

BOGDAN KLUCZYŃSKI

## Przydatność wybranych drzew i krzewów do rekultywacji popiołów siarczano-wapniowych przy Elektrowni Konin\*

### WSTĘP

Uwarunkowania geologiczne Polski powodują, że nasza energetyka opiera się i w dającej się przewidzieć perspektywie opierać się będzie na węglach. W związku z tym, o ile prognozy sprzed ponad 5 lat (Starczewski 1975) spełnią się, to na przykład w 1990 r. uzyskamy ogółem 45,0 mln t odpadów paleniskowych, z czego 23,7 mln t (47,3%) pochodzić będzie z węgla brunatnego. Przyjmując 1,15 g/cm<sup>3</sup> jako średni ciężar objętościowy popiołów z węgla brunatnego (Zięba 1975) przytoczoną masę 23,7 mln t można poglądowo przedstawić w formie bardzo uciążliwego dla środowiska nieużytku (Kluczyński 1980) o powierzchni 206 ha i 10 m wysokości.

Technika i rolnictwo dysponują szerokim wachlarzem metod utylizacji tych uciążliwych odpadów (co zostało przedstawione graficznie w innej pracy — Kluczyński 1980), umożliwiających pełne ich wykorzystanie. Jednakże według danych Starczewskiego (1975) ogólne wykorzystanie popiołów w Polsce miałyby osiągnąć tylko 46% w 1980 r., a 40% — w 1990 r.

Ze względu na skład chemiczny rodzimych złóż węgla brunatnego w procesie spalania powstają dwojakiemu rodzaju popioły (Pietras 1973): glinowe (Turów) i siarczano-wapniowe (Pątnów-Adamów-Konin, Bełchatów). Te ostatnie, będące obiektem niniejszych badań, wykazują własności nawozu odkwaszającego, magnezowego i mikroskładnikowego jednocześnie (Bereśniewicz i Nowosielski 1975). Na tej podstawie planowane jest przyszłe zaspokojenie ogromnych krajowych potrzeb na nawozy odkwaszające (Starski 1975, Zięba 1975) z bardzo dobrym skutkiem ekonomicznym (Bartoszek 1975, Nowosielski i Bereśniewicz 1975).

Od kilkunastu lat prowadzone są badania w dziedzinie biologicznej

\* Praca wykonana w ramach problemu węzłowego 10.2 — koordynowanego w latach 1976-1980 przez Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze.

rekultywacji osadników lub usypisk popiołowych utworzonych przez Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin. Dla życia roślin są to nieużytki bardzo trudne, zwłaszcza pod względem właściwości fizycznych i biologicznych. Próbę syntezy tego zagadnienia zawierają wcześniejsze prace (K l u c z y ń s k i 1979 i 1980).

W procesie rekultywacji popiołów siarczano-wapniowych największe trudności nastroczają względy techniczne (uprawa twardego, scementowanego podłoża) i wysokie koszty. Przy uwzględnieniu tych ograniczeń osiągnięcie pozytywnych rezultatów jest możliwe.

W pierwszej fazie rekultywacji (Dębowski 1973a, Bereśniewicz i Nowosielski 1975, Maciak 1975) największą wartość przedstawiają następujące rośliny uprawne: kupkówka pospolita, rajgras holenderski, kostrzewa czerwona i nostryk biały. Poza wymienionymi można stosować: rzepak, gorczycę, rzepę, burak pastewny, brukiew, a także pszenicę i niektóre warzywa. Z drzew i krzewów (M a c i a k i inni 1979) najlepsze rezultaty dało stosowanie wieloletnich bezpieńków wierzby (szczególnie wierzby białej), sadzonek topoli (berlińskiej, koreańskiej, białej i osiki), robinii akacjowej, olszy szarej, oliwnika wąskolistnego i tamaryszka.

Istotnym czynnikiem wpływającym na wzrost roślin na składowiskach popiołu (Dębowski 1973a, b) jest systematyczne (coroczne), wysokie nawożenie azotem (300 kg N/ha) i fosforem (300 kg  $P_2O_5$ /ha). Nawożenie potasowe może być ograniczone do około 100 - 150 kg  $K_2O$ /ha. Głównie z uwagi na wysoką alkaliczność popiołów ilości te należy dzielić na 2 - 3 dawki, przy czym ważna jest odpowiednia forma nawozu (azot w formie azotanowej).

Znaczący wpływ na wysokość plonów (Dłużewski i inni 1974) wywiera dodatek masy organicznej w postaci torfu a nawet węgla brunatnego. W eksperymencie wzrost plonowania zależał w kolejności od następujących kombinacji nawożenia: NPK+torf, NPK, NP, NPK+mikroelementy, NK. Zaobserwowano korzystny wpływ nawożenia siarką.

Stwierdzono pozytywny związek (Dębowski 1973a, b, Dłużewski i inni 1974, Maciak i inni 1974, Maciak 1975) pomiędzy upływem czasu i dawką nawożeniową NPK a zawartością tych pierwiastków w roślinach hodowanych na popiołach. Nawożenie organiczne sprzyja lepszemu wykorzystaniu elementów pokarmowych, szczególnie fosforu. W tych warunkach zawartości magnezu były znacznie wyższe, natomiast miedzi, cynku — nie odbiegały od zawartości stwierdzonych w roślinach uprawianych na glebach naturalnych.

Kilkuletnie zabiegi agrotechniczne oraz uprawa roślin (szczególnie traw i motylkowych) inicjują procesy glebotwórcze w wierzchniej, około 15-cm, warstwie składowiska (M a c i a k i inni 1974, M a c i a k 1975). Zaobserwowano między innymi zmianę barwy substratu, zmianę składu mechanicznego na korzyść frakcji drobnych ( $< 0,1$  mm), wzrost akumu-

lacji masy organicznej i aktywacji biologicznej (szczególnie pod względem rozkładu błonnika), zmianę odczynu (nawet do obojętnego) oraz wzrost ilości węglanów (szczególnie na składowiskach zasobnych w wapń i magnez).

#### CHARAKTERYSTYKA SIEDLISKOWA TERENU

Badanie przydatności najbardziej pionierskich drzew i krzewów do rekultywacji popiołów siarczano-wapniowych przeprowadzono na osadniku (popioły składowane na mokro) przy Elektrowni Konin. Osadnik ten powstał w latach sześćdziesiątych. Północno-zachodnia jego część, na której zlokalizowano niniejsze doświadczenie, była podwyższona, w związku z czym budują ją popioły stosunkowo świeże (do kilku lat przed rozpoczęciem badań w 1978 r.).

W celu zbadania mechanicznych i chemicznych właściwości podłoża pobrano w 1979 r. próbki popiołów z 4 stanowisk — położonych na nie nawożonych kwaterach 4 bloków doświadczalnych. W każdym miejscu pobrano popiół w jednakowej objętości z 5 poziomów głębokości: 5, 10, 15, 20 i 30 cm. Z uzyskanego materiału przygotowano do analiz próbe zbiorczą\*. Metody, według których wykonano badanie popiołów, scharakteryzowano już przy innej okazji (K l u c z y ń s k i 1977). Wyniki przedstawiają tabele 1 i 2.

Popioły wykazały skład mechaniczny piasku luźnego (tab. 1). Oprócz wysokiej alkaliczności (tab. 1) stwierdzono w nich (tab. 2) bardzo niską ogólną zawartość azotu, niskie zawartości fosforu, potasu i cynku w obu

Tabela 1

Niektóre ogólne właściwości badanych popiołów  
Some general properties of the studied ash

Zawartość frakcji do 1,0 mm: Content of the fraction up to 1,0 mm:		
	1,0 - 0,1	91%
	0,1 - 0,05	7%
	0,05 - 0,02	1%
	0,02 - 0,002	1%
	< 0,002	0%
Straty na żarzeniu Combustion losses		3,84%
Suma zasad Total bases		40,3 me/100 g
Przewodnictwo (zasolenie) Conductivity (saltiness)		2,55 mS
pH <sub>KCl</sub>		9,00
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>		8,85

\* Analizy wykonał dr Z. Kociałkowski z AR w Poznaniu, za co składam Mu serdeczne podziękowanie.

Tabela 2

Stężenia badanych makro- i mikroelementów w popiołach z Konina na tle stężeń w podłożu „wzorcowym” (Szkółki kórnickie)<sup>(1)</sup>

Concentrations of the studied macro- and microelements in the substrata of the experimental area relative to the „standard” conditions of the Kórnik nurseries

Pierwiastek i jego forma Element and its form	Jednostka miary Unit	Popiół Ash	Gleba Soil	% Popiół Gleba Ash Soil
N og.				
N total	%	0,0056	0,05	11
P og.				
P total	%	0,026	0,06	43
P przysw.				
P available	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	1,4 (III)	12,3 (I)	11
K og.				
K total	%	0,002	0,05	40
K przysw.				
K available	mg K <sub>2</sub> O/100 g	4,1 (III)	9,5 (II)	43
Ca og.				
Ca total	%	3,6	0,23	1565
Ca przysw.				
Ca available	me Ca/100 g	0,72	—	—
Mg og.	%	0,53	0,20	265
Mg total				
Mg przysw.				
Mg available	%	0,041 (I)	0,01 (I)	410
S og.				
S total	%	0,244	—	—
Fe og.				
Fe total	ppm	0,84	0,49	171
Mn og.				
Mn total	ppm	210,0	117,0	179
Mn przysw.				
Mn available	ppm	13,5 (III)	13,0 (III)	104
Cu og.				
Cu total	ppm	6,0	6,0	100
Cu przysw.				
Cu available	ppm	5,0 (I)	1,0 (III)	500
Zn og.				
Zn total	ppm	6,6	25,0	26
Zn przysw.				
Zn available	ppm	1,0 (III)	15,0 (I)	7
B og.				
B total	ppm	29,0	8,0	363
B przysw.				
B available	ppm	13,2 (I)	0,3 (II)	4400
Mo og.				
Mo total	ppm	1,2	2,0	60
Mo przysw.				
Mo available	ppm	0,3 (I)	—	—
Co og.				
Co total	ppm	0,0	—	—
Ni og. — Ni total	ppm	14,0	—	—
Pb og. — Pb total	ppm	0,0	—	—
Al og. — Al total	%	0,66	0,54	122
Na og. — Na total	%	0,0016	—	—
Ba og. — Ba total	%	0,0	—	—

(1) Dla form przyswajalnych określono klasę zasobności (I - III) według PTG.

(1) For available forms the richness class (I - III) was assigned according to Polish Pedological Society rules.

formach (ogólnej i przyswajalnej) oraz manganu w formie przyswajalnej. Niekorzystny też jest stosunek Fe:Mn (40:1). Wysokie jest stężenie wapnia w formie ogólnej i przyswajalnej oraz boru, magnezu i molibdenu w formach przyswajalnych. Do wysokich zaliczyć można również stężenie siarki całkowitej, żelaza i glinu.

W oparciu o dane z dziedziny gleboznawstwa (Boratyński i inni 1971, Baran 1974, Warda 1974, Thompson i Troeh 1978, Klocke 1979) można wnioskować, że stwierdzone w popiołach (tab. 2) stężenia magnezu i niklu w formie ogólnej, miedzi i cynku w formie ogólnej i przyswajalnej są zbliżone do stężeń spotykanych w glebach naturalnych i zalicza się je do nieszkodliwych dla roślin.

W tabeli 2 porównano dla poglądu skład chemiczny badanych popiołów ze składem wierzchniej warstwy dużego arealu Szkótek Kórnickich (Kowalkowski i Prusinkiewicz 1959, Kluczyński 1977). Z porównania wynika, że stężenia azotu i molibdenu w formie ogólnej oraz fosforu, potasu i cynku w formie ogólnej i przyswajalnej są w popiołach niższe aniżeli w glebie Szkótek Kórnickich. Natomiast ogólne stężenia wapnia, żelaza i glinu oraz stężenia magnezu, manganu, miedzi i boru w obu formach (ogólnej i przyswajalnej) są w popiołach kilkakrotnie, a w przypadku boru w formie przyswajalnej, nawet kilkudziesięciokrotnie wyższe od analogicznych stężeń odnoszących się do porównywanej gleby.

Mając na uwadze specyficzne właściwości podłoża popiołowego panujące w Koninie warunki pogodowe nie sprzyjają, ogólnie biorąc, hodowli roślin. Jak na warunki naszego kraju jest to przede wszystkim obszar o klimacie suchym i ciepłym. Ze względu na zanieczyszczenia powietrza na uwagę zasługują stosunkowo słabe wiatry ze znaczną przewagą zachodnich (29,3%), duża częstotliwość cisz atmosferycznych (27% z liczby obserwacji) i liczne inwersje temperatury. Bliższe dane na ten temat przedstawione są w pracy Kluczyńskiego (1982).

Z powodu bliskiego położenia (około 500 - 3000 m) powierzchni doświadczalnej względem kilku dużych źródeł emisji (Elektrownie Konin i Pątnów, Huta Aluminium „Konin” i Brykietownia KWB „Konin” w Marantowie) na badane rośliny oddziałują kompleks różnorodnych zanieczyszczeń powietrza, w szczególności pyłów, związków siarki (głównie SO<sub>2</sub>), tlenków azotu oraz związków fluoru. Skutki skumulowanego oddziaływania tych silnych toksykantów są nieznane.

Na terenie badań opad pyłów oraz stężenia (20-minutowe i średniodobowe) dwutlenku siarki już od wielu lat są stosunkowo niskie, jeśli brać pod uwagę dopuszczalne normy dla obszarów chronionych (Figiel 1972, Głowiak i inni 1973). Świadczą o tym dane Figla (1972) za 1969 r., Gostyńskiej (1972) za 1971 r. oraz Pajaka (1978) za lata 1975 - 1977. Natomiast badany teren znajduje się pod wpływem silnych stężeń związków fluoru. Według Pajaka (1978) dopuszczalne normy

(0,03 mg F/m<sup>3</sup> powietrza) są tu w zasadzie przekraczane chronicznie (70% pomiarów). Syntezę danych z wymienionych prac przedstawił Kluczyński (1982).

#### MATERIAŁ I METODY

Powierzchnię doświadczalną założono w listopadzie 1977 r. w północno-zachodniej części osadnika popiołowego należącego do Elektrowni Konin — najstarszego i położonego względem niej najbliżej, około 500 m w kierunku południowo-wschodnim. Ze względu na kilkakrotne podwyższanie wałów część osadnika z doświadczeniem budują popioły stosunkowo świeże, do kilku lat zalegania. Zastosowano 2-letnie sadzonki 14 następujących gatunków drzew i krzewów: *Salix acutifolia* Willd., *Spiraea japonica* 'Macrophylla', *S. menziesii* Hook., *Physocarpus opulifolius* Maxim., *P. intermedius* Schneid., *Rosa rugosa* Thumb., *Robinia pseudoacacia* L., *Caragana arborescens* Lam., *Rhus typhina* L., *Acer negundo* L., *Tamarix tetrandra* Pall., *T. gallica* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Hippophaë rhamnoides* L.

Doświadczenie zaprojektowano w układzie pasów prostopadłych („split-block”) z podziałem na 4 bloki, na powierzchni których rozmieszczono kwatery dla 4 (kontrola+3) kombinacji nawożenia mineralnego NPK (tab. 3). Każdy gatunek reprezentowało łącznie 80 roślin: 20 sztuk w bloku i 5 w każdej kombinacji nawożenia. Drzewa i krzewy wysadzono w ujednocionej wieżbie 1×1 m, co przy udziale 1120 roślin doświadczalnych z dodatkiem jednego rzędu roślin wokół powierzchni w charakterze otuliny tworzy obiekt o wymiarach 57×21 m i powierzchni 1197 m<sup>2</sup>.

Przed pierwszym okresem wegetacji przycięto krótko wszystkie pędy drzew i krzewów oprócz *Rhus typhina*, *Elaeagnus angustifolia* i *Hippophaë rhamnoides*.

Nawożenia według 4 wariantów przedstawionych w tabeli 3 wykonywano wczesną wiosną w ciągu 3 kolejnych lat obserwacji doświadczenia (1978 - 1980). Składniki wysiewano pod postacią siarczanu amonu (przyjmując do obliczeń przybliżoną zawartość 21% N), superfosfatu pylistego (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) i soli potasowej (60% K<sub>2</sub>O). Powierzchnię z rozsianymi nawozami grabiono (na krzyż) w celu przykrycia i związania ich z podłożem.

W tych samych latach przeprowadzono systematyczne obserwacje roślin pod względem 5 cech biologicznych: liczby ubytków (wypadów) przeliczanej na procenty, ogólnej żywotności (w skali 3—1), stopnia obfitości ugałęzienia (w skali 3—1), procentu powierzchni uszkodzeń liści (wyliczanego na podstawie wyników obserwacji według dwustopniowej skali) oraz przyrostów wysokości (w cm). Najkorzystniejszą w istniejących warunkach żywotność roślin oraz najbogatsze ugałęzienie przyjęto

Tabela 3

Charakterystyka zastosowanych kombinacji nawożenia mineralnego NPK  
 Combinations of mineral (NPK) fertilisation employed

Oznaczenie kombinacji nawożenia Symbols for fertilisation variants	Dawki składników (w kg/ha) oraz procentowy ich udział w dawce całkowitej NPK Doses of components in kg/ha and their per- centage participation in the total NPK dose			$\Sigma$ kg/ha/%
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
O (kontrola) O (unfertilized control)	0/0	0/0	0/0	0/0
1	120/40	90/30	90/30	300/100
2	120/40	120/40	60/20	300/100
3	120/40	60/20	120/40	300/100

określać najwyższym (trzecim) stopniem przyjętej skali. Dokładny opis metod obserwacji jest przedstawiony w innych pracach (K l u c z y ń s k i 1979, 1981 i 1982). Oceny wartości cech dokonywano corocznie na przełomie sierpnia i września.

Obliczeniom statystycznym poddano średnie wartości cech roślin w blokach doświadczalnych z podziałem na poszczególne kombinacje nawożenia w kolejnych latach obserwacji. Wyniki testu  $F$  Fishera (O k t a b a 1966) wykazały wysoce istotne różnice pomiędzy zastosowanymi gatunkami roślin w odniesieniu do wartości badanych cech. Toteż dla szczegółowego ich porównania zastosowano test Tukeya z uwzględnieniem  $NIR_{0,05}$  (S n e d e c o r 1956, E l a n d t 1964, O k t a b a 1966). Ze względu na małą liczbę sadzonek poszczególnych gatunków w obrębie każdego nawożenia z osobna przy porównaniu procentu wypadów posłużono się testem  $U$  (O k t a b a 1966). Wyniki testów  $U$  i Tukeya przedstawiono za pomocą symboli literowych po wyłonieniu grup wewnątrznie jednorodnych przy  $\alpha=0,05$ .

## WYNIKI

Wartości testu  $F$  Fishera przedstawia tabela 4. W kolejnych latach zmieniał się istotnie stopień zróżnicowania bloków doświadczalnych pod względem badanych cech roślin. Ogólnie z badanych cech jedynie powierzchnia uszkodzeń liści nie podlegała istotnym zmianom w blokach.

Stwierdzono wysoce istotne różnice między zastosowanymi gatunkami roślin pod względem badanych cech biologicznych, tak w poszczególnych latach obserwacji 1978, 1979 i 1980, jak też łącznie za ten okres (tab. 4). W skali 3 lat najsilniejsze zróżnicowanie dotyczyło przyrostu wysokości. Z upływem czasu zróżnicowanie międzygatunkowe wzrastało pod względem procentu powierzchni uszkodzeń liści, a pod względem przyrostów wysokości roślin zmalało raptownie po pierwszym roku. Nieznaczny spadek wartości  $F$  dotyczył stopnia żywności.

Tabela 4

Wartość testu F w zależności od zmiennej w doświadczeniu i analizowanej cechy biologicznej drzew i krzewów

The value of F for various biological characters of the studied trees and shrubs and for different sources of variation

Zmienne doświadczenia w latach w latach obserwacji Variables and years of observations	Stopnie swobody Degrees of freedom	Wielkość i stopień istotności F (poziom istotności 0,05* i 0,01**) Magnitude and degree of significance of F (significance level 0,05* and 0,01**)			
		Stopień żywotności roślin Plant viability	Stopień obfitości ugałęzienia Degree of branching	Procent powierzchni uszkodzeń liści % leaf area injured	Przyrost wysokości Height increment
<b>Bloki (B):</b> Blocks (B):					
1978	3	5,04*	1,76	19,93**	13,11**
1979	3	3,14	4,56*	2,06	5,20*
1980	3	4,83*	3,78	18,82**	0,45
1978 - 1980	3	5,15*	4,14*	0,76	15,59**
<b>Gatunki (G):</b> Species (G):					
1978	13	10,38**	9,46**	9,73**	20,13**
1979	13	8,46**	14,41**	8,92**	3,32**
1980	13	6,29**	4,83**	14,50**	3,32**
1978 - 1980	13	11,98**	11,12**	15,61**	19,26**
<b>Nawożenia (N):</b> Fertilization (N):					
1978	3	0,38	0,31	4,64*	0,68
1979	3	1,91	3,61	3,16	0,62
1980	3	6,94*	6,83*	4,94*	7,62**
1978 - 1980	3	3,83	5,22*	6,07*	9,39**
<b>G × N:</b>					
1978	39	1,26	1,37	1,11	0,76
1979	39	1,22	1,61*	1,45	1,06
1980	39	1,38	1,56*	1,63*	1,18
1978 - 1980	39	1,35	1,42	1,48	1,00

W odniesieniu do ogólnego procentu wypadów w kolejnych trzech latach obserwacji oraz sumarycznie uzyskano zbliżony podział gatunków na grupy jednorodne (test U). Odrębnie zachowywały się *Hippophaë rhamnoides* oraz *Spiraea menziesii*, które wymierały obficie począwszy od II roku obserwacji, tymczasem *Elaeagnus angustifolia* cechowało dopiero w III roku znaczne zahamowanie procesu wymierania. Końcowy efekt obserwacji przedstawia tabela 5.

Stopień żywotności roślin poszczególnych gatunków okazał się wysoce stabilny, co doprowadziło do ogromnego podobieństwa wyników w kolejnych latach oraz sumarycznie (test Tukeya). Stąd też uzyskano niemal identyczny skład grup jednorodnych, które w formie wyniku syntetycznego przedstawia tabela 5.

W ciągu 3 lat obserwacji drzewa i krzewy wykazały dużą stałość pod względem stopnia obfitości ugałęzienia, co znalazło odzwierciedlenie w wyniku sumarycznym według testu Tukeya (tab. 5).

Procent powierzchni uszkodzeń liści był zmienny w latach w odniesieniu do roślin niektórych gatunków. Na przykład liście *Hippophaë*



Tabela 5

Klasyfikacja zastosowanych w doświadczeniu drzew i krzewów według ich malejącej przydatności do rekultywacji z podaniem wartości badanych cech i wyników testów istotności

Classification of trees and shrubs used in the experiment according to their declining utility for recultivation giving values for the studied characters and results of tests for significance of differences

Gatunek (odmiana) Species (variety)	Wartości cech za lata 1978 - 1980 z podaniem grup jednorodnych według testu U (% wypadów) i Tukeya Values of characters for the years 1978 -1980 indicating homogeneous groups according to the U-test (for % mortality) and Tukey's test				
	Łączny procent wypadów Joint percentage mortality	Średni stopień żywotności (skala 3 - 1) Mean degree of viability (scale 3 - 1)	Średni stopień obfitości ugałęzienia (skala 3 - 1) Mean degree of branchiness (scale 3 - 1)	Calkowity przyrost wysokości (cm) Total height increment (cm)	Średni procent powierzchni uszkodzeń liści Mean percentage injury to leaf surfaces
		I Przydatne I. Useful			
<i>Tamarix tetrandra</i>	0,0 a	2,11 a	1,94 abc	139,9 ab	14,1 a
<i>Rhus typhina</i>	7,5 bc	2,21 a	2,14a	65,6 def	25,9 ab
<i>Tamarix gallica</i>	5,0 bc	1,96 abc	1,90 abc	110,2 bc	28,8 abcd
<i>Salix acutifolia</i>	6,3 bc	1,54 bcde	1,62 bcd	156,4a	42,6 ode
<i>Physocarpus intermedium</i>	36,3 de	2,04 ab	1,97 ab	81,9 cde	27,9 abc
		II Mało przydatne II. Limited utility			
<i>Rosa rugosa</i>	3,8 ab	1,44 cde	1,58 bcde	37,5 f	28,5 abc
<i>Physocarpus opulifolius</i>	26,3 d	1,72 abcd	1,93 abcd	75,0 cdef	39,2 bcde
<i>Spiraea menziesii</i>	38,8 de	1,45 cde	1,43 cde	102,3 bcd	50,8 e
<i>Robinia pseudoacacia</i>	43,8	1,44 cde	1,35 de	87,0 cde	13,1 a
<i>Caragana arborescens</i>	12,5 c	1,13 e	1,19 de	62,3 def	34,9 bcde
		III. Nieprzydatne III. Useless			
<i>Acer negundo</i>	27,5 d	1,27 de	1,31 de	76,3 cdef	44,7 de
<i>Spiraea japonica 'Macrophylla'</i>	48,8 e	1,21 de	1,20 de	70,8 cdef	49,5 e
<i>Hippophae rhamnoides</i>	40,0 de	1,27 de	1,23 de	35,7 f	26,7 abc
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	82,5 f	1,04 e	1,04 e	48,0 ef	49,7 e

*rhamnoides* i *Rhus typhina* były bardzo uszkodzone w I roku obserwacji (odpowiednio: 30,6% i 31,0%) w stosunku do innych drzew i krzewów, a w latach następnych znacznie mniej (nawet o 15%). Natomiast liście pozostałych roślin, a zwłaszcza oliwnika (*Elaeagnus angustifolia*), wykazały małe porażenie w I roku (17,2%), a w latach następnych relatywnie wysokie (70,8% i 61,0%). Dlatego też, obok *Spiraea menziesii*, *S. japonica 'Macrophylla'*, *Acer negundo*, oliwnik zakwalifikował się do najbardziej uszkodzonych (tab. 5).

Pod względem przyrostów wysokości zastosowane gatunki łączą się zasadniczo w wiele grup jednorodnych według testu Tukeya o niezbyt wyraźnym różnicowaniu. Największe różnicowanie wystąpiło w I roku, a także dotyczyło wyniku sumarycznego (tab. 5). Dobry na ogół przyrost

roślin (*Salix acutifolia*, *Tamarix tetrandra*, *T. gallica*, *Spiraea menziesii*, *Physocarpus opulifolius*, *P. intermedius* oraz *Acer negundo*) w pierwszym roku, uległ znacznemu ograniczeniu w latach następnych (nawet o ponad 40 cm rocznie). Odwrotnie, przyrost *Elaeagnus angustifolia* i *Hippophaë rhamnoides* poprawiał się z roku na rok. Grupa roślin dobrze rosnących uzyskała w tych warunkach znaczny przyrost całkowity w granicach 100 - 156 cm (tab. 5). Mały przyrost (35 - 48 cm) miały rośliny genetycznie do tego usposobione, jak *Rosa rugosa*, lub źle się rozwijające, w tym *Hippophaë rhamnoides*, *Elaeagnus angustifolia*, na skutek łącznego działania niekorzystnych czynników.

W odniesieniu do zastosowanych kombinacji nawożenia (tab. 3) test *F* Fishera wykazał (tab. 4), że w porównaniu z kontrolą (0) nie zawsze, a jedynie w określonych latach miały one istotnie zróżnicowane działanie na badane cechy roślin. W skali 3 lat różnice istotne (0,05\*) odnosiły się do stopnia obfitości ugałęzienia i procentu powierzchni uszkodzeń ich liści, a wysoce istotne (0,01\*\*) — do przyrostu wysokości. Ogólnie zróżnicowany wpływ nawożeń na rośliny obserwowano dopiero w trzecim roku obserwacji. Tylko w sporadycznych przypadkach (tab. 4) stwierdzono istotne współdziałanie (interakcję) gatunków z kombinacjami nawożenia ( $G \times N$ ).

Test *U* nie wykazał istotnego wpływu nawożeń na udatność (wyrażoną procentem wypadów) każdego z zastosowanych gatunków roślin z osobna oraz ogółem w pierwszym roku obserwacji. W drugim roku istotne zróżnicowanie dotyczyło już 3 gatunków roślin: *Spiraea menziesii*, *Physocarpus intermedius* oraz *Hippophaë rhamnoides* oraz przeciętnego wyniku dla wszystkich 14 zastosowanych. W trzecim roku zróżnicowany wpływ nawożeń dotyczył znowu *Physocarpus intermedius* i *Hippophaë rhamnoides*, a zamiast *Spiraea menziesii* — *Physocarpus opulifolius*. W skali 3 lat nie odnotowano, ogólnie biorąc, istotnego wpływu nawożeń na liczbę wypadków. Istotne różnice dotyczyły jedynie *Salix acutifolia*, *Physocarpus opulifolius*, *P. intermedius*, *Robinia pseudoacacia* oraz *Rhus typhina*, przy czym ogólnie najkorzystniejszy wpływ miało najczęściej nawożenie według wariantu 1, wyjątkowo 2 (*Physocarpus opulifolius*) i 3 (*Salix acutifolia*).

Istotnie zróżnicowany wpływ nawożeń na ogólny stopień żywotności roślin dotyczył (na poziomie ufności 0,05\*) jedynie III roku obserwacji (tab. 4). Według wyników testu Tukeya ogólnie najkorzystniejszy wpływ na tę cechę miało nawożenie kombinacją 2, a najśłabszy — brak nawożenia (0).

W odniesieniu do stopnia obfitości ugałęzienia istotnie zróżnicowany wpływ nawożeń ujawnił się dopiero w III roku obserwacji oraz w skali 3 lat, przy czym, jak wykazał test Tukeya, ogólnie najkorzystniejszy był wpływ 1 kombinacji nawożenia, a najgorszy — brak nawożenia (0).

Analiza wyników procentowo wyrażonej powierzchni uszkodzeń liści

w zależności od zastosowanych sposobów nawożenia wykazała różnice istotne (0,05\*) za wyjątkiem II roku obserwacji (tab. 4). Na podstawie 3-letniego okresu przydatności poszczególnych kombinacji nawożenia według testu Tukeya przedstawia się następująco (z podaniem wartości cechy): 2 (95,2), 1 (99,7), 3 (101,8), 0 (114,1).

Wysoce istotny (0,01\*\*) wpływ nawożeń na przyrost wysokości drzew i krzewów w doświadczeniu uwidocznił się dopiero w III roku obserwacji oraz sumarycznie w skali 3 lat (tab. 4). Za pomocą testu Tukeya uzyskano pod tym względem następującą klasyfikację nawożeń (z podaniem przyrostu w cm): 2 (88,6), 1 (85,7), 3 (77,6), 0 (76,4).

#### PODSUMOWANIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Wyniki testu *F* Fishera wykazały (tab. 4), że z upływem czasu różnice między roślinami 14 zastosowanych gatunków najczęściej malały pod względem stopnia żywotności i przyrostów wysokości, a wzrosły (zwłaszcza w III roku) pod względem procentu powierzchni uszkodzeń liści. Tym samym wzrosło diagnostyczne znaczenie tej cechy. Analiza wyników testów Tukeya prowadzi do spodziewanego wniosku, że najmniej stabilną cechą roślin był w poszczególnych latach procent powierzchni uszkodzeń ich liści oraz przyrost wysokości.

Jak już wspomniano, zastosowane kombinacje nawożenia (tab. 3) z uwzględnieniem kontroli (0) miały tylko w niektórych latach istotnie zróżnicowany wpływ na badane cechy roślin (tab. 4). Miało to miejsce głównie w III roku obserwacji, co znalazło odbicie w wyniku sumarycznym za okres 3 lat.

Interakcja gatunków z nawożeniami ( $G \times N$ ) była istotna (0,05\*) wyjątkowo i tylko w II i III roku obserwacji (tab. 4). Fakt, że w I roku, w II (oprócz stopnia obfitości ugałęzienia), a także w skali 3 lat obserwacji nie stwierdzono istotnych interakcji  $G \times N$ , może świadczyć o braku zróżnicowanego wpływu nawożenia na rośliny poszczególnych gatunków w początkowym okresie trwania doświadczenia.

Testy *U* i Tukeya wykazały, że w określonych przypadkach cech (oprócz procentu wypadów) nawożenie zestawem 1 lub 2 miało na rośliny istotnie korzystniejszy wpływ od nawożenia wariantem 3 lub nienawożenia (0). Skuteczniejsze działanie drugiej kombinacji nawożenia od trzeciej świadczyłoby o większym w tych warunkach zapotrzebowaniu roślin na fosfor aniżeli na potas, przy słabej (III klasa) zasobności obu tych pierwiastków w popiołach (tab. 2).

Ze względu na niewielki wpływ zastosowanych nawożeń na badane cechy roślin należałoby zwiększyć dawki lub nawozić kilka razy w ciągu roku. W świetle powyższych wyników należałoby ograniczyć stosowanie nawozów potasowych na korzyść fosforowych. Na podstawie wyników



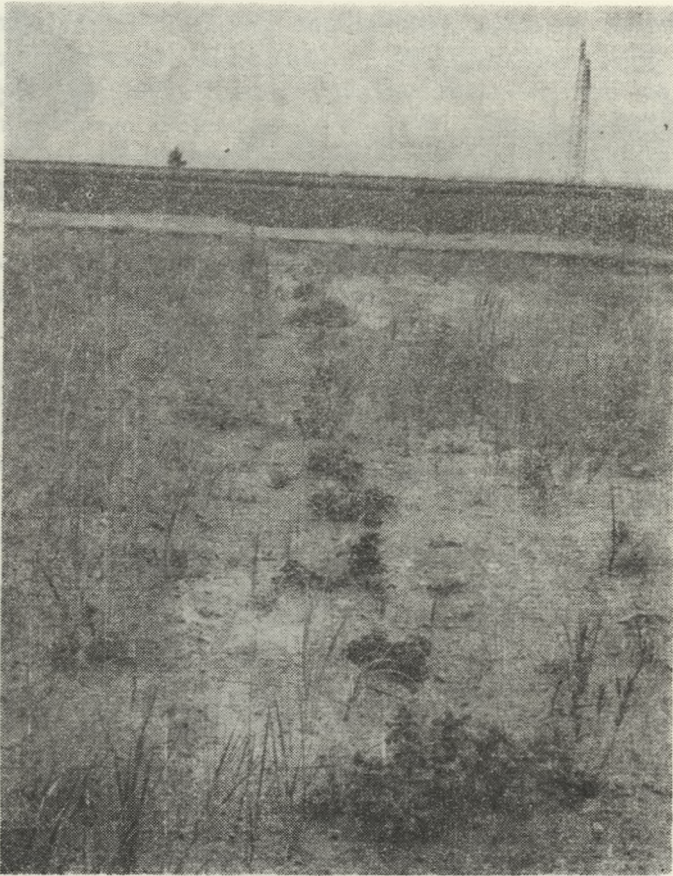
Ryc. 1. W pierwszym rzędzie *Spiraea japonica* 'Macrophylla', w następnym — *Tamarix gallica* w pierwszym okresie wegetacji (31 sierpień 1978)

Fig. 1. In the first row *Spiraea japonica* 'Macrophylla' and in the next one *Tamarix gallica* in the first vegetation season (August 31st 1978)

badań innych autorów (Dębowski 1973a, b, Dłużewski i inni 1974, Maciak i inni 1974, Maciak 1975) można przypuszczać, że najskuteczniejsze w działaniu byłoby nawożenie organomineralne lub organiczne (torf, miał węgla brunatnego, próchnica, popłuczyny po roślinach okopowych itp.). Ze względu na dotkliwą suszę wysoce pożądane byłoby zraszanie osadnika.

W celu jak najszybszego uproduktowania każdego nieużytku, w tym składowiska popiołu, powinno się dążyć do maksymalnego zbliżenia jego właściwości do właściwości gleb naturalnych. Oprócz uprawy roślin proces ten przyspiesza szereg powszechnie znanych zabiegów agrotechnicznych, w tym przypadku:

- wzbogacanie w elementy występujące w niskich stężeniach lub w formach niedostępnych dla roślin (głównie w azot, fosfor i mangan);
- obniżanie wysokiego stężenia pierwiastków zasadowczych oraz metali ciężkich przede wszystkim za pomocą zabiegów zakwaszających, zaopatrywanie w fosfor i inne aniony oraz w substancję organiczną;
- zmniejszanie zasadowego odczynu i wysokiego zasolenia poprzez dodawanie substancji organicznej, podlewanie, zapobieganie parowaniu (ściółkowanie, uprawa roślin intensywnie osłaniających) itp.;
- uprawa roślin z dużą masą korzeniową i rozwiniętą mikoryzą (drzewa i krzewy), a także współżyjących z mikroorganizmami wiążącymi azot (motylkowe) w celu nasilenia procesów glebotwórczych.



Ryc. 2. *Rosa rugosa* w pierwszym okresie wegetacji (31 sierpień 1978)

Fig. 2. *Rosa rugosa* in the first vegetation period (August 31st 1978)

Analiza wyników prowadzi do wniosku, że rośliny niektórych gatunków, w szczególności *Physocarpus intermedius*, *Rosa rugosa* i *Hippophaë rhamnoides*, osiągnęły dość zróżnicowane wyniki w zależności od badanej cechy. Mając na uwadze skład gatunkowy doświadczenia jest to wynik naturalny i oczywisty. Wobec tego nasuwa się pytanie: Czy w ogóle słuszne jest porównywanie tak różnych roślin jak w doświadczeniu, szczególnie pod względem wzrostu? To matematyczne postępowanie ma ułatwić określenie stopnia przydatności roślin do rekultywacji.

Klasyfikacji roślin pod względem przydatności do rekultywacji dokonano w oparciu o syntetyczne wyniki testów *U* i Tukeya. W tym celu określono jakość każdej z obserwowanych cech roślin poszczególnych gatunków według 3-stopniowej skali, a następnie wielkość wagi (wartości) dla każdej z nich. Jako łączną wartość wag dla roślin o najlepszych wartościach cech przyjęto 100 (100% punktów), z czego dla procentu wypadków przewidziano 30, dla stopnia żywotności, stopnia obfitości



Ryc. 3. *Rhus typhina* w trzecim okresie wegetacji (19 sierpień 1980)  
 Fig. 3. *Rhus typhina* in the third vegetation period (August 19th 1980)

ugałżenia i przyrostu wysokości — po 20, a dla procentu powierzchni uszkodzeń liści — 10. Rośliny z grupy drugiej (średnie wartości cech) otrzymują wagi o połowę niższe (łącznie 50%), a roślinom z grupy trzeciej jako nieprzydatnym wag nie nadawano. Przy jednakowej liczbie punktów dla gatunków brano pomocniczo pod uwagę bezwzględne wartości cech roślin. Sklasyfikowane rośliny podzielono umownie na 3 grupy: przydatne, mało przydatne i nieprzydatne do rekultywacji (tab. 5).

Z 7 rodzin, do których należą zastosowane w doświadczeniu drzewa i krzewy, najbardziej przydatne do rekultywacji pochodzą z rodziny *Tamaricaceae* (*Tamarix tetrandra*, *T. gallica*). Do grupy tej należą również *Rhus typhina* (*Anacardiaceae*) oraz *Salix acutifolia* (*Salicaceae*). Mniej przydatne są rośliny z rodziny *Rosaceae* (*Physocarpus opulifolius*, *Rosa rugosa*, *Spiraea menziesii*) i *Leguminosae* (*Robinia pseudoacacia*, *Caragana arborescens*). W grupie gatunków nieprzydatnych znalazły się takie rośliny (*Acer negundo*, *Spiraea japonica* 'Macrophylla', a zwłaszcza Hip-

*poppaë rhamnoides* i *Elaeagnus angustifolia*), które na innych nieużytkach przemysłowych (Greszta i Morawski 1972, Bugała i Kluczyński 1975, Kluczyński 1981), w tym na popiołach z węgla kamiennego (Kluczyński 1979), osiągnęły dobry rezultat. *Acer negundo* zachował się również odmiennie na popiołach z Konina w doświadczeniu wazonowym (Kluczyński 1973), bowiem wśród siewek 19 gatunków drzew i krzewów osiągnął najlepszy wynik. Jest zatem prawdopodobne, że już w momencie zakładania powierzchni doświadczalnej sadzonki tych gatunków były złej jakości lub przemarzły w czasie pierwszej zimy.

Drzewa i krzewy stosowane w rekultywacji osadników popiołowych winny cechować: ogólnie skromne wymagania siedliskowe (w tym co do zapotrzebowania na NPK), kalcyfilność, odporność na suszę, na wysokie temperatury i ich amplitudy oraz na silne nasłonecznienie, a także winny rozwijać silny i głęboki system korzeniowy oraz obfite ugałęzienie. Ogólnie rekultywacja tego typu nieużytków za pomocą drzew i krzewów jest poważnie ograniczona i niecelowa dodatkowo z powodu wysokich kosztów (uciążliwa uprawa podłoża, silne nawożenie organiczne, deszczowanie itp.). Istnieją możliwości pełnego wykorzystania tych odpadów przez przemysł i rolnictwo (cyt. za Kluczyńskim 1980).

#### WNIOSKI

1. W procesie zagospodarowywania osadników popiołów elektrownianych typu siarczano-wapniowego (Elektrownia Konin) stwierdzono pewną niewielką użyteczność młodych sadzonek niektórych drzew i krzewów. Ogólnie są to rośliny pionierskie, o skromnych wymaganiach co do pokarmu i wody, kalcyfilne, silnie korzeniące się i obficie ugałęzione.

2. Z przebadanych 14 gatunków do stosunkowo najbardziej przydatnych w rekultywacji należą: *Tamarix tetrandra*, *T. gallica*, *Rhus typhina*, *Salix acutifolia* i *Physocarpus intermedius*. W bardziej ograniczonym zakresie praktyczne zastosowanie bez specjalnych zabiegów mogą mieć również: *Rosa rugosa*, *Physocarpus opulifolius*, *Spiraea menziesii*, *Robinia pseudoacacia* i *Caragana arborescens*. Słaby rezultat zastosowania *Elaeagnus angustifolia* i *Hippophaë rhamnoides* budzi określone wątpliwości i dlatego badania z użyciem tych gatunków należałoby kontynuować.

3. Zastosowane sposoby nawożenia mineralnego (w ilości 300 kg NPK w czystym składniku w skali roku) nie dały spodziewanych rezultatów. Stwierdzono potrzebę zwiększonego nawożenia fosforem w porównaniu z potasem. Trwały efekt rekultywacji wydaje się być uzależniony od silnego nawożenia organicznego bądź organomineralnego, deszczowania, systematycznego kruszenia skorupy itp.

4. Z powodu dużych trudności technicznych i wysokich kosztów rekultywację biologiczną tego typu osadników należy zastępować technicznym bądź rolniczym (jako nawozu) wykorzystaniem popiołów.

Instytut Dendrologii PAN  
62-035 Kórnik, Poland

#### LITERATURA

1. Baran S., 1974. Akumulacja Pb, Zn, Cu, Mn, B i Sr w wybranych elementach środowiska przyrodniczego objętego oddziaływaniem huty cynku. Praca doktorska. Instytut. Glebozn. i Chemii Roln. AR, Lublin.
2. Bartoszek B., 1975. Referat Generalny na Międzynarodową Konferencję w sprawie zwiększenia wykorzystania odpadów paleniskowych z elektrowni. Rybnik, 9 VI 1975.
3. Bereśniewicz A., Nowosielski O., 1975. Możliwości wykorzystania elektrownianych odpadów paleniskowych do użyźniania gleb. Mater. z Symp. Nauk.-Techn. w Sandomierzu — Puławach: „Problemy ochrony i rekultywacji powierzchni ziemi w Polsce”. Wyd. Czasop. Techn. NOT Warszawa.
4. Boratyński K., Roszyk E., Ziętecka M., 1971. Przegląd badań przeprowadzonych w Polsce nad mikroelementami. Część I. Bor, miedź i mangan. Rocz. Glebozn. 22 (1): 205 - 264.
5. Bugała W., Kluczyński B., 1975. Badanie przydatności wybranych gatunków drzew i krzewów do rekultywacji skarp piaszczyn w Szczakowej. Arbor. Kórnickie 20: 345 - 373.
6. Dębowski J., 1973a. Biologiczne metody ochrony przed pyleniem i rekultywacja składowisk odpadów paleniskowych. Mater. z Sympoz. w Częstochowie pt. „Składowanie i zagospodarowanie odpadów energetycznych i hutniczych” Wyd. Geolog. Warszawa: 261 - 273.
7. Dębowski J., 1973b. Zagadnienia mokrych składowisk popiołu i żużla w energetyce cieplnej. NOT, Prace Główn. Komisji Postępu Techn.-Ekonom. (mater. z narad), z. 5, Warszawa.
8. Dłużewski J., Liwski S., Maciak F., 1974. Zagadnienia rekultywacji biologicznej terenów zdewastowanych ze szczególnym uwzględnieniem składowisk popiołu. NOT, Prace Główn. Komis. Postępu Techn.-Ekonom. (mater. z narad), z. 6, Warszawa.
9. Elandt R., 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego. PWN, Warszawa.
10. Figiel J., 1972. Ochrona powietrza atmosferycznego przed szkodliwym działaniem Elektrowni Pątnów i Konin. Ref. na Konf. Nauk.-Techn. pt. „Ochrona środowiska człowieka Konińskiego Okręgu Przemysłowego”. SNT-NOT, Konin: 53 - 75.
11. Głowiak B., Kabsch P., Kukliński A., Rutkowski J., 1973. Inżynieria ochrony atmosfery. Skrypt Politech. Wrocław, Wrocław.
12. Gostyńska J., 1972. Charakterystyka rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń atmosfery w rejonie Konińskiego Okręgu Przemysłowego na tle rzeźby terenu i warunków klimatyczno-meteorologicznych. Ref. na Konf. Nauk.-Techn. pt. „Ochrona środowiska człowieka Konińskiego Okręgu Przemysłowego”. SNT-NOT Konin: 1 - 28.
13. Greszta J., Morawski S., 1972. Rekultywacja nieużytków przemysłowych. PWRiL Warszawa.
14. Klocke A., 1979. Content of arsenic, cadmium, chromium, fluorine, lead, mer-



- cury, and nickel in plants grown on contaminated soil. Symposium on the Effects of Air-Borne on Vegetation. Warsaw, 20 - 24 August 1979.
15. Kluczyński B., 1973. Badanie wzrostu i rozwoju siewek niektórych gatunków drzew i krzewów na popiołach energetycznych dwóch typów. *Fol. Forest. Pol.*, A, 21: 79 - 104.
  16. Kluczyński B., 1977. Badania nad rozwojem i przydatnością do rekultywacji wybranych gatunków drzew i krzewów w warunkach określonych składowisk popiołów energetycznych. Praca doktorska (część I i II). Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
  17. Kluczyński B., 1979. Badania nad rozwojem i przydatnością wybranych gatunków drzew i krzewów do rekultywacji określonych składowisk popiołów energetycznych. *Arbor. Kórnickie* 24: 217 - 282.
  18. Kluczyński B., 1980. Energetyka oparta na węglu a środowisko przyrodnicze. *Człowiek i Nauka, W. Pow.*, Warszawa: 41 - 64.
  19. Kluczyński B., 1981. Badanie przydatności drzew i krzewów do rekultywacji i zagospodarowania hałd posyderytowych w rejonie Częstochowy. *Arbor. Kórnickie* 26: 203 - 229.
  20. Kluczyński B., 1982. Tolerancja drzew i krzewów na działanie wysokich stężeń związków fluoru w warunkach Huty Aluminium „Konin”. *Arbor. Kórnickie* 27: 235 - 264.
  21. Kowalkowski A., Prusinkiewicz Z., 1959. Gleby Arboretum Kórnickiego. *Arbor. Kórnickie* 4: 233 - 276.
  22. Maciak F., 1975. Rekultywacja składowisk odpadów paleniskowych. *Mater. z Sympoz. Nauk.-Techn. w Sandomierzu — Puławach: „Problemy ochrony i rekultywacji powierzchni ziemi w Polsce”*. Wyd. Czasop. Techn. NOT Warszawa.
  23. Maciak F., Liwski S., Biernacka E., 1974. Właściwości fizykochemiczne i biochemiczne utworów ze składowisk popiołu po węglu brunatnym i kamiennym. *Roczn. Glebozn.* 25 (3): 191 - 205.
  24. Maciak F., Liwski S., Jeżewski Z., 1979. Rekultywacja hałdy popiołu z węgla brunatnego Elektrowni Konin przez zadrzewienie i zakrzewienie. *Roczn. Glebozn.* 30 (3): 179 - 198.
  25. Nowosielski O., Bereśniewicz A., 1975. Perspektywy nowoczesnego wykorzystania popiołów z węgla brunatnego. *Mater. na konf.: „Możliwości intensyfikacji wykorzystania odpadów paleniskowych w celu oszczędności materiałów i surowców naturalnych”*. MGiE, Państw. Rada Gosp. *Mater.*: 33 - 38.
  26. Oktała W., 1966. *Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa*. PWN, Warszawa.
  27. Pająk A., 1978. Studium wpływu zakładów przemysłowych na środowisko w rejonie Konina (część I). Projekt nr 37-14-06 „Strefa ochronna rejonu przemysłowego miasta Konina”, Gen. Projektant J. Mścichowski, Biuro Przem. Metali Nieżelaz. „BIPROMET” Katowice.
  28. Pietras Z., 1973. Odpady paleniskowe z elektrociepłowni i elektrowni zawodowych. *Mater. z Sympoz. w Częstochowie pt. „Składowanie i zagospodarowanie odpadów energetycznych i hutniczych”*. Wyd. Geolog. Warszawa: 301 - 312.
  29. Snedecor G. W., 1956. *Statistical methods*. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
  30. Starczewski J., 1975. Utylizacja popiołów lotnych i żużli z energetyki zawodowej w latach 1976 - 1980 i kierunkowo do 1990 r. *Mater. na konf.: „Możliwości intensyfikacji wykorzystania odpadów paleniskowych w celu oszczędności materiałów i surowców naturalnych”*. Część II. MGiE, Państw. Rada Gosp. *Mater.*: 1 - 24.
  31. Starski B., 1975. Możliwości wykorzystania popiołów z węgla brunatnego

- i kamiennego w rolnictwie. Mater. na konf.: „Możliwości intensyfikacji wykorzystania odpadów paleniskowych w celu oszczędności materiałów i surowców naturalnych”. MGiE. Państw. Rada Gosp. Mater.
32. Thompson L. M., Troeh F. R., 1978. Gleba i jej żyzność. PWRiL Warszawa.
33. Warda Z., 1974. Modelowe badania intensywności akumulacji metali ciężkich w glebie i w roślinach. Praca doktorska. Instytut Glebozn. i Chemii Roln. AR, Lublin.
34. Zięba S., 1975. Ocena przydatności rolniczej popiołów z węgla brunatnego w świetle doświadczeń polowych. Mater. z Sympoz. Nauk.-Techn. w Sandomierzu — Puławach: „Problemy ochrony i rekultywacji powierzchni ziemi w Polsce”. Wyd. Czasop. Techn. NOT Warszawa.

#### BOGDAN KLUCZYŃSKI

### *Utility of selected trees and shrubs for the recultivation of sulphur and calcium ashes near the Konin Power Plant*

#### Summary

It was the aim of this investigation to determine the degree of utility of 14 species of trees and shrubs for the recultivation of ash deposits of sulphur and calcium type which are the waste product of burning brown coal in the Konin Power Plant. In the experiment four (3 + control) combinations of mineral treatments including NPK in various proportions was employed (4:3:3, 4:4:2, 4:2:4) for a total addition of 300 kg of fertilizer per hectare.

The ash has a mechanical composition of loose sand, an alkalinity at a pH=9, a very low total nitrogen content and a low level of phosphorus, potassium and zinc, both total and in available form. The ash is characterized by a high concentration of: iron with an inadequate Fe:Mn (40:1) ratio, aluminum, total sulphur, total and available calcium and available boron, manganese and molybdenum. The concentrations of total magnesium and nickel, total and available copper and zinc are similar to those found in natural soils. Practically no cobalt, lead and barium were observed.

It was found that young transplants of *Tamarix tetrandra*, *T. gallica*, *Rhus typhina*, *Salix acutifolia* and *Physocarpus intermedius* are of some limited utility on these ashes. Less successful in practical use without additional treatments are *Rosa rugosa*, *Physocarpus opulifolius*, *Spiraea menziesii*, *Robinia pseudoacacia* and *Caragana arborescens*. In general these are pioneer species having small demands. It was found that an increased fertilisation, particularly with a high phosphorus to potassium ratio is needed. In view of the considerable costs of biological recultivation of these spills it would be better to utilize them technically or in agriculture as fertilizers.

#### БОГДАН КЛЮЧИНСКИ

### *Пригодность избранных деревьев и кустарников для рекультивации сернисто-известняковых пеплов Электростанции Конин*

#### Резюме

Целью исследований было определение степени пригодности 14 видов деревьев и кустарников для рекультивации пепельных отстойников сернисто-известнякового типа

от сгорания бурого угля в Электростанции Конин. В опытах на отстойнике применяли 4 (контроль+3) вида минерального удобрения с участием NPK в различных соотношениях (4:3:3, 4:4:2, 4:2:4) в общем количестве 300 кг/га.

Пепел имел механический состав рыхлого песка, кислотность на уровне  $pH=9$ , очень низкое содержание общего азота, низкое содержание фосфора, калия и цинка в общей и растворимой формах. Отмечены значительные концентрации железа при неблагоприятном соотношении Fe:Mn (49:1), алюминия, общей серы, кальция в общей и растворимой формах. Концентрации магнеза и никеля в общей форме, меди и цинка в общей и растворимой формах сходны с концентрациями встречающимися в естественных почвах. Практически не найдено кобальта, свинца и бария.

Отмечена определенная, ограниченная пригодность молодых саженцев *Tamarix tetrandra*, *T. gallica*, *Rhus typhina*, *Salix acutifolia* и *Physocarpus intermedius*. Небольшие возможности применения без специальных приемов имеют также: *Rosa rugosa*, *Physocarpus opulifolius*, *Spiraea menziesii*, *Robinia pseudoacacia* и *Caragana arborescens*. В общем это растения пионеры, с незначительными требованиями к плодородию и воде, кальцефильные, с мощной корневой системой и хорошо развитые. Отмечены необходимость увеличения удобрения, особенно фосфором по сравнению с калием. Ввиду больших технических затруднений и большой стоимости биологическую рекультивацию такого типа отстойников её необходимо заменить техническим или сельскохозяйственным (в качестве удобрения) употреблением пепла.