

FITOAKUMULACJA MOLIBDENU I MANGANU W KONICZYNI BIAŁORÓŻOWEJ (*TRIFOLIUM HYBRIDUM* L.) I BABCE POSPOLITEJ (*PLANTAGO MAJOR* L.)

THE FITOACCUMULATION OF MOLYBDENUM AND MANGANESE IN ALSIKE CLOVER (*TRIFOLIUM HYBRIDUM* L.) AND GREATER PLANTAIN (*PLANTAGO MAJOR* L.)

MAŁGORZATA STOJEK¹

Abstrakt. Badania zawartości molibdenu i manganu w powierzchniowej warstwie gleb i roślinach przeprowadzono w okolicy Jabłonek w Beskidach Wschodnich w rejonie występowania łupków menilitowych i piaskowców z Otrytu. Pracę wykonano w celu zbadania zawartości molibdenu i manganu w roślinach oraz określenia wskaźnika bioakumulacji tych pierwiastków w dwóch gatunkach roślin (*Trifolium hybridum* L. i *Plantago major* L.). Oznaczenia Mo wykonano metodą ICP-MS, a Mn analizowano metodą ICP-OES. Stwierdzono wyższe zawartości Mo w *Trifolium hybridum* L. na terenie występowania łupków menilitowych (w liściach – 14 mg/kg) niż na terenie piaskowców z Otrytu (w liściach – 0,30 mg/kg). Najwięcej Mn gromadzi się w liściach (86–257 mg/kg). Wskaźnik bioakumulacji Mo poszczególnych gatunków roślin jest różny, jego wartości zmieniają się w zakresie 0,13–1,13. Najwyższym wskaźnikiem bioakumulacji molibdenu (1,13) cechuje się *Trifolium hybridum* L., występująca na terenach łupków menilitowych.

Słowa kluczowe: bioakumulacja, molibden, mangan, Beskidy Wschodnie (Karpaty), Polska.

Abstract. Studies of molybdenum and manganese content in topsoil and plants were carried out in the Eastern Beskids (Carpathians) in area of occurrence of menilite shales and the Otryt sandstones. The aim of the study was to evaluate the content of molybdenum and manganese in plants and the determination of a bioaccumulation of these two chemical elements in two species of plants (*Trifolium hybridum* L. and *Plantago major* L.). Mo symbols were performed by means of ICP-MS method, and Mn were analyzed by means of ICP-OES method. Result of studies in the *Trifolium hybridum* L. have shown higher content of Mo in the area of occurrence of menilite shales (in leaves – 14 mg/kg) than in the Otryt sandstones (in leaves – 0.30 mg/kg). Most Mn accumulates in leaves (86–257 mg/kg). The bioaccumulate indicator of Mo in individual plant species is different and ranges from 0.13 to 1.13. The highest rate of bioaccumulation of molybdenum (1.13) can be observed in *Trifolium hybridum* L., which inhabits areas of menilite shales.

Key words: bioaccumulation, molybdenum, manganese, Eastern Beskids (Carpathians), Poland.

WSTĘP

Molibden i mangan są pierwiastkami śladowymi niezbędnymi do prawidłowego rozwoju organizmów żywych, a względem siebie są pierwiastkami antagonistycznymi (Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007). Nadmierna akumulacja tych pierwiastków w roślinach może znacząco wpływać na ich rozwój. Toksyczny poziom manganu powoduje zmiany chlorotyczne i nekrotyczne, głównie na liściach starszych, oraz zaburzenia fitohormonów. Nadmiar molibdenu jest przyczyną żółknięcia i brunatnienia liści oraz zahamowania roz-

woju i wzrostu (Kabata-Pendias, Pendias, 1993; Kopcewicz, Lewak red., 2002). Niektóre rośliny zasiedlające tereny o podwyższonym stężeniu pierwiastków śladowych wykazują jednak zdolność do przystosowania swojego metabolizmu do istniejących warunków środowiskowych (Ernst, 2006). Podwyższona zawartość metali w glebach może być wynikiem zarówno czynników naturalnych (mineralizacji w skałach macierzystych), jak i czynników antropogenicznych (emisji metali ciężkich w pyłach zakładów energetycznych, metalurgicznych, chemicznych). Na zdolność pobierania i akumulacji pierwiastków przez roślinę wpływa zarówno

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: małgorzata.mrowiec@pgi.gov.pl.

kompleks warunków edaficznych, zależności między poszczególnymi metalami, jak i specyfika fizjologiczno-morfologiczna roślin (Bylińska, 1996). W glebie Mn występuje w postaci dwu-, trój- i czterowartościowej, a formą rozpuszczalną i najłatwiej przyswajalną z kompleksu sorpcyjnego jest Mn^{2+} (Lewak, Kopcewicz, 2009). Absorpcja manganu przez rośliny jest większa w glebach kwaśnych ($pH < 5,5$) lub alkalicznych (pH ok. 8) (Kabata-Pendias, Pendias, 1993). Jon Mn^{2+} jest pobierany przez korzenie i transportowany do naziemnych części roślin (Millaleo i in., 2010). W glebach obojętnych i umiarkowanie alkalicznych dominuje anion MoO_4^{2-} , który jest najbardziej dostępny dla roślin. W glebach kwaśnych ($pH < 5,5$), zwłaszcza zawierających tlenki żelaza, jego fitoprzyswajalność jest znikoma (Kabata-Pendias, Pendias, 1993).

Badania wykonano w celu określenia zawartości molibdenu i manganu w roślinach i glebie oraz wyznaczenia wskaźnika bioakumulacji tych pierwiastków na terenie występowania łupków menilitowych i piaskowców z Otrytu.

METODY BADAŃ

Próbki do analiz pobrano w okolicy Jabłonek w Beskidach Wschodnich (fig. 1) na terenie województwa podkarpackiego, w powiecie leskim. Jest to rejon występowania warstw menilitowych, które cechują się naturalną wysoką zawartością molibdenu. Wcześniejsze badania tego obszaru wykazały związek między występowaniem podwyższonej zawartości molibdenu we współczesnych alu-

wiach a występowaniem warstw menilitowych (Bojakowska, Borucki, 1994).

Badano próbki gleb i roślin z rejonu L1, gdzie podłożem są łupki menilitowe, oraz z rejonu L2, zlokalizowanego na piaskowcach z Otrytu. W rejonie L1 pobrano 3 próbki gleb z zakresu głębokości 0–30 cm z punktów oddalonych od siebie o 5 m, a w rejonie L2 – jedną próbkę. Z rejonów L1 i L2 pobrano po 20 próbek każdego z dwóch gatunków roślin: koniczyny białoróżowej i babki pospolitej. Łącznie pobrano 80 próbek roślin.

Próbki gleb wysuszono powietrznie w temperaturze pokojowej, a następnie roztworzono wodą królewską i określono zawartość molibdenu metodą ICP-MS, a manganu metodą ICP-OES. Dodatkowo oznaczono pH gleb w ekstrakcie wodnym metodą potencjometryczną.

Do analiz przekazano uśrednione próbki roślin (z każdego miejsca poboru cały materiał roślinny dotyczący jednego gatunku był dzielony na trzy podpróbki: kwiat, liście, łodyga), które następnie wysuszono w suszarkach w temperaturze nie przekraczającej $38^{\circ}C$. Wysuszony i rozdrobniony materiał roślinny roztworzono w piecu mikrofalowym z użyciem 70–71% HNO_3 +30% H_2O_2 . Granica oznaczalności jest taka sama dla gleb oraz roślin i wynosi dla Mo 0,05 mg/kg, a dla Mn 2 mg/kg. Wszystkie badania wykonano w akredytowanym Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB w Warszawie. W badaniach wykorzystano materiały referencyjne z porównań międzylaboratoryjnych (Riverclay 921 z porównania ISE; trawy z porównania IPE), organizowanych przez Uniwersytet Wageningen.

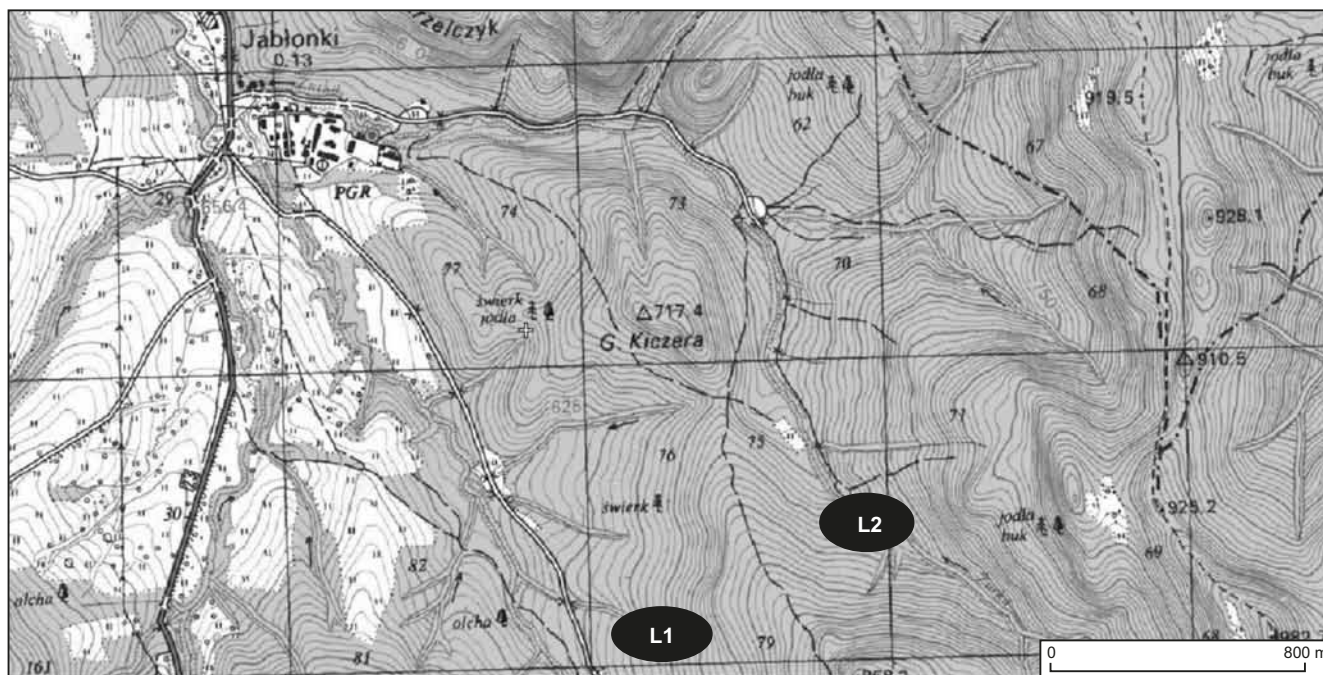


Fig. 1. Lokalizacja miejsc opróbowania na terenie występowania łupków menilitowych (L1) i piaskowców z Otrytu (L2) (www.geoportal.gov.pl)

Sampling sites in the presence of menilite shales (L1) and the Otryt sandstones (L2) (www.geoportal.gov.pl)

DYSKUSJA WYNIKÓW

GLEBY

Średnia arytmetyczna zawartość Mo w glebie z rejonu L1 wynosi 10,44 mg/kg (tab. 1), Mn 903 mg/kg (tab. 2), a odczyn roztworu glebowego jest kwaśny (pH 5,46). Zawartość Mo w glebie z rejonu L2 wynosi 1,97 mg/kg, Mn 683 mg/kg, a pH roztworu glebowego wynosi 7,45.

Średnia zawartość manganu w różnych typach gleb świata wynosi 100–1300 ppm (Kabata-Pendias, Pendias, 1993). Gleby piaszczyste są uboższe w mangan od gleb gliniastych, a gleby mineralne od gleb organicznych. W glebach Europy średnia zawartość manganu wynosi 837 mg/kg (de Vos i in., 2006), a w glebach Polski wartość mediany Mn na polach uprawnych i trwałych użytkach zielonych wynosi 250 mg/kg (Pasieczna, Markowski, 2014).

Średnią zawartość molibdenu w glebach świata określono na 1,8 mg/kg, chociaż w zależności od jego stężenia w skałach macierzystych wynosi od 1,3 dla gleb piaszczystych do 2,8 mg/kg dla gleb wapniastych (Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007). Na obszarze Polski tło geochemiczne molibdenu jest zróżnicowane. Powierzchniowa warstwa gleb na przeważającym obszarze kraju zawiera mniej niż 0,45 mg/kg molibdenu (Pasieczna, 2012). Wartość mediany Mo na polach uprawnych i trwałych użytkach zielonych wynosi 0,19 mg/kg (Pasieczna, Markowski, 2014).

Na terenie Karpat zawartość molibdenu jest dużo wyższa, może dochodzić do 144 mg/kg – średnio 35 mg/kg. Najbardziej prawdopodobnym źródłem molibdenu są krzemionkowo-ilasto-margliste warstwy menilitowe, które charakteryzują się podwyższoną zawartością tego pierwiastka (Gucwa, Wieser, 1980). Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają koncentrację Mo w glebie w lokalizacji L1, charakterystyczną dla rejonu z występowaniem łupków menilitowych i jest ona wyższa od zawartości w glebach Polski, które wahają się od 1 do 5 mg/kg (Kabata-Pendias, 1996). W lokalizacji L2 stężenie Mo jest porównywalne do najczęściej podawanych w literaturze (Kabata-Pendias, 1996). Stężenie Mn w dwóch badanych rejonach jest wysokie w porównaniu ze średnimi danymi podawanymi w literaturze. Jednak zakres zmierzonego wskaźnika w glebach na trwałych użytkach zielonych jest bardzo duży, wynosi 7–1091 mg/kg (Pasieczna, Markowski, 2014).

ROŚLINY

Zawartość molibdenu w łodydze, liściach i kwiatach koniczyny białoróżowej z lokalizacji L1 zmienia się od 9,83 mg/kg do 14,12 mg/kg, a babki pospolitej od 0,34 mg/kg do 2,10 mg/kg (fig. 2). Zawartość manganu w tych samych gatunkach roślin, w poszczególnych ich częściach, zmienia się od 34 mg/kg do 86 mg/kg dla koniczyny białoróżowej i od 20 mg/kg do 257 mg/kg dla babki pospolitej (fig. 3).

Tabela 1

Zawartości molibdenu w pędach i glebie powierzchniowej na terenie występowania łupków menilitowych (L1) i piaskowców z Otrytu (L2)

The molybdenum concentrations in the shoots and the topsoil in the presence of menilite shales (L1) and the Otryt sandstones (L2)

Roślina	Zawartość Mo w pędach P [mg/kg]	Zawartość Mo w glebie powierzchniowej G [mg/kg]	P/G
Rejon L1			
<i>Trifolium hybridum</i> L.	11,83	10,44*	1,13
<i>Plantago major</i> L.	1,21	10,44*	0,11
Rejon L2			
<i>Trifolium hybridum</i> L.	0,85	1,97	0,43
<i>Plantago major</i> L.	0,53	1,97	0,27

* średnia arytmetyczna zawartości molibdenu / the arithmetic average molybdenum concentration

Tabela 2

Zawartości manganu w pędach i glebie powierzchniowej na terenie występowania łupków menilitowych (L1) i piaskowców z Otrytu (L2)

The manganese concentrations in the shoots and the topsoil in the presence of menilite shales (L1) and the Otryt sandstones (L2)

Roślina	Zawartość Mn w pędach P [mg/kg]	Zawartość Mn w glebie powierzchniowej G [mg/kg]	P/G
Rejon L1			
<i>Trifolium hybridum</i> L.	64	903*	0,07
<i>Plantago major</i> L.	121	903*	0,13
Rejon L2			
<i>Trifolium hybridum</i> L.	127	683	0,19
<i>Plantago major</i> L.	80	683	0,12

* średnia arytmetyczna zawartości manganu / the arithmetic average manganese concentration

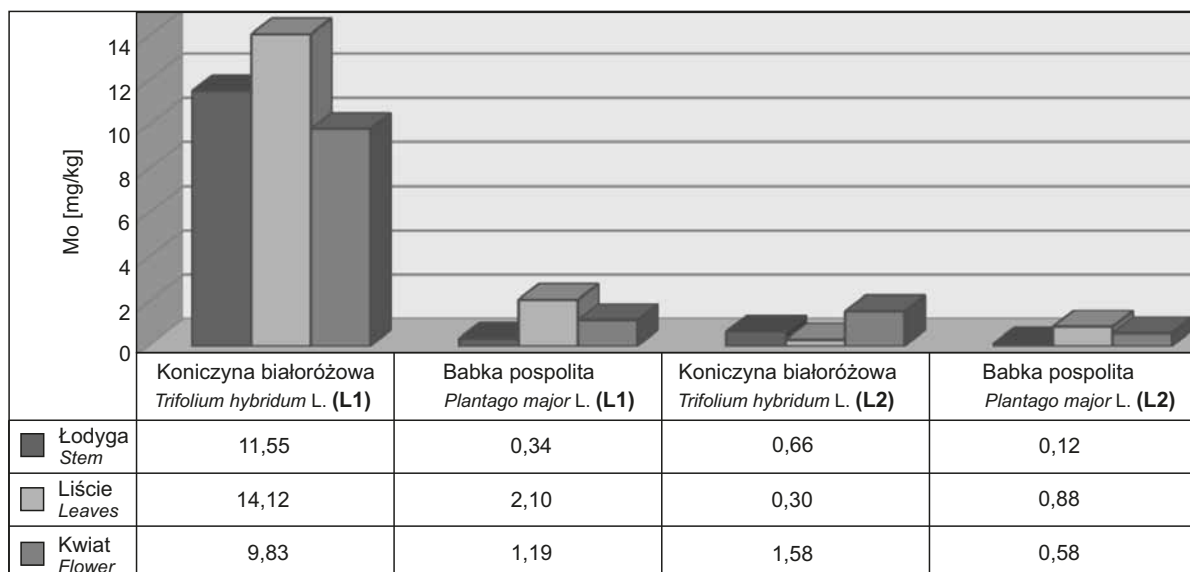


Fig. 2. Zawartości molibdenu w różnych częściach roślin na terenie występowania łupków menilitowych (L1) i piaskowców (L2)

The molybdenum concentrations in different parts of plants growing on the soils developed on menilite shales (L1) and sandstones (L2)

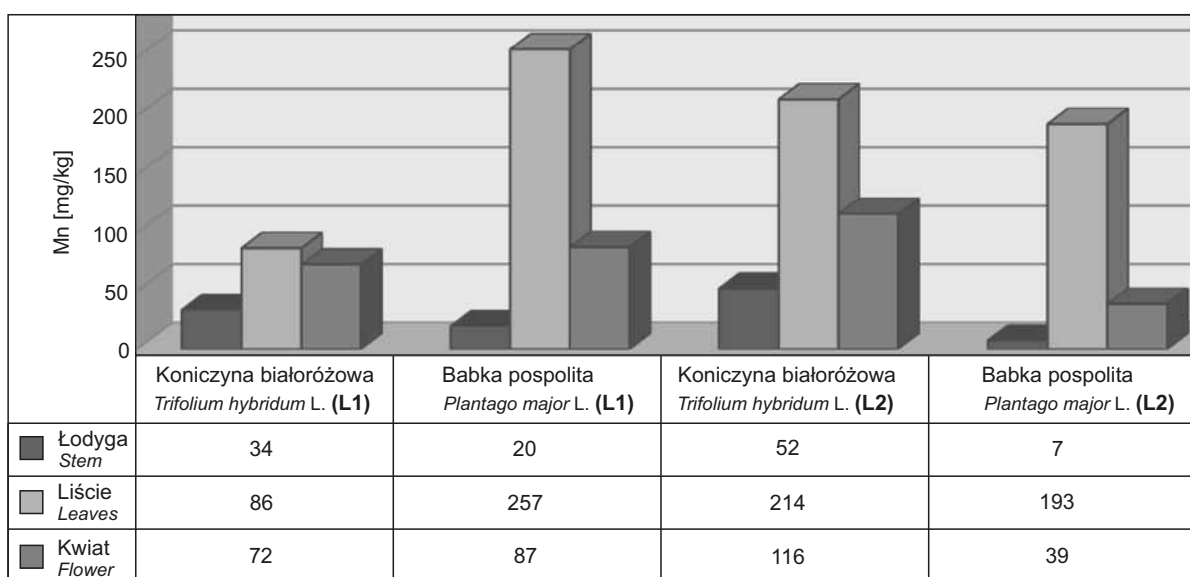


Fig. 3. Zawartości manganu w różnych częściach roślin na terenie występowania łupków menilitowych (L1) i piaskowców (L2)

The manganese concentrations in different parts of plants growing on the soils developed on menilite shales (L1) and sandstones (L2)

W przypadku roślin z lokalizacji L2 zawartość Mo wynosi od 0,30 do 1,58 mg/kg dla koniczyny białoróżowej i od 0,12 do 0,88 mg/kg dla babki pospolitej a Mn odpowiednio między 52–214 mg/kg oraz 7–193 mg/kg.

Według danych literaturowych zawartość Mn w koniczynie w Polsce wynosi 15–260 mg/kg i jest porównywalna z wynikami dla koniczyny białoróżowej (Kabata-Pendias, Pendias, 1993). Średnia zawartość Mo w roślinach motylkowatych w Polsce wynosi 0,50 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1993).

Rozmieszczenie Mn w obydwu roślinach wskazuje, że najczęściej tego pierwiastka gromadzi się w liściach (fig. 3). Nadziemne zielone części roślin są najbogatsze w ten pierwiastek, co wiąże się z koncentracją w chloroplastach (Kabata-Pendias, Pendias, 1993). Mn uczestniczy w likwidacji powstających tam wolnych rodników (Kopcewicz, Lewak red., 2002). W przypadku molibdenu najwyższe zawartości zaobserwowano także w liściach, z wyjątkiem koniczyny białoróżowej pobranej z lokalizacji L2.

Wyniki badań wskazują, że na terenie występowania łupków menilitowych koniczyna białoróżowa charakteryzuje się wyższą zawartością molibdenu w liściach (14,12 mg/kg) w porównaniu z babką pospolitą (2,10 mg/kg). W literaturze jest opisywany fakt, że rośliny z rodziny motylkowatych, do których należy koniczyna, oraz krzyżowych wykazują duże zapotrzebowanie na ten pierwiastek (Kabata-Pendias, Pendias, 1993). W przypadku niższej zawartości Mo w glebie, która jest charakterystyczna dla lokalizacji L2, stężenie w koniczynie jest również znacznie niższe (w liściach – 0,30 mg/kg).

Koniczyna białoróżowa, na terenach z względnie wysoką zawartością molibdenu w glebie, charakteryzuje się niską zawartością Mn (w liściach – 86 mg/kg). Na terenach o niskiej zawartości Mo w podłożu stężenie Mn było znacznie wyższe i w liściach wynosiło 214 mg/kg. W przypadku babki pospolitej, która nie wykazuje akumulacji Mo, nie zaobserwowano wyżej opisanej zależności. Antagonistyczna zależność między tymi dwoma pierwiastkami jest często zjawiskiem wtórnym, spowodowanym zwiększoną kwasowością gleby, która ułatwia pobieranie Mn, a ogranicza dostępność Mo dla roślin (Kabata-Pendias, Pendias, 1993).

BIOAKUMULACJA

Wartość wskaźnika bioakumulacji molibdenu wyznaczona dla poszczególnych gatunków roślin jest zróżnicowana – zmienia się od 0,13 do 1,13 (fig. 4). Rozpiętość ta wynika z różnic w zawartości molibdenu w roślinie i zawartości w glebie. W przypadku koniczyny białoróżowej zaobserwowano różnice w akumulacji Mo i Mn. Wysoka wartość wskaźnika bioakumulacji Mo (1,13) cechuje koniczynę białoróżową pobraną na terenie o względ-

nie wysokiej zawartości tego pierwiastka w glebie, przy jednoczesnym niskim wskaźniku bioakumulacji Mn (0,07). Odwrotna sytuacja ma miejsce na terenie występowania piaskowców z Otrytu. Wskaźnik bioakumulacji Mo dla koniczyny białoróżowej był znacznie niższy i wynosił 0,41, a dla Mn jego wartość była wyższa – 0,19. W przypadku rośliny babki pospolitej wskaźnik koncentracji Mn wykazał zbliżoną wartość w obu lokalizacjach. Według Kabaty-Pendias wskaźnik koncentracji (roślina/gleba) dla Mo wynosi 0,5 (Kabata-Pendias, 1996).

Przeanalizowano również stosunek zawartości pierwiastków w pędach (P), uwzględniając łodygę, liście i kwiat, do zawartości w glebie (G) (tab. 1 i tab. 2). Wartość >1 świadczy o hiperakumulacji danego metalu w wybranej roślinie (Siwek, 2008). Jedynie dla koniczyny białoróżowej z lokalizacji L1 stosunek zawartości molibdenu w pędach do zawartości w glebie (P/G) wynosił 1,13. Pozostałe wartości były poniżej 1, co świadczy o tym, że babka pospolita nie wykazuje tendencji do kumulacji Mo. W przypadku Mn badane rośliny nie wykazywały dużej zdolności do pobierania znaczących ilości tego pierwiastka (stosunek zawartości roślina/gleba wynosił <1).

Przeprowadzone badania wykazały, że roślina babka pospolita nie spełnia wymogów przyjętych dla roślin określanych jako hiperakumulatory, za które uważa się rośliny, które kumulują >1 mg/g As, Co, Cu, Ni, Pb, Sb, Se, Tl oraz >0,1 mg/g Cd bez ponoszenia szkody fitotoksycznej (Dubalska i in., 2012).

Badając stosunek zawartości manganu do molibdenu w poszczególnych częściach roślin najmniejszy stosunek ilościowy zaobserwowano dla koniczyny białoróżowej z lokalizacji L1 (tab. 3). W łodydze wynosi on 3:1, w liściach 6:1, a w kwiatach 7:1. Dla tego samego gatunku z lokalizacji L2 stosunek Mn do Mo jest znacznie wyższy, w liściach wynosi

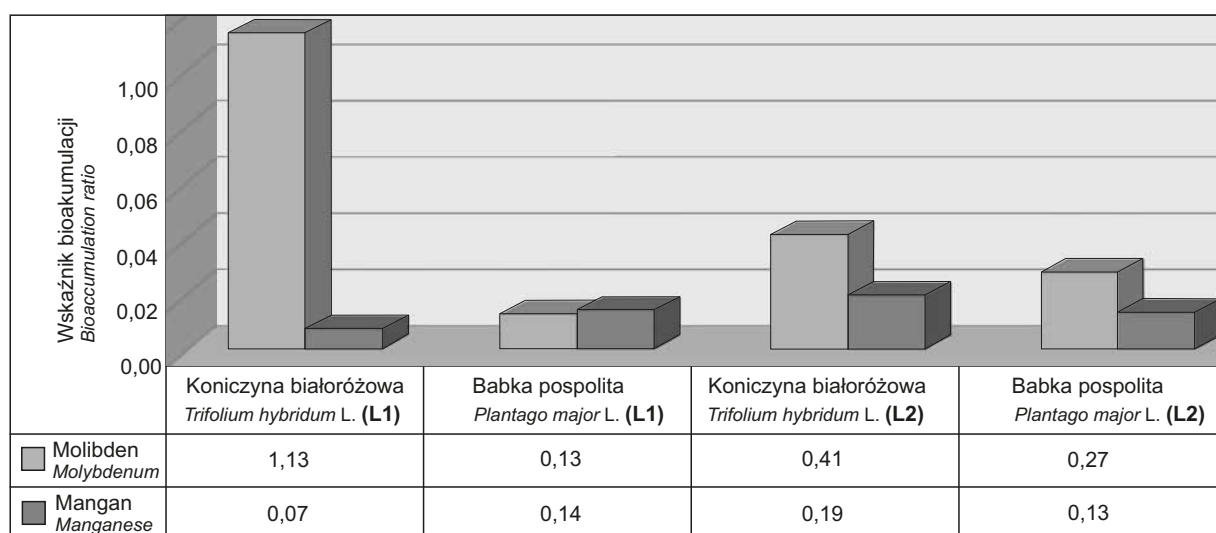


Fig. 4. Wskaźnik bioakumulacji molibdenu i manganu

wskaźnik bioakumulacji – stosunek średniego stężenia pierwiastka w roślinie do jego zawartości w glebie powierzchniowej

Bioaccumulation ratio of molybdenum and manganese

bioaccumulation ratio – the ratio of the average concentration of the element in the plant to its concentration in the topsoil

Tabela 3

Stosunek zawartości manganu i molibdenu w różnych częściach roślin na terenie występowania łupków menilitowych (L1) i piaskowców z Otrytu (L2)

The ratio of manganese and molybdenum content in different plant parts in the presence of menilite shales (L1) and the Otryt sandstones (L2)

Gatunek	Część rośliny	Mo [mg/kg]	Mn [mg/kg]	Mn/Mo
Rejon L1				
<i>Trifolium hybridum</i> L.	łodyga	11,55	34	3:1
	liście	14,12	86	6:1
	kwiat	9,83	72	7:1
<i>Plantago major</i> L.	łodyga	0,34	20	58:1
	liście	2,10	257	122:1
	kwiat	1,19	87	73:1
Rejon L2				
<i>Trifolium hybridum</i> L.	łodyga	0,66	52	79:1
	liście	0,30	214	714:1
	kwiat	1,58	116	73:1
<i>Plantago major</i> L.	łodyga	0,12	7	63:1
	liście	0,88	193	218:1
	kwiat	0,58	39	67:1

nawet 714:1. W przypadku babki pospolitej bez względu na lokalizację najmniejszy stosunek zaobserwowano w łodygach (58:1 i 63:1), a największy w liściach (122:1 i 218:1).

WNIOSKI

Stwierdzono, że na terenach występowania łupków menilitowych koniczyna białoróżowa akumuluje większe ilości molibdenu (w liściach – 14,12 mg/kg) w porównaniu z babką pospolitą (w liściach – 2,10 mg/kg).

Babka pospolita nie jest rośliną kumulującą Mo (stosunek zawartości Mo w pędach do zawartości Mo w glebie powierzchniowej jest mniejszy niż 1).

Rozmieszczenie manganu i molibdenu w poszczególnych częściach roślin wskazuje, że najczęściej tych pierwiastków gromadzi się w liściach, z wyjątkiem koniczyny białoróżowej pobranej z lokalizacji L2.

Wskaźnik bioakumulacji molibdenu w badanych gatunkach roślin jest różny. Zmienia się od 0,13 do 1,13 w zależności od warunków siedliskowych i gatunku rośliny. Najwyższym wskaźnikiem bioakumulacji molibdenu (1,13) cechuje się koniczyna białoróżowa, występująca na terenach łupków menilitowych, a najniższym babka pospolita pobrana z tej samej lokalizacji.

Artykuł opracowano na podstawie wyników uzyskanych podczas realizacji tematu pt. „Bioakumulacja molibdenu i innych pierwiastków śladowych w roślinach na terenach występowania łupków menilitowych”, wykonanego ze środków przyznanych PIG-PIB na działalność statutową.

LITERATURA

- BOJAKOWSKA I., BORUCKI J., 1994 – Molybdenum in stream sediment on the area of occurrence of the Dukla Folds and their margin. *Geol. Quart.*, **38**, 1: 155–168.
- BYLIŃSKA E., 1996 – Bioakumulacja miedzi w roślinach występujących na terenach polimetalicznych w Sudetach. *Zesz. Nauk. PAN*, **14**: 123–128.
- DE VOS W., TARVAINEN T. (red.), 2006 – Geochemical atlas of Europe, Part 2, Geological Survey of Finland, Espoo.
- DUBALSKA K., BODNAR M., KONIECZKA P., NAMIEŚNIK J., 2012 – Zdolność roślin do bioakumulacji: wykorzystanie w fitoremediacji i fitogórnictwie. *Analityka*, **4**: 51–54.
- ERNST W., 2006 – Evolution of metal tolerance in higher plants. *For. Snow Landsc. Res.*, **80**, 3: 251–274.
- GUCWA I., WIESER T., 1980 – Geochemia i mineralogia skał osadowych fliszu karpackiego zasobnych w materię organiczną. *Pr. Miner.*, **69**: 1–43.
- KABATA-PENDIAS A., 1996 – Biogeochemia miedzi i molibdenu. *Zesz. Nauk. PAN*, **14**: 11–19.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., MUKHERJEE A.B., 2007 – Trace elements from soil to human. Springer, Berlin.
- KOPCEWICZ J., LEWAK S. (red.), 2002 – Fizjologia roślin. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- LEWAK S., KOPCEWICZ J. (red.), 2009 – Fizjologia roślin. Wprowadzenie. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- MILLALEO R., REYES-DIAZ M., IVANOV A.G., MORA M.L., ALBERDI M., 2010 – Manganese as Essentials and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, **10**, 4: 476–494.
- PASIECZNA A., 2012 – Molibden i cyna w glebach Polski. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **450**: 75–82.
- PASIECZNA A., MARKOWSKI W., 2014 – GEMAS. Badania geochemiczne gleb pól uprawnych i trwałych użytków zielonych w Polsce raport krajowy (www.mapgeochem.pgi.gov.pl).
- SIWEK M., 2008 – Rośliny w skażonym metalami ciężkimi środowisku przemysłowym. Część II. Mechanizmy detoksyfikacji i strategię przystosowania roślin do wysokich stężeń metali ciężkich. *Wiadomości Botaniczne*, **52**, 3/4: 7–23.

SUMMARY

In nature, there are differences in concentration of trace elements depending on species and habitat conditions. Absorption of elements from the soil by a plant is subject to, among others, a form of metal presence in the soil, sorption capacity and soil reactivity. Manganese uptake by plants is higher in acidic soils ($\text{pH} < 5,5$) or alkaline (pH about 8). The anion MoO_4^{2-} dominates neutral and moderately alkaline soils and in such condition is mostly available for plants. In the presence of shale menilite, which have naturally higher content of molybdenum in rocks and in the presence of sandstone, level of bioconcentration Mo

and Mn was tested in two species of plants (alsike clover and greater plantain). The plant of the legume family (clover) is characterized by higher rates of bioaccumulation Mo (1.13 in location L1 and 0.41 in location L2) than the common greater plantain (0.13 in location L1 and 0.27 location L2). The situation is reversed in the case of Mn bioaccumulation. Alsike clover is characterized by low levels of Mn bioaccumulation in location L1 (0.07) and higher in location L2 (0.19). In the case of the plant greater plantain, regardless of the location of Mn concentration, ratio was of similar values.