

[Drózd-Hara 1978]. W takich warunkach nagminnie występują w glebach wysokie stężenia przyswajalnych form metali ciężkich, które są przyczyną wtórnie występujących niedoborów fosforu i potasu. Pojawiają się wówczas anomalie we wzroście i rozwoju roślin rosnących na takich terenach [Niemyska-Łukaszczuk, Sołek-Padwicka 2000; Mańko, Motowicka-Terelak 1998].

Celem przeprowadzonych badań była ocena wartości gospodarczej terenów zielonych w zależności od niektórych właściwości gleby na terenie byłej kopalni siarki „Basznia”.

METODY

Badania przeprowadzono w roku 2001, na terenie byłej kopalni siarki „Basznia” w powiecie lubaczowskim (woj. podkarpackie). W trakcie badań terenowych wytypowano cztery obszary, wyraźnie różniące się intensywnością degradacji górniczej. Pierwszy obszar położony był bezpośrednio wokół otworów wydobywczych. Następny punkt badawczy usytuowano w odległości 2–3 m od otworu wydobywczego, a więc w miejscu, gdzie stężenie siarki elementarnej w środowisku glebowym pochodzącej z erupcji wysoko zmineralizowanych wód dołowych, pozwalało na wzrost roślin odpornych na tak stresowe warunki. Kolejny punkt wyznaczono na szlaku transportu siarki do magazynów, tj. w miejscu zdecydowanie ograniczonego jej dopływu do gleby. Źródłem siarki występującej w glebie w tym przypadku były głównie niedoskonałości jej transportu. Ostatni z punktów badawczych charakteryzował tereny należące do kopalni, ale pozostające poza polem wydobywczym. Negatywny wpływ wydobywania siarki na otoczenie był na tym terenie nawet organoleptycznie mało wyraźny.

Celem określenia wartości gospodarczej runi przed zbiorem pierwszego odrostu pobrano po dwie reprezentacyjne próbki roślinności (każda z powierzchni 1 m²) w trzech scharakteryzowanych obszarach (odpowiadających pobranym próbkom glebowym). Określono przy tym stopień zadarnienia gleby. Analizy botaniczno-wagowe próbek roślinnych stanowiły podstawę określenia wartości rolniczej [Filipek 1973] oraz plonów suchej masy runi.

W próbkach gleby określono odczyn, który powszechnie uznawany jest za podstawowy wskaźnik degradacji chemicznej gleby, wynikający z nadmiaru siarki. Odczyn gleby oznaczano w H₂O destyl. (kwasowość czynna) oraz w 1 mol KCl (kwasowość wymienna). W warunkach laboratoryjnych metodą hodowli *in vitro* na specyficznych podłożach mikrobiologicznych oznaczono liczebność mikroflory glebowej. Liczebność i biomasę grzybów oznaczono na stałej pożywce agarowej według Martina [1950], a liczebność bakterii i promieniowców na pożywce stałej o pH 7,0 według Kunickiego-Goldfingera i Frejlaha

[1977]. Hodowlę tlenowych bakterii siarkowych przeprowadzono według Kunnickiego-Goldfingera i Frejlaha [1977]. Aktywność mikroorganizmów oznaczono opierając się na wskaźniku tzw. aktywności mikroorganizmów celulozotycznych, na podstawie ilości rozłożonej celulozy w analizowanych glebach w jednostce czasu (inkubacja 45 dni).

WYNIKI

Przeprowadzone badania odczynu gleby na terenie byłej Kopalni Siarki „Basznia” wskazywały na bardzo niskie wartości pH, praktycznie niespotykane w naturalnym środowisku gleb mineralnych. Przyczyną tego stanu było górnictwo siarki, stosujące w tym przypadku otworową metodę jej wydobywania. W najbliższej odległości od otworu wiertniczego na powierzchni gleby zalegała siarka w znacznej ilości, często w postaci warstwy kilkucentymetrowej grubości. W tym przypadku odczyn gleby był bardzo niski w granicach pH 1,0. Zarówno w warstwie powierzchniowej, jak też w głębszych warstwach profilu usytuowanego w najbliższej odległości od otworu wiertniczego brak było jakichkolwiek oznak życia, nawet mikroorganizmów, przystosowanych do pionierskich warunków wzrostu.

Pierwsze oznaki życia biologicznego stwierdzono w odległości 2–3 metrów od otworu wydobywczego. Odczyn powierzchniowej warstwy gleby mierzony w H₂O, odpowiadał wartościom pH 1,6, a w 1 mol KCl 1,3 (tab. 1). Charakterystyczny przy tym był brak w glebie podstawowych mikroorganizmów decydujących o aktywności biologicznej, tj. bakterii i promieniowców jak również grzybów. Jedynymi bytującymi w takich warunkach mikroorganizmami były bakterie siarkowe. Ich masa była jednak zdecydowanie ograniczona. Masę bakterii siarkowych oceniono na 0,012 g kg⁻¹ gleby.

W takich warunkach siedliskowych plony s.m. runi wynosiły 0,39–1,31 t ha⁻¹. Płaty roślinne zlokalizowane były 2–3 metry od otworu wydobywczego oraz w pobliżu miejsc składowania siarki (tab. 2). Stwierdzono, że roślinność tam występująca była niska, a darń luźna. Zwarcie runi wynosiło 10–20%. Badane zbiorowiska były ubogie florystycznie, w próbkach roślinnych stwierdzono bowiem występowanie tylko pięciu gatunków roślin. W suchej masie runi dominował *Calamagrostis epigeios*, zajmował on około 100%. Trzcinnik piaszkowy jest rośliną o bardzo niskiej wartości pokarmowej, ale o ogromnym znaczeniu przeciwerozyjnym na piaszczystych nieużytkach lub osypiskach rzecznych [Kozłowski i in. 1998]. Można uznać, że podobną rolę pełnił w warunkach gleb pola górniczego. Materiał glebowy poddany działaniu kwasu siarkowego składa się głównie z frakcji piasku i tworzy wydmy. *Calamagrostis epigeios* w tym przy-

padku zatrzymuje wydmy na miejscu. Wyniki badań, prezentowane przez Niemyską-Lukaszcuk i Sołek-Padwicką [2000], dowodzą, że nadmierna zawartość siarki, a zwłaszcza form siarczanowych w glebie, wpływa negatywnie na wzrost i rozwój roślin.

Tabela 1. Odczyn gleby oraz liczebność, masa i aktywność mikroorganizmów glebowych na polu wydobywczym przy otworze eksploatacyjnym, na szlaku transportu siarki oraz z dala od infrastruktury technicznej
Table 1. Soil reaction and size, mass and activity of soil micro-organisms on the raising area near the excavating hole, at the sulphur transport route and far from the technical infrastructure

Liczebność, masa oraz aktywność mikroorganizmów w badanych glebach Size, mass and activity of microorganisms in the soils studied	Punkt położony 2-3 m od otworu wydobywczego Point situated 2-3 m from a sulphur excavating hole	Szlak transportowy siarki Sulphur transport route	Poza terenem wydobywania siarki Area beyond sulphur raising place
Odczyn gleby Soil reaction (ph)			
H ₂ O _{dest.}	1,6	4,5	5,6
1 mol KCl dm ⁻³	1,3	3,7	4,7
Bakterie i promieniowce Bacteria and actinomyces 10 ⁻⁵ g ⁻¹ s. m. gleby; DM soil	0,0	0,0	63,0
Grzyby/Fungi 10 ⁻³ g ⁻¹ s. m. gleby	0,0	7,0	51,0
Masa bakterii siarkowych Sulphur bacteria mass g kg ⁻¹ gleby; soil	0,012	0,015	0,107
Aktywność mikroorganizmów celulozycznych Activity of cellulolytic microorganisms g celulozy 100 g gleby 45 dni g cellulose 100 g ⁻¹ soil 45 days	0,0	0,0	0,0123

Tereny zlokalizowane wzdłuż wewnętrznych szlaków transportu siarki okazały się znacznie mniej zniszczone przez siarkę niż poprzednio analizowane tereny położone na polu górniczym. Odczyn gleb w tych miejscach był zbliżony do wartości stwierdzanych w glebach naturalnych. Przy pH 4,5 (w H₂O) brak było wśród mikroorganizmów bakterii i promieniowców, ale stwierdzono obecność grzybów. Jest to zrozumiałe, bo dla grzybów takie warunki środowiskowe są zbliżone do optymalnych. Mimo obecności grzybów, jak też nieznacznego przyrostu masy bakterii siarkowych w stosunku do poprzedniego punktu, nie stwierdzono w glebie aktywności celulozycznej (tab. 1). Zbiorowiska roślinne

Tabela 2. Wyniki analiz botaniczno-wagowych (% s.m.), wartość gospodarcza (LWU) oraz plonowanie ($t\ ha^{-1}$) użytków zielonych
 Table 2. Results of botanical-gravimetric analyses (% DM), economic value (UVN) and grassland yielding ($t\ ha^{-1}$)

Gatunek rośliny Species	Miejsca pobrania prób Sampling site					
	Punkt położony 2–3 m od otworu wydobycze-go Point situated 2–3 m from a sulphur excavating hole		Szlak transportowy siarki Sulphur transport route		Poza terenem wydo- bycia siarki Area beyond sulphur raising place	
Zwarcie runi Sward density, %	10	20	80	75	90	90
Liczba gatunków No. of species	5	5	14	14	25	25
Powtórzenia	1	2	1	2	1	2
<i>Gramineae</i>						
<i>Agrostis alba</i> L.	-	-	-	0,3	0,3	10,5
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	100,0	100,0	96,8	2,0	-	-
<i>Dactylis glomerata</i> L.	-	-	-	-	10,1	-
<i>Deschampsia caespitosa</i> L.	-	-	-	13,4	2,3	-
<i>Festuca pratensis</i> HUDS.	-	-	-	-	10,1	31,3
<i>Festuca rubra</i> L.	-	-	-	1,9	0,1	-
<i>Holcus lanatus</i> L.	-	-	-	35,6	25,0	21,1
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	-	-	-	-	6,8	7,8
<i>Poa pratensis</i> L.	-	-	0,6	-	0,1	3,0
Razem Total	100,0	100,0	97,4	53,3	54,7	73,7
<i>Papilionaceae</i>						
<i>Lotus corniculatus</i> L.	-	-	-	-	-	7,6
<i>Trifolium dubium</i> Sibth	-	-	0,2	-	3,9	-
<i>Trifolium pratense</i> L.	-	-	-	0,1	2,0	-
<i>Trifolium repens</i> L.	-	-	-	-	25,2	0,3
<i>Vicia cracca</i> L.	-	-	-	0,2	-	-
Razem Total	-	-	0,2	0,3	33,6	7,9
<i>Cyperaceae, Juncaceae i Quisquaceae</i>						
<i>Carex leporina</i> L.	-	-	-	3,0	1,5	5,6
<i>Carex paniculata</i> L.	-	-	-	-	2,5	-
<i>Equisetum palustre</i> L.	-	-	-	-	7,5	-
<i>Juncus articulatus</i> L.	-	-	-	-	-	0,8
<i>Juncus conglomeratus</i> L.	-	-	0,4	26,6	0,10	-
Razem Total	-	-	0,4	29,6	11,6	6,4
<i>Familiae diversae</i>						
<i>Achillea millefolium</i> L.	-	-	1,4	13,2	-	-
<i>Centaurea jacea</i> L.	-	-	-	2,6	-	-
<i>Cerastium vulgatum</i> L.	-	-	-	-	-	0,3
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	-	-	0,6	-	-	-
<i>Lychnis flos-cuculi</i> L.	-	-	0,1	0,1	-	-
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	-	-	-	0,9	-	-
<i>Potentilla anserina</i> L.	-	-	-	-	0,1	2,3
<i>Ranunculus acris</i> L.	-	-	-	-	-	9,1
<i>Rumex acetosa</i> L.	-	-	-	-	-	0,3
Razem Total	-	-	2,1	16,8	0,1	12,0
LWU	1,0	1,0	1,1	3,0	7,1	7,1
Useful value number (UVN)	1,0	1,0	1,1	3,0	7,1	7,1
Plon siana I-ego pokosu, $t\ ha^{-1}$ Hay yield of the 1st cut, $t\ ha^{-1}$	0,39	1,31	2,14	1,79	3,54	3,48

występujące na tym stanowisku cechowały się większą liczbą taksonów (14) niż na poprzednim, znacznym zwarcie runi (75–80%) oraz nieco wyższym poziomem plonowania (1,79–2,14 t ha⁻¹). Gatunkiem dominującym w badanej runi był podobnie jak poprzednio *Calamagrostis epigeios*, który zajmował 5–75% w s.m. badanej runi. Analizy botaniczno-wagowe próbek roślinnych pochodzących z miejsc zlokalizowanych przy szlaku transportowym siarki wykazały znaczną przewagę traw nad pozostałymi grupami roślin. Trawy stanowiły bowiem średnio 75,3% s.m. analizowanych prób, turzyce, sity, skrzypy – 15,0%, zioła i chwasty dwuliścienne – 9,5%, a rośliny z rodziny motylkowatych tylko 0,2%. Wśród traw znaczny udział miały taksony o niskiej przydatności rolniczej: *Calamagrostis epigeios*, *Deschampsia caespitosa* i *Holcus lanatus*.

Najlepsze warunki środowiska dla wzrostu roślin stwierdzono w punkcie badawczym położonym wprawdzie na obszarze kopalni, ale poza bezpośrednim oddziaływaniem górniczego wydobycia siarki. O dobrych warunkach dla wzrostu roślin świadczą wyniki analiz gleby, pobranej w tym punkcie. Odczyn warstwy próchnicznej mierzony w H₂O był słabokwaśny (pH 5,6) – tabela 1. W środowisku glebowym stwierdzono obecność grzybów, ale jeszcze wyższy niż w poprzednim punkcie udział bakterii i promieniowców. W stosunku do pozostałych pomiarów stwierdzono małą ilość bakterii siarkowych. O zbliżonych właściwościach badanych gleb kopalnianych do naturalnych gleb uprawnych świadczy występująca w nich flora celulolityczna, biorąca udział w glebowych przemianach węgla, a także w przemianach biologicznych siarki. W płatach roślinnych znajdujących się poza obszarem oddziaływania eksploatacji siarki stwierdzono duże bogactwo florystyczne (25 gatunków). Zwarcie runi było wysokie i wynosiło 90%. Analizy botaniczno-wagowe suchej masy próbek roślinnych z terenu poza wydobyciem siarki wykazały znaczną przewagę traw nad pozostałymi grupami roślin. Trawy stanowiły bowiem aż 54,7–73,7%. Wśród nich największym procentowym udziałem wyróżniały się cztery wartościowe pod względem paszowym gatunki: *Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis alba* i *Lolium multiflorum* (tab. 2). Tak znaczny procentowy udział tych roślin w suchej masie prób świadczy o wysokiej wartości pokarmowej ocenianej runi łąkowej. Plony siana pierwszego odrostu wahały się od 3,48

do 3,54 t ha⁻¹. Według wielu naukowców [Filipek 1973, Maciak 1996] na poziom plonowania ma wpływ między innymi odczyn gleby.

Określając przydatność rolniczą runi użytków zielonych, bardzo ważne oprócz wysokiego plonowania jest uzyskanie paszy o wysokiej jakości. Jeśli chodzi o wartość paszy terenów zielonych z miejsc, gdzie odbywało się wydobycie lub transport siarki, to według Filipka [1973] można określić ją jako ubogą

(LWU od 1,0 do 3,0), natomiast poza obszarem eksploatacji siarki – jako dobrą (LWU=7,1). Według Wolskiego i in. [1999] ruń łąkową zdegradowanych użytków zielonych charakteryzuje niska wartość pokarmowa plonu.

WNIOSKI

1. Wydobywanie siarki powodowało degradację nie tylko terenów kopalnianych, ale również środowiska przyrodniczego będącego w ich sąsiedztwie.
2. Gleby terenów po byłej kopalni charakteryzował bardzo kwaśny odczyn. Gleby znajdujące się poza obszarem wydobywania i transportu siarki miały znacznie wyższe pH.
3. W glebach znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie wydobywczego otworu siarki brak było drobnoustrojów.
4. Poza tym obszarem wpływ wydobywania siarki na środowisko glebowe był mniejszy, co spowodowało wzrost odczynu gleby, pojawienie się i wzrost bakterii, promieniowców oraz grzybów.
5. Znaczny udział gleb zasiarzonych w regionie byłej kopalni siarki „Basznia” wskazuje na znaczny udział w runi terenów zielonych *Calamagrostis epigeios* – rośliny o bardzo niskiej wartości gospodarczej, ale o ogromnym znaczeniu przeciwozyjnym.
6. Plon suchej masy runi w płatach roślinnych zlokalizowanych 2–3 m od otworu wydobywczego był kilkakrotnie niższy niż w płatach roślinnych poza tym obszarem.
7. Ruń łąkowa z miejsc zlokalizowanych w pobliżu otworu eksploatacyjnego i szlaku transportowego siarki miała o wiele niższą wartość gospodarczą niż z miejsc, gdzie wpływ górnictwa był ograniczony.

PIŚMIENNICTWO

- Drózdź-Hara M. 1978. Studia nad wpływem zanieczyszczenia siarką na przemiany gleb uprawnych w sąsiedztwie kopalni siarki. Cz. 1. Roczn. Gleb. 10, 27–32.
- Filipek J. 1973. Projekt klasyfikacji roślin łąkowych i pastwiskowych na podstawie liczb wartości użytkowej. Post. Nauk Rol. 4, 59–68.
- Kozłowski S., Goliński P., Swędrzyński A. 1998. Trawy w barwnej fotografii i zwięzłym opisie ich specyficznych cech. Wyd. Literackie „Parnas”, Inowrocław: 206–207.
- Kunicki-Goldfinger W., Frejlak S. 1977. Podstawy mikrobiologii i immunologii. PWN Warszawa.
- Maciak F. 1996. Ochrona i rekultywacja środowiska. SGGW Warszawa, ss. 348.
- Mańko P., Motowicka-Terelak T. 1998. Wpływ zasiarzenia gleby na fitotoksyczność metali ciężkich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456, 553–557.

-
- Martin J.P. 1950. Use of acid rose bengal and streptomycin in the plate method for estimation of soil fungi. *Soil Sci.* 69, 215–232.
- Niemyska-Lukaszczuk J., Sołek-Padwicka K. 2000. Niektóre właściwości fizykochemiczne gleb byłej kopalni siarki w Grzybowie. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 204, 91–96.
- Wolski K., Szyszkowska A., Malko K., Pyrcz G. 1999. Wpływ różnych czynników pratotechnicznych na wartość energetyczną i białkową runi łąkowej. *Łąkarstwo w Polsce* 2, 173–177.