

BEATA KUZIEWSKA\*, WIESŁAW WIEREMIEJ, DAWID JAREMKO, BEATA BIK,  
JOANNA TRĘBICKA, PAULINA KLEJ

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Wydział Przyrodniczy, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej  
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

## Wpływ wapnowania i dodatku materiałów organicznych na zawartość niklu w kupkówce pospolitej oraz we frakcjach w glebie zanieczyszczonej tym pierwiastkiem

*Streszczenie:* Badano wpływ zanieczyszczenia gleby niklem (0, 75, 150 i 225 mg Ni kg<sup>-1</sup> gleby) na tle zróżnicowanego wapnowania (0 Ca i Ca w g l Hh) i materiałów organicznych (bez stosowania materiałów organicznych, słoma żytnia i węgiel brunatny z Kopalni Węgla Brunatnego Turów) na zawartość niklu w kupkówce pospolitej i frakcje tego metalu w glebie. Analizowano cztery pokosy kupkówki pospolitej zebrane w trzecim roku doświadczenia wazonowego oraz oznaczono frakcje niklu w glebie pobranej po ostatnim pokosie rośliny testowej. Zawartość niklu w roślinie oraz ogólną zawartość tego pierwiastka w glebie oznaczono metodą ICP-AES po wcześniejszej mineralizacji. Frakcje niklu w glebie oznaczono metodą frakcjonowania sekwencyjnego – BCR. Wprowadzenie do gleby niklu, niezależnie od ilości, spowodowało istotne zwiększenie jego zawartości w biomase kupkówki pospolitej oraz w glebie we wszystkich frakcjach, przede wszystkim we frakcji wymiennej (F<sub>1</sub>). Wapnowanie gleby oraz aplikacja materiałów organicznych zmniejszyły zawartość niklu w biomase kupkówki pospolitej oraz w glebie we frakcji wymiennej, bezpośrednio przyswajalnej przez rośliny, powodując jednocześnie zwiększenie jego udziału we frakcji rezydualnej (wapnowanie) oraz redukowanej i utleniającej (aplikacja materiałów organicznych).

*Słowa kluczowe:* kupkówka pospolita, nikiel, gleba, metoda BCR

### WSTĘP

Rozwój przemysłu, postępująca urbanizacja, zwiększenie produkcji nawozów i środków ochrony roślin przyczyniają się do zanieczyszczenia kolejnych elementów środowiska naturalnego człowieka: gleby, wód powierzchniowych i gruntowych oraz roślin (Węglarczyk 2001, Kuziemska i Kalembasa 2013). Główne zanieczyszczenia stanowią związki ropopochodne, WWA oraz metale ciężkie (Wowkonowicz i in. 2001). Szczególnie niebezpieczne są metale ciężkie, ponieważ jako pierwiastki nie ulegają biodegradacji i przez wiele lat mogą zalegać w ekosystemach (Gorlach i Gambuś 2000). W przypadku metali ciężkich ważna jest nie tylko ich całkowita zawartość w próbkach środowiskowych, ale przede wszystkim formy (frakcje) w jakich występują (Campel i Nickel 2006, Jaremko i Kalembasa 2011). Ich rozmieszczenie w poszczególnych frakcjach świadczy o potencjalnej biodostępności (Rauret i in. 1999, Jeske i Gworek 2011, Świetlik i Trojanowska 2009, Jaremko i Kalembasa 2011, Jakubus 2012).

Jednym z metali ciężkich, którego ilość w środowisku systematycznie się zwiększa, jest nikiel. Z powodu swej toksyczności i wysokiego współczynnika

bioakumulacji znalazł się w II Wykazie Komisji Europejskiej (Dyrektywa o substancjach toksycznych) (Eisler 2000, Nakonieczny 2007).

Celem przeprowadzonego eksperymentu było zbadanie wpływu wapnowania i zróżnicowanego nawożenia organicznego na rozmieszczenie niklu we frakcjach oznaczonych według procedury BCR w glebie, a także określenie ich wpływu na zawartość Ni w kupkówce pospolitej uprawianej na glebie zanieczyszczonej tym metalem.

### MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

W badaniach przeprowadzono analizę biomasy czterech pokosów kupkówki pospolitej, zebranej w trzecim roku doświadczenia wazonowego oraz gleby pobranej po ostatnim pokosie rośliny testowej. Doświadczenie przeprowadzono na terenie stacji doświadczalnej Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, w latach 2009–2011, w czterech powtórzeniach. Uwzględniono w nim następujące czynniki:

- 1) zanieczyszczenie gleb niklem: 0 (bez stosowania niklu), 75, 150 i 225 mg Ni kg<sup>-1</sup> gleby;
- 2) wapnowanie: 0 Ca (bez wapnowania) i Ca wg

- 1 Hh (wapnowanie w dawce wyliczonej według 1 kwasowości hydrolitycznej gleby);
- 3) materiały organiczne: bez stosowania materiałów organicznych (0); słoma żytnia w dawce 1,33 g kg<sup>-1</sup> gleby; węgiel brunatny (pochodzący z Kopalni Węgla Turów) w dawce 13,3 g kg<sup>-1</sup> gleby. Skład chemiczny obu stosowanych materiałów organicznych podano w tabeli 1.

TABELA 1. Skład chemiczny materiałów organicznych (słomy żytniej i węgla brunatnego) zastosowanych w doświadczeniu wazonowym

TABLE 1. Chemical composition of organic materials (rye straw and brown coal) used in pot experiment

Składnik Component	Jednostka Unit	Słoma żytnia Rye straw	Węgiel brunatny Brown coal
Sucha masa Dry matter	g·kg <sup>-1</sup>	850	850
Corg	g kg <sup>-1</sup> s.m.	432	541
N		4,22	4,00
P		0,64	0,11
K		2,00	0,84
Ni	mg kg <sup>-1</sup> s.m.	3,84	5,10

Glebę o składzie granulometrycznym piasku gli-niastego lekkiego pobrano z poziomu próchnicznego (0–20 cm) gleby płowej spiaszczonej (Albic Luvisol). W materiale glebowym przed założeniem doświadczenia oznaczono: pH w roztworze KCl o stężeniu 1 mol dm<sup>-3</sup> metodą potencjometryczną wg PN-ISO-10390; zawartość azotu ogólnego metodą analizy elementarnej na autoanalyzerze CHN z detektorem przewodności cieplnej (ICD), serie II 2400 firmy Perkin-Elmer; zawartość fosforu i potasu przyswajalnego metodą Egnera-Riehma wg PN-R-040022; zawartość węgla organicznego metodą oksydacyjno-miarczową wg PN-ISO-14235 oraz zawartość form ogólnych niklu metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą indukcyjnie wzbudzoną (ICP-AES),

aparatem firmy Perkin-Elmer Optima 3200 RL, po wcześniejszej mineralizacji w mieszaninie kwasów nadchlorowego i azotowego w stosunku 1:2. W stosowanych w doświadczeniu materiałach organicznych zawartość węgla oznaczono metodą oksydacyjno-miarczową, azotu metodą analizy elementarnej, fosforu, potasu i niklu metodą ICP-AES. Zawartość suchej masy oznaczono metodą suszarkowo-wagową wg PN-75/C/041616.01. Gleba użyta do doświadczenia wazonowego miała następujące właściwości: pH w zawiesinie materiału glebowego i KCl o stężeniu 1 mol dm<sup>-3</sup> – 5,5; zawartość azotu ogólnego 0,98 g kg<sup>-1</sup>; węgla w związkach organicznych 7,9 g kg<sup>-1</sup>; fosforu przyswajalnego 69 mg kg<sup>-1</sup> gleby, potasu przyswajalnego 75 mg kg<sup>-1</sup> gleby, niklu ogólnego 5,67 mg Ni kg<sup>-1</sup> gleby.

Wapnowanie (w formie CaCO<sub>3</sub>), dodatek materiału organicznego (węgiel brunatny i słomę żytnią pociętą na sieżkę) oraz nikiel (w formie wodnego roztworu NiSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O) wprowadzono do gleby jednorazowo w listopadzie 2008 roku. W tak przygotowanym materiale glebowym umieszczonym w wazonach o pojemności 15 dm<sup>3</sup>, zawierających 10 kg gleby, wiosną 2009 roku wysiano roślinę testową kupkówkę pospolitą (*Dactylis glomerata* L.), której każdego roku badań zbierano po cztery odrosty (pokosy) co 30 dni. W okresie wegetacyjnym w wazonach utrzymywano wilgotność gleby na poziomie 60% PPW. W glebie pobranej po zbiorze ostatniego pokosu (trzeci rok badań) oznaczono: ogólną zawartość Ni ICP-AES, po wcześniejszej mineralizacji w mieszaninie kwasów nadchlorowego i azotowego (stosunek 1:2) oraz pH w roztworze KCl o stężeniu 1 mol dm<sup>3</sup> metodą potencjometryczną. Frakcje niklu oznaczono metodą frakcjonowania sekwencyjnego, zaproponowaną przez Community Bureau of Reference (BCR) (Rauret i in. 1999), której schemat przedstawiono w tabeli 2. Zawartość niklu w biomase kup-

TABELA 2. Schemat metody frakcjonowania sekwencyjnego zaproponowanej przez Community Bureau of Reference (BCR) (Rauret i in. 1999)

TABLE 2. A diagram of the BCR sequential extraction method according to Rauret et al. (1999)

Nr No.	Nazwa frakcji Name of fractions	Odczynniki ekstrakcyjne Extraction reagents	pH
F <sub>1</sub>	Wymienna, łatwo rozpuszczalna w środowisku kwaśnym Exchangeable and acid soluble	0,1 M CH <sub>3</sub> COOH	3,0
F <sub>2</sub>	Redukowalna Reducible	0,5 M NH <sub>2</sub> OH-HCl	1,5
F <sub>3</sub>	Utleniaalna Oxidisable	8,8 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 1 M CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>	2,0
F <sub>4</sub>	Rezydualna (poekstrakcyjna pozostałość) Residual	Obliczone z różnicy pomiędzy zawartością całkowitą a sumą trzech wcześniej wydzielonych frakcji Calculated as difference between total content and sum three previously separated fractions	–

kówki pospolitej oznaczono metodą ICP-AES, po wcześniejszej mineralizacji materiałów w piecu muflowym w temperaturze 450°C przez 8 godzin i rozpuszczeniu popiołu w 10% roztworze HCl.

Wyniki badań opracowano statystycznie, poddając je analizie wariancji z wykorzystaniem rozkładu F-Fishera-Snedecora, z użyciem programu Statistica 10 PL (Statsoft, Tulsa, USA), a wartość  $NIR_{(0,05)}$  wyliczono wg testu Tukey'a.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Kabata-Pendias i Pendias (1999) podają, że zawartość niklu w trawach mieści się w przedziale od 0,01 do 19 mg kg<sup>-1</sup>, średnio 0,84 mg kg<sup>-1</sup>s.m. Zawartość niklu w biomacie badanej kupkówki pospolitej wynosiła od 9,06 mg kg<sup>-1</sup> s.m. (rośliny uprawiane na obiektach kontrolnych) do 358,6 mg kg<sup>-1</sup>s.m. (rośliny uprawiane na obiektach, gdzie zastosowano 225 mg Ni kg<sup>-1</sup> gleby) (tab. 3).

TABELA 3. Zawartość niklu (mg kg<sup>-1</sup>s.m.) w biomacie kupkówki pospolitej  
TABLE 3. The content (mg kg<sup>-1</sup> DM) of nickel in the biomass of cocksfoot

Wapnowanie Liming	Materiały organiczne Organic materials	Nikiel (mg kg <sup>-1</sup> gleby) Nickel (mg kg <sup>-1</sup> of soil)	Pokos Cut				Średnia Mean
			I	II	III	IV	
Bez Ca Without liming	Bez mat. organicznego Without organic materials	0	11,36	18,14	21,06	30,08	20,16
		75	108,60	109,40	92,10	84,12	98,56
		150	221,00	214,80	206,60	218,40	215,20
		225	358,60	342,10	284,10	308,10	323,20
	Słoma żytnia Rye straw	0	12,18	17,46	22,08	29,18	20,23
		75	100,40	84,16	82,12	64,04	82,68
		150	200,40	192,40	168,60	172,10	183,40
		225	300,40	264,50	282,10	243,00	272,50
	Węgiel brunatny Brown coal	0	10,80	16,22	19,84	27,14	18,50
		75	100,00	74,12	65,04	68,00	76,79
		150	197,40	188,00	154,20	163,50	175,80
		225	306,40	302,80	290,40	284,60	296,10
Ca Liming	Bez mat. organicznego Without organic materials	0	10,03	15,42	18,18	24,16	16,95
		75	76,40	74,12	72,00	60,00	70,63
		150	148,00	142,10	124,40	146,20	140,20
		225	208,60	192,40	192,00	158,40	187,90
	Słoma żytnia Rye straw	0	10,43	15,00	20,03	21,18	16,66
		75	69,40	50,22	52,14	50,04	55,45
		150	128,00	126,40	108,60	112,00	118,80
		225	200,10	180,20	172,40	146,20	174,70
	Węgiel brunatny Brown coal	0	9,06	11,24	12,48	15,23	12,00
		75	70,04	60,02	54,16	52,10	59,06
		150	129,30	143,80	132,20	120,00	131,30
		225	194,60	180,20	160,40	158,40	173,40
Średnie dla wapnowania Mean for liming	Bez Ca Without liming	160,60	152,00	140,70	141,00	148,60	
	Ca Liming	104,50	99,26	93,25	88,70	96,42	
Średnie dla materiałów organicznych Mean for organic materials	Bez mat. org. Without organic materials	142,80	138,60	126,30	128,70	134,10	
	Słoma żytnia Rye straw	127,70	116,30	113,50	104,70	115,60	
	Węgiel brunatny Brown coal	127,20	122,10	111,10	111,10	117,90	
Średnie dla dawek niklu Mean for nickel doses	0	10,64	15,58	18,95	24,50	17,42	
	75	87,47	75,34	69,59	63,04	73,86	
	150	170,70	167,90	149,10	155,40	160,80	
	225	261,50	243,70	230,20	216,50	238,00	

$NIR_{0,05}$  dla:  
LSD<sub>0,05</sub> for:

– dawek niklu, doses for nickel

– wapnowania, liming

– materiałów organicznych, organic materials

n.i. nie istotne, not significant

I pokos Cut	II pokos Cut	III pokos Cut	IV pokos Cut
65,29	35,45	26,06	29,13
n.i.	18,76	14,06	15,41
n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

TABELA 4. Wartość pH gleby w roztworze KCl o stężeniu 1 mol dm<sup>-1</sup>  
 TABLE 4. The pH of soil in 1 mol dm<sup>-1</sup> KCl solution

Obiekty Objects	Bez Ca				Ca wg 1Hh gleby Ca acc. to 1 hydrolytic acidity			
	Nikiel (mg kg <sup>-1</sup> gleby) Nickel (mg kg <sup>-1</sup> of soil)							
	0	75	150	225	0	75	150	225
Bez mat. organicznych Without organic materials	5,36	5,29	5,26	5,30	6,38	6,36	6,40	6,38
Słoma żytnia Rye straw	5,16	5,14	5,20	5,16	6,25	6,22	6,20	6,30
Węgiel brunatny Brown coal	5,76	5,72	5,70	5,68	6,46	6,50	6,54	6,52

NIR<sub>0,05</sub> dla:  
 LSD<sub>0,05</sub> for:

– dawek niklu, doses of nickel	n.i.
– wapnowania, liming	0,040
– materiałów organicznych, organic materials	0,062

W roślinach zebranych z obiektów, w których zanieczyszczono glebę niklem, niezależnie od pokosu i bez względu na ilość Ni wprowadzoną do gleby, stwierdzono zwiększenie jego zawartości powyżej wartości uznanych przez Kabatę-Pendias i Pendiasa (1999) za naturalną, czyli 19 mg kg<sup>-1</sup>. Zawartość niklu w biomase rośliny testowej zwiększyła się nie tyle ze względu na zwiększenie całkowitej zawartości Ni w glebie, ile przede wszystkim ze względu na zwiększenie udziału Ni we frakcji wymiennej (tab. 5 i 6). Zastosowane wapnowanie spowodowało istotne zmniejszenie zawartości niklu w roślinach zebranych w pokosach II–IV, natomiast w pokosie I stwierdzono tendencję do obniżenia zawartości niklu w roślinach uprawianych na glebie wapnowanej, co jest zgodne z wynikami otrzymanymi przez Domańską (2009) oraz wcześniejszymi wynikami uzyskanymi przez Kuziemińską (2009). W przeprowadzonych badaniach nie wykazano istotnego wpływu zastosowanych materiałów organicznych (słomy żytniej i węgla brunatnego) na zawartość niklu w biomase kupkówek pospolitej. Niemniej rośliny wszystkich pokosów zebranych z obiektów, na których zastosowano te materiały, charakteryzowały się mniejszą zawartością niklu niż biomasa roślin zebranych z obiektów kontrolnych. W przypadku słomy żytniej średnio o 13,8%, w przypadku węgla brunatnego średnio o 12,2%. Wpływ różnych materiałów organicznych na zmniejszenie bioprzyzwajalności niklu i innych metali stwierdzili w swoich badaniach Gibczyńska i Stankowski (2011) oraz Molas (2010).

Jednym z czynników, które mają znaczący wpływ na mobilność niklu w glebie, jest wartość pH (Jaworska i in. 2013). W tabeli 4 podano wartości pH analizowanej gleby po zakończeniu doświadczenia, ozna-

czony w roztworze KCl o stężeniu 1 mol dm<sup>-3</sup>, które mieściły się w przedziale od 5,14 do 6,54. W badaniach nie wykazano istotnego wpływu różnicowanej zawartości niklu w glebie na wartość pH. Głównym elementem różnicującym wartość pH gleby było wapnowanie. Pomimo że od zastosowania CaCO<sub>3</sub> minęły trzy lata, wykazano jego istotny wpływ na wzrost wartości pH gleby. W doświadczeniu stwierdzono również wpływ na wartość pH gleby zastosowanych materiałów organicznych (słomy żytniej i węgla brunatnego). Niezależnie od wapnowania, na obiektach, na których zastosowano słomę żytnią, stwierdzono niższe wartości pH gleby, natomiast na obiektach, na których zastosowano węgiel brunatny wyższe, w porównaniu z wartościami pH gleby uzyskanymi z obiektów, na których materiałów organicznych nie zastosowano (tab. 4).

Zawartość niklu w badanych frakcjach wydzielonych według procedury BCR oraz ich procentowy udział w zawartości ogólnej w analizowanej glebie przedstawiono w tabelach 5 i 6. Największą zawartość Ni stwierdzono w glebie, do której wprowadzono go w dawce 225 mg kg<sup>-1</sup> gleby, a najmniejszą w glebie z obiektów kontrolnych, gdzie jego zawartość była naturalna. Na ogół na obiektach, na których zastosowano nikiel, największą jego zawartość wydzielono we frakcji wymiennej (F<sub>1</sub>). Po trzech latach badań udział niklu w tej frakcji na obiektach zanieczyszczonych sięgał nawet 64% zawartości całkowitej tego pierwiastka w glebie. Zastosowane wapnowanie spowodowało zmniejszenie udziału Ni we frakcji wymiennej (F<sub>1</sub>), redukowanej (F<sub>2</sub>) i utleniającej (F<sub>3</sub>) oraz zwiększenie jego udziału we frakcji rezydualnej (F<sub>4</sub>), co świadczy o jego unieruchomieniu i jest zbieżne z rezultatami uzyskanymi przez Badorę (2002), która wykazała zmniejszenie mobilności niklu i innych metali na skutek zwiększenia wartości pH gleby. Zastosowane materiały organiczne spowodowały zmniejszenie udziału badanego pierwiastka we frakcji wymiennej (F<sub>1</sub>) oraz rezydualnej (F<sub>4</sub>), a także zwiększe-

TABELA 5. Zawartość niklu ( $\text{mg kg}^{-1}$  gleby) w analizowanej glebie we frakcjach oznaczonych według procedury BCR  
TABLE 5. The content ( $\text{mg kg}^{-1}$  of soil) of nickel in fractions determined by the BCR method in the analysed soil

Wapnowanie Liming	Materiały organiczne Organic materials	Nikiel ( $\text{mg kg}^{-1}$ gleby) Nickel ( $\text{mg kg}^{-1}$ of soil)	Frakcje Fraction				Suma Sum
			F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
Bez Ca Without liming	Bez mat. org. Without organic materials	0	0,38	0,62	1,08	3,20	5,28
		75	50,01	9,26	5,82	13,01	78,10
		150	78,12	14,20	11,84	44,04	148,20
		225	120,20	26,12	21,08	60,20	227,60
	Słoma żytnia Rye straw	0	0,32	0,68	2,46	2,10	5,56
		75	32,00	11,20	28,05	8,75	80,00
		150	61,80	20,06	43,12	29,14	154,12
		225	108,60	31,12	61,56	26,97	228,30
	Węgiel brunatny Brown coal	0	0,36	0,70	2,38	2,18	5,62
		75	30,20	11,85	29,98	7,17	79,20
		150	53,90	18,48	39,16	42,74	154,30
		225	95,78	25,10	49,16	58,41	228,50
Ca Liming	Bez mat. org. Without organic materials	0	0,32	0,52	1,19	3,28	5,31
		75	32,14	6,24	7,28	33,34	79,00
		150	54,22	12,80	14,36	67,22	148,60
		225	100,64	21,04	19,16	77,76	218,60
	Słoma żytnia Rye straw	0	0,30	0,52	1,90	2,88	5,60
		75	28,05	8,46	26,12	17,42	80,05
		150	49,18	15,90	38,40	50,76	154,20
		225	97,15	25,08	40,04	66,51	228,80
	Węgiel brunatny Brown coal	0	0,30	0,49	1,42	3,47	5,68
		75	29,15	8,46	21,06	20,59	79,26
		150	50,04	16,54	32,12	55,71	154,40
		225	85,16	20,83	39,19	83,84	229,00
Średnie dla wapnowania Mean for liming	Bez Ca Without liming		52,64	14,12	24,64	24,83	115,70
	Ca Liming		43,89	11,41	20,19	40,23	116,50
Średnie dla materiałów organicznych Mean for organic materials	Bez mat. org. Without organic materials		54,50	11,35	10,23	37,76	113,80
	Słoma żytnia Rye straw		47,18	14,13	30,21	25,57	117,10
	Węgiel brunatny Brown coal		43,11	12,81	26,81	34,26	117,00
Średnie dla dawek niklu Mean for liming	0		0,33	0,59	1,74	2,85	5,51
	75		33,59	9,25	19,72	16,71	79,27
	150		57,88	16,33	29,83	48,27	152,30
	225		101,26	24,88	38,37	62,28	226,80
NIR <sub>0,05</sub> dla: LSD <sub>0,05</sub> for:		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	Suma sum	
– dawek niklu, doses for nickel		338	1,95	0,94	5,61	16,23	
– wapnowania, liming		4,36	1,18	2,30	2,80	n.i.	
– materiałów organicznych, organic materials		5,61	0,64	0,64	0,94	n.i.	

nie udziału we frakcji redukowalnej (F<sub>2</sub>) i utleniającej (F<sub>3</sub>) (tab. 5 i 6). Ograniczenie mobilności niklu polega prawdopodobnie na włączeniu go w struktury związków organicznych występujących w glebie. Molas (2010) podaje, że w fazie stałej gleby nikiel jest kompleksowany przede wszystkim przez wchodzące w jej skład substancje humusowe. Jednocześnie metal ten może również koordynować z zawartymi w roztworze glebowym niskocząsteczkowymi

związkami organicznymi, takimi jak: amidy, aminy, aminokwasy, węglowodany (głównie mono- i disacharydy), alifatyczne i aromatyczne kwasy hydroksylowe, kwasy fulwowe i huminowe (Molas 2010). Związki te mogą powstawać z mineralizacji substancji organicznej zawartej we wprowadzonych do gleby materiałach organicznych – słomie żytniej i węglu brunatnym.

TABELA 6. Procentowy udział frakcji niklu w analizowanej glebie  
 TABLE 6. The percentage share of nickel fraction in the analysed soil

Wapnowanie Liming	Materiały organiczne Organic materials	Nikiel (mg kg <sup>-1</sup> gleby) Nickel (mg kg <sup>-1</sup> of soil)	% udział frakcji % share fraction			
			F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
Bez Ca Without liming	Bez mat. organicznych Without organic materials	0	7,20	11,74	20,45	60,61
		75	64,00	11,85	7,45	16,70
		150	52,71	9,58	7,99	29,72
		225	52,81	11,48	9,26	26,45
	Słoma żytnia Rye straw	0	5,76	12,23	44,24	37,77
		75	40,00	14,00	35,06	10,94
		150	40,10	13,37	27,98	18,55
		225	48,58	13,63	26,97	11,82
	Węgiel brunatny Brown coal	0	6,41	12,46	42,35	38,78
		75	38,13	14,96	37,85	9,06
		150	34,94	11,98	25,38	22,70
		225	41,93	10,99	21,52	25,56
Ca Liming	Bez mat. organicznych Without organic materials	0	6,03	9,79	22,41	61,77
		75	40,68	7,90	9,22	42,20
		150	36,48	8,61	9,66	45,25
		225	44,14	9,23	8,40	38,23
	Słoma żytnia Rye straw	0	5,36	9,29	33,93	51,42
		75	35,04	10,57	32,63	21,76
		150	31,89	10,31	24,90	32,90
		225	42,46	10,96	17,50	29,08
	Węgiel brunatny Brown coal	0	5,28	8,63	25,00	61,09
		75	36,78	10,67	26,57	26,28
		150	32,41	10,71	20,80	36,08
		225	37,25	9,11	17,14	36,50

W podsumowaniu przeprowadzonego doświadczenia wazonowego oraz analiz chemicznych materiału roślinnego i glebowego należy stwierdzić, że wszystkie badane w eksperymencie czynniki, tj. zróżnicowane zanieczyszczenie gleby niklem, wapnowanie, a także dodatek słomy żytniej i węgla brunatnego, wywarły istotny wpływ na zawartość niklu w biomacie kupkówki pospolitej oraz jego rozmieszczenie w wydzielonych frakcjach w glebie. Wprowadzenie niklu do gleby spowodowało zwiększenie jego zawartości w kupkówce pospolitej oraz zwiększenie jego udziału w glebie we frakcji wymiennej (F<sub>1</sub>). Tylko na obiektach, na których nie zastosowano niklu, zawartość tego pierwiastka w trawie nie odbiegała od wartości opisywanych w literaturze (m.in. wg Kabaty-Pendias i Pendiasa 1999). Na glebie, do której wprowadzono nikiel, zawartość tego pierwiastka w roślinach przekraczała nawet kilkadziesiąt razy zawartość uznawaną za średnią, co jest zbliżone z rezultatami uzyskanymi we wcześniej prowadzonych badaniach (Kuziemska 2009). Przeprowadzone doświadczenie wykazało, że wapnowanie gleby zanieczyszczonej niklem oraz dodatek do niej słomy żyt-

niej, jak również węgla brunatnego, wpływają na istotne zmniejszenie zawartości niklu w biomacie kupkówki pospolitej uprawianej na tej glebie, a także wpływają na istotne zmniejszenie udziału Ni w glebie we frakcji wymiennej (F<sub>1</sub>).

## WNIOSKI

1. Zanieczyszczenie gleby niklem zwiększyło zawartość tego metalu w biomacie części nadziemnej kupkówki pospolitej oraz w glebie, głównie we frakcji wymiennej.
2. Wapnowanie gleby spowodowało zmniejszenie zawartości niklu w kupkówce pospolitej oraz zmniejszenie jego zawartości w glebie we frakcjach: wymiennej (F<sub>1</sub>), redukowalnej (F<sub>2</sub>) i utleniającej (F<sub>3</sub>), zwiększając jednocześnie jego udział we frakcji rezydualnej (F<sub>4</sub>).
3. Zastosowane materiały organiczne (słoma żytnia i węgiel brunatny) spowodowały zmniejszenie zawartości niklu w biomacie nadziemnej kupkówki pospolitej oraz zmniejszenie jego zawartości w glebie we frakcjach: wymiennej i rezydualnej.

## LITERATURA

- Badora A., 2002. Wpływ pH na mobilność pierwiastków w glebach. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 482: 21–36.
- Campel M., Nickel G., 2006. Nickel: A review of its sources and environmental toxicology. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(3): 375–382.
- Domańska J., 2009. Zawartość i pobranie niklu przez rośliny przy zróżnicowanym pH gleb naturalnych oraz zanieczyszczonych kadmem lub ołowiem. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40: 236–242.
- Eisler R., 2000. Nickel. [In:] *Handbook of Risk Assessment – Health Hazards to human, plants and Animals*. Vol. I: Metals. Boca Raton–London–New York, Levis Publishers.
- Gibczyńska M., Stankowski S., 2011. Zmiany zawartości kadmu, niklu i ołowiu w trawie *Festulolium braunii* uprawianej na podkładach wykonanych z osadów ściekowych i popiołów fluidalnych z węgla kamiennego w połączeniu z efektywnymi mikroorganizmami. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 565: 63–70.
- Gorlach E., Gambuś F., 2000. Potencjalnie toksyczne pierwiastki śladowe w glebach (nadmiar, szkodliwość i przeciwdziałanie). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 472: 275–296.
- Jakubus M., 2012. Phytotoxicity and speciation of copper and nickel in composted sewage sludge. *Journal of Elementology*, 17(1): 43–56.
- Jaremko D., Kalembasa D., 2011. Specjacja niklu w ornych glebach pływających opadowo-glejowych Wysoczyzny Siedleckiej. *Inżynieria Ekologiczna*, 27: 19–25.
- Jaworska H., Bartkowiak A., Różański S., 2013. The influence of anthropogenically increased pH on the content and the mobility of nickel in arable soils in the surroundings of „Małogoszcz” cement plant. *Soil Science Annual*, 64(1): 14–18.
- Jeske A., Gworek B., 2011. Przegląd metod oznaczania biodostępności i mobilności metali ciężkich w glebach. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 49: 209–218.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN. Warszawa.
- Kuziemska B., 2009. Wpływ wzrastających ilości niklu w glebie na plonowanie i skład chemiczny wybranych gatunków roślin bobowatych. *Rozprawa Naukowa Nr 102*, Wydawnictwo AP Siedlce.
- Kuziemska B., Kalembasa S., 2013. Wpływ wapnowania i dodatku osadu ściekowego na rozmieszczenie frakcji Zn i Cr w glebie zanieczyszczonej niklem. *Proceedings of ECOpole 7(1)*: 215–221.
- Molas J.S., 2010. Pobieranie niklu przez rośliny kapusty (*Brassica oleracea* L.) i jego fitotoksyczność w zależności od formy chemicznej dodanej do podłoża. *Rozp. Nauk. z. 341*, ss.142. Wyd. UP Lublin.
- Nakonieczny M., 2007. Struktura i funkcjonalne przystosowanie *Chrysolina pardalina* (*Chrysomelidae, Coleoptera*) do rozwoju na hiperakumulatorze niklu *Berkheya coddii* (*Asteraceae*) – studium porównawcze z *Chrysolina herbacea*. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, ss. 135.
- Rauret G., Lopez-Sanchez J.F., Sahuquillo A., Rugio R., Davidson C., Ure A., Quevauviller P., 1999. Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials. *Journal of Environmental Monitoring*, 1: 57–61.
- Świetlik R., Trojanowska M., 2009. Metody frakcjonowania chemicznego stosowane w badaniach środowiskowych. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 9: 29–36.
- Węglarczyk K., 2001. Skażenie gleb metalami ciężkimi ze szczególnym uwzględnieniem niklu. *Biuletyn Informacyjny Instytutu Zootechniki*, 39(4): 84–88.
- Wowkonowicz P., Malowaniec B., Niesiobędzka K., 2001. Metale ciężkie w roślinach i glebach na trwałych użytkach zielonych w okolicach Warszawy. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 49: 309–319.

Received: January 19, 2015

Accepted: April 29, 2015

## Effect of liming and addition of organic materials to the nickel content in biomass of cocksfoot and his fractions in soil contaminated with this element

**Abstract:** The aim of these studies was to determine the effect of soil contamination with nickel (0, 75, 150 and 225 mg Ni kg<sup>-1</sup> soil) on the content of nickel in biomass of cocksfoot and fractions of this metal in the soil under different liming (0 Ca and Ca by 1 hydrolytic acidity) and fertilization with organic materials (without the use of organic materials, straw rye and brown coal from Turow Coal Mine). Four swaths of cocksfoot gathered in the third year of a pot experiment were analyzed and fractions of nickel in the soil after the last swath of test plants were determined. Total nickel content in the plant and in the soil was determined by ICP-AES after earlier mineralization. Fractions of nickel in the soil were determined by sequential fractionation according to BCR procedure. The introduction of nickel into the soil, regardless of amount, significantly increased concentration of this metal in the biomass of cocksfoot and soil in all fractions, in particular the soluble and easily exchangeable fraction (F<sub>1</sub>). Liming the soil and the application of organic materials decreased nickel content in the biomass of cocksfoot and its soluble fraction in soil, easy available for plants, causing the same time to increase its share in the residual fraction (liming) and oxidisable fraction (the application of organic materials).

**Keywords:** cocksfoot, nickel, soil, BCR method