzewostanach SPN. Drzewostan bukowy na wydmie jest jeden i założono w nim trzy powierzchnie badawcze. Kosodrzewina tworzy trzy rozleglejsze kompleksy i w każdym z nich założono po jednej powierzchni badawczej. W drzewostanach z sosną zwyczajną, mającą największy udział w lasach SPN, założono 17 powierzchni.

W każdym typie drzewostanu, na każdym z 23 poletek badawczych, wyznaczono powierzchnie kołowe o wielkości 100 m² (promień 5,64 m), na których policzono wszystkie drzewa. Ich liczbę oraz obwody podano w tabeli 1. Środkiem każdej powierzchni kołowej był punkt położony w połowie długości profilu glebowego, na którego ścianie liczono korzenie drzew (rys. 1).

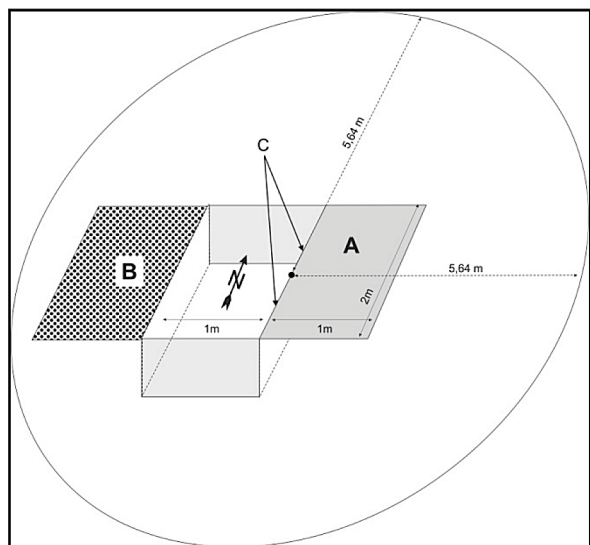
Tabela 1. Liczba drzew na poszczególnych powierzchniach doświadczalnych
Table 1. Number of trees on individual experimental plots

Numer powierzchni badawczej Number of plots	Liczba drzew danego gatunku/przeciętny obwód, cm/zakres obwodów, cm Number of trees/average perimeter, cm/range of perimeters, cm				Razem liczba drzew Total number of trees
	Bk	Dbb	Kos	So	
1	1/89/–			1/66/–	2
2	1/149/–			2/142/127–157	3
4	1/350/–	1/178/–		1/160/–	3
5				2/139/125–153	2
6			50/14/10–27		50
7			37/21/10–29		37
8			21/15/10–27		21
9				6/87/70–106	6
10				2/85/83–88	2
11				9/63/44–77	9
12				7/81/47–109	7
13				14/60/44–83	14
14				3/94/79–108	3
15				4/78/53–90	4
16				5/80/52–122	5
17				7/69/39–107	7
18				4/85/64–98	4
19				4/135/116–154	4
20				1/90/–	1
21				6/79/46–95	6
22				4/78/57–105	4
23				2/124/105–144	2
24				3/108/106–109	3
Razem liczba drzew danego gatunku Total number of trees	3	1	108	87	199

Bk – *Fagus sylvatica*, Dbb – *Quercus petraea*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*.

Profile glebowe wykopano w orientacji północ–południe, miały one długość 2 m, szerokość 1 m i głębokość 0,5 m. Rozmieszczenie korzeni analizowano

zawsze na ścianie wschodniej, na powierzchni o szerokości 1 m i głębokości 0,5 m. Na tak wyznaczonym przekroju gleby liczono wszystkie korzenie danego



Rys. 1. Schemat powierzchni doświadczalnej: A – fragment powierzchni badawczej o nienaruszonej pokrywie glebowej, B – miejsce odkładania masy glebowej podczas wykonywania odkrywki glebowej, C – ściana odkrywki glebowej, na której analizowano korzenie

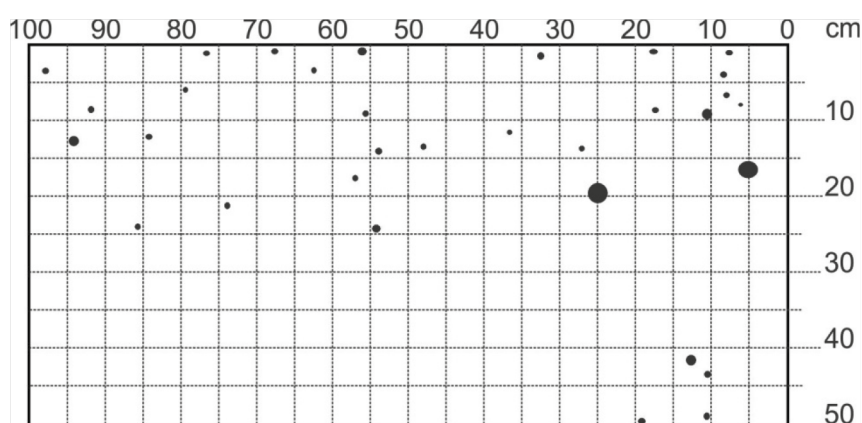
Fig. 1. Scheme of experimental plot: A – part of research area with untouched soil surface, B – area of soil deposition during digging, C – the part of soil where the roots were analysed

gatunku drzewa, widoczne makroskopowo, nanosząc jednocześnie ich rozmieszczenie na wyznaczoną siatkę kwadratów o bokach 5 cm × 5 cm. Posłużyło to do wykonania rysunków ilustrujących rozmieszczenie korzeni na poszczególnych przekrojach glebowych. Na rysunku 2 przedstawiono przykład takiego zobrazowania powierzchni nr 1 (z bukiem).

Do celów analitycznych korzenie pogrupowano na podstawie trzech przedziałów grubości: poniżej 1 cm, od 1 cm do 4 cm oraz powyżej 4 cm.

Metodę liczenia liczby korzeni na ścianie profilu glebowego przyjęto z uwagi na konieczność pozostawienia nienaruszonej strefy przylegającej od wschodu do profilu glebowego, o powierzchni równej powierzchni profilu glebowego, pozostawionej do analizy odnowień naturalnych, co będzie przedmiotem odrębnego opracowania.

Zebrane dane opracowano statystycznie z wykorzystaniem testu Kruskala-Wallisa jako nieparametrycznej alternatywy jednoczynnikowej ANOVA (na poziomie istotności $\alpha = 0,05$), oddzielnie dla każdej głębokości. W przypadku stwierdzenia istotnych różnic pomiędzy długością korzeni badanych gatunków drzew, sprawdzono, które gatunki różnią się istotnie, stosując test porównań wielokrotnych (kruskalmc).



Rys. 2. Rozmieszczenie korzeni w profilu glebowym na powierzchni badawczej nr 1 w drzewostanie z bukiem. Wielkość punktu odpowiada grubości korzenia

Fig. 2. Root distribution in the soil profile on plot no 1 in beech stand. Dot size corresponds to the root thickness

WYNIKI

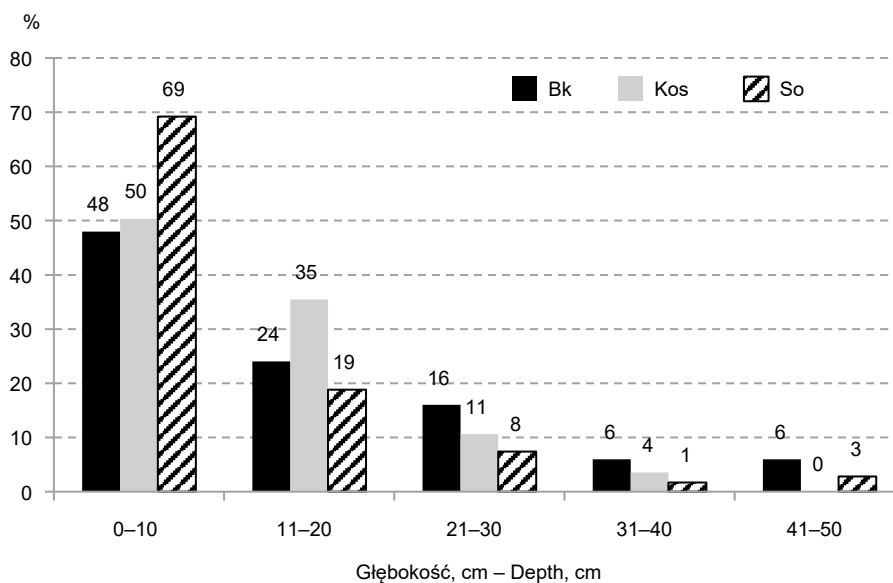
Wyniki przedstawiono na rysunkach 3–9, ilustrując różnice pomiędzy bukiem, kosodrzewiną i sosną zwyczajną w procentowym udziale korzeni w ich ogólnej liczbie na głębokościach: 0–10 cm, 11–20 cm, 21–30 cm, 31–40 cm, 41–50 cm (rys. 3), w procentowym udziale korzeni z ich ogólnej liczby w trzech wyróżnionych stopniach grubości: <1 cm, 1–4 cm, >4 cm (rys. 4) oraz łącznie zestawiając udziały procentowe korzeni o różnej grubości w ich ogólnej liczbie na różnych głębokościach (rys. 5, 6, 7, 8, 9). W interpretacji rysunków należy podkreślić, że każdy opisywany gatunek drzewa tworzył odrębne drzewostany. Wykazane różnice nie wynikają więc z konkurencji pomiędzy badanym bukiem i sosnami. Należy na to zwrócić uwagę zwłaszcza w analizie rysunku 2, na którym jest widoczne, że korzenie sosny zwyczajnej dominują na głębokości 0–10 cm (w tej warstwie występowało 69% wszystkich korzeni *Pinus sylvestris*). W warstwie 11–20 cm częściej niż w dwóch pozostałych gatunków występują korzenie kosodrzewiny, natomiast korzenie

buka przeważają na głębokościach 21–30 cm, 31–40 cm oraz 41–50 cm.

W odniesieniu do liczby korzeni w poszczególnych stopniach grubości zbliżone wartości wykazują oba gatunki sosen (*Pinus sylvestris* i *P. ×rhaetica*), na podstawie tej cechy różniąc się zdecydowanie od buka. U sosen jednoznacznie przeważają korzenie cienkie (<1 cm grubości), których udział u kosodrzewiny sięga 90%, a u sosny zwyczajnej 87%. Liczba korzeni buka rozkłada się już bardziej równomiernie na korzenie o grubości <1 cm (55%) oraz w przedziale grubości od 1–4 cm (44%). Z kolei na tle buka i sosny zwyczajnej wyróżnia się kosodrzewina. Nie stwierdzono bowiem, by wykazywała na przekroju poprzecznym gleby obecność korzeni o grubości powyżej 4 cm.

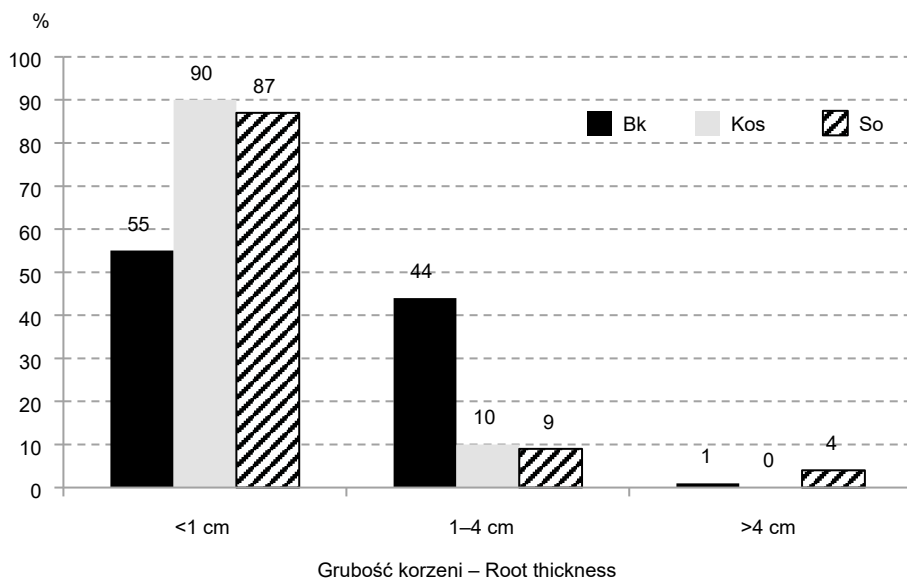
Ogólnie w glebie poniżej 30 cm nie stwierdzono korzeni o grubości większej od 4 cm, przy czym korzenie sosny zwyczajnej pojawiały się we wszystkich górnych warstwach gleby (0–10, 11–20, 21–30 cm), natomiast korzenie buka – tylko w warstwie 11–20 cm.

Oba gatunki sosen w glebie do głębokości 40 cm wykazują podobny rozkład korzeni o grubości poniżej



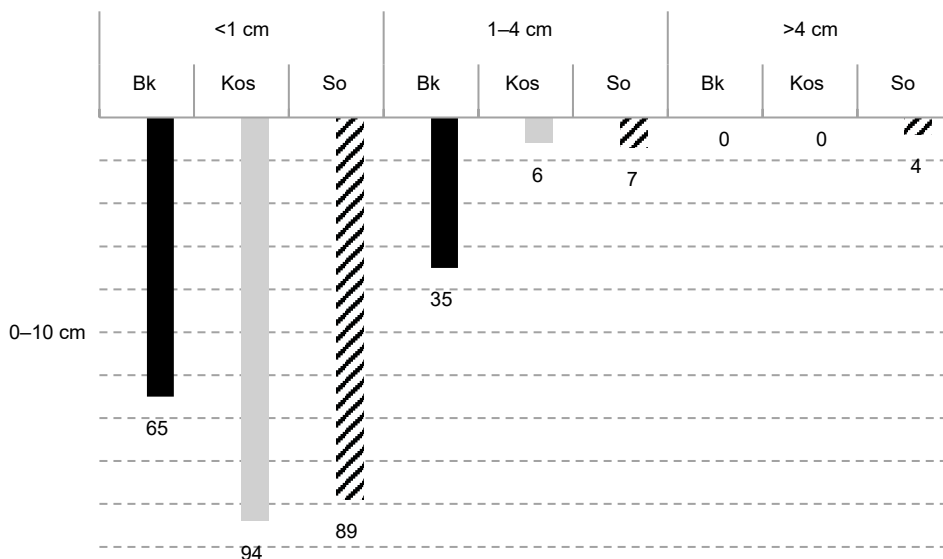
Rys. 3. Procentowy udział korzeni u trzech gatunków drzew na poszczególnych głębokościach gleby: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*

Fig. 3. Percentage participation of root number in three tree species on particular soil depths: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*



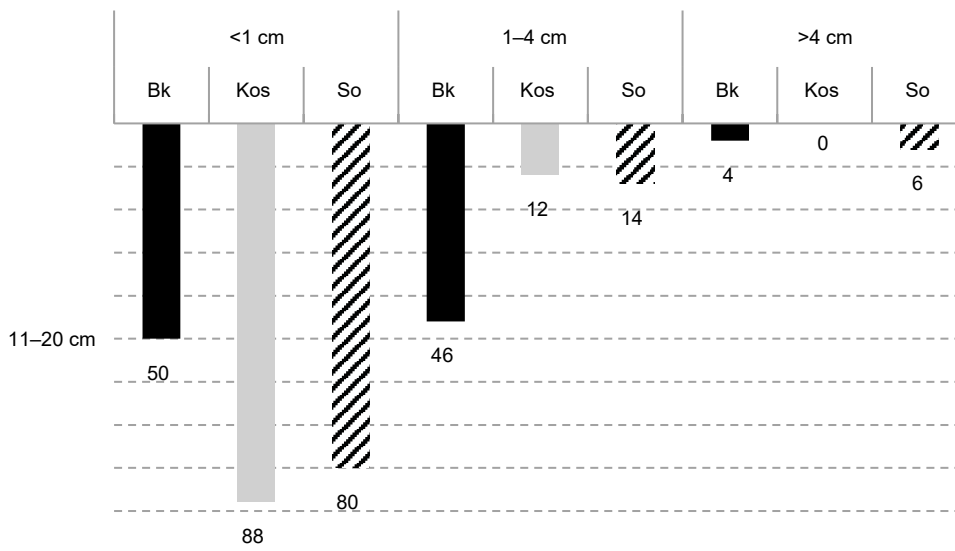
Rys. 4. Procentowy udział korzeni w poszczególnych stopniach grubości: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus x rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*

Fig. 4. Percentage participation of root number in particular degrees of thickness: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus x rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*



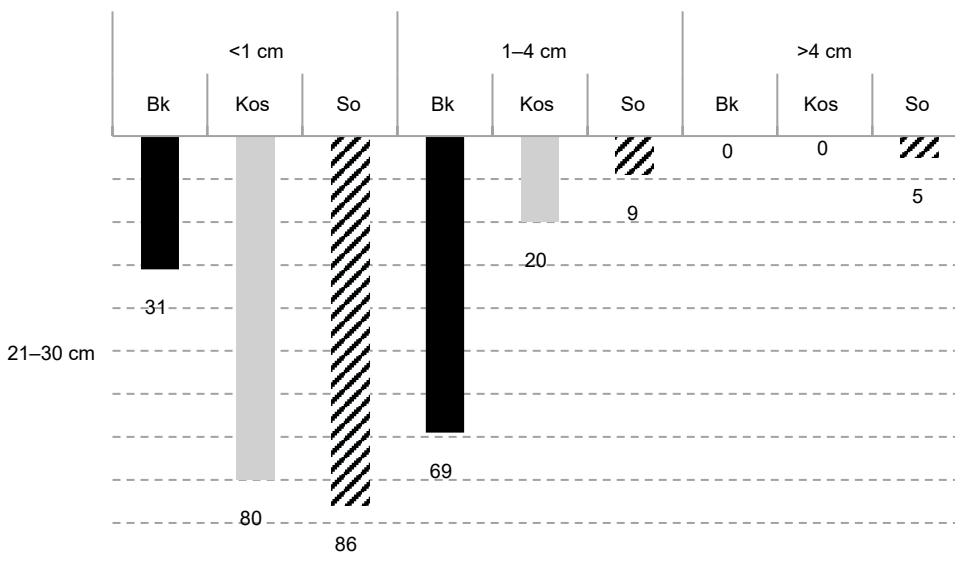
Rys. 5. Procentowy udział korzeni na głębokości 0–10 cm, zestawiony w stopniach grubości korzeni: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus x rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*

Fig. 5. Percentage participation of root number at a depth 0 to 10 cm, according to the degrees of root thickness: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus x rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*



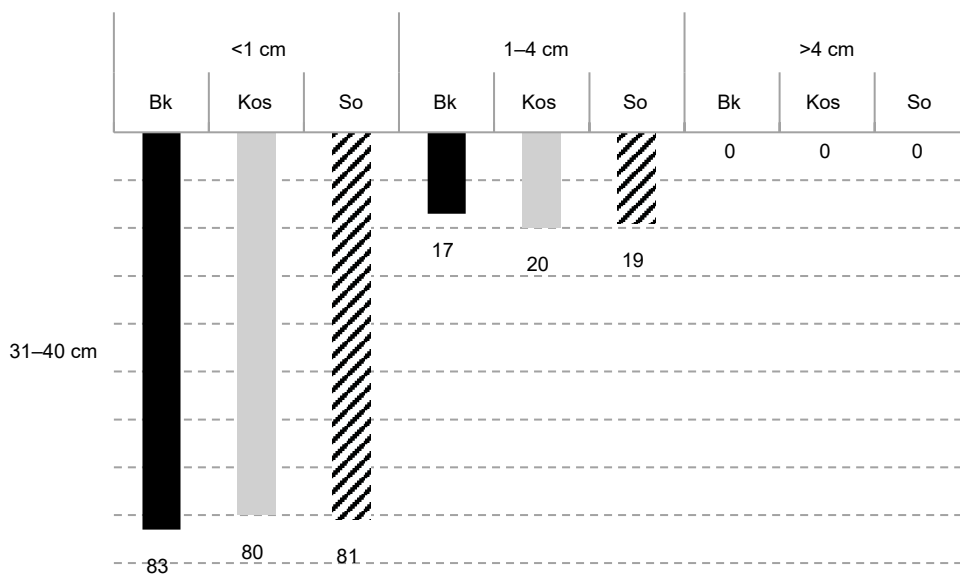
Rys. 6. Procentowy udział korzeni na głębokości 11–20 cm, zestawiony w stopniach grubości korzeni: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*

Fig. 6. Percentage participation of root number at a depth 11 to 20 cm, according to the degrees of root thickness: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*



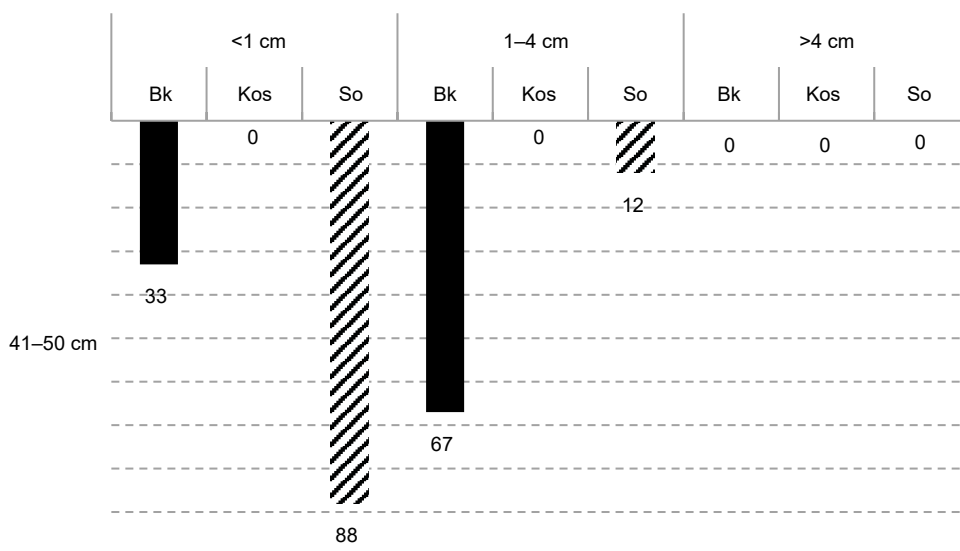
Rys. 7. Procentowy udział korzeni na głębokości 21–30 cm, zestawiony w stopniach grubości korzeni: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*

Fig. 7. Percentage participation of root number at a depth 21 to 30 cm, according to the degrees of root thickness: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*



Rys. 8. Procentowy udział korzeni na głębokości 31–40 cm, zestawiony w stopniach grubości korzeni: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*

Fig. 8. Percentage participation of root number at a depth 31 to 40 cm, according to the degrees of root thickness: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*



Rys. 9. Procentowy udział korzeni na głębokości 41–50 cm, zestawiony w stopniach grubości korzeni: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*

Fig. 9. Percentage participation of root number at a depth 41 to 50 cm, according to the degrees of root thickness: Bk – *Fagus sylvatica*, Kos – *Pinus ×rhaetica*, So – *Pinus sylvestris*

Tabela 2. Gęstość korzeni buka na różnych głębokościach gleby
Table 2. Density of beech roots at a different depth of soil

Głębokość Depth cm	Klasa grubości korzeni – Root diameter class						Ogółem Total	
	<1 cm		1–4 cm		>4 cm		liczba korzeni number of roots	%
	średnia liczba korzeni na 1 m ² average number of roots per 1 m ²	%	średnia liczba korzeni na 1 m ² average number of roots per 1 m ²	%	średnia liczba korzeni na 1 m ² average number of roots per 1 m ²	%		
0–10	103	56	57	39	0	0	160	48
11–20	40	22	37	25	3	100	80	24
21–30	17	9	37	25	0	0	53	16
31–40	17	9	3	2	0	0	20	6
41–50	7	4	13	9	0	0	20	6
Ogółem Total	184	100	147	100	3	100	333	100

Tabela 3. Gęstość korzeni kosodrzewiny na różnych głębokościach gleby
Table 3. Density of Mountain pine roots at a different depth of soil

Głębokość Depth cm	Klasa grubości korzeni – Root diameter class						Ogółem Total	
	<1 cm		1–4 cm		>4 cm		liczba korzeni number of roots	%
	średnia liczba korzeni na 1 m ² average number of roots per 1 m ²	%	średnia liczba korzeni na 1 m ² average number of roots per 1 m ²	%	średnia liczba korzeni na 1 m ² average number of roots per 1 m ²	%		
0–10	223	53	13	28	0	0	237	50
11–20	147	35	20	43	0	0	167	35
21–30	40	9	10	22	0	0	50	11
31–40	13	3	3	7	0	0	17	4
41–50	0	0	0	0	0	0	0	0
Ogółem Total	423	100	46	100	0	0	471	100

1 cm. Na głębokości do 10 cm korzenie kosodrzewiny o grubości mniejszej niż 1 cm stanowiły 94% ogólnej liczby korzeni w tej warstwie, u sosny zwyczajnej było ich 89%. Na głębokości 11–20 cm u kosodrzewiny i sosny zwyczajnej było to odpowiednio 88% i 80%, na głębokości 21–30 cm – 80 i 86%, natomiast na głębokości 31–40 cm – 80 i 81%. Istotna różnica

między sosnami zaznacza się na głębokości poniżej 40 cm, gdzie nie stwierdzono obecności korzeni kosodrzewiny (korzenie sosny zwyczajnej o grubości poniżej 1 cm stanowiły jeszcze 88% ogólnej liczby korzeni w tej warstwie).

W drzewostanie bukowym wykazano rozkład korzeni inny niż w sosnowym. Na głębokości do 10 cm

Tabela 4. Gęstość korzeni sosny zwyczajnej na różnych głębokościach gleby
Table 4. Density of Scots pine roots at a different depth of soil

Głębokość Depth cm	Klasa grubości korzeni – Root diameter class						Ogółem Total	
	<1 cm		1–4 cm		>4 cm		liczba korzeni number of roots	%
	średnia liczba korzeni na 1 m ² average number of roots per 1 m ²	%	średnia liczba korzeni na 1 m ² average number of roots per 1 m ²	%	średnia liczba korzeni na 1 m ² average number of roots per 1 m ²	%		
0–10	395	70	32	56	18	64	445	69
11–20	99	18	17	29	8	29	124	19
21–30	45	8	5	9	2	7	52	8
31–40	8	1	2	3	0	0	9	1
41–50	18	3	2	3	0	0	20	3
Ogółem Total	565	100	58	100	28	100	650	100

przeważają korzenie o grubości poniżej 1 cm (65% ogólnej liczby korzeni w warstwie), na głębokości 11–20 cm udział korzeni o grubości poniżej 1 cm jest zbliżony do udziału korzeni o grubości 1–4 cm (46%), natomiast na głębokości 21–30 cm dominują u buka korzenie o grubości 1–4 cm (stanowią 69% ogólnej liczby korzeni w warstwie).

Na głębokości 31–40 cm wszystkie trzy badane gatunki drzew wykazują podobny udział korzeni o różnych stopniach grubości. W badanej warstwie korzenie buka o grubości poniżej 1 cm stanowiły 83% ogólnej liczby korzeni tego gatunku w tej warstwie gleby, korzenie kosodrzewiny – 80%, sosny zwyczajnej – 81%. Korzenie o grubości 1–4 cm stanowiły odpowiednio 17% ogólnej liczby korzeni buka, 20% – kosodrzewiny i 19% – sosny zwyczajnej. U żadnego z wymienionych gatunków nie stwierdzono korzeni o grubości powyżej 4 cm na głębokości poniżej 30 cm.

Testy Kruskala-Wallisa – porównujące liczby korzeni trzech gatunków drzew oddzielnie na głębokościach 0–10 cm, 11–20 cm, 21–30 cm, 31–40 cm oraz 41–50 cm, w trzech klasach grubości – wykazały istotne różnice statystyczne jedynie pomiędzy bukiem i sosną zwyczajną: dla głębokości 0–10 cm oraz stopnia grubości korzeni <1 cm. W pozostałych kombinacjach gatunków i głębokości nie wykazano istotnych różnic.

DYSKUSJA

Z oczywistych względów badanie systemów korzeniowych dojrzałych drzew w czasie ich wzrostu wiąże się z trudnościami technicznymi i metodologicznymi. Wprawdzie powstają prace na temat wykorzystania metod geofizycznych (Rodríguez-Robles i in., 2017), ale wciąż są one nieliczne. Ogólnie, przyjmuje się, że około 30%, 50% i 75% korzeni wszystkich drzew rozwija się na głębokościach odpowiednio do: 10, 20 i 40 cm (Jackson i in., 1996), ale niewiele pisze się o tym, czy różnicowanie się następuje (lub jak) w zależności od różnych rodzajów gleb.

Zestawienie 28 gatunków oraz siedmiu różnych rodzajów podłoża wykonał Crow (2005), umieszczając na liście – z opisywanych w niniejszej pracy – *Pinus sylvestris* i *Fagus sylvatica*. Crow podaje, że na podłożu piaszczystym głębokość korzeni sosny może sięgać poniżej 3 m, natomiast brak w tym zakresie danych dla korzeni buka. Stwierdza jedynie, że gleby piaszczyste nie są idealne dla buka, a głębokość jego systemu korzeniowego różni się znacznie w zależności od siedliska. W tym kontekście drzewostany bukowe na wydmach SPN są tym bardziej ewenementem.

Relacje pomiędzy wysokością drzewa a systemem korzeniowym raczej są rozpatrywane w odniesieniu

do jego rozległości (Štofko, 2010), niż w kontekście grubości korzeni, co może mieć znaczenie w przypadku wyników otrzymanych w niniejszej pracy. Wykazano bowiem największy udział korzeni o grubości poniżej 1 cm oraz brak korzeni o grubości powyżej 4 cm u kosodrzewiny, która spośród badanych gatunków drzew osiąga najniższy wzrost. Nie jest więc tak podatna na siłę wiatru, który w SPN wpływa na wzrost drzewostanów w sposób istotny. Oczywiście interakcje między glebą a systemem korzeniowym są dużo bardziej złożone (Trocha i in., 2017), ale wykazane w pracy mogą być ważne z punktu widzenia stabilizacji lotnych piasków, na których rosną badane gatunki drzew.

WNIOSKI

W rezultacie badań trzech gatunków drzew (*Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris* i *P. ×rhaetica*) rosnących na wydmach Słowińskiego Parku Narodowego stwierdzono przedstawione poniżej wnioski.

Sosna zwyczajna, w porównaniu z pozostałymi badanymi gatunkami, zdecydowanie częściej lokuje korzenie w warstwie gleby do głębokości 10 cm. W ogólnej liczbie korzeni wykazuje też większy udział korzeni o grubości ponad 4 cm i sięga tymi korzeniami głębiej. Można to tłumaczyć tym, że jako gatunek o najwyższym wzroście spośród badanych drzew jest bardzo narażona na działanie wiatru, przez co musi wykształcać korzenie grubsze i kotwiczyć się nimi głębiej.

Kosodrzewina korzeni się płytko (do 40 cm). Wykształca głównie korzenie poniżej 1 cm grubości, nie odnotowano u niej korzeni o grubości ponad 4 cm. Można to interpretować takim uwarunkowaniem, że jako gatunek o najmniejszym wzroście spośród badanych nie jest tak silnie narażona na działanie wiatru.

Z badanych gatunków buk wykorzystuje przestrzeń gleby w sposób najbardziej równomierny. W ogólnej liczbie korzeni wykazuje mniejszy udział procentowy korzeni w warstwach 0–10 cm oraz 11–20 cm, ale przewyższa udziałem procentowym sosnę zwyczajną i kosodrzewinę w warstwach 21–30 cm, 31–40 cm oraz 41–50 cm. Uzyskane wyniki można tłumaczyć lepszą penetracją gleby i w konsekwencji lepszym zaspokajaniem większych wymagań troficznych.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują pracownikom Słowińskiego Parku Narodowego za pomoc w realizacji badań.

PIŚMIENNICTWO

- Alexandrov, A. (2011). Conserving the genetic diversity of *Pinus ×rhaetica* Turra. *Silva Balcan.*, 12(1).
- Crow, P. (2005). The influence of soils and species on tree root depth. Information Note FCINO78 Forestry Commission, Edinburgh.
- Jackson, R. B., Candell, J., Ehleringer, J. R., Mooney, H. A., Sala, O. E., Schilze, E. D. (1996). A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, 108, 389–411.
- Janušauskaitė, D., Baliuckas, V., Dabkevičius, Z. (2013). Needle litter decomposition of native *Pinus sylvestris* L. and alien *Pinus mugo* et different ages affecting enzyme activities and soil properties on dune sands. *Baltic For.*, 19(1), 50–60.
- Jaworski, A. (1988). Ekologiczne podstawy projektowania składu gatunkowego odnowień. Zagadnienia wybrane. Kraków: Wyd. AR.
- Jaworski, A. (2011). Charakterystyka hodowlane drzew i krzewów leśnych. Warszawa: PWRiL.
- Kowalkowski, A., Józwiak, M., Kozłowski, R. (2002). Metoda badania wpływu wód opadowych na właściwości gleb leśnych. *Regional. Monit. Środ. Przyr. Kiel. Tow. Nauk.*, 3, 45–51.
- Łabuz, T. A. (2013). Polish coastal dunes – affecting factors and morphology. *Landform Anal.*, 22, 33–59.
- Olesiak, A., Tomusiak, R., Kędziora, W., Wojtan, R. (2014). Charakterystyka dendrochronologiczna drzew rosnących na wydmach nadmorskich. *Stud. Mater. CEPL Rogow.*, 16, 40, 3.
- Rodríguez-Robles, U., Arredondo, T., Huber-Sannwald, E., Ramos-Leal, J. A., Yépez, E. A. (2017). Application of geophysical tools for tree root studies in forest ecosystems in complex soils. *Biogeosciences*, 14, 5343–5357. <https://doi.org/10.5194/bg-2017-91>
- Rutkowski, P., Wajsowicz, W., Maciejewska-Rutkowska, I., Nowiński, M. (2016). Gleby leśne Mierzei Gardnieńsko-Łebskiej (Słowiński Park Narodowy) na tle wybranych obszarów wydm śródlądowych Polski w kontekście naturalnego odnawiania się lasu. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.*, 15, 4, 313–324. <http://dx.doi.org/10.17306/J.AFW.2016.4.31>

Skrzyszewski, J. (red., 2012). *Buk zwyczajny. Hodowla*. Warszawa: PWRiL.

Štofko, P. (2010). Relationships between the parameters of aboveground parts and the parameters of root plates in Norway spruce with respect to soil drainage. *J. For. Sci.*, 56(8), 353–360.

Trocha, L. K., Bułaj, B., Kutczyńska, P., Mucha, J., Rutkowski, P., Zadworny, M. (2017). The interactive impact of root branch order and soil genetic horizon on root respiration and nitrogen concentration. *Tree Physiol.*, 38, 8, 1055–1068. <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpx096>

ROOT DISTRIBUTION OF THREE TREE SPECIES IN THE SOILS OF SŁOWIŃSKI NATIONAL PARK

ABSTRACT

The roots of three tree species: *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris* and *P. ×rhaetica*, growing in the soils originated from dune sands within 23 plots studied in the Słowiński National Park. It was showed the roots of *P. sylvestris* were mainly located to a soil depth of 0–10 cm. This species was also characterized by the greatest share of roots more than 4 cm thick, which went deeper than in other species. The roots of *P. ×rhaetica* were on average less than 1 cm thick. Mountain pine appeared as a shallow rooted plant (up to 40 cm). Among all studied tree species the root systems of *F. sylvatica* were the most evenly distributed in a soil area. Compared to the studied pine species they had smaller share of roots in the layers 0–10 and 11–20 cm but a higher percentage participation in layers 21–30, 31–40 and 41–50 cm.

Keywords: *Fagus*, *Pinus*, roots, dunes