

Marek Pająk, Marcin Pietrzykowski,
Wojciech Krzaklewski, Wojciech Ochał

WPŁYW WŁAŚCIWOŚCI INICJALNYCH GLEB NA WZROST SOSNY ZWYCZAJNEJ (*Pinus sylvestris* L.) NA ZREKULTYWOWANYCH POWIERZCHNIACH ZWAŁOWISK KWB "BEŁCHATÓW"

Streszczenie. W pracy podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, które właściwości inicjalnych gleb wpływają pozytywnie lub negatywnie na wzrost sosny zwyczajnej wzrastającej na wierzchołkach zwałowisk KWB „Bełchatów”. Badania wykazały, że dodatnio na przeciętny roczny przyrost wysokości sosny na powierzchniach badawczych wpływa przede wszystkim: wyższe pH, większa zawartość kationów zasadowych oraz większa zawartość frakcji pyłu (0,05-0,002 mm) w substracie glebowym. Negatywnie na przyrost drzew wpływa natomiast wzrost udziału frakcji piasku, a w głównej mierze kwasowości hydrolytycznej substratu glebowego.

Słowa kluczowe: sosna zwyczajna, tereny pogórnice, rekultywacja.

WSTĘP

Powierzchnia zajęta po drugiej wojnie światowej przez kopalnie węgla brunatnego pod działalność przemysłową w Polsce, w 2008 roku wynosiła około 34 tys. ha, z czego około 14 tys. ha przypadało na zwałowiska i wyrobiska [3]. Tereny te rekultywuje się głównie dla leśnego kierunku zagospodarowania [6]. W ramach rekultywacji biologicznej wprowadzane są różne gatunki drzew. Podstawą ich doboru jest trafna diagnoza warunków siedliskowych [5]. Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) to gatunek dominujący w polskich lasach, zajmuje około 70% ogólnej powierzchni leśnej kraju [2]. Charakteryzuje się bardzo szerokim spektrum wymagań ekologicznych, w związku z czym zalecana jest również do zalesień zwałów węgla brunatnego i wyrobisk kopalni piasku podsadzkowego. Biorąc pod uwagę możliwości zastosowania tego gatunku w rekultywacji istotne jest rozpoznanie zdolności adaptacyjnych i produktywności tego gatunku w warunkach siedliskowych terenów pogórnich.

W niniejszej pracy podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, które właściwości inicjalnych gleb wpływają pozytywnie lub negatywnie na wzrost sosny zwyczajnej (w I klasie wieku) w warunkach zwałowisk KWB „Bełchatów”.

Marek PAJĄK, Marcin PIETRZYKOWSKI, Wojciech KRZAKLEWSKI, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie Katedra Ekologii Lasu, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, rlpajak@cyf-kr.edu.pl
Wojciech OCHAŁ, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie Katedra Dendrometrii

MATERIAŁ I METODY

Prace badawcze prowadzono na doświadczalnych powierzchniach na wierzchowinach zwałowisk wewnętrznego i zewnętrznego KWB „Bełchatów” założonych tam gdzie występowało wyraźne zróżnicowanie w wymiarach (wysokości i grubości szyi korzeniowej) wprowadzonej w ramach rekultywacji sosny zwyczajnej. Na każdym z obiektów jesienią 2009 roku założono po 4 powierzchnie badawcze (kwadraty 100 m²). Na badanych powierzchniach w ramach rekultywacji biologicznej wykonano jednolite nawożenie mineralne i wprowadzono sosnę zwyczajną (jednoletnią, niemikoryzowaną z odkrytym systemem korzeniowym). Na wierzchowinie zwałowiska wewnętrznego powierzchnie charakteryzujące się lepszym wzrostem oznaczono symbolem – *W-lw*. Substratem glebowym były tam czwartorzędowe utwory piaszczysto-gliniaste porośnięte drzewostanem sosnowym w wieku 12 lat. Powierzchnie charakteryzujące się słabszym wzrostem oznaczono symbolem – *W-sw*, substratem glebowym były tam ubogie czwartorzędowe piaski kwarcowe, a wzrastające drzewostany sosnowe miały 10 lat. Na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego powierzchnie charakteryzujące się lepszym wzrostem oznaczono symbolem – *Z-lw*, gdzie substratem glebowym były czwartorzędowe utwory gliniasto-pylaste, a wzrastające tam drzewostany sosnowe miały 17 lat. Powierzchnie charakteryzujące się słabszym wzrostem na zwałowisku zewnętrznym oznaczono symbolem – *Z-sw*, substratem glebowym były tam toksycznie kwaśne, zasiarzone mioceńskie (neogeńskie) utwory piaszczyste, które neutralizowano kredą jeziorną, a wzrastające drzewostany sosnowe miały 15 lat. Na wszystkich 16 powierzchniach badawczych wykonano następujące prace: pomiar grubości w szyi korzeniowej ($d_{0,05}$ - grubość szyi korzeniowej na wysokości 0,05 m) drzew w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach z dokładnością do 1 mm; pomiar wysokości drzew (h) z dokładnością do 1 cm oraz na podstawie liczby okółków określono wiek sosny zwyczajnej.

Dodatkowo na każdej powierzchni wykonano odkrywki glebowe do głębokości 150 cm. Opisano morfologię gleb i pobrano próbki z głębokości 0-8 cm (poziomy inicjalny organiczno-mineralny AinCan) oraz 8-50, 50-110, 110-150 cm (poziomy Can).

W laboratorium na próbkach powietrznie suchych oznaczono m.in.:

- skład granulometryczny metodą areometryczną Prószyńskiego (frakcje i grupy granulometryczne zgodnie z normą PTG 2008), frakcje piasku uzupełniająco metodą sitowo-wagową;
- pH metodą potencjometryczną w H₂O oraz 1 M KCl z zachowaniem proporcji gleba: roztwór 1:2,5;
- zawartość węgla organicznego (C_{org.}), azotu ogółem (N_{og.}) i siarki ogółem (S_{og.}) na aparacie Leco CNS 2000 (węgiel i siarkę w podczerwieni, azot w różnicowym detektorze przewodności cieplnej), próbki zawierające węglany przed oznaczeniem C_{org.} potraktowano 10% HCl w celu usunięcia węglanów;
- sumę zasad (S_H) obliczono z sumowania kationów wymiennych Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ oznaczonych w wyciągu 1N CH₃COONH₄ o pH 7,0 metodą AAS,

kwasowość hydrolityczną (H_h) według metody Kappena (ekstraktor 1N $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$,

- P przyswajalny metodą Egnera-Riehma [7].

Stopień zróżnicowania właściwości inicjalnych gleb pomiędzy wyróżnionymi wariantami oceniono przy użyciu nieparametrycznej analizy wariancji rang Kruskala-Wallisa. Związek wybranych cech wzrostowych drzew sosny z wiekiem drzewostanu oraz wybranymi cechami substratów glebowych oceniono na podstawie analizy korelacji. Obliczenia statystyczne wykonano z wykorzystaniem programu Statistica [StatSoft Inc. 2008].

WYNIKI I DYSKUSJA

Inicjalne gleby na badanych terenach pogórnicych zaklasyfikowano zgodnie z Klasyfikacją Gleb Leśnych Polski [4] do gleb antropogenicznych urbanoziemnych o niewykształconym profilu. Warianty powierzchni badawczych różniły się substratami, z których powstają inicjalne gleby. Wybrane najważniejsze właściwości fizyko-chemiczne inicjalnych gleb przedstawia tabela 1. Szczegółowo zostały one opisane w pracy Pietrzykowski i in. [9], gdzie m.in. wyceniano wartość powstających siedlisk stosując liczbowe indeksy glebowe.

Przeprowadzony test Kruskala-Wallisa wskazuje na statystycznie istotne różnice pomiędzy wyróżnionymi wariantami substratów występujących na powierzchniach badawczych w przypadku wszystkich analizowanych fizyko-chemicznych właściwości poziomu AinCan . Dla warstwy Can nie stwierdzono różnic pomiędzy analizowanymi wariantami w przypadku takich cech jak: pH, kwasowość hydrolityczna i zawartość azotu.

Szczegółowa analiza różnic w warstwie AinCan przeprowadzona w testach post-hoc pokazuje, że odrzucenie hipotezy zerowej (brak różnic pomiędzy wyróżnionymi wariantami) spowodowane było głównie przez duże różnice w zawartości P_2O_5 , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} , S_H i pyłu w analizowanej warstwie na powierzchniach w obrębie zwałowiska zewnętrznego. Powierzchnie wybrane na zwałowisku wewnętrznym w omawianej warstwie nie różniły się żadną z analizowanych cech w stopniu decydującym o odrzuceniu hipotezy zerowej.

W warstwie Can na zwałowisku zewnętrznym badane substraty glebowe różniły się głównie zawartością K^+ , Mg^{2+} , Na^+ w przypadku warstwy (Can 8-50 cm), K^+ i Mg^{2+} w warstwie (Can 50-110 cm) i Mg^{2+} w warstwie (Can 110-150 cm). Na zwałowisku wewnętrznym, podobnie jak w przypadku warstwy AinCan nie stwierdzono różnic między analizowanymi właściwościami substratu glebowego.

Sosna zwyczajna wzrastająca na wyróżnionych powierzchniach badawczych charakteryzowała się wyraźnym zróżnicowaniem cech wymiarowych, dotyczy to zarówno grubości szyi korzeniowej jak i wysokości drzew. Średnia grubości sosny zwyczajnej w szyi korzeniowej wynosiła od 1,21 cm dla sosen wzrastających na wierzcholinie zwałowiska wewnętrznego na powierzchniach słabo wzrastających ($W\text{-sw}$), aż do 8,65 cm dla sosen wzrastających na wierzcholinie zwałowiska zewnętrznego na powierzchniach lepiej wzrastających ($Z\text{-lw}$).

Tabela 1. Wybrane właściwości inicjalnych gleb pogórnich tworzących się na różnych substratach na rekultywowanych zwałowiskach KWB „Bełchatów”

Table 1. Some characteristics of initial post-mining soils developed at different substrates on reclaimed spoil heaps Lignite Mining Plant KWB “Bełchatów”

Cecha Property	Warstwa Layer głębokość - cm depth – cm	Obiekt i wariant Object and variant			
		Zwałowisko zewnętrzne External spoil bank		Zwałowisko wewnętrzne Internal spoil bank	
		Z-lw	Z-sw	W-lw	W-sw
Pył (Silt) 0,05-0,002 mm (%)	AinCan (0-8)	41(9)	4(1)	15(2)	5(2)
H (Clay) > 0,002 mm (%)		13(1)	9(1)	6(1)	4(1)
Pył (Silt) 0,05-0,002 mm (%)	Can (8-150)	47(16)	5(2)	8(4)	1(1)
H (Clay) > 0,002 mm (%)		11(2)	7(3)	6(2)	4(1)
pH KCl	AinCan (0-8)	7,5(0,2)	5,2(1,9)	7,4(0,5)	8,3(0,2)
	Can (8-150)	8,0(0,2)	5,0(2,7)	8,3(0,2)	8,2(0,7)
N _{og} (%)	AinCan (0-8)	0,0498 (0,0099)	0,0317(0,0018)	0,0381(0,0079)	0,0232(0,0024)
C _{org} (%)		0,812(0,155)	0,732(0,366)	0,611(1,148)	0,156(0,133)
C _{org} (%)		Can (8-150)	0,127(0,024)	0,808(0,820)	0,108(0,072)
S _{og} (%)	AinCan (0-8)	0,0158(0,0038)	0,0180(0,0100)	0,0137(0,0066)	0,0091(0,0014)
	Can (8-150)	0,0200(0,0064)	0,0503(0,0402)	0,0088(0,0014)	0,0069(0,0012)
S _H (cmol·kg ⁻¹)	AinCan (0-8)	18,6(5,9)	3,2(1,0)	11,9(4,3)	10,1(7,9)
	Can (8-150)	25,3(5,8)	7,3(6,2)	16,2(5,1)	4,3(2,9)
H _h (cmol·kg ⁻¹)	AinCan (0-8)	0,60(0,09)	3,32(1,99)	0,54(0,28)	0,31(0,03)
	Can (8-150)	0,42(0,05)	4,98(3,80)	0,36(0,10)	0,31(0,06)

Objaśnienia Explanations: Z-lw - utwory lepsze na zwałowisku zewnętrznym, Z-lw - richer formations on the external spoil bank, Z-sw - utwory słabsze na zwałowisku zewnętrznym, Z-sw - poorer formations on the external spoil bank, W-lw - utwory lepsze na zwałowisku wewnętrznym, W-lw - richer formations on the internal spoil bank, W-sw - utwory słabsze na zwałowisku wewnętrznym, W-sw - poorer formations on the internal spoil bank, S_H - suma kationów zasadowych wymiennych (cmol·kg⁻¹), S_H - sum of base cations (cmol(+)·kg⁻¹); H_h - kwasowość hydrolytyczna (cmol·kg⁻¹), H_h - hydrolytic acidity (cmol(+)·kg⁻¹); 11(2) - średnia i odchylenie standardowe, 11(2) - mean and standard deviation

Z kolei średnia wysokość sosny zwyczajnej wynosiła od 1,42 m dla sosen wzrastających na wierzchołku zwałowiska zewnętrznego (Z-sw) do 5, 66 m dla sosen wzrastających na wierzchołku zwałowiska zewnętrznego na powierzchniach lepiej wzrastających (Z-lw). Współczynnik zmienności dla badanych egzemplarzy sosny przyjmował wartości od 21,2 do 52,6% w przypadku grubości szyi korzeniowej i od 13,2 do 65,1% w przypadku wysokości drzewek (tab. 2). Na duże zróżnicowanie wymiarów sosny zwyczajnej na zwałowisku zewnętrznym KWB „Bełchatów” zwracali uwagę również Bajorek-Zydroń i in. [1] oraz Pająk i Krzaklewski [8].

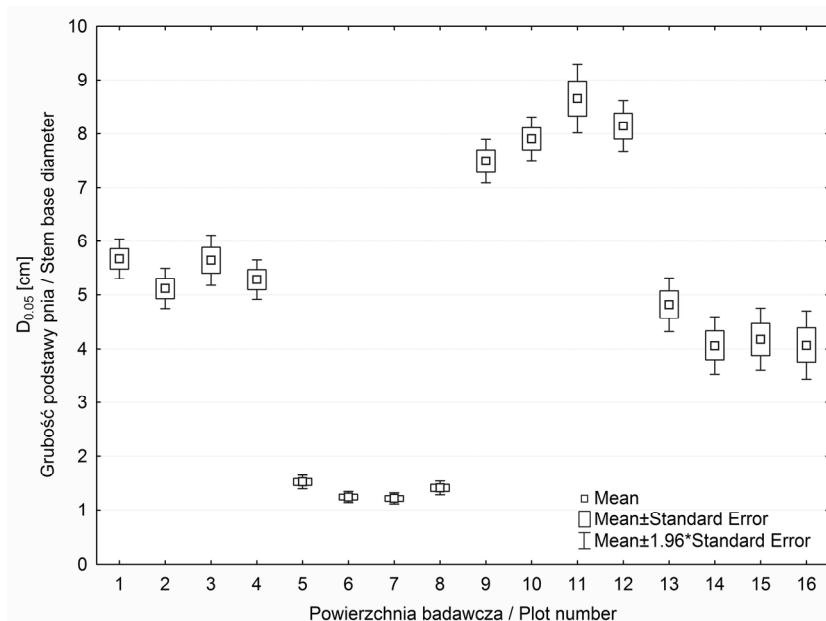
Zarówno na wierzchołku zwałowiska wewnętrznego jak i zewnętrznego znacznie wyższą zmienność obu analizowanych cech zaobserwowano na powierzchniach gdzie wystąpił słabszy wzrost sosny (określonych jako W-sw i Z-sw). Zmienność grubości drzewek na tych powierzchniach była wyższa przeciętnie o ponad 10%, a wysokości o 20%. Przedstawione na rys. 1 i rys. 2 średnie wartości wymiarów drzew sosny zwyczajnej wskazują na stosunkowo niewielkie różnice w ramach wyróżnionych wariantów i jednocześnie duże zróżnicowanie pomiędzy założonymi wariantami.

Tabela 2. Charakterystyka drzew wzrastających na powierzchniach badawczych

Table 2. Characteristic of trees growing on the investigated plots

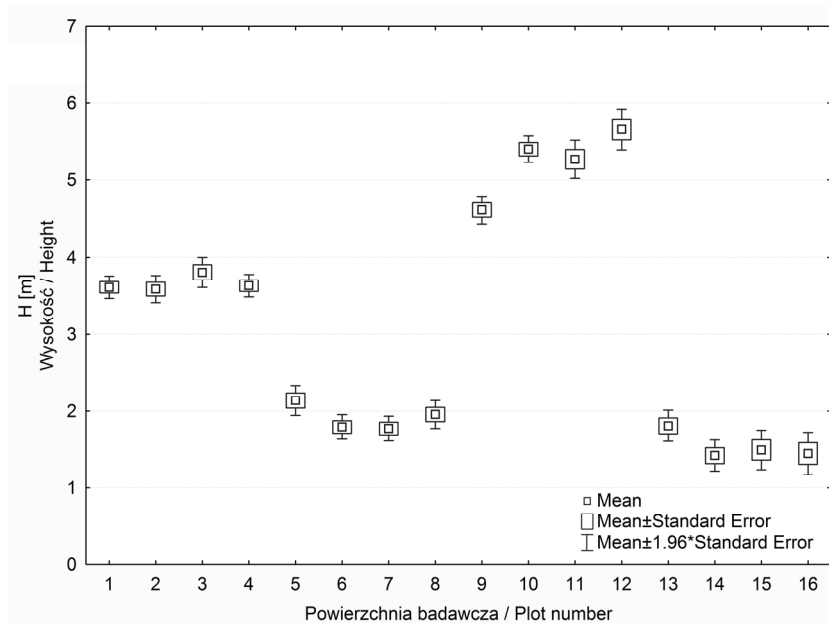
Wariant Variant	Nr pow.	Wiek Age	n [szt./ha]	d _{0,05} [cm]				h [m]			
				śr	min	max	v%	śr	min	max	v%
W-lw	1	12	9600	5,67	0,8	10,5	32,6	3,61	1,4	5,6	20,2
W-lw	2	12	9100	5,12	1,3	8,9	35,6	3,59	1,2	5,2	23,9
W-lw	3	12	7300	5,64	0,8	10,5	36,1	3,81	1,0	5,3	22,4
W-lw	4	12	9500	5,28	1,5	10,6	34,7	3,63	1,2	5,3	20,0
W-sw	5	10	9800	1,52	0,5	4,0	41,7	2,14	0,6	6,1	46,0
W-sw	6	10	8300	1,24	0,4	2,4	39,0	1,79	0,4	3,4	41,4
W-sw	7	10	8300	1,21	0,3	2,9	39,0	1,77	0,3	4,2	42,3
W-sw	8	10	7900	1,41	0,4	3,0	41,1	1,96	0,4	3,9	42,1
Z-lw	9	17	8200	7,49	3,0	11,3	25,0	4,61	2,3	6,4	17,8
Z-lw	10	17	6600	7,91	4,0	12,0	21,2	5,40	3,2	8,4	13,2
Z-lw	11	17	6300	8,65	3,5	15,0	29,8	5,27	3,1	7,0	19,0
Z-lw	12	17	8900	8,14	3,8	13,5	27,7	5,66	2,8	7,9	22,7
Z-sw	13	15	6000	4,82	0,6	9,0	40,9	1,81	0,2	3,6	44,3
Z-sw	14	15	4300	4,06	1,0	8,0	44,3	1,42	0,2	3,1	47,6
Z-sw	15	15	5500	4,17	0,5	9,2	52,6	1,49	0,3	4,4	65,1
Z-sw	16	15	3400	4,06	0,8	8,0	46,5	1,45	0,2	3,2	56,6
min			3400	1,21	0,3	2,4	21,2	1,42	0,2	3,1	13,2
max			9800	8,65	4,0	15,0	52,6	5,66	3,2	8,4	65,1

Objaśnienia Explanations: Z-lw - utwory lepsze na zwałowisku zewnętrznym, Z-lw - richer formations on the external spoil bank, Z-sw - utwory słabsze na zwałowisku zewnętrznym, Z-sw - poorer formations on the external spoil bank, W-lw - utwory lepsze na zwałowisku wewnętrznym, W-lw - richer formations on the internal spoil bank, W-sw - utwory słabsze na zwałowisku wewnętrznym, W-sw - poorer formations on the internal spoil bank, nr pow. – plot No



Rys. 1. Średnia grubość szyi korzeniowej drzewek (wraz z 95% przedziałem ufności) na poszczególnych powierzchniach badawczych na wierzchołkach zwałowisk KWB „Bełchatów”

Fig. 1. Tree's average diameter of stem at soil level together with 95% confidence interval in the investigated plots located in the plain of spoil bank the KWB Belchatow



Rys. 2. Średnia wysokość drzewek (wraz z 95% przedziałem ufności) na poszczególnych powierzchniach badawczych na wierzchołkach zwałowisk KWB „Belchatów”

Fig. 2. Tree's average height together with 95% confidence interval in the investigated plots located in the plain of spoil bank the KWB Belchatow

Ze względu na zróżnicowanie wiekowe badanych zalesień porównanie ich zdolności wzrostowych możliwe było tylko w sytuacji wyeliminowania istotnego wpływu wieku na analizowane parametry. W starszych drzewostanach do oceny zdolności produkcyjnej wykorzystuje się bonitację, którą określa się na podstawie wysokości górnej drzewostanu (średnia wysokość 100 najgrubszych drzew na 1 ha lub 20% najgrubszych drzew) i jego wieku [12, 13]. W drzewostanach bardzo młodych wykorzystanie bonitacji jest praktycznie niemożliwe lub może być obciążone dużymi błędami [13], w związku z czym Zasada [13] proponuje wykorzystanie bieżącego przyrostu wysokości jako miary zdolności produkcyjnych drzewostanu. W przypadku badanych drzewostanów pod uwagę wzięto takie cechy wzrostowe jak: grubość szyi korzeniowej, wysokość oraz przeciętny roczny przyrost grubości ($d_{0,05}/\text{wiek}$) i wysokości (h/wiek).

W celu ustalenia, która z cech przyrostowych badanych drzewostanów jest najmniej zależna od wieku obliczono współczynniki korelacji (tab. 3). Gdy uwzględniono wszystkie drzewa (1190 szt.) na powierzchniach badawczych najniższy współczynnik korelacji (0,16) spośród badanych cech stwierdzono w przypadku przeciętnego rocznego przyrostu wysokości (zh). Zaś gdy analizowano korelację dla 20% najgrubszych drzew (231 szt.) nie stwierdzono istotnego związku z wiekiem drzewostanu dla tej cechy. Można więc przyjąć, że zróżnicowanie przeciętnego rocznego przyrostu wysokości (zh) badanych drzew, a szczególnie

20% najgrubszych egzemplarzy drzew zależy w głównej mierze od właściwości substratów glebowych budujących inicjalne gleby na wierzchołkach zwałowisk KWB „Bełchatów”.

Tabela 3. Wielkość współczynników korelacji pomiędzy wybranymi cechami drzew, a wiekiem drzewostanów na powierzchniach badawczych

Table 3. Correlation coefficients between the selected tree features and forest stands age in the investigated plots

Cecha Characteristic	Grubość Thick $d_{0,05}$ (cm)	Wysokość Height h (m)	Przeciętny przyrost grubości; The average thickness increase zd (cm)	Przeciętny przyrost wysokości; The average height gain zh (m)
dla wszystkich drzew (n = 1190) for all trees (n = 1190)				
Wiek Age	0,71*	0,54*	0,50*	0,16*
dla 20% najgrubszych drzew (n = 231) for 20% thickest trees				
Wiek Age	0,85*	0,59*	0,61*	-0,07

*- korelacja istotna statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$ (statistically significant correlation at $\alpha = 0,05$)

Tabela 4. Współczynnik korelacji pomiędzy przeciętnym rocznym przyrostem wysokości (20% najgrubszych drzew), a wybranymi cechami substratów glebowych

Table 4. Correlation coefficient between the average annual increase of height (20% of thickest trees) and selected properties of soil substrates

Cecha/Warstwa Property/Layer	AinCan (0-8cm)	Can (8-50cm)	Can (50-110cm)	Can (110-150cm)
pH H ₂ O	0,59*	0,58*	0,60*	0,57*
pH_KCl	0,61*	0,50*	0,51*	0,50*
P ₂ O ₅	0,64*	0,38	0,44	0,53*
N	0,37	-0,02	-0,28	-0,24
H _h hydrolytic acidity	-0,69*	-0,53*	-0,57*	-0,52*
K ⁺	0,66*	0,55*	0,56*	0,56*
Mg ²⁺	0,79*	0,73*	0,71*	0,71*
Na ⁺	0,72*	0,69*	0,63*	0,60*
Ca ²⁺	0,73*	0,48	0,55*	0,65*
S _H (sum of base cations)	0,74*	0,49	0,56*	0,66*
T (cation exchange capacity)	0,66*	0,37	0,41	0,59*
V% (base saturation)	0,75*	0,63*	0,60*	0,61*
H (Clay)	0,02	0,47	-0,03	0,45
Pył (Silt)	0,59*	0,47	0,43	0,45
Piasek (Sand)	-0,49	-0,45	-0,33	-0,46

*- korelacja istotna statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$ (statistically significant correlation at $\alpha = 0,05$)

Wyniki badania współczynnika korelacji pomiędzy przeciętnym rocznym przyrostem wysokości (20% najgrubszych drzew), a wybranymi cechami substratów glebowych wskazały, że dodatkowo na przeciętny roczny przyrost wysokości sosny zwyczajnej wpływały na powierzchniach badawczych przede wszystkim: wyższa wartość pH, większa zawartość kationów zasadowych oraz większy udział frakcji pyłu w substracie glebowym. Z kolei negatywnie na przeciętny przyrost wysokości sosny na powierzchniach badawczych wpływał: wzrost kwasowości hydrolitycznej w substracie glebowym (tab. 4). Jest to zgodne z wynikami Pietrzykowskiego i in. [9, 10], którzy wskazali, że zarówno udział części spławianych jak i zawartość kationów zasadowych wpływają znacząco na poprawę żyzności inicjalnych gleb.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania potwierdzono, że zróżnicowanie wzrostu sosny zwyczajnej rosnącej na powierzchniach badawczych założonych na wierzchowinach zwałowisk KWB „Belchatów” w dużym stopniu zależy od właściwości substratu glebowego, który buduje inicjalne gleby. Do czynników najistotniej wpływających na wzrost sosny należy zaliczyć: zawartość w kompleksie sorpcyjnym gleby kationów zasadowych, zawartość frakcji pyłu i piasku w substracie glebowym oraz kwasowość hydrolityczną. W przypadku występowania na zrehabilitowanych już terenach pogórnich czynników negatywnych należy wykonać zabiegi ulepszące. Zakres tych zabiegów należałoby sprawdzić w doświadczeniach polowych oraz wypracować właściwy model postępowania.

Ponadto wykonując zalesienia nowo rekultywowanych terenów gdzie substraty glebowe charakteryzują się ubogą zawartością składników pokarmowych, lub wysoką kwasowością hydrolityczną (utwory toksycznie kwaśne) należy wspomóc o takie zabiegi jak: neutralizacji, wzbogacenie utworami gliniastymi (np. dowiezenie cienkiej 10 cm warstwy utworów o dużej zawartości frakcji pyłu i ilu, którą następnie należałoby przemieszać z substratem glebowym), wprowadzenie gatunków roślin motylkowych, których zadaniem będzie zwiększenie dopływu azotu organicznego. Innym podstawowym rozwiązaniem zalecanym od lat w rekultywacji [11] jest umieszczanie utworów jałowych i toksycznych w korpusie zwałowisk.

PIŚMIENNICTWO

1. Bajorek-Zydroń K., Krzaklewski W., Pietrzykowski M. 2007. Ocena zaopatrzenia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w składniki pokarmowe w warunkach zwałowiska zewnętrznego KWB "Belchatów". *Górnictwo i Geoinżynieria*, 31/2: 67-74.
2. Białobok S., Boratyński A., Bugała W. 1993. *Biologia sosny zwyczajnej*. Instytut Dendrologii PAN w Kórniku, 624 ss.
3. Kasztelewicz Z. 2008. Informacja na temat wydobycia węgla brunatnego i zamierzeń tej branży w pierwszej połowie XXI wieku w Polsce. *Kwartalnik Kopaliny*, 1(70): 29-38.
4. *Klasyfikacja gleb leśnych Polski*. 2000. Oprac. Zesp. Klasyfikacji Gleb Leśnych PTG. Red. A. Kowalkowski i zesp. CILP, Warszawa, 122 ss.
5. Krzaklewski W. 1988. *Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych*. Wyd. AR, Kraków, 108 ss.

6. Krzaklewski W. 1990. Analiza działalności rekultywacyjnej na terenach pogórnicych w głównych gałęziach przemysłu wydobywczego w Polsce. Wyd. SGGW-AR Warszawa, 44, 90 ss.
7. Ostrowska A., Gawliński S., Szczebiałka Z. 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Warszawa, 334 ss.
8. Pająk M., Krzaklewski W. 2010. Wpływ sposobów neutralizacji toksycznie kwaśnych utworów na wierzbach zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów” na wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego, 137, Seria: Inżynieria Środowiska, 17: 123-130.
9. Pietrzykowski M., Pająk M., Krzaklewski W. 2009. Ocena możliwości zastosowania liczby bonitacyjnej (LB) w diagnozie siedlisk leśnych kształtujących się na wybranych obiektach pogórnicych zrehabilitowanych dla leśnictwa. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 38: 298-307.
10. Pietrzykowski M., Pająk M., Krzaklewski W. 2010. Próba zastosowania metod liczbowej wyceny gleb na podstawie Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych (ITGL) oraz Siedliskowego Indeksu Glebowego (SIG) do opisu zmienności warunków siedliskowych na zrehabilitowanych dla leśnictwa zwałowiskach KWB "Bełchatów". Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 26, 3: 155-165.
11. Skawina T. 1970. Możliwość wykorzystania selektywnego zwałowania dla celów rekultywacji. Górnictwo Odkrywkowe, nr 4.
12. Socha J. 2010. Metoda modelowania potencjalnych zdolności produkcyjnych świerka w górach. Zeszyty Naukowe UR w Krakowie, 338, 107 ss.
13. Zasada M. 2002. Określanie bonitacji za pomocą młodocianego przyrostu wysokości w drzewostanach sosnowych. Sylwan, 3: 21-29.

THE IMPACT OF INITIAL SOIL PROPERTIES ON THE GROWTH OF SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) ON RECLAIMED SURFACE OF SPOIL BANK KWB "BEŁCHATÓW"

Abstract. This paper concerns the relationships between the properties of soil-substrate and growth of Scots pine planted on the plateaus of spoil bank KWB "Bełchatów". Studies have shown that growth of Scots pine in the research plots is primarily positively affected by: higher pH, contents of base cations and percentage of silt-sized (0.05-0.002 mm) fractions in soil substrate. In the other hand, negative influence on the average tree height growth on the study plots had the content of sand fraction, as well as the hydrolytic acidity in the soil substrate.

Keywords: Scots pine, post-mining sites, reclamation.