

WYMYWANIE PIERWIĄTKÓW ŚLADOWYCH Z GLEBY W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU NAWOŻENIA ŁĄKI GÓRSKIEJ

**Agnieszka BARAN¹⁾, Piotr KACORZYK²⁾, Czesława JASIEWICZ¹⁾,
Mirosław KASPERCZYK²⁾**

¹⁾ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej

²⁾ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Łąkarstwa

Słowa kluczowe: koszar ciasny, koszar luźny, łąka górską, NPK, odcieki glebowe, pierwiastki śladowe, wymycie

Streszczenie

Oceniono wpływ zróżnicowanego nawożenia (organicznego i mineralnego) na stężenie wybranych pierwiastków śladowych w odciekach glebowych pochodzących z łąki górskiej. Spośród badanych pierwiastków śladowych najmniejsze stężenie w odciekach glebowych wykazano dla niklu, większe dla miedzi i manganu, a największe dla żelaza. Dużo większe stężenie pierwiastków wykazano na obiektach z nawożeniem organicznym (koszarzeniem) niż mineralnym. Największą zawartość niklu, manganu i żelaza oznaczono w odciekach glebowych w obiekcie z koszarem luźnym, a miedzi z koszarem ciasnym. Największe sumaryczne wymycie miedzi, manganu i żelaza stwierdzono w obiekcie z koszarem ciasnym, a niklu w obiekcie z koszarem luźnym. Według norm, odcieki glebowe były bardzo dobrej jakości (Cu, Ni, Mn), natomiast pod względem zawartości żelaza – wodą dobrej jakości (obiekt kontrolny, NPK, koszar luźny) oraz zadowalającej jakości (koszar ciasny).

WSTĘP

W wielu krajach użytki zielone pełnią istotną rolę w żywieniu zwierząt gospodarskich i pokrywają znaczną część ich potrzeb pokarmowych [TRĄBA, WOLAŃSKI 2004]. W składzie suchej masy roślinnej znajdują się, oprócz makroelementów,

niezbędne pierwiastki śladowe. Zdaniem wielu autorów, zawartość tych pierwiastków decyduje o jakości paszy pochodzącej z użytków zielonych [KACORZYK, KASPERCZYK 2005; KOPEĆ, GONDEK 2004; WIŚNIEWSKA-KIELIAN, PAŹDZIORKO 2004]. Pierwiastki śladowe wpływają również na efektywność wykorzystania azotu, fosforu i innych makroelementów przez rośliny [STANISŁAWSKA-GLUBIAK, KORZENIOWSKA 2007]. Nawożenie łąk i pastwisk w rejonie górskim jest prowadzone głównie za pomocą koszarzenia przy udziale owiec [KACORZYK, SZEWCZYK 2008]. Jest to zazwyczaj jedyny sposób nawożenia tych użytków, zwłaszcza wyżej położonych i o znacznym nachyleniu. W czasie koszarzenia dochodzi jednak do częściowego uszkodzenia darni i zmniejszenia jej chłonności. W przypadku pozostawienia dużego ładunku składników nawozowych w koszarze, znaczące jego ilości niepobrane przez roślinność mogą ulec przemieszczeniu z wodą przesiąkową i być przyczyną zanieczyszczenia wód rzecznych. Dlatego też określenie strat pierwiastków śladowych z gleby na drodze wymywania jest ważne dla zapewnienia ich optymalnego poziomu dla roślin [GONDEK, 2009].

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia organicznego i mineralnego na stężenie wybranych pierwiastków śladowych w odciekach glebowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania stężenia wybranych pierwiastków śladowych w odciekach glebowych prowadzono w latach 2007–2008 na łące górskiej w Czarnym Potoku u podnóża Jaworzyny Krynickiej (650 m n.p.m., 20 55'32" E, 49 24'51" N). Doświadczenie założono na glebie brunatnej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego, o pH_{KCl} 4,10 i zawartości materii organicznej wynoszącej 53 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ Gleba zawierała mało przyswajalnego fosforu (12,3 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$) i potasu (76,7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$), a dużo wymiennego magnezu (81,0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$). Zawartość przyswajalnego fosforu i potasu oznaczono metodą Egnera-Riehma, natomiast wymiennego magnezu, wymywając go z gleby octanem amonu [OSTROWSKA i in. 1999]. Maksymalna pojemność wodna, oznaczona przy nienaruszonej strukturze gleby, wynosiła 59%. Nachylenie stoku, na którym położone było doświadczenie, wynosiło 4% w kierunku NE. Doświadczenie obejmowało 4 obiekty: obiekt kontrolny bez nawożenia, NPK, koszar luźny, koszar ciasny. We wszystkich obiektach z nawożeniem zastosowano następujące dawki: 120 N, 25 P i 50 K $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nawożenie organiczne przeprowadzono za pomocą koszarzenia, przy udziale owiec. Koszarzenie obejmowało dwa poziomy intensywności: koszar luźny – 2 m^2 na owcę, oraz koszar ciasny – 1 m^2 na owcę. Owce w koszarach przebywały przez dwie noce po 8 godzin. Okres wegetacyjny w tym rejonie trwał 150–180 dni, a czas zalegania pokrywy śnieżnej wynosił ok. 150 dni. Ilość opadów atmosferycznych w 2007 r. wynosiła w okresie wegetacji 504,6 mm, a całoroczna 930,5 mm, w 2008 r. odpo-

wiednio 480,3 mm i 781,9 mm. Okres wegetacji roślin trwał od 1 maja do 30 września. Łąkę corocznie koszono dwukrotnie w połowie czerwca i na początku września.

Lizymetry zatrzymujące odcieki były zamontowane wczesną wiosną 2005 r. w trzech powtórzeniach na wyżej wymienionych wariantach. Ze względu na małą miąższość gleby w tym rejonie, lizymetry umieszczono na głębokości 40 cm, a powierzchnia zbiorcza każdego z nich była w kształcie koła o średnicy 50 cm (pow. 1963 cm²) [KASPERCZYK, KACORZYK 2006]. Dna lizymetrów w kształcie lejka wypełniono żwirem, wodę odprowadzano rurką do plastikowych kanistrów znajdujących się w podpiwniczeniu. Opady atmosferyczne mierzono za pomocą deszczomierza Hellmanna, znajdującego się na terenie doświadczenia, a pomiary robiono po każdym opadach atmosferycznych.

Odcieki do analizy chemicznej pobierano z lizymetrów 4 razy w roku, tj. zimą, w czerwcu (I pokos), sierpniu (II pokos) i październiku każdego roku badawczego. W odciekach, po odparowaniu i rozтворzeniu pozostałości w rozcieńczonym kwasie azotowym(V) (sp.cz. firmy POCH) 1:2 (v/v), oznaczono stężenie następujących pierwiastków śladowych: miedzi, niklu, żelaza oraz manganu metodą ICP-EAS (atomowa spektrometria emisyjna oparta na palniku indukcyjnie wzbudzonej plazmy). Uzyskane wyniki opracowano statystycznie z uwzględnieniem jednoczynnikowej analizy wariancji i testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Scharakteryzowano zmiany stężenia pierwiastków śladowych w odciekach glebowych, obliczając odchylenie standardowe *SD* i współczynniki zmienności *V*%.

WYNIKI

Stężenia badanych pierwiastków śladowych w odciekach glebowych z badań lizymetrycznych mieściły się w szerokich zakresach (tab. 1). Niezależnie od roku badań największe stężenie wykazano dla żelaza, następnie manganu, miedzi i niklu.

Spośród badanych pierwiastków śladowych najmniejsze stężenie w odciekach glebowych wykazano dla niklu, mieściło się ono w zakresie 0,70–1,95 $\mu\text{g Ni}\cdot\text{dm}^{-3}$ (tab. 1). Niezależnie od rodzaju nawożenia, w zebranych odciekach w roku badawczym 2008 stwierdzono blisko 1–3-krotnie większe stężenie tego pierwiastka niż w 2007 r. Niezależnie od roku badań nawożenie zwiększyło od 7 do 56% stężenie niklu w odciekach, w porównaniu ze stężeniem tego pierwiastka w odciekach z obiektów nienawożonych. Jedynie w obiekcie z koszarem ciasnym (2007 r.) nie wykazano tej zależności (tab. 1). Największe stężenie niklu w odciekach lizymetrycznych oznaczono w obiekcie z koszarem luźnym (2008 r.) oraz w obiekcie nawożonym NPK (2007 r.), natomiast najmniejsze w obiekcie z koszarem ciasnym (2007 r.) oraz bez nawożenia (2008 r.). Wyliczone wartości współczynnika zmienności, charakteryzujące różnicowanie wymycia tego metalu z poszczególnych obiektów, były największe w obiekcie z koszarem ciasnym oraz niezależnie od nawożenia w 2007 r.

Tabela 1. Stężenie pierwiastków śladowych w odciekach glebowych**Table 1.** The concentration of trace elements in soil effluents

Objekt doświadczalny Treatment	2007			2008		
	średnia mean	SD	V%	średnia mean	SD	V%
Cu, $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$						
Objekt kontrolny Control	5,85 ^{a1)}	0,38	6,5	9,95 ^{ab}	1,86	19
NPK	5,70 ^a	1,20	21	8,51 ^{ab}	4,92	58
Koszary luźny Loose pen	5,97 ^a	2,66	45	11,25 ^{ab}	1,72	15
Koszary ciasny Tight pen	5,99 ^a	1,78	30	14,87 ^b	5,28	36
Ni, $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$						
Objekt kontrolny Control	0,88	0,50	57	1,63	0,15	34
NPK	1,45	0,62	43	1,75	0,24	9
Koszary luźny Loose pen	1,38	0,29	21	1,95	0,66	14
Koszary ciasny Tight pen	0,70	0,47	67	1,90	0,80	42
Mn, $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$						
Objekt kontrolny Control	4,98 ^a	0,83	17	11,58 ^a	6,30	54
NPK	5,05 ^a	4,08	81	15,33 ^{ab}	10,44	88
Koszary luźny Loose pen	12,48 ^a	4,03	32	14,43 ^{ab}	9,95	69
Koszary ciasny Tight pen	7,83 ^a	4,80	42	16,55 ^{ab}	6,57	40
Fe, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$						
Objekt kontrolny Control	0,07 ^a	0,02	23	0,28 ^{ab}	0,33	78
NPK	0,05 ^a	0,01	16	0,34 ^{ab}	0,22	82
Koszary luźny Loose pen	0,12 ^a	0,07	56	0,60 ^b	0,27	45
Koszary ciasny Tight pen	0,10 ^a	0,04	61	0,59 ^b	0,53	90

¹⁾ Grupy jednorodne według testu Tukeya, $\alpha = 0,05$.

Objaśnienia: SD – odchylenie standardowe, V% – współczynnik zmienności.

¹⁾ Homogenous groups were determined using Tukey test, $\alpha = 0,05$.

Explanations: SD – standard deviation, V% – variability coefficient.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Stężenie miedzi w odciekach glebowych mieściło się w przedziale 5,70–14,87 $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ i podobnie jak dla niklu większe (ponad 1–2,5-krotnie) stężenie tego pierwiastka oznaczono w odciekach zebranych w 2008 r. Nawożenie organiczne, tj. koszarem luźnym i ciasnym, wpłynęło na zwiększenie stężenia tego składnika w zebranych odciekach o 2% (2007 r.) i 31% (2008 r.), w stosunku do obiektu nie-nawożonego. Z kolei nawożenie mineralne zmniejszyło stężenie miedzi w odciekach o 3 i 13% w porównaniu z obiektem kontrolnym (tab. 1). Odcieki glebowe w obiektach z koszarem ciasnym, w obu latach badawczych, zawierało największe stężenie miedzi (tab. 1). Najmniejsze stężenie tego pierwiastka oznaczono w od-

ciekach zebranych w obiektach nawożonych mineralnie NPK. Wyliczone wartości współczynnika zmienności z poszczególnych obiektów były największe w obiekcie z koszarem luźnym (2007 r.) oraz NPK (2008 r.).

Mangan był pierwiastkiem wymywanym w nieco większych ilościach niż miedź, a jego stężenie w badanych odciekach mieściło się w przedziale od 4,98 do 16,55 $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ (tab. 1). Niezależnie od rodzaju nawożenia, w odciekach glebowych zebranych w roku badawczym 2008, stwierdzono 1–3-krotnie większe stężenie tego pierwiastka niż w 2007 r. Zastosowane nawożenie zwiększyło od 1 do 150% stężenie manganu w odciekach, w porównaniu z zawartością tego pierwiastka w odciekach z obiektów nienawożonych. Najwięcej manganu oznaczono w odciekach w obiekcie z koszarem luźnym (2007 r.) oraz koszarem ciasnym (2008 r.). Najmniej tego pierwiastka wykazano w odciekach z obiektów nienawożonych. Wyliczone wartości współczynnika zmienności, charakteryzujące zróżnicowanie wymycia manganu z poszczególnych obiektów, były największe w obiekcie z NPK (tab. 1).

Spośród badanych składników żelazo było metalem wymywanym w największych ilościach (tab. 1). Stężenie żelaza w wodach lizymetrycznych wynosiło od 0,05 do 0,69 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i podobnie jak dla niklu, miedzi i manganu, 1–7-krotnie większą zawartość tego pierwiastka oznaczono w odciekach zebranych w 2008 r. W odciekach glebowych w obiektach z koszarem luźnym, niezależnie od roku badań, stwierdzono największe stężenie żelaza, natomiast najmniejsze w odciekach glebowych z obiektów z NPK (2007 r.) oraz kontrolnych (2008 r.). Wyliczone wartości współczynnika zmienności charakteryzujące zróżnicowanie wymycia tego metalu z poszczególnych obiektów były największe w obiekcie z koszarem ciasnym.

Wymycie badanych pierwiastków z gleby w zależności od rodzaju nawożenia przedstawiono w tabeli 2.

Podobnie jak podczas badania stężenia pierwiastków, największe wymycie wykazano dla żelaza mniejsze dla manganu, miedzi, a najmniejsze dla niklu. Wymycie miedzi z gleby mieściło się w zakresie 9,11–20,83 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Największe sumaryczne wymycie tego pierwiastka wykazano w obiekcie z koszarem ciasnym, a najmniejsze w obiekcie z nawożeniem NPK. Straty niklu w zależności od rodzaju nawożenia i roku badań, wyniosły 0,74–2,27 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Największe sumaryczne straty niklu odnotowano w obiekcie z koszarem luźnym, a najmniejsze w obiekcie nawożonym NPK. Wymycie manganu w zależności od zastosowanego nawożenia wyniosło 5,31–22,93 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Największe sumaryczne wymycie tego metalu stwierdzono w obiekcie z koszarem ciasnym, a najmniejsze w obiekcie kontrolnym. Wymycie żelaza mieściło się w przedziale 61,36–672,45 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$. Największe sumaryczne wymycie żelaza wykazano w obiekcie z koszarem ciasnym, a najmniejsze w obiekcie bez nawożenia.

Tabela 2. Wymycie pierwiastków śladowych z gleby w zależności od rodzaju nawożenia**Table 2.** Leaching of trace elements from the soil in relation to fertilisation

Obiekt doświadczalny Treatment	2007			2008			Suma Sum
	średnia mean	SD	V%	średnia mean	SD	V%	
	Cu g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹		Cu g·ha ⁻¹ ·year ⁻¹				
Obiekt kontrolny Control	10,37 ^a	10,09	97	11,84 ^a	9,28	78	22,21
NPK	10,72 ^a	9,38	87	8,69 ^a	7,98	92	19,41
Koszar luźny Loose pen	9,16 ^a	7,50	82	14,12 ^{ab}	11,34	80	23,28
Koszar ciasny Tight pen	9,11 ^a	6,84	75	20,83 ^b	17,02	82	29,94
	Ni g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹		g·ha ⁻¹ ·year ⁻¹				
Obiekt kontrolny Control	2,11 ^b	1,94	92	2,12 ^b	1,84	87	4,23
NPK	2,83 ^b	2,34	83	2,72 ^b	2,07	92	5,55
Koszar luźny Loose pen	5,02 ^c	4,73	94	2,26 ^b	2,27	84	7,28
Koszar ciasny Tight pen	0,74 ^a	0,64	86	2,65 ^b	2,04	77	3,39
	Mn g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹		g·ha ⁻¹ ·year ⁻¹				
Obiekt kontrolny Control	8,30 ^a	6,78	82	13,76 ^{ab}	9,59	70	22,06
NPK	5,31 ^a	4,11	77	19,65 ^b	19,01	97	24,96
Koszar luźny Loose pen	9,34 ^a	8,56	92	14,28 ^a	9,57	67	23,62
Koszar ciasny Tight pen	10,53 ^a	9,68	92	23,95 ^b	22,93	96	34,48
	Fe g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹		g·ha ⁻¹ ·year ⁻¹				
Obiekt kontrolny Control	124,58 ^a	111,85	90	267,61 ^{ab}	216,12	81	392,19
NPK	90,61 ^a	89,38	99	493,35 ^{ab}	368,64	75	583,96
Koszar luźny Loose pen	61,36 ^a	59,49	97	591,47 ^{ab}	345,37	58	652,83
Koszar ciasny Tight pen	193,85 ^{ab}	142,61	74	672,45 ^b	460,72	69	866,30

Objaśnienia, jak pod tabelą 1. Explanations as in Tab. 1.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

DYSKUSJA

Powszechnie wiadomo, że proces przemieszczania się pierwiastków w profilach glebowych i ich wymywanie pozbawia glebę składników mineralnych niezbędnych do życia roślin i zwierząt. Może też przyczyniać się do skażenia wód zarówno gruntowych, jak i powierzchniowych. Na ilość i jakość strat składników mineralnych na skutek wymywania wpływają właściwości fizykochemiczne gleby, szata roślinna, warunki meteorologiczne, sposób użytkowania gleb oraz rodzaj i dawki stosowanego nawożenia [ORLIK i in. 2001; PARUCH i in. 2001; RUSZKOWSKA i in. 1996a; RUSZKOWSKA i in. 1996b]. W badaniach RUSZKOWSKIEJ i in.

[1996a] stężenie pierwiastków śladowych w odciekach z gleby piaskowej wyniosło od 15–139 $\mu\text{g Mn}$, 5,91–12,40 $\mu\text{g Ni}$, 1–18 $\mu\text{g Cu}$ oraz 3–596 $\mu\text{g Fe}\cdot\text{dm}^{-3}$. W prezentowanych badaniach uzyskano nieco mniejsze wartości stężeń manganu, niklu i miedzi, natomiast na zbliżonym poziomie dla żelaza. Niemniej jednak wartości te były większe niż w odciekach z gleb lessowej i gliniastej, podane przez RUSZKOWSKĄ i in., [1996a]. Nie wynika to z pewnością z większej zasobności gleb piaskowych w badane pierwiastki, lecz może być związane z ich odczynem, przeważnie kwaśnym. W niniejszych badaniach gleba wykazała odczyn bardzo kwaśny. Podobne wyniki, czyli większe stężenia żelaza, manganu i miedzi w naturalnych roztworach glebowych, uzyskanych z gleb piaskowych niż z innych rodzajów gleb stwierdziła KABATA-PENDIAS [1984]. Wielu autorów wykazało, że zdolność gleb do uwalniania metali zmniejsza się w następującej kolejności: piasek > less > glina [KYZIOŁ 1994; RUSZKOWSKA i in. 1996a]. O znaczącej roli odczynu na mobilność i zawartość pierwiastków śladowych w odciekach glebowych donosi także WOJCIESZCZUK i in. [1996] oraz GONDEK [2009]. Innym, oprócz właściwości i rodzaju gleby, bardzo ważnym czynnikiem mającym wpływ na ilość wymywanych pierwiastków, jest nawożenie. KOPEĆ i in. [1984] stwierdził, że nawożenie NPK nie zwiększyło wymywania pierwiastków śladowych z gleby. Nawożenie zastosowane w niniejszych badaniach zwiększyło stężenie, manganu i żelaza (NPK, koszar luźny, ciasny) miedzi (koszar luźny i ciasny), niklu (NPK, koszar luźny) w odciekach, co nasiliło proces wymywania badanych pierwiastków. Dużo większe stężenie i wymycie badanych pierwiastków wykazano na obiektach z nawożeniem organicznym (koszarzeniem) niż mineralnym. Podobne wyniki otrzymano w badaniach BOROWCA i GAJDY [1984], DURKOWSKIEGO i WESOŁOWSKIEGO [1990] oraz KOCA [1992]. Autorzy wykazali, że stosowanie gnojowicy na użytki rolne wpływa na zwiększenie zawartości pierwiastków śladowych w wodach drenarskich.

Odcieki glebowe oceniono pod względem zawartości badanych pierwiastków zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód [Rozporządzenie... 2004]. Według tej normy, badane odcieki glebowe pod względem zawartości miedzi, niklu i manganu odpowiadały wodzie klasy I – wody o bardzo dobrej jakości, natomiast pod względem zawartości żelaza (w roku badawczym 2008) klasy II – wody dobrej jakości (obiekt kontrolny, NPK, koszar luźny) oraz klasy III – wody o zadowalającej jakości (koszar ciasny).

Podsumowując, wielkość strat pierwiastków z łąki przez wymywanie może być różna w zależności od rodzaju gleby i nawożenia oraz ilości opadów. Stosowanie składników nawozowych w dawkach przewyższających wymagania pokarmowe roślin oraz nawozów organicznych, zawierających duże ilości pierwiastków śladowych może doprowadzić do zmian równowagi jonowej roztworu glebowego i spowodować przemieszczenie się tych składników do wód podziemnych.

WNIOSKI

1. W badaniach wykazano dużo większe stężenie pierwiastków na obiektach z nawożeniem organicznym (koszarzeniem) niż mineralnym. Największe stężenie niklu, manganu i żelaza oznaczono w odciekach w obiekcie z koszarem luźnym, a miedzi koszarem ciasnym.

2. Spośród badanych pierwiastków śladowych najmniejsze stężenie w odciekach glebowych wykazano dla niklu, większe dla miedzi i manganu, a największe dla żelaza.

3. Największe sumaryczne wymycie miedzi, manganu i żelaza stwierdzono w obiekcie z koszarem ciasnym, a niklu – w obiekcie z koszarem luźnym. Z kolei najmniejsze wymycie miedzi i niklu wykazano w obiekcie nawożonym NPK, a manganu i żelaza w obiekcie kontrolnym.

4. Badane odcieki spełniały normy dla wody o bardzo dobrej jakości (Cu, Ni, Mn), natomiast pod względem zawartości żelaza wodom dobrej jakości (obiekt kontrolny, NPK, koszar luźny) oraz zadowalającej jakości (koszar ciasny).

LITERATURA

- BOROWIEC J., GAJDA J. 1984. Występowanie pierwiastków śladowych w wodach na terenach rolniczego zagospodarowania gnojowicy. *Mat. Symp. Nauk. Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej. Cz. 2. Puławy. IUNG* s. 51–61.
- DURKOWSKI T., WESOŁOWSKI P. 1990. Wpływ intensywnego rolnictwa na skład chemiczny wód drenarskich z czarnych ziem pyrzyckich w zlewni jeziora Miedwie. *Roczniki Nauk Rolniczych. Ser. F t. 82 z. (3/4) s. 41–56.*
- GONDEK K. 2009. Wpływ nawożenia na zawartość mobilnych form wybranych mikroelementów w glebie oraz ich wymywanie w doświadczeniu wazonowym. *Acta Agrophysica. Vol. 13 nr 1 s. 89–101.*
- KABATA-PENDIAS A. 1984. Chemizm roztworu wodnego. W: *Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej. Cz. 2. Mater. Symp. Nauk. Puławy. Wydaw. IUNG* s. 7–17.
- KACORZYK P., SZEWCZYK W. 2008. Wpływ nawożenia na zawartość składników organicznych oraz makroelementów w wybranych grupach roślin łąkowych. *Łąkarstwo w Polsce* 11 s. 77–85.
- KACORZYK P., KASPERCZYK M. 2006. Ocena nawożenia naturalnego na łące w rejonie podgórskim. Cz. II. Zawartość składników mineralnych. *Acta Agraria et Silvestria. Ser. Agr. Vol. 48 s. 33–40.*
- KASPERCZYK M., KACORZYK P. 2006. Wpływ rodzaju nawożenia na skład florystyczny łąki górskiej oraz na ilość i jakość wody przesiąkowej. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich. Z. 53 s. 127–134.*
- KOC J. 1992. Wpływ wieloletniego nawożenia gnojowicą trzody chlewnej na zawartość mikroelementów w glebach i roślinach. Cz. 1. Miedź. Cz. 2. Cynk. *Mater. 7 Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”.* Wrocław. AR s. 269–277.
- KOPEĆ M., GONDEK K. 2004. Microelement concentrations in sward and soil of long-term fertilizer experiment (Czarny Potok). *Acta Agrophysica* 4(1) s. 51–58.
- KOPEĆ S., MISZTAŁ A., SMOROŃ S. 1984. Badania strat niektórych składników mineralnych w glebach górskich intensywnie nawożonych. W: *Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i po-*

- wierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej. Cz. 1. Mater. Symp. Nauk. Puławy. Wydaw. IUNG s. 148–157.
- KYZIOŁ J. 1994. Minerale ilaste jako sorbenty metali ciężkich. Prace i Studia. Wrocław, Warszawa, Kraków. Zakład Narodowy im. Ossolińskich. Wydaw. PAN s. 1–89.
- ORLIK T., JÓZWIAKOWSKI K., MARZEC M. 2001. Wpływ użytku zielonego na ograniczenie zanieczyszczeń obszarowych pochodzących z rolnictwa. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Inżynieria Środowiska. Nr 382 z. 21 s. 13–20.
- OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI ST., SZCZUBIAŁKA Z. 1999. Metody analizy i oceny właściwości gleby i roślin. Warszawa. Wydaw. IOŚ ss. 334.
- PARUCH A. PALUCH J. PULIKOWSKI K. 2001. Skład chemiczny odcieków drenarskich z obiektów różnie użytkowanych. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Inżynieria Środowiska. Nr 382 z. 21 s. 49–55.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. Dz.U. 2004 nr 32 poz. 284.
- RUSZKOWSKA M., KUSIO M., SYKUT ST. 1996a. Wymywanie pierwiastków śladowych z gleby w zależności od jej rodzaju nawożenia (badania lizymetryczne). Roczniki Gleboznawcze. T. 57 z. 1–2 s. 11–22.
- RUSZKOWSKA M., KUSIO M., SYKUT S. MOTOWICKA-TERLAK T. 1996b. Zmiany zawartości pierwiastków śladowych w glebach w warunkach doświadczenia lizymetrycznego. Roczniki Gleboznawcze. T. 47 z. 1–2 s. 23–32.
- STANISŁAWSKA-GLUBIAK E., KORZENIOWSKA J. 2007. Zasady nawożenia mikroelementami roślin uprawnych. W: Efektywne i bezpieczne metody regulacji zachwaszczenia, nawożenia i uprawy roli. Studia i Raporty IUNG-PIB. Nr 8 s. 99–110.
- TRĄBA CZ., WOLAŃSKI P. 2004. Zawartość niektórych mikroelementów w runi łąkowej na tle niektórych właściwości gleby. Annales UMCS. Sec. E vol. 59 z. 3 s. 1319–1326.
- WIŚNIEWSKA-KIELIAN B., PAŹDZIORKO A. 2004. Ocena zawartości mikroelementów w roślinności użytków zielonych w rejonie górskim. Annales UMCS. Sec. E vol. 59 z. 3 s. 1371–1379.
- WOJCIESZCZUK T., NIEDŹWIECKI E., MELLER E. 1996. Zmiany w składzie chemicznym gleb i uzyskanych z niej przesączów pod wpływem zróżnicowanego nawożenia popiołem z elektrowni „Dolna Odra”. Roczniki Gleboznawcze. T. 47 z. 3–4 s. 213–221.

Agnieszka BARAN, Piotr KACORZYK, Czesława JASIEWICZ, Mirosław KASPERCZYK

THE LEACHING OF TRACE ELEMENTS FROM SOILS IN RELATION TO DIFFERENT FERTILISATION OF A MOUNTAIN MEADOW

Key words: leaching, loose pen, meadow straw, NPK, soil effluents, tight pen, trace elements

S u m m a r y

The study was undertaken to determine the effect of different fertilisation (organic and mineral) on the leaching of trace elements from meadow soils. Fe showed the highest concentrations in soil effluents followed by Mn, Cu and Ni. Much higher concentrations were found in objects with organic (sheep penning) than with mineral fertilisation. The highest concentrations of Ni, Mn, and Fe were determined in soil effluents from the treatment with loose pen and those of Cu in the object with tight

pen. The tight pen was characterized by the highest total leaching of Cu, Mn and Fe, the loose pen by the highest total leaching of Ni. According to the standards, soil effluents were of very good quality (with respect to Cu, Ni, Mn) and of good quality (with respect to Fe).

Recenzenci:

prof. dr hab. Tadeusz Filipek

prof. dr hab. Barbara Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 14.04.2010 r.