

ANNA KOSZELNIK-LESZEK

## ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W GLEBIE I W *SILENE VULGARIS* NA HAŁDZIE ODPADÓW SERPENTYNITOWYCH

### CONTENT OF SELECTED HEAVY METALS IN SOIL AND *SILENE VULGARIS* IN SERPENTINE SPOIL

Katedra Botaniki i Ekologii Roślin,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

*Abstract:* Research was carried out on serpentine spoil mounds at magnesite - mine in Wirki. In the study was stated poor plant species composition with the relatively high representation of some families, such as the *Caryophyllaceae* (*Silene vulgaris* – dominant species), *Fabaceae*, *Compositae* and *Poaceae*. In soils samples, taken from dump, the contents of total and soluble forms of macroelements and heavy metals were determined. The contents of selected heavy metals were determined also in plant samples (*Silene vulgaris*). Undertaken research showed that the content of nickel and chromium in underground part of *Silene vulgaris* was higher than in aboveground part. In investigated soils samples the soluble form of Ni varied from 111,8 to 328,5 mg · kg<sup>-1</sup>, Cr – from 5,2 to 47,5 mg · kg<sup>-1</sup>.

*Słowa kluczowe:* *Silene vulgaris*, hałda, serpentynit, nikiel, chrom.

*Keywords:* *Silene vulgaris* dump, serpentynite, nickel, chromium.

## WSTĘP

Złoża magnezytu występujące na Dolnym Śląsku są ściśle związane ze skałami serpentynitowymi, które stanowią główny składnik zwałowiska w Wirkach przy kopalni magnezytu „Wiry”.

Gleby wytworzone na serpentynitach wykazują szereg niekorzystnych właściwości. Niska wilgotność, wysokie pH, mała zawartość fosforu, azotu, potasu i wapnia, wysoka, potencjalnie szkodliwa koncentracja magnezu, niklu, chromu, miedzi i kobaltu powodują, że na glebach tych obserwuje się zaburzenia wzrostu i rozwoju roślin [Weber 1981; Brej, Fabiszewski 2003; Kabała, Szlachta 2000; Fernandez i in. 1990; Żołnierz 1993].

Zwałowisko to stanowić może pewne zagrożenie dla terenów sąsiadujących, gdyż np. w wyniku erozji wodnej może dochodzić do zanieczyszczenia gleb oraz roślin uprawnych metalami ciężkimi. Toksyczne działanie metali ciężkich, niedobór makroskładników i wody w podłożu, silne nasłonecznienie umożliwia kształtowanie się specyficznej dla tego miejsca roślinności [Żołnierz 1993].

Celem pracy było określenie składu florystycznego zwałowiska oraz stopnia kumulacji metali ciężkich w materiale glebowym i roślinnym występującym na hałdzie odpadów serpentynitowych w Wirkach.

## MATERIAŁ I METODY

Złoże magnezytów „Wiry” zlokalizowane jest w zachodniej części masywu serpentynitowego Gogołów - Jordanów Śl., administracyjnie należącego do gminy Sobótka w woj. dolnośląskim. Na omawianym obszarze magnezyt, wykształcony w formie grubych żył, przebiega w dwóch kierunkach i przecina kompleks serpentynitów. Serpentynit, wydobywany wraz z magnezytem, jest traktowany jako odpad i składowany na zwałowisku tuż przy kopalni.

Próbki glebowe (związki) do analiz laboratoryjnych pobrano z wierzchowinowej części hałdy z głębokości 0–15 cm. Próbki roślinne (części nadziemne i podziemne *Silene vulgaris*) do analiz chemicznych zebrano również z części wierzchowinowej hałdy.

W próbkach glebowych pobranych z warstwy powierzchniowej (0–15 cm) oznaczono: pH w 1 mol · dm<sup>-3</sup> KCl – metodą potencjometryczną, zawartość przyswajalnego fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma oraz dostępnego magnezu – metodą Schachtschabela. Ogólną zawartość Ni, Cr, Zn, Cu, Mn (mineralizacja z 70% HClO<sub>4</sub>) i formy rozpuszczalne tych metali (po ekstrakcji w 1 mol · dm<sup>-3</sup> HCl) określono techniką ASA.

Uzyskany materiał roślinny (*Silene vulgaris*) oczyszczono, wysuszone, zmielono, a następnie zmineralizowano na sucho w temp. 450°C. Po rozpuszczeniu popiołu w 1 mol · dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub>, w uzyskanych przesączach, oznaczono:

P – metodą kolorymetryczną,

K i Ca – metodą fotometrii płomieniowej,

Mg – metodą spektrometrii atomowo-absorpcyjnej,

Ni, Cr Cu, Zn, Fe, Mn – metodą ASA.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Flora hałdy odpadów serpentynitowych w Wirkach jest relatywnie uboga, ponieważ ogranicza się zaledwie do kilkunastu gatunków głównie z rodziny *Caryophyllaceae* z dominującą zarówno na zboczach, jak i części wierzchowinowej zwałowiska *Silene vulgaris* (Moench) Garcke, mniej licznie reprezentowana jest rodzina *Poaceae* z gatunkami *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, *Poa pratensis* L., *Poa compressa* L., *Festuca ovina* L., rodzina *Compositae* z *Senecio vernalis* W. et K., *Artemisia vulgaris* L., *Hieracium sabaudum* L. Coll., *Hieracium piloselloides* Vill., *Achillea millefolium* L. oraz rodzina *Fabaceae* z *Melilotus alba* Med. i *Melilotus officinalis*

(L.) Palla. Sporadycznie spotykane są (głównie w części wierzchwinowej zwałowiska) *Pastinaca sativa* L. i *Daucus carota* L. oraz *Betula pendula* Roth. Obecność na hałdzie odpadów serpentynitowych przedstawicieli wymienionych rodzin ma swoje potwierdzenie w literaturze zachodniej, ponieważ przedstawiciele (gatunki) *Caryophyllaceae*, *Fabaceae*, *Compositae*, *Poaceae* dominują na serpentynitach np. w Portugalii, Wielkiej Brytanii, Włoszech, Grecji czy Kanadzie [Gabbirielli i in. 1990; Konstantinou, Babalonos 1996; L'Huillier, Edighoffer 1996; Roberts, Proctor 1992]. Również przedstawiciele rodzaju *Silene* można spotkać w wymienionych rejonach, np. *S. italica* i *S. paradoxa* we Włoszech [Gonnelli i in. 2001], *S. acaulis* w Kanadzie i Wielkiej Brytanii [Roberts, Proctor 1992], *S. dioica* w Skandynawii [Brooks, Crooks 1980] czy *S. legionensis* w Portugalii i *S. armeria* w Hiszpanii [Brooks, Crooks 1980]. Autorzy zajmujący się tym zagadnieniem [Wierzbicka, Panufnik 1998] wskazują na wyjątkowe kseromorficzne właściwości i wytwarzanie mechanizmów przystosowawczych przez gatunki występujące na serpentynitach. Na skałach tych powstają gleby o skrajnie niekorzystnych warunkach, o których mówiono na wstępie.

*Silene vulgaris* (Moench) Garcke (= *S. inflata* Mill. = *S. cucubalus* (L.) Wib.) jest rośliną powszechnie występującą na terenie Europy. Jest to gatunek wyjątkowo zmienny [Tutin i in. 1993]. Na metalonośnych glebach tworzy formy o charakterystycznym, drobnym pokroju. Odróżniają się tym od form „normalnych”, które są wzniesione, długołodygowe, o dużych szerokich liściach [Hegi 1978]. Formy występujące na metalonośnych glebach Europy określone zostały jako odrębny podgatunek – ssp. *angustifolia* (Koch) = *humilis* (Schubert) [Bröker 1963].

Na podstawie badań własnych, prowadzonych na hałdzie odpadów serpentynitowych w Wirkach, stwierdzono, że rośliny *Silene vulgaris* porastające hałdę mają drobny pokrój i wąskie liście. Badania porównawcze roślin *Silene vulgaris* populacji hałdowej (pochodzącej z hałdy galmanowej w Bolesławiu k/Olkusza) oraz dwóch populacji naturalnych przeprowadziły Wierzbicka i Panufnik [1998]. Na podstawie obserwacji autorki stwierdziły, że rośliny populacji hałdowej miały odmienny ogólny pokrój morfologiczny. Pędy ich były liczne, cienkie i płożące się, o wąskich blaszkach liściowych, podczas gdy pędy roślin populacji naturalnej miały pędy grubsze i wznoszące się, o znacznie większych liściach.

Odczyn analizowanych próbek glebowych był alkaliczny (cecha serpentynitów) [Żołnierz 1993] i wynosił od 7,0 do 7,9 (tab. 1).

Niskie zawartości przyswajalnego fosforu i potasu przy jednocześnie wysokich koncentracjach dostępnego magnezu (tab. 1) stwarzają poważną nierównowagę w dostępności dla roślin poszczególnych makroskład-

TABELA 1. Podstawowe właściwości gleb ze strefy korzeniowej (0–15 cm) *Silene vulgaris*

TABLE 1. Basic chemical properties of the soil from the root zone (0–15 cm) of *Silene vulgaris*

Nr próbki Sample No.	pH <sub>KCl</sub>	Formy przysw. [mg · 100 g <sup>-1</sup> gleby] Soluble forms [mg · 100 g <sup>-1</sup> soil]		
		P	K	Mg
1	7,9	1,18	2,47	138,0
2	7,5	1,79	3,59	286,0
3	7,8	2,37	4,36	116,4
4	7,5	1,35	5,80	208,0
5	7,0	2,91	20,69	286,0

TABELA 2. Zawartość [ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] makroskładników w *Silene vulgaris*  
 TABLE 2. Contents [ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] of macroelements in *Silene vulgaris*

Nr próbki Sample No.	Części roślin Plant part	P	K	Ca	Mg
1	A	1,4	23,6	66,0	8,8
	B	0,6	7,5	3,2	7,5
2	A	1,8	32,0	7,3	8,5
	B	1,0	14,9	6,1	8,1

A – cz. nadziemne, aboveground parts;  
 B – cz. podziemne, underground parts

ników [Bonifacio, Barberis 1999; Li-tyński, Jurkowska 1982]. Bardzo wysoka całkowita zawartość chromu (wahania od 143,8 do 587,5  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) (tab. 3), stwierdzona w badanym materiale (średnia dla gleb Polski – 20  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) [Gorlach, Gambuś 2000], ma zapewne związek z częstą obecnością chromitu w skałach serpentynitowych [Kabała, Szlachta 2000]. Natomiast stężenie niklu ogólnego mieściło się w przedziale 514,6–2214,3  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 3) (średnia ilość Ni w glebach Polski wynosi 9  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , przy wahaniami 1–68  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  [Kabata-Pendias 1993]) i przekraczało wartości Ni dopuszczalne w glebach lekkich – 30  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  [Gorlach, Gambuś 2000].

Analiza przyswajalnych form obu metali wykazała, że 1-molowy roztwór kwasu solnego uruchamiał 5,2–47,5  $\text{mg} \text{Cr} \cdot \text{kg}^{-1}$  oraz 328,5–111,8  $\text{mg} \text{Ni} \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 3). Analiza materiału roślinnego zebranego ze zwałowiska w Wirkach (tab. 4) wykazała, że stężenie Ni w częściach podziemnych było wyższe niż w częściach nadziemnych i przekraczało naturalne, przeciętne zawartość tego pierwiastka w roślinach wynoszące 0,01–3,5  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Stężenie chromu w badanych roślinach (tab. 4) wyniosło 10,1 i 3,1  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  w częściach nadziemnych oraz 12,0 i 13,4  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  w korzeniach i też przekraczało wartości średnie dla chromu w roślinach równe 0,1–1  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. Podwyższone zawartości żelaza w *Silene vulgaris* (tab. 4) (w porównaniu z naturalnymi populacjami) wynika prawdopodobnie z faktu, iż podłoże serpentynitowe, na którym roślina ta wzrastała, jest zasobne także w ten pierwiastek [Żolnierz 1993].

Stężenia pozostałych metali ciężkich (Cu, Cd, Pb, Zn) w analizowanym materiale glebowym i roślinnym występowało na poziomie naturalnym [Gorlach 1993].

TABELA 3. Zawartość [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] wybranych metali ciężkich w badanych glebach  
 TABLE 3. Concentration [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] of selected heavy metals in soil samples

Nr próby Sample No.	Formy całkowite – Total forms					Formy rozpuszczalne – Soluble forms				
	Ni	Cr	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	Cu	Zn	Pb
1	1031,2	568,8	26,8	31,5	3,7	118,9	47,5	8,15	14,2	1,7
2	1278,5	525,0	18,5	29,5	1,8	190,7	29,5	7,7	5,8	–
3	1477,4	587,5	41,0	48,5	5,4	228,8	20,0	23,7	19,0	2,5
4	2214,3	481,2	9,3	62,5	2,4	328,5	33,5	3,5	7,3	0,8
5	514,6	143,8	39,0	308,5	100,3	111,8	5,2	16,8	205,9	79,0

TABELA 4. Zawartość [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] wybranych metali ciężkich w *Silene vulgaris*  
 TABLE 4. Concentration [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] of selected heavy metals in *Silene vulgaris*

Nr próby Sample No.	Cz. rośliny Plant part	Fe	Cr	Ni	Cu	Cd	Pb	Zn
1	A	336,2	10,1	23,0	6,2	0,3	4,1	42,5
	B	481,3	12,0	29,1	5,7	0,1	1,8	25,9
2	A	61,7	3,1	5,6	4,2	0,2	3,1	35,5
	B	551,1	13,4	24,7	8,6	0,3	5,8	60,3

A – cz. nadziemne, aboveground parts; B – cz. podziemne, underground parts

Analiza chemiczna zawartości makroskładników w *Silene vulgaris* (tab. 2) wykazała, że koncentracja fosforu była niższa w porównaniu z naturalnymi wartościami (na niektórych roślinach widoczne były objawy niedoboru tego pierwiastka – czerwone do purpurowego zabarwienie rośliny). Zawartości K i Ca (tab. 2) nie odbiegały od naturalnych ilości, natomiast Mg było wyraźnie więcej niż przeciętnie w roślinie [Lityński, Jurkowska 1982].

## WNIOSKI

1. Flora zwałowiska serpentynitowego w Wirkach jest uboga i ogranicza się zaledwie do przedstawicieli kilku rodzin, głównie goździkowatych (*Caryophyllaceae*), złożonych (*Compositae*) i traw (*Poaceae*).
2. Analiza materiału glebowego pobranego ze zwałowiska wykazała, że zawartość przyswajalnych form Ni wahała się między 111,8 do 328,5  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , a Cr między 5,2 i 47,5  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .
3. Koncentracja niklu i chromu w *Silene vulgaris* była wyższa w jej częściach podziemnych niż w nadziemnych i przekraczała przeciętne ilości w roślinach.

## LITERATURA

- BONIFACIO E., BARBERIS E. 1999: Phosphorus dynamics during pedogenesis on serpentinite. *Soil Sci.* **164**, 12: 960–968.
- BREJ T., FABISZEWSKI J. 2003: Rośliny akumulujące metale ciężkie we florze Sudetów. *Annales Silesia* **32**: 155–163.
- BROOKS R.R., CROOKS H. M. 1980: Studies on uptake of heavy metals by the Scandinavian Kisplanten *Lychnis alpina* and *Silene dioica*. *Plant and Soil* **54**: 491–496.
- BRÖKER A. J. 1963: Genetisch-physiologische Untersuchungen über die Zinkverträglichkeit von *Silene inflata* Sm. *Flora* **153**: 122–156.
- FERNANDEZ S., SEOANE S., MERINO A. 1990: Plant Heavy metal concentration and soil biological properties in agricultural serpentine soil. *Common. Soil Sci. Plant Anal.* **30** (13, 14): 1867–1884.
- GABBIRIELLI R., PANDOLFINI T., VERGNANO O., PALANDRIM. R. 1990: Comparison of two serpentine species with different nickel tolerance strategies. *Plant and Soil* **122**: 271–277.

- GONNELLI C., GALARDI F., GABBRIELLI R. 2001: Nickel and copper tolerance and toxicity in three Tuscan populations of *Silene paradoxa*. *Physiologia Plantarum* **113**, 4: 507–514.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 2000: Potencjalnie toksyczne pierwiastki śladowe w glebach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **472**: 275–296.
- HEGI G. 1978: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Band 3, Teil 2, Verlag Paul Parey, Berlin.
- KABAŁA C., SZLACHTA T. 2000: Całkowita zawartość oraz formy rozpuszczalne pierwiastków śladowych w odpadach serpentynitowych kopalni Nasławice. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **471**: 959–966.
- KABATA-PENNDIAS A. 1993: Biogeochemia chromu, niklu i glinu. Chrom, nikiel i glin w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. *Zesz. Nauk. 5 Ossolineum*: 9–14.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- KONSTENTINOU M., BABALONOS D. 1996: Metal uptake by *Caryophyllaceae* species from metalliferous soil northern Greece. *Plant Systematic and Evolution* **203**,1-2: 1–10.
- LITYŃSKI T., JURKOWSKA H. 1982: Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN, Warszawa: 146–278.
- L'HUILLIER L., EDIGHOFFER S. 1996: Extractability of nickel and its concentration in cultivated plants in Ni rich ultramafic soils of New Caledonia. *Plant and soil* **186**: 255–264.
- ROBERTS B. A., PROCTOR J. 1992: The ecology of areas with serpentinized rocks. A World View. Kluwer Academic, Dordrecht, the Netherlands, *Geobotany* 17.
- TUTIN T.G., BUNGERS N.A., CHATER A. O., EDMONDSON J.R., HEYWOOD V.H., MOORE D. M., VALENTINE D. H., WALTERS S. J., WEBB D.A. 1993: *Psilotaceae to Platanaceae*. W: *Flora Europea*, Tom 1. Cambridge University Press: 191–218.
- WEBER J. 1981: Geneza i właściwości gleb wytworzonych z serpentynitów Dolnego Śląska. Cz. III. Właściwości fizykochemiczne. *Rocz. Glebozn.* **32** (2): 145–159.
- WIERZBICKA M., PANUFNIK D. 1998: The adaptation of *Silene vulgaris* to growth on a calamine waste heap (S. Poland). *Environ. Poll.* **101**: 415–426.
- ŻOŁNIERZ L. 1993: Nikiel w roślinach gleb serpentynitowych Dolnego Śląska. Chrom, nikiel i glin w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. *Zesz. Nauk. 5. Ossolineum*: 159–166.

Dr inż. Anna Koszelnik-Leszek

Katedra Botaniki i Ekologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy

pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław

e-mail: Ankosz@ozi.ar.wroc.pl