

WPLYW NAWOŻENIA ŁĄKI GÓRSKIEJ MIEDZIĄ I KOBALTEM NA ZAWARTOŚĆ TYCH MIKROPIERWIASTKÓW W RÓŻNYCH FRAKCJACH RUNI

Teresa Mazur, Jan Filipek, Kazimierz Mazur, Piotr Skrijka

Instytut Gleboznawstwa, Chemii Rolnej i Mikrobiologii AR, Kraków
Instytut Uprawy Roli i Roślin AR, Kraków

Duże rezerwy w produkcji pasz występują na trwałych użytkach zielonych, zwłaszcza w rejonach podgórskich i górskich. Warunki klimatyczne tych rejonów stwarzają możliwości znacznego zwiększenia plonów na łąkach i pastwiskach, głównie na drodze racjonalnego nawożenia. Intensyfikacja nawożenia mineralnego użytków zielonych ogranicza się obecnie w zasadzie tylko do makropierwiastków, co stwarza niebezpieczeństwo zachwiania równowagi składników pokarmowych w glebie, zwłaszcza w przypadku niedoborów mikropierwiastków, a w konsekwencji pogorszenia jakości plonów.

O ile stosunkowo łatwo jest uregulować zawartość niektórych makroskładników w runi użytków zielonych, to znacznie trudniej można tego dokonać w odniesieniu do mikropierwiastków, których optymalna zawartość w paszy mieści się w stosunkowo wąskim przedziale, a zarówno ich niedobór, jak i nadmiar, wywołuje niekorzystne objawy w ustroju zwierząt. Badania przeprowadzone w naszym kraju wykazały znaczny niedobór mikroskładników w sianie z użytków zielonych [5].

Dotychczas przeprowadzono w Polsce niewielką liczbę doświadczeń nad wpływem nawożenia mikroskładnikami na jakość plonów z użytków zielonych. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki trzyletnich doświadczeń na naturalnej łące górskiej, w których badano możliwość zwiększenia zawartości miedzi i kobaltu w runi łąkowej poprzez stosowanie tych pierwiastków wraz z nawozami.

WARUNKI DOŚWIADCZENIA, MATERIAŁ I METODYKA

Doświadczenie prowadzono w Czarnym Potoku koło Krynicy na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Akademii Rolniczej w Krakowie. Przeciętna roczna suma opadów w tym rejonie wynosi około 900 mm, a średnia roczna temperatura — około 6°C. W czasie prowadzenia doświadczenia zanotowano w kolejnych latach (1971-1973) 728, 816 i 881 mm opadów rocznych, a w okresie wegetacyjnych (IV-IX) — 422, 650 i 600 mm. Przeciętne roczne temperatury były wyższe od średniej wieloletniej i wynosiły 6,5, 8,3 i 6,2°C.

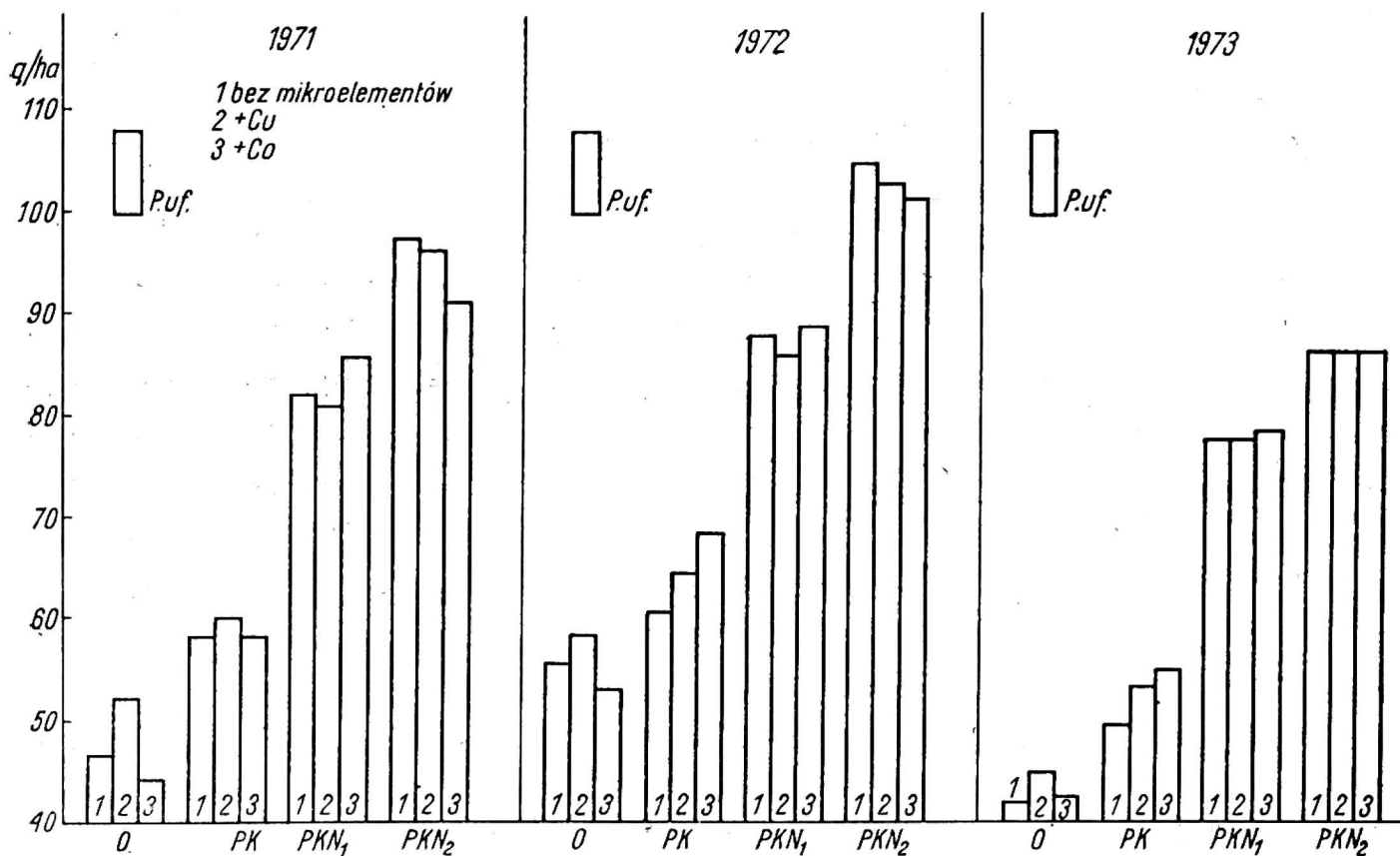
Pole doświadczalne położone jest na wysokości około 700 m n.p.m. na łagodnym stoku o wystawie południowo-zachodniej u podnóża Jaworzyny Krynickiej, na glebie brunatnej kwaśnej, wytworzonej z piaskowca magurskiego, o składzie mechanicznym gliny średniej. Gleba ta w wierzchniej warstwie (0-10 cm) zawierała 3 mg P₂O₅ i 9 mg K₂O (met. Egnera-Riehma) oraz 3,6 mg Mg (met. Schachtschabela) w 100 g i 6,6% materii organicznej. Jej pH (KCl) wynosiło 4,2, a kwasowość hydrolityczna (met. Kappena) — 6,9 m.e./100 gramów. W warstwie 0-20 cm stwierdzono 8,8 ppm Cu i 10,8 ppm Co (wyciąg w HF, oznaczenie kolorymetryczne). W pierwotnej runi łąkowej przeważała we frakcji traw bliźniaczka psia trawka (*Nardus stricta* L.) i kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.), znaczny udział miała również kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*). Wśród roślin motylkowatych dominowała koniczyna biała (*Trifolium repens* L.), a we frakcji ziół — babka lancetowata (*Plantago lanceolata* L.) i krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.). W wyniku nawożenia nastąpiła recesja bliźniczki i — w mniejszym stopniu — kostrzewy czerwonej, a miejsce gatunku dominującego zajęła kostrzewa łąkowa.

Doświadczenie obejmowało 12 obiektów nawozowych. Działanie miedzi i kobaltu badano przy braku nawożenia makroskładnikami oraz na tle nawożenia fosforowo-potasowego (PK) i nawożenia pełnego (PKN) przy dwóch poziomach azotu. Roczne dawki nawozów na 1 ha wynosiły: 100 kg K₂O (40% sól potasowa) oraz 90 i 180 kg N (saletra amonowa). Fosfor (supertomasyna) zastosowano na zapas, jednorazowo na trzy lata, w dawce 300 kg P₂O₅/ha. Również jednorazowo, na początku doświadczenia, wysiano siarczan miedzi i chlorek kobaltu w dawce 10 kg Cu i 1 kg Co/ha. Azot wysiewano w dwóch terminach: 2/3 dawki rocznej na wiosnę i 1/3 po zbiorze I pokosu, potas — w całości na wiosnę. W każdym roku zbierano dwa pokosy siana. Do analizy botaniczno-wagowej i chemicznej pobierano próbki z każdego poletka. Zawartość miedzi i kobaltu oznaczono metodą kolorymetryczną w roztworze popiołu: Cu — przy użyciu karbaminianu sodu, a Co — z 2-nitrozo-1-naftolem, z zastosowaniem to-

luenu do ekstrakcji barwnego kompleksu. Oznaczenia wykonano w średnich (z kombinacji nawozowych) próbkach całej masy roślinnej oraz w 3 frakcjach siana: trawach, roślinach motylkowatych i ziołach.

WYNIKI

Nawożenie miedzią i kobaltem nie spowodowało istotnych różnic w plonowaniu łąki górskiej. Na rysunku przedstawiono roczne plony suchej masy z poszczególnych obiektów nawozowych oraz przedziały ufności. Jak z rysunku wynika, w okresie 3 lat doświadczenia istniała tendencja wzrostu plonów w obiektach z miedzią bez nawożenia makroelementami i przy nawożeniu PK oraz w obiekcie z kobaltem na tle nawożenia PK w drugim i trzecim roku badań. Na podstawie dotychczas przeprowadzonych doświadczeń wydaje się, że nie należy oczekiwać istotnego wpływu mikroelementów na wzrost plonów użytków zielonych. [3]. Przy nawożeniu pełnym dominujący wpływ na plonowanie wywierał azot.



Rys. 1. Plony suchej masy runi łąkowej (2 pokosy)

Wyniki analizy botaniczno-wagowej z trzeciego roku doświadczenia wykazały, że nie było także istotnego wpływu zastosowanych mikroelementów na udział poszczególnych grup roślin w runi. W I pokosie trawy stanowiły 80,5-83,5% suchej masy w obiektach bez makroskładników, 84,5-86,5% w obiektach PK, 92,5-94,5% przy pełnym nawożeniu z niższą

dawką azotu (90 kg N) i 95-97,5⁰/₀ przy podwójnej dawce azotu. Udział roślin motylkowatych w suchej masie I pokosu kształtował się następująco: 4-6,5⁰/₀ w obiektach bez makroskładników, 8-10⁰/₀ w obiektach z PK, 1,5-4⁰/₀ przy PKN₉₀ i 0,1-2,5⁰/₀ przy PKN₁₈₀. Zioła stanowiły odpowiednio: 8-12⁰/₀, 5-6⁰/₀, 3,5-4⁰/₀ i 2,5-3 procent. W drugim pokosie mniejszy udział traw, stwierdzono tylko w obiektach bez makroskładników (74,5-76⁰/₀), zwiększył się natomiast w tych obiektach procent roślin motylkowatych (8,5-10⁰/₀) oraz ziół (15,5-17⁰/₀). Wzrósł również w II pokosie udział ziół w obiektach nawożonych PK.

ZAWARTOŚĆ MIEDZI

Nawożenie miedzią wpłynęło istotnie na wzrost zawartości tego pierwiastka w roślinach w pierwszym roku doświadczenia. Relatywnie w największym stopniu zwiększyła się zawartość Cu w trawach, a następnie w roślinach motylkowatych. Poziom tego składnika w ziołach był wysoki również w obiektach bez nawożenia miedzią.

Tabela 1

Zawartość Cu w suchej masie z I pokosu (ppm) w 3-letnim okresie doświadczenia

Nawożenie	Ruń łąkowa			Trawy			Motylkowate			Zioła			
	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973	
0	bez Cu	6,42	5,46	5,14	4,23	5,13	4,16	7,71	8,07	8,42	8,17	7,88	7,33
	+ Cu	8,44	5,66	5,44	8,07	5,20	4,37	9,47	9,13	7,94	8,64	9,38	8,04
PK	bez Cu	5,72	5,31	4,64	3,56	5,05	4,28	5,86	6,45	6,85	8,49	9,36	8,59
	+ Cu	8,09	5,94	5,43	7,22	5,65	4,86	8,36	8,29	8,09	8,87	9,45	8,61
PKN ₉₀	bez Cu	6,32	5,76	5,70	4,55	5,67	5,63	6,59	6,99	9,20	8,64	11,77	11,44
	+ Cu	8,34	6,02	5,88	6,59	5,75	5,50	8,37	7,83	8,02	9,95	9,51	11,55
PKN ₁₈₀	bez Cu	6,92	6,67	7,50	5,90	6,48	6,12	7,25	9,06	9,14	9,44	11,32	10,24
	+ Cu	8,56	8,20	9,83	8,09	8,03	9,79	9,09	11,37	11,00	10,69	11,89	12,79

W I pokosie (tab. 1) wzrost zawartości Cu w runi w wyniku nawożenia wynosił w pierwszym roku doświadczenia od 24 do 41 procent. W trawach wzrost ten wahał się w granicach 37-103⁰/₀, natomiast rośliny motylkowate w obiektach nawożonych miedzią były zasobniejsze w ten składnik o 25-43⁰/₀, a zioła o 6-15 procent. W runi mieszanej, trawach i roślinach motylkowatych najniższy względny wzrost zawartości Cu w wyniku nawożenia tym pierwiastkiem wystąpił w obiekcie PKN₁₈₀, natomiast najwyższy — w obiekcie PK; nawożenie fosforowo-potasowe powodowało bowiem obniżenie poziomu miedzi w runi. W następnych latach badań stwierdzono wyraźny spadek zawartości Cu w trawach i runi z obiektów nawożonych tym mikroskładnikiem, zwłaszcza w seriach bez

makronawozów i nawożonych PK. O krótkotrwałym efekcie nawożenia miedzią użytków zielonych donosi Archer [1], który przy podobnych, jak w naszym doświadczeniu, dawkach siarczanu miedzi uzyskał na górskich pastwiskach w Walii półtorakrotny wzrost zawartości miedzi w runi, ale tylko w jednym okresie użytkowania. Nawożenie pełne, zwłaszcza z wyższą dawką azotu, sprzyjało intensywniejszemu pobieraniu miedzi przez run łąkową. Zjawisko takie zostało stwierdzone i we wcześniejszych naszych doświadczeniach na łące górskiej [4]. Korzystny wpływ obfitego nawożenia azotem na zawartość Cu w sianie obserwowali także inni autorzy [2].

Tabela 2

Zawartość Cu w suchej masie z II pokosu (ppm) w 3-letnim okresie doświadczenia

Nawożenie	Ruń łąkowa			Trawy			Motylkowate			Zioła			
	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973	
0	bez Cu	4,88	5,13	5,23	3,79	4,50	3,72	8,23	8,64	9,87	9,94	8,66	7,73
	+ Cu	8,14	5,66	5,37	7,60	5,02	3,49	11,00	10,01	10,31	10,50	9,00	7,90
PK	bez Cu	4,88	5,29	4,23	3,17	5,03	3,46	7,01	7,97	7,30	6,68	9,29	6,35
	+ Cu	6,62	6,11	5,47	5,88	5,02	5,30	9,42	8,99	10,18	9,17	9,81	8,07
PKN ₉₀	bez Cu	5,18	5,66	5,01	4,66	5,46	4,85	8,32	9,37	10,21	6,98	9,95	7,16
	+ Cu	6,42	6,07	5,32	5,65	5,80	4,58	11,72	9,67	9,24	9,38	9,95	7,06
PKN ₁₈₀	bez Cu	5,24	6,61	6,93	4,94	6,52	6,90	—	10,29	—	7,39	10,44	12,31
	+ Cu	6,66	7,10	6,80	6,06	6,94	6,53	—	9,85	—	9,58	12,96	12,07

W drugim pokosie (tab. 2) zawartość miedzi w runi i w trawach, a częściowo i ziołach była w pierwszym roku doświadczenia niższa niż w I pokosie, a w następnych latach różnice były niewielkie. Natomiast rośliny motylkowe z drugiego pokosu były na ogół bogatsze w ten składnik w całym okresie doświadczenia. W wyniku nawożenia miedzią graniczna wartość 8 ppm Cu przyjmowana jako niezbędna dla dobrej paszy [5] przekroczona została w runi tylko w I pokosie pierwszego roku doświadczenia, a przy pełnym nawożeniu z podwójną dawką N — także w następnych latach badań. Zbliżone do tej wartości lub wyższe zawartości Cu miały w całym okresie doświadczenia i w obu pokosach rośliny motylkowe i zioła w obiektach z nawożeniem miedzią.

Ilość miedzi pobranej przez plony roczne (tab. 3) wahała się w pierwszym roku doświadczenia od 27 do 75 g Cu/ha, w drugim roku (najwyższe plony) — od 30 do 81 g Cu/ha, a w trzecim — od 22 do 76 g Cu/ha. Największy wzrost pobrania miedzi w 3-letnim okresie doświadczenia wyniósł 38 g Cu/ha, czyli wykorzystanie tego mikropierwiastka z zastosowanej soli (10 kg Cu/ha) było bardzo niskie. Wahało się ono od 0,16 do 0,38

Tabela 3

Ilość miedzi pobrana przez plony roczne (g Cu/ha) i jej wykorzystanie z nawozu w okresie 3 lat doświadczenia

Nawożenie	1971		1972		1973		1971-1973		
	pobranie	zwyżka	pobranie	zwyżka	pobranie	zwyżka	pobranie	wyko- rzystanie %	
0	bez Cu	26,92	—	29,65	—	21,85	—	78,42	—
	+ Cu	43,34	16,42	33,21	3,56	24,52	2,67	101,07	0,23
PK	bez Cu	30,88	—	32,07	—	22,23	—	85,18	—
	+ Cu	44,11	13,23	38,77	6,70	29,03	6,80	111,91	0,27
PKN ₉₀	bez Cu	47,93	—	50,43	—	42,87	—	141,23	—
	+ Cu	60,44	12,51	52,12	1,69	44,50	1,63	157,06	0,16
PKN ₁₈₀	bez Cu	59,96	—	69,85	—	63,23	—	193,04	—
	+ Cu	74,51	14,55	80,53	10,68	75,59	12,36	230,63	0,38

procent. Wydaje się, że główną przyczyną tego zjawiska jest silna sorpcja miedzi przez frakcję ilastą i próchniczną gleby, na co wskazują wyniki badań różnych autorów [7, 8, 9]. Z tego względu należałoby zastosować inne sposoby dostarczania miedzi roślinności użytków zielonych.

ZAWARTOŚĆ KOBALTU

Nawożenie kobaltem wywarło silny wpływ na wzrost zawartości Co w roślinach łąkowych. W pierwszych pokosach (tab. 4) stwierdzono w runi od 6- do ponad 13-krotny wzrost poziomu kobaltu w pierwszym roku doświadczenia, a w następnych latach zawartość ta wprawdzie znacznie zmalała w obiektach nawożonych chlorkiem kobaltu, ale była jeszcze wyższa o 53-153% w drugim i o 28-112% w trzecim roku badań. Naj-

Tabela 4

Zawartość Co w suchej masie z I pokosu (ppm) w 3-letnim okresie doświadczenia

Nawożenie	Ruń łąkowa			Trawy			Motylkowate			Ziola			
	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973	
0	bez Co	0,12	0,15	0,08	0,10	0,14	0,06	0,12	0,18	0,15	0,19	0,15	0,17
	+ Co	1,61	0,38	0,17	1,12	0,34	0,12	2,06	0,60	0,29	2,13	0,46	0,33
PK	bez Co	0,11	0,17	0,11	0,10	0,16	0,06	0,18	0,21	0,16	0,15	0,19	0,18
	+ Co	1,07	0,26	0,14	0,77	0,22	0,10	1,12	0,48	0,40	1,41	0,46	0,30
PKN ₉₀	bez Co	0,13	0,13	0,11	0,12	0,12	0,06	0,17	0,14	0,12	0,15	0,19	0,19
	+ Co	0,79	0,27	0,17	0,62	0,26	0,15	1,10	0,34	0,33	0,93	0,43	0,38
PKN ₁₈₀	bez Co	0,14	0,16	0,09	0,11	0,13	0,08	0,15	—	0,22	0,17	0,21	0,24
	+ Co	1,09	0,37	0,17	0,95	0,35	0,16	1,36	—	0,40	1,10	0,62	0,42

większy wzrost zawartości kobaltu nastąpił w obiekcie bez nawożenia makroskładnikami. W cytowanych już doświadczeniach Archera [1] zbliżona do naszej dawka kobaltu spowodowała w pierwszym sezonie użytkowania około 4-krotny wzrost poziomu Co w runi, a w czwartym roku wzrost ten był jeszcze 1,5-krotny.

Podobny układ zależności, jak w sianie, wystąpił również w zawartości kobaltu we frakcji traw i ziół, natomiast rośliny motylkowate z reguły wykorzystywały silniej zastosowane nawożenie kobaltem.

Tabela 5

Zawartość Co w suchej masie z II pokosu (ppm) w 3-letnim okresie doświadczenia

Nawożenie	Ruń łąkowa			Trawy			Motylkowate			Zioła			
	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973	1971	1972	1973	
0	bez Co	0,15	0,30	0,14	0,11	0,25	0,09	0,29	0,50	0,31	0,28	0,30	0,26
	+ Co	1,10	0,45	0,27	1,02	0,36	0,10	1,22	0,73	0,53	1,31	0,73	0,33
PK	bez Co	0,16	0,23	0,13	0,14	0,21	0,09	0,21	0,38	0,48	0,16	0,22	0,30
	+ Co	0,65	0,36	0,30	0,40	0,25	0,10	0,85	0,70	0,31	0,76	0,58	0,35
PKN ₉₀	bez Co	0,13	0,18	0,14	0,10	0,16	0,08	0,49	0,31	0,20	0,29	0,19	0,24
	+ Co	0,57	0,39	0,30	0,36	0,37	0,12	0,95	0,83	0,40	0,55	0,96	0,38
PKN ₁₈₀	bez Co	0,15	0,18	0,12	0,14	0,17	0,09	—	—	—	0,26	0,28	0,22
	+ Co	0,49	0,38	0,16	0,47	0,38	0,09	—	—	—	0,65	0,60	0,28

W drugich pokosach (tab. 5) wzrost zawartości Co w obiektach nawożonych tym mikroskładnikiem był znacznie mniejszy. W pierwszym roku doświadczenia było w runi mieszanej od 4 do ponad 7 razy więcej kobaltu niż w obiektach bez nawożenia. W trawach wzrost ten wynosił od 186 do 827% i był najwyższy w obiekcie bez makronawozów, podobnie jak i we frakcji roślin motylkowatych oraz ziół. Graniczna wartość 0,07-0,1 ppm Co [5] przyjmowana dla dobrej paszy została znacznie przekroczona w obiektach nawożonych kobaltem w obu pokosach całego okresu doświadczenia zarówno w runi, jak i we wszystkich jej frakcjach, przy czym najniższy wzrost (w granicach zawartości optymalnej) stwierdzono w trawach z trzeciego roku doświadczenia. Wyższą lub zbliżoną do wartości granicznej zawartość kobaltu miały również plony z obiektów bez nawożenia tym mikroskładnikiem, poza frakcją traw z I pokosu pierwszego roku doświadczenia (tab. 4). Rośliny dwuliścienne (motylkowate i zioła) wykorzystywały znacznie silniej kobalt nawozowy niż trawy. Najwyższą bezwzględną zawartość Co miała ruń łąkowa obiektu bez nawożenia makroskładnikami.

Największą ilość pobranego i wykorzystanego kobaltu z zastosowanej soli stwierdzono w pierwszym roku doświadczenia. W obiektach bez na-

wożenia tym pierwiastkiem plony roczne zawierały od 0,62 do 1,41 g Co/ha, a w obiektach nawożonych 5,00 do 7,80 g Co/ha. Z zastosowanej dawki rośliny wykorzystwały w tym roku 0,42-0,64% Co. W następnych latach doświadczenia zarówno ilość kobaltu pobranego, jak i wykorzystanego, z nawozu była znacznie mniejsza. W 3-letnim okresie run łąkowa wykorzystwała z zastosowanej dawki kobaltu od 0,55 do 0,90% (tab. 6).

Tabela 6

Ilość kobaltu pobrana przez plony roczne (g Co/ha) i wykorzystanie tego pierwiastka z nawozu w okresie 3 lat doświadczenia

Nawożenie	1971		1972		1973		1971-1973		
	pobranie	zwyżka	pobranie	zwyżka	pobranie	zwyżka	pobranie	wykorzystanie %	
0	bez Co	0,62	—	1,15	—	0,43	—	2,20	—
	+ Co	6,06	5,44	2,15	1,00	0,85	0,42	9,06	0,69
PK	bez Co	0,78	—	1,16	—	0,57	—	2,51	—
	+ Co	5,00	4,22	2,02	0,86	1,03	0,46	8,05	0,55
PKN ₉₀	bez Co	1,08	—	1,29	—	0,93	—	3,30	—
	+ Co	5,99	4,91	2,78	1,49	1,67	0,74	10,44	0,71
PKN ₁₈₀	bez Co	1,41	—	1,76	—	0,85	—	4,02	—
	+ Co	7,80	6,39	3,80	2,04	1,45	0,60	13,05	0,90

Wykorzystanie tego pierwiastka było więc ponad dwukrotnie wyższe niż miedzi. Wydaje się jednak, że również kobalt z uwagi na silną sorpcję, jakiej ulega w glebie [6, 9], powinien być dostarczany w inny sposób niż przez nawożenie na zapas, jak to zastosowano w naszym doświadczeniu.

WNIOSKI

1. Nawożenie miedzią i kobaltem nie miało istotnego wpływu na wzrost plonów runi łąki górskiej i jej skład botaniczny.

2. Dawka 10 kg Cu/ha spowodowała wyraźny wzrost zawartości miedzi w sianie i jego frakcjach w zasadzie tylko w pierwszym roku po nawożeniu. Poziom miedzi w runi wyższy od granicznej wartości 8 ppm Cu uzyskano w obiektach nawożonych tym składnikiem tylko w I pokosie pierwszego roku doświadczenia oraz w okresie 3-letnim w obiekcie z podwójną dawką azotu (PKN₁₈₀).

3. Wykorzystanie miedzi z nawozu wynosiło w pierwszym roku 0,13-0,16%, a po 3 latach doświadczenia 0,16-0,38 procent.

4. Dawka 1 kg Co/ha spowodowała silny wzrost zawartości kobaltu w runi i jego frakcjach. W pierwszych pokosach zawartość ta była wyż-

sza w runi 6-13 razy (w roślinach motylkowatych nawet ponad 17 razy) w pierwszym roku i ponad 2-krotnie w trzecim roku doświadczenia, w porównaniu z obiektami bez nawożenia kobaltem. W całym okresie doświadczenia zawartość kobaltu w roślinach łąkowych nawożonych tym składnikiem była znacznie wyższa od granicznej wartości 0,1 ppm Co.

5. Wykorzystanie kobaltu z nawozu wynosiło w pierwszym roku doświadczenia 0,42-0,64%, a po 3 latach 0,55-0,90 procent.

6. Sposób nawożenia mikroelementami na zapas wydaje się mało efektywny, zwłaszcza w odniesieniu do miedzi, prawdopodobnie z uwagi na silną sorpcję tych składników przez koloidy organiczne i mineralne gleby.

LITERATURA

1. Archer F. C.: Uptake of magnesium and trace elements by the herbage of a reseeded upland pasture. *J. Sci. Food a. Agric.* 21, 1970, s. 279-281.
2. Kuczyńska I.: Nawożenie azotowe a zawartość mikroelementów w sianie łąkowym. *Wiad. Mel. i Łąk.* nr 7, 1971, s. 206.
3. Liwski S., Maciak F., Stodolak J., Jaszczuk F.: Wpływ nawożenia mikroelementami na plony siana na łąkach nadnoteckich w Żuławce. *Rocz. glebozn.* 20, z. 1, 1969, s. 171.
4. Mazur K., Mazur T.: Wpływ nawożenia mineralnego na plon, skład botaniczny i chemiczny masy roślinnej z łąki górskiej. *Acta Agr. Silv. ser. agr.* 12/1, 1972, s. 85.
5. Nowak M.: Zawartość pierwiastków śladowych w polskich sianach. *Rocz. glebozn.* 23/2, 1972, s. 197-204.
6. Pilipuszko W. N.: Izuczenije kompleksoobrazowanija kobalta s organiczeskim wieszczestwom poczwy metodami wysokoczastotnogo i potencjometriczeskogo titrowanija. *Wiest. Leningr. Uniw.* Nr 1, 1973, s. 96-100.
7. Sapek B.: Sorpcja mikroelementów z roztworów mikronawozów w formie chelatów przez gleby torfowe. *Prace Nauk. Inst. Technologii Nieorg. i Nawozów Min. Polit. Wrocławskiej* nr 6, Konf. 3, 98, 1973.
8. Stevenson F. J., Krastanov S. A., Ardakani M. S.: Formation constants of Cu^{+2} complexes with humic and fulvic acids. *Geoderma*, 9/2, 1973, s. 129-141.
9. Walczyna J., Okruszko H.: Aktualny stan badań w Polsce nad zawartością mikroelementów w roślinności użytków zielonych oraz zamierzenia i potrzeby w tym zakresie na najbliższą przyszłość. *Rocz. glebozn.* 23/2, 1972, s. 183-194.