



Zbigniew JÓŻWIK

Metale ciężkie w roślinach i bakterie glebowe w rejonie Bellsundu (Spitsbergen)

WSTĘP

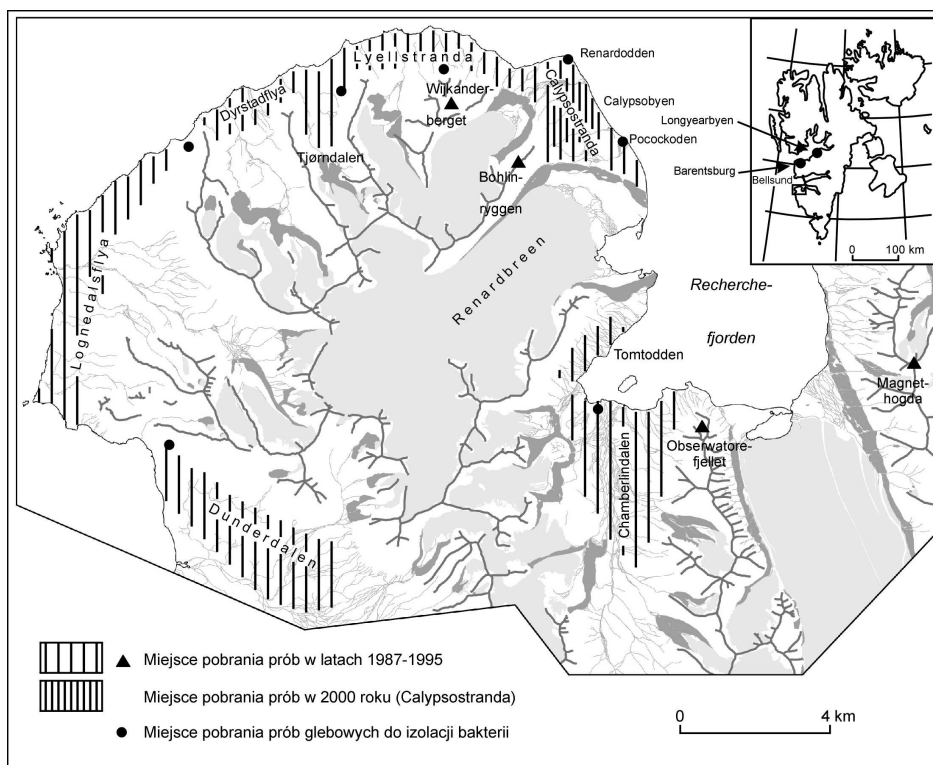
W latach 1987-1995 prowadzono badania nad zawartością miedzi (Cu), manganu (Mn), cynku (Zn), ołowiu (Pb) i kadmu (Cd) w roślinach i glebie w rejonie Bellsundu (Spitsbergen). Do badań wybrano dominujące gatunki roślin naczyniowych, mszaków i porostów, zebrane w latach: 1987, 1989, 1991, 1993 i 1995 z równin nadmorskich: Calypsostranda, Lyellstranda, Dyrstadflya, Lognedalsflya i Tomtodden; dolin: Chamberlin, Tjørn, Blomli i Dunder oraz stoków i szczytów górskich: Wijkanderberget, Bohlinryggen, Observatoriefjellet i Magnethogda (ryc. 1). W roku 2000 kontynuowano badania nad zawartością tych pierwiastków w roślinach i glebie, wzdłuż wytypowanego przekroju poprzecznego równiny Calypso, na 9 wytypowanych geoekosystemach (ryc. 1). Z miejsc, z których zbierano rośliny, pobierano także próbki glebowe celem izolacji bakterii glebowych.

Uzyskane wyniki publikowane były zarówno w czasopismach specjalistycznych, jak też i w opracowaniach zbiorowych (Jóźwik 1988, 1989, 1990a, 1990b, 1991, 1992a, 1992b, 1993, 1994a, 1994b, 1996, 1998, 2000, Janowiec i in. 1993, Jóźwik, Magierski 1991, 1992, 1993, 1994, 1995).

Niniejsze opracowanie jest podsumowaniem dotychczasowych badań nad zawartością metali w roślinach i izolacją bakterii glebowych Spitsbergenu. Badania w ramach przedstawionych tematów zostały wykonane podczas wypraw naukowych zorganizowanych przez Instytut Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie.

MATERIAŁ

Badaniami objęto 22 gatunki roślin naczyniowych, 25 gatunków mszaków i 13 gatunków porostów. Zbierano od kilku do kilkunastu okazów każdego gatunku z poszczególnych płatów roślinnych tundry na różnych stanowiskach. Materiał roślinny suszono, rozdrabniano w moździerzach agatowych, ujednolicono przez wymieszanie i oznaczano suchą masę. Rośliny zbierano w lipcu i sierpniu podczas kolejnych wypraw. W przypadku izolacji bakterii pobierano sterylnie próbki glebowe z różnych miejsc na tundrze, a także z Longyearbyen i Barentsburga (ryc. 1).



Ryc. 1. Lokalizacja poboru prób do badań.

METODY

Zawartość Cu, Mn, Zn, Pb, i Cd oznaczano w próbkach roślinnych na spektrofotometrze absorpcji atomowej, w aparacie Pye Unicam SP9. Materiał roślinny spalano w mieszaninie kwasów: azotowego i nadchlorowego w stosunku 7:1 /v/v/.

Bakterie izolowano według standardowych metod na wybranych podłożach: Bunta i Rovixy, podłożu uniwersalnym, podłożu dla promieniowców, agarze odżywczym i podłożu Burka.

WYNIKI BADAŃ

Metale

W oparciu o uzyskane wyniki można stwierdzić, że niektóre z badanych roślin wykazują dużą tolerancję na badane metale, gromadząc je. Należą tu Pb, Zn, i Cd. Występowanie tych pierwiastków ponad przeciętne w przypadku Pb lub ponad fizjologiczne stężenia w przypadku Zn, może stanowić o zagrożeniu tymi metalami naturalnego środowiska na badanym terenie. W przypadku Cu, mamy do czynienia z niedoborem tego metalu zarówno wśród roślin naczyniowych, jak też u mszaków i porostów.

Powodem takiego stanu rzeczy może być niska zawartość Cu w badanych glebach, co stwierdzono w przeprowadzonych analizach (Jóźwik, Magierski 1993). Możliwe jest także zmniejszone zapotrzebowanie na miedź u badanych gatunków lub też brak zdolności do akumulacji Cu przez badane rośliny.

Miedź (Cu)

Przeciętna zawartość Cu w roślinach waha się w granicach 5-20 ppm. W przypadku analizowanych roślin, u niektórych z nich stwierdza się niedobór tego pierwiastka. Z grupy roślin naczyniowych są to: *Cochlearia officinalis* - 3,7ppm, *Luzula arctica* - 4,8 ppm, *Oxyria digina* - 4,8 ppm, *Polygonum viviparum* - 2,7 ppm, *Salix reticulata* - 4,9 ppm, *Saxifraga aizoides* - 3,5 ppm, *S. cernua* - 4,1 ppm, *S. flagellaris* - 4,1 ppm, *S. oppositifolia* - 4,0 ppm i *Silene acaulis* - 4,5 ppm. W grupie mszaków niedobór Cu stwierdzono u: *Dicranum elongatum* - 4,2 ppm, *D-fuscescens* - 3,5 ppm, *Distichium capillaceum* - 4,1 ppm, *Racomitrium lanuginosum* - 3,9 ppm i *Tetralophozia setiformis* - 3,6 ppm. U porostów niedobór Cu stwierdza się u: *Cetraria crispata* - 3,1 ppm, *C. hiasecens* - 3,1 ppm, *C. gracilis* - 4,4 ppm, *Cladonia mitis* - 3,9 ppm, *Stereocaulon sp.* - 3,5 ppm i *Thamnolia vernicularis* - 2,9 ppm. Niedobór ten stwierdzono u 24 gatunków badanych roślin, co stanowi 40% wszystkich analizowanych roślin. U pozostałych roślin Cu występuje w stężeniach fizjologicznych (Jóźwik, Magierski 1993).

Mangan (Mn)

Mangan występuje w roślinach w zakresie stężeń 9-900 ppm. Pierwiastek ten u wszystkich analizowanych roślin znajdował się w granicach stężeń fizjologicznych.

Cynk (Zn)

Ilości cynku w roślinach wahają się w stężeniach 15-80 ppm. U wielu analizowanych roślin wykazano zwiększone ilości tego pierwiastka, ponad stężenia fizjologiczne, przy stosunkowo niskich stężeniach Zn w glebie (Jóźwik, Magierski 1993). Można zatem przypuszczać, że rośliny kumulują ten pierwiastek. Zwiększone ilości Zn stwierdzono przede wszystkim u *Salix polaris*, jednej z dominujących roślin na Spitsbergenie. Stężenie Zn u tej rośliny, przy wartości średniej, wynosiło 160 ppm. Można zatem wnieść o gatunkowej zależności na ten metal.

Z innych roślin, u których stwierdza się zwiększone ilości Zn są: *Salix reticulata* - 174,4 ppm, *Cerastium arcticum* - 97,4 ppm. U mszaków: *Bryum crithatum* - 157,0 ppm i *Pohlia polymorpha* - 101,0 ppm. Z kolei u wszystkich badanych porostów Zn występował w stężeniach fizjologicznych.

Ołów (Pb)

Wśród pierwiastków silnie toksycznych, które wraz z żywnością przedostają się do ustroju człowieka, wymienia się Cd i Pb oraz arsen (As) i rtęć (Hg). Ale tylko Pb jest kumulowany przez ludzi w stężeniach, które są zbliżone do poziomu klinicznie toksycznego. Niebezpieczeństwo obecności Pb wynika z faktu, że gospodarka tym pierwiastkiem jest podobna do gospodarki wapniem. Pb w sposób szczególnie zagraża naturalnemu środowi-

sku. W każdych ilościach jest niepożądanym. Przyjmuje się, że przeciętna jego ilość w roślinach wynosi 0,9 do 9 ppm.

W okresie badawczym stwierdzono u wielu roślin, głównie jednak mszaków i porostów, zwiększone ilości ołowiu ponad przeciętne opisane w literaturze (Kabata-Pendias, Pendias 1993). U wielu roślin stężenie Pb było nawet dwu- i trzykrotnie większe od przeciętnych. Mszaki i porosty pobierają ten metal z powietrza. Obecność ołowiu u tych roślin należy więc wiązać z antropopresją w danym środowisku. Ale i u roślin naczyniowych odnotowano zwiększone ilości Pb. Może to świadczyć o pobieraniu tego pierwiastka systemem korzeniowym i akumulacji w roślinach. A oto przykłady roślin u których stwierdza się przekroczenia Pb ponad przeciętne w roślinach. Z roślin naczyniowych: *Cerastium arcticum* - 15,2 ppm, *C. officinalis* - 13,5 ppm, *Draba corymbosa* - 13,9 ppm, *Dryas octopetala* - 12,4 ppm, *Luzula arctica* - 13,9 ppm, *Polygonum viviparum* - 10,6 ppm, *Salix polaris* - 10,4 ppm, *S. reticulata* - 16,1 ppm, *Saxifraga aizoides* - 20,6 ppm, *S. cernua* - 15,1 ppm, *S. oppositifolia* - 10,0 ppm i *Silene acaulis* - 115,5 ppm.

W przypadku mszaków tylko u 4 gatunków na 25 przebadanych nie stwierdzono przekroczeń stężeń ołowiu ponad przeciętne, a w porostach na 13 gatunków poddanych analizie, u 11 stwierdza się zwiększone ilości ołowiu. Łącznie na 60 przebadanych gatunków roślin u 44 stwierdza się zwiększone ilości Pb, co stanowi aż 73 %. Można więc mówić o zagrożeniu tym metalem naturalnego środowiska na badanym terenie.

Kadm (Cd)

Wprawdzie kadm jest łatwo pobierany przez rośliny, proporcjonalnie do stężenia w glebie, to nie jest on potrzebny do rozwoju roślin. Większość gatunków roślin odznacza się wysoką tolerancją na ten metal i nie wykazuje objawów toksyczności przy stosunkowo dużej koncentracji. W glebach Cd znajduje się w ilościach od 0,15 - 0,2 ppm, a w roślinach stężenie jego może dochodzić do 1 ppm. Stężenie 4 - 13 ppm uważa się za toksyczne dla roślin (Kabata-Pendias, Pendias 1993).

U większości badanych roślin Cd występował w obrębie średnich wartości opisanych w literaturze. Za wyjątek uznać należy *Salix polaris*, gatunek, który niezależnie od miejsc zbioru zawierał zwiększone ilości Cd (średnio 1,7 ppm). Być może roślina ta wykazuje zdolność do kumulacji znacznych ilości tego pierwiastka. Stwierdzono także znaczne ilości Cd u niektórych porostów: *Cladonia gracilis* - 1,4 ppm, *Ochrolechia frigida* - 1,4 ppm, *Stereocaulon denudatum* - 3,2 ppm i *Xantoria elegans* - 1,7 ppm.

Zawartość Cu, Mn, Zn, Pb i Cd w próbkach pobranych w roku 2000, wzdłuż przekroju poprzecznego równiny w Calypso, jest zbieżna z wynikami uzyskanymi w latach 1987 - 1995.

W wybranych do badań roślinach zróżnicowanie zawartości badanych metali jest różne i tylko w nielicznych przypadkach zależy od miejsc zbioru. Na uwagę zasługuje niewątpliwie *Salix polaris*, która niezależnie od miejsc zbioru gromadzi cynk ponad stężenia fizjologiczne, a Cd ponad średnie. Można więc mówić tu o zależności gatunkowej dla tej rośliny. Nato-

miast *Cetraria hiascens* i *Racomitrium lanuginosum*, niezależnie od miejsc zbioru wykazano niedobór Cu. To zapewne także zależność gatunkowa.

W ostatnich latach między innymi Drbal i in. (1992) oraz Grodzieńska i in. (1993) prowadzili badania nad zawartością metali ciężkich w roślinach Zachodniego i Południowego Spitsbergenu. Wyniki uzyskane przez tych autorów, szczególnie w przypadku porostów, odbiegają dla niektórych metali od opisanych w niniejszej pracy. Wydaje się, że wiązać to można zarówno z warunkami geologicznymi, hydrologicznymi, glebowymi, a także z antropopresją, która jest przecież różna dla opisanych terenów. Wielu badaczy zwraca właśnie uwagę na antropopresję przy badaniach zawartości metali ciężkich (Jaworowski 1980, Heizenberg 1989).

Bakterie

Bakterie izolowano z 69 próbek glebowych pobranych w latach 1991-2000 z: Tomtodden (miejsce, gdzie żyli Pomorcy), Pocockodden i Renardodden (miejsca gdzie żyli łowcy wielorybów), Chamberlindalen i Dunderbukta (z gleb torfowych), Barentsburga i Longyearbyen (miejsca gdzie obecnie żyje człowiek) oraz z różnych miejsc na tundrze w rejonie Bellsundu (ryc. 1).

Różnicowanie izolowanych szczepów bakteryjnych oparto o testy morfologiczne, fizjologiczne oraz barwienie według Grama. Testy biochemiczne zastosowano tylko wobec szczepów tworzących antybiotyki. Antybiozę określano metodą podwójnych warstw agarowych według Gratii (Frederiq 1957) w stosunku do saprofitu kwasoopornego, *Mycobacterium 279*, stosując podłoża izolacyjne. Kulturę szczepu *M. 279* prowadzono na podłożu Sautona. Bakterie izolowano na wybranych podłożach w temperaturach 4°C, 18°C i 37°C. Wyizolowano tysiące szczepów bakteryjnych, które po wstępnej selekcji do 931 stały się częścią Muzeum Szczepów w Zakładzie Fizjologii Roślin UMCS w Lublinie. W Zakładzie tym wykonywano badania nad charakterystyką i poszukiwaniem szczepów produkujących antybiotyki, hamujące wzrost prątków gruźlicy. Z liczby 931 szczepów wytypowano: 194 szczepy izolowane na agarze odżywczym 1,4%, a wśród nich: 6 szczepów izolowanych w temperaturze 4°C, 125 izolowanych w temperaturze 18°C i 63 szczepy izolowane w temperaturze 37°C; 218 szczepów izolowano na podłożu Bunta i Rovixy, z czego w temperaturze 4°C izolowano 20 szczepów, w temperaturze 18°C - 150 szczepów i w temperaturze 37°C - 47 szczepów; 25 szczepów izolowano na podłożu Burka, w temperaturze 4°C nie wyizolowano żadnego szczepu, w temperaturze 18°C izolowano 15 szczepów, a w temperaturze 37°C - 10 szczepów. Na podłożu uniwersalnym izolowano 224 szczepy, z czego w temperaturze 4°C - 20 szczepów, w temperaturze 18°C - 157 szczepów, a w temperaturze 37°C - 47 szczepów; 270 szczepów izolowano na podłożu dla promieniowców, z czego w temperaturze 4°C - 11 szczepów, w temperaturze 18°C - 188 szczepów, a w temperaturze 37°C izolowano 7 szczepów. W oparciu o metodę barwienia według Grama, do ziarniaków Gram+ zaszeregowano 372 szczepy, a do Gram- 452 szczepy. Laseczek było 55, z czego 16 Gram+ i 39 Gram-. W obrębie 52 pałeczek 23 to szczepy Gram+ i 29 Gram-. Dosyć licznie izolowano także grzyby.

Wszystkie izolowane szczepy, opisane morfologicznie, sprawdzono pod kątem ich wzrostu na bulionie, bulionie z 7% NaCl, na skosach agarowych i podłożach izolacyjnych. Wykonano także testy według Gratii, pozwalające wyłowić producentów antybiotyków. Okazało się, że z 931 badanych szczepów, 37 wykazywało antagonistyczne działanie wobec *Mycobacterium 279*. Stanowi to około 4% wszystkich badanych bakterii. Wydawać by się mogło, że jest to niewielki procent. Wskazać jednak należy na fakt stosunkowo niskiej produktywności antybiotyków przez bakterie glebowe. Spośród 37 szczepów produkujących antybiotyki, 6 wytwarzało te związki do podłoża bulionowego.

Izolowano także saprofity kwasooporne z miejsc, gdzie żyli kiedyś i żyją obecnie ludzie. Jeden z tych szczepów oznaczono do gatunku. Okazał się nim *Mycobacterium friburgensis*, względny patogen dla zółwi i węży, który znaleziono w warstwie kulturowej stanowiska archeologicznego „Viking”, znajdującego się pod moreną lodowca Renard (Janowiec i in. 1993). Próbką z warstwy, z której pochodzi ten szczep, datowana jest na drugą połowę XVII wieku (Dzierżek i in. 1990).

Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że gleby zachodniego Spitsbergenu w rejonie Bellsundu są bogate w mikroorganizmy należące do różnych grup morfologicznych. Wśród izolowanych bakterii dominują ziarniaki.

Stosunkowo nielicznie izolowano szczepy w temperaturze 4°C w porównaniu do temperatury 18°C i 37°C, co budzi zastanowienie, tym bardziej, że 4°C to średnia temperatura lata arktycznego na tym terenie. Być może użycie innych podłoży izolacyjnych pozwoliłoby na izolację innych gatunków bakterii. Najliczniej izolowano bakterie w temperaturze 18°C. W okresie letnim temperatura gleby w strefie korzeniowej dochodzi do kilkunastu stopni C. Zapewne dla tych szczepów jest to optymalna temperatura wzrostu.

PODSUMOWANIE

W oparciu o wyniki uzyskane z badań nad zawartością Cu, Mn, Zn, Pb i Cd w roślinach tundry, w rejonie Bellsundu na Zachodnim Spitsbergenu, w latach 1987 - 1995, a także w roku 2000 stwierdza się:

- (1) u wielu gatunków roślin niedobór Cu;
- (2) u niektórych gatunków roślin zwiększone ilości Zn, ponad stężenia fizjologiczne, a w przypadku Pb i Cd zwiększone ilości ponad średnie w roślinach;
- (3) u wszystkich badanych roślin stężenia Mn w granicach stężeń fizjologicznych.

Niepokojącym jest fakt gromadzenia Pb przez mszaki i porosty, a także niektóre gatunki roślin naczyniowych. Wprawdzie rośliny wytwarzają specjalne mechanizmy odporności przeciw wysokim stężeniom pierwiastków śladowych, a także charakteryzują się wysoką tolerancją na niektóre metale, to jednak wykazanie zwiększonych ilości Pb i Zn może stanowić o zagrożeniu naturalnego środowiska.

W większości przypadków, wśród izolowanych szczepów dominują promieniowce. Potwierdza to wcześniejsze doniesienia autora (Jóźwik 1996). Warto podkreślić, że wśród izolowanych bakterii wyodrębniono 37 szczepów produkujących antybiotyki hamujące wzrost *Mycobacterium 279*. Ważne to stwierdzenie, bowiem wciąż wzrasta liczba prątków gruźlicy opornych na stosowane antybiotyki, a także ilość tzw. „prątków atypowych”. Każdy nowy szczep, producent antybiotyków, stwarza nadzieję na nowe preparaty o działaniu przeciwgruźliczym.

LITERATURA

- DRBAL K., ELSTER J., KOMÁREK J., 1992: *Heavy metals in water ice and biological material from Spitsbergen, Svalbard*. Polar Research, 11, 2, 99-101.
- DZIERŻEK J., NITYCHORUK J., RZĘTKOWSKA A., 1990: *Geological-geomorphological analysis and ¹⁴C dating of submoraine organogenic within the Renardbreen outer margin, Wedel Jarlsberg Land, Spitsbergen*. Polar Research, 8, 275-281.
- FREDERIQ P., 1957: *Colicines*. Ann. Rev. Microbiol, 2, 7.
- GRODZIŃSKA K., GODZIK B., SZAREK G., 1993: *Heavy metals and sulphur in lichens from tundra Spitsbergen*. Fragm. Flor. Geobot., Suppl., 2 (2), 699-708.
- HEINTZENBERG J., 1989: *Arctic Haze: Air pollution in polar regions*. Ambio, 18, 50-55.
- JANOWIEC M., ANDRZEJCZYK Z., JEZIERSKA-ANCZUKÓW A., JÓŻWIK Z., 1993: *Bacterial flora in soil of Western Spitsbergen*. Polish Polar Research, 14 (2), 169-175.
- JAWOROWSKI Z., 1989: *Pollution of the Norwegian Arctic. A review*. Norsk Polarinstitute, Raportseries, 55, 1-93.
- JÓŻWIK Z., 1988: *Metale ciężkie w roślinach tundry spitsbergeńskiej - rejon Bellsundu*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 237-243.
- JÓŻWIK Z., 1990a: *Heavy metals in tundra plants of the Bellsund Fiord, area Spitsbergen*. Polish Polar Research, 11, 3-4, 401-409.
- JÓŻWIK Z., 1990b: *Heavy metals in tundra plants of the Bellsund Region, Spitsbergen. II. Blomlidalen, Tjørndalen, Dyrstadflya and Lognedalsflya*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 159-165.
- JÓŻWIK Z., 1991: *Heavy metals in tundra plants of the Bellsund Region. III. Chamberlindalen, Calypsostranda, Lyellstranda*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 163-170.
- JÓŻWIK Z., 1992a: *VI. Heavy metals in phylum Bryophyta in the Bellsund Region, Western Spitsbergen*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 171-178.
- JÓŻWIK Z., 1992b: *Soil bacteria in Bellsund Region in Western Spitsbergen*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 117-120.
- JÓŻWIK Z., 1993: *Antagonism of bacteria isolated from the soils of Western Spitsbergen, Bellsund Region*. XX Polar Symposium, Lublin, 177-180.
- JÓŻWIK Z., 1994a: *Contents of Cu, Mn, Zn, Pb and Cd in the plants of Calypsostranda - Bellsund Region (West Spitsbergen)*. XXI Polar Symposium, Warszawa, 177-180.
- JÓŻWIK Z., 1994b: *Isolation and antagonism of soil bacteria in the Bellsund Region of Western Spitsbergen*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 157-160.

- JÓŹWIK Z., 1996: *Bacteria from the occupation layers of the archeological locality Renardbreen ("Viking") in the Western Spitsbergen*. XXIII Polar Symposium, Sosnowiec, 45-49.
- JÓŹWIK Z., 1998: *Isolation and antagonism of soil bacteria from Western Spitsbergen*. Polish Polar Studies, 25th International Polar Symposium, Warszawa, 103-111.
- JÓŹWIK Z., 1999: *Heavy metals in tundra plants in the Bellsund Region, Western Spitsbergen*. Ekologia Antropologiczna. Materiały Międzynarodowej Konferencji, Mińsk-Łódź-Lublin, UMCS, 69-75.
- JÓŹWIK Z., 2000: *Heavy metals in tundra plants of the Bellsund in West Spitsbergen, investigated in the years 1987-1995*. Polish Polar Research, 22, 1, 43-54.
- JÓŹWIK Z., MAGIERSKI J., 1991: *Heavy metals in plants and soil of West Spitsbergen (Bellsund Region)*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin 171-177.
- JÓŹWIK Z., MAGIERSKI J., 1992: *Trace elements in plants and soil of coastal plains of south Bellsund (Western Spitsbergen)*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 161-169.
- JÓŹWIK Z., MAGIERSKI J., 1993: *Contents of Cu, Mn, Zn, Pb and Cd in plants and soil on Western Spitsbergen*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 181-197.
- JÓŹWIK Z., MAGIERSKI J., 1994: *Heavy metals in the plants and soil of Całypsostranda in the Bellsund Region (Western Spitsbergen)*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 179-189.
- JÓŹWIK Z., MAGIERSKI J., 1995: *Heavy metals in the plants and soil of Dunder valley (West Spitsbergen)*. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS, Lublin, 237-243.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.