

## ZASIARCZENIE GLEB PÓL GÓRNICZYCH BYŁEJ KOPALNI SIARKI „GRZYBÓW”

*Katarzyna Sotek-Podwika, Joanna Niemyska-Łukaszuk, Krystyna Ciarkowska*

Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb,  
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

### Wstęp

Największe obszary gleb silnie zasiarczonych występują na terenach eksploatacji złóż siarki rodzimej w Tarnobrzeskim Zagłębiu Siarkowym. Powodem silnego zanieczyszczenia środowiska glebowego tego terenu były technologie stosowane do eksploatacji złóż siarki. Kopalnia „Grzybów” wchodząca w skład Tarnobrzeskiego Zagłębia Siarkowego była pierwszą w Polsce kopalnią siarki, w której w 1966 roku rozpoczęto eksploatację złoża metodą otworową Frasha. W wierzchniej warstwie pól górniczych Kopalni Siarki „Grzybów” zawartość siarki wynosiła średnio od 5 do 10 g·kg<sup>-1</sup> gleby, a maksymalnie (wokół otworów eksploatacyjnych) nawet do 50 g·kg<sup>-1</sup> gleby [LEKAN, PIĘTA 1972; DROŻDŹ-HARA 1978]. Po zakończeniu eksploatacji złóż siarki gleby pól górniczych zostały zrekułtywowane.

Celem przeprowadzonych badań było określenie zanieczyszczenia siarką zrekułtywowanych gleb nieczynnej Kopalni Siarki „Grzybów”.

### Materiał i metody badań

W następstwie prowadzonych na terenie kopalni prac górniczych i rekułtywacyjnych doszło do zniszczenia naturalnego przedeksploatacyjnego układu poziomów glebowych. W profilach tych gleb wystąpiły przemieszczenia bądź odsłonięcia poziomów głębszych, stąd przy ich opisie nie podano symboli, tylko miąższość.

Pobrano do badań materiał glebowy pochodził z 8 profilów glebowych zlokalizowanych na terenie pól górniczych Kopalni Siarki „Grzybów”. Badane gleby reprezentowały większe powierzchnie gleb położonych w strefach o różnym stopniu oddziaływania zanieczyszczeń siarką elementarną. Profile 1–3 reprezentowały zdegradowane gleby pól górniczych, na których po zakończeniu eksploatacji rozpoczęto zabiegi rekułtywacji technicznej (podstawowej), które obejmowały porządkowanie terenu (usunięcie siarki pochodzenia erupcyjnego, uporządkowanie sieci komunikacyjnej, wykonanie prac odwadniających, ukształtowanie rzeźby te-

renu) oraz neutralizację gleby poprzez wapnowanie. Profile 4–8 reprezentowały gleby w różnym stopniu zdegradowane, zlokalizowane na polach, na których w latach 60-tych, 70-tych i 80-tych prowadzona była eksploatacja. Po zakończeniu prac górniczych, gleby tej części kopalni zostały poddane zabiegom rekultywacji podstawowej i biologicznej. Początkowo dla tego terenu opracowano projekt rolniczego zagospodarowania, później ze względu na brak zainteresowania ze strony rolników użytkowaniem zrehabilitowanych obszarów, zmieniono koncepcję i zatwierdzono zagospodarowanie leśne o funkcjach krajobrazowo-ochronnych [GOŁDA 1995].

Badane gleby zaliczone zostały do gleb industrioziemnych [*Systematyka gleb Polski* 1989], które powstały z niecałkowitych gleb opadowo-glejowych, w wyniku przekształceń geochemicznych, chemicznych i hydrologicznych. Według systematyki gleb podanej w World Reference Base for Soil Resources (ISSS/ISRIC/FAO 1998) gleby te zaliczono do: Anthropic Gleyic Regosols.

W celu przeprowadzenia charakterystyki objętych zabiegami rekultywacji gleb pól górniczych w pobranym materiale glebowym oznaczono: skład granulometryczny metodą aerometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego oraz zawartość siarki ogółem i siarki siarczanowej według zmodyfikowanych metod Barsley'a-Lancastera – w uzyskanych wyciągach oznaczono siarkę ogółem i siarczanową metodą wagową według Polskiej Normy PN-75 C-04566/21 i PN-74 C-04566/09, a wolny kwas siarkowy metodą podaną przez DROŹDŹ-HARE [1978].

## Wyniki i dyskusja

W wyniku otworowej eksploatacji złóż siarki następuje silna degradacja chemiczna gleb, której przyczyną jest skażenie siarką rodzimą i produktami jej przemian. W wyniku eksploatacji złóż siarki metodą otworową Frasha wystąpiło długotrwałe, obszarowo zróżnicowane zasiarczenie gleb. Zawartość siarki ogółem była determinowana odległością od punktów eksploatacyjnych i czasem zakończenia procesu technologicznego. Najwyższe zawartości siarki ogółem (17,53–47,46 g·kg<sup>-1</sup> gleby) oznaczono w glebach pól górniczych (profile 1–3, tab. 1), na których niedawno (w latach 90-tych) zakończono eksploatację i rozpoczęto zabiegi rekultywacji technicznej. Tak wysokie zawartości siarki ogółem można tłumaczyć tym, iż eksploatacji towarzyszyły awarie ciągów wydobywczych i niekontrolowane wypływy siarki na powierzchnię. W glebach reprezentujących pola górnicze (profile 4–8) zawartość siarki ogółem w wydzielonych warstwach była bardziej wyrównana, ale nadal wysoka (tab. 1). Rezultaty badań przestrzennego zróżnicowania zasiarczenia gleb potwierdziły wcześniej uzyskane wyniki innych autorów [LEKAN, PIĘTA 1972; DROŹDŹ-HARA 1978], opisujących zasiarczenie gleb w wyniku prowadzonej otworowej eksploatacji złóż siarki na terenie Kopalni Siarki „Grzybów”.

W badanych glebach obok siarki ogółem oznaczono także siarkę siarczanową. Ta forma siarki ma największe znaczenie ekologiczne, gdyż sygnalizuje o zagrożeniu środowiska glebowego nadmierną imisją tego pierwiastka wskutek antropopresji [PAWŁOSKA-ĆWIEK 1991; MOTOWICKA-TERELAK, TERELAK 2000].

Tabela 1; Table 1

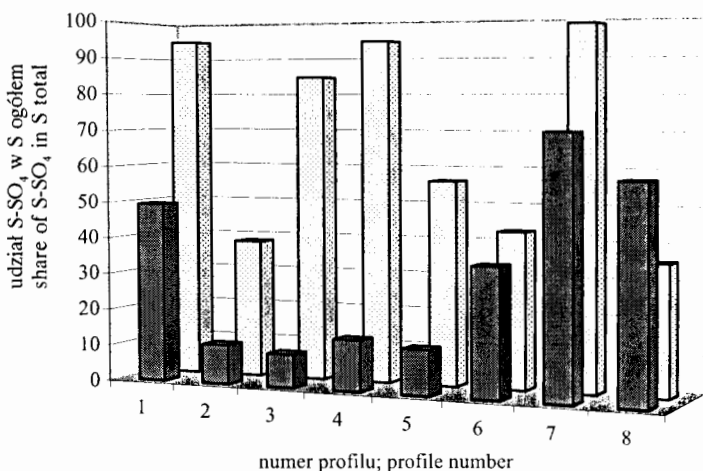
Skład granulometryczny, zawartość S-SO<sub>4</sub>, S ogółem i wolnego H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
w badanych glebach

Soil texture, S-SO<sub>4</sub>, total S and free H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> content in the investigated soils

Nr profilu Profile No.	Głębokość Depth (cm)	S-SO <sub>4</sub>	S ogółem S total	Wolny H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Free H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Procent frakcji o średnicy Percentage of fraction of diameter (mm)		
					g·kg <sup>-1</sup> gleby; soil		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0-16	8,72	17,53	2,091	54	16	30
	16-29	5,15	5,64	1,668	65	17	18
	29-50	5,41	8,03	1,377	63	19	18
	50-93	1,57	1,61	0,459	57	16	27
	93-104	2,45	2,48	0,184	63	16	21
	104-133	3,02	3,19	0,179	36	23	41
2	0-5	0,09	0,81	0,122	62	14	24
	5-12	0,13	0,65	0,153	62	15	23
	12-35	0,96	1,34	0,041	60	17	23
	35-60	0,46	0,65	0,082	56	17	27
	60-115	0,17	0,45	0,071	55	14	31
3	0-12	4,34	47,46	0,337	61	20	19
	12-30	1,15	1,48	0,031	61	20	19
	30-55	0,72	0,76	0,077	63	15	22
	55-106	0,16	0,19	0,000	47	15	38
4	0-4	0,09	0,62	0,184	-	-	-
	4-23	0,04	0,21	0,061	67	20	13
	23-38	0,05	0,09	0,010	61	22	17
	38-62	0,05	0,09	0,000	49	17	34
	62-133	0,15	0,16	0,000	49	19	32
5	0-3	0,13	1,05	0,000	-	-	-
	3-26	0,14	0,22	0,020	51	25	24
	26-40	0,13	0,19	0,000	45	22	33
	40-73	0,18	0,31	0,000	38	20	42
	73-133	0,22	0,39	0,000	45	24	31
6	0-21	0,11	0,30	0,000	60	29	11
	21-33	2,04	2,13	0,000	70	15	15
	33-56	0,23	0,25	0,000	81	11	8
	56-98	0,35	0,85	0,041	75	14	11
	98-125	0,47	1,35	0,000	62	16	22
	125-150	1,00	2,34	0,036	45	22	33
7	0-20	3,22	4,58	0,056	56	22	22
	20-38	0,50	1,31	0,061	55	24	21
	38-53	0,95	2,28	0,163	49	27	24
	53-90	3,44	3,45	0,321	42	20	38
	90-130	2,62	2,65	0,326	44	20	36

1	2	3	4	5	6	7	8
8	0-12	1,89	3,25	0,000	56	17	27
	12-20	3,02	4,99	0,265	52	17	31
	20-30	3,23	5,37	0,316	62	15	23
	30-40	3,22	6,34	0,092	80	9	11
	40-80	0,30	0,84	0,000	45	20	35

W mineralnych glebach Polski udział  $S-SO_4$  w całkowitej zawartości siarki nie przekracza 10%. Interpretacja rozmieszczenia  $S-SO_4$  w pionowym układzie profilu jest trudna, gdyż całkowity bilans jej zawartości zależy od: ilości siarki elementarnej dostającej się do środowiska i tempa jej utleniania, pobierania jej przez rośliny [SIUTA, REJMAN-CZAJKOWSKA 1980], wymywania siarczanów przez wodę, co jest uzależnione od warunków atmosferycznych [DROŹDŹ-HARA 1978; PAWŁOSKA-ĆWIEK 1991], a w glebach pól górniczych także od dopływu siarczanów z wodami eksploatacyjnymi, jak i przebiegu procesu rekultywacji [DROŹDŹ-HARA 1978]. O rozmieszczeniu siarki siarczanowej w profilu glebowym decyduje także uziarnienie gleby, szczególnie zawartość frakcji  $< 0,02$  mm. Statystycznie istotną zależność między zawartością związków siarki a składem granulometrycznym poziomów różnych typów gleb stwierdził SKŁODOWSKI [1968] analizując gleby o naturalnej zawartości tego pierwiastka. W glebach badanego terenu, które charakteryzowały się zanieczyszczeniem siarką rodzimą, nie stwierdzono statystycznie istotnej zależności między oznaczonymi formami siarki (ogółem i siarczanowej) a zawartością frakcji  $< 0,02$  mm. W warstwach wierzchnich badanych gleb (z wyjątkiem profilu 8) procentowy udział siarki siarczanowej w zawartości siarki ogółem był najniższy i zwiększał się wraz z głębokością, przekraczając niekiedy 90% w spągowych częściach profilów (rys. 1).



- warstwy stropowe; top layers
- warstwy spągowe; bottom layers

Rys. 1. Procentowy udział  $S-SO_4$  w zawartości S ogółem w warstwach stropowych i spągowych badanych profilów glebowych

Fig. 1. Percentage share of  $S-SO_4$  in S total content in the top and bottom layers of studied soil profiles

Obecnie, wobec ograniczenia dopływu zanieczyszczeń siarki elementarnej do gleb badanego terenu, było to spowodowane głównie przemieszczeniem siarczanów z warstw stropowych. Jakkolwiek brak było statystycznie istotnej zależności między zawartością siarki siarczanowej i frakcji  $< 0,02$  mm to jednak warstwy o uziarnieniu piasków zawierały nieco mniej tej formy siarki niż warstwy o uziarnieniu glin. Wymywane ze stropowych części profilów siarczany akumulowane były w warstwach spągowych, które w porównaniu z warstwami nadległymi charakteryzowały się wyższą zawartością frakcji  $< 0,02$  mm (tab. 1).

Koniec eksploatacji złóż siarki stanowił jednocześnie koniec intensywnego zanieczyszczenia gleb tym pierwiastkiem, ale nie koniec ich degradacji. Wysoka zawartość siarczanów w badanych glebach była konsekwencją zakwaszenia gleb przez kwas siarkowy (tab. 1) wytworzony w warunkach tlenowych przemian siarki elementarnej. Jak podają SIUTA i REJMAN-CZAJKOWSKA [1980] jest to proces złożony i zależy od zawartości siarki w glebie. Przy dużej ilości siarki w glebie, jej utlenienie zostaje zahamowane w wyniku bardzo silnego zakwaszenia i dezaktywacji bakterii siarkowych. Z chwilą zneutralizowania kwasu proces utleniania zostaje ponownie uruchamiany, aż do wyczerpania siarki, stąd zachodzi potrzeba przeprowadzania kilkakrotnych zabiegów neutralizacji gleb silnie zasiarczonych. Na podstawie przeprowadzonych badań w glebach pól górniczych, na których przeprowadzono zabiegi neutralizacji, ocena ich skuteczności wyrażona redukcją potencjalnych źródeł zakwaszenia gleb, nawet po 30 latach prowadzenia procesów rekultywacji nie dała zadowalających rezultatów. Nadal w badanych glebach, głównie z powodu ich dwuczłonowej budowy i wynikającej z niej zmienności uziarnienia, wymywanie siarczanów jest stosunkowo słabe. Jak podają KATZUR i LIBNER (1995, cyt. za GILEWSKĄ, SPYCHALSKIM 2004) wymywanie wolnego kwasu siarkowego oraz rozpuszczalnych w wodzie siarczanów przez wody opadowe trwa dziesiątki lat.

### Wnioski

1. Przeprowadzone na terenie pól górniczych Kopalni Siarki „Grzybów” zabiegi rekultywacyjne nie wpłynęły wyraźnie na zawartość siarki ogółem i siarczanowej.
2. W badanych glebach wymywanie siarczanów jest słabe z powodu pionowej zmienności uziarnienia.
3. Efektem „zasiarczenia” gleb była nie tylko akumulacja w nich siarki ogółem i siarczanowej, ale także obecność kwasu siarkowego.

### Literatura

- DROŻDŻ-HARA M. 1978. *Zmiany właściwości chemicznych i fizyko-chemicznych gleb uprawnych zanieczyszczonych siarką*. Roczn. Glebozn. 24(2): 135–150.
- GILEWSKA M., SPYCHALSKI W. 2004. *Zawartość form siarki i glinu w gruntach pogórnictwa*. Roczn. Glebozn. 55(2): 136–138.
- GOŁDA T. 1995. *Zmiany i rekultywacja środowiska glebowo-wodnego w górnictwie otworowym siarki*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 725–729.

- LEKAN Sz., PIĘTA J. 1972. *Degradacja użytków rolnych rejonie w kopalni siarki „Grzybów”*. XIX Ogólnopolski Zjazd Nauk. PTG Katowice-Kraków, Komunikaty. Puławy, wrzesień 1972: 259–269.
- MOTOWICKA-TERELAK T., TERELAK H. 2000. *Sulphur contamination of soils: a threat to agroecosystems*. Polish J. Soil Sci. 33/2: 39–45.
- PAWŁOSKA-ĆWIEK L. 1991. *Oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko rolnicze województwa tarnobrzesckiego*. Mat. konf. „Sozologiczne problemy województwa tarnobrzesckiego”. Tarnobrzeg, 14–15.03.1991: 43–81.
- POLSKA NORMA PN-74, C-04566/09. 1975. *Badania zawartości siarki i jej związków. Oznaczanie siarczanów metodą wagową*. Dz. Norm. i Miar nr 10/1975, poz. 35.
- POLSKA NORMA PN-75, C-04566/21. *Badania zawartości siarki i jej związków. Oznaczanie siarki ogólnej metodą wagową*. Dz. Norm. i Miar nr 21/1974, poz. 69.
- SIUTA J., REJMAN-CZAJKOWSKA M. 1980. *Siarka w biosferze*. PWRiL Warszawa: 393 ss.
- SKŁODOWSKI P. 1968. *Rozmieszczenie siarki w profilach glebowych niektórych typów gleb Polski*. Roczn. Glebozn. 19(1): 99–117.
- Systematyka gleb Polski* 1989. Trzciniński Wł. (red.) Wyd. IV. Roczn. Glebozn. 3/4: 70–81.

**Słowa kluczowe:** gleba, kopalnia siarki, degradacja, zasiarczenie

### Streszczenie

Największe obszary gleb silnie zasiarczonych występują na terenach eksploatacji złóż siarki rodzimej w Tarnobrzesckim Zagłębiu Siarkowym. Kopalnia „Grzybów” była pierwszą w Polsce kopalnią siarki, w której eksploatację złoża prowadzono metodą otworową Frasha. W glebach kopalni zawartość siarki ogółem była determinowana odległością od punktów eksploatacyjnych i czasu zakończenia procesu technologicznego. Najwyższe zawartości siarki ogółem (17,53–47,46 g·kg<sup>-1</sup> gleby) oznaczono w glebach pól górniczych, na których niedawno (w latach 90-tych) zakończono eksploatację i rozpoczęto zabiegi rekultywacji technicznej. W glebach reprezentujących pola górnicze, na których w okresie od 1970 do 1990 roku zakończono eksploatację i które zostały poddane zabiegom rekultywacji podstawowej i biologicznej, zawartość siarki ogółem w wydzielonych warstwach była bardziej wyrównana, ale nadal wysoka.

### SULPHATING OF MINE FIELD SOILS FROM THE FORMER SULPHUR MINE „GRZYBÓW”

Katarzyna Sołek-Podwika, Joanna Niemyska-Łukaszuk, Krystyna Ciarkowska  
Department of Soil Science and Soil Protection,  
Agricultural Univeristy, Kraków

Key words: soil, sulphur mine, degradation, sulphating

### Summary

The largest areas of soil with high sulfating occur on the terrains of native sulphur ores exploitation in the Tarnobrzeg Sulphur Basin. Sulphur mine „Grzybów” was the first sulphur mine in Poland where the ore exploitation was conducted by the Frash hole method. In the soils of the mine the total sulphur content depended on the distance from the exploitation points and the period of time which passed from the end of the engineering process. The highest amounts of total sulphur (17.53–47.46 g·kg<sup>-1</sup> soil) were determined in the soils of mine fields where recently (in the 90ies) the exploitation was ended and the technical reclamation treatments started. In the soils representing mine fields, where in the period between 1970 and 1990 the exploitation was ended and which were submitted to basic and biological reclamation treatments, total sulphur contents in the selected soil layers were more equal but still high in the soil layers.

Dr inż. Katarzyna **Sołek-Podwika**  
Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb  
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja  
al. Mickiewicza 21  
31-120 KRAKÓW  
e-mail: rrpodwik@cyf-kr.edu.pl