

MIECZYŚLAW KOTER, BOGUMIŁA BARDZICKA

WPŁYW NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI NA PRODUKCYJNOŚĆ  
I JAKOŚĆ SIANA ŁĄKOWEGOInstytut Chemizacji Rolnictwa WSR w Olsztynie  
Dyrektor — prof. dr M. Koter

Nawożenie mikroelementami wywiera znaczny wpływ na plonowanie i jakość roślin. Liczne jednak badania przeprowadzone w tym kierunku zarówno za granicą, jak i w kraju w małym stopniu dotyczą nawożenia łąk. Dotychczasowe prace polskie Niewiadomskiego [28] i Falkowskiego [9], wykazujące ujemny wpływ nawożenia siarczanem miedzi na wysokość plonów siana, nie zachęcały zapewne do badań w tym kierunku. Również Moraczewski [26] stwierdził niekorzystny wpływ siarczanu miedzi zastosowanego na tle nawożenia fosforowo-potasowego na plony siana. Jednakże stosowane przez niego inne mikroelementy działały na plony raczej pozytywnie, jak również spowodowały wzrost tych składników w sianie, co ma przede wszystkim duże znaczenie w żywieniu zwierząt. Ponadto wiele prac dotyczących inwentaryzacji składników pokarmowych w roślinności łąkowej na terenie Polski [1, 4, 5, 7, 8, 15, 16, 21, 22, 23, 35] wykazało poważne niedobory mikroelementów.

Olsztyńska Katedra Chemii Rolnej interesuje się tym zagadnieniem, gdyż na terenie woj. olsztyńskiego nie tylko plony siana są stosunkowo niskie (32,9 q/ha w 1965 r.), lecz również, jak wykazały badania [7], daje się zauważyć niedobór niektórych mikroelementów. W związku z tym w 1966 r. założono doświadczenia nawozowe z zastosowaniem mikroelementów na łące należącej do Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Pozortach, na glebie bagienno-mułowej, wytworzonej z utworów mułowo-torfowych niskich o podłożu z gitii wapiennej.

W 1964 r. łąka była zaorana i obsiana mieszanką traw. pH gleby wynosiło 5,7, a zawartość przyswajalnych składników przedstawiała się następująco: na 100 g pow. suchej gleby — 7,2 mg  $P_2O_5$  i 3,8 mg  $K_2O$

(oznaczone metodą Egnera w modyfikacji Riehma), a na 1 kg suchej masy gleby — 2,25 mg B (oznaczono metodą Truoga z zastosowaniem kurkuminy), 6,9 mg Cu (oznaczono dwuetylodwutiokarbaminianem sodu [3], 50,0 mg manganu (oznaczone według Schachtschabela) oraz 4,6 mg Zn (stwierdzono w wyciągu 0,1n HCl [20]).

Gleba była średnio zasobna w fosfor i uboga w potas. Zawartość mikroelementów (według oceny Komisji Chemii Gleb PTG) dobra, dlatego stosowano małe dawki mikroelementów.

Łąka była zmeliorowana rowami otwartymi. Doświadczenie założono w odległości 4 m od rowu, metodą bloków losowanych, w czterech powtórzeniach. Wielkość poletek do sprzętu wynosiła 40 m<sup>2</sup>, a odległość między poletkami 2 m.

Zastosowano 7 kombinacji nawozowych według schematu:

kombinacja 1	— O	bez nawożenia
„ 2	— NPK	
„ 3	— NPK	B Cu Mn Zn
„ 4	— NPK	B Cu — Zn
„ 5	— NPK	B — Mn Zn
„ 6	— NPK	— Cu Mn Zn
„ 7	— NPK	B Cu Mn —

Nawozy wysiewano przed ruszeniem wegetacji w ilościach: 80 kg azotu na 1 ha w postaci 34-procentowej saletry amonowej, przy czym 40 kg zastosowano po I pokosie. Fosfor wprowadzono w postaci 18-procentowego superfosfatu w ilości 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na 1 ha, potas zaś jako 40-procentową sól potasową w ilości 120 kg K<sub>2</sub>O na hektar.

Mikroelementy, podobnie jak azot, stosowano przed ruszeniem wegetacji oraz po I pokosie w następujących dawkach na hektar:

20 kg	MnSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O
5 kg	CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O
5 kg	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O
10 kg	ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O

W analizowanym sianie oznaczano fosfor metodą wanadowo-molibdową [17], potas — fotopłomieniowo, wapń i magnez — kompleksometrycznie [6, 29], miedź — dwuetylodwutiokarbaminianem sodu [2], mangan — metodą aldehydową S a p k a [32], cynk — według B a r o n a [2].

W poroście łąkowym dominowała mrozga trzcinowata, której udział w kolejnych latach doświadczenia zwiększał się. Tylko na poletkach nie nawożonych zauważono więcej chwastów i motylkowych.

T a b e l a 1

Temperatura i opady w okresie wegetacyjnym od IV do VIII w latach 1966-1969 według danych stacji meteorologicznej WSR Olsztyn

Miesiąc	Rok	Temperatura °C					Opady mm					Wilgotność względna w % średnia miesi- siąca
		dekady			średnia miesiąca	średnia wielo- letnia	dekady			suma miesiąca	średnia wielo- letnia	
		I	II	III			I	II	III			
Kwiecień	1966	5,5	2,6	9,9	6,0	6,3	2,0	46,4	10,7	59,1	40	89
	1967	5,2	6,9	6,5	6,2		16,3	7,9	3,8	28,0		83
	1968	4,5	5,8	13,5	7,9		11,5	6,7	1,3	19,5		79
	1969	3,1	3,2	7,4	4,6		1,0	48,0	6,1	55,1		83
Maj	1966	12,3	12,7	10,0	11,6	12,3	13,9	14,6	43,2	71,7	72	86
	1967	10,2	15,8	14,6	13,8		12,1	21,8	99,6	133,5		81
	1968	12,9	9,3	11,8	11,0		11,4	29,3	7,6	48,3		79
	1969	15,1	14,1	11,7	13,2		20,4	0,4	16,0	36,8		83
Czerwiec	1966	15,7	19,1	15,1	16,7	15,5	5,9	-	87,7	93,6	65	84
	1967	14,4	14,2	17,5	15,4		26,5	30,6	55,8	112,8		73
	1968	17,4	21,5	16,4	18,3		16,4	25,0	8,2	49,6		73
	1969	12,7	19,1	18,4	16,7		4,0	0,9	-	4,9		73
Lipiec	1966	16,8	17,9	18,2	17,7	17,6	66,1	29,5	28,0	122,6	78	90
	1967	17,2	18,7	20,6	18,2		4,5	32,6	40,4	77,5		79
	1968	19,9	15,3	17,0	16,8		2,5	17,3	25,2	45,0		79
	1969	17,2	17,7	21,7	18,3		30,5	4,5	2,2	37,2		74
Sierpień	1966	16,2	18,0	13,3	15,8	16,2	57,4	-	18,0	75,4	73	85
	1967	18,2	16,3	16,5	16,5		9,0	26,3	12,8	48,1		80
	1968	18,6	15,1	21,3	17,7		-	43,1	19,0	62,1		83
	1969	18,9	16,4	15,7	16,4		-	15,9	37,7	53,6		78

W czasie czteroletnich badań zbierano po dwa pokosy siana, około 15.VI oraz około 1.IX, w zależności od przebiegu warunków klimatycznych.

Klimat w naszym rejonie odbiega znacznie od klimatu innych części kraju zarówno pod względem zmienności temperatury, jak opadów i wilgotności [12]. Ma na to wpływ pagórkowate ukształtowanie terenu i duża liczba jezior. Ilość opadów wynosi rocznie ok. 598 mm, przy czym największe ich nasilenie przypada na czerwiec i lipiec. Średnia temperatura powietrza w skali rocznej wynosi  $+6,2^{\circ}\text{C}$ . Jest więc niższa od średniej krajowej ( $+7,2^{\circ}\text{C}$ ). Duże wahania temperatur w ciągu doby, mała ilość energii promienistej przypadająca na powierzchnię ziemi oraz częste przymrozki, pojawiające się niekiedy w czerwcu i wrześniu, skracają okres wegetacji w stosunku do innych rejonów kraju o 3—4 tygodnie.

Z przytoczonych danych (tab. 1) widać poważny niedobór opadów na naszym terenie. Jedynie w lipcu i sierpniu 1966 oraz maju i czerwcu 1967 r. ilość opadów dorównywała, a nawet przekraczała wartości optymalne. Duże niedobory wystąpiły w maju, czerwcu i lipcu 1968 r., a szczególnie w 1969 r., przy czym rozmieszczenie opadów w czasie we-

T a b e l a 2

Wpływ nawożenia mikroelementami na plony siana łąkowego  
g/ha

Kombinacje nawozowe	1966		1967		1968		1969		Średnia z 4 lat
	pokos		pokos		pokos		pokos		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
Bez nawożenia	29,9	26,7	35,8	28,3	18,4	49,9	34,7	50,5	69,1
NPK	50,3	44,8	57,5	53,8	43,9	65,7	62,7	83,2	115,4
NPK B Cu Mn Zn	53,2	52,4	68,7	64,1	43,7	76,1	70,0	84,2	128,0
NPK B Cu - Zn	43,2	48,1	64,0	62,2	40,6	68,4	63,9	77,2	116,9
NPK B - Mn Zn	47,3	48,2	64,5	59,1	42,1	69,9	64,3	85,0	120,1
NPK - Cu Mn Zn	58,7	45,6	65,5	62,1	41,6	74,9	62,2	76,7	122,6
NPK B Cu Mn -	40,8	44,4	62,5	58,8	40,4	71,3	63,7	81,4	115,8
Przedział ufnosci	1,8	2,6	1,8	2,4	5,4	4,6	9,7	6,3	
Błąd doświadcz.					13,7%	6,7%	15,4%	8,1%	

getacji było bardzo nierównomierne, co znalazło odbicie w plonach i ich jakości.

Największe plony (tab. 2) uzyskano w ciągu całego doświadczenia na poletkach nawożonych wszystkimi zastosowanymi w tym doświadczeniu mikroelementami (kombinacja 3). W pierwszym roku doświadczenia

zwyżka plonów na tej kombinacji wynosiła 18% w stosunku do kombinacji NPK, w drugim 33%, w trzecim 15%. Najmniejsza zwyżka plonów (10%) wystąpiła w czwartym roku doświadczenia, lecz nie można jej brać pod uwagę, gdyż w roku tym różnice między plonami poszczególnych kombinacji mieszczą się w granicach błędu doświadczenia. Obfite opady w 1967 r. sprzyjały intensywnej produktywności łąk i stąd w tym okresie zwyżka plonów pod wpływem mikronawozów była największa. Natomiast poważne niedobory wody w 1968 r., szczególnie w początkach wegetacji roślin, obniżyły znacznie plony I pokosu, a wpływ nawożenia mikroelementami się nie ujawnił.

T a b e l a 3

Wpływ mikroelementów na zawartość i pobranie boru przez plon siana

Nawożenie	mg/kg s.m.			g z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	14,5	10,2	12,4 <sup>±</sup> 2,3	38	43	81
NPK	14,3	10,9	12,6 <sup>±</sup> 2,0	73	73	146
NPK B Cu Mn Zn	14,0	14,9	14,5 <sup>±</sup> 1,0	79	106	185
NPK B Cu - Zn	15,4	14,7	15,0 <sup>±</sup> 1,4	81	78	179
NPK B - Mn Zn	16,0	13,7	14,9 <sup>±</sup> 1,7	85	95	180
NPK - Cu Mn Zn	10,7	11,6	11,2 <sup>±</sup> 1,3	54	81	135
NPK B Cu Mn -	13,5	12,8	12,4 <sup>±</sup> 1,4	39	87	126

Dopiero w II pokosie plony znacznie wzrosły i w kombinacji 3 otrzymano 15-procentową zwyżkę w stosunku do kombinacji NPK. Ogólnie można stwierdzić, że mikroelementy w dawkach, jakie zastosowano w tym doświadczeniu, nie wykazały dodatniego działania na plony w okresach suszy. Średnio za okres czterech lat otrzymano w kombinacji z mikroelementami około 13 q siana z 1 ha więcej niż na samym nawożeniu NPK, co stanowi wzrost plonu o 10,9% (tab. 2). Ujawniło się tu działanie cynku, manganu i miedzi, ponieważ w kombinacjach z brakiem jednego z wymienionych składników, szczególnie cynku i manganu, plony były znacznie mniejsze niż w kombinacji 3. Nawożenie borem nie miało wpływu na wzrost plonów prawdopodobnie dlatego, że gleba była dobrze zaopatrzona w ten pierwiastek. Wskazuje na to zawartość boru w sianie, która średnio za cztery lata wynosiła od 11,2 do 15 ppm (tab. 3). Optymalna zawartość boru wynosi około 12 ppm. Według Liwskiego [22], jeśli łąka, na której dominuje mozga trzcinowata, nie jest nawożona, roślina ta zawiera od 7,0 do 7,8 mg B na kg s.m., na łące zaś nawożonej NPK — 5,8 ppm B. Autor ten stwierdza, że nawożenie NPK obniża ilość boru w sianie. W naszym doświadczeniu miało to

również miejsce, szczególnie w 1968 r., być może wskutek poważnego niedoboru wody w początkowym okresie wzrostu roślin pierwszego pokosu. Nawożenie borem średnio w ciągu czterech lat doświadczenia podwyższyło nieco zawartość boru w roślinach, o czym świadczy pobranie tego składnika (tab. 3). Ogólnie stwierdzono, że siano zawierało dość duże ilości boru, chociaż w poroście łąkowym dominowała mało wymagająca w stosunku do boru móżgwa trzcinowata. Zawiera ona również małe ilości miedzi (od 2,3 do 2,7 ppm) [1, 22]. Stąd też siano zebrane z naszej łąki jest dość ubogie w ten składnik (tab. 4). Gdyby przyjąć po-

T a b e l a 4

Wpływ mikroelementów na zawartość i pobranie miedzi przez plon siana

Nawożenie	mg/kg s.s.			g z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	3,9	5,4	4,7±0,4	18	19	37
NPK	4,5	5,9	5,2±0,5	23	32	55
NPK B Cu Mn Zn	6,0	7,2	6,6±0,6	34	47	81
NPK B Cu - Zn	6,6	7,7	7,3±1,1	35	44	79
NPK B - Mn Zn	4,5	6,5	5,5±0,4	23	37	60
NPK - Cu Mn Zn	6,3	7,2	6,8±1,0	34	42	76
NPK B Cu Mn -	6,7	7,9	7,3±1,1	34	45	79

daną przez Gericke [10] wartość graniczną 5 ppm Cu. to siano na kombinacji nie nawożonej miedzią wykazuje poważne niedobory tego składnika.

Nawożenie NPK podwyższając plon zwiększa nieznacznie zawartość miedzi (w granicach błędów). Natomiast niewielki dodatek siarczanu miedzi (5 kg na hektar) do nawożenia podstawowego spowodował wzrost jej zawartości średnio o 1,8 ppm.

Według wymagań stawianych w żywieniu zwierząt, siano powinno zawierać ok. 7,0 ppm Cu [14], z czego wynika, że na badanej łące należałoby zastosować trochę większe ilości miedzi niż to uczyniono w doświadczeniu.

W drugim pokosie zaznaczyła się we wszystkich kombinacjach większa zawartość miedzi. Być może jest to uzależnione od zawartości fosforu, którego ilość w drugim pokosie zmalała o ok. 30% w stosunku do pierwszego pokosu, natomiast zawartość miedzi wzrasta o ok. 20%.

Zależność między fosforem a miedzią potwierdzają w pewnym stopniu doświadczenia Moraczewskiego [26]. Według Voisin [36] nawożenie fosforem może spowodować spadek przyswajalności miedzi. Potwierdza to również doświadczenie Niewiadomskiego [28], gdzie wskutek nawożenia fosforowego ujawniła się choroba nowin.

Zawartość manganu w badanym sianie waha się od 85,5 do 215,8 ppm (tab. 5). Najmniej manganu znaleziono w pierwszym pokosie w

Tabela 5

Wpływ mikroelementów na zawartość i pobranie manganu przez plon siana

Nawożenie	mg/kg s.m.			g z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	86	160	123 <sup>±</sup> 2,3	227	635	862
NPK	101	171	136 <sup>±</sup> 18,3	507	1029	1536
NPK B Cu Mn Zn	126	188	157 <sup>±</sup> 15,7	687	1238	1923
NPK B Cu - Zn	121	177	149 <sup>±</sup> 12,6	568	1060	1627
NPK B - Mn Zn	132	193	162 <sup>±</sup> 5,8	661	1174	1835
NPK - Cu Mn Zn	142	206	174 <sup>±</sup> 13,8	729	1271	2000
NPK B Cu Mn -	132	216	174 <sup>±</sup> 13,0	632	1286	1917

kombinacji bez nawożenia, najwięcej zaś w drugim pokosie, w przypadku gdy nie stosowano cynku lub boru. W literaturze podaje się, że mangan gromadzi się w większych ilościach u roślin słabo odżywionych cynkiem [11, 13]. Zaznaczyć należy, że w drugim pokosie zawartość manganu jest większa niż w pierwszym; i tak w kombinacji zerowej o 88%, a w kombinacji czwartej (NPK B Cu Zn) o 47,5% zaś w siódmej (NPK B Cu Mn) o 63,6%. Zróznicowanie zawartości manganu w sianie pierwszego i drugiego pokosu stwierdzili również Moraczewski [26] i Liwski [24]. Przypuszcza się, że zróznicowanie to występuje wskutek spadku zawartości potasu w plonach drugiego pokosu.

Zarówno nawożenie NPK, jak również stosowanie siarczanu manganowego zwiększa wydatnie zawartość manganu w sianie (tab. 5). Dobrze zaopatrzone siano powinno zawierać ponad 100 ppm manganu [10, 14], chociaż według Bentley'a i Philipsa (za Chodanem [7]) zwierzęta nie chorują, jeśli zawartość manganu w paszy jest wyższa niż 20 ppm.

Na podstawie otrzymanych danych stwierdza się, że siarczan manga-

nawy był zastosowany w naszym doświadczeniu w wystarczającej ilości. Można jednak zróżnicować nawożenie stosując większe ilości manganu przed wegetacją niż po pierwszym pokosie.

Zawartość cynku w sianie łąkowym w stosunku do zawartości w innych roślinach jest na ogół mała (tab. 6) i waha się w granicach

T a b e l a 6

Wpływ mikroelementów na zawartość i pobranie cynku przez plon siana

Nawożenie	mg/kg s.m.			g z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	35	37	36 <sup>±</sup> 5,1	100	135	235
NPK	37	37	37 <sup>±</sup> 6,0	187	155	342
NPK B Cu Mn Zn	52	50	51 <sup>±</sup> 9,1	333	355	688
NPK B Cu - Zn	37	47	42 <sup>±</sup> 7,2	231	255	485
NPK B - Mn Zn	47	47	47 <sup>±</sup> 7,5	250	279	529
NPK - Cu Mn Zn	46	47	47 <sup>±</sup> 6,3	276	268	544
NPK - Cu Zn -	41	40	40 <sup>±</sup> 8,7	109	223	326

35,0—50,8 ppm, czyli nie odbiega od przeciętnej ilości charakterystycznej dla naszego regionu [18]. Nawożenie podstawowe nie miało wpływu na zawartość cynku w roślinach, a zastosowany w doświadczeniu siarczan cynku w niewielkim stopniu podwyższył ilość omawianego składnika w sianie. Największa zawartość i pobranie cynku nastąpiło w roślinach pochodzących z kombinacji trzeciej, gdzie stosowano wszystkie wspomniane mikroelementy. Ponieważ ilość cynku w sianie nie jest duża, a równocześnie, jak stwierdzono wyżej, cynk podwyższa plony, wydaje się konieczne zwiększenie nawożenia siarczanem cynku na łące tego typu.

Duże znaczenie w życiu roślin i zwierząt ma również żelazo. W porównaniu z innymi mikroelementami zwierzęta wymagają stosunkowo dużo żelaza [14, 38]. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono, że zarówno nawożenie NPK, jak i stosowanie mikroelementów obniża zawartość żelaza w roślinach (tab. 7). Najwięcej żelaza zawierało siano w kombinacji nie nawożonej, co wiąże się z większą zawartością chwastów i ziół. Według T u c h o ł k i [35] chwasty mogą gromadzić ok. 600 ppm żelaza. Dobre siano według norm niemieckich powinno zawierać przynajmniej 50 ppm żelaza. Badane siano zawiera wprawdzie znacznie



Tabela 7

Wpływ mikroelementów na zawartość i pobrania żelaza przez plon siana

Nawożenie	mg/kg s.m.			g z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	191	206	199 $\pm$ 19,4	481	970	1451
NPK	165	188	174 $\pm$ 17,3	820	1307	2127
NPK B Cu Mn Zn	169	186	178 $\pm$ 26,0	910	1493	2403
NPK B Cu - Zn	156	186	171 $\pm$ 28,6	774	1281	2055
NPK B - Mn Zn	195	193	194 $\pm$ 1,0	968	1389	2357
NPK - Cu Mn Zn	188	175	182 $\pm$ 24,8	924	1239	2163
NPK B Cu Mn -	163	181	172 $\pm$ 18,8	791	1303	2094

większe ilości Fe, lecz na podstawie stosunku Fe : Mn jest go za mało. Prawidłowy stosunek Fe : Mn, jak podaje Liwski [22], wynosi dla siana łąkowego 1,5—2,5 : 1. W sianie z naszego doświadczenia stosunek ten kształtuje się około 1 : 1, a więc rośliny wykazują pewien niedobór żelaza w stosunku do manganu, szczególnie w kombinacji bez cynku (0,99 : 1). Prawidłowy stosunek (1,64 : 1) występuje jedynie w roślinach z kombinacji kontrolnej.

Przechodząc do omówienia wpływu mikroelementów na gospodarkę rośliny makroelementami należy stwierdzić, że zastosowanie mikroelementów w nawożeniu wpłynęło wyraźnie na zwiększenie zawartości azotu w sianie (tab. 8), szczególnie gdy stosowano równocześnie B, Cu, Mn

Tabela 8

Wpływ mikroelementów na zawartość i pobranie azotu przez plon siana

Nawożenie	N w % s.m.			kg z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	1,91	2,00	1,96 $\pm$ 0,10	54,9	74,0	128,9
NPK	1,88	1,94	1,91 $\pm$ 0,10	95,0	112,2	207,2
NPK B Cu Mn Zn	2,22	2,17	2,19 $\pm$ 0,08	129,6	156,2	285,8
NPK B Cu - Zn	1,94	1,99	1,96 $\pm$ 0,07	97,6	123,0	220,6
NPK B - Mn Zn	1,99	2,15	2,08 $\pm$ 0,04	105,2	135,4	240,6
NPK - Cu Mn Zn	2,04	2,10	2,07 $\pm$ 0,03	114,1	133,9	248,0
NPK B Cu Mn -	2,09	2,09	2,09 $\pm$ 0,06	109,0	127,2	236,2

Wpływ mikroelementów na zawartość i pobranie fosforu przez plon siana

Nawożenie	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> w % s.m.			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	0,64	0,46	0,55±0,04	17,8	17,2	35,0
NPK	0,79	0,62	0,70±0,05	39,6	37,6	77,2
NPK B Cu Mn Zn	0,81	0,62	0,72±0,05	45,6	40,4	86,0
NPK B Cu - Zn	0,95	0,71	0,82±0,07	47,7	42,5	90,2
NPK B - Mn Zn	0,89	0,66	0,77±0,04	46,4	39,9	86,3
NPK - Cu Mn Zn	0,86	0,63	0,74±0,03	47,1	38,9	86,0
NPK B Cu Mn -	0,87	0,66	0,77±0,06	42,8	39,6	82,4

i Zn. Wydaje się, że główną rolę odgrywa tu mangan, gdyż jeśli go nie stosowano, zawartość azotu w sianie jest zbliżona do tej, którą ma kombinacja nie nawożona i kombinacja NPK.

Podstawowe nawożenie nie zwiększyło ilości azotu w roślinach, natomiast bardzo wyraźnie wpłynęło na podniesienie zawartości fosforu (o ok. 27%) i potasu (o ok. 25%). Mikroelementy w pewnym stopniu ułatwiają pobieranie fosforu i potasu, szczególnie B, Cu, Zn stosowane równocześnie (kombinacja 4). Natomiast mangan wykazuje pewien antagonizm w stosunku do fosforu i potasu, ponieważ najwięcej tych składników rośliny pobrały wtedy, gdy nie stosowano manganu. Trzeba zaznaczyć, że zawartość fosforu i potasu jest znacznie wyższa w pierwszym pokosie niż w drugim, co świadczy o dużym zapotrzebowaniu roślin na te składniki i o pewnym ich niedoborze. Szczególnie w drugim pokosie w kombinacji nie nawożonej, gdzie zarówno ilość fosforu i potasu zbliża się do wartości głodowej z punktu widzenia zootechnicznego, zaznacza się to wyraźnie. Dobre siano powinno zawierać ponad 0,65% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oraz od 2,0—2,5% K<sub>2</sub>O [4, 26, 28, 29, 34].

Wydaje się, że w przypadku fosforu, a szczególnie w przypadku potasu, należałoby ilość nawozu przewidzianą na łąki podzielić na dwie dawki, stosowane przed wegetacją pierwszego i drugiego pokosu. Można by było wówczas uniknąć zbyt dużej zawartości K<sub>2</sub>O w sianie pierwszego pokosu, które w ostatnim roku doświadczenia wynosiło już ok. 3,3%, chociaż średnia za cztery lata wynosi ok. 2,7% K<sub>2</sub>O (tab. 10). Równocześnie wpłynęłoby to, być może, na bardziej równomierne pobieranie manganu i magnezu przez rośliny pierwszego i drugiego pokosu.

T a b e l a 10

Wpływ mikroelementów na zawartość i pobranie potasu przez plon siana

Nawożenie	K <sub>2</sub> O w % s.m.			K <sub>2</sub> O kg z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	2,21	1,48	1,85±0,25	61,7	57,2	118,9
NPK	2,38	1,73	2,06±0,21	119,5	101,6	221,1
NPK B Cu Mn Zn	2,70	1,75	2,21±0,25	153,7	115,4	268,1
NPK B Cu - Zn	2,74	1,83	2,29±0,23	139,3	113,7	253,0
NPK B - Mn Zn	2,55	1,74	2,14±0,19	135,6	109,2	244,8
NPK - Cu Mn Zn	2,56	1,69	2,13±0,21	141,1	108,8	249,9
NPK B Cu Mn -	2,52	1,75	2,13±0,22	126,4	108,0	234,4

Dobre siano powinno zawierać ok. 1,0% CaO [24, 26, 34, 37]. Według badań Tuchołki i współpracowników [34] średnia zawartość CaO w trawach z łąk niektórych regionów Wielkopolski wynosi przeciętnie 0,65% CaO. Rośliny w naszym doświadczeniu zawierały zbliżone ilości tego składnika (0,45—0,54% Ca), co w przeliczeniu na CaO wynosi 0,66—0,77%. Według danych Verdeyena (Voisin [37]) w roślinach łąk i pastwisk zaoranych i na nowo obsianych ilość wapnia jest dużo mniejsza niż w trawach z łąk starych. W badanym obiekcie łąka była zaorana w 1954 r. Dlatego zapewne zebrane siano zawiera mniejsze ilości wapnia od optymalnych. Stwierdzono, że nawożenie NPK i mikroelementami obniża zawartość CaO (tab. 11). W sianie drugiego pokosu jest znacznie

T a b e l a 11

Wpływ mikroelementów na zawartość i pobranie wapna przez plon siana

Nawożenie	Ca w % s.m.			Ca kg z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	0,43	0,64	0,54±0,06	12,3	22,8	35,1
NPK	0,50	0,56	0,47±0,05	18,9	33,7	52,6
NPK B Cu Mn Zn	0,41	0,54	0,47±0,05	23,1	35,1	58,2
NPK B Cu - Zn	0,41	0,60	0,50±0,10	20,3	36,8	57,1
NPK B - Mn Zn	0,42	0,54	0,49±0,05	21,7	35,8	57,5
NPK - Cu Mn Zn	0,42	0,59	0,49±0,05	22,9	37,9	60,8
NPK B Cu Mn -	0,40	0,54	0,47±0,05	19,9	33,4	53,3

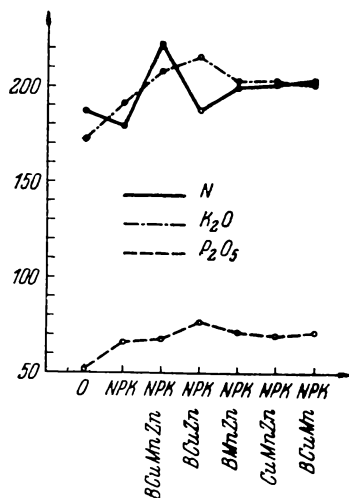
Wpływ mikroelementów na zawartość i pobranie magnezu przez plon siana

Nawożenie	Mg w % s.m.			Mg kg z ha		
	pokos		średnio	pokos		razem
	I	II		I	II	
Bez nawożenia	0,26	0,41	0,33±0,05	6,4	19,3	25,7
NPK	0,28	0,40	0,34±0,05	13,7	28,5	42,2
NPK B Cu Mn Zn	0,30	0,45	0,37±0,05	14,9	33,3	48,2
NPK B Cu - Zn	0,28	0,50	0,39±0,05	13,5	35,8	49,3
NPK B - Mn Zn	0,30	0,48	0,39±0,05	14,0	35,0	49,0
NPK - Cu Mn Zn	0,28	0,46	0,37±0,05	12,2	33,8	46,0
NPK B Cu Mn -	0,26	0,40	0,33±0,05	11,6	29,2	40,8

więcej wapnia niż w pierwszym. Mimo że łąka ma optymalne dla rozwoju traw pH (5,7), wymaga wapnowania, co wpłynęłoby równocześnie na podwyższenie stosunku CaO do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, który tylko w przypadku roślin nie nawożonych wynosi 1,6, zaś dla nawożonych jest mniejszy od 1,0. Natomiast prawidłowy stosunek, ze względu na żywienie zwierząt, powinien wynosić 1,5—2,0 [31]. Wapnowanie zmieniłoby również stosunek wapnia do magnezu, który powinien kształtować się jak 2,9—3,0 : 1. W badanych roślinach stosunek ten jest za niski, gdyż układa się jak 1,1 : 1.

Zawartość magnezu w sianie jest wystarczająca, a zastosowanie nawożenia mikroelementami nie wpłynęło w sposób istotny na tę zawartość. Jedynie duże ilości potasu w plonie pierwszego pokosu spowodowały spadek zawartości magnezu w tym pokosie w stosunku do pokosu drugiego.

W procesie wegetacji rośliny wykorzystują znacznie większe ilości składników podstawowych niż ich wniesiono do gleby (tab. 8, 9, 10). Zapotrzebowanie na azot jest duże i uzależnione od nawożenia. I tak 100 q siana (rys. 1) z kombinacji nie nawożonej pobiera 186,5 kg N, z kombinacji nawożonej NPK — 179,5 kg N, zaś przy nawożeniu wszystkimi omawianymi mikroelementami — 223,3 kg (kombinacja 3). Wydaje się, że przy pobieraniu azotu znaczną rolę odgrywa mangan, gdyż w kombinacji 4, w której go nie stosowano, pobranie azotu przez 100 q siana jest takie samo jak w kombinacji nie nawożonej (188,7 kg N) a więc o 34,6 kg mniejsze. Można zatem wnioskować, że mangan zwiększa pobieranie azotu, szczególnie gdy jest stosowany równocześnie z borem, miedzią i cynkiem (kombinacja 3). W innych kombinacjach nawozowych, w których mangan bierze udział, zwyżka ta jest również wi-



Rys. 1. Pobranie N, P i K przez 100 g siana  
(w kg)

doczna, lecz jest mniejsza i waha się w granicach 11,8—15,3 kg N. W stosunku do fosforu i potasu mangan zachowuje się nieco inaczej, gdyż rośliny pobrały najwięcej tych składników w przypadku, gdy go nie stosowano.

Dodatek mikroelementów podniósł w znacznym stopniu wykorzystanie wszystkich składników wniesionych z nawozami do gleby (tab. 13).

T a b e l c a 13

Wpływ mikroelementów na wykorzystanie azotu, fosforu i potasu z nawozów mineralnych i gleby

Nawożenie	Pobranie kg z ha		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Bez nawożenia	-	-	-
NPK	78	42	102
NPK B Cu Mn Zn	157	51	149
NPK B Cu - Zn	92	55	134
NPK B - Mn Zn	112	51	126
NPK - Cu Mn Zn	119	51	131
NPK B Cu Mn -	107	47	116

Szczególnie wyraźnie zaznacza się ten wpływ na wykorzystanie azotu i potasu. Wykorzystanie azotu przez rośliny nawożone jedynie makroskładnikami wynosiło blisko 100%, potasu zaś 85%, a fosforu 52,5%.

Dodatek mikronawozów poprawił znacznie rozwój roślin (system korzeniowy i masę nadziemną), co spowodowało bardzo wyraźne podniesienie wykorzystania składników pokarmowych nie tylko z nawozów, ale również z gleby torfowej. W badaniach naszych wykorzystanie nawozów mineralnych bez dodatku mikroelementów kształtowało się podobnie, jak podają inni badacze, z wyjątkiem fosforu, którego rośliny łąkowe wykorzystywały znacznie więcej.

W przeprowadzonym doświadczeniu produktywność 1 kg NPK w czystym składniku wynosi 16,5 kg siana. Przyjmując cenę 1 kg NPK równą 5 zł, a cenę otrzymanego siana — 16,5 zł, otrzymujemy 11,5 zł zysku. Zastosowany 1 kg NPK wraz z mikroelementami (0,14 kg mikroelementów) daje wyższą plonów w wysokości 21 kg siana. Cena 1 kg NPK wraz z przypadającymi mikronawozami wynosi 5,58 zł, co powoduje, że w rezultacie czysty zysk wynosi 15,42 zł. Nawożenie makronawozami podnosi więc opłacalność stosowanych przez nas mikronawozów.

Na podstawie przeprowadzonego doświadczenia można wyprowadzić następujące wnioski:

1. Nawożenie NPK na badanym obiekcie podniosło plon siana o 46,3 q w stosunku do kombinacji kontrolnej, natomiast z dodatkiem mikroelementów — o 58,9 q.

2. Największy wpływ na plony siana wykazał cynk i mangan.

3. Nawożenie borem, miedzią, manganem i cynkiem zwiększa zawartość tych składników w sianie.

4. Stosowanie mikroelementów ułatwia pobranie przez rośliny azotu, fosforu i potasu, co w przypadku azotu należy przypisać głównie manganowi, który zachowuje się trochę inaczej w przypadku fosforu i potasu.

5. W drugim pokosie stwierdza się większe nagromadzenie manganu niż w pierwszym, co może być uzależnione od ilości potasu.

6. Stosowanie potasu w jednorazowej dawce na wiosnę powoduje nadmierne pobranie go przez rośliny pierwszego pokosu, co wpływać może niekorzystnie na zwierzęta.

7. Stosowanie mikroelementów podnosi produktywność 1 kg NPK o 4,5 kg siana, zwiększając zysk o 3,92 zł.

#### LITERATURA

- [1] Baluk A., Czekalski A., Kociałkowski Z.: Zawartość mikroelementów w różnych gatunkach traw. PTPN, Wyd. Nauk rol. i leś., Pr. Kom. Nauk rol. i Kom. Nauk leś., t. 19, 1965, z. 1, s. 15—18.
- [2] Baron H.: Landwirtsch. Forsch., t. 6, 1954, s. 13.
- [3] Baron H.: Landwirtsch. Forsch., t. 7, 1955, s. 82, z. 2.

- [4] Baszyński P.: Mikroelementy w niektórych gatunkach traw i roślin motylkowych. *Acta Soc. Bot. Pol.*, t. 24, 1955, nr 2, s. 335.
- [5] Baszyński T., Sławiński W.: Torfowisko Gorbacz. *Acta Soc. Bot. Pol.*, t. 25, 1956, nr 3, s. 425.
- [6] Cheng K. L., Bray R. H.: *Soil Sci.*, 1953, 75, s. 37.
- [7] Chodań J.: Zawartość manganu, miedzi i kobaltu w glebie i sianie na podstawie badań niektórych torfowisk niskich Pojezierza Warmińsko-Mazurskiego. *Rocz. Nauk rol.*, 75-F-3, 1962, s. 545.
- [8] Domański E.: Mikroelementy gleb lekkich i ich wpływ na zdrowotność zwierząt domowych. *Post. Nauk rol.*, nr 6, 1954, s. 25.
- [9] Falkowski M.: Wyniki doświadczeń i działalności Zakładu Doświadczalnego Wielichowo za lata 1950—1953 PWRiL, t. 5 1956, s. 617.
- [10] Gericke S.: *Die Phosphorsäure*, t. 17, 1957.
- [11] Hawf L. R., Schmidt W. E.: Aufnahme und Verlagerung von Zink durch intakte Pflanzen. *Z. für Pflanzenernähr. u. Bodenkn.*, 119, 1968, s. 64.
- [12] Hohendorf E.: Stosunki klimatyczne Pojezierza Warmińsko-Mazurskiego w świetle potrzeb rolnictwa. *Zesz. nauk. WSR Olszt.*, nr 1.
- [13] Ishizuka Y., Ando T.: Wechselwirkungen zwischen Mn und Zn in Wachstum von Reispflanzen. *Z. für Pflanzenernähr. u. Bodenkn.*, 119, 1968, s. 183.
- [14] Jungermann K.: *Landw. Forsch.*, t. 16, z. 3, 1961.
- [15] Kabata A.: Zawartość kobaltu, miedzi i niklu w ważniejszych glebach oraz sianie nadnoteckich oraz nadobrzańskich terenów łąkowych. *Rocz. Nauk. rol.*, t. 78, 1958, s. 379.
- [16] Kociałkowski Z., Czekalski A., Baluk A.: Zawartość mikroelementów w roślinach łąkowych doliny średniego biegu Noteci. *Rocz. Nauk. rol.*, t. 93 — A, 1967.
- [17] Koter M., Panak H.: Kolorymetryczne oznaczanie kwasu fosforowego w substancji roślinnej metodą wanadowo-molibdenową. *Chem. analit.* 5, 1960, s. 317.
- [18] Koter M., Bardzicka B., Krauze A.: Zawartość cynku w niektórych roślinach uprawnych województwa olsztyńskiego. *Maszynopis*, 1960.
- [19] Krauze A., Domska D.: Kolorymetryczne oznaczanie żelaza w materiale roślinnym z zastosowaniem  $\alpha'$ -dwupirydyli. *Chem. analit.*, 14, 1969, s. 679.
- [20] Koter M., Bardzicka B., Krauze A.: Oznaczanie dostępnego cynku w glebach z zastosowaniem ditazonu w toulenie. *Chem. analit.*, 10, 1965, s. 1247.
- [21] Liwski S.: Zawartość Mn, B, Cu, Co, Zn, Fe w roślinach łąkowych i bagiennych. *Zesz. probl. Post. Nauk. rol.*, nr 25, 1960, s. 197.
- [22] Liwski S.: Mikroelementy — mangan, bor, żelazo, miedź i molibden w roślinności łąkowej i bagiennej. *Rocz. Nauk. rol.*, t. 75, 1961, nr 1-B, 5, s. 7.
- [23] Liwski S., Maciak F., Stodolak J., Jaszczuk F.: Wpływ nawożenia mikroelementami na plony siana na łąkach nadnoteckich w Żuławce. *Rocz. glebozn.*, t. 20, 1969, z. 1, s. 171—190.
- [24] Liwski S., Maksimow A.: Mikronawozy na glebach torfowych. *Rocz. glebozn.*, t. 2, 1952, s. 187.
- [25] Moraczewski R.: Wpływ nawożenia i użytkowania kośnego łąki na wykorzystanie azotu torfowiska i bilans składników pokarmowych. *Rocz. glebozn.*, t. 16, 1966, z. 2, s. 431—448.
- [26] Liwski S.: Badania nad zawartością mikroelementów w torfach zmuszających oraz roślinności łąkowej. *Zesz. probl. Post. Nauk. rol.*, nr 13, 1958.

- [27] Niebolsin A. N., Niebolsina Z. P.: O regulowaniu sodierzaniya mikroelementow w kormowych rastienijach. *Agrochimija* nr 11, 1969.
- [28] Niewiadomski W.: Wpływ nawożenia mineralnego na glebę torfową i jej plonowanie. *Rocz. Nauk rol.*, t. 52, 1949, s. 74.
- [29] Nowosielski O.: Metody oznaczania potrzeb nawożenia. Warszawa 1968, s. 478.
- [30] Okruszko H.: Ustalenie potrzeb nawożenia torfem gleb torfowych na przykładzie torfowiska Kuwasy. *Wiad. IMUZ*, t. 4, 1964, s. 9—69.
- [31] Okruszko H.: O konieczności nawożenia łąk torfowych. *Nowe Rol.* nr 11, 1965, s. 19.
- [32] Sapek A., Sapek B.: Oznaczanie manganu w wyciągu glebowym i materiale roślinnym. *Rocz. glebozn.*, t. 18, 1967.
- [33] Salvadori C.: Der Einfluss der Wiesendüngung mit Phosphorsäure, Kali und Kalk den Mineralstoffgehalt des Bodens. *z. für Acker- und Pflanzenbau*, nr 2, 1964, s. 159.
- [34] Tuchołka Z., Baluk A., Lechmann K.: Zawartość składników mineralnych w roślinach łąkowych z niektórych regionów Wielkopolski. Cz. 1. Makroelementy. *PTPN, Wydz. Nauk rol. i leś.*, t. 18, 1964, z. 2, s. 129.
- [35] Tuchołka Z., Baluk A., Czekalski A., Kociałkowski Z.: Zawartość składników mineralnych w roślinach łąkowych z niektórych regionów Wielkopolski. Cz. 2. Mikroelementy. *PTPN, Wydz. Nauk rol. i leś.*, t. 18, 1964, z. 2, s. 149.
- [36] Voisin A.: Nawożenie a nowe prawa naukowe. Warszawa 1969.
- [37] Voisin A.: Produkcyjność pastwisk. Warszawa 1970, s. 123.
- [38] Wöhlbier W.: Der Bedarf der Tiere an Spurenelementen. *Landw. Forsch.*, 16, Sonderheft, 1962, s. 18.

Prof. dr Mieczysław Koter  
Instytut Chemizacji Rolnictwa WSR  
Olsztyn-Kortowo, bl. 38