

*Jerzy Kwapuliński, Agnieszka Fischer, Ewa Nogaj, Jolanta Łazarczyk-Henke,
Maria Morawiec, Maria Wojtanowska*

BADANIE NAD PRZYDATNOŚCIĄ WYBRANYCH GATUNKÓW GRZYBÓW DO RÓWNOCZESNEJ BIOINDYKACJI OŁOWIU I KADMU

Katedra i Zakład Toksykologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego
Kierownik: prof. dr hab. *J. Kwapuliński*

W przeprowadzonych badaniach metodą AAS oznaczono zawartość Pb i Cd w 15 gatunkach grzybów wielkoowocnikowych rosnących w różnych siedliskach Polski Południowej. Analiza zawartości Pb i Cd w poszczególnych formach występowania tych metali w glebie oraz przeprowadzona analiza korelacyjna posłużyła do określenia przydatności grzybów w równoczesnej bioindykacji tymi metalami.

Hasła kluczowe: grzyby, ołów, kadm, bioindykacja.

Key words: fungi, lead, cadmium, bioindication.

Niektóre gatunki grzybów dzięki właściwościom kumulowania metali ciężkich, np. ołowiu i kadmu mogą zawierać wielokrotnie więcej metali niż podłoże, na którym wyrosły (1–5). Grzyby dziko rosnące, podobnie jak i inne elementy środowiska przyrodniczego narażone są na zanieczyszczenia substancjami, które w środowisku występują w sposób naturalny albo powstają w związku z działalnością człowieka (6, 7). Wzrost stężenia wybranych pierwiastków w środowisku przyrodniczym znajduje swoje odzwierciedlenie w zwiększeniu ich zawartości w grzybach (5). Pierwiastki toksyczne podlegając biologicznej kumulacji, mogą następnie w przypadku grzybów jadalnych, przedostać się do organizmu człowieka.

Kadm i ołów należą do pierwiastków szkodliwych dla organizmów żywych, ponieważ niekorzystnie oddziałują na wybrane przemiany biochemiczne. Wyniki badań przeprowadzone przez *Grzybek* i współpracowników (8) wykazały, że kadm jest najbardziej przyswajalny przez następujące gatunki grzybów: czubajka kania *Macrolepiota procera*, mleczaj rydz *Lactarius deliciosus*, podgrzybek brunatny *Xerocomus badius*.

Czynnikiem, który silnie determinuje zawartość ołowiu w owocnikach grzybów wyższych jest stopień zanieczyszczenia tym metalem wierzchniej warstwy gleby (9, 10). Z kolei grzybnia przerasta podłoże i aktywnie wpływa na biodostępność metali dla rosnących na danym terenie roślin (11). Przeprowadzone badania nad zawartością ołowiu w grzybach wykazały, że podgrzybek brunatny *Xerocomus badius* pochodzący z terenów byłego województwa bielsko-bialskiego był mniej zanieczyszczony tym pierwiastkiem niż grzyby rosnące na terenie województwa krakowskiego (12). Ten fakt wskazuje, że grzyby wielkoowocnikowe mogą być wykorzystywane

do bioindykacji zanieczyszczeń metalicznych na badanym terenie po uprzedniej weryfikacji zależności równoczesnych zmian zawartości danego pierwiastka w podłożu i w danym gatunku grzyba.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były owocniki 15 gatunków grzybów wielkoowocnikowych, pozyskane na wybranych terenach Polski Południowej.

Grzyby po oczyszczeniu, zostały podzielone na fragment kapelusza i trzonu, a następnie wysuszone i rozdrobnione. 1 g homogenizowanej próbki danego grzyba roztworzano stężonym kwasem azotowym (V) (spektralnie czysty Suprapur Merck). Po odparowaniu do sucha na analitycznej łaźni wodnej poddano dalszej mineralizacji w piecu muflowym, temp. 450°C, aż do uzyskania białego popiołu, w ciągu ok. 12 h. Schłodzoną próbkę zadawano 10 cm³ wody utlenionej, a następnie po odparowaniu rozpuszczono w kwasie azotowym (V) o stęż. 1 mol/dm³. Czynności te powtarzano, aż do uzyskania klarownego, przezroczystego roztworu, który następnie uzupełniono do obj. 10 cm³ wodą redestylowaną.

Zawartości ołowiu i kadmu w próbkach grzybów oznaczono za pomocą metody AAS (Phillips Pye-Unicam SP-9) z dokładnością 0,01 µg/g. Precyzja oznaczeń wynosiła 1,8–2,7% w zależności od pierwiastka.

Dokładność oznaczeń Pb i Cd sprawdzono metodą dodatku wzorca prod. Zakład Fizykochemii Głównego Urzędu Miar w Warszawie oraz materiału referencyjnego SRM 1648, którym był pył miejski. Oznaczenia w stosunku do deklarowanych ilości różniły się dla Pb i Cd kolejno o 2% i 4,3%.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Ocena stopnia kumulacji wybranych pierwiastków przez grzyby wymaga przede wszystkim rzetelnej informacji o ich biodostępności. Biodostępność danego pierwiastka w głównej mierze determinuje chemiczna forma jego występowania w podłożu (gleba).

Celem poprawnej interpretacji oznaczeń zawartości pierwiastków w grzybach, są ilości form chemicznych bezpośrednio (jonowymiennie, adsorbowalne) lub pośrednio (węglany, połączenia organiczne) biodostępnych. Rolę i ważność tych informacji ilustrują dane mówiące o występowaniu ołowiu i kadmu w glebie w poszczególnych siedliskach zebranych grzybów – tab. I. Przeciętne wartości kadmu i ołowiu w poszczególnych chemicznych formach ich występowania w glebie świadczą, że dane o ogólnej zawartości Pb i Cd zmieniają się bardzo ze względu na miejsce pobrania. Co więcej, przeciętne dane o zawartości metali w glebie na dużym obszarze, np. Beskid Śląski, dodatkowo fizjograficznie bardzo zróżnicowanym, nie są adekwatne do rzeczywistych ich obecności w siedlisku. Może to być przyczyną błędnych spostrzeżeń w zakresie oceny migracji ołowiu i kadmu lub ich kumulacji przez grzyby, które z założenia badane są w aspekcie ich przydatności jako biomarkerów ekspozycji lub bioindykatorów stopnia zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego danym

Tabela I. Zawartość ołowiu i kadmu w poszczególnych formach występowania w glebie ($\mu\text{g/g}$)
 Table I. Pb and Cd contents in different chemical forms in soil ($\mu\text{g/g}$)

Miejscowości [m n.p.m.]	Siedlisko	Wymienna		Adsorbowalna		Połączeń organicznych		Węglianów		Siarczków	
		Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd
Halców (370-380)	Czerndiak pospolity	28,67	0,15	10,49	0,27	35,96	0,15	25,83	0,02	25,83	0,02
Rycerka Góra (Jaworzyna) (700-750)	Lakówka ametystowa <i>Hebeloma</i> <i>longicaudum</i>	6,49	0,63	1,00	0,15	2,00	0,27	7,99	0,02	2,00	0,03
Kamesznica (Wojtasowa Grapa) (600-700)	Bocznik ostrogowaty Grzybówka różowawa	0,50-13,96	0,03-1,35	2,00-5,98	0,02-0,03	19,46-48,98	0,87	27,02-76,72	0,03-0,63	2,99-25,37	0,02-0,39
Ustron (przy drodze) (800)	Mleczaj biel	32,35-33,64	0,63-0,88	14,53-23,83	0,02-0,03	35,12-141,43	0,15-0,27	73,80-88,27	0,15	43,94-47,33	0,15-0,27
Kielbasków (Grapa) (470-510)	Muchomor sromotnikowy	1,00-5,51	0,15-0,88	2,00-6,50	02-0,03	26,69-53,84	0,27-0,75	29,10-29,54	0,15-0,27	1,00-4,00	0,03-0,15
Mutne (Janikowa Grapa) (520-580)	Wrośniak różnobarwny	3,99-5,48	0,39-0,87	2,99-3,49	0,02	23,43-40,98	0,27-0,51	17,95-40,98	0,02	0,50-1,99	0,03-0,27
Prądociec (Młoda Góra) (590-640)	Porek brzożowy Wodnicza jasnozłota Gołąbek wymiotny	11,00-27,45	0,27-0,51	3,50-7,49	0,02-0,03	26,64-50,07	0,15-0,27	14,99-28,70	0,15-0,39	1,00-3,00	0,03
Juszczyna (Wojtowski Wierch) (580-620)	Gąsówka płowa Masianka ceglasta Czasznica workowata	5,99-7,00	0,51-0,75	4,00-10,49	0,02-0,03	30,32-50,96	0,15-0,39	19,98-26,67	0,15-0,39	1,50-2,50	0,02
Pewel Mała (Wolentarski Groń) (430-530)	Zastolak niebieskawcy	5,51-7,99	0,39-0,75	1,50-5,51	0,03	23,80-63,34	0,15	29,88-34,82	0,02	3,50-3,50	0,02

pierwiastkiem. Podkreślić należy, że duża zmienność obszarowa występowania ołowiu i kadmu w glebie jest dodatkowo wielokrotniona dużą zmiennością ich występowania w poszczególnych formach chemicznych. Przykładowo w siedlisku czernidłaka pospolitego Pb występował ($\mu\text{g/g}$) w glebie w formie wymiennej – 28,67, w formie adsorbowalnej 10,49, w formie połączeń organicznych 35,96, w formie węglanów 25,83, a kadmu w ilościach kolejno – 0,15; 0,27; 0,15; 0,02 (tab. I).

Ilości ołowiu i kadmu w siedlisku mleczaja biela, narażonym na bezpośrednią transgraniczną emisję ołowiu i kadmu z nad Czech (Trzyniec-Ostrawa) są dużo większe, a mianowicie ($\mu\text{g Pb/g}$): 32,35–33,64 w formie wymiennej, 14,53–23,83 w formie adsorbowalnej 73,80–88,27 w formie połączeń organicznych i 43,94–47,33 w formie węglanów. Ilości odpowiednich chemicznych form występowania kadmu wynosiły kolejno ($\mu\text{g Cd/g}$): 0,63–0,88 ; 0,02–0,03; 0,15–0,27; 0,15 (tab. I).

Podobnie duże ilości ołowiu stwierdzono w siedlisku wrośniaka różnobarwnego (Mutne), wodnicha jasnożółtej, gołąbka wymiotnego i porka brzozonego w obszarze Młodej Góry (Prądociec). Z kolei duża obecność kadmu w podłożu w poszczególnych formach specyjalnych dotyczyła siedliska gasówki płowej, maślanki ceglastej, czasznicy workowatej w Juszczenie – 0,75 $\mu\text{g Cd/g}$ w formie wymiennej; w siedlisku muchomora sromotnikowego na Grapie (Kiełbasków) – 0,88 $\mu\text{gCd/g}$, w siedlisku lakówki ametystowej – 0,63 $\mu\text{g Cd/g}$ (tab. I). Stąd ciekawe mogą być wyniki badań nad specyficzną zdolnością kumulowania pierwiastków, w tym kadmu i ołowiu przez dany gatunek grzyba o dużej powszechności występowania, np. muchomor sromotnikowy przy zróżnicowanej ilości bezpośrednio i pośrednio biodostępnych form występowania metali w siedlisku. Wyniki zestawione w tab. I są przykładem konieczności powszechnego wdrożenia badań specyjalnych gleby (podłoże) w siedlisku danego gatunku grzyba. Formy pośrednio biodostępne (węglany, połączenia organiczne) mogą w okresach kwaśnych deszczy przemienić się do form bezpośrednio biodostępnych (jonowymienne, adsorbowalne).

Charakterystykę statystyczną występowania ołowiu i kadmu w poszczególnych gatunkach grzybów, gdzie w większości przypadków uwzględniono osobno kapelusz i trzon, podano w tab. II i III. Największą zmiennością występowania ołowiu odznaczał się *Hebeloma longicandum* (209% trzon, 73% kapelusz), wodnicha jasnożółta (trzon 59%, kapelusz 109%), lakówka ametystowa (trzon 90%, kapelusz 65%) – tab. II. Podobne spostrzeżenia dotyczą zmienności występowania kadmu – *Hebaloma longicadum* (trzon 126%, kapelusz 62%), wodnicha jasnożółta (trzon 253%, kapelusz 214%), lakówka ametystowa (trzon 120%, kapelusz 62%) (tab. III). Najmniejsza zmienność występowania ołowiu i kadmu dotyczyła kapelusza i trzonu zasłonaka niebieskiego (11%–23% dla Pb – tab. II i 26%–33% – dla Cd – tab. III). Niską wartość współczynnika zmienności występowania kadmu i ołowiu interpretuje się jako dużą zdolność do specyficznego kumulowania pierwiastków, niezależnie od ich ilości w podłożu lub silnej dyskryminacji biochemicznej tych pierwiastków, w warunkach dużej biodostępności w siedlisku w odniesieniu do danego gatunku grzyba. Na ogół większe ilości kadmu i ołowiu stwierdzono w trzonie grzyba w porównaniu do kapelusza (tab. II, III).

W tab. II. i III. przedstawiono także zawartości odpowiadające 10 i 95-procentylovi. Zawartość odpowiadająca 10-procentylovi wskazuje na zawartość ołowiu i kadmu w nawiązaniu do najmniejszej przeciętnej charakterystyki geochemicznej

Tabela II. Charakterystyka statystyczna występowania ołowiu w badanych gatunkach grzybów ($\mu\text{g/g}$)

Table II. The statistical characteristic of Pb contents in given species of fungi

Gatunek	Część grzyba	Średnia geometryczna	Zakres zmian	Zawartości odpowiadające procentylom		Współczynnik zmienności %
				10	95	
<i>Bocznik ostrygowaty</i> <i>Pleurotus ostreatus</i>	Kapelusz	8,68	5,69–16,47	5,96	16,47	42
	Trzon	12,97	5,17–22,90	5,17	22,90	58
<i>Czasznica workowata</i> <i>Calvatia exciouliformis</i>	Cały grzyb	14,72	5,00–36,26	5,00	36,26	64
<i>Czernidlak pospolity</i> <i>Coprinus atramentarius</i>	Cały grzyb	15,34	10,09–25,40	10,09	25,40	40
<i>Gąsówka płowa</i> <i>Lepista gliva</i>	Kapelusz	10,59	2,56–20,94	2,56	20,94	51
	Trzon	26,26	2,62–89,06	2,62	89,06	82
<i>Gołąbek wymiotny</i> <i>Rusulla emetica</i>	Kapelusz	14,51	1,99–48,64	3,73	45,54	76
	Trzon	28,55	6,99–189,14	8,09	150,29	121
<i>Grzybówka różowawa</i> <i>Mycena rosella</i>	Cały grzyb	47,20	23,03–140,82	23,03	140,82	100
<i>Hebeloma longicaudum</i>	Kapelusz	8,98	1,53–34,94	2,38	15,03	73
	Trzon	11,51	2,35–192,36	4,89	17,34	209
<i>Lakówka ametystowa</i> <i>Laccaria amethystea</i>	Kapelusz	12,87	3,63–33,28	3,63	33,28	65
	Trzon	12,95	3,75–53,61	3,76	53,61	90
<i>Maślanka ceglasta</i> <i>Hypholoma aublateritium</i>	Kapelusz	4,06	1,13–12,13	1,13	12,13	77
	Trzon	6,83	1,77–17,42	1,77	17,42	67
<i>Mleczaj biel</i> <i>Lactarius piperatus</i>	Kapelusz	12,29	5,15–19,59	5,15	19,59	56
	Trzon	13,55	9,16–18,68	9,16	18,68	34
<i>Muchomor sromotnikowy</i> <i>Amanita phalloides</i>	Cały grzyb	10,80	3,81–43,54	3,81	43,54	108
<i>Porek brzozowy</i> <i>Piptoporus betulinus</i>	Cały grzyb	4,33	2,82–8,24	2,82	8,24	61
<i>Wodnicha jasnożółta</i> <i>Hygrophorus hypothejus</i>	Kapelusz	11,64	3,67–63,10	3,67	63,10	109
	Trzon	10,74	2,76–25,01	2,76	25,01	59
<i>Wrośniak różnobarwny</i> <i>Trametes versicolor</i>	Cały grzyb	4,12	1,65–14,75	1,65	14,75	103
<i>Zasłoniak niebieskawy</i> <i>Cortinarius coeruleascens</i>	Kapelusz	2–13,79	10,66–17,18	10,66	17,18	23
	Trzon	18,87	17,16–21,36	17,16	21,36	11

Tabela III. Charakterystyka statystyczna występowania kadmu w kapeluszu i trzonie badanych gatunkach grzybów ($\mu\text{g/g}$)

Tabela III. The statistical characteristic of Cd contents in cap and stem of given species of fungi

Gatunek	Część grzyba	Średnia geometryczna	Zakres zmian	Zawartości odpowiadające percentylom		Współczynnik zmienności %
				10	95	
Bocznik ostrogowaty <i>Pleurotus ostreatus</i>	Kapelusz	0,64	0,04–1,51	0,04	1,95	57
	Trzon	1,49	0,62–9,53	0,62	9,53	141
Czasznica workowata <i>Calvatia exciouliformis</i>	Cały grzyb	2,38	0,76–7,45	0,76	0,71	139
Czernidłak pospolity <i>Coprinus atramentarius</i>	Cały grzyb	15,34	10,09–25,40	10,09	25,40	89
Gąsówka płowa <i>Lepista gliva</i>	Kapelusz	0,65	0,08–2,51	0,08	2,51	80
	Trzon	1,16	0,11–4,81	0,11	4,81	86
Gołąbek wymiotny <i>Rusulla emetica</i>	Kapelusz	2,28	0,34–6,69	0,86	5,44	62
	Trzon	2,32	0,09–8,96	0,83	7,56	73
Grzybówka różowawa <i>Mycena rosella</i>	Cały grzyb	3,99	2,13–6,45	2,13	6,45	49
<i>Hebeloma longicaudum</i>	Kapelusz	1,86	0,34–4,69	0,78	4,32	62
	Trzon	1,27	0,08–10,81	0,24	3,69	126
Lakówka ametystowa <i>Laccaria amethystea</i>	Kapelusz	2,47	1,58–5,28	1,58	5,28	45
	Trzon	1,57	0,47–3,41	0,47	3,41	50
Maślanka ceglasta <i>Hypholoma aublateritium</i>	Kapelusz	3,28	1,64–9,65	1,64	9,65	64
	Trzon	2,29	1,14–5,87	1,14	5,87	60
Mleczaj biel <i>Lactarius piperatus</i>	Kapelusz	4,83	2,12–11,49	2,12	4,64	80
	Trzon	2,65	1,31–40,3	1,31	3,54	49
Muchomor sromotnikowy <i>Amanita phalloides</i>	Cały grzyb	5,88	1,94–26,59	1,94	26,59	118
Porek brzozywy <i>Piptoporus betulinus</i>	Cały grzyb	1,69	0,92–2,67	0,92	2,67	48
Wodnica jasnożółta <i>Hygrophorus hypothejus</i>	Kapelusz	1,77	0,55–31,69	0,55	31,69	214
	Trzon	1,28	0,07–67,78	0,07	67,78	253
Wrośniak różnobarwny <i>Trametes versicolor</i>	Cały grzyb	1,00	0,68–1,42	0,68	1,42	30
Zastonak niebieskawy <i>Cortinarius coerulescens</i>	Kapelusz	22,01	16,89–28,67	16,89	29,67	26
	Trzon	10,57	6,94–13,98	6,94	13,98	33

gleby oraz najmniejszych wpływów czynników środowiskowych, np. opad całkowity tych metali nad danym siedliskiem. Te wartości mogą być wykorzystane jako układ odniesienia w innych prospektywnych badaniach nad skutkami emisji ołowiu i kadmu do środowiska przyrodniczego.

Z kolei o incydentalnych zanieczyszczeniach siedliska o charakterze statystycznym świadczą wartości odpowiadające 95 – percentylowi (tab. II, III).

Z uwagi na dużą zmienność opadu całkowitego ołowiu i kadmu, zasadne do porównań tendencji zmian zawartości tych pierwiastków w środowisku przyrodniczym w obszarze siedliska 15 gatunków grzybów, jest wykorzystanie zawartości pierwiastka odpowiadającego średniej geometrycznej. W przeważającej mierze przeciętna zawartość Cd wynosiła 1,28–2,65 $\mu\text{g/g}$ w trzonie i 0,64–2,47 $\mu\text{g/g}$ w kapeluszu (tab. III). Natomiast przeciętna zawartość ołowiu wynosiła 10,74–12,95 $\mu\text{g/g}$ w trzonie i 8,68–12,29 $\mu\text{g/g}$ w kapeluszu (tab. II).

Odpowiedź na pytanie, jaki jest udział danego pierwiastka w formie wymiennej i adsorbowalnej dają graficznie ilustracje równania:

$$C_{\text{grzyb}} = k_1 \cdot C_{\text{fwym}} + k_2 \cdot C_{\text{fads}}$$

gdzie:

k_1, k_2 – współczynniki,

C_{grzyb} – zawartość danego pierwiastka w grzybie,

C_{fwym} – zawartość danego pierwiastka w formie wymiennej,

C_{fads} – zawartość danego pierwiastka w formie adsorbowalnej.

Udział wybranych form chemicznych występowania ołowiu w zawartości tego pierwiastka w grzybie przyjmuje postać równania:

$$C_{\text{Pbgrzyb}} = 1,0 C_{\text{Pbfwym}} + 7,86 \cdot C_{\text{Pbfads}} \text{ (kapelusz bocznika ostrygowatego)}$$

$$C_{\text{Pbgrzyb}} = 1,5 C_{\text{Pbfwym}} + 9,09 \cdot C_{\text{Pbfads}} \text{ (trzon bocznika ostrygowatego)}$$

natomiast dla kadmu:

$$C_{\text{Cdgrzyb}} = 4,2 C_{\text{Cdfwym}} + 8,33 C_{\text{Cdfads}} \text{ (hubiak pospolity)}$$

$$C_{\text{Cdgrzyb}} = 0,5 C_{\text{Cdfwym}} + 18,52 C_{\text{Cdfads}} \text{ (pieniarek obrzeżony)}$$

Obecność ołowiu w boczniku ostrygowatym zależy od jego obecności w siedlisku w formie adsorbowalnej ok. 8 razy w kapeluszu i ok. 6 razy w trzonie. Podobną tendencję obserwowano w przypadku hubiaka pospolitego, gdzie udział kadmu w grzybie był ok. 2-krotnie większy, a w pieniarku obrzeżonym ok. 36 razy większy z form adsorbowalnych w porównaniu do form jonowymiennych.

Wspólne rozpatrywanie właściwości kumulacyjnych ołowiu i kadmu w 15 gatunkach grzybów skłoniło do zainteresowania się rodzajem jednoczesnego współwystępowania tych pierwiastków.

W większości gatunków zmiany zawartości ołowiu i kadmu mają charakter wprost proporcjonalny. Wynik współczynnika korelacji $r = 0,60-0,85$ świadczy o tym, że jednocześnie 13 gatunków dobrze będzie odwzorowywać zmiany stopnia obecności ołowiu i kadmu w środowisku przyrodniczym na wybranym dużym obszarze, np. Beskid Śląski, Beskid Żywiecki, itp.

WNIOSKI

1. W kontaminacji poszczególnych gatunków grzybów ołowiem i kadmem duże znaczenie posiadają biodostępne ilości danego pierwiastka w podłożu (forma wymienna i forma adsorbowlalna).

2. Potwierdzono zróżnicowanie zdolności kumulowania ołowiu i kadmu ze względu na wybrany gatunek grzyba.

3. Duże wartości współczynnika korelacji wskazują, że do bioindykacji ołowiem i kadmem najbardziej użyteczne są następujące gatunki grzybów (muchomor sromotnikowy, grzybówka różowawa, *Hebeloma longicaudum*, czasznica workowata, gąsówka płowa, gołąbek wymiotny i wyroślak różnobarwny).

J. Kwapuliński, A. Fischer, E. Nogaj, J. Łazarczyk-Henke,
M. Morawiec, M. Wojtanowska

INVESTIGATION ON THE APPLICATION SOME SPECIES OF FUNGI TO CONTEMPORARY
BIOINDICATION OF Pb AND Cd

Summary

The growth of concentration of some elements in environment is reflected in the rise their contents in fungi. Pb and Cd contents in 15 species of fungi AAS method were determined. For soil carried out of the speciation these metals (exchangeable, organicbound, carbonate, sulfides and adsorbed form). Mainly purpose was also were established relationship between the their changes of concentration. Investigated fungi can to be bioindicator Pb and Cd in environment.

PIŚMIENICTWO

1. Allen R.O., Steinnes W.: Concentrations of some potentially toxic metals and other trace elements in wild mushrooms from Norway. *Chemosphere*, 1978; 4: 371-378. – 2. Falandysz J., Bona H.: Zawartość metali w pieczarkach *Agaricus sp.* dziko rosnących na terenie Gdańska i w jego okolicy. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1992; 25(3): 251-256. – 3. Falandysz J., Niestój M., Danisiewicz D.: Kadm i ołów w pieczarce polnej *Agaricus campestris L.* z różnych stanowisk na terenie Polski północnej. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1993; 26: 275-280. – 4. Lasota W., Witusik M.: Oznaczenie zawartości kadmu, ołowiu i wanadu w wybranych suszach grzybów wielkoowocnikowych. *Probl. Hig.*, 1994; 44: 169-172. – 5. Lasota W., Witusik M.: Zawartość metali toksycznych (Hg, Pb, Cd) w grzybach wielkoowocnikowych i w podłożu. *Probl. Hig.*, 1992; 364: 22-28. – 6. Brodzińska Z., Lasota W.: Skład chemiczny niektórych grzybów uprawowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1981; 14(3-4): 229-238. – 7. Stręczyk D.: Zawartość selenu w owocnikach grzybów jadalnych z obszaru południowo-wschodniej Polski. *Obieg Pierwiastków w Przyrodzie 2001*; Tom I: 120-122. – 8. Grzybek J., Janczy B., Muszyńska B., Wiatr E.: Zawartość ołowiu, kadmu i niklu oznaczona metodą absorpcji atomowej w wybranych gatunkach grzybów rosnących w Polsce. *Probl. Hig.*, 1992; 36. – 9. Falandysz J., Danisiewicz D., Bona H.: Metale w grzybach na terenie borów tucholskich i lasów kaszubskich. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1994; 27(2): 129-134. – 10. Kabata-Pendias A. i współpr.: Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa, IUNG Puławy 1993.

11. Turnau K., Wenhrynowicz O.: Lokalizacja ołowiu w ekto- i endomikoryzach – mechanizmy obrony roślin i grzybów. *Zesz. Nauk. Komitetu „Człowiek i Środowisko” PAN*, 1998; 21: 181-188. – 12. Daniel P., Kovacs B., Prokisch J., Gyori Z.: Heavy metal dispersion detected in soil and plants alongside roads in Hungary. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 1997; 9(3): 83-93.