

CZEŚĆ VII. WPŁYW INTENSYWNEGO NAWOŻENIA NA ZAWARTOŚĆ ORAZ POBIERANIE MAGNEZU I WAPNIA PRZEZ RUŃ PASTWISKOWĄ

Teresa Wojnowska, Anna Krauze

Instytut Chemizacji Rolnictwa AR-T w Olsztynie

WSTĘP

Intensywne nawożenie użytków zielonych, poza korzystnym działaniem na wielkość plonów, ma również określony wpływ na skład chemiczny roślin i stan zasobności gleby [3, 10, 12, 18]. Wraz ze znacznym wzrostem plonów następuje sukcesywne zwiększanie pobierania wielu składników pokarmowych, między innymi, także magnezu i wapnia. Stosowanie szczególnie skoncentrowanych nawozów typu NPK, pozbawionych tzw. balastu, prowadzi do wyczerpywania gleb z przyswajalnych form tych składników.

Rośliny pobierają magnez przez cały okres wegetacji, niedostatek więc jego form przyswajalnych w glebie może być odczuwalny w różnych stadiach rozwojowych rośliny, powodując w zależności od tego spadek produkcji suchej masy lub plonów nasion [20, 21].

Nieliczne prace wskazują, że pobieranie magnezu przez rośliny może być ograniczone przez antagonistyczne oddziaływanie nadmiernych ilości kationów jednowartościowych jak: potasu, sodu, amonu i wodoru, występujących w glebie, które szybciej przenikają do roślin niż magnez. Grunes i wsp. [7] stwierdzili, że duże ilości przyswajalnego potasu w glebie działają hamująco na pobieranie magnezu, nawet przy znacznej jego koncentracji w glebie. W wyniku tego procentowa zawartość magnezu w roślinach maleje, a jednocześnie wzrasta ilość potasu. Stosowanie zaś wysokich dawek azotu powoduje najczęściej zwiększenie zawartości magnezu w roślinach pastwiskowych [8, 16]. Ten dodatni wpływ nawożenia azotem nie jest regułą, ponieważ anion NO_3 oddziałuje dodatnio, a kation NH_4 antagonistycznie [15, 25]. Przy stosowaniu siarczanu amonu może wystąpić równocześnie ujemne działanie kationów NH_4 i H w stosunku do

magnezu, nawet na glebach żyznych będących w kulturze, zwłaszcza przy stosowaniu wysokich dawek nawozów azotowych (siarczanu amonu i mocznika) [6, 11]. Wapń może też obniżać pobieranie magnezu, ale tylko przy znacznej przewadze jego form wymiennych [17].

Kształtowanie się zawartości magnezu w roślinach uzależnione jest także od indywidualnych właściwości roślin i ich genetycznych uwarunkowań, jak też od przebiegu czynników klimatycznych, a głównie od ilości opadów i wysokości temperatur.

Do gatunków roślin występujących w zespołach łąkowo-pastwiskowych, a odznaczających się wysoką zawartością magnezu, należą rośliny motylkowate, zioła i chwasty (0,4-1,0% MgO). Najmniej tego składnika zawierają trawy, jak wiechliny (0,1%), tymotka (0,2%), kupkówka (0,3-0,5%), perz (0,23%), tj. rośliny długiego dnia [2, 14, 19, 23]. W klimacie umiarkowanym o ilości pobranego magnezu i wapnia decydują również opady, które w okresie odrostu runi sprzyjają absorpcji tego składnika przez rośliny. Dlatego w warunkach dobrego uwilgotnienia gleby stosowanie wysokich dawek nawozów azotowych, fosforowych i potasowych wpływa korzystnie na pobieranie magnezu, jeśli podaż tych składników nie będzie zbyt przekraczać potrzeb pokarmowych roślinności użytków zielonych. Mogą zachodzić takie obawy w przypadku, gdy stosuje się zbyt jednostronnie nawożenie bez uwzględnienia stanu zasobności gleby w kationy antagonistyczne, zwłaszcza w potas.

W przeciwieństwie do magnezu zawartość wapnia w roślinności pastwiskowej jest dość duża i wynosi od 0,9 do 2,0% CaO, chociaż ilość jego potrzebna do regulowania niektórych procesów fizjologicznych jest niewielka, zbliżona do roli mikroskładników [20, 23].

Wapń występuje w roślinach w kilku formach, tj. w formie wodnorozpuszczalnej, która gromadzi się głównie w młodych roślinach, oraz w formie rozpuszczalnej w kwasach, która występuje w starszych roślinach. Odpowiednie proporcje pomiędzy wapniem i magnezem (w równoważnikach) są czynnikiem warunkującym wzrost i rozwój roślin, przy czym za najbardziej sprzyjający przyjmuje się stosunek $Ca : Mg = 1 : 1$ dla traw, a dla roślin pobierających większe ilości wapnia jak 3 : 1 (motylkowate, zioła [20]). Roślinność użytków zielonych jest wielogatunkowa w której udział ziół i chwastów bywa dość znaczny, można więc przyjąć, że stosunek $Ca : Mg$ jak 2 : 1 lub nawet 3 : 1 jest prawidłowy. Występowanie jednak zbyt dużych ilości wapnia w formie wolnej, tj. rozpuszczalnej w wodzie, może ograniczać pobieranie innych składników pokarmowych, ze względu na selektywne i inhibitujące działanie wapnia, zwłaszcza w pobieraniu jonów jednowartościowych, a także dwuwartościowych, jak np. magnez [20].

Sprawa więc prawidłowego zaopatrzenia roślin w niezbędne skład-

niki pokarmowe jest zagadnieniem złożonym, wymagającym głębszego poznania nie tylko ich funkcji fizjologicznych ale także dynamiki form tych składników w glebach oraz mechanizmu ich oddziaływania i pobierania przez rośliny w różnych warunkach ekologicznych. Mając na uwadze powyższe starano się prześledzić, jak wpływa zróżnicowane intensywne nawożenie mineralne na kształtowanie się zawartości oraz pobieranie magnezu i wapnia przez run pastwiskową.

Celem tych badań było ustalenie potrzeb pokarmowych i nawozowych roślinności pastwiskowej, intensywnie nawożonej, w stosunku do magnezu i wapnia, tak z punktu widzenia wysokości plonów jak i odpowiedniego składu chemicznego, z równoczesnym zachowaniem prawidłowej zasobności gleby w omawiane składniki.

METODYKA BADAŃ

Badania prowadzone na pastwisku produkcyjnym w latach 1970-1972 w PGR Garbno. Szczegółowe założenia oraz schemat nawożenia przedstawione zostały w pracy Kotera i Krauze [10]. Przedmiotem niniejszych badań była run pastwiskowa intensywnie nawożona (NPK w kg na ha = 280, 560, 1120 bez oraz z dodatkiem Mg i mikroelementów), w której oznaczono zawartość niektórych form magnezu i wapnia. Próbki zielonej masy do analiz chemicznych oraz w celu określenia wysokości plonu pobierano jednocześnie, tj. przed wypasem danej kwatery w rotacji. W ten sposób uzyskano wyniki z wielokrotnych powtórzeń, które posłużyły do obliczenia średnich wartości dla magnezu i wapnia w runi intensywnie nawożonego pastwiska.

1. Oznaczono następujące formy magnezu: ogólną zawartość magnezu po zmineralizowaniu substancji roślinnej ze stężonym kwasem siarkowym, a następnie oznaczono go za pomocą żółcieni tytanowej kolorymetrycznie. Ekstyncję mierzono na fotometrze Spekol. Pozostałe formy magnezu oznaczono analogicznie, z tym że magnez ekstrahowano za pomocą 2% kwasu octowego oraz sporządzono frakcje wodne.

2. Zawartość ogólną wapnia oznaczono w tych samych roztworach, wyodrębniając frakcję ogólną, frakcję kwasu octowego oraz frakcję wodną. Wszystkie formy wapnia oznaczono na fotometrze płomieniowym.

W glebie natomiast oznaczono w poszczególnych latach badań zawartość przyswajalnego magnezu [24] oraz po trzech latach formę wymienną magnezu i wapnia. Do konfrontacji wyników skorzystano z badań G. Nowaka [19], dotyczących zawartości przyswajalnego potasu w tych glebach i w roślinności pastwiskowej.

Otrzymane średnie wyniki zestawiono w tabelach 1-9 i na rysunku 1, które są podstawą niniejszego opracowania.

WYNIKI

ZAWARTOŚĆ NIEKTÓRYCH FORM MAGNEZU (MgO) W RUNI PASTWISKOWEJ

Ze względu na szczególną rolę magnezu w procesach fizjologicznych roślin oznaczenie jego form pozwala na zorientowanie się o stanie zaopatrzenia i potrzebach roślin w stosunku do tego składnika [13]. Przeprowadzone badania wykazały, że ogólna zawartość magnezu w zielonce pastwiskowej utrzymywała się na granicy średniego poziomu (0,34-0,40% MgO), w porównaniu do ilości charakterystycznych dla podobnych zespołów roślin wielogatunkowych, lecz nie tak intensywnie nawożonych [9, 18, 23].

Stwierdzono również, że z ogólnej ilości pobranego magnezu przez rośliny 75% stanowi magnez łatwo rozpuszczalny w słabych kwasach, a w około 40% występuje on w formie dobrze rozpuszczalnej w wodzie.

W związku z wysoką koncentracją przyswajalnego magnezu w badanej glebie wszystkich kompleksów nawozowych, jego zawartość w runi pod wpływem zróżnicowanego nawożenia podlegała nieznacznym wahaniom (tab. 1, 2). Dopiero istotnie większą ilość magnezu (0,37-0,40) stwierdzono w roślinności nawożonej najwyższą dawką NPK (1120 kg w tym 480 kg N; tab. 1) co świadczy, że wysokie nawożenie działało stymulująco na pobieranie magnezu przez rośliny. Mimo to wykorzystanie magnezu przez runię w stosunku do jego dużych ilości, występujących w warstwie akumulacyjnej gleby pastwiskowej, było małe i wyniosło zaledwie od 2,1% do 3,4 przy najniższym nawożeniu (280 kg NPK) oraz do 6,1% pod wpływem najwyższej dawki NPK (1120 kg; tab. 3).

Czym zatem było uwarunkowane słabe wykorzystanie magnezu, skoro wiadomo, że wielogatunkowa roślinność użytków zielonych może pobierać znacznie większe ilości tego składnika? Podjęto więc próbę wyjaśnienia tego zagadnienia w oparciu o uzyskane wyniki badań dla omawianego obiektu.

Niewątpliwie jednym z czynników, który zaważył na kształtowaniu się zawartości magnezu, były zmiany, jakie zaszły w składzie botanicznym runi pod wpływem stosowania intensywnego nawożenia dawką 240 (komb. B) i 480 kg N na ha (komb. C, i D), stopniowo ustępowały rośliny motylkowate oraz zioła i chwasty, a ich miejsce zajmowały trawy, które należą do gatunków o mniejszych potrzebach pokarmowych w stosunku do magnezu [3, 14, 18]. Głównym jednak powodem słabego wykorzystania magnezu przez rośliny pastwiskowe była, co jest zgodne z poglądami wielu badaczy [7, 15, 21], wysoka koncentracja potasu przyswajalnego i wymiennego oraz wapnia, występująca w roztworze glebowym i w kompleksie sorbcyjnym gleby pastwiskowej (tab. 2, 4, 5). Stężenie tych jonów wyrażone w miligramorównoważnikach w stosunku do magnezu

Tabela 1

Zawartość różnych form magnezu (MgO) w runi intensywnie nawożonego pastwiska PGR Garbno w % s.m.

Magnez	Rok	Nawożenie NPK w kg/ha rocznie								NRU
		A — 280		B — 560		C — 1120		D — 1120 NPK Mg + mikroelem.		
		a	b	a	b	a	b	a	b	
MgO ogółem	1970	0,32	100	0,32	100	0,38	100	0,39	100	0,006
	1971	0,35	100	0,35	100	0,40	100	0,40	100	0,023
	1972	0,34	100	0,34	100	0,37	100	0,37	100	0,23
Średnio		0,34	100	0,34	100	0,38	100	0,39	100	
Wyekstrahowany w 2% CH ₃ COOH	1970	0,24	75,0	0,24	75,0	0,30	78,9	0,31	79,5	
	1971	0,26	74,2	0,26	74,3	0,32	80,0	0,32	80,0	
	1972	0,24	70,6	0,25	75,8	0,29	78,4	0,28	75,7	
Średnio		0,24	73,3	0,25	75,0	0,30	79,1	0,30	79,1	
Wyekstrahowany w H ₂ O	1970	0,12	37,5	0,12	37,5	0,15	39,5	0,15	38,5	
	1971	0,13	37,1	0,13	37,1	0,16	40,0	0,16	40,0	
	1972	0,12	35,3	0,13	39,4	0,15	40,5	0,15	40,5	
Średnio		0,12	36,6	0,13	38,0	0,15	40,0	0,15	40,0	
Średni plon s.m.		67,0	100	77,0	114,9	97,0	144,8	104,0	155,2	
Zawartość magnezu wyliczona pro- porcjonalnie do wysokości plonu	MgO%	0,34		0,39		0,49		0,52		
	Mg%	0,20	100	0,23	114,7	0,29	144	0,31	153	

a — bezwzględny,
b — względny.

Tabela 2

Zawartość przyswajalnego magnezu w glebie intensywnie nawożonego pastwiska

Rok	Mg* przyswajalny	Nawożenie NPK w kg/ha			
		A — 280	B — 560	C — 1120	D — 1120 + M
1970	w mg/100 g	15,8	11,5	14,2	13,0
	w kg/ha	474,0	345,0	426,0	390,0
1971	w mg/100 g	16,8	12,7	14,9	14,1
	w kg/ha	504,0	381,0	441,0	423,0
1972	w mg/100 g	18,3	16,3	17,1	17,1
	w kg/ha	549,0	489,0	513,0	513,0

* W warstwie akumulacyjnej.

Tabela 3

Wykorzystanie magnezu przez roślinność pastwiskową w %

Rok	Nawożenie NPK w kg/ha			
	A — 280	B — 560	C — 1120	D — 1120 + M
1970	2,5	3,8	5,2	6,1
1971	2,1	3,1	4,2	4,9
1972	3,4	4,4	5,1	5,3
Średnio za trzy lata	3,0	3,8	4,8	5,4

utrzymywało się w stanie równowagi krytycznej w glebie komb. A i D, tj. nawożonej najniższą dawką potasu (90 kg K₂O) i w glebie nawożonej najwyższą dawką (360 K₂O), ale z dodatkiem magnezu i mikroelementów, podczas gdy w glebie pozostałych kombinacji (B i C) stan równowagi pomiędzy tymi jonami był mocno zachwiany (tab. 4). Natomiast ilość

Tabela 4

Zawartość magnezu wymiennego oraz stosunek wymiennych jonów magnezu do potasu i wapnia do magnezu w glebie po 3 latach intensywnego nawożenia

Nawożenie NPK w kg/ha	Magnez wymienny w mg/100 g gleby	Stosunek milirównoważników	
		a — Mg _w :K _w	b — Ca _w :Mg _w
A — 280	24,0	1,1:1	100:12
B — 560	22,0	0,8	100:7,6
C — 1120	18,8	0,8	100:6,3
D — 1120	19,6	1,2	100:8,7

Mg i mikroelementy

a — Mg_w:K_w = 1:1 (stosunek graniczny zrównoważony).

b — Ca_w:Mg_w = 100:16 (stosunek graniczny zrównoważony).

przyswajalnego magnezu w stosunku do potasu układa się w tej glebie bardziej korzystnie, a nawet z większą przewagą na rzecz magnezu (tab. 5). Przytoczone wyniki sugerują więc, że na skutek nadmiernych ilości wymiennego potasu w kompleksie sorpcyjnym jony magnezu były przez ten kation blokowane, a tym samym mniej dostępne. W związku z tym rośliny miały do dyspozycji inne formy magnezu, tj. trudniej przyswajalne. Znalazło to również potwierdzenie w obliczonej wielkości stosunku potasu do magnezu w runi tego pastwiska, w której niezależnie

Tabela 5

Stosunek magnezu przyswajalnego do potasu przyswajalnego w glebie intensywnie nawożonego pastwiska

Rok	Nawożenie NPK w kg/ha			
	A — 280	B — 560	C — 1120	D — 1120 + M
1970	2,2:1	1,2:1	1,4:1	1,7:1
1971	2,2:1	1,3:1	1,2:1	1,7:1
1972	1,9:1	1,4:1	1,3:1	1,6:1

od wysokości dawek zastosowanego nawożenia występowała znaczna przewaga potasu ($K:Mg=5,9:1$), a więc równowaga pomiędzy tymi składnikami była jeszcze bardziej zachwiana niż w glebie (tab. 6). Świadczy

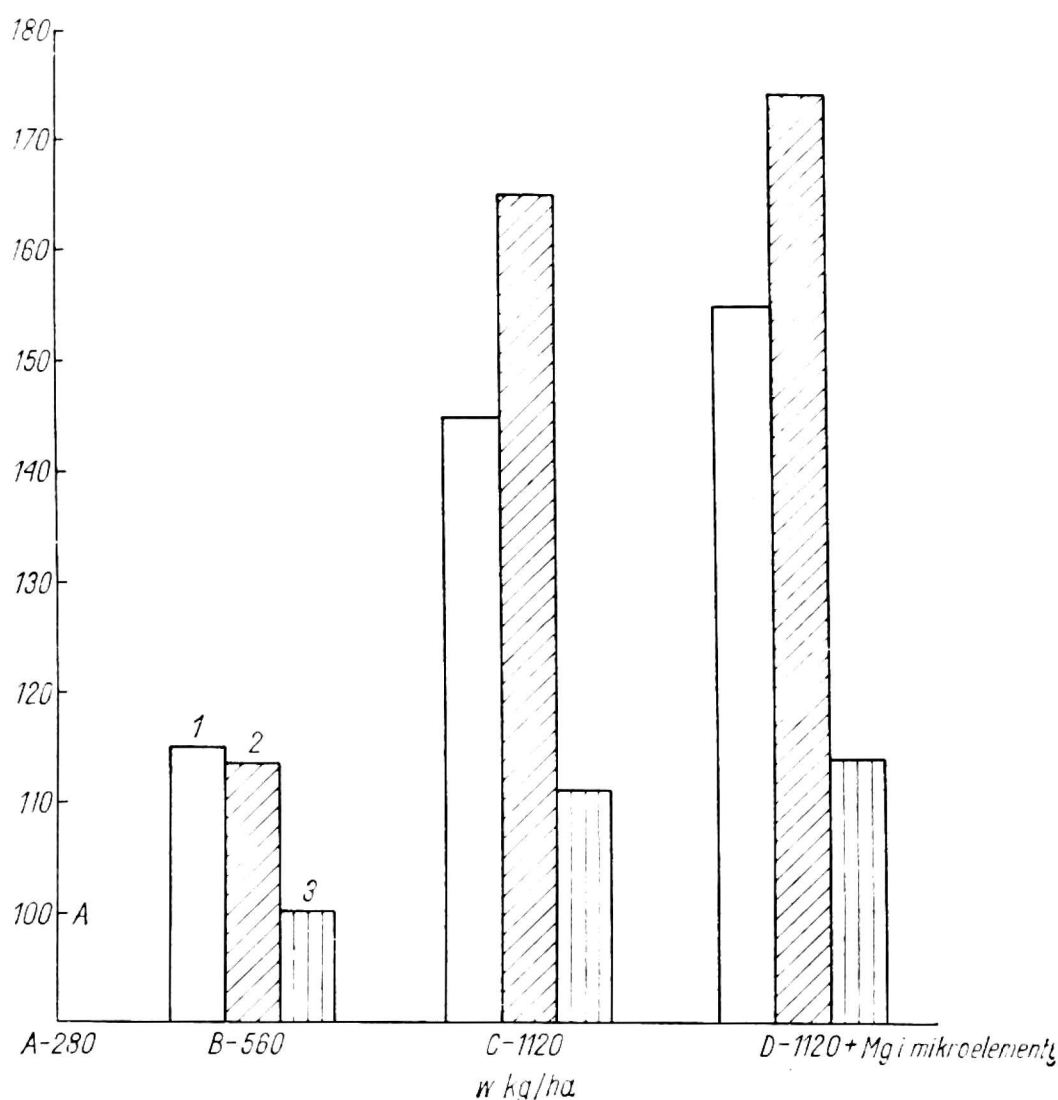
Tabela 6

Stosunek Ca:Mg i K:Mg w roślinności intensywnie nawożonego pastwiska

Kompleks nawozowy	Ca:Mg forma ogólna	Ca:Mg rozpuszcz. w H ₂ O	K:Mg forma ogólna
1970			
A	3,0:1	1,8:1	5,5:1
B	3,1:1	1,9:1	5,7:1
C	2,8:1	1,6:1	5,9:1
D	2,8:1	1,6:1	5,4:1
1971			
A	2,2:1	1,2:1	5,0:1
B	2,3:1	1,3:1	5,2:1
C	2,4:1	1,3:1	5,1:1
D	2,4:1	1,3:1	5,0:1
1972			
A	2,2:1	1,4:1	5,3:1
B	2,4:1	1,3:1	5,8:1
C	2,4:1	1,2:1	5,7:1
D	2,3:1	1,2:1	5,7:1

to o bardzo dobrym, a nawet nadmiernym zaopatrzeniu roślin w potas i dostatecznym zaledwie zaopatrzeniu w magnez. Dlatego też ilość magnezu w runi w stosunku do wielkości plonów (za wyjątkiem komb. A) była wyraźnie zaniziona (tab. 1,4) i odbiegała znacznie od średnich ilości podawanych przez Karasia [9] dla porostu pastwiskowego z różnych re-

gionów Polski. Okazało się więc, że w warunkach intensywnego nawożenia może występować nawet na żyznych glebach, typu czarnych ziem, zjawisko niecałkowitego zaopatrzenia roślin w magnez, jeśli w glebie występuje wysoka koncentracja potasu wymiennego, a także wapnia, oddziałujących antagoniście na pobieranie magnezu. Stwierdzono także, że ujemny wpływ tych kationów łagodziło w nieznacznym stopniu intensywne nawożenie azotem i fosforem, stosowane proporcjonalnie do wysokości dawek potasu. Składniki te działały stymulująco, zwiększając zawartość magnezu w runi nawożonej najwyższymi dawkami NPK (komb. C, D; tab. 1, rys. 1), lecz nie w takim stopniu jak działały one na przyrost plonów (rys. 1). Okazało się też, że wysoka produkcja zielonej



Rys. 1. Porównanie wzrostu plonów siana ze wzrostem zawartości i pobierania MgO w zależności od nawożenia (w liczbach względnych średnio z trzech lat): 1 — wzrost plonów siana, 2 — wzrost pobrania magnezu, 3 — wzrost procentowej zawartości MgO

Fig. 1. Comparison of hay yield increments along with an increase of the content and uptake of Mg depending on fertilization (in relative numbers as three-year means): 1 — hay yield increment, 2 — magnesium uptake increase, 3 — decrease of the MgO percentage

Tabela 7

Pobranie magnezu (MgO) przez roślinność pastwiskową intensywnie nawożoną w kg/ha

Rok	Nawożenie NPK w kg/ha			
	A — 280	B — 560	C — 1120	D — 1120 +
1970	19,7	21,6	36,8	39,9
1971	17,3	19,6	31,2	34,4
1972	31,0	35,6	43,7	45,2
Razem za trzy lata	68,0	76,8	111,7	119,5
\bar{X}	22,6	25,6	37,2	39,6

i suchej masy, jaka miała miejsce w tych kombinacjach, przyczyniła się do wzmożonego pobierania magnezu (tab. 7), które było 64,6-75,2% wyższe od ilości pobranych przez runi pod wpływem najniższego nawożenia. W zależności więc od wysokości plonu runi jej potrzeby pokarmowe w stosunku do magnezu mieściły się w szerokim przedziale, tj. od 17,3 do 45,2 kg MgO/ha, o czym decydowały także czynniki klimatyczne. W latach o małej ilości opadów roślinność pobierała najmniej magnezu (1971 r.), a najwięcej w wilgotnym roku 1972 (tab. 7).

Uzyskane wyniki badań wskazują, że potrzeby pokarmowe tejże roślinności pastwiskowej w stosunku do magnezu były w zupełności pokryte, jeżeli przy plonie suchej masy 67,0 q/ha rośliny pobrały co najmniej 20-22 kg MgO/ha. Równocześnie zaś wartość stosunku równoważników magnezu wymiennego do potasu wymiennego w glebie kształtowała się jak 1.1:1, wówczas — zgodnie z poglądami Scheffera i Schachtschabela [wg 21] — rośliny dysponują wystarczającą ilością magnezu. Takie prawidłowości stwierdzono jedynie, stosując nawożenie 280 kg NPK (w tym 90 kg K₂O; tab. 1, 4, 7). Natomiast przy stosowaniu dawek 560 i 1120 kg NPK/ha (w tym 180 i 360 kg K₂O) zaopatrzenie roślin w magnez było gorsze, ponieważ średnia zawartość magnezu w runi przy plonie 97 i 104 q/ha wynosiła 0,38 i 0,39% s.m., podczas gdy proporcjonalnie do wysokości plonu zawartość tego składnika powinna kształtować się w granicach 0,49-0,52% (tab. 1). Przy tym nawożeniu wystąpiły także znaczne dysproporcje pomiędzy Mg wymiennym i potasem wymiennym w glebie, co jak najbardziej podkreśla ujemny wpływ intensywnego nawożenia potasem na przyswajanie magnezu przez rośliny (tab. 4).

Dlatego też w celu zwiększenia zawartości magnezu w glebie i w roślinach, w których składnik ten powinien utrzymywać się na poziomie 0,50-0,55% MgO w s.m., sugeruje się dawkę 40-50 kg MgO/ha, która odpowiada ilościom wykorzystywanym przez rośliny w warunkach stosowania intensywnego nawożenia NPK (560 i 1120 kg/ha). Pozwoli to

również na utrzymanie równowagi pomiędzy magnezem a jonami antagonistycznymi w glebie, a tym samym zapewni prawidłowe odżywianie roślin tym składnikiem.

ZAWARTOŚĆ NIEKTÓRYCH FORM WAPNIA (CaO) W RUNI PASTWISKOWEJ

W runi badanego pastwiska występowała wysoka koncentracja wapnia (od 1,06 do 1,50% w s.m.) tak w formie ogólnej jak i w postaci łatwo rozpuszczalnej (tab. 8). Obserwowano to głównie w pierwszym roku badań, natomiast w dalszych latach zawartość wapnia w runi systematycznie zmniejszała się we wszystkich kombinacjach nawozowych, przy czym bardziej spadek ten zaznaczał się w runi nawozonej niższymi dawkami NPK (280 i 560 kg/ha). Podobne zależności stwierdzono w kształtowaniu się łatwo rozpuszczalnych form wapnia, co wskazywałoby, że wysokie dawki NPK, w tym zwłaszcza azotu wpływają na uruchomienie i wzmożone pobieranie wapnia nie tylko przez rośliny motylkowate i zioła, ale również przez roślinność trawiastą, której udział w runi kombinacji

Tabela 8

Zawartość różnych form wapnia CaO w runi intensywnie nawożonego pastwiska PGR Garbno

Wapń	Rok	Nawożenie NPK w kg/ha rocznie							
		A — 280		B — 560		C — 1120		D — 1120 NPK + Mg i mikroelem.	
		Zawartość CaO w % sm							
		a	b	a	b	a	b	a	b
CaO ogółem	1970	1,36	100	1,42	100	1,50	100	1,52	100
	1971	1,09	100	1,16	100	1,35	100	1,36	100
	1972	1,05	100	1,13	100	1,23	100	1,22	100
Średnio		1,16	100	1,23	100	1,36	100	1,36	100
CaO wyekstrahowany w 2% CH ₃ COOH	1970	0,67	49,3	0,68	47,9	0,78	52,0	0,77	50,7
	1971	0,60	55,0	0,61	53,0	0,72	53,0	0,72	63,0
	1972	0,60	57,1	0,63	55,8	0,69	56,1	0,71	58,2
Średnio		0,62	53,8	0,64	52,2	0,73	53,7	0,73	57,3
CaO wyekstrahowany w H ₂ O	1970	0,30	22,1	0,32	22,5	0,33	22,0	0,34	22,4
	1971	0,22	20,2	0,25	21,6	0,30	22,0	0,30	22,0
	1972	0,23	20,4	0,23	20,5	0,25	20,3	0,25	20,5
Średnio		0,25	20,9	0,26	21,5	0,29	21,4	0,30	21,6

a — bezwzględny.

b — względny.

o najwyższym nawożeniu (C, D) był znacznie większy niż w kombinacjach z dawką podwójną i pojedynczą (A i B). Na podstawie przeprowadzonych badań wynika, że z plonem masy z 1 ha pastwiska rośliny pobierają średnio od 78 kg do 137 kg CaO/ha. Są to więc ilości wskazujące, że roślinność szczególnie intensywnie nawazona ma duże potrzeby pokarmowe również względem wapnia przy wzmożonej produkcji zielonej i suchej masy [5]. Na omawianym obiekcie potrzeby tejże roślinności

Tabela 9

Pobranie wapnia przez roślinność pastwiskową intensywnie nawazoną w kg/ha

Rok	Nawożenie NPK w kg/ha			
	A — 280	B — 560	C — 1120	D* — 1120
1970	83,6	96,0	145,2	155,5
1971	54,0	65,1	106,1	107,8
1972	96,8	121,9	145,4	149,1
Razem za trzy lata	234,4	283,0	396,7	412,4
\bar{X}	78,1	94,3	132,2	137,5

* Kombinacja z dodatkiem Mg i mikroelementów.

były w stosunku do wapnia całkowicie pokryte, o czym świadczy wysoka zawartość formy ogólnej i form rozpuszczalnych oraz wartość stosunku równoważników Ca:Mg (w tej roślinności), która wahała się w granicach 2,8-3,0:1. Zgodnie z badaniami niektórych autorów w takich warunkach w pełni są zabezpieczone potrzeby pokarmowe motylkowatych i ziół, tj. roślin o wysokich wymaganiach pokarmowych i nawozowych w stosunku do wapnia, a tym bardziej roślin trawiastych [20, 22, 23].

Należy jednak zwrócić uwagę, że przewaga wapnia w porównaniu do ilości magnezu była w badanej runi dość znaczna i nie jest wykluczone, że także wapń był czynnikiem, który ograniczał pobieranie magnezu przez rośliny pastwiskowe. W literaturze podaje się, że występowanie zbyt dużych ilości wapnia w formie wolnej, tj. łatwo rozpuszczalnej może ograniczać pobieranie innych składników pokarmowych, ze względu na selektywne działanie wapnia w pobieraniu jonów jednowartościowych, a także dwuwartościowych, jak np. magnezu.

DYSKUSJA

Sprawa dobrego zaopatrzenia roślin w magnez jest uzależniona od wielu czynników, a w tym także od rodzaju i ilości kationów towarzyszących. Okazało się bowiem, że wysoka zawartość przyswajalnego mag-

nezu w glebie nie oznacza, że rośliny mogą pobierać go w nieograniczonych ilościach. W obecnej dobie, kiedy rolnictwo stosuje coraz częściej dość duże dawki nawozów azotowych i potasowych na użytki zielone, pobieranie magnezu przez rośliny nawet z gleb zasobnych w ten składnik staje się ograniczone i może być powodem spadku plonów, a w każdym bądź razie pogorszenia jego jakości, ze względu na to, że magnez jako katalizator wielu procesów enzymatycznych bierze udział w syntezie węglowodanów, białek, tłuszczów i witamin, a niskie pobieranie tego składnika utrudnia prawidłowy przebieg tych procesów [3, 12, 15]. Przeprowadzone 3-letnie badania wykazały, że wysoka kumulacja magnezu przyswajalnego w glebie nie znalazła odzwierciedlenia w zawartości tego pierwiastka w roślinności pastwiskowej, w której ilość magnezu układa się tylko na średnim poziomie. Do kationów, które ograniczały pobieranie magnezu przez ruń pastwiskową, należał potas i wapń, których ilość form wymiennych w glebie pastwiskowej była dość znaczna. Obliczony stosunek Ca:Mg i Mg:K (w miligrarów.) wskazał na znaczną przewagę wapnia, a także i potasu w porównaniu do zawartości magnezu. W takich wypadkach wielu autorów stwierdzało zmniejszenie pobierania magnezu przez rośliny [4, 7, 15, 17].

Rozpatrując stosunek równoważnikowy formy przyswajalnej magnezu do potasu, okazało się, że był on we wszystkich kombinacjach nawozowych bardziej zrównoważony, a nawet wskazywał na dość znaczną przewagę magnezu w kombinacjach o najniższym nawożeniu potasem (90 kg K_2O na ha) i w komb., w której zastosowano jednorazowo nawożenie magnezem (6,4 kg MgO/ha). Zawartość jednak magnezu, zwłaszcza przy najwyższym poziomie nawożenia (1120 kg NPK, w tym 360 kg K_2O) nie była proporcjonalna do wzrostu plonów, a zastosowanie nawożenia magnezem (1972 r.) z uwagi na małą jego dawkę nie dało pożądanych rezultatów, ponieważ nie wpłynęło na zwiększenie ilości tego składnika w roślinach. W doświadczeniu tym znalazły potwierdzenie wyniki badań innych autorów o ujemnym działaniu potasu i wapnia na pobieranie magnezu [7, 8, 17, 21]. Z badań tych wynika, że optymalna wartość stosunku wapnia wym. do magnezu w glebie powinna wynosić co najmniej 100:16, a magnez do potasu jak 1:1, podczas gdy w przeprowadzonych badaniach stosunki te układały się bardziej prawidłowo w glebie pastwiskowej, nawożonej dawką 280 kg NPK, w tym 90 kg K_2O , a wzrost dawek do wys. 1120 kg NPK, w tym 180 i 360 kg K_2O/ha powodował, że wartość stosunku form wym. Mg do K kształtowała się poniżej poziomu krytycznego (0,8:1). Jeszcze bardziej zachwiana była równowaga pomiędzy tymi składnikami w roślinności pastwiskowej (5,9:1).

Biorąc pod uwagę fakt, że rośliny przy wysokich plonach mają znacznie większe potrzeby w stosunku do magnezu, które w omawianych ba-

daniach były wyższe średnio o 70⁰/o od potrzeb tej roślinności nawożonej największą dawką NPK, oraz ze względu na niski wskaźnik wykorzystania magnezu z zapasów glebowych, staje się oczywiste, że zachodzi konieczność nawożenia magnezem użytków zielonych nawet o dobrej zasobności w magnez w ilości co najmniej 40-50 kg MgO/ha rocznie. Pozwoli to na poprawienie zaopatrzenia roślin w magnez, a także ograniczy się tą drogą ubytki magnezu z gleby, które są dość znaczne. Rocznie, jak podaje Buckman i Brady [1], na skutek wymywania z warstwy akumulacyjnej pastwisk ubywa około 50 kg Mg/ha, a z plonem rośliny wynoszą również dość duże ilości, tj. od 19 do 45 kg MgO/ha pastwiska (tab. 7). Dlatego proponowane dawki pozwolą na wyrównanie tych ubytków a także na utrzymanie równowagi między składnikami nawozowymi i magnezem w glebie.

Trzeba również zwrócić uwagę, że ubytki wapnia z gleby pastwiskowej intensywnie nawożonej są jeszcze większe, gdyż na skutek wymywania oraz pobierania przez wysokie plony roślin straty wynoszą rocznie około 500 kg CaO na ha. Gleby, które mają słabe właściwości buforowe, pod wpływem intensywnego nawożenia będą się szybko zakwaszały. Takie obawy są mniejsze na glebach żyznych, np. typu czarnych ziem, co stwierdzono w prowadzonych badaniach, w których ilość wymiennego Ca była wysoka, a odczyn gleby w 1n KCl kształtował się w granicach 6,0-6,5 po trzech latach badań.

Reasumując trzeba podkreślić, że w miarę intensyfikacji użytków zielonych niedobry magnezu u roślin bardzo szybko się rozszerzają, powodując spadek zawartości magnezu w roślinach, nawet na glebach ciężkich, ze względu na konkurencyjny wpływ zwiększonej koncentracji w tych glebach kationów potasu, amonu oraz wapnia. Otrzymane wyniki z doświadczeń przeprowadzonych w normalnych warunkach produkcyjnych wskazują na konieczność szerszego niż dotychczas stosowania nawożenia magnezem, zwłaszcza intensywnie nawożonych użytków zielonych, a także profilaktycznego nawożenia wapnem z racji dużego pobierania przez rośliny oraz wymywania tego składnika i w związku z tym możliwości szybszego zakwaszenia gleb.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonego I etapu badań w zakresie kształtowania się zawartości magnezu i wapnia w roślinności pastwiskowej intensywnie nawożonej stwierdzono, że:

1. Ruń pastwiskowa pomimo wysokiej koncentracji przyswajalnego magnezu w glebie odznaczała się zaledwie średnią zawartością tego składnika, utrzymującą się w granicach 0,34-0,39⁰/o MgO w s.m., w tym mag-

nez łatwo rozpuszczalny stanowi 73-79⁰/₀, a wodnorozpuszczalny 36-40⁰/₀ s.m.

2. Pod wpływem najwyższej dawki NPK (1120 kg, w tym 480 kg N) zawartość magnezu w runi nieznacznie zwiększyła się z 0,34 do 0,39⁰/₀ MgO w s.m., co odpowiadało dopiero granicznej wartości, ustalonej dla zielonki pastwiskowej [14, 15, 23].

3. Słabe wykorzystanie magnezu przyswajalnego (2,5 do 6,1⁰/₀) przez wielogatunkową roślinność pastwiskową było spowodowane wysoką koncentracją jonów potasu i wapnia wymiennego w glebie, które ograniczyły pobieranie magnezu. Stosunek tych składników do siebie był nie zrównoważony, a jedynie przy najniższym poziomie nawożenia (280 NPK, w tym 90 kg K₂O) układał się bardziej prawidłowo (Mg:K=1,1:1; Ca:Mg=100:12).

4. Stwierdzono, że potrzeby pokarmowe roślinności pastwiskowej w stosunku do magnezu, nawożonej dawkami 560 do 1120 kg NPK/ha, są średnio o 70⁰/₀ wyższe od potrzeb tejże roślinności nawożonej dawką 280 kg NPK/ha.

5. W celu zabezpieczenia w pełni wymagań pokarmowych runi pastwiskowej intensywnie nawożonej konieczne jest stosowanie nawożenia magnezem, które pokryje ubytki magnezem z gleby, spowodowane wymywaniem i wysokim pobieraniem tego składnika przez rośliny, a także zwiększy jego zawartość w runi. Wskazane jest stosowanie od 40 do 50 kg MgO/ha rocznie, jeśli plon suchej masy osiąga 80 do 100 q/ha.

6. Stwierdzono, że ocena zasobności gleb użytków zielonych w magnez przyswajalny wiąże się ściśle z zawartością w niej potasu i wapnia wymiennego i powinna być oparta na podstawie znajomości zawartości tych kationów w badanej glebie.

7. Pod względem występowania wapnia badana run pastwiskowa odznaczała się wysoką zawartością tego składnika (1,06-1,52⁰/₀ CaO), tym niemniej kontrola jego zawartości jest niezbędna, ponieważ intensywne nawożenie powoduje wyczerpywanie gleby z wapnia, co może przyspieszyć proces zakwaszenia gleb, zwłaszcza o słabych właściwościach buforowych.

LITERATURA

1. Harry C. Buckman-Nyle C. Brady: Gleba i jej właściwości. PWRiL, Warszawa 1971.
2. Czuba R., Jaśkowski Z.: Nawożenie magnezem. PWRiL Warszawa 1975.
3. Doboszyński L.: Wpływ nawożenia azotowego na skład botaniczny i chemiczny plonu użytków zielonych oraz na współdziałanie nawozów. Wiad. Mel. i Łąk. t. 11, 1968.
4. Falkowski M., Frąckowiak J.: O możliwości zwiększenia ilości magnezu i sodu w runi pastwiskowej. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 114, 1971.

5. Gawęda H., Nowak M.: Wpływ nawożenia na zawartość fosforu i wapnia w zielonkach pastwiskowych. Roczn. Nauk rol. S. B, t. 80, 1962.
6. Głębowski H.: Badania nad wpływem nawozów azotowych na pobieranie magnezu przy różnym odczynie gleb. Roczn. glebozn. t. 19, z. 2, 1968.
7. Grunes P., Thopson J., Kubata J., Lugar V.: The effect of Mg, K and temperature on growth and composition of *Lolium perenne*. t. 2, 1968.
8. Hemingway R. G.: Magnesium, potassium, sodium and calcium content of herbage as influenced by fertilizer treatment over 3-year period. J. Brit. Grass. Co. Soc. t. 16, 1961.
9. Kraś J.: Zawartość składników mineralnych w sianie łąkowym i poroście pastwiskowym. Post. Nauk rol. 1/2, 1970.
10. Koter M., Krauze A.: Wpływ intensywnego nawożenia użytków zielonych na plonowanie i wartość pokarmową roślin. Cz. I. Wpływ nawożenia pastwiska na plonowanie i wykorzystanie azotu. Zesz. probl. Post. Nauk rol. z. 210.
11. Lehne L., Koepke V.: The effect of different of nitrogen on a magnesium deficient sondy Soil. Albrecht-Thaer. Arch. nr 6, 1962 .
12. Lehmann K.: Zawartość niektórych form azotu oraz fosforu, potasu, magnezu, wapnia i sodu w zielonej masie żyta poplonowego. Roczn. Nauk. rol. Ser. A, t. 97, 1970.
13. Lityński T.: Rola magnezu w życiu roślin, zwierząt i ludzi. Zesz. probl. Post. Nauk rol. z. 149, 1973.
14. Magnicki K.: Nawozy magnezowe. PWRiL Warszawa 1970.
15. Mazur K., Mazur T.: Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość magnezu w masie roślinnej i w niektórych frakcjach siana z łąki górskiej. Zesz. probl. Post. Nauk. rol. z. 149, 1973.
16. Müller H. L., Voigtländer G., Kirchgessner M.: Veränderungen des gehaltes an Mangel-elementen (Ca, Mo, Na, K) von Weidegrass in Abhängigkeit von Wachstungsdauer und Vegetationsperiode. Wirt. Eigene Futter H. 3, 1971.
17. Musierowicz A., Kuźnicki F.: Magnez w glebach Niziny Mazowiecko-Podlaskiej i Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej. Roczn. Nauk. rol. Ser. A, t. 82, 1962.
18. Nowak M.: Wpływ intensywnego nawożenia azotem na zawartość niektórych składników mineralnych w sianie. Wiad. Mel. i Łąk. 11, 1971.
19. Nowak G.: Wpływ wysokiego poziomu nawożenia mineralnego na zawartość niektórych form fosforu, potasu i sodu w runi pastwiskowej. Praca doktorska. wyk. w Inst. Chem. Roln. AR-T — Olsztyn 1973.
20. Nowotny-Mieczyska A.: Fizjologia mineralnego żywienia roślin. PWRiL Warszawa 1976.
21. Nowosielski O.: Metody oznaczania potrzeb nawożenia. wyd. II, 1974.
22. Ostrowski R.: Wpływ nawożenia magnezem, sodem i wapniem na plonowanie pastwiska i zawartość niektórych składników mineralnych w runi. Roczn. Nauk rol. S. F, t. 78, z. 4, 1974.
23. Sapek A., Heinsch K., Sapek B.: Zawartość białka ogólnego i składników mineralnych w sianie z łąk woj. koszalińskiego w latach 1965-1968. Wiad. Inst. Melior. i Użyt. ziel. T. X, z. 4, 1972.
24. Schachtschabel P.: Das Pflanzen verfügbare Magnesium des Bodens und seine Bestimmung. Ztsch. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenk. 67 (112), 1, 1954.
25. Szukalski H.: Wpływ mocznika w porównaniu z saletrą amonową na plony kukurydzy oraz na kształtowanie się zawartości fosforu, potasu, wapnia i magnezu w roślinach. Zesz. probl. Post. Nauk rol. z. 84, 1968.

Т. Войновска, А. Краузе

ЧАСТЬ VII. ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОГО УДОБРЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ И УСВАИВАНИЕ МАГНИЯ И КАЛЬЦИЯ ПАСТБИЩНЫМ ТРАВСТОЕМ

Резюме

Рассматриваются трехлетние исследования по содержанию магния и кальция в травостое пастбища интенсивно удобряемого NPK в дозах 280, 560, 1120 кг и 1120 кг + Mg, Cu, Zn, Mn, Co и B на гектар. Содержание магния в травостое удерживалось на среднем уровне 0,34-0,39%, тогда как по величине урожая это содержание должно было составлять 0,34-0,52% MgO в сухой массе, тем более, что количество усвояемой формы этого элемента в почве было высоким составляя 11-18 мг в 100 г почвы. Слабое использование магния (2,1-6,1%) было связано с высокой концентрацией обменных форм калия и кальция в почве пастбища. Их преобладание было довольно большое, особенно в почве удобряемой дозами NPK 560 и 1120 кг на гектар, в том числе 180 и 360 кг K₂O на гектар. Также соотношение обменных форм Mg : K составляло 0,8 : 1,0, а обменных форм Ca : Mg — 100,0 : 6,3-7,6, в то время как в почве удобряемой NPK в дозе 280 кг на гектар, в том числе 90 кг K₂O на гектар, соотношение этих ионов было более правильным, составляя соответственно 1,1 : 1,0 и 100,0 : 12,0. Подобным было также это соотношение в почве удобряемой самой высокой дозой NPK с прибавкой магния и микроэлементов. В растительности же соотношение ионов Ca : Mg было правильным, а соотношение K : Mg неуравновешенным (5,9÷1,0).

Усваивание магния травостоем происходило в пределах 17,3-45,2 кг MgO на гектар; при самом же высоком уровне удобрения NPK (1120 кг на гектар) оно было на 70% выше, чем количества усваиваемые травостоем удобренным самой низкой дозой NPK (280 кг на гектар).

Пастбищный травостой был хорошо обеспечен кальцием, содержание которого составляло 1,06-1,52%, а его усваивание происходило в пределах 78-137 кг CaO на гектар. Соотношение же кальция к магнию в растениях составляло 2,8-3,0 : 1,0.

Установлено, что в условиях высоких доз NPK (560 и 1120 кг на гектар) необходимо вносить магниевое удобрение в дозе 40-50 кг MgO на гектар, что позволит покрыть потери магния в почве и сделать возможным хорошее снабжение растений этим элементом, особенно на почвах богатых калием.

T. Wojnowska, A. Krauze

Part VII. INFLUENCE OF INTENSIVE FERTILIZATION ON THE CONTENT AND UPTAKE OF MAGNESIUM AND CALCIUM BY THE PASTURE SWARD

Summary

Three-year investigations on the magnesium and calcium content in the sward of a pasture intensively fertilized with NPK with the rates of 280, 560, 1120 and 1120 kg +Mg+Cu, Mn, Zn, Co and B per hectare and year, were carried out. The magnesium content in the sward maintained at a medium level of 0.34-0.39%, while this content should usually vary, depending on the yield magnitude, within

0.34-0.52% MgO in dry matter, the more that the content of available from of this element in soil was high, amounting to 11-18 mg per 100 g of soil. A weak utilization of magnesium (2,1-6,1%) was result of high concentration of exchangeable potassium and calcium in the pasture soil. The prevalence of the above elements was fairly high, particularly in the soil fertilized with the NPK rates of 560 and 1120 kg per hectare. Also the exchangeable Mg÷K ration was 0.8:1.0 and the exchangeable Ca-Mg ratio was 100.0:6.3-7.6, while in the soil fertilized with the NPK rate of 280 kg per hectare, including 90 kg K₂O per hectare, the ratio between the above ions was more correct, amounting to 1.1:1.0 and 100.0:12.0, respectively. Similar was this ratio in the soil fertilized with the highest NPK rate with addition of magnesium and trace elements. In plants the Ca:Mg ratio was correct one, while the K:Mg ratio was not balanced (5.9:1.0).

The magnesium uptake by the sward amounted to 17.3-45.2 kg MgO per hectare; at the highest NPK rate (1120 kg per hectare) it was by 70% higher than the amounts taken up by the sward fertilized with the lowest NPK rate (280 kg per hectare).

The pasture sward was supplied well with calcium, the content of which fluctuated within 1.06-1.52% and its uptake amounted to 78-137 kg CaO per hectare, while the Ca:Mg ration in plants was 2.8-3.0:1.0.

The magnesium fertilization necessity at the rate of 40-50 kg MgO per hectare, under conditions of high NPK fertilization rates (560, 1120 kg per hectare) has been proved, so as to enable to recompense the losses of this element in soil and to ensure a satisfactory supply of plants with it, particularly in soils rich in potassium.