

Ocena zawartości pierwiastków w trawach i koniczynie łąkowej uprawianych na glebach przylegających do składowiska odpadów przemysłu naftowego

J. ANTONKIEWICZ¹, J. MACUDA²

¹ *Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*

² *Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie*

Evaluation of elements content in grasses and red clover grown on soils adjacent to a petroleum waste landfill

Abstract. Therefore, the analyses were aimed at an evaluation of Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Fe, Cr, Co and Mg content in soil, grasses and red clover grown near the refinery landfill in Jasło-Niegłowice. The analysis of the above mentioned elements content shows that grasses had a higher Cu, Zn, Cd, Pb and Co content, whereas clover had a higher Cr and Mg content. The Ni and Fe content in grasses and red clover was on the same level. The admissible cadmium and lead contents were exceeded in the analysed vegetation material. Moreover, a great influence of organic matter and heavy metals content in soil were observed. No significant influence of metal content in soil on their content in vegetation was noted.

Keywords: petroleum waste landfill, heavy metals, contamination, grasses, red clover

1. Wstęp

W glebach narażonych na oddziaływanie składowisk stwierdza się, między innymi, znaczny wzrost stężenia metali ciężkich, zachwianie równowagi jonowej oraz nadmierne pobieranie metali ciężkich przez rośliny. Objawia się to, przede wszystkim, obniżeniem plonów, a także występowaniem zmian w wyglądzie zewnętrznym roślin (FALKOWSKI i wsp., 2000; KULCZYCKI & SPIAK 2000; NIEMYSKA-ŁUKASZUK i wsp., 2003). Na Podkarpaciu rozwój przemysłu związanego z poszukiwaniem gazu ziemnego i ropy naftowej oraz jej przetwórstwem wywiera bardzo silny wpływ na środowisko. Zdeponowane na składowiskach różnorodne chemiczne odpady podlegają różnym procesom, głównie natury fizykochemicznej, które mogą prowadzić do zanieczyszczeń wód i gleb wieloma substancjami ropopochodnymi, a także metalami ciężkimi (MACUDA i wsp., 2004; SZYSZKOWSKI, 1995). Zanieczyszczenia pochodzące ze składowisk odpadów i zakładów przemysłowych przyczyniają się do naruszenia równowagi agroekosystemów, ograniczając ich produktywność, a jednocześnie pogarszając jakość plonów, co eliminuje je jako pasze dla zwierząt (KICIŃSKA & HELIOS-RYBICKA, 1995; KUCHARSKI & MARCHWIŃSKA, 1990). Stąd celem badań była ocena zawartości Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Fe, Cr, Co, Mg w glebach, trawach i koniczynie łąkowej uprawianych w sąsiedztwie składowiska odpadów przemysłu naftowego w Jasle-Niegłowicach.

2. Materiał i metody

Przedmiotem badań były gleby i rośliny występujące na terenie przyległym do składowiska odpadów przemysłu naftowego w Jaśle-Nieglłowicach. Do oceny zawartości badanych pierwiastków pobrano 16 prób glebowych i roślinnych. Próbkę gleby pobierano łaską Egnera z warstwy ornej (0-30 cm) w punktach tak rozmieszczonych, by umożliwiły zbadanie zasięgu oddziaływania zanieczyszczeń, tj. z odległości od 0 do 300 m od składowiska. W zebranym materiale glebowym oznaczono: odczyn (pH w KCl o stężeniu 1 mol dm⁻³) (ISO, 1994), substancję organiczną (metodą wagową; straty prażenia) oraz całkowitą zawartość Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Co, Fe, Mg po rozpuszczeniu w mieszaninie stężonych kwasów (HF + HClO₄ + HCl) stosując do oznaczenia spektrometr absorpcji atomowej (OSTROWSKA i wsp., 1991). Materiał roślinny pochodził z pierwszego odrostu i obejmował następujące frakcje roślin:

- I. trawy, w której dominowały: *Festuca pratensis*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Dactylis glomerata*,
- II. motylkowate, reprezentowane wyłącznie przez *Trifolium pratense*.

Skład florystyczny runi oceniono metodą szacunkową Klappa. Trawy w całym poroście stanowiły średnio 75%, koniczyna łąkowa – 15%, a resztę plonu stanowiły zioła i chwasty. We frakcji traw i koniczynie łąkowej, po uprzedniej mineralizacji na sucho, oznaczono zawartość wyżej wymienionych pierwiastków metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej.

3. Wyniki i dyskusja

Na składowisku odpadów w Jaśle-Nieglłowicach deponowano odpady pochodzące z Rafinerii Jasło S.A. Na terenie przyległym do składowiska występują gleby należące do kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego i zaliczane są głównie do IIIb i IVa klasy bonitacyjnej. Gleby te są średnio zwarte i zasobne w składniki pokarmowe, dzięki czemu są potencjalnie żyzne. Najlepiej na tych glebach udają się rośliny pastewne, głównie trawy, koniczyna, buraki oraz rośliny okopowe i warzywne, szczególnie por i seler. Stosunki wodne są uregulowane, co zwiększa rolniczą wartość gleb, plasując je w kompleksie gleb pszennych. Tego rodzaju gleby powinny być szczególnie chronione przed degradacją (GREINERT, 1992; MOTOWICKA-TERELAK & TERELAK, 1995).

Analizowane gleby wokół składowiska cechują się odczynem od lekko kwaśnego do zasadowego (tab. 1). Średnia arytmetyczna wartości pH_{KCl} wyliczona na podstawie jego oznaczeń we wszystkich badanych próbkach gleby jest wysoka (pH_{KCl} = 7,03), przy stosunkowo małym zróżnicowaniu. Mało zróżnicowanie wartości pH (V_c = 5,66%) spowodowane zostało wapnowaniem powierzchni gleb. W glebach sąsiadujących bezpośrednio ze składowiskiem obserwujemy również podwyższoną akumulację materii organicznej. Średnia zawartość materii w badanych glebach wynosiła 45,89 g kg⁻¹, kształtując się w granicach od 22,30 do 126,10 g kg⁻¹ suchej masy (tab. 1). W badanych glebach zarejestrowano większe zróżnicowanie zawartości materii organicznej, w porównaniu do odczynu gleby, ponieważ współczynnik zmienności wynosił 55,27%. Wyniki badań nad pierwiastkami śladowymi w glebie sugerują, że ze wzrostem wartości pH i zawartości materii organicznej należy się spodziewać wyraźnego zmniejszenia przyswajalności metali przez rośliny (CURYŁO, 1996; GAMBUŚ, 1989; KACZOR, 1998)

Tabela 1. Fizykochemiczne właściwości gleb
Table 1. Physicochemical properties of soils

Nr gleby No. of soil	Rośliny Plants	Odległość od składowiska (m) Distance from waste site (m)	pH _{KCl}	Materia organiczna Organic matter (g kg ⁻¹)
1	Trawy Grasses	0	7,19	59,00
2		0 – 50	7,09	31,50
3		0 – 50	7,40	29,50
4		50 – 100	6,61	57,20
5		50 – 100	7,17	41,20
6		50 – 100	7,36	29,50
7		100 – 150	7,28	40,90
8		100 – 150	7,20	126,10
9		200 – 250	7,16	51,20
10		250 – 300	7,37	25,30
11	Koniczyna łąkowa Red clover	0 – 50	7,22	22,30
12		100 – 150	6,95	49,70
13		150 – 200	7,22	30,50
14		150 – 250	6,70	22,80
15		150 – 250	5,84	57,90
16		250 – 300	6,75	59,60
Średnia – Mean			7,03	45,89
Współczynnik zmienności - Variability coefficient (%)			5,66	55,27

Ważnym składnikiem decydującym o zanieczyszczeniu różnych elementów środowiska są między innymi jony metali ciężkich, akumulowane w otaczających je glebach i roślinach (LICZNAR i wsp., 1995; NIEMYSKA-ŁUKASZUK i wsp., 2003). Całkowita zawartość badanych pierwiastków w glebach, w pobliżu składowiska odpadów przemysłu naftowego była zróżnicowana. Największym zróżnicowaniem cechował się chrom ($V_c = 83,15\%$), a najmniejszym kadm, miedź i żelazo. Biorąc pod uwagę rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (ROZPORZĄDZENIE, 2002), które dopuszcza w poziomach wierzchnich gleb ornych następujące stężenia metali: Cr – 150, Zn – 300, Cd – 4, Co – 20, Cu – 150, Ni – 100, Pb – 100 mg kg⁻¹ suchej masy stwierdzono, że analizowane gleby nie są zanieczysz-

czone pod względem zawartości Cu, Zn, Cd, Pb, Ni. W analizowanych glebach stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej zawartości chromu (6 próbek) oraz kobaltu (3 próbki).

Tabela 2. Zawartość metali w glebach
Table 2. Content of metals in soils

Nr gleby No. of soil	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	Co	Fe	Mg
	mg kg ⁻¹ s.m. - DM							g kg ⁻¹ s.m. - DM	
Trawy - Grasses									
1	36,74	82,37	1,75	32,61	31,37	60,31	11,44	27,66	5,27
2	24,09	84,29	1,14	29,57	49,11	205,90	15,50	23,72	3,42
3	20,64	69,01	1,41	25,04	19,55	48,62	7,62	19,27	5,93
4	27,55	78,91	1,62	39,18	7,37	49,69	9,81	25,68	3,92
5	29,92	88,60	1,50	32,48	9,06	51,13	10,56	25,70	5,82
6	19,08	63,63	1,35	23,71	5,70	36,45	7,04	18,84	5,32
7	33,68	94,15	1,34	31,70	53,83	67,71	10,59	28,83	5,78
8	36,97	152,50	2,19	15,36	50,19	42,56	7,20	20,03	3,77
9	27,65	69,11	1,22	32,63	57,63	54,18	13,31	37,74	4,94
10	25,65	57,90	1,16	28,27	49,12	56,92	9,31	37,81	6,11
Koniczyna łąkowa – Red clover									
11	23,08	72,75	1,02	25,07	45,22	210,90	14,87	20,85	4,10
12	21,16	73,56	1,18	30,71	55,50	275,30	19,52	20,35	3,75
13	23,09	61,22	1,45	25,99	6,09	47,23	8,75	21,10	5,24
14	30,46	117,40	1,50	34,26	57,03	304,10	23,99	27,85	3,25
15	35,10	110,38	1,72	40,46	51,12	295,10	20,17	28,34	2,89
16	33,58	105,33	1,71	37,64	54,75	283,40	20,38	28,93	3,59
Średnia Mean	28,03	86,32	1,45	30,29	37,67	130,59	13,13	25,79	4,57
V _c * (%)	21,22	28,88	20,45	21,12	54,95	83,15	40,92	22,94	23,76

* Współczynnik zmienności – Variability coefficient

Zawartość badanych pierwiastków w roślinach występujących wokół składowiska odpadów przemysłu naftowego była zróżnicowana i wahała się w zakresie: 5,74-35,55 mg Cu; 24,27-138,60 mg Zn; 0,75-1,48 mg Cd; 6,03-18,21 mg Pb; 3,24-33,55 mg Ni; 0,04-1,29 mg Cr; 0,96-2,62 mg Co kg⁻¹ s.m.; 0,11-1,37 g Fe i 0,55-5,21 g Mg kg⁻¹ suchej masy roślin (tab. 3). Z analizy zawartości wyżej wymienionych pierwiastków wynika, że trawy cechowały się wyższą zawartością Cu, Zn, Cd, Pb i Co, a koniczyna łąkowa – Cr i Mg.

Zawartość niklu i żelaza w trawach i koniczynie łąkowej była na jednakowym poziomie. Na podstawie zaproponowanych przez IUNG (KABATA-PENDIAS i wsp., 1993) krytycznych zawartości metali śladowych, wynoszące odpowiednio dla celów paszowych: $Cd \leq 0,5$; $Zn \leq 100$; $Pb \leq 10$; $Cu \leq 25$; $Ni \leq 50$ mg kg^{-1} suchej masy dokonano oceny analizowanego materiału roślinnego. Oceniając materiał roślinny według kryteriów IUNG stwierdzono w trawach oraz koniczynie łąkowej, występującej w sąsiedztwie składowiska odpadów rafineryjnych, przekroczenia dopuszczalnych zawartości kadmu we wszystkich próbkach.

Tabela 3. Zawartość metali w roślinach
Table 3. Content of metals in plants

Nr gleby No of soil	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	Co	Fe	Mg
	mg kg^{-1} s.m. – DM							g kg^{-1} s.m. – DM	
Trawy - Grasses									
1	9,30	138,60	1,31	16,31	16,06	1,04	2,62	0,30	1,68
2	14,02	45,68	0,97	10,58	33,44	0,92	1,76	0,11	1,07
3	10,31	33,57	1,22	8,76	4,47	0,98	1,89	0,20	4,31
4	35,55	59,14	1,48	16,56	9,70	0,89	1,99	0,33	1,59
5	6,97	64,95	0,75	10,13	4,95	1,02	1,62	0,11	0,99
6	6,87	60,39	1,31	15,81	4,65	0,78	1,63	0,18	1,28
7	6,54	44,37	1,42	15,31	4,29	0,96	2,59	1,12	3,57
8	7,26	38,36	1,01	13,33	4,65	0,72	1,36	1,08	3,17
9	6,02	34,95	0,86	6,26	3,24	0,83	1,55	1,37	5,00
10	16,15	49,89	0,99	10,49	13,28	0,04	1,58	0,22	1,81
Koniczyna łąkowa – Red clover									
11	11,77	35,39	1,06	13,64	13,13	0,93	0,96	0,23	0,55
12	5,74	28,54	1,22	13,01	3,52	1,29	2,14	0,92	5,21
13	11,12	33,26	1,08	6,03	8,07	0,61	1,91	0,30	1,80
14	10,32	33,57	1,22	8,77	4,47	1,18	1,98	0,20	4,31
15	14,54	24,27	0,86	10,52	5,10	0,90	1,49	1,35	2,00
16	15,74	49,35	0,99	18,21	33,55	0,88	1,94	1,24	1,15
Średnia Mean	11,76	48,39	1,11	12,11	10,41	0,87	1,81	0,58	2,47
V _c * (%)	61,62	55,43	19,03	30,77	94,47	31,63	23,43	85,08	62,65

* Współczynnik zmienności – Variability coefficient

W niniejszych badaniach stwierdzono, że tylko dwie próbki traw i koniczyny łąkowej zawierały poniżej 10 mg Pb kg^{-1} suchej masy, pozostałe próbki przekraczały krytyczne zawartości dla tego metalu. Tylko w jednej próbce traw stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej zawartości miedzi i cynku. Pod względem zawartości niklu badane rośliny spełniały wymagania stawiane paszom dobrej jakości.

Optymalna zawartość pierwiastków w roślinach przeznaczonych na paszę wynosi: 0,3-1,0 mg Co; 0,15-0,40 g Fe; do 20 mg Cr kg⁻¹ suchej masy (GORLACH, 1991), a magnezu przynajmniej 2,0 g Mg kg⁻¹ suchej masy (FALKOWSKI i wsp., 2000). Według tego kryterium nie stwierdzono przekroczeń pod względem zawartości chromu, w przypadku magnezu stwierdzono w czterech próbkach traw zawartość kształtującą się powyżej 2,0 g kg⁻¹ suchej masy, oraz w dwóch próbkach koniczyny łąkowej. Nadmierną zawartość żelaza tj. powyżej 0,4 g kg⁻¹ suchej masy stwierdzono w trzech próbkach traw i koniczyny łąkowej. Poziom zanieczyszczenia zwłaszcza kadmem i ołowiem kwalifikował roślinność trawiastą i koniczynę łąkową na przemysłowy kierunek użytkowania.

W niniejszych badaniach stwierdzono duży wpływ materii organicznej na zawartość Zn, Cd w glebie, o czym świadczą wysokie wartości współczynników korelacji wynoszące odpowiednio: $r = 0,716$ i $0,811$ przy poziomie istotności $P = 0,001$. Badania CURYŁY (1996) i KACZORA (1998) wykazały, że odczyn gleb i zawartość materii organicznej jest jednym z najważniejszych czynników glebowych, który decyduje o rozpuszczalności i dostępności dla roślin metali ciężkich. Jednak wpływ ten jest różny dla poszczególnych pierwiastków, a często również gatunków roślin. W badaniach własnych stwierdzono, że zawartość Pb i Mg oraz Cr i Co w glebie była dodatnio skorelowana z odczynem gleby. Z obliczonych współczynników korelacji pomiędzy poszczególnymi metalami występującymi w glebie wynika, że jedynie wyraźna zależność występuje między: Cu i Cd, Cu i Zn, Zn i Cd, Cr i Co, Cr i Mg, Co i Mg. Współczynnik „ r ” między tymi metalami wynosi powyżej 0,7 i jest już istotny przy $P = 0,001$. W niniejszych badaniach nie stwierdzono wyraźnego wpływu odczynu gleby, zawartości metali w glebie na ich poziom w roślinach. Natomiast w badaniach GRZEGORCZYKA i BENEDYCKIEGO (1998) stwierdzono wyraźny wpływ odczynu gleby na zawartość makroelementów i mikroelementów w roślinach motylkowatych. Ze względu na wielokierunkowość zmian zachodzących w glebach na terenach sąsiadujących ze składowiskiem odpadów rafineryjnych, systematyczne ich kontrolowanie może być wykorzystywane do właściwej oceny stanu środowiska przyrodniczego.

4. Wnioski

- Analizowane gleby wokół składowiska charakteryzują się odczynem lekko kwaśnym, obojętnym i zasadowym, nie wykazują zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi z wyjątkiem chromu.
- Stwierdzono duże zróżnicowanie zawartości pierwiastków w trawach i koniczynie łąkowej. Największe różnice dotyczą niklu i żelaza, a najmniejsze kadmu i kobaltu.
- Przekroczenia dopuszczalnych progowych zawartości metali ciężkich w roślinach dotyczyły głównie kadmu i ołowiu.
- Wyniki przeprowadzonej oceny wartości użytkowej traw i koniczyny łąkowej uzasadniają celowość wprowadzenia do struktury zasiewów roślin przeznaczonych na cele przemysłowe, np. biopaliwa.

Literatura

- CURYŁO T., 1996. Wpływ odczynu gleby na pobieranie cynku, miedzi i niklu przez rośliny owsa. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 434, 49-54.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I. & S. KOZŁOWSKI, 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, ss. 132.
- GAMBUŚ F., 1989. Wpływ pH i zawartości materii organicznej na sorpcję Cu w glebie i jej pobieranie przez rośliny. *Acta Agraria Silvestria, Agricultura*, 28, 51-59.
- GORLACH E., 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, 262, Sesja Naukowa, 34, 13-22.
- GREINERT H., 1992. Ochrona gleb. Wydawnictwo WSI, Zielona Góra, ss. 162.
- GRZEGORCZYK S. & S. BENEDYCKI, 1998. Zależność składu chemicznego roślin motylkowatych od pH gleby. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 456, 637-642.
- ISO, 1994. Determination of pH, ISO 10 390.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H. & T. WITEK, 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. Puławy, P. (53), IUNG, ss. 20.
- KACZOR A., 1998. Odżywianie się roślin w warunkach gleb silnie zakwaszonych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 456, 55-62.
- KICIŃSKA A. & E. HELIOS-RYBICKA, 1995. Metale ciężkie w układzie gleba-roślina na obszarze oddziaływania huty cynku. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 418, 751-759.
- KULCZYCKI G. & Z. SPIAK, 2000. Wpływ oddziaływania wybranych zakładów przemysłowych na zawartość metali ciężkich w glebie i roślinach. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 471, 1029-1037.
- KUCHARSKI R. & E. MARCHWIŃSKA, 1990. Problemy zagrożenia terenów rolnych metalami ciężkimi w rejonie Olkusza. *Zeszyty Naukowe AGH*, 1368, *Sozologia i Sozotechnika* 32, 123-141.
- LICZNAR S. E., DROZD J. & M. LICZNAR, 1995. Oddziaływanie składowiska pomiotu kurzego na właściwości gleb terenów przyległych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 418, 541-550.
- MACUDA J., ZAJĄC T. & J. ANTONKIEWICZ, 2004. Właściwości fizyko-chemiczne gleb występujących w bezpośrednim sąsiedztwie składowiska odpadów przemysłu naftowego w Jaśle. *Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus*, 3(1), 31-39.
- MOTOWICKA-TERELAK T. & H. TERELAK, 1995. Obszary ekologicznego zagrożenia gleb w Polsce w wyniku oddziaływania czynników antropogenicznych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 422, 43-54.
- NIEMYSKA-ŁUKASZUK J., NICIA P., CIARKOWSKA K. & P. ZADROŻNY, 2003. Oddziaływanie składowiska odpadów komunalnych na wybrane właściwości gleb. *Acta Agraria et Silvestria, Seria Agricultura*, 40, 111-119.
- OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S. & Z. SZCZUBIAŁKA, 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Katalog. Wydawnictwo IOŚ, Warszawa, ss. 334.
- ROZPORZĄDZENIE, 2002. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz. U. RP, Nr 165, poz. 1359 z dnia 4 października 2002 r.
- SZYSZKOWSKI P., 1995. Zanieczyszczenie wód glebowo-gruntowych odciekami z wysypiska odpadów komunalnych w Swojcu koło Wrocławia. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 418, 551-558.

Evaluation of elements content in grasses and red clover grown on soils adjacent to a petroleum waste landfillJ. ANTONKIEWICZ¹, J. MACUDA²¹*Department of Agricultural Chemistry, Hugon Kołłątaj – Agricultural University of Krakow*, ²*Academy of Mining and Metallurgy, Krakow***Summary**

The development of natural gas and oil prospecting and processing in the Podkarpacie region has a strong environmental impact. Various chemical waste deposited in landfills undergo various processes, mostly physicochemical ones, which may result in contaminating arable soils with oil products, and heavy metals. Storage contaminations disturb the ecosystem equilibrium, reducing its productivity, and deteriorating the quality of crops. The latter eliminates them as feed for farm animals. Therefore, the analyses were aimed at an evaluation of Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Fe, Cr, Co and Mg content in soil, grasses and red clover grown near the refinery landfill in Jasło-Nieglówice.

To assess the content of the above mentioned elements, 16 soil and vegetation samples were collected: 10 grass samples and 6 red clover (*Trifolium pratense*) samples. The above elements content in grasses varied, ranging between 6.02 and 35.55 mg Cu; 33.57 to 138.60 mg Zn; 0.75 to 1.48 mg Cd; 6.26 to 16.56 mg Pb; 3.24 to 33.44 mg Ni; 0.04 to 1.04 mg Cr; 1.36 to 2.62 mg Co; 110.6 to 1367 mg Fe; 994.1 to 4999.0 mg Mg kg⁻¹ dry matter. In red clover, the elements contents were the following: 5.74 to 15.74 mg Cu; 24.27 to 49.35 mg Zn; 0.86 to 1.22 mg Cd; 6.03 to 18.21 mg Pb; 3.52 to 33.55 mg Ni; 0.61 to 1.29 mg Cr; 0.96 to 2.14 mg Co; 204.9 to 1346.4 mg Fe; 550.9 to 5210.2 mg Mg kg⁻¹ dry matter. The analysis of the above mentioned elements content shows that grasses had a higher Cu, Zn, Cd, Pb and Co content, whereas red clover had a higher Cr and Mg content. The Ni and Fe content in grass and red clover was on the same level. The admissible cadmium and lead contents were exceeded in the analysed vegetation material. Moreover, a great influence of organic matter and heavy metals content in soil were observed. No significant influence of metal content in soil on their content in vegetation was noted.

Recenzent – Reviewer: *Zofia Benedycka*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:
Dr inż. Jacek Antonkiewicz
Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Krakowie
Al. Mickiewicza 21, 31–120 Kraków
tel. (012) 662 43 45
e-mail: rrantonk@cyf-kr.edu.pl