

BOGDAN KLUCZYŃSKI

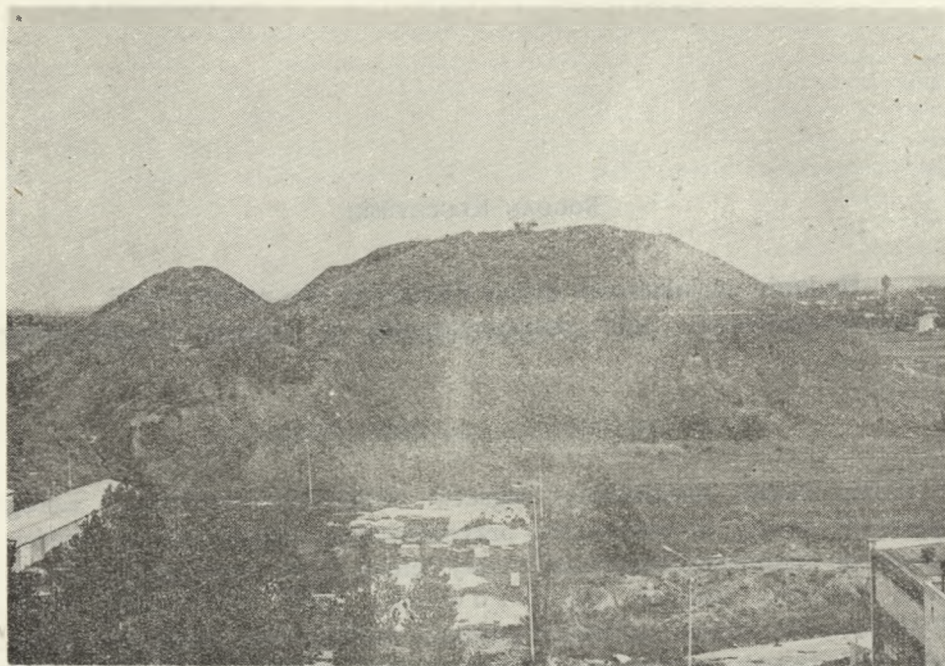
Badanie przydatności drzew i krzewów do rekultywacji i zagospodarowania hałd posyderytowych w rejonie Częstochowy

CHARAKTERYSTYKA I ROZMIAR PROBLEMU

Każdy rodzaj eksploatacji bogactw naturalnych powoduje szereg ujemnych zmian w środowisku przyrodniczym. Odnosi się to między innymi do głębimowej eksploatacji rudy żelaza, która ma w naszym kraju około 200-letnie tradycje (Kostrowicki, 1957; Greszta, 1963). Wydobycie to, stojące na niskim poziomie technicznym, nigdy nie osiągnęło zbyt dużych rozmiarów a obecnie można praktycznie mówić o jego zaprzestaniu.

Z powstaniem zwałowisk posyderytowych wiąże się utrata produkcyjnych ziem. Osuwanie się materiału zwałowego i erozja wodna systematycznie powiększają zajętą powierzchnię. Podziemna eksploatacja kopalni wywołuje zmiany górotworu i związane z tym deformacje powierzchni, w wyniku czego mogą powstać zasadnicze zmiany w stosunkach wodnych (Greszta i Morawski, 1972; Lasatowicz, 1979). Do obrębu szkodliwego oddziaływania należą obszar kopalniany oraz powierzchnie położone w zasięgu tak zwanego leja depresji poziomów wodonośnych, którego promień mierzy niekiedy kilka do kilkunastu kilometrów. W wyniku tego następuje przesuszenie warstw powierzchniowych i zostaje zakłócony normalny tok produkcji rolnej lub leśnej. Zmiany górotworu mogą działać również w kierunku przeciwnym. Na skutek osiadania terenu następuje podniesienie się poziomu wód gruntowych aż do wystąpienia na powierzchnię. Zjawisko to jest dość często obserwowane wokół ciężkich, ilastych hałd.

W Polsce (Greszta i Morawski, 1972) powstały 3 okręgi eksploatacji rudy żelaza: kielecki (Starachowice, Skarżysko), łęczycki oraz największy — na terenie którego prowadzono niniejsze badania — częstochowski. Częstochowski obszar rudonośny (Kostrowicki, 1957) obejmuje teren położony wzdłuż zachodniego i południowo-zachodniego stoku Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (na południe od Zawiercia, poprzez Żarki, Dźbów, Panki, Krzepice, Rudniki, Kowale, aż poza Wieluń na północy). Szerokość pasa rudonośnego na południu jest nieznaczna,



Ryc. 1. Charakterystyczna budowa zwalowiska posyderytowego w rejonie Częstochowy z silnie zaznaczoną ercją wodną (Kopalnia „Barbara”)

Fig. 1. The characteristic structure of the „Barbara” post-sideritic mine spill near Częstochowa under strong water erosion

nie przekracza 2 km, ku północy rozszerza się, a na południe od Wielunia dochodzi do 15 km (łącznie około 840 km² powierzchni). Złóża częstochowskie występują w formie szeregu cienkich warstw w utworach środkowego doggeru wśród mniej lub więcej piaszczystych ilów, które głębiej przyjmują charakter iłolupków. Rudą jest tu syderyt ilasty o zawartości żelaza 28 - 36%. Wierzchnią warstwę (Greszta i Morawski, 1972) tworzą osady dyluwialne o grubości kilku do kilkunastu metrów. Są to piaski akumulacji lodowcowej, na północnym zachodzie znajdują się również piaski na glinie zwałowej i gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego. Spotyka się też piaski wydmowe, mady i torfy.

Surowce odpadowe w górnictwie rud żelaza omawianego rejonu można ogólnie podzielić na dwie grupy (Lasatowicz, 1979):

1) Surowce powstałe w czasie eksploatacji syderytowych rud żelaza, do których należy zaliczyć iły, iłolupki, piaski i piaskowce zalegające na hałdach. Na tego typu zwalach przeważają utwory iłowe i gliny, co nadaje im charakteru utworu ciężkiego, zlewnego, pęczniejącego w czasie deszczu i kurczącego się w czasie suszy (zeskorupienie) (ryc. 2). Poza tym w masie iłowo-piaskowej znajduje się syderyt ilasty ze znaczną domieszką rozmaitych minerałów, jak kwarc, apatyt, piryty i ślady magnezu. Niektóre z opisanych właściwości powodują, że zwalę pozbawione są roślin-



Ryc. 2. Płat roślinności pionierskiej z dominacją *Tussilago farfara* na zeskorpionej powierzchni zbocza hałdy od strony południowej (Kopalnia „Barbara”)
 Fig. 2. A patch of pioneer vegetation with *Tussilago farfara* dominating on the crusted surface of the southern slope of the „Barbara” post-sideritic mine spill

ności przez długi czas. Stwierdzono, że ten zróżnicowany pod względem mineralogicznym materiał może służyć do produkcji ceramiki budowlanej (na przykład klinkieru, cegły pełnej, różnego rodzaju prefabrykatów budowlanych, elementów drażonych i cienkościennych) oraz do produkcji hutniczej, a także jako domieszka agrotechniczna dla ubogich, piaszczystych gleb.

2) Surowce powstałe w czasie przeróbki i wzbogacania rud, do których zaliczane są tak zwane wysiewki surowe (21 - 23% Fe) i prażone (31 - 33% Fe), żużle poželudowe i szlamy popłuczkowe. Wysiewki są mieszaniną drobnych kawałków (0 - 30 mm) rudy z ilami otaczającymi pokłady syderytu. Wysiewki surowe składowane są na hałdach przy kopalniach wyposażonych w sortownie, a prażone — przy zakładach wzbogacania (piecach prażalniczych). Obydwa te rodzaje odpadów z bieżącej produkcji są obecnie używane do produkcji cementu jako dodatek żelazonośny.

Surowce odpadowe transportowane są na zwałowiska (Greszta i Morawski, 1972; Lasatowicz, 1979), które mają na ogół formę podłużnych, nieregularnych nasypów, zakończonych u góry wąskimi grzbietami (ryc. 1 i 3). Zbocza są strome lub urwiste, nachylone pod kątem naturalnego zsypania (40 - 60°), podatne na silną erozję wodną. Wysokość zwałów wynosi 15 - 60 m. W Okręgu Kłobucko-Częstochowskim (Lasatowicz, 1979) istnieją 34 takie zwałowiska skały płonej (gru-

pa 1) o łącznych zapasach materiału hałdowego 76291000 ton. Zajmują one powierzchnię 176,7 ha. Natomiast wysiewki (surowe) ulokowane są na 13 hałdach o łącznej powierzchni 13 ha i zapasie materiału 4 819 701 ton. Jak dotychczas zwałowanych surowców nie eksploatuje się.

Zdaniem Greszty i Morawskiego (1972) jedynie słusznym kierunkiem zagospodarowania tego typu zwałów jest zadrzewienie. Jako drzewa i krzewy przedplonowe autorzy zalecają: *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *P. × canadensis* 'Robusta', *P. × canadensis* 'Serotina', *Salix caprea*, *S. cinerea*, *S. aurita*, *S. fragilis*, *S. purpurea*, *Euonymus europaea*, *Spiraea salicifolia*, *S. ulmifolia*, *Viburnum opulus*, *Rosa rugosa*, *Sorbus aucuparia*, *Prunus mahaleb*, *Cornus sanguinea*, a na zwały zasadowe — *Elaeagnus angustifolia* i *Prunus avium*. Autorzy zalecają ograniczenie stosowania takich gatunków jak *Betula pendula* i *Populus tremula* ze względu na słabe działanie glebotwórcze. Natomiast jako drzewostan docelowy przewidują mieszany las liściasty o następującym składzie: *Quercus petraea*, *Q. robur*, *Fraxinus excelsior*, *Larix decidua*, *Ulmus laevis*, *Acer pseudoplatanus*, *A. platanoides* i *Tilia cordata*. Autorzy informują również o zadowalających wynikach rekultywacji omawianych nieużytków za pomocą trwałych pastwisk. Spośród traw zalecają stosowanie rajgrasu angielskiego i kostrzewy czerwonej, a w domieszce — mietlicy białej i stokłosa bezostnej, natomiast z motylkowych — koniczyny białej i szwedzkiej, a w domieszce — nostrzyku białego, komonicy rożkowej oraz lucerny siewnej.

CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Nieczynne i istniejące kopalnie rudy w rejonie Częstochowy należą do dwu Przedsiębiorstw Kopalń Rud Żelaza: „Osiny” i „Grodzisko”. W skład ostatniego Przedsiębiorstwa wchodzi zwałowisko odpadów z szybu pomocniczego przy byłej Kopalni „Barbara” w Dźbowie (kilka kilometrów na południowy zachód od Częstochowy), na którym zlokalizowano powierzchnię doświadczalną z drzewami i krzewami. W dalszej części pracy hałda ta określana jest skrótem „Barbara” — od nazwy Kopalni, przy której powstała. Nieużytek ten usypano w latach 1958 - 1965.

W celu szczegółowego zbadania fizykochemicznych właściwości podłoża pobrano próbki substratu z 5 różnych miejsc położonych na powierzchni każdego z 5 bloków doświadczalnych. Na każdym stanowisku pobrano substrat w jednakowej objętości z 4 poziomów głębokości: 5, 10, 20 i 30 cm. Pobrany materiał posłużył do sporządzenia próbek zbiorczych z bloków, które poddano badaniom*. Metody według których wy-

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

Tabela 1

Analiza mechaniczna odpadów ze zwałowiska „Barbara”
 Mechanical analysis of deposits in the „Barbara” spill

Procentowa zawartość frakcji (ø do 1,0 mm) Percentage content of the fraction (ø 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	
50,2	7,8	8,6	14,6	18,8
	16,4		33,4	
Gлина lekka Light clay				

Tabela 2

Niektóre ogólne właściwości odpadów ze
 zwałowiska „Barbara”
 Some general properties of deposits in the
 „Barbara” spill

pH _{KCl}	7,49
pH _{H₂O}	7,52
Straty na żarzeniu Combustion losses	8,39%
Suma zasad Total bases	12,97 me/100 g
Kwasota hydrolytyczna Hydrolitic acidity	1,77 me/100 g
Przewodnictwo (zasolenie) Conductivity (saltiness)	2560 μS

konano badania podłoży i roślin, podane są w pracy Kluczyńskiego (1977).

Średnie wartości badanych cech podają tabele 1 - 3. W tabeli 2 zwraca uwagę ogromnie wysoka wartość przewodnictwa elektrycznego (zasolenia), co świadczy o toksycznym stężeniu rozpuszczalnych soli obojętnych z jonami sodu na czele.

W opadach stwierdzono generalnie (tab. 3) niską ogólną zawartość azotu (0,032%) oraz form przyswajalnych potasu (8,7 mg K₂O/100 g gleby) i manganu (44,2 ppm). Pobieranie Mn (Buckman i Brady, 1971; Baule i Fricker, 1973; Warda, 1974) zależy od odczynu (zasadowy wpływa hamująco), od zawartości Ca, P, K, Fe, Zn (pobieranie Mn jest odwrotnie proporcjonalne do zawartości tych pierwiastków), a szczególnie od stosunku Fe : Mn, który na zwałowisku jest bardzo niekorzystny i wynosi 138 : 1. Bardzo wysokie jest stężenie siarki całkowitej (0,4%)⁰, żelaza (około 7%)⁰, glinu (2,13%)⁰ i sodu (0,48%)⁰. Normalnie zawartość siarki całkowitej w wierzchniej warstwie gleby (Reimann i inni, 1968) kształtuje się, z pewnymi wahaniem, na poziomie 20 - 60 mg

na 100 g gleby (0,02 - 0,06%). Skrajnie wysokie stężenia pozostałych pierwiastków, jakie stwierdził Uggla (1965) podczas badania gleb naturalnych różnego typu, wynoszą: 6% Fe₂O₃ (czyli około 4% Fe), 1% Al₂O₃ (czyli około 0,5% Al) i 0,02% Na. Na podstawie prac Boratyńskiego i innych (1971 i 1972), Buckmana i Bradego (1971), Barana (1974), Wardy (1974), Thompsona i Troeha (1978) oraz Klokego (1979) można się zorientować, że w granicach stężeń spotykanych w glebach i nieszkodliwych dla roślin mieszczą się w substracie zwałowiska „Barbara” stężenia wapnia (0,41%), magnezu (0,61%), miedzi (21,6 ppm), boru (36,6 ppm) i molibdenu (0,67 ppm), a nieco powyżej — cynku (331,2 ppm) i niklu (72,4 ppm). Praktycznie nie stwierdzono obecności kobaltu, ołowiu i baru. Stężenia form przyswajalnych badanych pierwiastków są, oprócz potasu i manganu, wysokie a w odniesieniu do P₂O₅, Mg, Cu, Zn nawet dość znacznie przekraczają pułap najwyższej zasobności przewidzianej dla gleb (Lewski, 1966; Tuchołka, 1977).

Interesująco przedstawia się porównanie składu chemicznego odpadów z hałdy ze składem gleby naturalnej. W tym celu w tabeli 3 zamieszczono dane odnoszące się do Szkółek Kórnickich (Kowalkowski i Prusinkiewicz, 1959; Kluczyński, 1977) oraz wyrażony procentowo stosunek wartości stężeń pierwiastków w obu podłożach. Z porów-

Tabela 3

Stężenia badanych makro- i mikroelementów w podłożu doświadczalnym na tle stężeń w podłożu „wzorcowym” (Szkółki Kórnickie)

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

Pierwiastek Element	Jednostka miary ¹⁾ Unit ¹⁾	Grunt zwałowiskowy „Barbara” ²⁾ Strip mine spill „Barbara” ²⁾	Szkółki Kórnickie ²⁾ Kórnik nurseries ²⁾	% „Barbara” ³⁾ Kórnik
N _{org}	%	0,032	0,05	64**
P	%/mg P ₂ O ₅ /100 g	0,122/20,1 (I)	0,06/12,3 (I)	203**/163**
K	%/mg K ₂ O/100 g	0,43/8,7 (III)	0,05/9,5 (II)	860**/92
Ca	%/me Ca/100 g	0,41/0,20	0,23	178
Mg	%	0,61/0,022 (I)	0,20/0,01 (I)	305**/220*
S	%	0,400	—	—
Fe	ppm	69336,0	4933,0	1406**
Mn	ppm	502,4/44,2 (III)	117,0/13,0 (III)	429**/340
Cu	ppm	21,6/17,4 (I)	6,0/1,0 (III)	300**/1740**
Zn	ppm	331,2/57,0 (I)	25,0/15,0 (I)	1325**/380*
B	ppm	36,6/0,81 (I)	8,0/0,3 (II)	457**/279*
Mo	ppm	0,67/0,21 (I)	2,0	34**
Co	ppm	0,00	—	—
Ni	ppm	72,4	—	—
Pb	ppm	0,00	—	—
Al	%	2,13	0,54	394**
Na	%	0,48	—	—
Ba	%	0,00	—	—

1) Formy: ogólna/przyswajalna — Forms: total/available,

2) Klasy zasobności dla gleb: I, II, III — Soils richness class: I, II, III,

3) Różnica istotna na poziomie 0,01** i 0,05* — Significant difference at 0,01** and 0,05* level.

niania wyniku, że oprócz wartości stężeń azotu i molibdenu w formie ogólnej a potasu w formie przyswajalnej, wartości stężeń pozostałych pierwiastków w odpadach przewyższają kilka- do kilkunastokrotnie analogiczne wartości odnoszące się do gleby kórnickiej. Za wyjątkiem Ca, K₂O i Mn w formie przyswajalnej są to różnice wysoce istotne lub istotne (test *t* Studenta).

Z wynotowanych dla Częstochowy danych meteorologicznych za piętnastolecie 1964 - 1978 wynika, że średnia roczna temperatura powietrza (7,8°) jest zbliżona do najwyższych w kraju (S c h m u c k, 1959). Skrajna amplituda temperatur absolutnych należy do stosunkowo niewysokich (54,2°). W Częstochowie notuje się przeciętnie w ciągu roku 32 dni upalne, 38 dni mroźnych i 108 dni z przymrozkami. W stosunku do innych rejonów kraju (S c h m u c k, 1959) przedwiosnie trwa tu bardzo krótko, natomiast wiosna, lato i zima — długo. Na terenie dzielnicy częstochowsko-kieleckiej (L e n c e w i c z i K o n d r a c k i, 1964) okres wegetacyjny trwa 210 - 220 dni i w zestawieniu z danymi K o n d r a c k i e g o (1965) należy do najdłuższych w Polsce. Region posiada stosunkowo dużą liczbę dni pogodnych a małą — pochmurnych i z mgłą.

Według S c h m u c k a (1959) przeciętna liczba godzin usłonecznienia w Polsce wynosi nieco poniżej 6 godzin dziennie, a w procentach usłonecznienia możliwego — 40 do 50. Nie jest to zatem wartość wysoka. Interesujący nas obiekt wykazuje przeciętnie w ciągu roku 3,8, a w okresie wegetacyjnym (IV - IX) — 5,5 godzin dziennego usłonecznienia odnotowanego w Częstochowie.

Roczne opady są dość wysokie i w wymienionym piętnastoleciu wynosiły średnio 623,3 mm rocznie, z czego na okres wegetacyjny przypadało około 64% (401,0 mm). Taką wielkość i rozkład opadów można ogólnie uważać za korzystne dla wegetacji. Jednakże dla stromych i zlewnych hałd posypanych niekorzystne są deszcze ulewne, które w badanym rejonie są dość częste (od około 5% w skali roku do około 8% w okresie wegetacyjnym) i wykazują duże natężenie ($\geq 10,0$ mm dziennie).

Dość wysokim wartościami średniorocznej oraz w okresie wegetacyjnym wilgotności względnej powietrza (odpowiednio 80,9% i 76,5%) towarzyszy wysoka średnia wartość niedosytu wilgotności, tak w skali roku (3,1 mb) jak i okresu wegetacyjnego (4,9 mb).

Procentowo wyrażone częstotliwości występowania wiatrów w Częstochowie (na podstawie obserwacji z lat 1954 - 1965) mieszczą się w interwale 7 - 22% w skali roku (z wyłączeniem ciszy) i w kolejności malejącej można je uszeregować następująco: W (22%) — SW (20%) — NW (12%) — E i S (po 11%) — N (9%) — SE (8%) — NE (7%). Średnie wartości prędkości kierunkowej nie są zbyt zróżnicowane i wynoszą skrajnie: 2,7 m/s (SW) i 1,6 m/s (SE), zaś średnia w roku ogólna prę-

kość wiatru ma wartość 2,2 m/s. Cisza atmosferyczna jest tu zjawiskiem rzadkim (7⁰/o ogólnej liczby obserwacji). Wiatry silne i wysuszające (≥ 10 m/s i > 15 m/s) wieją średnio w ciągu 14 dni w roku.

METODYKA DOŚWIADCZENIA ORAZ OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH

Warunki oraz charakterystyczne cechy doświadczenia przedstawia tabela 4 i rycina 3, a systematyczny wykaz zastosowanych gatunków drzew i krzewów z uwzględnieniem wieku sadzonek — tabela 5.

W okresie pierwszego przedwiośnia wykonano krótkie przycięcie (przy powierzchni hałdy) wszystkich pędów u niektórych drzew i krzewów (12 gatunków), lub tylko pędów bocznych (u 6 gatunków) (tab. 5).

W ciągu 3 kolejnych lat (1974-1976) prowadzono systematyczne obserwacje roślin pod względem liczby ubytków (wypadów), ogólnej żywotności, powierzchni uszkodzeń liści i przyrostów wysokości (w cm). Ogólną żywotność roślin oraz powierzchnię uszkodzenia liści oceniano na przełomie sierpnia i września kolejnych lat obserwacji. Przed rozpoczęciem wegetacji mierzono wysokości roślin z dokładnością do 1 cm.

Ze względu na potrzebę zapobiegania erozji, wzmocnienia tempa procesów glebotwórczych, łagodzenia skutków suszy spowodowanej między

Tabela 4

Bliższa charakterystyka doświadczenia
Detailed data on the experiment

Czasokres zalegania odpadów przed założeniem doświadczenia	8 lat
Age of spill at the time of establishing experiment	8 year
Termin założenia doświadczenia	XI/1973
Date of experiment establishment	
Zastosowana metoda doświadczalna	bloki kompletnie zrandomizowane
Experimental method used	completely randomized blocks
Kształt doświadczenia	prostokątny
Shape of the experiment	rectangular
Położenie doświadczenia na zwałowisku	zbocze zewnętrzne
Location if the experiment on the spill	external slopes
Nachylenie zbocza	
Slope	50 - 60°
Wystawa zbocza	
Exposition of the slope	SW→S→E
Powierzchnia	
Area	4182 m ²
Więzba sadzenia	
Spacing of plants	1,0 m × 1,0 m
Liczba bloków	
No. of blocks	5
Liczba gatunków drzew i krzewów	
No. of tree and shrub species	27
Ogólna liczba roślin	
Total plant no.	4050
Liczba roślin jednego gatunku	
No. of plants in species	150
Liczba roślin jednego gatunku w bloku	
No. of plants in one block	30

Tabela 5
Systematyczny wykaz drzew i krzewów biorących udział w doświadczeniu
Systematic list of trees and shrubs used in the experiment

Lp. No.	Gatunek Species	Rodzina Family	Wiek zastosowanych sadzonek (lata) Initial plant age (years)
1.	<i>Larix decidua</i> Mill.	Pinaceae	2
2.	<i>Pinus contorta</i> Loud.	"	2
3.	<i>Pinus nigra</i> Arn.	"	2
4.	<i>Populus tremula</i> L.	Salicaceae	2*
5.	<i>P. x canescens</i> Sm.	"	2*
6.	<i>Salix purpurea</i> L.	"	1**
7.	<i>S. acutifolia</i> Willd.	"	2**
8.	<i>S. caprea</i> L.	"	2**
9.	<i>S. viminalis</i> L.	"	1**
10.	<i>Betula pendula</i> Roth.	Betulaceae	2
11.	<i>Alnus incana</i> Moench.	"	2
12.	<i>Quercus robur</i> L.	Fagaceae	2
13.	<i>Q. rubra</i> L.	"	3
14.	<i>Clematis vitalba</i> L.	Ranunculaceae	2**
15.	<i>Physocarpus intermedius</i> Schneid.	Rosaceae	2**
16.	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	"	3*
17.	<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	"	3**
18.	<i>Prunus spinosa</i> L.	"	3**
19.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Leguminosae	3**
20.	<i>Caragana arborescens</i> Lam.	"	2**
21.	<i>Rhus typhina</i> L.	Anacardiaceae	2*
22.	<i>Acer negundo</i> L.	Aceraceae	1*
23.	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Hippocastanaceae	5
24.	<i>Tilia cordata</i> Mill.	Tiliaceae	2*
25.	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Elaeagnaceae	2
26.	<i>Lycium halimifolium</i> Mill.	Solanaceae	2**
27.	<i>Lonicera tatarica</i> L.	Caprifoliaceae	2**

Drzewa i krzewy, którym obcięto wyłącznie pędy boczne (*) oraz wszystkie pędy (**) przed pierwszym okresem wegetacji w doświadczeniu

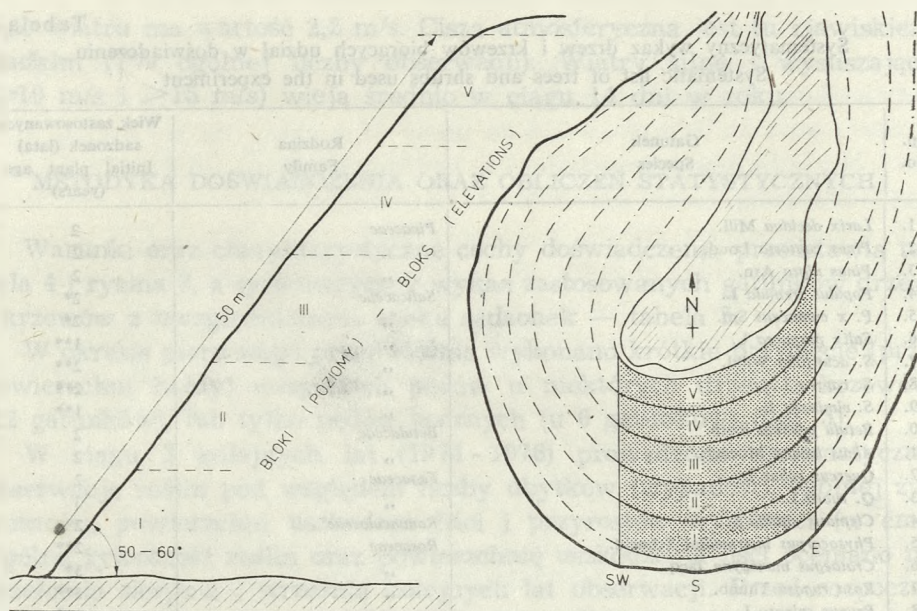
Trees and shrubs with only side shoots pruned (*) or with all shoots removed (**) before the first vegetative season in the experiment

innymi intensywnym nasłonecznieniem południowych zboczy itp. przy kwalifikacji drzew i krzewów do rekultywacji brano pod uwagę obfitość ich ugałęzienia, którą oceniono jednorazowo w 6 okresie wegetacji (1979 r.).

Do obliczenia procentu ubytków (wypadów) oraz przyrostów wysokości uwzględniono w badaniach wszystkie drzewa i krzewy poszczególnych gatunków w blokach. Z powodu dużej uciążliwości stosowania na stoku wzrokowej oceny do ustalenia stopnia żywotności roślin oraz powierzchni uszkodzeń ich liści (ocena dwustopniowa) obserwacje ograniczono do 10 egzemplarzy każdego gatunku w bloku (środkowy rząd roślin wysadzonych w 3 rzędach po 10 sztuk). Stopień obfitości ugałęzienia drzew i krzewów poszczególnych gatunków oceniono zbiorczo ze względu na dużą jednorodność badanego materiału pod tym względem.

Zastosowana skala żywotności drzew i krzewów ma trzy następujące stopnie:

3 = żywotność dobra: dynamiczny wzrost, roślina obficie ulistniona, liście jędrne;



Ryc. 3. Schematyczny pionowy i poziomy rzut powierzchni doświadczalnej (Kopalnia „Barbara”)

Fig. 3. A schematic vertical and horizontal projection of the experimental area

2 = żywotność średnia: wzrost mniej dynamiczny, ulistnienie niezbyt obfite, jędrność (turgor) liści słaba;

1 = żywotność nieodpowiednia: skarłały wzrost, skąpe i więdnące ulistnienie.

Do oceny stopnia obfitości ugałęzienia ułożono również 3-stopniową skalę:

3 = ugałęzienie obfite (gęste) możliwie na całej długości pędu (pędów) lub na znacznej ich części (krzewy). Gałęzie długie, umożliwiające wczesne uzyskanie zwarcia w zadrzewieniu, z dużą masą liściową;

2 = ugałęzienie mniej obfite (jako naturalna cecha morfologiczna roślin) lub też przerzedzone (w porównaniu z osiąganym w warunkach naturalnych) na skutek oddziaływania niekorzystnych czynników siedliskowych;

1 = ugałęzienie rzadkie, ażurowe, bez względu na przyczynę (cecha morfologiczna gatunku lub też wpływ siedliska), gałęzie zasadniczo krótkie z małą masą liściową.

Stopień uszkodzenia liści przez szkodliwe czynniki środowiska (susza, brak lub nadmiar określonych elementów pokarmowych, zanieczyszczenia powietrza itp.) określano za pomocą 5-stopniowej skali:

A = brak uszkodzeń na liściach;

B = wszystkie lub większość uszkodzonych liści można zaliczyć do klasy słabo uszkodzonych (uszkodzenie obejmuje do 10% powierzchni liścia);

C = wszystkie lub większość uszkodzonych liści można zaliczyć do klasy średnio uszkodzonych (uszkodzenie obejmuje 11 - 50% powierzchni liścia);

D = wszystkie lub większość uszkodzonych liści można zaliczyć do klasy silnie uszkodzonych (uszkodzenie obejmuje powyżej 50% powierzchni liścia);

E = wszystkie liście są porażone całkowicie (100% powierzchni uszkodzeń) lub opadły przedwcześnie z powodu toksycznych wpływów środowiska.

Oprócz klasy uszkodzeń ustalano szacunkowo procent liści uszkodzonych w sto-

sunku do ogólnej liczby liści na roślinie w chwili obserwacji. Zredukowana powierzchnia uszkodzeń liści w procentach wynika z iloczynu ustalonego procentu uszkodzonych na roślinie liści i powierzchni ich uszkodzeń zdeterminowanej klasą B, C lub D. Wyraża ją współczynnik będący średnią interwału powierzchni uszkodzeń w danej klasie (dla $B=0,05$, $C=0,3$, $D=0,75$).

W połowie września 1977 r. (4 okres wegetacji) pobrano do analiz chemicznych liście z drzew i krzewów trzech, różniących się wzrokowo pod względem wartości badanych cech, gatunków: *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* i *Acer negundo*. Liście pobrano w określonej dla każdego gatunku liczbie z 4 stron (N, E, S, W) środkowej części koron, mniej więcej w połowie długości pędów. Analiza dotyczyła następujących pierwiastków: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Ni, Al, Na.

Obliczeniom statystycznym poddano średnie wartości cech roślin w blokach doświadczalnych za kolejne lata obserwacji (oprócz stopnia obfitości ugałęzienia). Celem porównania gatunków zastosowano wielozmienną analizę wariancji powtarzanych pomiarów czyli „analizę profilową” (Świetlicka-Grała, 1972; Świetlicka-Grała i Grała, 1972).

Wyniki testu F Fishera (Oktała, 1966) wykazały wysoce istotne różnice pomiędzy zastosowanymi gatunkami roślin w odniesieniu do wartości badanych cech morfologicznych lub chemicznych (zawartości pierwiastków). Toteż dla szczegółowego ich porównania zastosowano, w zależności od potrzeb, test t Studenta lub test Tukeya z uwzględnieniem $NIR_{0,05}$ (Snedecor, 1956; Elandt, 1964; Oktała, 1966).

Przy porównywaniu procentu wypadków dla poszczególnych gatunków posłużono się testem U (Oktała, 1966). Statystyka U posiada w przybliżeniu rozkład normalny Gaussa, dlatego liczebności roślin nie mogą być zbyt małe (n_1 i $n_2 > 30$); warunek ten został w pracy spełniony. Wyniki testu U przedstawiono za pomocą symboli literowych — w ten sam sposób co wyniki testu Tukeya (wyłoniono grupy wewnątrznie jednorodne przy $\alpha=5\%$).

Wyliczono również współczynniki korelacji liniowej dla badanych cech biologicznych i chemicznych. Oceniono je za pomocą testu t Studenta (Oktała, 1966). Przyjęto dwa poziomy istotności: $\sigma=0,01$ i $0,05$. Poszczególne gatunki traktowano jako replikacje (powtórzenia).

Obliczenia do niniejszej pracy wykonano w Ośrodku Obliczeniowym Politechniki Poznańskiej na komputerze ODRA 1204 przy zastosowaniu odpowiednich programów.

WYNIKI

Test F Fishera wykazał znamienne braki istotnych różnic pomiędzy blokami doświadczalnymi pod względem badanych cech biologicznych roślin, tak w kolejnych latach obserwacji jak i sumarycznie (1974 - 1976).

Natomiast we wszystkich przypadkach lat i cech roślin stwierdzono wysoce istotne (0,01**) zróżnicowanie zastosowanych gatunków.

Analiza wyników testu F, U oraz Tukeya za pierwszy rok obserwacji wykazała największe zróżnicowanie drzew i krzewów zastosowanych gatunków pod względem przyrostu wysokości, mniejsze (i na zbliżonym poziomie) dla pozostałych 3 cech. Inaczej w drugim i w trzecim roku; w tym przypadku wartość najwyższego zróżnicowania dotyczyła procentu powierzchni uszkodzeń liści. Sumarycznie za okres 3 lat można również mówić o największym zróżnicowaniu gatunków pod względem procentu powierzchni uszkodzeń liści (29,9**), następnie procentu wypadów (12,2**) oraz na wyrównanym poziomie — przyrostów wysokości (8,5**) i stopnia żywotności (7,8**). W kolejnych latach obserwacji malało generalnie zróżnicowanie gatunków pod względem procentu wypadów, stopnia żywotności i przyrostów wysokości, a wzrastało (szczególnie w II roku) — pod względem procentu powierzchni uszkodzeń liści.

Za pomocą testu U utworzono grupy jednorodne gatunków pod względem procentu wypadów, a za pomocą testu Tukeya — pod względem stopnia żywotności, procentu powierzchni uszkodzeń liści i przyrostów wysokości. W odniesieniu do procentu wypadów w kolejnych 3 latach obserwacji oraz sumarycznie uzyskano zbliżony podział gatunków na grupy jednorodne. Do najlepszych pod tym względem (ogółem do 5% ubytków) zaliczyć można (tab. 6): *Salix purpurea*, *Rhus typhina*, *Aesculus hippocastanum*, *Salix viminalis*, *S. caprea*, *Crataegus monogyna*, *Tilia cordata* i *Lonicera tatarica* (oprócz II roku), *Elaeagnus angustifolia*, *Populus × canescens* i *Salix acutifolia*. Dobrą przeżywalnością (5–10% ubytków) odznaczyły się również: *Physocarpus intermedius*, *Larix decidua*, *Prunus spinosa*, *Populus tremula*, *Caragana arborescens*. Do gatunków z największą liczbą wypadów należą 3 gatunki różniące się pod tym względem istotnie między sobą: *Pinus contorta* (80% wypadów), *Clematis vitalba* (59%) i *Pinus nigra* (41%). Sosna czarna zaczęła wymierać dopiero w II i III roku życia na zwałowisku.

Pod względem stopnia żywotności roślinami najbardziej przydatnymi, tak w skali każdego z lat obserwacji 1974, 1975 i 1976 jak i sumarycznie, okazały się (tab. 6): *Crataegus monogyna*, *Rhus typhina*, *Alnus incana* (oprócz I roku), *Robinia pseudoacacia* i *Elaeagnus angustifolia*. Do grupy roślin o wartościach średnich należą: *Physocarpus intermedius*, *Salix cinerea* (oprócz I roku), *Rosa rugosa*, *Quercus rubra*, *Salix purpurea*, *Prunus spinosa*, *Populus × canescens* (o złej żywotności w II roku), *Aesculus hippocastanum*, *Pinus nigra* (ze złą żywotnością w I roku). Pozostałe gatunki roślin (*Lycium halimifolium*, *Clematis vitalba*, *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Salix viminalis*, *Pinus contorta*, *Lonicera tatarica*, *Acer negundo*, *Populus tremula*, *Tilia cordata*, *Larix decidua*, *Caragana arborescens*) należą do najmniej żywotnych.

Do dużej grupy roślin z najmniejszym porażeniem liści w I, II i III ro-

Tabela 6

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)	Sumaryczne wartości cech za lata 1974 - 1976 z podaniem grup jednorodnych według testu U (% wypadów) i Tukeya Summary values of characters for the years 1974 - 1976 indicating undifferentiated groups according to the U-test (for % mortality) and Tukey's test				
	Procent wypadów % mortality	Stopień żywności (skala 3 - 1) Viability (scale 3 - 1)	Stopień obfitości ugałęzienia (skala 3 - 1) Degree of branching (scale 3 - 1)	Przyrost wysokości (cm) Height increment (cm)	Procent powierzchni uszkodzeń liści % leaf area injured
I. Przydatne - Useful					
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	4,00 abcd	6,02 abc	3,0	126,0 abcd	16,6 a
<i>Robinia pseudoacacia</i>	18,00 gh	6,04 abc	3,0	157,6 a	6,4 a
<i>Alnus incana</i>	18,66 gh	6,22 ab	3,0	127,6 abcd	6,2 a
<i>Salix purpurea</i>	1,33 a	4,92 abcdefg	2,0	149,8 ab	6,6 a
<i>S. acutifolia</i>	5,33 abcde	4,16 bcdefg	2,0	151,2 ab	23,2 abc
<i>Physocarpus intermedius</i>	6,66 bcde	5,72 abcd	2,0	96,4 abcdefg	26,8 abcde
<i>Crataegus monogyna</i>	2,66 ab	7,10 a	2,0	54,6 efgh	17,8 a
<i>Salix caprea</i>	2,66 ab	5,70 abcde	2,0	102,4 abcdef	54,8 bcdefg
<i>S. viminalis</i>	2,00 a	3,42 efg	3,0	98,8 abcdef	89,4 g
<i>Rhus typhina</i>	1,33 a	6,26 ab	1,5	53,0 efgh	14,4 a
<i>Populus × canescens</i>	4,00 abcd	4,44 bcdefg	1,5	106,0 abcde	8,8 a
<i>Larix decidua</i>	8,66 cde	3,88 cdefg	3,0	53,4 efgh	10,8 a
<i>Caragana arborescens</i>	10,66 efg	3,92 cdefg	2,0	89,0 abcdefgh	33,8 abcde
<i>Lonicera tatarica</i>	3,33 abc	3,54 defg	2,5	60,2 cdefgh	81,8 g
<i>Quercus rubra</i>	11,33 efg	5,52 abcdef	2,0	69,8 cdefgh	62,2 efg
II. Mało przydatne - Limited utility					
<i>Prunus spinosa</i>	9,33 def	4,46 bcdefg	1,0	82,2 bcdefgh	7,2 a
<i>Populus tremula</i>	9,33 def	3,70 defg	2,0	80,2 cdefgh	26,0 abcde
<i>Rosa rugosa</i>	16,66 fgh	5,58 abcdef	2,0	71,2 cdefgh	41,4 abcdef
<i>Aesculus hippocastanum</i>	1,33 a	4,26 bcdefg	1,0	40,6 efgh	126,4 h
<i>Acer negundo</i>	11,33 efg	3,68 defg	1,0	57,4 defgh	60,8 defg
<i>Tilia cordata</i>	3,33 abc	3,86 cdefg	1,0	69,6 cdefgh	140,8 h
<i>Pinus nigra</i>	40,66 i	4,24 bcdefg	2,0	36,4 fgh	25,8 abcd
<i>Betula pendula</i>	25,33 h	3,34 fg	1,5	73,6 cdefgh	10,6 a
III. Nieprzydatne - Useless					
<i>Lycium halimifolium</i>	18,00 gh	3,02 g	1,0	63,2 cdefgh	55,2 cdefg
<i>Pinus contorta</i>	80,00 k	3,50 defg	2,5	23,7 h	30,5 abcde
<i>Quercus robur</i>	23,33 h	3,16 g	1,0	28,4 gh	77,4 fg
<i>Clematis vitalba</i>	59,33 j	3,02 g	1,0	48,2 efgh	18,6 ab

ku obserwacji (maksymalnie do 20% powierzchni liści) oraz sumarycznie za ten okres zaliczają się (tab. 6): *Alnus incana*, *Robinia pseudoacacia*, *Salix purpurea*, *Prunus spinosa*, *P. × canescens*, *Betula pendula*, *Larix decidua*, *Rhus typhina*, *Elaeagnus angustifolia*, *Crataegus monogyna*, *Clematis vitalba*, *Salix acutifolia*, *Pinus nigra*, *Populus tremula*, *Physocarpus intermedius*, *Pinus contorta*, *Caragana arborescens* i *Rosa rugosa*. Bardzo wysokim procentem powierzchni uszkodzeń liści w skali całego

okresu obserwacji, a także w II i III roku (około 50% powierzchni uszkodzeń), odznaczały się 2 gatunki — *Tilia cordata* i *Aesculus hippocastanum*. Nie wymienione gatunki roślin miały 20 do 35-procentową powierzchnię uszkodzeń liści w ciągu roku.

Pod względem przyrostów wysokości roślin zastosowane gatunki łączą się zasadniczo w wiele grup jednorodnych o niezbyt wyraźnym zróżnicowaniu. Największe zróżnicowanie wystąpiło w I roku (1974). W skali kolejnych lat oraz łącznie największy przyrost (około 80 do 160 cm) cechował następujące drzewa i krzewy (tab. 6): *Robinia pseudoacacia*, *Salix acutifolia*, *S. purpurea*, za wyjątkiem I roku 4 gatunki — *Alnus incana*, *Elaeagnus angustifolia*, *Populus* × *canescens* i *Caragana arborescens*, następnie *Salix caprea*, *Salix viminalis* (oprócz II i III roku), *Physocarpus intermedius* (oprócz I i III roku). Bardzo mały przyrost (średnio poniżej 10 cm w roku) cechował jedynie sosnę wydumową (*Pinus contorta*) oraz dąb szypułkowy (*Quercus robur*). Przyrost wysokości 12 pozostałych gatunków drzew i krzewów za okres 3 lat kształtował się w granicach 36,4 - 82,2 cm.

Tabela 6 przedstawia także wartości stopnia obfitości ugałęzienia drzew i krzewów.

Z dokonanego przeglądu wynika (tab. 6), że w grupie roślin o najkorzystniejszych wartościach cech znajdują się przede wszystkim: *Elaeagnus angustifolia*, *Robinia pseudoacacia* i *Alnus incana*, a w grupie najgorszych — *Quercus robur* (oprócz procentu wypadów i procentu powierzchni uszkodzeń liści), *Clematis vitalba* (za wyjątkiem porażenia liści i przyrostów wysokości), *Pinus contorta* (za wyjątkiem stopnia obfitości ugałęzienia i procentu powierzchni uszkodzeń igieł).

W odniesieniu do liści *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* i *Aceł negundo*, do których ograniczono badanie składu chemicznego roślin, test *F* Fishera wykazał istotne (0,05*) lub wysoce istotne (0,01**) różnice stężeń 5 następujących pierwiastków (spośród 15 badanych): N**, K**, Fe**, B**, Al*. Nie stwierdzono istotnych różnic między blokami doświadczalnymi.

Stężenia poszczególnych pierwiastków w liściach roślin z doświadczenia i ze Szkółek Kórnickich (warunki zbliżone do naturalnych) porównywano za pomocą testu *t* Studenta ($NIR_{0,05}$) a wyniki przedstawiono w tabeli 7. W badanych roślinach stwierdzono wysokie (i w stosunku do roślin rosnących w Szkółkach Kórnickich — nadmierne) stężenie potasu, wapnia, żelaza, cynku oraz magnezu (za wyjątkiem *Acer negundo*). Na podstawie wysokiej zawartości boru i glinu w liściach *Physocarpus intermedius* i w podłożu zwałowiska (tab. 3 i 7) można przypuszczać, że (podobnie jak w odniesieniu do K, Ca, Fe, Zn, Mg) wysokie będzie pobieranie tych pierwiastków przez różne inne rośliny, przede wszystkim z grupy tolerancyjnych. Liście z roślin doświadczalnych wykazały podobne do wzorcowego (0) stężenie manganu (jedynie w liściach *Physocarpus inter-*

Tabela 7

Stężenia badanych pierwiastków w liściach 3 gatunków roślin rosnących w doświadczeniu (zwałowisko „Barbara”) na tle stężeń „wzorcowych” (Szkółki Kórnickie)

Concentrations of studied elements in leaves of 3 species of plants growing in an experiment on the „Barbara” spill relative to concentrations in the standard plants grown in Kórnik nurseries

Gatunek Species	Pochodzenie próbki liści Origin of leaf sample	N _{og} N Total (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Mo (ppm)	Na (%)	Al (ppm)	Ni (ppm)
<i>Physocarpus</i>	„Barbara”	1,09	0,15	1,44	3,18	0,64	0,069	461,0	74,4	4,2	52,2	32,6	0,92	0,006	534,0	8,8
<i>intermedius</i>	Kórnik	1,79	0,40	0,76	0,75	0,15		120,0	200,0	3,6	23,0	9,2	1,35		125,0	
<i>Robinia</i>	„Barbara”	2,57	0,16	0,79	3,56	0,95	0,019	300,0	100,0	4,0	59,0	36,8	0,79	0,003	348,0	9,4
<i>pseudoacacia</i>	Kórnik		0,24	0,25	1,13	0,30		120,0	40,5	3,6	15,0					
<i>Acer negundo</i>	„Barbara”	1,04	0,15	2,05	3,00	0,62	0,098	463,0	115,6	4,1	67,2	68,8	0,64	0,004	576,0	8,4
	Kórnik	2,70	0,44	1,20	0,73	0,22		229,0	90,0	3,0	22,5					
<i>Physocarpus</i>																
<i>intermedius</i>		-	-	+	+	+		+	-	0	+	+	-		+	
<i>Robinia</i>	„Barbara”*															
<i>pseudoacacia</i>	Kórnik		-	+	+	+		+	0	0	+					
<i>Acer negundo</i>		-	-	+	+	0		+	0		+					

* Istotna różnica ($NIR_{0,05}$) dodatnia (+), ujemna (-) lub jej brak (0)

* Significant differences ($LSD_{0,05}$), positive (+), negative (-), absent (0)

medius było ono istotnie niższe) oraz miedzi (istotnie wyższe w liściach *Acer negundo*). Stosunkowo niska koncentracja azotu i molibdenu w podłożu hałdy (tab. 3) znalazła potwierdzenie w istotnie niższym stężeniu tych pierwiastków w liściach z „Barbary” aniżeli w liściach pobranych ze Szkótek. Istotnie niższego stężenia fosforu w liściach roślin doświadczalnych w porównaniu z liśćmi ze Szkótek nie można wiązać z zasobnością podłoża ponieważ stwierdzono w nim wysoką zawartość tego pierwiastka, tak w formie ogólnej jak i przyswajalnej (tab. 3).

Odnotowanie wartości stężeń pierwiastków (tab. 7) i stwierdzone różnice międzygatunkowe pod tym względem nie dają podstaw do określenia stopnia zaopatrzenia roślin. Dają one jedynie pojęcie o wielkości pobierania i rozmieszczenia elementów pokarmowych w organach roślin w określonych warunkach. Dopiero skorelowanie rozmiaru pobierania (wyrażone między innymi wartością stężenia pierwiastka) z wartościami interesujących nas cech biologicznych może świadczyć o stopniu wybiórczości i dostosowania rośliny do istniejących warunków siedliskowych. W tym celu ustalono współzależności pomiędzy wszystkimi cechami biologicznymi i chemicznymi roślin 3 badanych pod tym względem gatunków oraz fizycznymi i chemicznymi cechami gleby. Uwzględniono dwa poziomy istotności (0,05* i 0,01**).

W liściach *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* i *Acer negundo* dodatkowo skorelowane było stężenie potasu ze stężeniem boru (66,1**), magnezu z wapniem (69,2**), siarki z żelazem (63,8**) i sodem (62,1*) a stężenie glinu — z potasem (64,2**), siarką (66,2**), żelazem (87,7**) i sodem (60,7*). Ujemne korelacje dotyczyły następujących par pierwiastków: azot i potas (−76,4**), azot — żelazo (−71,8**), azot — glin (−72,4**) oraz potas — wapń (−68,0**) i potas — magnez (−63,8*).

W odniesieniu do cech biologicznych *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* i *Acer negundo* za 3-letni (1974 - 1976) okres obserwacji oraz stężeń badanych pierwiastków w liściach tych roślin wystąpiły istotne dodatnie korelacje pomiędzy: 1) procentem powierzchni uszkodzeń liści a stężeniem w nich potasu (81,5**), boru (69,3**) i glinu (58,3*) oraz 2) przyrostem wysokości roślin a stężeniem azotu (73,5**). Ujemne korelacje dotyczą: 1) procentu wypadów i stężenia miedzi (−57,6*), 2) stopnia żywotności i stężenia potasu (−56,4*), cynku (−61,6*) i boru (−60,3*), 3) przyrostu wysokości i stężenia potasu (−65,6**), żelaza (−54,8*) i glinu (−58,3*). Zwraca uwagę ujemny wpływ zwyżkującej zawartości potasu na badane cechy biologiczne.

Badanie wzajemnego współdziaływania cech biologicznych wymienionych wyżej roślin wykazało, że 1) im większy procent powierzchni uszkodzeń liści tym gorszy stopień żywotności (−77,6**), 2) im lepsza żywotność roślin tym większy przyrost wysokości (84,4**), oraz 3) ze wzrostem porażenia liści malał przyrost wysokości (−73,0**). Jak widać, są to prawidłowości ogólniejszej natury.

Przeanalizowano również wyniki korelacji pomiędzy poszczególnymi cechami fizycznymi i chemicznymi hałdy „Barbara” a składem chemicznym liści badanych gatunków roślin oddzielnie. Otrzymano wiele korelacji istotnych, szczególnie przy pięciu procentowym poziomie ufności. Jednakże brakuje prawidłowości w otrzymanych wynikach; w odniesieniu do poszczególnych gatunków korelacje te są różne i dotyczą innych cech. Na uwagę zasługują jednak związki między cechami gleby a cechami biologicznymi roślin, których stopień przystosowania (przydatności) do badanych warunków jest zróżnicowany (tab. 6). Stwierdzono dodatni związek między sumą zasad w podłożu a procentem wypadów *Physocarpus intermedius* (88,0**) oraz między przyrostem wysokości tych krzewów a stężeniem manganu (94,8*) i glinu (90,0*). Procent wypadów był ujemnie skorelowany ze stężeniem manganu (−88,8*). W odniesieniu do robinii akacjowej stwierdzono dodatnie korelacje pomiędzy: stopniem żywotności a stężeniem azotu (89,3*) oraz cynku w formie ogólnej (93,7*) i przyswajalnej (89,8*), przyrostem wysokości a stężeniem potasu (90,7*), P₂O₅ (98,0**), magnezu (97,6**) i wielkością strat na żarzeniu (92,7*). Na zawartość wapnia w podłożu reagował wyraźnie poziomem swej żywotności (90,0*) klon jesionolistny (*Acer negundo*).

PODSUMOWANIE WYNIKÓW I Dyskusja

Wyniki testu *F* Fishera wykazały, że z upływem czasu malały najczęściej różnice między gatunkami pod względem procentu wypadów, stopnia żywotności i przyrostów wysokości, a wzrastały pod względem powierzchni uszkodzeń liści. Tym samym wzrastało znaczenie ostatniej cechy jako czynnika różnicującego występujące w doświadczeniu gatunki roślin. Również po upływie 1 do 2 lat uległ złagodzeniu proces dynamicznej selekcji roślin.

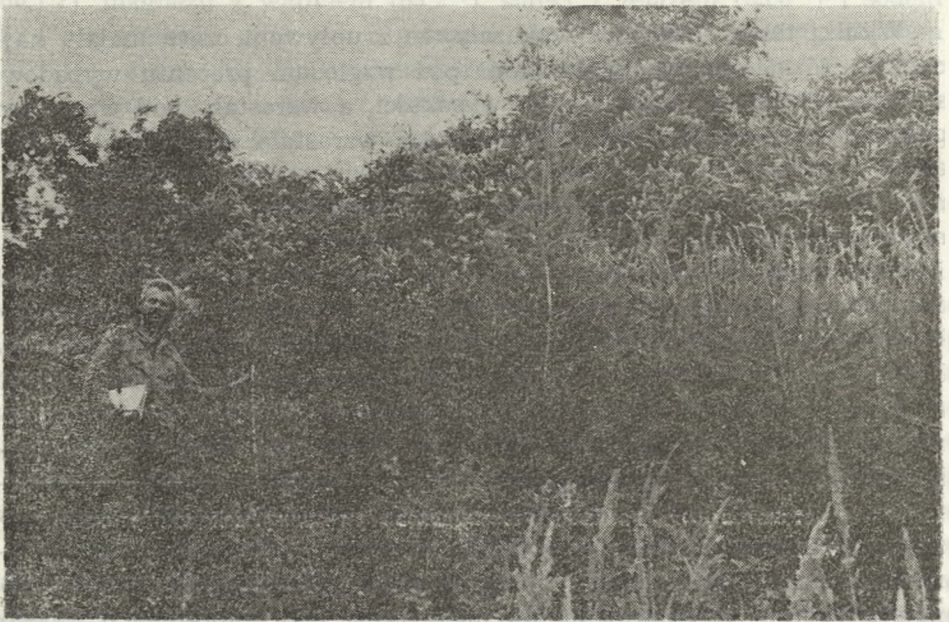
Zaskakującym wynikiem testu *F* jest brak różnic pomiędzy blokami doświadczalnymi pod względem badanych cech roślin. W niniejszym doświadczeniu bloki reprezentują poziomy wysokości na zboczu (ryc. 3). Oczekiwano, że na różnych wysokościach zbocza wystąpią takie różnice w uwilgotnieniu (nasiąkliwość, przepuszczalność, spływ), w fizykochemicznym składzie odpadów (składowanie sukcesywnie wydobywanej skały płonej z coraz większych głębokości) czy wreszcie w stopniu zaawansowania procesów glebotwórczych (czasokres zalegania zwałowanego materiału i kierunek przebiegu naturalnej sukcesji), które będą miały istotny wpływ na drzewa i krzewy. Tego rodzaju współzależność stwierdzono niejednokrotnie w odniesieniu do nieużytków przemysłowych innego typu (Furdyna i Mac, 1966; Nowak, 1973; Bugała i Kluczyński, 1975; Kluczyński, 1977) — najczęściej niższych i nie tak stromych.

Tabele 6 sporządzono na podstawie wyników testu Tukeya lub U dla 4 cech roślin obserwowanych w latach 1974 - 1976 oraz dla określonego w 1979 r. stopnia obfitości ugałęzienia. W tym celu w odniesieniu do każdego gatunku określono „jakość” każdej z obserwowanych cech według 3-stopniowej skali, a następnie wielkość „wagi” dla każdej z nich. Utworzono 3 grupy roślin pod względem stopnia przydatności do rekultywacji: przydatne, mało przydatne i nieprzydatne.

Z 14 rodzin, do których należą zastosowane w doświadczeniu drzewa i krzewy (tab. 5), najbardziej przydatne do rekultywacji (tab. 6) pochodzą z rodziny *Salicaceae* (*Populus* \times *canescens*, *Salix purpurea*, *S. acutifolia*, *S. caprea*, *S. viminalis*), *Leguminosae* (*Robinia pseudoacacia*, *Caragana arborescens*), *Rosaceae* (*Physocarpus intermedius*, *Crataegus monogyna*). Do grupy tej należą ponadto przedstawiciele 6 innych rodzin (ryc. 4 i 5).

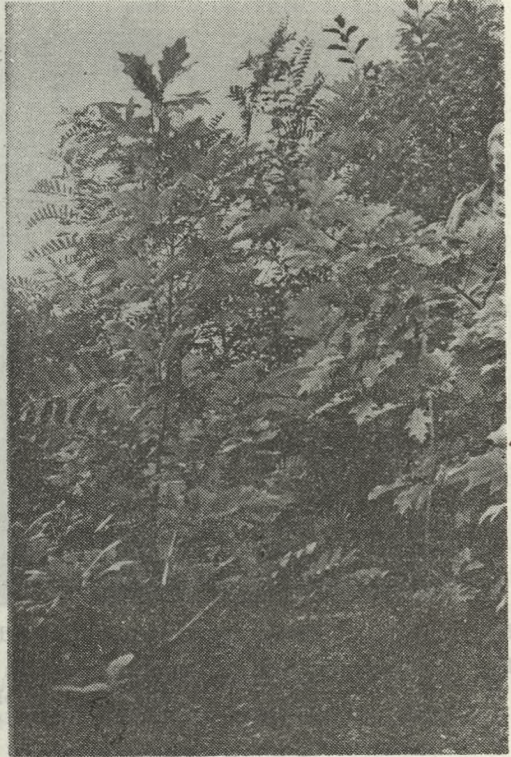
Grupy drzew i krzewów mało przydatnych i nieprzydatnych składają się, za wyjątkiem dwóch gatunków z *Rosaceae* (*Prunus spinosa* i *Rosa rugosa*), wyłącznie z przedstawicieli innych rodzin (tab. 6).

Według wymagań siedliskowych (Bugala, 1979) drzewa i krzewy z grupy przydatnych (tab. 6) cechuje ogólnie zdolność głębokiego korzenienia się, odporność na suszę (oprócz *Salix purpurea*) i ubogą, lecz zasobną w wapń glebę (*Larix decidua*, *Salix caprea*, *Caragana arborescens*, *Crataegus monogyna*, *Betula pendula*). Są to jednocześnie, jak się oka-



Ryc. 4. *Larix decidua* na powierzchni doświadczalnej w czwartym okresie wegetacyjnym

Fig. 4. *Larix decidua* in the fourth vegetative season on the experimental area

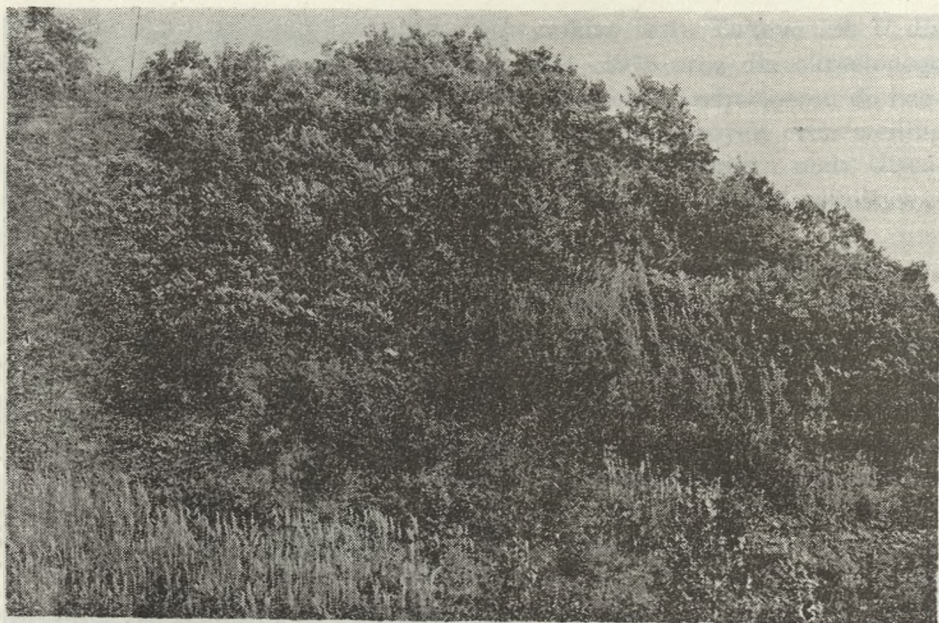


Ryc. 5. *Quercus rubra* na powierzchni doświadczalnej w czwartym okresie wegetacyjnym.

Fig. 5. *Quercus rubra* in the fourth vegetative season on the experimental area

zuje, rośliny ogromnie „plastyczne” względem siedliska, bowiem w doświadczeniu rosły na glinie lekkiej (tab. 1) o stosunkowo niewysokiej zawartości wapnia (tab. 3). To samo odnosi się do gatunków mało przydatnych (oprócz bardziej wymagającego kasztanowca). Większość gatunków przydatnych, zwłaszcza krzewiaste, winny być stosowane przede wszystkim we wczesnym okresie rekultywacji w celach fitomelioracyjnych. W późniejszym okresie należy je stosować w zmieszaniu z gatunkami docelowymi jako cenną domieszkę biocenotyczną. Do gatunków docelowych kwalifikują się przede wszystkim drzewa, w tym *Larix decidua*, *Populus × canescens*, *Quercus rubra* i *Robinia pseudoacacia*.

Celowość używania niektórych z badanych drzew i krzewów (tab. 19) do przedplonowego (*Elaeagnus angustifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Alnus incana*, *Salix purpurea*, *S. caprea*), a kilku innych (*Larix decidua*, *Tilia cordata*) do docelowego zagospodarowania zwałowisk posyderytowych podkreślali Greszta i Morawski (1972). Budzi jednak wątpliwości dokonany przez wymienionych autorów dobór lipy drobnolistnej (*Tilia cordata*) do docelowego zagospodarowania, tak ze względu na wyniki doświadczenia (tab. 6) jak i na małe zdolności adaptacyjne w warunkach stromych hałd (silna erozja obnażająca korzenie i narażająca drzewa na wykroty itp.). Natomiast z powodu doniosłego znaczenia fitomelioracyj-



Ryc. 6. Ogólny widok zadrzewienia doświadczalnego w czwartym roku istnienia
Fig. 6. A general view of the plantations in the experimental area in the fourth year from establishment

nego (głównie zdolność wiązania azotu z powietrza, głębokie korzenie się) w docelowym zagospodarowaniu należałoby uwzględnić bardzo dobrze rosnącą w tych warunkach robinie akacjową (tab. 6).

Oprócz rozbudowanego systemu korzeniowego utrzymującego osuwające się podłoże pożądaną cechą drzew i krzewów jest też obfite ugałęzienie. Przynosi to korzyści w postaci obfitego opadu liści, wczesnego uzyskiwania zwarcia, mechanicznego zabezpieczenia przed osuwającym się podłożem itp. Zwrócenie uwagi na powyższe cechy jest szczególnie potrzebne w początkowym okresie istnienia zwałowiska. Z upływem czasu ważną rolę glebochronną i glebotwórczą może spełnić roślinność pionierska.

Niskie stężenie azotu w podłożu (tab. 3) i w roślinach (tab. 7) wskazywałoby na potrzebę nawożenia tym pierwiastkiem, najlepiej w formie łączonej (organicznej i mineralnej).

Obniżona zawartość fosforu w liściach (tab. 7) może być w tym przypadku wynikiem nieodpowiedniej formy jego występowania w podłożu albo „zablokowania” (Fiala i inni, 1965) z powodu wysokiej koncentracji glinu (tab. 3). Odpowiednia forma i koncentracja fosforu przyspiesza procesy glebotwórcze (rozwój mikroorganizmów glebowych).

W zwałowisku stwierdzono (tab. 3) stosunkowo niską zawartość potasu (III klasa zasobności) a w liściach — wysoką (tab. 18). Świadczy to o

skutecznym pobieraniu tego pierwiastka. Jak wykazały współczynniki korelacji zwyżka zawartości miała ujemny wpływ na badane rośliny.

W warunkach naturalnych (Baule i Fricker, 1973) zachodzą często w roślinach pozytywne korelacje między N i K oraz N i P; badane w doświadczeniu rośliny takich związków nie wykazały.

Wysokie koncentracje siarki i sodu w podłożu (tab. 3) nie miały istotnego wpływu na pobieranie. W liściach *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* i *Acer negundo* stężenie siarki wynosiło maksymalnie około 0,10% a sodu 0,06% (tab. 7), podczas gdy w dużej liczbie roślin Thompson i Troeh (1978) stwierdzili przeciętnie 0,26% S i 0,37% Na.

W substracie hałdy stwierdzono (tab. 3) stosunkowo niskie koncentracje manganu, natomiast wapnia, miedzi i molibdenu — w granicach spotykanych w glebach naturalnych (Buckman i Brady, 1971; Thomson i Troeh, 1978). Stężenie wszystkich tych pierwiastków w liściach było dostateczne (tab. 7).

Wysokie pobieranie magnezu, żelaza, cynku, boru i glinu (tab. 7) było zapewne spowodowane wysokim stężeniem tych pierwiastków w podłożu (tab. 3).

Malejący stopień przydatności *Robinia pseudoacacia*, *Physocarpus intermedius* (przydatne) i *Acer negundo* (mało przydatne) do rekultywacji nie wykazał jednoznacznego powiązania ze składem chemicznym tych roślin (tab. 7).

Z istotnych korelacji uwagę zwracają związki pomiędzy stężeniem pierwiastków a wartościami cech biologicznych *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* i *Acer negundo*. W korelacjach istotnych biorą udział głównie pierwiastki występujące w roślinach w nadmiarze (K, Fe, Zn, B, Al i częściowo Cu). Są to zależności typu: wzrost zawartości pierwiastka — pogorszenie się wartości cechy. Wzrost stężenia azotu miał pozytywny wpływ na przyrost wysokości. Wyniki te potwierdzają, wynikającą z badań składu chemicznego podłoża i roślin, potrzebę uzupełniającego nawożenia azotem i fosforem oraz neutralizacji pierwiastków występujących w nadmiernym stężeniu. Według Boratyńskiego i innych (1971 i 1972) oraz Wardy (1974) zneutralizowanie wysokiej zawartości Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mo, B, Al i innych pierwiastków można osiągnąć przez odpowiednie zaopatrywanie w fosfor i inne aniony oraz w substancję organiczną. Występujące w podłożu zwałowiska wysokie zasolenie (tab. 2), które jest bardzo niebezpieczne dla roślin, można obniżyć przez (Buckman i Brady, 1971; Maciak i inni, 1974) dodawanie gipsu i substancji organicznej (torfu, zmielonego węgla brunatnego itp.), splukiwanie, zabiegi zmniejszające parowanie itp. Z powodu dużego nachylenia zwałowisk posyderytowych pozytywny efekt rekultywacji i zagospodarowania podnoszą zabiegi techniczne, szczególnie złagodzenie spadku i tarasowanie (Greszta i Morawski, 1972).

WNIOSKI

1) W procesie zagospodarowywania hałd posyderytowych w rejonie Częstochowy stwierdzono wysoką użyteczność kilkuletnich sadzonek drzew i krzewów. Celem umocnienia zbocza i hamowania erozji zwłaszcza na świeżych zwałowiskach należałoby sadzić stosowane drzewa i krzewy, jeśli pozwalają na to ich wymagania siedliskowe, możliwie gęsto.

2) Z przebadanych 27 gatunków drzew i krzewów do najbardziej przydatnych w rekultywacji należą: *Elaeagnus angustifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Alnus incana*, *Salix purpurea*, *S. acutifolia*, *Physocarpus intermedius*, *Crataegus monogyna*, *Salix caprea*, *S. viminalis*, *Rhus typhina*, *Populus × canescens*, *Larix decidua*, *Caragana arborescens*, *Lonicera tatarica*, *Quercus rubra*. Wymienione powyżej rośliny, zwłaszcza drzewiaste, należałoby stosować w zagospodarowaniu docelowym.

3) Do grupy gatunków przydatnych należą ogólnie drzewa i krzewy silnie korzeniące się i wytrzymałe na suszę, które dobrze rosną na glebach ubogich, piaszczystych a równocześnie zasobnych w wapń. Dobry wzrost tych roślin na zwałowisku posyderytowym „Barbara” w Dźbowie o odmiennych, pod pewnymi względami, właściwościach siedliskowych (głina, umiarkowana zasobność w wapń itp.) świadczy o dużej zdolności przystosowawczej zastosowanych roślin.

4) Ogólnie pobieranie makro- i mikroelementów wyrażone stężeniem N, Ca, Fe, Cu, Zn, B, Al, Mo w liściach *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* i *Acer negundo* było proporcjonalne do stężenia tych pierwiastków w podłożu hałdy. Takim zależnościom nie podlegały inne pierwiastki, jak P, K, S, Mg, Mn, Na.

5) Malejący stopień przydatności do rekultywacji *Robinia pseudoacacia*, *Physocarpus intermedius* i *Acer negundo* nie wykazał uchwytne go związku ze stężeniem podstawowych makro- i mikroelementów w liściach tych roślin.

6) Na podstawie znajomości składu chemicznego hałdy i roślin można polecać uzupełniające nawożenie azotem i fosforem (w formie organicznej i mineralnej) oraz neutralizowanie nadmiernego zasolenia i stężenia Fe, Zn, B, Al w podłożu, do czego prowadzi między innymi odpowiednie zapatrzenie w fosfor i inne aniony oraz w substancję organiczną (szlamy, komposty), splukiwanie, zmniejszenie parowania itp. Jak wskazują wyniki doświadczenia wymienione zabiegi nie są konieczne. Większe znaczenie mogłyby mieć zabiegi techniczne zmierzające do zahamowania erozji (złagodzenie spadku, tarasowanie, faszynowanie itp.).

LITERATURA

1. Baran S. — 1974. Akumulacja Pb, Zn, Cu, Mn, B i Sr w wybranych elementach środowiska przyrodniczego objętego oddziaływaniem hut cynku. Praca doktorska. Instyt. Glebozn. i Chemii Roln. AR, Lublin.
2. Baule H., Fricker C. — 1973. Nawożenie drzew leśnych. Wyd. II. PWRiL, Warszawa.
3. Boratyński K. i inni — 1971. Przegląd badań przeprowadzonych w Polsce nad mikroelementami. Część I. Bor, miedź i mangan. Roczn. Glebozn., XXII, 1: 205 - 264.
4. Boratyński K. i inni — 1972. Przegląd badań przeprowadzonych w Polsce nad mikroelementami. Część II. Cynk, molibden, kobalt, tytan, nikiel, chrom i inne pierwiastki. Roczn. Glebozn., XXIII, 1: 285 - 333.
5. Buckman H. C., Brady N. C. — 1971. Gleba i jej właściwości. PWRiL, Warszawa.
6. Bugała W. — 1979. Drzewa i krzewy. PWRiL, Warszawa.
7. Bugała W., Kluczyński B. — 1975. Badanie przydatności wybranych gatunków drzew i krzewów do rekultywacji skarp piaskowni w Szczakowej. Arb. Kórnickie, 20: 345 - 373.
8. Elardt R. — 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeńnictwa rolniczego. PWN, Warszawa.
9. Fiala V. i inni — 1965. Příspěvek ke studiu fyzikálně chemických vlastností a fysiologického působení elektrárenských popílků na rostliny. Rostlinná Výroba, 11 (XXXVIII), 10: 1071 - 1080.
10. Furdyna L., Mac J. — 1966. Przydatność grochodrzewu (*Robinia pseudoacacia* L.) do utrwalania skarp. Sylwan, CX, 9: 85 - 91.
11. Greszta J. — 1963. Charakterystyka gleboznawcza zwałów kopalnictwa rud żelaza oraz metody ich zagospodarowania. Ochrona Przyr., 29: 142 - 214.
12. Greszta J., Morawski S. — 1972. Rekultywacja nieużytków przemysłowych. PWRiL, Warszawa.
13. Kloke A. — 1979. Content of arsenic, cadmium, chromium, fluorine, lead, mercury, and nickel in plants grown on contaminated soil. Symposium on the Effects of Air-Borne on Vegetation. Warsaw, 20 - 24 August 1979. Ss. 14.
14. Kluczyński B. — 1977. Badania nad rozwojem i przydatnością do rekultywacji wybranych gatunków drzew i krzewów w warunkach określonych składowisk popiołów energetycznych. Część I i II. Praca doktorska. Instyt. Dendrologii PAN, Kórnik.
15. Kondracki J. — 1965. Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
16. Kostrowicki J. — 1957. Środowisko geograficzne Polski. PWN, Warszawa.
17. Kowalkowski A., Prusinkiewicz Z. — 1959. Gleby Arboretum Kórnickiego. Arbor. Kórnickie, 4: 233 - 276.
18. Lastowicz T. — 1979. Stan badań w zakresie utylizacji hałd posyderytowych rejonu Częstochowy (etap I). W (Piecuch T.): Badania nad możliwością i celowością utylizacji posyderytowych hałd rejonu Częstochowy. Politechn. Częstochowska, Instytut Inżyn. Łąd. (maszynopis).
19. Lenciewicz S., Kondracki J. — 1964. Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
20. Liwski S. (red.) — 1966. Metody oznaczania dostępnych mikroelementów w glebach (projekt). PTG, Komitet Chemii Gleb, Zespół Mikroelementów, Warszawa.

21. Maciąk F. i inni — 1974. Właściwości fizykochemiczne i biochemiczne utworów ze składowisk popiołu po węglu brunatnym i kamiennym. Roczn. Glebozn. XXV, 3: 191 - 205.
22. Nowak J. — 1973. Stabilizacja powierzchni osadników poflotacyjnych metodą zraszania i rekultywacji. Wiad. Gór., 12: 384 - 389.
23. Oktaba W. — 1966. Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa. PWN, Warszawa.
24. Reimann B. i inni — 1968. Szkodliwy wpływ niektórych form siarki na gleby terenów przyfabrycznych przy Poznańskich Zakładach Przemysłu Chemicznego w Poznaniu-Zegrzu. Roczn. Glebozn., XVIII, 2: 537 - 545.
25. Schmuck A. — 1959. Zarys klimatologii Polski. PWN, Warszawa.
26. Snedecor G. W. — 1956. Statistical methods. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
27. Świetlicka-Grala J. — 1972. Analiza profilowa. Mater. Kursu Szkolen. Pol. Tow. Biometrycz. i Wyd. Nauk Roln. i Leśn. PAN, z. 4, Warszawa.
28. Świetlicka-Grala J., Grala B. — 1972. Zastosowanie analizy profilowej w doświadczeniach rolniczych. Listy Biometryczne, 34 - 36: 31 - 40.
29. Thompson L. M., Troeh F. R. — 1978. Gleba i jej żyzność. PWRiL, Warszawa.
30. Tuchołka Z. (red.) — 1977. Materiały pomocnicze do ćwiczeń z chemii rolnej dla studentów Wydziału Rolniczego. Skrypty AR, Poznań.
31. Ugla H. — 1965. Gleboznawstwo leśne szczegółowe. PWRiL, Warszawa.
32. Warda Z. — 1974. Modelowe badania intensywności akumulacji metali ciężkich w glebie i w roślinach. Praca doktorska. Instytut. Glebozn. i Chemii Roln. AR, Lublin.

BOGDAN KLUCZYŃSKI

Studies on the utility of trees and shrubs for the recultivation and bringing into production of post-sideritic mine spills in the Częstochowa region

Summary

The basic aim of this investigation was to determine the degree of suitability of selected species of trees and shrubs for the recultivation and bringing into production of strongly eroding post-sideritic mine spills (after iron-ore mining) in the Częstochowa region (Fig. 1).

The top layer of the „Barbara” spill (located near the former Iron Ore Mine „Barbara” in Dźbów near Częstochowa) on which the experiment on trees and shrubs was located (Fig. 3) is a light clay (Table 1), having a pH close to neutral, a very high degree of salinity (Table 2), a generally low content of nitrogen and of available potassium and manganese but a very high concentration of sulphur, iron, aluminium and sodium and concentrations akin to those occurring in natural soils and not injurious to plants of calcium, magnesium, boron and molyb-

denum and only slightly above these natural concentrations of zinc and nickel. For practical purposes no concentration of cobalt, lead and barium was observed. The concentrations of available forms of the studied elements are, apart from potassium and manganese rather high and as regards P_2O_5 , Mg, Cu and Zn they even substantially surpass the top levels of fertility found in soils (Table 3).

In 1973 an experimental area was laid out on the southern slope of the spill „Barbara” having 8 years at the time (Table 4 and Fig. 3). Use was made of 27 species of trees and shrubs (Table 5). During 3 years observations were made on the survival, height increment, general viability and injuries to leaves of the trees and shrubs, and once an estimate was made of the branching intensity (Table 6) as well as an analysis of the basic elements in the substratum (Table 3) and in the leaves of *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* and *Acer negundo* (Table 7).

The studies performed permitted the drawing of the following general conclusions.

1. In the process of recultivating post-sideritic mine spills in the Częstochowa region a high degree of utility of several years old trees and shrubs was found. In order to fix the slopes and inhibit erosion, particularly on fresh spills, one would have to plant the proposed trees and shrubs as densely as possible depending on their site requirements.

2. Of the 27 species of trees and shrubs tested most useful for recultivation were: *Elaeagnus angustifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Alnus incana*, *Salix purpurea*, *S. acutifolia*, *Physocarpus intermedius*, *Crataegus monogyna*, *Salix caprea*, *S. viminalis*, *Rhus typhina*, *Populus X canescens*, *Larix decidua*, *Caragana arborescens*, *Lonicera tatarica* and *Quercus rubra*. The plants mentioned above, particularly the woody plants, should be considered as the final plant cover for the spills.

3. The group of species which can be considered as useful in these conditions are those which root well, are drought resistant, grow well on poor soils, sandy but at the same time rich in calcium. Good growth of these plants on the post-sideritic mine spill „Barbara” having modified site properties in various ways (clay, moderate richness in calcium etc.) indicates that these recommended plants have a high degree of adaptability.

4. In general the uptake of macro- and microelements measured as the concentration of N, Ca, Fe, Cu, Zn, B, Al, and Mo in the leaves of *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* and *Acer negundo* was proportional to the content of these elements in the substratum. For other elements such as P, K, S, Mg, Mn, and Na such relationships were not observed.

5. The plants analysed for mineral elements, *Robinia pseudoacacia*, *Physocarpus intermedius* and *Acer negundo* in decreasing order of utility for recultivation did not show any gradient in the concentrations of the basic macro- and microelements in the leaves.

6. Knowing the chemical composition of the substratum and of the plants growing on them it is possible to recommend supplementary fertilisation with nitrogen and phosphorus (in organic and mineral form) and a neutralisation of the excessive salinity and concentrations of Fe, Zn, B and Al, which can be achieved among other means by an appropriate supply of phosphorus and other anions, by supplying organic matter (sewage, composts), by washing, by reduction of evaporation etc. As the results of experiments show these treatments are not essential. More important would be technical treatments aimed at the halting of erosion (reduction of slope, terracing, lining with fascine etc.).

БОГДАН КЛЮЧИŃСКИ

Исследование пригодности деревьев и кустарников для рекультивации и хозяйственного усвоения сидеритовых отвалов в районе Ченстоховы

Резюме

Основной целью работы было определение степени пригодности избранных видов деревьев и кустарников для рекультивации и хозяйственного усвоения, подвергнутых сильной эрозии, сидеритовых отвалов (после горнорудных разработок) в районе Ченстоховы (рис. 1).

Верхний слой отвала обозначенного в сокращении „Барбара” (расположенного около бывшей Шахты Руды Железа „Барбара” в Дзьбове около Ченстоховы), на которой был заложен опыт с деревьями и кустарниками (рис. 3), можно причислить к легким глинам (таб. 1), его рН близок к нейтральному при очень высоком засолении (таб. 2), небольшое общее содержание азота и присваиваемых форм калия и марганца. Концентрации серы, железа, алюминия и натрия здесь очень большие, а кальций, магний, медь, бор и молибден встречаются в пределах концентрации безвредных для растений и обычных для почв естественного происхождения. Отмечено небольшое увеличение по сравнению с обычными почвами содержания цинка и никеля. Практически не обнаружено наличия кобальта, свинца и бария. Концентрации присваиваемых форм исследуемых элементов, кроме калия и марганца, значительные, а для P_2O_5 , Mg, Cu и Zn даже превышающие верхний предел содержания для почв (таб. 3).

В 1973 году была заложена опытная площадь на южном склоне отвала „Барбара”, который насчитывал в это время 8 лет (таб. 4 и рис. 3). В этом опыте представлено 27 видов деревьев и кустарников (таб. 5). В течение последующих трех лет определяли приживаемость, прирост по высоте, общую жизнеспособность и повреждения листьев деревьев и кустарников, была проведена разовая оценка обилия ветвления (таб. 6), а также было исследовано содержание основных элементов в грунте (таб. 3) и сухой массе листьев *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia* и *Acer negundo* (таб. 7).

Проведенные исследования дают основание для следующих общих выводов:

1. В процессе усвоения сидеритовых отвалов в районе Ченстоховы была отмечена значительная ценность саженцев деревьев и кустарников высаживаемых в возрасте нескольких лет. Для укрепления откосов и предупреждения эрозионных процессов, особенно на свежих отвалах, следует высаживать деревья и кустарники, если на это позволяют условия, по возможности густо.

2. Среди исследуемых 27 видов деревьев и кустарников к числу наиболее пригодных для рекультивации принадлежат: *Elaeagnus angustifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Alnus incana*, *Salix purpurea*, *S. acutifolia*, *Physocarpus intermedius*, *Crataegus monogyna*, *Salix caprea*, *S. viminalis*, *Rhus typhina*, *Populus × canescens*, *Larix decidua*, *Caragana arborescens*, *Lonicera tatarica*, *Quercus rubra*. Перечисленные растения, особенно древесные, следует применять для окончательного хозяйственного усвоения.

3. К группе пригодных для рекультивации видов принадлежат главным образом деревья и кустарники с хорошо развитой корневой системой, устойчивые к засухам и хорошо растущие на бедных песчаных почвах, богатых кальцием. Хороший рост этих растений на исследуемом типе отвалов, характеризующимся немного отличными условиями (суглинков, умеренное содержание кальция и др.) свидетельствует о больших приспособленческих свойствах примененных растений.

4. Общее поглощение макро- и микроэлементов, выраженное концентрацией N, Ca, F, Cu, Zn, B, Rl, Mo в листьях *Physocarpus intermedius*, *Robinia pseudoacacia*

и *Acer negundo* было пропорциональным к концентрации этих элементов в отвале. Такой зависимости не найдено для других элементов — P, K, S, Mg, Mn, Na.

5. У *Robinia pseudoacacia*, *Physocarpus intermedius* и *Acer negundo*, которые составлены выше в последовательности уменьшения их пригодности для рекультивации, не найдено связи между степенью пригодности и концентрацией основных макро- и микроэлементов в листьях этих растений.

6. На основании изучения химического состава отвала и растений можно рекомендовать дополнительное удобрение азотом и фосфором (в органической и минеральной формах) и нейтрализацию чрезмерного засоления и концентрации Fe, Zn, B, Al в субстрате, к чему ведет между прочими надлежащее обеспечение фосфором и другими анионами, а также органическим веществом (шлам, компост), смыв уменьшение испарения и т.п. Проведенные исследования указывают на то, что вышеуказанные мероприятия не являются необходимыми. Большое значение могут иметь технические мероприятия по борьбе с эрозией (уменьшение угла откосов, террасирование, укрепление фашинами и др.).