

MAGNESIUM CIRCULATION ON PERMANENT MEADOW IRRIGATED OR WITHOUT IRRIGATION IN CONDITION OF DIFFERENT FERTILIZATION

Summary

Study was conducted in conditions of strict long-term experiment, in a randomized block with four replications, on drained meadow located on mineral soil in Falenty. The aim of this study was to identify the circulation of magnesium and its balance in conditions of differentiated fertilization of irrigated meadows and without irrigation. Research treatments were: four levels of fertilization (N/60, N/120, N/180 and N/240) and two natural-mineral fertilization with the use of liquid manure (G/180, G/240) in conditions of optimal soil moisture that was irrigated and periodic shortages of water (without irrigation). In autumn 2008 and 2011 Mg content in soil and its pH were determined. During the years 2009-2011 three cuts of meadow sward were harvested and the yields of dry matter and macronutrient content were evaluated. The considerable variation in the distribution and amount of rainfalls during the growing season in period of study was observed. Significant differences in yielding between compared treatments were stated. Negative balances of magnesium on objects fertilized with mineral fertilizers were recorded. Liquid manure fertilization significantly implemented the deficiency of magnesium in the soil. In comparison with mineral fertilization liquid manure fertilization clearly improved the balance of this element. The balance was more beneficial for irrigated objects than for objects without irrigation. The soil richness in magnesium in both layers (0-10 and 10-20 cm) was significantly lower on objects without irrigation. It indicates on the Mg bringing with irrigation and leaching.

Key words: magnesium, soil, sward, balance

OBIEG MAGNEZU NA ŁĄCE TRWAŁEJ NAWADNIANEJ ORAZ BEZ NAWODNIEŃ W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA

Streszczenie

Badania, w warunkach wieloletniego doświadczenia ścisłego, były prowadzone metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, na zdrenowanej łące trwałej położonej na glebie mineralnej w Falentach. Celem pracy było rozpoznanie obiegu magnezu i jego bilansu, w warunkach zróżnicowanego nawożenia, łąki nawadnianej oraz bez nawodnień. Obiektami badawczymi były cztery poziomy nawożenia mineralnego (N/60, N/120, N/180 i N/240) i dwa nawożenia naturalno-mineralnego z wykorzystaniem gnojówki (G/180, G/240), w warunkach optymalnego uwilgotnienia, tj. nawadniane i okresowych niedoborów wody (bez nawodnień). Jesienią 2008 oraz 2011 roku oznaczono zasobność gleby w Mg oraz jej pH. Corocznie, w latach 2009-2011 zbierano trzy pokosy runi łąkowej, określając plon suchej masy oraz zawartość makroskładników. W porównywanych latach występowało znaczne zróżnicowanie w rozkładzie oraz poziomie opadów w sezonie wegetacyjnym. Na większości obiektów stwierdzono istotne różnice w plonowaniu pomiędzy porównywanymi poziomami nawożenia. Na obiektach nawożonych nawozami mineralnymi odnotowano ujemne saldo magnezu. Nawożenie łąki gnojówką znacznie uzupełniało niedobory magnezu w glebie, co wyraźnie poprawiło saldo bilansu tego pierwiastka w porównaniu z nawożeniem mineralnym. Saldo bilansowe było bardziej korzystnie na obiektach nawadnianych niż na obiektach bez nawodnień. W porównywanych warstwach gleby (0-10 i 10-20 cm) jej zasobność w magnez była wyraźnie niższa na obiektach bez nawodnień, co świadczy o jego wnoszeniu wraz z nawodnieniami oraz wymywaniu.

Słowa kluczowe: magnez, gleba, run łąkowa, bilans

1. Wstęp

Gleba ma bardziej korzystne właściwości dla wzrostu i rozwoju roślin im więcej zawiera składników pokarmowych. Magnez, jako główny składnik chlorofilu, biorący także udział w wielu procesach i reakcjach zachodzących w komórkach, należy do makroelementów o szczególnie istotnym znaczeniu dla prawidłowego rozwoju roślin. Gleby Polski wykazują stosunkowo małą zasobność w magnez przyswajalny [16], a jego średni roczny bilans w gospodarstwach towarowych, jak szacował Łabętowicz i in. [11], jest lekko dodatni i wynosi ok. 1,5 kg Mg·ha⁻¹. Jednak ponad 50% gleb uprawnych powinno być nawożonych magnezem [9], ze względu na niedostateczną jego zasobność. W warunkach braku nawożenia magnezem następuje sys-

tematyczne zmniejszanie się jego zasobności w glebach [10], szczególnie duże w warunkach wyłącznego nawożenia mineralnego. Przy wysokim poziomie intensywności produkcji i przy znacznym wynoszeniu z plonem, może dochodzić do stanu niedoboru tego składnika w agrosystemie [11], co niekorzystnie odbija się na jakości uprawianych roślin [10]. Wykorzystywanie zasobów nawozów naturalnych, między innymi gnojówki, w nawożeniu łąk, co często jest praktykowane w systemie rolnictwa ekologicznego, ma duże znaczenie z punktu widzenia jakości pasz oraz zasobności magnezu w glebach. Nie można także pominąć znaczenia wody w gospodarce magnezem, ze względu na wnoszenie ładunków tego składnika i jego przemieszczanie w głąb gleby [1]. Wzrastająca zasobność magnezu w górnej warstwie gleby może być przyczyną jego przemieszczania

do głębszych warstw [5].

Celem badań było zbadanie obiegu magnezu i jego bilanse, w warunkach zróżnicowanego nawożenia łąki nawadnianej oraz bez nawodnień.

2. Materiał i metody

Badania w warunkach wieloletniego doświadczenia ściśłego, założonego w 1997 r., prowadzono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach na łące trwałej położonej na glebie mineralnej w Falentach. Teren pod doświadczeniem zdrenowano na głębokości ok. 1,80 m, obniżając poziom wody gruntowej oraz podsiak do warstwy korzeniowej. Do 2008 roku wszystkie obiekty doświadczenia były nawadniane. Nawodnienia deszczowniane z wykorzystaniem rurociągów PCV z odpowiednio rozmieszczonymi zraszaczami typu Motyl zapewniły równomierność nawodnień. Od roku 2009 każdy obiekt został podzielony na dwie części - nawadnianą i bez nawodnień. Powierzchnia poszczególnych poletek, po ich podziale wynosiła 27 m². Na obiektach bez nawodnień ruń łąkowa korzystała z zasobów wody w profilu gleby, uzupełnianych występującymi opadami atmosferycznymi. Na obiektach nawadnianych niedobory wodne uzupełniano, w zależności od potrzeb, w okresie od maja do września, gospodarując nimi w przedziale od 60 do 100% polowej pojemności wodnej (PPW), wody w górnych warstwach gleby. Potrzeby wodne określonej gleby pokrywano, stosując jednorazowo dawki polewowe w ilościach 25 mm. Warunki wilgotnościowe gleby były monitorowane na podstawie wskazań czujników (Em 50) na głębokościach 10-15, 25-30 i 40-45 cm.

Obiektami badawczymi były cztery poziomy nawożenia mineralnego i dwa nawożenia naturalno-mineralnego (tab. 1) w warunkach optymalnego uwilgotnienia (nawadniane) oraz okresowych niedoborów wody (bez nawodnień). Nawożenie mineralne obejmowało nawożenie azotowe stosowane w formie saletry amonowej (34,5% N), fosforowe w superfosfacie potrójnym (46% P₂O₅) i potasowe w soli potasowej (57% K₂O).

Nawożenie naturalno-mineralne było stosowane w formie gnojówki bydlęcej pokrywającej potrzeby względem potasu, zaś azot i fosfor były uzupełnione do pełnej dawki superfosfatem i saletrą amonową. W gnojówce każdorazowo przed zastosowaniem była określana zawartość suchej masy oraz azotu, fosforu i potasu i magnezu. Nawożenie

gnojówką oraz azotem i potasem stosowane było w 3 dawkach pod każdy pokos, a fosforem jednorazowo, wiosną.

Jesienią 2008 i 2011 r. pobrano próby gleby celem określenia ich zasobności oraz odczynu (w KCl). Corocznie zbierano trzy pokosy runi łąkowej, określając plon suchej masy. W pobranych próbkach runi z poszczególnych pokosów, po wysuszeniu i zmieleniu, oznaczano zawartość Mg metodą spektrometrii atomowej absorpcji (ASA), poprzez mineralizację za pomocą mieszaniny stężonych kwasów: azotowego, nadchlorowego i siarkowego.

Tab. 1. Schemat nawożenia na poszczególnych obiektach
Table 1. The scheme of meadow sward fertilization

Obiekty nawozowe <i>Fertilization objects</i>		Zastosowane dawki (kg·ha ⁻¹) <i>Fertilization dose (kg·ha⁻¹)</i>		
		N	P	K
N/60	mineralne	60	10,9	33,2
N/120		120	21,8	66,4
N/180		180	31,7	99,6
N/240		240	43,6	132,8
G1	naturalno-mineralne	180	31,7	99,6
G2		240	43,6	132,8

Uzyskane dane dotyczące plonowania, poddano ocenie statystycznej, wykorzystując analizę wariancji. Obliczenia wykonano programem Statistica, modułem Anova/Manova.

Suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacji (tab. 2), w latach 2009-2011, była wyższa niż średnia z wielolecia, a rozkład opadów przedstawiał się korzystnie dla użytków zielonych, oprócz kwietnia 2009 r.

3. Wyniki i dyskusja

Na większości obiektów stwierdzono istotne różnice w plonowaniu pomiędzy porównywanymi poziomami nawożenia (tab. 3). Najmniejsze plony uzyskano na najniższym poziomie nawożenia mineralnego (N/60). Istotny wzrost plonów w porównaniu do tego poziomu w kolejnych latach, stwierdzono na wszystkich obiektach, nawadnianych oraz bez nawodnień, o wyższych poziomach nawożenia mineralnego oraz naturalno-mineralnego. Istotne zwiększenie plonów zarówno na obiekcie nawadnianym, jak i bez nawodnień stwierdzono wyłącznie w 2011 r. na G2, w porównaniu z pierwszym poziomem jego nawożenia (G1).

Tab. 2. Suma miesięcznych opadów atmosferycznych w latach 2006-2009 w stosunku do wielolecia 1980-2006 oraz ilość wody zastosowanej w nawodnieniach (mm)

Table 2. The sum of monthly precipitation (mm) in the years 2006-2011 compared to the multi-year 1980-2006 and the amount of water used in irrigation (mm)

Lata <i>Years</i>	Miesiące / <i>Months</i>						Suma <i>Sum</i> IV-IX	Suma <i>Sum</i> I-XII	Ilość wody z nawodnień, <i>Amounts of water from irrigation</i>
	IV	V	VI	VII	VIII	IX			
2009	6,9	95,1	165,9	75,8	63,6	19,0	426,3	726,9	75
2010	47,0	161,9	111,3	146,6	145,8	102,5	715,1	1019,5	50
2011	43,6	48,4	44,9	310,5	78,3	7,9	552,0	673,7	75
Średnia z wielolecia, <i>Multi-year average</i> 1980-2006	40,6	54,6	63,0	71,0	57,8	47,7	334,7	541,8	-

Tab. 3. Plony suchej masy ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od formy oraz poziomu nawożenia azotem; NIR przy $\alpha \leq 0,05$
 Table 3. The dry matter yields ($t \cdot ha^{-1}$) depending on the form and dose of nitrogen fertilization; LSD at $\alpha \leq 0,05$

Nawadnianie <i>Irrigation</i>	Lata <i>Years</i>	Nawożenie mineralne <i>Mineral fertilisation</i>				Nawożenie naturalno-mineralne <i>Natural-mineral fertilisation</i>		NIR, LSD
		N/60	N/120	N/180	N/240	G1	G2	
Nawadnianie <i>Irrigated</i>	2009	6,41	8,70	9,82	10,99	9,33	11,25	1,40
	2010	7,49	9,80	10,01	11,32	10,18	11,39	1,98
	2011	5,43	8,12	9,04	8,65	8,25	9,41	1,11
Bez nawodnień <i>Non-irrigated</i>	2009	5,70	8,01	9,38	9,55	7,84	9,98	2,04
	2010	7,84	10,03	11,52	11,45	10,30	11,38	1,67
	2011	5,33	7,80	8,35	8,41	9,05	7,73	0,63

W trakcie trzyletniego okresu badań stwierdzono wyraźną tendencję obniżania się pH na wszystkich obiektach nawozowych, zarówno w warstwie gleby 0-10, jak i 10-20 cm. (tab. 4). Najniższe wartości pH stwierdzono na obiektach o najwyższych dawkach azotu w formie mineralnej (N-240). Na obiektach nawadnianych notowano wyraźnie wyższe pH w porównaniu z tymi bez nawodnień, co może wynikać, jak podaje Sapek i in. [15], ze znacznego wnoszenia wapnia z wodą używaną w nawodnieniach.

Największe plony suchej masy w 2009 r., istotnie większe w porównaniu do wszystkich niższych poziomów uzyskano na najwyższym poziomie nawożenia mineralnego (N/240) i naturalno-mineralnego (G2). Największe plony na wszystkich obiektach, wykazujące tendencję wzrostu wraz z poziomem nawożenia, uzyskano w roku 2010, co wynikało z korzystnego rozkładu oraz dużej ilości opadów w tym roku. Na taki związek plonowania z wysokością opadów wskazuje Sapek i in. [13]. Uzyskane dane świadczą o plonotwórczym działaniu gnojówki, jak saletry amonowej, co potwierdzają wyniki uzyskane w latach 2009 i 2010 oraz badania Wesołowskiego [17].

Tab. 4. Wartości pH (KCl) wierzchnich warstw gleby, w zależności od formy oraz poziomu nawożenia azotem, na obiektach nawadnianych oraz bez nawodnień

Table 4. Upper soil layers pH (KCl) depending on the form and level of nitrogen fertilization on irrigated and non-irrigated objects

Obiekty <i>Objects</i>		pH KCl			
		Warstwa gleby, cm / <i>Soil layer, cm</i>			
		0-10	10-20	0-10	10-20
		2008		2011	
N/60	nawadniane	5,65	5,86	5,43	5,56
	bez nawodnień	-	-	5,25	5,60
N/120	nawadniane	5,55	5,68	5,16	5,47
	bez nawodnień	-	-	5,00	5,30
N/180	nawadniane	5,01	5,69	4,77	5,36
	bez nawodnień	-	-	4,33	5,14
N/240	nawadniane	4,10	5,20	3,96	4,72
	bez nawodnień	-	-	3,25	4,15
G1	nawadniane	5,35	5,79	5,24	5,51
	bez nawodnień	-	-	4,89	5,37
G2	nawadniane	4,95	5,57	4,68	5,17
	bez nawodnień	-	-	4,51	5,32

Tab. 5. Średnia zawartość magnezu w runi z trzech pokosów w poszczególnych latach, $g \cdot kg^{-1}$ s.m.; NIR przy $\alpha \leq 0,05$
 Table 5. Average magnesium content in meadow sward ($g \cdot kg^{-1} DM$) from three cuts in the study years, LSD at $\alpha \leq 0,05$

Obiekty / <i>Objects</i>		Lata / <i>Years</i>			Średnia <i>Average</i>
Nawożenie A <i>Fertilization</i>	Nawadnianie B <i>Irrigation</i>	2009	2010	2011	
N/60	nawadniane	1,89	1,78	2,46	2,04
	bez nawodnień	1,80	1,73	2,40	1,98
NIR, LSD B					0,07
N/120	nawadniane	2,12	2,02	2,87	2,34
	bez nawodnień	2,27	2,03	2,98	2,43
NIR, LSD B					0,15
N/180	nawadniane	2,07	1,92	3,18	2,39
	bez nawodnień	2,16	1,91	3,01	2,36
NIR, LSD B					0,19
N/240	nawadniane	1,94	1,89	2,80	2,21
	bez nawodnień	1,89	1,64	2,47	2,09
NIR, LSD B					0,12
G1	nawadniane	2,09	2,08	3,08	2,42
	bez nawodnień	2,10	1,99	3,01	2,37
NIR, LSD B					0,18
G2	nawadniane	1,81	1,91	3,04	2,25
	bez nawodnień	1,88	1,90	3,01	2,26
NIR, LSD B					0,19
NIR, LSD A		0,21	0,19	0,22	-

Tab. 6. Porównanie bilansu magnezu w zależności od sposobu i dawki nawożenia azotem na obiektach nawadnianych i bez nawodnień
 Table 6. Comparison of magnesium balance depending on the form and dose of nitrogen fertilization on irrigated and non-irrigated objects

Obiekty nawozowe Fertilization objects	Wyszczególnienie Specification	Lata / Years													
		2009				2010				2011				Średnia Average	
		nawadniane	bez nawodnień	nawadniane	bez nawodnień	nawadniane	bez nawodnień	nawadniane	bez nawodnień	nawadniane	bez nawodnień	nawadniane	bez nawodnień	nawadniane	bez nawodnień
Mineralne – NPK Minerals	NPK/60	suma wnoszenia, kg Mg·ha ⁻¹ , w tym:	12,2	4,1	11,2	5,8	3,8	11,9	3,8	3,8	11,8	4,6	4,1	4,6	4,6
		opady	4,1	4,1	5,8	5,8	3,8	3,8	8,1	3,8	4,6	7,2	-	-	-
	NPK/120	woda z nawodnień			5,4	-	-	-	8,1	-	7,2	-	-	-	-
		wynoszenie z plonem, kg Mg·ha ⁻¹	12,1	10,3	13,3	13,6	13,4	12,8	13,4	12,8	12,9	12,2	12,2	12,2	12,2
	saldo bilansowe, kg Mg·ha ⁻¹	0,1	-6,2	-2,1	-7,8	-1,5	-8,9	-1,5	-1,1	-1,1	-1,1	-7,6	-7,6	-7,6	-7,6
	N/180	suma wnoszenia, kg Mg·ha ⁻¹	12,2	4,1	11,2	5,8	3,8	3,8	11,9	3,8	11,8	4,6	4,6	4,6	4,6
		opady	4,1	4,1	5,8	5,8	3,8	3,8	8,1	3,8	4,6	7,2	-	-	-
	N/240	woda z nawodnień			5,4	-	-	-	8,1	-	7,2	-	-	-	-
		wynoszenie z plonem, kg Mg·ha ⁻¹	20,3	20,2	19,2	22,0	28,8	25,1	28,8	25,1	22,8	22,5	22,5	22,5	22,5
	Gnojówka – G Liquid manure	G1	saldo bilansowe, kg Mg·ha ⁻¹	-8,1	-16,1	-8,0	-16,2	-16,9	-16,9	-11,0	-11,0	-11,0	-17,9	-17,9	-17,9
suma wnoszenia, kg Mg·ha ⁻¹			12,2	4,1	11,2	5,8	3,8	3,8	11,9	3,8	11,8	4,6	4,6	4,6	4,6
G2		suma wnoszenia, kg Mg·ha ⁻¹	4,1	4,1	5,8	5,8	3,8	3,8	8,1	3,8	4,6	7,2	-	-	-
		opady	8,1	8,1	5,4	-	-	-	8,1	-	7,2	-	-	-	-
G1		woda z nawodnień			5,4	-	-	-	8,1	-	7,2	-	-	-	-
		wynoszenie z plonem, kg Mg·ha ⁻¹	21,4	18,1	21,4	18,8	24,2	20,8	24,2	20,8	22,3	19,2	19,2	19,2	19,2
G2		saldo bilansowe, kg Mg·ha ⁻¹	-9,1	-14,0	-10,2	-13,0	-12,2	-17,0	-12,2	-10,5	-10,5	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6
		suma wnoszenia, kg Mg·ha ⁻¹	19,2	11,1	18,2	12,8	18,9	10,8	18,9	10,8	18,8	11,6	11,6	11,6	11,6
G1		nawozy	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
		opady	4,1	4,1	5,8	5,8	3,8	3,8	8,1	3,8	4,6	7,2	-	-	-
G2	woda z nawodnień			5,4	-	-	-	8,1	-	7,2	-	-	-	-	
	wynoszenie z plonem, kg Mg·ha ⁻¹	19,5	16,5	21,2	20,5	25,4	27,3	25,4	22,0	22,0	21,4	21,4	21,4	21,4	
G1	saldo bilansowe, kg Mg·ha ⁻¹	-0,3	-5,3	-3,0	-7,7	-6,5	-16,4	-6,5	-3,2	-3,2	-9,8	-9,8	-9,8	-9,8	
	suma wnoszenia, kg Mg·ha ⁻¹	21,5	13,4	20,5	15,1	21,2	13,1	21,2	13,1	21,0	13,8	13,8	13,8	13,8	
G2	nawozy	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	
	opady	4,1	4,1	5,8	5,8	3,8	3,8	8,1	3,8	4,6	7,2	-	-	-	
G1	woda z nawodnień			5,4	-	-	-	8,1	-	7,2	-	-	-	-	
	wynoszenie z plonem, kg Mg·ha ⁻¹	20,4	18,8	21,8	21,6	28,6	26,3	28,6	23,6	23,6	22,2	22,2	22,2	22,2	
G2	saldo bilansowe, kg Mg·ha ⁻¹	1,1	-5,4	-1,3	-6,5	-7,4	-13,2	-7,4	-2,6	-2,6	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3	

Przyczyną znacznego spadku plonowania w 2011 roku, niezależnie od nawodnień oraz nawożenia, należy upatrywać w dużym zwiększeniu się udziału w runi mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), szczawiu zwyczajnego (*Rumex acetosa* L.) oraz szczawiu tepolistnego (*R. obtusifolius* L.). Na wyraźne zmniejszenie plonowania wynikające ze znacznego wzrostu udziału tych chwastów dwuliściennych wskazują badania Głowackiego [6].

Zawartość magnezu w runi łąkowej w kolejnych latach badań (tab. 5) była zbliżona do optymalnego poziomu, który wg Falkowskiego i in. [4] wynosi 2,0-2,7 g·kg⁻¹ s.m. Stwierdzono, inaczej jak u Barszczewskiego i in. [2], że na niższym poziomie nawożenia zawartość tego składnika była mniejsza, potwierdzając tym wyniki Mastalerczuk [12]. Trzyletnie nawożenie w dawkach przekraczających 120 kg N·ha⁻¹ zwiększyło jego zawartość ponad poziom optymalny, zarówno na obiektach nawadnianych, jak i bez nawodnień. Przeprowadzona analiza w poszczególnych latach, wykazała wyraźną tendencję wzrostu wpływu nawodnień na zawartość Mg w runi łąkowej na większości obiektów nawadnianych.

Uzyskane wyniki w zakresie zawartości Mg w runi łąkowej w 2010 r. o najwyższych opadach w sezonie wegetacyjnym, nie potwierdzają, a nawet są sprzeczne z wynikami Borawskiej-Jarmułowicz [3] wskazującej, że przy większej ilości opadów jest ona wyższa.

4. Bilans magnezu

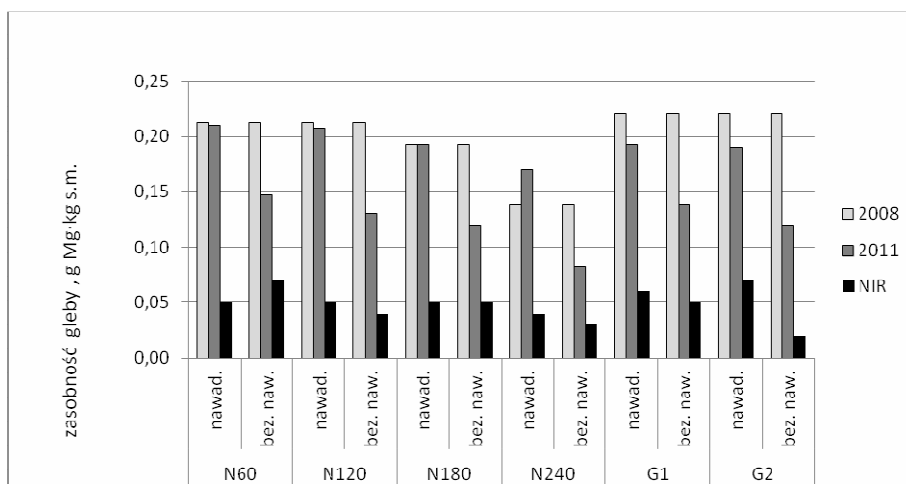
W bilansie magnezu łąki trwałej (tab. 6), na obiektach bez nawodnień, nawożonych nawozami mineralnymi, jego głównym źródłem były opady. Badania Sapka i in. [14] wykazały, że w średnie stężenie magnezu w opadzie w Falentach wynosiło 0,57 mg·dm⁻³. Na obiektach nawożonych mineralnie (NPK/60 – 240) ilość wnoszonego z opadami magnezu kształtowała się od 3,8 do 5,8 kg·ha⁻¹, a ich saldo bilansowe od –21,3 do –6,1 kg Mg·ha⁻¹, tym samym świadcząc o kilkakrotnie większym jego pobraniu z plonem w stosunku do wnoszenia.

Na obiektach nawadnianych dodatkowym źródłem wnoszenia magnezu była woda stosowana do nawodnień, w której w Falentach wg Sapka i in. [15] stężenie tego składnika wynosiło 10,8 mg·dm⁻³. Nawadnianie, niezależnie od poziomu i formy stosowanych nawozów, wyraźnie poprawiało saldo bilansowe magnezu na tych obiektach.

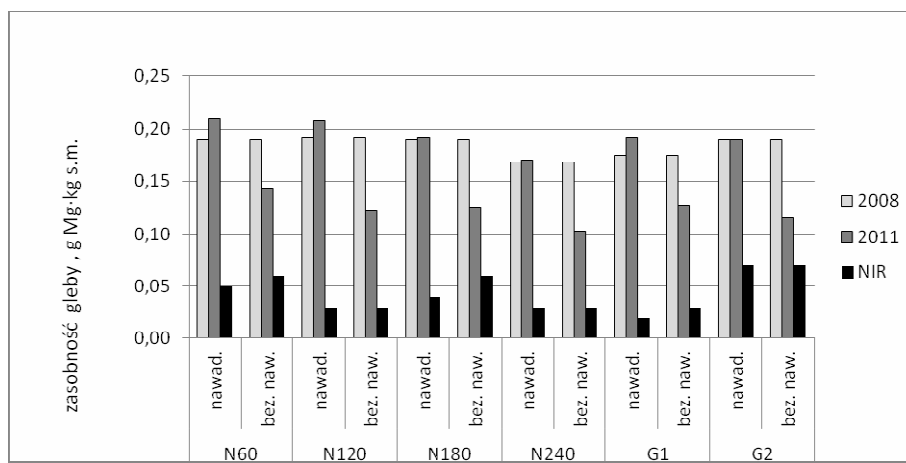
Na obiektach nawożonych mineralnymi formami nawozów od 60 do 180 kg N·ha⁻¹, niezależnie od nawodnień, rosnące ich poziomy powodowały wzrost ujemnego salda bilansowego w porównywanych latach. Mineralna forma nawożenia na poziomie N/240 wykazała zbliżone lub nawet niewiele zmniejszone ujemne saldo magnezu, w porównaniu do N/180, niezależnie od nawodnień.

Naturalno-mineralne nawożenie łąki z wykorzystaniem gnojówki, zawierającej ok. 0,02% Mg w świeżej masie, uzupełniając jego niedobory w glebie, wyraźnie zmniejszyło ujemne saldo, wraz ze wzrostem nawożenia od –16,4 do + 1,1 kg Mg·ha⁻¹. Stosowana w omawianym okresie gnojówka wykazała duże zmniejszenie ujemnego salda bilansowego magnezu na porównywanych pod względem nawożenia obiektach, od ok. 33 do 70%. Przeprowadzone badania nie potwierdzają wyników Goska i Kopińskiego [8], wskazujących na niewielkie, lecz dodatnie saldo bilansowe magnezu w warunkach niskiego i średniego nawożenia, tym samym potwierdzając wcześniejsze wyniki Barszczewskiego [1], uzyskane w tych samych warunkach glebowych.

Na wszystkich obiektach nawozowych niezależnie od nawodnień, zasobność gleby w magnez mieściła się w zakresie średniego przedziału gleb mineralnych, tj. 12-25 g Mg·kg⁻¹. Po trzech latach zanotowano istotne różnice w zasobności gleby w magnez między obiektami nawadnianymi i bez nawodnień w obu porównywanych warstwach (rys. 1 i 2). W warstwie gleby (0-10 jej zasobność w magnez była wyraźnie wyższa na obiektach nawadnianych, co potwierdza jego wnoszenie wraz z nimi. Na wszystkich obiektach bez nawodnień, niezależnie od nawożenia, po trzech latach badań zasobność gleby w omawiany składnik uległa znacznemu zmniejszeniu w obu warstwach. Podobne tendencje w zakresie zawartości magnezu w obu warstwach wskazują na znaczne przemieszczanie się magnezu w glebie nie tylko na obiektach nawadnianych. Istotne zmniejszenie się zasobności gleby, zwłaszcza na obiektach bez nawodnień nawożonych mineralnie na poziomie N-120 i N-180 i N-240, wyraźnie potwierdza wyniki Łabętowicza i Szulca [10] oraz Grygierzec i in. [7] wskazujących na systematyczny spadek zasobności gleb w magnez w warunkach wyłącznego nawożenia mineralnego. Mimo wnoszenia magnezu wraz z gnojówką, jego zasobności, podobnie jak w nawożeniu mineralnym, zmniejsza się istotnie, zwłaszcza w górnej warstwie gleby.



Rys. 1. Zasobność warstwy gleby 0-10 cm w magnez, g Mg·kg⁻¹ s.m. na poszczególnych obiektach, NIR przy $\alpha \leq 0.05$
 Fig. 1. Changes in the magnesium content (g Mg·kg⁻¹ DM.) in 0-10 soil layer of particular objects, LSD at $\alpha \leq 0.05$



Rys. 2. Zasobność warstwy gleby 10-20 cm w magnez, g Mg·kg⁻¹ s.m. na poszczególnych obiektach, NIR przy $\alpha < 0.05$
 Fig. 2. Changes in the magnesium content (g Mg · kg⁻¹ DM.) in 0-10 soil layer of particular objects, LSD at $\alpha < 0.05$

5. Wnioski

- Wyższe opady w sezonie wegetacyjnym sprzyjają zwiększeniu plonowania runi, ale jednocześnie zmniejszeniu zawartości w niej magnezu.
- Wzrost nawożenia mineralnego na obiektach nawadnianych do poziomu N-180, a na obiektach bez nawadniania do poziomu N-120 przyczynia się do wzrostu zawartości magnezu w runi.
- Na obiektach nawożonych mineralnymi formami nawozów od 60 do 180 kg N·ha⁻¹, głównym czynnikiem kształtującym pogłębienie się ujemnego salda bilansowego wraz ze wzrostem nawożenia był wzrost plonów.
- Stosowana gnojówka, wyraźnie zmniejszyła ujemne saldo bilansowe magnezu w stosunku do porównywanych pod względem poziomu form mineralnych, jednak nie ograniczyła postępującego spadku jego zasobności w glebie, zwłaszcza na obiektach bez nawodnień.
- Nawadnianie, niezależnie od stosowanego nawożenia, na wszystkich obiektach powodowało zmniejszenie ujemnego salda bilansu magnezu oraz utrzymywanie jego zasobności w glebie.

6. Bibliografia

- Barszczewski J.: Zachowanie się potasu, wapnia i magnezu w układzie gleba-roślinność łąki trwałej deszczowanej. Rozprawa doktorska. IMUZ Falenty, 1997.
- Barszczewski J., Wróbel B., Jankowska-Huflejt H., Mendra M.: Wpływ zróżnicowanych sposobów nawożenia na ruń łąkową oraz jakość pozyskiwanych kiszzonek. Zeszyty Naukowe Wyd. WSA Łomża, 2010, Nr 46, 7-16.
- Boratyński K., Czuba R., Goralski J.: Chemia Rolnicza. Warszawa, 1988, 399 ss.
- Borawska- Jarmułowicz B.: Zawartość potasu, wapnia i magnezu w odrostach runi mieszanek pastwiskowych. Nawozy i Nawożenie. 2005, 24 (3), 89-106.
- Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.: Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Poznań AR, 2000.
- Fotyma M., Gosek S.: Przemieszczanie potasu i magnezu w profilu gleby nawożonej gnojowicą i nawozami mineralnymi. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2001, Z. 480, 395-402.
- Głowacki J.: Regeneracja użytków zielonych. Lubuskie Aktualności Rolnicze, 2007, Nr 8, 13-14.
- Grygierzec B., Sołek-Podwika K., Radkowski A.: Zawartość magnezu w glebach i runi górskich użytków zielonych w zależności od sposobu użytkowania i poziomu nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2007, Z. 520, 611-617.
- Gosek S., Kopiński J.: Regionalne zróżnicowanie bilansu i zawartości przyswajalnego potasu i magnezu w glebach Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2001, Z. 480, 395-402.
- Lipiński W.: Odczyn i zasobność gleb w świetle badań stacji chemiczno-rolniczych. Nawozy i Nawożenie, 2000, 3a, 89-106.
- Łąbetowicz J., Szulc W.: Nawożenie jako czynnik determinujący glebowe zasoby magnezu przyswajalnego w glebie lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1999, Z. 465, 403-410.
- Łąbetowicz J., Majewski E., Radecki A., Kaczor A.: Bilans magnezu w wybranych gospodarstwach rolniczych w Polsce. J. Elementol., 2004, 9 (3), 367-375.
- Mastalerczuk G.: Zawartość składników pokarmowych w organach roślin łąkowych w warunkach różnej intensywności użytkowania. Łąkarstwo w Polsce, 2007, 9, 131-140.
- Sapek B., Kalińska D., Barszczewski J.: Wpływ węgla wapnia i saletry wapniowej na dynamikę wnoszenia składników mineralnych z plonem roślinności łąkowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002, Z. 484, cz. 2, 549-561.
- Sapek A., Nawalany P., Barszczewski J.: Ładunek składników nawozowych wnoszony z opadem mokrym na powierzchnię ziemi w Falentach w latach 1995-2001. Woda Środ. Obsz. Wiej., 2003, T. 3, z. specj. (6), 69-77.
- Sapek A., Nawalany P., Barszczewski J.: Stężenie składników nawozowych w wodzie do nawodnień i do picia w Falentach w latach 1995-2001. Woda Środ. Obsz. Wiej., 2003, T. 3, z. specj. (6), 79-84.
- Święcicki A., Czysz G., Tybiszewska E.: Zasobność i zanieczyszczenie gleb Wielkopolski, stan na rok 2000. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Poznań. WIOŚ, OSCh-R, 2000.
- Wesołowski P. Wyniki nawożenia gnojówką bydlęcą i nawozami mineralnymi łąki na glebie torfowo-murszowej. Woda Środ. Obsz. Wiej., 2003, T. 3, z. 1 (7), 39-51.