

BOGDAN KLUCZYŃSKI

**Rozwój siewek wybranych gatunków drzew i krzewów  
w doświadczeniu wazonowym na piasku poflotacyjnym cynkowym  
z Kombinatu Górniczo-Hutniczego „Orzeł Biały”\***

WSTĘP

Zwały hutnicze i piaski poflotacyjne cynkowe należą do nieużytków przemysłowych najtrudniejszych do przyrodniczego zagospodarowania. Składają się one z nieużytecznych, wypalonych części z destylacyjnych pieców hut cynkowych, z żużlu paleniskowego oraz szczątków mufl. Proces ich wietrzenia jest powolniejszy aniżeli zwałów cynkowych górniczych. Z powodu trudności rekultywacyjnych na szczególną uwagę w tej grupie nieużytków zasługują zwały (osadniki) poflotacyjne cynkowe typu szlamowo-mułowego. Ich materiałem budulcowym są odpady (zwane umownie piaskiem poflotacyjnym cynkowym) pochodzące ze skomplikowanego technologicznego procesu odzyskiwania metali (głównie cynku i ołowiu) z rudy. Na odpady te składają się dolomity, gliny oraz ily zawierające nadmierną dla roślin koncentrację związków wielu metali, przesycone ponadto bardzo toksycznymi odczynnikami dodawanymi do procesu flotacji. Rekultywacja przyrodnicza tego typu zwałowisk wymaga stosowania różnorodnych zabiegów melioracyjnych, wśród których przykrywanie zwałów warstwą urodzajnej ziemi o różnej (w zależności od potrzeb) miąższości, jest zabiegiem dającym szansę powodzenia.

\* Doświadczenie założono w identyczny sposób jak doświadczenie z popiołami energetycznymi z Elektrowni Halemba. Dotyczy to usytuowania, terminu założenia i likwidacji doświadczeń, zastosowanych gatunków i innych szczegółów metodycznych. Obu doświadczeniom przyświecał również ten sam cel. Dla uniknięcia powtarzania wielu momentów wspólnych obu próbom, autor powołuje się na pracę dotyczącą popiołów pt. „Rozwój siewek wybranych gatunków drzew i krzewów na popiołach energetycznych z Elektrowni Halemba w doświadczeniu wazonowym”, zamieszczoną w niniejszym roczniku Arboretum Kórnickiego. Przedstawienie rezultatów doświadczeń w dwu pracach wynika z odmiennych właściwości substratów stanowiących dwa różne, zwłaszcza co do pochodzenia, typy nieużytków: popioły energetyczne ze spalania węgla i piasek poflotacyjny cynkowy. Z tego powodu warunki wzrostu siewek w obu doświadczeniach są nieporównywalne.

W chwili obecnej istnieje możliwość pełnego wykorzystania bieżących odpadów dolomitowych z procesu flotacji do budowy dróg. Nadal pozostaje jednak problem zagospodarowania osadników już istniejących, z uwagi na pylenie i toksyczny wpływ na okolicę.

Niniejsze doświadczenie typu wazonowego przeprowadzono na piasku poflotacyjnym cynkowym z osadnika przy Kombinacie Górniczo-Hutniczym „Orzeł Biały” w Brzezinach Śląskich. Wysiano nasiona 5 gatunków drzew i 8 gatunków krzewów. Ponieważ nasiona kilku gatunków nie skiełkowały lub też siewki wyginęły w trakcie trwania doświadczenia, do chwili jego likwidacji pozostały przy życiu siewki tylko 8 gatunków — 3 gatunków drzew i 5 gatunków krzewów. Piasek poflotacyjny zastosowano w 6 wariantach podłoża (5 form nawożenia). Przygotowano również 1 podłoże porównawcze z gleby.

W ciągu okresu wegetacyjnego kontrolowano kiełkowanie nasion oraz wzrost i przeżywalność siewek. W chwili zakończenia doświadczenia odnotowano cechy wzrostowe siewek, zabarwienie liści i stopień ich uszkodzenia, ogólną zdrowotność siewek oraz świeżą i suchą masę.

Celem doświadczenia było sprawdzenie odporności wybranych gatunków drzew i krzewów na toksyczne fizykochemiczne właściwości piasku poflotacyjnego cynkowego. Gatunki roślin, które cechuje względnie wysoka odporność i odpowiedni rozwój należy uwzględnić w dalszych próbach zadrzewieniowych. Zaplanowanie w doświadczeniu 6 wariantów podłoża z piasku poflotacyjnego w trzech powtórzeniach miało na celu zbadanie jaki wpływ na siewki wywiera sposób przygotowania substratu.

#### MATERIAŁ I METODYKA

W celu założenia doświadczenia sprowadzono do Kórnika piasek poflotacyjny cynkowy z Kombinatu Górniczo-Hutniczego „Orzeł Biały” w Brzezinach Śląskich. Pobrano go z górnej części wału (skarpy) osadnika, do głębokości około 30 cm. Pionowa wysokość wału wynosi około 20 m. Osadniki zbudowane są z odpadowych części (dolomitów) rudy cynkowo-ołowiowej, pozostałych po przeprowadzeniu technologicznego procesu odzysku metali. W zarysie proces ten przedstawia się następująco\*:

Surowcem wyjściowym jest ruda zawierająca dolomity. Składnikami użytecznymi rudy są siarczkowe związki cynku i ołowiu, czyli blenda cynkowa ( $ZnS$ ), galena ( $PbS$ ) oraz markasyt ( $FeS_2$ ). Podlegają one tak zwanemu wzbogaceniu w przeróbce mechanicznej. Polega ona na oddzieleniu w procesie grawitacyjnym skały pływnej, to jest dolomitu ( $MgCaCO_3$ ), od minerałów użytecznych. Ilość oddzielonego dolomitu wynosi około 40 - 50% wsadu. Pozostała część podlega dalszemu wzbogacaniu w procesie flo-

\* Panu mgr inż. Zenonowi Blitkowi, kierownikowi Zakładu Badań i Doświadczeń K.G.H. „Orzeł Biały” w Brzezinach Śląskich, składam serdeczne podziękowanie za udzielenie informacji na ten temat.

tacji po dodaniu odczynników flotacyjnych (ksantogeniany różnych rzędów). Ziarna skały pionnej w ośrodku wodnym (są to tak zwane szlamy poflotacyjne) odprowadza się do specjalnych osadników, w których następuje klarowanie. Ciała stałe opadają, a woda jest zwracana do stawu przemysłowego względnie do procesu technologicznego w obiegu zamkniętym po czym podlega dalszemu „wzbogaceniu” w minerały użyteczne.

Do lat sześćdziesiątych obwałowania osadników budowano z gruboziarnistego dolomitu pochodzącego ze wstępnego procesu wzbogacania. Obecnie na budowę wałów wykorzystuje się frakcję gruboziarnistą ze szlamów poflotacyjnych (frakcje piasków), wyodrębnioną na koronach obwałowań w tak zwanych hydrocyklonach. Są to urządzenia służące do rozdzielania i osadzania poszczególnych frakcji. Cięższych frakcji używa się do budowy wałów, a szlamy odprowadzane są do wnętrza osadnika w celu klarowania się. Jak już zaznaczono, woda z osadnika zostaje odprowadzona przelewami do obiegu zamkniętego lub do stawu przemysłowego. Należy wyjaśnić, że zawiesina użyteczna kierowana jest najpierw do filtrów celem odsączenia wody, a następnie do suszarni. Następnym stadium procesu jest już wytop metali użytecznych. Odpady wytopu są wtórnie wykorzystywane.

W piaskach poflotacyjnych cynkowych substancjami szczególnie toksycznymi są ksantogeniany, czyli odczynniki flotacyjne zwane zbieraczami. Pod względem chemicznym jest to dwusiarczek węgla ( $CS_2$ ) i alkohole, olej sosnowy (środek pianotwórczy dodawany do wytwarzania piany w procesie flotacji), siarczan miedzi ( $CuSO_4$ ) zwany tutaj depresorem, który umożliwia prowadzenie selektywnej flotacji oraz wapno, cynk i ołów.

Załączone tabele 1, 2 i 3 przedstawiają właściwości piasków pobranych do doświadczenia na podstawie przeprowadzonej analizy. Oto niektóre ich cechy fizykochemiczne:

Tabela 1

Analiza mechaniczna piasku poflotacyjnego cynkowego z K.G.H. „Orzeł Biały (metodą Prószyńskiego)  
Mechanical analysis of the post-flotation zinc sand from the „Orzeł Biały” mining-smelting works (by the method of Prószyński)

Procentowa zawartość frakcji ( $\sigma$ do 1,0 mm) Percentage content of the fraction ( $\sigma$ up to 1,0 mm)				
1,0 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,02	0,02 - 0,002	< 0,002
	0,1 - 0,02		< 0,02	
	14	7	2	1
76	21		3	

Tabela 2

Analiza chemiczna piasku poflotacyjnego cynkowego z K.G.H. „Orzeł Biały”  
Chemical analysis of post-flotation zinc sand from the „Orzeł Biały” mining-smelting works

Całkowita zawartość w p.p.m. Total content in p.p.m.													
Mg	Fe	Zn	Pb	Mn	Cd	Al*	Mo	Ni	Co	Cu	B	As	Ba
198000	16500	3217	do 1500	782	50	12	4	4	3	1	1	brak absent	brak absent

\* Łatwo rozpuszczalne formy Al (metoda Grewelinga-Peecha; Nowosielski 1968).

\* Easily soluble forms of Al (the method of Greweling-Peech; Nowosielski 1968).

Niektóre właściwości chemiczne piasku poflotacyjnego  
Some chemical properties of post-floatation zinc sand from

pH		Ogólny Total			Egner		Wyciąg Water	
KCl	H <sub>2</sub> O	PO <sub>4</sub>	Ca	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Chlorki Chlorides	Ca
		%			mg/100 g			
7,78	7,83	0,099	5,500	0,33	ślady traces	6,4	2,6	1280,0

straty na żarzeniu (średnio ‰)	—	3,84,
suma zasad (me/100 g substratu)	—	49,6,
kwasa hydrolytyczna (me/100 g substratu)	—	0,0,
przewodnictwo (zasolenie)	—	2700 μS.

Zwraca uwagę słabo zasadowe pH (7,8), wysoka koncentracja Mg (198 000 p.p.m.), Fe (16 500 p.p.m.), Zn (3217 p.p.m.), Pb (do 1500 p.p.m.), Mn (782 p.p.m.) i Cd (50 p.p.m.). Bardzo niska jest zawartość P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ślady) i K<sub>2</sub>O (6,4 mg/100 g substratu). Stwierdzono brak azotanów (przyswajalny azot), podczas gdy stężenie azotu ogólnego wynosi 0,33‰ (N ow os i e l s k i, 1968).

Drugim substratem zastosowanym w doświadczeniu jest gleba. Jej charakterystykę zawiera praca opisująca doświadczenie na popiołach z Elektrowni Halemba.

Zastosowane w doświadczeniu podłoża z piasku poflotacyjnego przygotowano pod względem sposobu nawożenia tak samo jak w doświadczeniu z popiołami. Są to:

G<sub>s</sub> = gleba ze szkółki,

I = piasek poflotacyjny cynkowy bez domieszek,

II = piasek poflotacyjny cynkowy z 2,5-centymetrową wierzchnią warstwą gleby,

III = piasek poflotacyjny cynkowy z dodatkiem kompostu,

IV = piasek poflotacyjny cynkowy z dodatkiem torfu,

V = piasek poflotacyjny cynkowy z dodatkiem pełnej dawki nawozów mineralnych NPK,

VI = piasek poflotacyjny cynkowy z dodatkiem połowy pełnej dawki nawozów mineralnych NPK.

W doświadczeniu zaplanowano udział nasion tych samych 15 gatunków drzew i krzewów; do końca trwania doświadczenia utrzymały się przy życiu siewki tylko 8 kolejno ponumerowanych gatunków: 1) *Salix caprea* L., 2) *Physocarpus intermedius* Schneid., 3) *Sorbaria sorbifolia* A. Br., 4) *Robinia pseudacacia* L., 5) *Acer negundo* L., 6) *Hippophaë rhamnoides* L., 7) *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., 8) *Lonicera xylosteum* L.

Jak już wspomniano na wstępie sposób założenia doświadczenia, jego

Tabela 3

cynkowego z K.G.H. „Orzeł Biały”  
the „Orzeł Biały” mining-smelting works

wodny extract		Wyciąg z 10% HCl Extract in 10% HCl			Przyswajalny Assimilable		Części lotne Volatile fraction (CaCO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S) %	Azotany Nitrates p.p.m.
Na	K	Ca	Na	K	Mn	B		
p.p.m.								
12,0	320,0	5,750	0,085	0,800	23,0	0,18	78,0	brak absent

lokalizacja, termin wykonania i zakończenia obserwacji oraz warunki pogodowe były takie same jak w doświadczeniu na popiołach. Zatem szczególnie metodyczne odnoszące się również do tej pracy znajdzie czytelnik w rozdziale „Materiał i metodyka” (K l u c z y Ń s k i, 1973).

Uzyskane z doświadczenia wielkości liczbowe dla poszczególnych cech siewek usystematyzowano, a dla 13 z nich (wykazanych w wyżej wymienionej pracy i oznaczonych małymi literami) poddano analizie wariancji ich średnie wartości.

Największa udatność (liczba gatunków i siewek) wystąpiła na podłożu II (piasek poflotacyjny z wierzchnią warstwą gleby). Tutaj 8 wy-

Tabela 4

Wielkość pH na poszczególnych podłożach po zakończeniu doświadczenia  
The value of pH on individual substrata after termination of the experiment

pH	Wyjściowe Initial		Końcowe na podłożach Final in substrata						
	gleba soil	piasek poflotacyjny cynkowy Post-floatation zinc sand	G <sub>s</sub>	I	II	III	IV	V	VI
			w powtórzeniach i przeciętna z powtórzeń in replicates and mean from the replicates						
H <sub>2</sub> O	6,35	7,83	6,45	7,64	7,58	7,65	7,54	7,63	7,64
			6,33	7,62	7,68	7,59	7,40	7,66	7,65
			6,48	7,60	7,60	7,53	7,53	7,61	7,58
			6,42	7,62	7,62	7,59	7,49	7,63	7,62
KCl	6,10	7,78	5,43	7,52	7,56	7,51	7,44	7,55	7,57
			5,80	7,54	7,59	7,48	7,38	7,54	7,57
			6,13	7,56	7,53	7,50	7,48	7,57	7,54
			5,79	7,54	7,56	7,50	7,43	7,55	7,56

mienionych gatunków roślin dostarczyło kompletnych obserwacji (w każdym powtórzeniu wystąpiła pewna liczba siewek).

Z powodu fragmentarycznych obserwacji, jakich dostarczyły podłoża: I, III, IV, V, a także podłoże porównawcze glebowe (G<sub>s</sub>), analiza wariancji dotyczyła tylko wyników pomiarów siewek na podłożu z pias-

ku poflotacyjnego z wierzchnią warstwą gleby (II). Dla wspomnianych 13 cech obliczono test  $F$  (Elandt, 1964; Oktaba, 1966) i test Duncana (Snedecor, 1956).

## WYNIKI

Kształtowanie się testu  $F$  w zależności od analizowanej cechy (przy poziomie ufności 0,05 i 0,01) przedstawia tabela 5. Dotyczy to gatunków i powtórzeń na podłożu z piasku z wierzchnią warstwą gleby (II). Rezultaty uzyskane przez siewki poszczególnych gatunków roślin są w odniesieniu do 4 cech zróżnicowane w sposób istotny. Trzy cechy różnicują je przy poziomie ufności 0,01, jedna — przy 0,05. Dotyczy to kolejno: przeciętnej wysokości siewek (cecha b), przeciętnej długości systemów korzeniowych siewek (c), stosunku przeciętnych: wysokości siewek do długości ich systemów korzeniowych (d) oraz przeciętnej wartości suchej masy systemów korzeniowych (m). Wyniki pozostałych 9 cech siewek wszystkich gatunków nie są istotnie zróżnicowane. Porównanie siewek w powtórzeniach umożliwiło stwierdzenie istotnych różnic (poziom ufności 0,05) w odniesieniu do przeciętnej wysokości siewek (cecha b). Dla każdej z pozostałych cech nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy obserwacjami z powtórzeń.

Za pomocą testu Duncana utworzono względem poszczególnych cech grupy jednorodne gatunków na podłożu II (ryc. 1). Jak już zaznaczono, rezultaty uzyskane przez siewki różniły się istotnie między sobą pod

Wartość testu  $F$  w zależności od zmiennej  
Values of  $F$  from the variance analyses for the

Zmienne Variables	Ilość stopni swobody Degrees of freedom	Wielkość i stopień istotności (poziom ufności Magnitude and significance of confidence level)				
		a	b	c	d	f
Ogółem Total	23					
Zmienne doświadczenia Experimental variables	7					
Gatunki (G) Species (G)	7	0,24 <sup>-</sup>	27,65**	4,79**	8,03**	1,13 <sup>-</sup>
Podłoża (P) Substrata (P)	0					
G × P	0					
Powtórzenia Replicates	2	0,38 <sup>-</sup>	4,24*	0,83 <sup>-</sup>	0,03 <sup>-</sup>	0,97 <sup>-</sup>
Resztowa Residual	14 - 2					

względem 4 cech (b, c, d, m). Największą przeciętną wysokość (cecha b) uzyskały siewki *Acer negundo* (5). Wysokości siewek dwóch gatunków: *Robinia pseudacacia* (4) i *Fraxinus pennsylvanica* (7) nie różniły się między sobą istotnie; istotnie odróżniały się one od siewek *Acer negundo*. Pięć pozostałych gatunków (3, 8, 1, 2, 6), nie różniących się między sobą istotnie pod względem wysokości siewek, odróżniało się istotnie od trzech wyżej wymienionych gatunków (5, 4, 7) wykazując przy tym najmniejszą przeciętną tej cechy.

W odniesieniu do cechy c (przeciętna długość systemów korzeniowych) jedynie siewki *Robinia pseudacacia* (4) osiągnęły istotnie lepsze wyniki od siewek: *Hippophaë rhamnoides* (6), *Sorbaria sorbifolia* (3), *Lonicera xylosteum* (8) i *Salix caprea* (1), natomiast podobne do siewek: *Physocarpus intermedius* (2), *Fraxinus pennsylvanica* (7) i *Acer negundo* (5).

W przypadku cechy d (stosunek przeciętnych: wysokości siewek do długości ich systemów korzeniowych) skrajne wskaźniki dotyczyły siewek *Salix caprea* i *Acer negundo* (0,12 i 0,96), natomiast nie stwierdzono istotnego zróżnicowania pomiędzy siewkami pozostałych gatunków (0,14 - 0,64). Za najodpowiedniejszy wskaźnik należałoby uznać 0,21 - 0,35, jak dla siewek i sadzonek na siedliskach słabych, borowych (Tyszkiewicz, 1963).

Z przeciętnych wartości świeżej i suchej masy siewek (oraz oddzielnie ich części nadziemnych i systemów korzeniowych) tylko przeciętna wartość suchej masy systemów korzeniowych (m) była wśród siewek

Tabela 5

doświadczenia i analizowanej cechy  
experimental variables and the studied characters

F dla kolejnych cech

0,05\* i 0,01\*\*)

F for the various characters

0,05\* and 0,01\*\*)

g	h	i	j	k	l	m	n
2,33 <sup>-</sup>	1,79 <sup>-</sup>	2,84 <sup>-</sup>	0,84 <sup>-</sup>	1,47 <sup>-</sup>	2,07 <sup>-</sup>	2,92*	2,46 <sup>-</sup>
0,67 <sup>-</sup>	0,58 <sup>-</sup>	0,07 <sup>-</sup>	0,15 <sup>-</sup>	0,95 <sup>-</sup>	0,20 <sup>-</sup>	0,19 <sup>-</sup>	0,17 <sup>-</sup>

zastosowanych gatunków istotnie zróżnicowana. Największą przeciętną osiągnęły systemy korzeniowe siewek *Robinia pseudacacia* (4), a mniejszą *Fraxinus pennsylvanica* (7). Pozostałe gatunki podzieliły się na dwie grupy istotnie różniące się. Do grupy o najmniejszej wartości zaliczają się: *Physocarpus intermedius* (2), *Lonicera xylosteum* (8) i *Hippophaë rhamnoides* (6). Pomiedzy nimi a wyżej wymienionymi gatunkami 4 i 7 znalazły się siewki gatunków: *Acer negundo* (5), *Sorbaria sorbifolia* (3) i *Salix caprea* (1).

Na pozostałych podłożach z piasku poflotacyjnego odnotowano pew-

Cecha	Grupy jednorodne gatunków (według ich zanumerowania)															
a	8	3	6	1	4	7	5	2	46,59	46,90	48,25	57,62	57,82	60,00	61,95	69,40
b	3	8	1	2	6	7	4	5	0,57	0,93	1,17	2,03	2,27	4,77	6,60	9,07
c	6	3	8	1	2	7	5	4	3,50	5,87	6,07	6,47	8,60	10,27	10,47	14,87
d	1	3	8	2	4	7	6	5	0,12	0,14	0,18	0,25	0,45	0,47	0,64	0,96
f	8	1	7	5	2	6	3	4	62,1	61,5	60,7	60,4	60,2	59,9	59,7	59,3
g	4	5	7	6	3	2	8	1	1,60	1,20	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97
h	8	1	3	6	5	2	4	7	3,00	3,00	3,00	3,00	2,93	2,90	2,73	2,57
i	2	1	6	7	8	5	3	4	0,164	0,201	0,224	0,263	0,504	0,559	0,768	1,274
j	2	7	1	5	6	4	8	3	0,168	0,309	0,312	0,492	0,627	0,734	0,780	0,803
k	2	7	6	1	5	8	3	4	0,331	0,572	0,847	0,937	1,050	1,325	1,572	2,007
l	6	2	3	1	5	7	8	4	0,035	0,039	0,058	0,064	0,089	0,103	0,301	0,338
m	2	8	6	5	3	1	7	4	0,016	0,017	0,026	0,043	0,043	0,048	0,100	0,163
n	2	6	3	5	1	7	8	4	0,055	0,061	0,102	0,132	0,136	0,204	0,349	0,501

Ryc. 1. Grupy jednorodne gatunków (na piasku poflotacyjnym cynkowym z wierzchnią, 2,5-centymetrową warstwą gleby) względem rozpatrywanych cech według testu Duncana. Uszeregowanie przeciętnych w kierunku korzystniejszych dla siewek wartości

Fig. 1. Groups of species not differing significantly in respect of the studied characters on the basis of the Duncan test following growth on the post-floatation zinc sand with a 2.5 cm surface layer of soil. The mean values are arranged from the poorest to the best for the growth of the seedlings



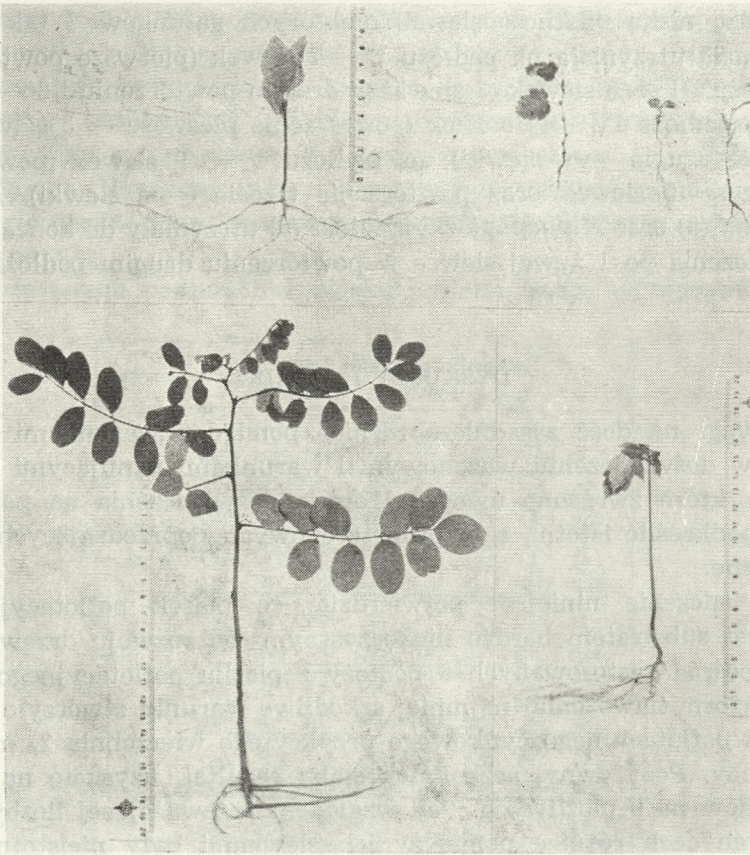
ną, bardzo niską udatność siewek niektórych gatunków. I tak *Robinia pseudacacia* utrzymała na podłożu I — 7 siewek (pierwsze powtórzenie); na podłożu III — 5 siewek (3 siewki w drugim powtórzeniu i 2 — w trzecim); na podłożu IV — 7 siewek (powtórzenie pierwsze — 3 siewki i powtórzenie drugie — 4 siewki); na podłożu V — 9 siewek (powtórzenie pierwsze — 5 siewek oraz powtórzenie trzecie — 4 siewki). *Lonicera xylosteum* (8) oraz *Hippophaë rhamnoides* (6) utrzymały do końca trwania doświadczenia po 1 żywej siewce w powtórzeniu drugim podłoża V.

#### DYSKUSJA I WYNIKI

Z uwagi na dość zasadnicze różnice pomiędzy warunkami rozwoju siewek w doświadczeniu wazonowym i warunkami panującymi na zwałach (na które zwrócono uwagę w opisie doświadczenia na popiołach), należy podkreślić istotną rolę prób terenowych poprzedzających zabiegi praktyczne.

Doświadczenie niniejsze potwierdziło, że piasek poflotacyjny cynkowy jest substratem bardzo niekorzystnym dla rozwoju drzew i krzewów. Spośród zastosowanych 6 podłoży z piasku poflotacyjnego cynkowego (5 form nawożenia) najmniej szkodliwe warunki stworzyło podłoże z piasku poflotacyjnego cynkowego przykrytego wierzchnią 2,5-cm warstwą gleby. Pozytywny, aczkolwiek słaby rezultat, uzyskało na nim aż 8 gatunków na 9 możliwych. Pod względem przeważającej liczby rozpatrywanych cech różnice pomiędzy ich siewkami były nieistotne. Trzy cechy wzrostowe (b, c, d) i jedna dotycząca przeciętnej wartości suchej masy systemu korzeniowego (m) wyróżniły, ogólnie biorąc, jako najlepsze siewki *Robinia pseudacacia*. Na wyróżnienie zasługują także siewki *Acer negundo* i *Fraxinus pennsylvanica*. W odniesieniu do pozostałych 9 cech (jak zabarwienie liści i stopień ich uszkodzeń, ogólna żywotność siewek, świeża i sucha ich masa z podziałem na część nadziemną i podziemną) nie stwierdzono pomiędzy siewkami wszystkich gatunków istotnego zróżnicowania. Na pozostałych podłożach z piasku poflotacyjnego pewne szanse utrzymania się wykazały siewki *Robinia pseudacacia*. Dotyczy to podłoża z piasku poflotacyjnego bez domieszek, piasku z dodatkiem kompostu, piasku z dodatkiem torfu oraz piasku z pełną dawką nawozów mineralnych NPK. Przeżycie na tym ostatnim substracie jednej siewki *Hippophaë rhamnoides* i jednej *Lonicera xylosteum* wskazywałoby raczej na przypadek.

Najlepsze rezultaty uzyskane na podłożu z piasku przykrytego warstwą gleby dowodziłyby, że możliwość przerastania tej warstwy przez systemy korzeniowe siewek przynajmniej w pierwszym okresie życia pozwala na złagodzenie wpływu czynników toksycznych zawartych w podłożu. Dlatego też wprowadzenie na osadnik odpowiednio grubej



Fot. K. Jakusz

Ryc. 2. Jedne z najokazalszych siewek wyrosłych w doświadczeniu na piasku poflotacyjnym cynkowym z wierzchnią, 2,5-centymetrową warstwą gleby (II)

Siewki w górnym szeregu (od lewej): 1) *Fraxinus pennsylvanica*, 2) *Physocarpus intermedius*, 3) *Lonicera xylosteum*, 4) *Hippophaë rhamnoides*; w dolnym szeregu (od lewej): 1) *Robinia pseudacacia*, 2) *Acer negundo*

Fig. 2. Some of the best seedlings that grew on the post-floatation zinc sand with a surface, 2.5 cm thick layer of soil (II)

The seedlings in the upper row, from left to right are: 1) *Fraxinus pennsylvanica*, 2) *Physocarpus intermedius*, 3) *Lonicera xylosteum*, 4) *Hippophaë rhamnoides*, and in the lower row, from left to right: 1) *Robinia pseudacacia* and 2) *Acer negundo*

warstwy gleby stwarza roślinom największe możliwości przeżycia, oczywiście pod warunkiem intensywne go podlewania. Jest to niewątpliwie zabieg uciążliwy i kosztowny przy zastosowaniu go w szerszej skali. Młode (1-letnie lub 2-letnie) i zdrowe sadzonki drzew i krzewów również wymagałyby sprawdzenia. Prócz tego koniecznym wydaje się być dostarczenie roślinom zasadniczych elementów pokarmowych (azotu, potasu i fosforu) w różnych dawkach i postaciach nawozowych. Taka kombinowana metoda przygotowania substratu mogłaby dać najpomyślniejsze wyniki z możliwych do uzyskania w tych warunkach.

Należy dodać, że w początkowym okresie życia (mniej więcej do połowy sezonu wegetacyjnego) na wszystkich podłożach z piasku poflotacyjnego cynkowego odnotowano dość wyrównany, pod względem liczby siewek i ich jakości, rozwój siewek zastosowanych gatunków. Jednakże po tym okresie (około połowy lipca) siewki zaczęły raptownie wymierać; w najmniejszym stopniu dotyczyło to siewek na podłożu z piasku z wierzchnią warstwą gleby.

W zakończeniu warto zwrócić uwagę na tabelę 4, która przedstawia wartość pH na poszczególnych podłożach w chwili likwidacji doświadczenia. Obniżenie tej wartości (o około 0,20) w stosunku do stanu wyjściowego, zaistniałe pod wpływem podlewania, zastosowanego nawożenia i działalności siewek, jest bardzo małe i na poszczególnych podłożach wyrównane.

#### WNIOSKI

1. Piasek poflotacyjny cynkowy jest substratem szczególnie toksycznym dla roślin i w związku z tym bardzo trudnym do zagospodarowania rodzajem nieużytku przemysłowego.

2. Doświadczenie wazonowe i obserwacje własne wykazują, że sposobem dającym szansę powodzenia zagospodarowania osadników z piasku poflotacyjnego cynkowego jest przykrywanie ich warstwą urodzajnej gleby o możliwie jak największej miąższości. Prócz tego należałoby wypróbować i stosować różnego rodzaju nawożenie z uwagi na ubóstwo azotu, potasu i fosforu.

3. Z przebadanych gatunków drzew i krzewów najlepsze cechy wzrostowe oraz przyrostu suchej masy systemów korzeniowych na piasku poflotacyjnym cynkowym z wierzchnią warstwą gleby osiągnęły siewki *Robinia pseudacacia*, *Acer negundo* i *Fraxinus pennsylvanica*. *Robinia pseudacacia*, w odróżnieniu od pozostałych gatunków, wykazała ponadto pewną udatność na substratach: z czystego piasku poflotacyjnego, z domieszką kompostu, z domieszką torfu i z dodatkiem nawozów mineralnych NPK w pełnej dawce. Siewki pozostałych gatunków na piasku poflotacyjnym z wierzchnią warstwą gleby cechuje, w odniesieniu do wszystkich przebadanych cech, wyrównany rozwój. Gatunki te należy również uwzględnić w dalszych próbach.

4. W doświadczeniu wazonowym, a przede wszystkim wprost na zwalach, należałoby wypróbować nie tylko siewki, ale i 1-letnie lub 2-letnie sadzonki wielu gatunków drzew i krzewów o szczególnie skromnych wymaganiach siedliskowych i dużej odporności na suszę.

## LITERATURA

Kluczyński B. — 1973. Rozwój siewek wybranych gatunków drzew i krzewów na popiołach energetycznych z Elektrowni Halemba w doświadczeniu wazonomym. Arboretum Kórnickie, 18 : 199 - 221.

BOGDAN KLUCZYŃSKI

*Development of seedlings of selected species of trees and shrubs in a pot experiment on post-floatation zinc sand from the „Orzeł Biały” Mining-Smelting Works*

Summary

The experiment has been conducted in 1971. Post-floatation sand has been obtained from the sinking parts (dolomites) of zinc and lead ores. It is an exceptionally toxic substrate for plants, and as a result heaps of it are extremely difficult to manage. For the experiment sand was collected from the surface of the slope of a sedimentation pile, to a depth of about 30 cm. The sand was brought to Kórnik where the experiment was established. An analysis (tables 1, 2 and 3) has shown a pH of 7.8, a high concentration of Mg (198 000 p.p.m.), Fe (16 500 p.p.m.), Zn (3217 p.p.m.), Pb (up to 1500 p.p.m.), Mn (782 p.p.m.) and Cd (50 p.p.m.). The content of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (traces) and K<sub>2</sub>O (6.4 mg/100 g substrate) is very low. An absence of nitrates (assimilable nitrogen) was noted while the total content of nitrogen was 0.33%.

In the experiment the following types of substrata have been employed:

G<sub>s</sub> = soil (for comparison purposes),

I = post-floatation zinc sand without additives,

II = post-floatation zinc sand with a 2.5 cm surface layer of soil,

III = post-floatation zinc sand with compost added,

IV = post-floatation zinc sand with peat added,

V = post-floatation zinc sand with a full NPK fertilizer added,

VI = post-floatation zinc sand with a half full NPK fertilizer added.

The substrates have been prepared in wooden frames placed on the ground with a tar paper isolation between the substratum and the soil. The frames were placed under conditions of full sunlight.

Seeds of 13 species of trees and shrubs have been sown. Of these, seeds of 4 species proved totally incapable of germination and seedlings of one species have died during the course of the experiment. Thus in the experiment only 8 species remained, namely: 1) *Salix caprea* L., 2) *Physocarpus intermedius* Schneid., 3) *Sorbaria sorbifolia* A. Br., 4) *Robinia pseudacacia* L., 5) *Acer negundo* L., 6) *Hippophaë rhamnoides* L., 7) *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., and 8) *Lonicera xylosteum* L.

All the variants of the substrata have been prepared in 3 replicates, in each of which 24 seeds have been sown, the seed samples being taken at random from seed lots with a known germination capacity.

The experiment has been observed during the 1971 vegetative season after which it was terminated.

The growth and development of the seedlings was poor in view of the high toxicity of the substrate. The best growth on the post-floatation zinc sand with a surface layer of soil was observed for seedlings of *Robinia pseudacacia*, *Acer*

*negundo* and *Fraxinus pennsylvanica*. *Robinia* as distinct from the other species, has also shown a slight ability to grow on some of the other substrata, namely on pure post-floatation sand (I), on the sand with peat (IV), on the sand with compost (III) and on the sand with an addition of the full NPK fertilizer (V).

The results obtained in the experiment indicate, that afforestation of heaps of the post-floatation sand is very difficult or almost impossible. Some results may be obtained if a layer of fertile soil is supplied on top.

БОГДАН КЛУЧИНСКИЙ

*Опыты по развитию семян некоторых видов деревьев и кустарников в вегетационных сосудах, содержащих послефлотационный цинковый песок, полученный в горно-металлургическом комбинате „Ожел бялы”*

Резюме

Опыт был поставлен в 1971 г. Послефлотационный песок происходил из пустой породы цинково-оловянной руды (доломиты). Этот субстрат высоко токсичен для растений, в связи с чем его отвалы с большим трудом поддаются хозяйственному использованию. Для опыта брался песок с поверхности откосов отстойника на глубине до 30 см. Опыт проводился в Курнике, куда привозили песок. Анализ (табл. 1, 2, 3) показал pH=7,8, высокую концентрацию Mg (198 000 p.p.m.\*), Fe (16 500 p.p.m.), Zn (3217 p.p.m.), Pb (до 1500 p.p.m.), Mn (782 p.p.m.), Cd (50 p.p.m.). Очень незначительно содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (следы) и K<sub>2</sub>O (6,4 мг/100 г субстрата). Установлено отсутствие нитратов (усвояемого азота), в то время как общее содержание азота составляет 0,33%.

В опыте были применены следующие варианты субстрата:

G<sub>s</sub> — почва (в качестве контроля),

I — послефлотационный цинковый песок без добавок,

II — послефлотационный цинковый песок с 2,5 см верхнего почвенного слоя,

III — послефлотационный цинковый песок с добавлением компоста,

IV — послефлотационный цинковый песок с добавлением торфа,

V — послефлотационный цинковый песок с добавлением полной дозы минерального удобрения NPK,

VI — послефлотационный цинковый песок с добавлением половинной дозы минерального удобрения NPK.

Среды эти готовились в деревянных ящиках, стоящих на грунте, с изоляционной прокладкой из толя между дном ящика и землёй. Ящики помещались в условия полного освещения.

Были высеяны семена 13 видов деревьев и кустарников; из них семена четырёх видов оказались совершенно неспособными к прорастанию, а семена одного вида погибли в ходе опыта. Таким образом, в опыте осталось восемь видов деревьев и кустарников, а именно 1) *Salix caprea* L., 2) *Physocarpus intermedius* Schneid., 3) *Sorbaria sorbifolia* A. Bt., 4) *Robinia pseudacacia* L., 5) *Acer negundo* L., 6) *Hippophaë rhamnoides* L., 7) *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., 8) *Lonicera xylostem* L.

Все варианты субстратов готовились в трёх повторностях; в каждой из них севалось по 24 семени каждого вида. Семена составляли случайную выборку из образцов с проверенной способностью к прорастанию.

Наблюдения за подопытными растениями велись в течение вегетационного периода 1971 г., после чего они были ликвидированы.

\* 1 p.p.m. (миллионная доля) = 10<sup>-4</sup>%.

Росли и развивались подопытные сеянцы слабо из-за исключительно высокой токсичности субстрата. Самый лучший рост в варианте II наблюдался у сеянцев *Robinia pseudacacia* L., *Acer negundo* L., *Fraxinus pennsylvanica* в отличие Marsh. *Robinia* от других видов кроме того характеризуется небольшой эффективностью в вариантах I, IV, III, V.

Результаты, полученные в опыте, свидетельствуют о том, что озеленение отвалов этих пустых пород чрезвычайно затруднено или даже совершенно невозможно. Надёжные результаты можно получить, только прикрывая их слоем урожайной почвы.