

MAREK PAJĄK, WOJCIECH KRZAKLEWSKI\*

**WPLYW SPOSOBÓW NEUTRALIZACJI TOKSYCZNIE KWAŚNYCH UTWORÓW NA WIERZCHOWINIE ZWAŁOWISKA ZEWNĘTRZNEGO KWB „BEŁCHATÓW” NA WZROST SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS L.*).**

*Streszczenie*

*Przedstawiono wyniki badań wysokości i grubości w szyi korzeniowej sosny zwyczajnej wznoszącej się na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzchołku zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”, gdzie prowadzono badania nad neutralizacją toksycznie kwaśnych utworów nadkładu. Jako neutralizatory zastosowano: kredę jeziorną, wapno palone, wapniak mielony, popiół z spalania węgla brunatnego i mączkę fosforytową. Z spośród zastosowanych neutralizatorów najlepszy wpływ na wzrost sosny zwyczajnej wykazały mączka fosforytowa oraz popiół.*

Słowa kluczowe: tereny pogórnice, rekultywacja, toksycznie kwaśne utwory, substancje neutralizujące, sosna zwyczajna

**Wstęp**

Ważnym i niełatwym problemem do rozwiązania w rekultywacji terenów pogórnich górnictwa węgla brunatnego jest skuteczna neutralizacja występujących na powierzchni zwałowisk utworów o nadmiernym zakwaszeniu. Grunty te zalicza się do utworów o najwyższym stopniu trudności rekultywacji [Skawina i Trafas 1971, Krzaklewski 1988, Greinert 1997]. Celem niniejszej pracy była ocena wpływu na wzrost sosny zwyczajnej kilku neutralizatorów wykorzystanych do neutralizacji toksycznie kwaśnych utworów na wierzchołku zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”.

---

\* Katedra Ekologii Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

### Obiekt badań i metody

Przedmiotem badań była powierzchnia doświadczalna, którą założono w południowo-wschodniej części wierzchowy zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”. Zwałowisko to budowano metodą nieselektywną w latach 1977-1994 gromadząc na nim łącznie około 1,34 mld m<sup>3</sup> utworów nadkładu. Utwory te to przede wszystkim piaski czwarto- i trzeciorzędowe (65%), czwartorzędowe gliny i mułki (20%) oraz trzeciorzędowe ily (15%). Zwałowisko zajęło obszar o *powierzchni* 1500 ha, który wznosi się od 126 do 180 m nad otaczający teren [Łyczba, Piątkowski 1999]. Powierzchnię doświadczalną o wymiarach 66 m x 15 m założono na fragmencie wierzchowy zbudowanym z utworów toksycznie kwaśnych (pH w KCl <3,5), których właściwości fizyczne i chemiczne szczegółowo opisano w opracowaniu [Krzaklewski i in. 1997], a zmiany wybranych właściwości, jakim po 6 latach od zastosowania neutralizacji uległ badany utwór przedstawiono w pracy Hłopasia [2002]. W doświadczeniu zastosowano 5 neutralizatorów każdy w 2 dawkach, co łącznie z powierzchniami porównawczymi bez neutralizacji „0” daje 11 kombinacji w 3 powtórzeniach każda. Doświadczenie założono metodą losowych bloków o wielkość poletek 30 m<sup>2</sup> (5x6 m). Zastosowano następujące neutralizatory przyjmując do ich wyczerpania równoważną zawartość CaO: wapno nawozowo tlenkowe (70% CaO) (oznaczone jako **W.p.1** w dawce 6,4 t/ha i **W.p.2** w dawce 12,8 t/ha), wapniak mielony (45% CaO) (oznaczone jako **W.m.1** w dawce 10,0 t/ha i **W.m.2** w dawce 20,0 t/ha), kreda jeziorna z KWB „Bełchatów” (35% CaO) (oznaczone jako **K.j.1** w dawce 12,75 t/ha i **K.j.2** w dawce 12,75 t/ha), popiół ze spalania węgla brunatnego z elektrowni „Bełchatów” (7% CaO) (oznaczone jako **Pop.1** w dawce 32,5 t/ha i **Pop.2** w dawce 65,0 t/ha), mączka fosforytowa (40% CaO i 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (oznaczone jako **M.f.1** w dawce 2,0 t/ha i **M.f.2** w dawce 4,0 t/ha). Najpierw rozsiano połowę dawki każdego z neutralizatorów, wymieszano z gruntem broną talerzową na głębokość 15 cm, następnie wykonano orkę na głębokość 30 cm. Następnie wysiano drugą połowę dawki neutralizatora i wymieszano z gruntem broną talerzową na głębokość 15 cm, dwukrotnie. Neutralizację przeprowadzono wiosną 1995 r. Następnie, latem tego roku poletko szczegółowo opróbowano, po czym zastosowano jednolite nawożenie mineralne, w przeliczeniu na ha: 100 kg N (saletra amonowa, 34% N), 115 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (potrójny superfosfat-46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) i 112 kg K<sub>2</sub>O (sól potasowa, 56% K<sub>2</sub>O). Z kolei wysiano nasiona życicy trwałej w dawce 60 kg/ha, którą zastosowano jako roślinę testową. Z uwagi na letni siew nasion życicy, zastosowano dawkę 100 kg/ha saletry amonowej (34% N). Wiosną 1996 r. wykonano ponownie jednolite nawożenie mineralne na całej powierzchni w ilości 100 kg/ha saletry amonowej (34% N) i 100 kg soli potasowej (56% K<sub>2</sub>O). Zebrano 2 pokosy trawy, po pierwszym zastosowano nawożenie 100 kg/ha saletry amonowej. Jesienią 1997 r. powierzchnię zalesiono sosną zwyczajną i dębem czerwonym.

Wprowadzano sadzonki dwuletnie nieszkółkowane w zmieszaniu, naprzemian 3 rzędy sosny, 1 rząd dębu w więźbie 1,25x0,85 m. Sadzonki nie były wcześniej specjalnie sortowane, ani mikoryzowane [Krzaklewski i in. 1997]. W 2001 roku, ze względu na silne zgryzanie dębu czerwonego powierzchnię doświadczałą ogrodzono.

Jesienią 2005 roku wykonano:

- pomiar wysokości (h) sosny zwyczajnej z dokładnością do 1 cm,
- pomiar grubości sosny zwyczajnej w szyi korzeniowej ( $d_{0,05}$ ) z dokładnością do 0,1 cm,

Dla uzyskanych pomiarów określono podstawowe statystyki badanych cech biometrycznych, wykonano również porównanie istotności różnic testem t ( $\alpha = 0,05$ ) badanych cech pomiędzy poletkami z zastosowanymi neutralizatorami, a powierzchnią bez neutralizacji (STATISTICA 8.0).

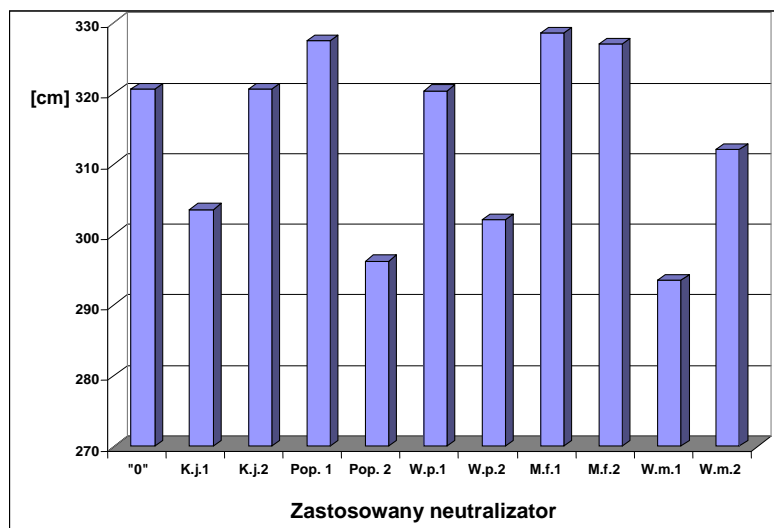
### Wyniki i ich omówienie

Pomierzono wysokość oraz grubość w szyi korzeniowej 606 sosen. Dla całej powierzchni badawczej średnia wysokości sosny w 2005 roku wynosiła 313,1 cm. Najwyższą średnią wysokością charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano mączkę fosforytową w pojedynczej dawce (329,9 cm), a najniższą gdzie zastosowano wapniak mielony w pojedynczej dawce (290,9 cm). Na poletkach bez neutralizacji średnia wysokość wynosiła 320,6 cm (rys. 1).

Największą zmiennością wysokości charakteryzowały się egzemplarze sosny wzrastające na poletkach gdzie neutralizatorem był wapniak mielony w pojedynczej dawce (30,41%), a najniższą gdzie zastosowano wapno palone w pojedynczej dawce (16,23%) (tab. 1).

Z porównania wykonanych w 2005 roku pomiarów wysokości sosen rosnących na powierzchni bez neutralizacji „0” z wysokościami sosen rosnących na poletkach z zastosowanymi neutralizatorami wynika, że wartości te nie różniły się istotnie statystycznie (tab. 2).

Średnia grubość w szyi korzeniowej sosny dla całej powierzchni badawczej w 2005 roku wynosiła 63,2 mm. Najwyższą średnią grubością charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano popiół w pojedynczej dawce (67,48 mm), a najniższą gdzie zastosowano wapniak mielony w pojedynczej dawce (58,02). Na poletkach bez neutralizacji średnia grubość w szyi korzeniowej wynosiła 64,69 mm (rys. 2).



Rys. 1. Średnia wysokość ( $h$ ) sosny zwyczajnej w 2005 r. rosnącej na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Belchatów” w zależności od zastosowanego neutralizatora

Fig. 1. Average height ( $h$ ) of Scots pine in 2005, growing on the experimental plot located at the top of the external dump of KWB "Belchatów" in dependence on the used neutralizer

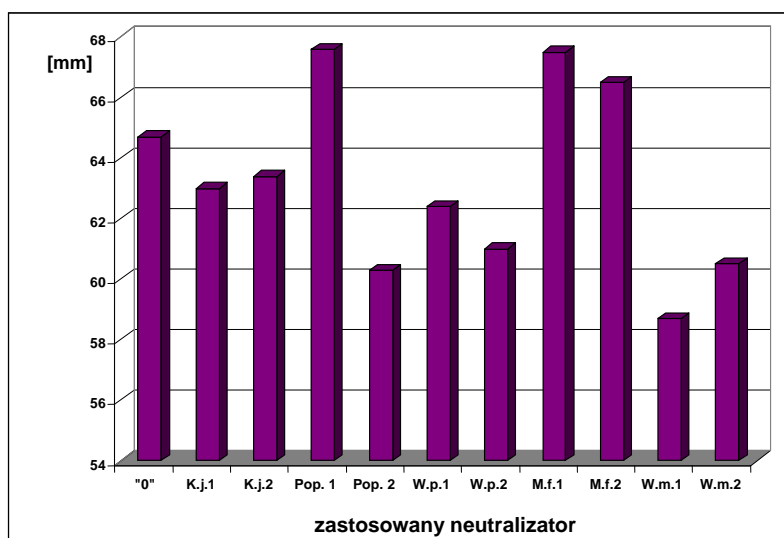
Tab. 1. Podstawowe charakterystyki statystyczne wzrostu ( $h$ ) sosny zwyczajnej w 2005 r. rosnącej na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Belchatów” w zależności od zastosowanego neutralizatora

Tab. 1. Basic statistical characteristics of growth ( $h$ ) of Scots pine in 2005, growing on the experimental plot located at the top of the external dump KWB "Belchatów" in dependence on the used neutralizer

Zastosowany neutralizator	Minimum [cm]	Maksimum [cm]	Średnia [cm]	Odchylenie standardowe [cm]	Współczynnik zmienności [%]
„0”	59	455	320,6	87,85	27,40
K.j.1	54	421	307,1	70,48	22,95
K.j.2	132	453	319,8	67,26	21,03
Pop.1	68	435	326,8	78,51	24,02
Pop.2	41	436	295,2	82,87	28,07
W.p.1	162	439	320,3	51,99	16,23
W.p.2	68	459	301,1	80,05	26,59
M.f.1	184	446	329,9	70,65	21,42
M.f.2	159	462	326,5	68,65	21,02
W.m.1	115	455	290,9	88,46	30,41
W.m.2	118	447	303,5	79,28	26,12

Tab. 2. Wynik testu *t* dla zmiennych niezależnych ( $\alpha = 0,05$ )Tab. 2. *T* test for independent variables ( $\alpha = 0.05$ )

Zastosowany neutralizator	Wysokość (h) 2005r.	Grubość ( $d_{0,05}$ ) 2005r.
	Poletko bez neutralizacji „0”	
K.j.1	0,391	0,811
K.j.2	0,955	0,662
Pop.1	0,699	0,463
Pop.2	0,138	0,227
W.p.1	0,982	0,451
W.p.2	0,240	0,321
M.f.1	0,545	0,402
M.f.2	0,697	0,622
W.m.1	0,088	0,094
W.m.2	0,290	0,285



Rys. 2. Średnia grubość sosny zwyczajnej w szyi korzeniowej ( $d_{0,05}$ ) w 2005 r. rosnącej na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzchołku zwałowiska zewnętrznego KWB „Belchatów” w zależności od zastosowanego neutralizatora

Fig. 2. The average thickness of the pine in the root neck ( $d_{0,05}$ ) in 2005, growing on the experimental plot located at the top of the outside dump KWB "Belchatów" in dependence on the used neutralizer

Największą zmiennością badanej cechy charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach gdzie neutralizatorem był wapniak mielony w pojedynczej dawce (37,07%), a najniższą gdzie zastosowano wapno palone w pojedynczej dawce (18,78%) (tab. 3).

Tab. 3. Podstawowe charakterystyki statystyczne grubości w szyi korzeniowej ( $d_{0,05}$ ) sosny zwyczajnej w 2005 r. rosnącej na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzchołku zwałowiska zewnętrznego KWB „Belchatów” w zależności od zastosowanego neutralizatora

Tab. 3. Basic statistical characteristics of thickness in the root neck ( $d_{0,05}$ ) of Scots pine in 2005, growing on the experimental plot located at the top of the external dump KWB "Belchatów" depending on the used neutralizer

Zastosowany neutralizator	Minimum [mm]	Maksimum [mm]	Średnia [mm]	Odchylenie standardowe [mm]	Współczynnik zmienności [%]
„0”	12	95	64,69	18,69	28,89
K.j.1	7	96	63,83	17,58	27,54
K.j.2	21	93	63,23	16,18	25,59
Pop.1	14	103	67,48	20,70	30,68
Pop.2	11	94	60,39	17,87	29,59
W.p.1	30	86	62,37	11,71	18,78
W.p.2	12	101	60,91	19,94	32,74
M.f.1	28	101	67,75	19,15	28,27
M.f.2	19	97	66,46	18,49	27,82
W.m.1	16	96	58,02	21,51	37,07
W.m.2	18	96	60,89	17,97	29,51

Z porównania grubości w szyi korzeniowej sosen w 2005 roku rosnących na powierzchni bez neutralizacji „0” pomiędzy wysokościami sosen rosnącymi na poletkach z zastosowanym neutralizatorem wynika, że wartości te nie różniły się istotnie statystycznie (tab. 2). Wyniki cech biometrycznych drzewek rosnących na powierzchni doświadczalnej porównano z wynikami badań Hłopasia [2002], które przeprowadził na przedmiotowej powierzchni w trzecim roku po wprowadzeniu zalesień. Najwyższe średnie cechy biometryczne odnotowano wówczas dla sosen rosnących na poletku, gdzie jako neutralizator zastosowano mączkę fosforową w pojedynczej dawce. Podobnie po 8 latach od wykonania zalesień najwyższą średnią wysokością charakteryzowały się sosny wzrastające na tych poletkach. Również wysokimi średnimi wysokościami charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach z zastosowanym popiołem w pojedynczej dawce oraz z mączką fosforytową w podwójnej dawce. Na tych samych poletkach rosły także sosny, które charakteryzowały się najwyższą średnią grubością w szyi korzeniowej. Z kolei najniższymi średnimi wartościami cech biometrycznych po 3 latach wzrostu charakteryzowały się sosny wprowadzone na poletka gdzie neutralizatorem było wapno palone w podwójnej dawce. Przeprowadzone badania z kolei wskazują, że najniższym średnim wzrostem wysokości i grubości w szyi korzeniowej charakteryzuje się sosna zwyczajna wzrastająca na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano wapniak mielony. Uzyskane średnie wartości wysokości i grubości w szyi korzeniowej sosen na

poletkach z neutralizacją w stosunku do sosen wzrastających na poletku bez neutralizacji („0”) wskazują, że po 8 latach wzrost sosny zwyczajnej nie różni się istotnie statystycznie w zależności od zastosowanego neutralizatora.

### Podsumowanie

- Po dziesięciu latach wzrostu nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy wysokością i grubością w szyi korzeniowej sosen rosnących na powierzchni „bez neutralizacji”, a wysokością i grubością w szyi korzeniowej sosen rosnących na poletkach neutralizowanych.
- Najwyższą średnią wysokość oraz największą średnią grubość w szyi korzeniowej sosen zanotowano na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano mączkę fosforową (w pojedynczej i podwójnej dawce) oraz popiół (w pojedynczej dawce).
- Największym zróżnicowaniem wysokość i grubość w szyi korzeniowej charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano wapniak mielony w pojedynczej dawce, a najmniejszym na poletkach gdzie zastosowano wapno palone w pojedynczej dawce.

*Praca została wykonana w ramach projektu badawczego nr PNRF-68-AI-1/07 pt. „Opracowanie indeksów jakości gleb dla naturalnych siedlisk leśnych nizin i wyżyn Polski i ich zastosowanie w gospodarce leśnej” sponsorowanego przez Grant Norweski w ramach Norweskiego Mechanizmu Finansowego*

### Literatura

1. GREINERT H. *Problemy związane z rekultywacją terenów pogórnich na środkowym Nadodrze*. II Światowy Kongres Ochrony Środowiska na Terenach Górniczych, Tom 1, Katowice 1997
2. HŁOPAŚ W. *Wpływ sposobów neutralizacji toksycznie kwaśnych utworów na wierzcholinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Belchatów” na wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i dębu czerwonego (*Quercus rubra* L.) po trzech latach wegetacji*. Praca magisterska. Maszynopis. Katedra Ekologii Lasu AR Kraków, 2002
3. KRZAKLEWSKI W. *Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych*. Skrypty uczelniane Akademii Rolniczej w Krakowie, 1988

4. KRZAKLEWSKI W., KOWALIK S., WÓJCIK J. *Rekultywacja utworów toksycznie kwaśnych w górnictwie węgla brunatnego*. Monografia. Wydawnictwo MONOS, Kraków, 1997
5. ŁYCZBA S., PIĄTKOWSKI J. *Rekultywacja zwalowiska zewnętrznego Kopalni KWB „Bełchatów” o kierunku leśnym – stan obecny i perspektywy*. Referaty - Górnictwo Odkrywkowe – Środowisko - Rekultywacja ze szczególnym uwzględnieniem KWB „Bełchatów”, Bełchatów, 13-36, 1999
6. SKAWINA T., TRAFAS M. *Zakres wykorzystania i sposób interpretacji wyników badań geologicznych dla potrzeb rekultywacji*. Ochrona Terenów Górniczych, nr 16, 3-10, 1971

### **THE IMPACT OF THE MEANS TO NEUTRALIZE TOXICALLY ACID DEPOSITS PRESENT ON THE SURFACE OF THE OUTER WASTE HEAP OF "BEŁCHATÓW" BROWN COAL MINE ON THE GROWTH OF SCOTCH PINE (PINUS SYLVESTRIS L.)**

#### *S u m m a r y*

*The presence of excessively acid deposits on the surface of waste heaps is a characteristic problem, difficult to solve in the reclamation of the post-mining areas of brown coal mining. These deposits are some of the most difficult to reclaim [Skawina and Trafas 1971, Krzaklewski 1988]. The present paper describes an experiment set up on the toxically acid surface deposits of the outer waste heap of "Bełchatów" brown coal mine in spring 1995. There were 5 neutralizers, each used in 2 doses, which - including the "zero" one - yielded 11 combinations, each in 3 repetitions. The experiment was set up using the random block method with the field size of 30 m<sup>2</sup>. Various neutralizers were used in different doses, calculated according to the equal CaO content in them. These were: oxide lime (70% CaO), carbonate lime (45% CaO), bog lime from "Bełchatów" brown coal mine (35% CaO), ash from the burning of brown coal in "Bełchatów" power plant, and phosphorite flour (40% CaO and 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). After two years (in autumn 1997), Scotch pine was introduced in the area. The aim of the present paper was to assess the impact of different means to neutralize the toxically acid deposits on the growth of Scotch pine. The results obtained show that the best growth was achieved by Scotch pine in those variants where phosphorite flour and ash from the burning of brown coal were used as neutralizers.*

Key words: post-mining sites, reclamation, toxic acid formations, neutralizers, Scots pine