

WPLYW WAPNOWANIA I ODPADOWYCH MATERIAŁÓW ORGANICZNYCH NA ZAWARTOŚĆ AZOTU, FOSFORU I POTASU W BIOMASIE KUPKÓWKI POSPOLITEJ UPRAWIANEJ NA GLEBIE ZANIECZYSZCZONEJ NIKLEM

BEATA KUZIEMSKA¹, STANISŁAW KALEMBASA, DAWID JAREMKO, MARIA POPEK

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

Synopsis. W czteroletnim doświadczeniu wazonowym (2004–2007) badano wpływ wapnowania i stosowania odpadowych materiałów organicznych na zawartość azotu, fosforu i potasu w kupkówce pospolitej uprawianej na glebie zanieczyszczonej niklem. W eksperymencie uwzględniono następujące czynniki: I – wapnowanie (0 i Ca wg 1 Hh gleby); II – odpadowe materiały organiczne (0 i osad ściekowy, kurzeniec od brojlerów i węgiel brunatny); III – zróżnicowane zanieczyszczenie gleby niklem (0, 100, 200 mg Ni·kg⁻¹ gleby). W każdym roku czteroletniego cyklu badań analizowano rośliny wszystkich pokosów. Zawartość azotu w biomacie trawy oznaczono metodą analizy elementarnej, natomiast zawartość fosforu i potasu metodą ICP-AES. W badaniach własnych wykazano, że rośliny uprawiane na glebach wapnowanych zawierały więcej azotu oraz mniej fosforu i potasu w porównaniu z zebranymi z obiektów niewapnowanych. Odpadowe materiały organiczne okazały się dobrym źródłem azotu i potasu dla roślin, a ich wpływ na ilość w analizowanej trawie fosforu był niejednoznaczny. W eksperymencie nie wykazano wpływu zróżnicowanej ilości niklu w glebie na zawartość azotu, fosforu i potasu w biomacie kupkówki pospolitej.

Słowa kluczowe: azot, fosfor, potas, wapnowanie, materiały organiczne, nikiel

WSTĘP

Stężenie pierwiastków w roztworze glebowym i ich wzajemne proporcje ilościowe są czynnikiem, który reguluje przyswajalność składników pokarmowych przez roślinę [Kasperczyk i in. 2010, Koszelnik-Leszek i Spiak 2006, Wyszowski 2009]. Na glebach zanieczyszczonych niklem nie tylko wzrasta jego pobieranie przez rośliny ale również obserwuje się jego pośredni wpływ na pobieranie i transport innych jonów oraz zaburzenie procesu fotosyntezy [Drażkiewicz 1994]. Pomimo negatywnego wpływu nadmiernych ilości niklu na wzrost i plonowanie roślin zaliczany jest on do pierwiastków niezbędnych i to zarówno dla organizmów roślinnych jak i zwierzęcych. Na podstawie licznych badań wykazano, że aktywuje on niespecyficznie niektóre enzymy cyklu cytrynianowego i jest stymulatorem wielu etapów metabolizmu azotanowego [Nakonieczny 2007]. Wchodzi też w skład enzymu ureazy, uczestniczy w transporcie azotu z korzeni do części nadziemnych roślin oraz wpływa na proces biologicznej redukcji azotu cząsteczkowego [Koszelnik-Leszek 2002, Zasadowski i Spodniewska 1995].

Toksyczne oddziaływanie niklu na plonowanie i skład chemiczny roślin można zniwelować stosując wapnowanie lub odpadowe materiały organiczne, które ograniczają jego fitoprzyswa-

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: bak.kuz@interia.pl

jalność, powodując powstanie połączeń trudnorozpuszczalnych i nieprzyswajalnych dla roślin [Ciećko i in. 2001, Herms i Brunmer 1990].

Celem niniejszych badań było określenie wpływu wapnowania i stosowania odpadowych materiałów organicznych (osad ściekowy, kurzeniec i węgiel brunatny) na zawartość azotu, fosforu i potasu w kupkówce pospolitej uprawianej na glebie zanieczyszczonej nikiem.

MATERIAŁ I METODY

Czteroletnie doświadczenie wazonowe przeprowadzono w latach 2004–2007 w obiekcie doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach. Uwzględniono w nim następujące czynniki: I – wapnowanie (bez wapnowania i wapnowanie w dawce wyliczonej wg 1Hh gleby stosując CaCO_3); II – nawożenie organiczne – odpadowe materiały organiczne (bez stosowania substancji organicznych, osad pochodzący z oczyszczalni ścieków w Siedlcach, kurzeniec (od brojlerów) i węgiel brunatny (pochodzący z kopalni węgla brunatnego w Turowie); III – zróżnicowane dawki niklu (zanieczyszczenie gleby nikiem) (0, 100, 200 $\text{mg Ni}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby). Nikiel wprowadzono do gleby w formie wodnego roztworu ($\text{NiCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Wazono o pojemności 15 dm^3 napełniono glebą o masie 10 kg i w czasie sezonu wegetacyjnego utrzymywano wilgotność na poziomie 60% PPW. Materiał glebowy użyty w doświadczeniu był pobierany z warstwy ornej 0–20 cm gleby płowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego. Przed założeniem doświadczenia oznaczono pH w $1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ roztworze KCl, które wynosiło 5,6 oraz zawartość makroelementów ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby): azotu ogółem 0,98; węgla organicznego 7,9. Zawartość fosforu i potasu przyswajalnego wynosiła odpowiednio 69 i 75 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby. W materiale glebowym oznaczono również całkowitą zawartość niklu, która wynosiła 5,67 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby. Wapnowanie, dodatek organicznego materiału odpadowego oraz dawki niklu zastosowano do gleby wczesną wiosną 2004 roku. Odpadowe materiały organiczne stosowano w dawce wprowadzającej do gleby 2 $\text{g C}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby.

Rośliną testową była trawa – kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), w której w każdym sezonie wegetacyjnym zebrano cztery pokosy (odrosty). Po zebraniu poszczególnych pokosów kupkówki pospolitej próby wysuszono w celu oznaczenia zawartości suchej masy i zmielono w młynku laboratoryjnym. Zawartość azotu całkowitego w materiale roślinnym oznaczono, metodą analizy elementarnej, na autoanalizatorze CHN, z detektorem przewodności cieplnej (IDC), Series II 2400, firmy Perkin Elmer. W celu oznaczenia zawartości fosforu i potasu próbki materiału roślinnego spopieleno w piecu muflowym w temperaturze 450°C. Następnie w celu strącenia krzemionki, rozpuszczeniu węglanów i tlenków próby zalano roztworem HCl (1:1) i odparowano do sucha na łaźni piaskowej. Tak przygotowany „popiół czysty” rozpuszczono w 10% roztworze HCl. Do oznaczenia omawianych pierwiastków zastosowano metodę ICP-AES (atomowa spektrometria emisyjna z plazmą wzbudzoną indukcyjnie). Wyniki badań opracowano statystycznie analizą wariancji z wykorzystaniem rozkładu F-Fishera-Snedecora wg programu F.R. Anal.var 4.1., a wartość NIR przy $\alpha = 0,05$ wyliczono wg testu Tukeya.

WYNIKI I DISKUSJA

Stosowane w doświadczeniu wazonowym odpadowe materiały organiczne: osad ściekowy z oczyszczalni ścieków w Siedlcach, kurzeniec od brojlerów i węgiel brunatny z kopalni w Turowie różniły się znacznie składem chemicznym, a w związku z tym ilości azotu, fosforu i potasu (podane w $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) wprowadzone wraz z nimi do gleby były zróżnicowane (tab. 1).

Tabela 1. Zawartości N, P i K w odpadowych materiałach organicznych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) oraz ilości składników wprowadzonych wraz z nimi do gleby ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)Table 1. Contents of N,P,K in waste organic materials and amounts of components introduced into the soil ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ D.M.)

Składnik Component	Materiał organiczny ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) – Organic materials ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)					
	osad ściekowy z Siedlca <i>sludge from Siedlce</i>		kurzeniec <i>broilers dropping</i>		węgiel brunatny <i>brown coal</i>	
	zawartość <i>content</i>	wprowadzona ilość <i>introduced amount</i>	zawartość <i>content</i>	wprowadzona ilość <i>introduced amount</i>	zawartość <i>content</i>	wprowadzona ilość <i>introduced amount</i>
N	60,50	0,326	16,8	0,084	4,28	0,0148
P	31,17	0,168	23,6	0,118	0,11	0,0004
K	4,28	0,023	20,0	0,100	0,84	0,0031

Najwięcej azotu i fosforu wprowadzono do gleby wraz z osadem ściekowym, a potasu z kurzeniem. Najmniej wszystkich rozpatrywanych w niniejszym opracowaniu makroelementów wprowadzono do gleby wraz z węglem brunatnym. Pełny skład stosowanych w eksperymencie odpadowych materiałów organicznych oraz wpływ badanych czynników na plonowanie kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) w kolejnych latach prowadzenia doświadczenia wazonowego przedstawiono we wcześniejszych opracowaniach [Kuziemska i Kalembasa 2011]. Wspomnieć należy, że w pierwszym roku badań na wielu obiektach nawozowych, na których stosowano większe ilości niklu, nie uzyskano plonu rośliny testowej, w związku z tym rok ten potraktowano jako wstępny. Rezultaty uzyskane w tym czasie, nie pozwoliły na kompleksowe oszacowanie wpływu wapnowania, stosowania zróżnicowanych odpadowych materiałów organicznych oraz wzrastającej ilości niklu w glebie na zawartość azotu, fosforu i potasu w biomacie kupkówki pospolitej, więc w niniejszej pracy omówiono trzy następne lata.

Zawartość wszystkich badanych makroelementów w analizowanej trawie przedstawiono jako średnie z pokosów zawartości w kolejnych latach eksperymentu. W całym doświadczeniu w poszczególnych latach badań, kupkówka pospolita zawierała średnio zbliżone ilości azotu (tab. 2), przy czym najwięcej tego pierwiastka stwierdzono w biomacie roślin uprawianych w roku czwartym, a najmniej w roku trzecim. Średnio w latach eksperymentu najwięcej azotu zgromadziły rośliny uprawiane na obiektach, na których zastosowano osad ściekowy, a najmniej uprawiane na obiektach kontrolnych. W drugim i czwartym roku badań obserwowano niewielkie zwiększenie ilości azotu w biomacie kupkówki pod wpływem wapnowania, a w roku trzecim był to wzrost udowodniony statystycznie na obiektach, gdzie dodatkowo stosowano kurzeniec i węgiel brunatny. W drugim i trzecim roku eksperymentu zawartość omawianego makroelementu w biomacie kupkówki pospolitej kształtowały też odpadowe materiały organiczne. Rośliny uprawiane na obiektach gdzie stosowano osad ściekowy zawierały średnio w drugim roku o 22,5%, a w roku trzecim o 16,1%, więcej azotu niż rośliny zebrane w obiektów kontrolnych. W przypadku roślin uprawianych na glebach, do których wprowadzono kurzeniec i węgiel brunatny zawartości te wynosiły odpowiednio: w roku drugim o 21,4 i o 6,9%, w roku trzecim o 14,9 i o 1,7% azotu więcej niż w roślinach zebranych z na gleb nienawożonych materiałami organicznymi. W ostatnim roku doświadczenia wazonowego nie wykazano wpływu wapnowania i stosowania odpadowych materiałów organicznych na omawianą cechę. W trzech kolejnych latach badań nie wykazano również istotnego wpływu zróżnicowanej ilości niklu w glebie na ilość azotu w kupkównie pospolitej.

Tabela 2. Zawartość azotu w kępówce pospolitej ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)Table 2. Nitrogen content in cocksfoot ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)

Wapnowanie <i>Liming</i>	Nawożenie <i>Fertilization</i>	Dawki Ni ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) <i>Doses of nickel</i> ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of soil)	Lata – Years			
			II	III	IV	średnia <i>mean</i>
0	0	0	16,9	16,9	20,0	17,9
		100	17,3	17,6	19,6	18,2
		200	17,4	17,3	19,6	18,1
	Osad z Siedlec <i>Sludges from Siedlce</i>	0	21,3	20,1	20,5	20,6
		100	21,2	20,2	19,9	20,4
		200	21,9	20,1	20,5	20,8
	Kurzeniec <i>Broilers dropping</i>	0	21,0	20,0	20,6	20,5
		100	21,0	20,2	20,8	20,7
		200	21,3	18,7	20,2	20,1
	Węgiel brunatny <i>Brown coal</i>	0	17,7	16,7	20,0	18,1
		100	18,1	17,8	19,5	18,5
		200	19,1	17,6	20,5	19,1
Ca wg 1Hh <i>Ca acc. 1 Hh</i>	0	0	17,0	17,2	20,9	18,4
		100	17,7	17,5	20,9	18,7
		200	17,8	18,0	21,3	19,0
	Osad z Siedlec <i>Sludges from Siedlce</i>	0	20,9	20,6	20,7	20,7
		100	20,8	20,2	21,4	20,8
		200	20,9	20,4	21,3	20,8
	Kurzeniec <i>Broilers dropping</i>	0	21,5	20,3	21,1	21,0
		100	20,3	20,6	20,9	20,6
		200	20,9	20,3	21,9	21,0
	Węgiel brunatny <i>Brown coal</i>	0	19,0	17,4	20,8	19,1
		100	18,3	17,9	21,4	19,2
		200	18,3	18,4	21,3	19,3
Średnie dla wapnowania <i>Means for liming</i>	0		19,5	18,6	20,1	19,4
	Ca		19,4	19,1	21,2	19,9
Średnie dla nawożenia <i>Means for fertilization</i>	0		17,3	17,4	20,4	18,4
	Osad z Siedlec – <i>Sludges from Siedlce</i>		21,2	20,3	20,7	20,7
	Kurzeniec – <i>Broilers dropping</i>		21,0	20,0	20,9	20,6
	Węgiel brunatny – <i>Brown coal</i>		18,4	17,6	20,6	18,9
Średnie dla dawki niklu <i>Means for doses of nickel</i>		0	19,4	18,6	20,6	19,5
		100	19,3	19,0	20,5	19,6
		200	19,7	18,9	20,8	19,8
Średnie w doświadczeniu – <i>Means for experiment</i>			19,5	18,8	20,6	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}						
wapnowanie – <i>liming</i>			r.n.	0,4	r.n.	–
nawożenie organiczne – <i>organic fertilization</i>			1,9	0,8	r.n.	–
dawki niklu – <i>doses of nickel</i>			r.n.	r.n.	r.n.	–

r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

Średnia z pokosów, zawartość fosforu w roślinie testowej (tab. 3) w kolejnych latach badań istotnie zależała od wszystkich badanych w eksperymencie czynników. W trzech kolejnych latach doświadczenia rośliny zebrane z obiektów wapnowanych zawierały odpowiednio: w drugim roku o 3,0%, w trzecim roku o 1,1% i w czwartym roku o 1,2% fosforu mniej w stosunku do jego zawartości w biomacie roślin zebranych z gleb niewapnowanych.

W trzyletnim cyklu badań, rośliny zebrane z gleb, do których wprowadzono osad ściekowy zawierały średnio o 27,8% fosforu więcej, a zebrane z obiektów nawożonych kurzeńcem o 14,9% więcej w odniesieniu do roślin zebranych z gleb, na których nie stosowano odpadowych materiałów organicznych. W każdym roku eksperymentu wykazano tendencję do zmniejszania ilości fosforu w kupkówce pospolitej pod wpływem stosowania węgla brunatnego – średnio w cyklu trzyletnim o 1,5% w stosunku do obiektów kontrolnych, ale były to różnice nieudowodnione statystycznie. W drugim roku badań stwierdzono zwiększenie ilości fosforu w biomacie trawy pod wpływem wzrastającej ilości niklu w glebie. Dane przedstawione w tabeli 4 wskazują, że zawartość potasu w biomacie rośliny testowej zależała nie tylko od czynników badań, ale była też różnicowana w latach eksperymentu. Średnio najwięcej omawianego pierwiastka zgromadziły rośliny zebrane w drugim, a najmniej w czwartym roku doświadczenia wazonowego. Niezależnie od roku badań rośliny uprawiane na obiektach wapnowanych zawierały mniej potasu w stosunku do zebranych z obiektów niewapnowanych średnio w roku drugim o 5,3%, trzecim o 3,4% i czwartym o 5,1%.

Wpływ odpadowych materiałów organicznych był niejednoznaczny. We wszystkich latach badań zarówno osad ściekowy jak i kurzeniec powodowały zwiększenie zawartości potasu w roślinach, średnio w cyklu trzyletnim odpowiednio: w roku drugim o 3,9% i 11,9%, w roku trzecim o 8,3% i 19,3%, a w roku czwartym o 7,5% i 13,8% w stosunku do zawartości w roślinach uprawianych na obiektach kontrolnych, natomiast węgiel brunatny działał niejednoznacznie, powodując w drugim roku spadek zawartości potasu w roślinach średnio 2,7% natomiast w dwóch następnych latach wzrost średnio o 3,5% i 0,7% w stosunku do jego zawartości w roślinach zebranych z gleb kontrolnych. W warunkach prowadzonych badań nie wykazano istotnego wpływu wzrastającej ilości niklu w glebie na omawianą cechę.

W podsumowaniu przeprowadzonych badań własnych, należy podkreślić, że zawartość azotu, fosforu i potasu w biomacie kupkówki pospolitej w latach eksperymentu różnicowało przede wszystkim wapnowanie i odpadowe materiały organiczne. Wykazano, że rośliny zebrane z obiektów wapnowanych zawierały średnio mniej fosforu i potasu w stosunku do zebranych z gleb niewapnowanych, co jest potwierdzeniem wcześniejszych badań [Kalembasa i Kuziemska 2008]. Tak jednoznacznych rezultatów nie wykazano w przypadku azotu, ale w większości przypadków wapnowanie spowodowało zwiększenie jego ilości w biomacie trawy.

Zastosowane materiały organiczne – osad ściekowy, kurzeniec i węgiel brunatny – miały różną zawartość azotu, fosforu i potasu, a w związku z tym, ich wpływ na omawiane cechy był zróżnicowany. Wszystkie zastosowane substancje organiczne spowodowały zwiększenie zawartości azotu i potasu w biomacie rośliny testowej. Ich wpływ na zawartość fosforu był zależny od rodzaju materiału. Osad ściekowy i kurzeniec powodowały wzrost tego makroelementu w trawie, a węgiel brunatny jego zmniejszenie. Stymulujący wpływ odpadowych materiałów organicznych, mieszanin popiołowo-osadowych i popiołowo-torfowych na zwiększenie zawartości azotu, fosforu oraz potasu w mieszance traw z komornicą zwyczajną stwierdził w swoich badaniach Antonkiewicz [2006]. Ciepela i in. [2012]. Krzywy i in. [2003] badali natomiast komposty z komunalnego osadu ściekowego i wykazali istotny ich wpływ na zwiększenie ilości omawianych makroelementów w roślinach testowych.

W czteroletnim cyklu badań najwięcej azotu i fosforu zgromadziły rośliny uprawiane na glebach, do których wprowadzono osad ściekowy, a potasu na glebach, do których wprowadzo-

Tabela 3. Zawartość fosforu w kawkówce pospolitej ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)
 Table 3. Phosphorus content in cocksfoot ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)

Wapnowanie <i>Liming</i>	Nawożenie <i>Fertilization</i>	Dawki Ni ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) <i>Doses of nickel</i> ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of soil)	Lata – Years			
			II	III	IV	średnia <i>mean</i>
0	0	0	3,26	3,20	3,19	3,22
		100	3,39	3,18	3,10	3,22
		200	3,44	3,25	3,07	3,25
	Osad z Siedlec <i>Sludges from</i> <i>Siedlce</i>	0	4,17	4,03	4,07	4,09
		100	4,23	4,10	4,10	4,14
		200	4,22	4,13	4,13	4,16
	Kurzeniec <i>Broilers dropping</i>	0	3,85	3,68	3,69	3,74
		100	3,80	3,70	3,67	3,72
		200	3,80	3,63	3,60	3,68
	Węgiel brunatny <i>Brown coal</i>	0	3,38	3,12	3,11	3,20
		100	3,51	3,10	3,05	3,22
		200	3,49	3,14	3,10	3,24
Ca wg 1Hh <i>Ca acc. 1 Hh</i>	0	0	3,20	3,15	3,07	3,14
		100	3,27	3,18	3,10	3,18
		200	3,30	3,22	3,10	3,21
	Osad z Siedlec <i>Sludges from</i> <i>Siedlce</i>	0	4,07	4,00	4,04	4,04
		100	4,10	4,02	4,03	4,05
		200	4,14	4,06	4,02	4,07
	Kurzeniec <i>Broilers dropping</i>	0	3,70	3,60	3,54	3,61
		100	3,64	3,68	3,62	3,65
		200	3,73	3,69	3,64	3,69
	Węgiel brunatny <i>Brown coal</i>	0	3,25	3,07	3,03	3,12
		100	3,40	3,06	3,08	3,18
		200	2,29	3,07	3,10	3,19
Średnie dla wapnowania <i>Means for liming</i>	0		3,71	3,52	3,49	3,57
	Ca		3,60	3,48	3,45	3,51
Średnie dla nawożenia <i>Means for</i> <i>fertilization</i>	0		3,31	3,20	3,10	3,20
	Osad z Siedlec – <i>Sludges from Siedlce</i>		4,15	4,06	4,06	4,09
	Kurzeniec – <i>Broilers dropping</i>		3,75	3,66	3,63	3,68
	Węgiel brunatny – <i>Brown coal</i>		3,40	3,09	3,08	3,19
Średnie dla dawki niklu <i>Means for doses of nickel</i>	0		3,61	3,48	3,47	3,52
	100		3,67	3,50	3,47	3,55
	200		3,69	3,52	3,47	3,56
Średnie w doświadczeniu – <i>Means for experiment</i>			3,65	3,50	3,47	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}						
wapnowanie – <i>liming</i>			0,04	0,04	0,04	–
nawożenie organiczne – <i>organic fertilization</i>			0,07	0,07	0,08	–
dawki niklu – <i>doses of nickel</i>			0,05	r.n.	r.n.	–

r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

Tabela 4. Zawartość potasu w kupkówce pospolitej (g·kg⁻¹ s.m.)
 Table 4. Potassium content in cocksfoot (g·kg⁻¹ DM)

Wapnowanie <i>Liming</i>	Nawożenie <i>Fertilization</i>	Dawki Ni (mg·kg ⁻¹ gleby) <i>Doses of nickel</i> (mg·kg ⁻¹ of soil)	Lata – Years			
			II	III	IV	średnia <i>mean</i>
0	0	0	22,6	19,4	20,5	20,8
		100	23,1	19,8	19,9	20,9
		200	22,8	19,2	19,4	20,5
	Osad z Siedlec <i>Sludges from Siedlce</i>	0	24,0	21,7	21,4	22,4
		100	24,3	22,8	21,6	22,9
		200	23,0	22,6	21,1	22,2
	Kurzeniec <i>Broilers dropping</i>	0	25,4	24,0	22,2	23,9
		100	25,4	23,3	22,5	23,7
		200	24,6	23,5	22,5	23,5
	Węgiel brunatny <i>Brown coal</i>	0	22,5	20,4	20,5	21,3
		100	22,7	20,4	19,9	21,0
		200	21,9	20,0	19,5	20,5
Ca wg 1Hh <i>Ca acc. 1 Hh</i>	0	0	21,4	19,3	19,0	19,9
		100	22,7	19,4	18,2	20,1
		200	21,7	19,3	18,6	19,9
	Osad z Siedlec <i>Sludges from Siedlce</i>	0	21,8	20,5	20,4	20,9
		100	22,2	20,8	20,5	21,2
		200	22,4	20,6	19,2	20,7
	Kurzeniec <i>Broilers dropping</i>	0	24,4	22,9	21,8	23,0
		100	24,0	22,4	21,4	22,6
		200	24,1	22,7	21,1	22,6
	Węgiel brunatny <i>Brown coal</i>	0	21,5	20,1	19,5	20,4
		100	21,7	19,8	19,1	20,2
		200	21,4	20,2	19,3	20,3
Średnie dla wapnowania <i>Means for liming</i>	0	23,6	21,4	20,9	22,0	
	Ca	22,3	20,7	18,4	20,5	
Średnie dla nawożenia <i>Means for fertilization</i>	0	22,1	19,4	19,3	20,3	
	Osad z Siedlec – <i>Sludges from Siedlce</i>	23,0	21,5	20,7	21,7	
	Kurzeniec – <i>Broilers dropping</i>	24,7	23,1	21,9	23,2	
	Węgiel brunatny – <i>Brown coal</i>	21,9	20,2	19,6	20,6	
Średnie dla dawki niklu <i>Means for doses of nickel</i>	0	23,0	21,0	20,6	21,5	
	100	23,1	21,1	20,4	21,5	
	200	22,7	21,0	20,1	21,3	
Średnie w doświadczeniu – <i>Means for experiment</i>			22,9	21,0	20,4	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}						
wapnowanie – <i>liming</i>			0,4	0,4	0,4	–
nawożenie organiczne – <i>organic fertilization</i>			0,8	0,8	0,8	–
dawki niklu – <i>doses of nickel</i>			r.n.	r.n.	r.n.	–

r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

no kurzeniec, co jest skorelowane z ich składem chemicznym. Najmniej wszystkich badanych w eksperymencie pierwiastków pobrały rośliny uprawiane na obiektach kontrolnych.

W badaniach własnych nie wykazano istotnego wpływu wzrastających ilości niklu w glebie na omawiane cechy, co wykazały w swoich pracach Koszelnik-Leszek i Spiak [2006]. Inne rezultaty otrzymał Wyszkowski [2004], który stwierdził, że w miarę wzrostu ilości niklu w glebie, wzrastała w roślinach testowych zawartość azotu, fosforu i potasu. Należy to łączyć z cechami genetycznymi uprawianej w badaniach własnych rośliny testowej – kupkówki pospolitej. W przeprowadzonym eksperymencie nie wykazano interakcji pomiędzy badanymi czynnikami dotyczącymi zarówno zawartości azotu, fosforu jak i potasu w analizowanej trawie.

WNIOSKI

1. Zastosowane w doświadczeniu wazonowym odpadowe materiały organiczne były zróżnicowane pod względem składu chemicznego.
2. Wapnowanie powodowało zwiększenie w roślinach testowych zawartości azotu oraz zmniejszenie zawartości fosforu i potasu.
3. Osad ściekowy i kurzeniec powodowały zwiększenie w roślinie testowej zawartości wszystkich badanych makroelementów.
4. Rośliny uprawiane na obiektach, gdzie zastosowano węgiel brunatny zawierały więcej azotu oraz mniej fosforu niż zebrane z obiektów kontrolnych.
5. Nie stwierdzono istotnego wpływu wzrastającej ilości niklu w glebie na zawartość azotu, fosforu i potasu w biomacie kupkówki pospolitej.

PIŚMIENNICTWO

- Antonkiewicz J. 2006. Wpływ różnych mieszanin popiołowo-osadowych i popiołowo-torfowych na plon i zawartość pierwiastków w mieszance traw z komonicą zwyczajną. Część I. Makroelementy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 512: 19–30.
- Ciećko Z., Wyszkowski M., Krajewski W., Zabielska J. 2001. Effect of organic matter and liming on the reduction of cadmium uptake from soil by triticale and spring oilseed rape. *Sci. Total. Environ.* 281: 37–45.
- Ciepiela G.A., Jankowska J., Jankowski K. 2012. Efektywność azotu mineralnego i organicznego w nawożeniu runi łąkowej. *Fragm. Agron.* 29(2): 17–26.
- Drażkiewicz M. 1994. Wpływ niklu na aparat fotosyntetyczny roślin. *Wiad. Bot.* 38 (1/2): 77–8.
- Herms U., Brümmner G. 1990. Einflussgrößen der Schwermetalllöslichkeit und Bindung in Böden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 147: 400–424.
- Kalembasa S., Kuziemska B. 2008. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na tle zróżnicowanego wapnowania na plon oraz zawartość fosforu, potasu, wapnia, magnezu i siarki w kupkówce pospolitej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 526: 335–342.
- Kasperczyk M., Szewczyk W., Kacorzyk P. 2010. Wpływ nawożenia obornikiem i nawozami mineralnymi na pobranie składników z łąki i właściwości chemiczne gleby. *Fragm. Agron.* 27(4): 39–44.
- Koszelnik-Leszek A. 2002. Dynamika pobierania niklu przez dwie odmiany jęczmienia jarego. *Roczn. Glebozn.* 53(2): 41–49.
- Koszelnik-Leszek A., Spiak Z. 2006. Zawartość makroskładników w roślinach doświadczalnych w zależności od poziomu niklu w glebie. *Zesz. Nauk. UP Wrocław* 546, Ser. Rol. 84: 125–131.
- Krzywy E., Krzywy-Gawrońska E., Krzywy J. 2008. Zawartość azotu, fosforu i potasu w roślinach uprawianych na glebie z dodatkiem kompostów z komunalnego osadu ściekowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 533: 197–208.

- Kuziemska B., Kalembasa S. 2011. Reducing the toxic effect of nickel on orchard grass by liming and application of organic materials. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 43: 105–110.
- Nakonieczny M. 2007. Strukturalne i funkcjonalne przystosowania *Chrysolina pardalina* (Chrysomelidae; Coleoptera) do rozwoju na hiperakumulatorze niklu *Berkheya coddii* (Asteracea) – studium porównawcze z *Chrysolina herbacea*. Wyd. Uniw. Śląskiego, Rozpr. Nauk. 2508: ss. 135.
- Wyszkowski M. 2004. Effect of soil contamination with nickel and manganese on the ionic ratios between macroelements in yellow lupine. *Chem. Inż. Ekol.* 11(8): 833–839.
- Wyszkowski M. 2009. Effect of soil pollution with heavy metals on ionic relations in oats (*Avena sativa* L.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 541: 541–549.
- Zasadowski A., Spodniewska A. 1995. Arsen i nikiel w środowisku i organizmie zwierząt. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.* 492, *Veterinaria* 22: 125–131.

B. KUZIEMSKA, S. KALEMBASA, D. JAREMKO, M. POPEK

**INFLUENCE OF LIMING AND ORGANIC WASTE MATERIALS ON NITROGEN,
PHOSPHORUS AND POTASSIUM CONTENT IN THE BIOMASS OF COCKSFOOT GROWN
ON SOIL CONTAMINATED WITH NICKEL**

Summary

In four-year pot experiment the effect of liming and application of organic waste materials on nitrogen, phosphorus and potassium content in the cocksfoot grown on soil contaminated with nickel was studied. The experiment included the following factors: I – liming (0 and Ca by 1 Hh of soil), II – waste organic materials (0 and sewage sludge, broilers dropping and brown coal), III – varied soil contamination with nickel (0, 100, 200 mg Ni·kg⁻¹ of soil). In each year of the four-year experiment plants from all cuts were analyzed. The nitrogen content in the biomass of the grass was determined by elemental analysis (CHN analysis), and phosphorus and potassium content was determined by ICP-AES. Our research has shown that plants grown on limed soils contained more nitrogen and less phosphorus and potassium in comparison with plants collected from non limed objects. Waste organic materials proved to be a good source of nitrogen and potassium for plants and their impact on the amount of phosphorus in the analyzed grass was ambiguous. In the experiment no effect of varying amounts of nickel in the soil for nitrogen, phosphorus and potassium in the biomass cocksfoot was shown.

Key words: nitrogen, phosphorus, potassium, liming, organic materials, nickel

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print:* 10.10.2013

Do cytowania – *For citation:*

Kuziemska B., Kalembasa S., Jaremko D., Popek M. 2013. Wpływ wapnowania i odpadowych materiałów organicznych na zawartość azotu, fosforu i potasu w biomacie kupkówki pospolitej uprawianej na glebie zanieczyszczonej niklem. *Fragm. Agron.* 30(4): 65–73.