

WPŁYW MIKROELEMENTÓW — MANGAN, BOR, MIEDŹ, KOBALT, MOLIBDEN, CYNK — NA JAKOŚĆ PASZY¹⁾

STEFAN LIWSKI

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

WSTĘP

Mikroelementy wchodzą w skład wszystkich organizmów roślinnych i zwierzęcych i są niezbędnym elementem dla ich rozwoju.

Niedobór któregoś z mikropierwiastków wpływa ujemnie na wegetację roślin powodując obniżenie plonów, a zmniejszenie zawartości niektórych pierwiastków w paszy, z kolei odbija się ujemnie na zdrowotności zwierząt gospodarskich i na ich wartości produkcyjnej.

Literatura światowa przytacza wiele przykładów wpływu mikropierwiastków na zdrowotność organizmów roślinnych i zwierzęcych. Brak kobaltu w pokarmie wywołuje złośliwą anemię u przeżuwaczy; brak cynku narusza funkcje generatywne, niedostateczna zawartość jodu jest częściowo przyczyną rozpowszechniania choroby tzw. wola, brak miedzi powoduje niedokrwistość, nadmiar fluoru jest przyczyną choroby zębów. Niedostateczna zawartość Mn, B i Cu wywołuje choroby i obniżenie plonu roślin.

Zagadnienie zawartości mikropierwiastków w sianie i w poszczególnych gatunkach roślin łąkowych jest w Polsce prawie zupełnie nie opracowane. Należy nadmienić, że problem pierwiastków śladowych nabralo ostatnio poważnego znaczenia ze względu na doniesienia z terenu sygnalizujące o chorobach owiec i bydła, spowodowanych przypuszczalnie niepełną wartością paszy, wynikającą z braku mikroelementów. Nasze obserwacje wskazują, że szczególnie jaskrawo daje się to zauważyć w przypadkach, kiedy bydło i owce karmione są wartościowym sianem lecz zebrany z pewnych obszarów zmeliorowanych gleb torfowych. Stwierdzono, że u przeżuwaczy odżywiających się przez kilka lat sianem zebrany z tego rodzaju łąk zjawiają się ogólnie znane choroby na skutek

¹⁾ Doniesienie niniejsze przedstawia fragment badań wykonanych nad mikropierwiastkami w Katedrze Torfoznawstwa SGGW pod kierunkiem prof. A. Maksimowa.

niedoboru mikroelementów, dodatek zaś do paszy siana z łąk naturalnych o znacznie gorszym składzie botanicznym wpływa korzystnie na stan zdrowotny zwierząt. Nasunęło to myśl, że może trawy szlachetne będące na zmeliorowanej łące torfowej głównym komponentem roślinności łąkowej słabo wykorzystują mikroelementy zawarte w glebie, a tym samym zawierają mniejsze ilości tych pierwiastków.

Wydaje się prawdopodobne, że przyswajalne, łatwo rozpuszczalne związki mikropierwiastków mogą być z gleby odprowadzane przez odpływające rowami wody, przez co rośliny zostają zubożone w te składniki.

Badania nasze dotyczyły zawartości Mn, B, Cu, Mo, Co, Zn w sianie, trawach, roślinach motylkowych, turzycach, chwastach łąkowych, ziołach, roślinach wodnych oraz roślinach wysokotorfowiskowych.

WYNIKI BADAŃ

Rośliny do badań pobrano z miejscowości różniących się między sobą warunkami siedliskowymi a mianowicie:

Rząśnik — torf niski o pH 5,7; poziom wody gruntowej 30—70 cm; średnio 45 cm.

Sobiekursk — mada ciężka, pH 6,2; poziom wody gruntowej 50—95 cm; średnio 70 cm.

Jaktorów — gleba szara piaszczysta, pH 6,5; poziom wody gruntowej 40—120 cm; średnio 80 cm.

Kazuń — mada ciężka ilasta, pH 6,9; poziom wody gruntowej 5—40 cm; średnio 30 cm.

Żuławka — torf niski pH 7,1; poziom wody gruntowej 30—60 cm; średnio 45 cm.

Dolina Krutyni — gleba mułowo-błotna i torfowa pH 6,3; poziom wody gruntowej 10—30 cm; średnio 20 cm.

Rejon jezior — torf niski pH 6,5—6,8; poziom wody gruntowej 0—40 cm; torf wysoki pH 3,5.

Analizowane rośliny pochodzą z doświadczeń nawozowych na powyższych obiektach łąkarskich. Rośliny te zebrane zostały w postaci siana, a poszczególne gatunki wyodrębnione przez analizę botaniczną, bądź zebrane jako oddzielne gatunki w różnych zespołach roślinnych. Analizy roślin wykonano metodami kolorymetrycznymi, jedynie cynk oznaczono polarograficznie. Do badań zebrano około 100 roślin. Niektóre z nich powtarzały się w kilku różnych stanowiskach, inne występowały tylko w jednym z wyżej wymienionych miejsc. Wyniki oznaczeń zawartości mikroelementów w sianie oraz w poszczególnych gatunkach roślin zestawiono w tabeli 1.

Poniżej szczegółowo omówiono zawartości poszczególnych mikropierwiastków w badanych sianach i roślinach.

Tabela 1

Zawartość mikroelementów w sianie oraz w roślinach łąkowych i bagiennych w mg/kg s.m.

Rośliny	Miejscowość	Man- gan	Bor	Miedź	Kobalt	Cynk	Mo- libden
Siano „O” — bez nawo- żenia	Rząśnik	70	12,5		0,34		
„	Sobiekursk	35	17,5	4,3	—		0,20
„	Jaktorów	55	12,3	15,2	0,35	49	0,80
„	Kazuń	52	16,5	8,2	0,30	—	—
„	Żuławka	25—60		4,4	0,20	39	0,96—2,2
Siano NPK — nawoże- nie pełne	Rząśnik	112	8,5				
„	Sobiekursk	90	10,0				
„	Jaktorów	85	—				
„	Kazuń	57	13,3				
T r a w y							
Mozga trzcinowata	Rząśnik	120	7,0	2,3	0,28		0,16
„	Żuławka	50	7,8	2,7	0,28	53	1,40
Wyczyńiec łąkowy	Jaktorów	42	8,5	6,8	0,12	67	0,20
„	Kazuń	65	8,5	8,2	0,16		0,76
Kupkówka pospolita	Sobiekursk	150	5,8	8,2	0,20	—	0,10
„	Rząśnik	181	4,5	8,2	—	—	0,10
Konietlica łąkowa	Sobiekursk	100	4,4	4,5	0,24	34	0,10
Kostrzewa czerwona	Rząśnik	121	11,6	5,8	0,24		0,16
Kostrzewa łąkowa	Kazuń	55	5,7	5,0	—	—	0,40
Wiechlina łąkowa	Sobiekursk	50	7,8	2,5	0,15	75	0,10
Wiechlina błotna	Rząśnik	62	3,6	4,3	—	—	0,38
Kłosówka wełnista	Kazuń	55	4,4	4,5	0,20	39	0,62
Tomka wonna	Sobiekursk	105	3,2	2,7	0,24	—	0,10
Śmiałek darniowy	Kazuń	55	5,0	6,0	0,27	—	—
Manna mielec	Żuławka	70	2,5	5,8	0,27	69	1,16
Trzcinnik lancetowaty	Żuławka	165	—	—	0,27	46	0,30
Trzcina pospolita	Rejon jezior	150	14,0	7,3	0,34	41	0,58
T u r z y c o w a t e							
Turzyca tunikowa	Rejon jezior	130	9,6	6,0	0,80	—	1,50
Turzyca darniowa	dol. Krutyni	220	9,6	10,5	0,55	124	
Turzyca błotna	„	250	7,0	8,9	0,56	37	0,62
Turzyca brzegowa	„	235	16,5	7,3	0,33	51	0,34
Turzyca sztywna	Żuławka	265	9,6	7,3	0,25	22	0,34
Turzyca ciborowata	„	170	11,6	5,8	0,20	31	0,66
Wełnianka wąskolistna	„	380	19,5	82,0	0,40	89	0,66
Wełnianka pochwowata	Rejon jezior	2000	16,5	6,3	0,45	124	0,26
I n n e j e d n o l i ś c i e n n e							
Sit rozpierzchły	Rejon jezior	445	11,6	10,3	0,50	53	0,20
Pałka szerokolistna	Żuławka	220	10,8	4,4	0,34	8	3,32
Kosaciec żółty	dol. Krutyni	170	15,0	15,0	0,67	18	0,98
Osoka aloesowata	Rejon jezior	1000	27,1	3,3	1,86	31	0,16
Moczarka kanadyjska	„	2000	19,5	237,0	1,70		0,80

c. d. tab. 1

Rośliny	Miejscowość	Man- gan	Bor	Miedź	Kobalt	Cynk	Mo- libden
Motylikowate							
Koniczyna łąkowa	Kazuń	36	15,7	12,2	0,20	—	1,16
„	Sobiekursk	46	25,0	8,9	—	—	—
Koniczyna białoróżowa	Kazuń	80	23,0	7,3	0,20	—	1,60
„	Rząśnik	103	18,4	—	—	—	—
Groszek żółty	Sobiekursk	42	31,2	9,8	0,34	48	0,30
„	Kazuń	60	25,0	9,0	0,32	161	0,72
Groszek błotny	Kazuń	55	15,7	8,7	0,20	—	—
Komonica zwyczajna	Sobiekursk	75	36,3	9,8	—	—	—
Inne rośliny							
Jaskier rozłogowy	Jaktorów	92	16,5	15,2	0,34	11	0,76
Jaskier ostry	Kazuń	44	15,0	8,0	0,20	41	0,68
Wiązówka błotna	Kazuń	46	43,7	7,0	0,33	40	0,26
Siedmiopalecznik błotny	Rejon jezior	145	25,0	3,3	0,80	75	ślady
Bobrek trójlistkowy	„	440	36,6	6,8	0,75	41	0,20
Barszcz zwyczajny	Jaktorów	48	26,5	5,8	0,08	—	0,16
Trybula leśna	Żuławka	ślady	15,7	7,3	0,46	14	1,20
Szczaw zwyczajny	Rząśnik	70	22,1	3,8	0,11	14	0,16
Ostrożeń warzywny	Żuławka	15	25,5	7,0	0,34	—	4,00
Przytulia północna	Kazuń	45	31,1	7,3	0,30	17	0,62
Gęsiówka piaskowa	Rząśnik	24	27,5	4,3	0,11	—	0,15
Skrzyp bagienny	Rejon jezior	950	23,0	6,0	0,34	50	ślady
Skrzyp bagienny	Żuławka	140	22,0	3,5	0,28	21	1,39
Narecznica błotna	Rejon jezior	125	51,2	3,8	0,64	26	0,10
Modrzewnica zwyczajna	„	905	20,3	7,2	0,27	100	0,16
Żurawina błotna	„	1400	26,3	11,0	0,11	58	ślady
<i>Sphagnum rubellum</i>	„	275	16,5	6,0	—	128	0,30

M a n g a n. Zawartość manganu w roślinach wahała się w bardzo szerokich granicach, od śladów do 2000 mg/kg s.m.

Siano zebrane z poletok nawożonych (N-40 kg/ha, P₂O₅ — 50 kg/ha, K₂O — 80 kg/ha) zawierało więcej Mn (57—112 mg/kg s.m.) w stosunku do siana z poletok nie nawożonych (35—70 mg). Na taki układ wpłynął prawdopodobnie skład botaniczny siana oraz zwiększenie się wymiennego Mn w glebie pod wpływem nawożenia. Zaobserwowano także korelację z kwasowością gleby; im niższe pH — tym siano z poletok nawożonych zawierało więcej manganu. Trawy posiadały od 35—181 mg Mn. Najwięcej tego pierwiastka zawierała kupkówka (*Dactylis glomerata*) najmniej drzączka średnia (*Briza media*).

Rośliny motylkowe posiadały od 36 do 103 mg Mn. Turzyce (*Carex* sp.) cechowały się dość dużą zawartością manganu od 130 do 265 mg (*Carex Hudsonii*). W wełniance wąskolistnej (*Eriophorum angustifolium*) znaleziono do 380 mg Mn, natomiast w wełniance pochwowatej (*Eriopho-*

rum vaginatum) ilość Mn dochodziła do 2000 mg. Tak wysoką ilością Mn cechowały się jeszcze rośliny wysokotorfowiskowe jak żurawina błotna (*Oxycoccus quadripetalus*) — 1400 mg i modrzewnica zwyczajna (*Andromeda polifolia*) — 905 mg. Trybula leśna (*Anthriscus silvestris*) wykazała jedynie ślady Mn.

Szczególnie wysoka zawartość Mn w roślinach rosnących w warunkach nadmiernego uwilgotnienia wiąże się prawdopodobnie z rolą manganu przy procesach oksydo-redukcyjnych zachodzących w roślinach, oraz większą ilością tego pierwiastka nagromadzoną w silnie wilgotnym środowisku. Przyjmując za K u r m i e s e m i Z e z s c h w i t z e m, że siano wtedy posiada wystarczającą ilość Mn dla zaopatrzenia zwierząt w ten mikroelement, gdy zawiera go 100 mg/kg s.m. należy stwierdzić, że analizowane przez nas siano posiadały w niektórych przypadkach za mało tego pierwiastka.

B o r. Siano zebrane z poletek nie nawożonych posiadało większe ilości boru (12,3—17,5 mg/kg s.m.) niż siano z poletek nawożonych NPK (8,5—13,3 mg). Wystąpiła tu zależność odwrotna niż przy manganie. Na taki układ stosunku wpłynął skład botaniczny siana, w którym przy braku nawożenia znajdowało się więcej roślin dwuliściennych.

Rośliny jednoliścienne posiadały małe ilości boru. Ilość tego pierwiastka w trawach wahała się od 2,5 do 11,6 mg/kg s.m. Turzyce w stosunku do traw charakteryzowały się większą zawartością B (od 9,6 do 16,5 mg). U większości traw, podobnie jak w sianie, zaobserwowano mniejsze ilości boru na poletkach nawożonych.

Rośliny dwuliścienne zawierały większe ilości boru niż rośliny jednoliścienne. Ilość tego pierwiastka dochodziła u wiązówki błotnej (*Filipendula ulmaria*) do 43,7 mg, a u narecznicy błotnej (*Dryopteris thelypteris*) do 51,2 mg. U motylkowych znaleziono od 15,7 do 36,3 mg B. W innych roślinach dwuliściennych zawartość boru kształtowała się najczęściej w granicach 20—30 mg/kg s.m.

Wydaje się, że przy intensywnej produkcji traw szlachetnych zaistnieje potrzeba zasilenia gleby w bor.

M i e d ź. Wszystkie badane rośliny posiadały stosunkowo małe ilości miedzi. W sianie ilość miedzi wynosiła 4,3—8,2 mg, a tylko w jednym przypadku dochodziła do 15,2 mg. Trawy posiadały 2,3—8,2 mg Cu. Niską zawartość Cu wykazała mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea*) 2,3—2,7 mg i wiechlina łąkowa (*Poa pratense*) 2,5 mg, najwyższą — kupkówka — 8,2 mg. Turzyce zaś zawierały nieco więcej Cu niż trawy, bo od 5,8 do 10,5 mg na kg s.m. U motylkowych znajdowano w granicach 7,3—12,2 mg Cu. W innych roślinach miedź występowała najczęściej w ilościach 4—10 mg. Oczywiście, w niektórych przypadkach u jaskrów,

(*Ranunculus* sp.) dochodziła do 12,2 mg. Szczególnym wyjątkiem była moczarka kanadyjska (*Elodea canadensis*) zawierająca 237 mg Cu i wełnianka wąskolistna (*Eriophorum angustifolium*) — 82 mg. Fakt tak dużego nagromadzenia miedzi jest w tym przypadku trudny do wytłumaczenia. Należy wspomnieć, że rośliny wysokotorfowiskowe, takie jak mdrzewnica zwyczajna (*Andromeda polifolia*) i borówka bagienna (*Vaccinium uliginosum*) posiadały od 6 do 11,5 mg Cu.

Opierając się na twierdzeniu Russela, że mniejsze zawartości Cu w paszach niż 3—5 mg/kg s.m. mogą stać się przyczyną chorób u zwierząt, należy sądzić, że siano z Żuławki, gdzie jaskrawo występują choroby bydła, oraz z Sobiekurska, zawierają stosunkowo za mało Cu (4,3—4,4 mg). Także niektóre z analizowanych traw np. wiechlina łąkowa — 2,5 mg oraz tomka wonna (*Anthoxanthum odoratum*) — 2,7 mg posiadały niedostateczną ilość Cu dla właściwego rozwoju zwierząt.

K o b a l t. Kobalt występował w najmniejszych ilościach ze wszystkich badanych pierwiastków. Najczęściej ilość ta nie przekraczała 0,5 mg/kg s.m.

Siano zawierało od 0,2—0,34 mg Co, trawy od 0,12—0,28 mg. Najmniej kobaltu posiadał wyczyniec łąkowy (*Alopecurus pratensis*) — 0,12 mg oraz wiechliny (*Poa* sp.) — 0,15 mg. Najwięcej kobaltu zawierała mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea*) — 0,28 mg, śmiełek darniowy (*Deschampsia caespitosa*) — 0,27 mg i trzcinnik lancetowaty (*Calamagrostis lanceolata*) — 0,25 mg. Natomiast trzcina pospolita (*Phragmites communis*) należąca do tej rodziny — 0,34 mg. Turzyce podobnie jak manganu, boru i miedzi posiadały większe ilości kobaltu niż trawy, a mianowicie od 0,20 do 0,80 mg. Należy nadmienić, że właśnie turzyce z Żuławki, gdzie występują choroby bydła i owiec, zawierały najniższe ilości Co. Podobne ilości tego pierwiastka posiadały wełnianki (*Eriophorum* sp.). Największą ilością kobaltu cechowała się osoka aloesowata (*Stratiotes aloides*) 1,86 mg, moczarka kanadyjska (*Elodea canadensis*) — 1,7 mg, siedmiopalecznik błotny (*Comarum palustre*) — 0,80 mg i bobrek trójlistkowy (*Menyanthes trifoliata*) — 0,75 mg.

Rośliny wodne lub rosnące w silnie wilgotnych stanowiskach odznaczały się jak widać nagromadzeniem stosunkowo dużej ilości manganu i kobaltu. Motylkowe posiadały tylko nieznacznie większe ilości kobaltu niż trawy, bo od 0,2 do 0,34 mg, chociaż niektórzy badacze znajdowali go często w większych ilościach.

Przyjmując za Mitchelem, że siano pełnowartościowe powinno zawierać co najmniej 0,1—0,2 mg Co na kg s.m., można sądzić, że analizowane siano posiadały dostateczną ilość tego pierwiastka, natomiast ilość

Co w niektórych trawach może się okazać za niska dla normalnego wzrostu zwierząt.

Cynk. Większość analizowanych roślin posiadała dość duże ilości cynku. W sianie znaleziono 39—49 mg Zn/kg s.m., w trawach od 34 mg w kłósówce wełnistej (*Holcus lanatus*) do 75 mg w wiechlinie łąkowej. Wśród turzyc wystąpiło dość znaczne zróżnicowanie jeśli chodzi o zawartość tego pierwiastka, w zależności od gatunku jak i w zależności od stanowiska. Największą ilością odznaczała się turzyca darniowa (*Carex caespitosa*) z doliny rzeki Krutyni — 124 mg, najmniejszą zaś turzyca sztywna (*Carex Hudsonii*) z Żuławki — 22 mg. Najmniej Zn znaleziono w pałce szerokolistnej (*Typha latifolia*) — 8 mg, najwięcej w groszku żółtym (*Lathyrus pratensis*) — 161 mg.

W innych roślinach ilości cynku utrzymywały się najczęściej w granicach 9—50 mg. Ciekawe, że rośliny wysokotorfowiskowe odznaczały się także dużą zawartością tego pierwiastka dochodzącą do 128 mg.

Molibden. Wszystkie analizowane rośliny zawierały niewielkie ilości molibdenu. Często ilość tego pierwiastka podobna była do zawartości kobaltu. Siano posiadało od 0,2 do 2,2 mg/kg s.m. Mo. Najwięcej molibdenu znaleziono w sianach z Żuławki od 0,96 do 2,2 mg, najmniej w sianie z Sobiekurska — 0,2 mg. Należy sądzić, że związane to jest z kwasowością gleby, której pH w Żuławce przekraczało 7, w Sobiekursku zaś wynosiło 6,2. W odczynie zasadowym sole molibdenu przechodzą w formę przyswajalną, a tym samym rośliny mogą pobierać więcej tego składnika. Potwierdziły to zresztą analizy innych roślin, gdzie zwłaszcza w Żuławce na torfie o najwyższym pH znajdowano największe ilości Mo. Trawy zgromadziły w swej masie od 0,1 do 1,4 mg Mo. Najmniej zawierała kupkówka, wiechlina łąkowa i tomka wonna po 0,1 mg, najwięcej — mozga trzcinowata z Żuławki — 1,4 mg. Zawartość molibdenu w turzycach utrzymywała się na poziomie 0,34 do 1,5 mg. U motylkowych znaleziono 0,3—1,6 mg Mo. Z innych roślin duże ilości Mo zgromadziła pałka szerokolistna (*Typha latifolia*) — 3,32 mg oraz ostrożeń warzywny (*Cirsium oleraceum*) — 4 mg.

Tabela 2

Średnie zawartości mikroelementów w badanych grupach roślin w mg/kg s.m.

Grupy roślin	Man-gan	Cynk	Bor	Miedź	Molibden	Kobalt
Siano	66	44	13,0	7,4	1,13	0,32
Trawy	74	56	6,2	5,4	0,38	0,22
Turzyce	199	43	10,3	8,1	0,62	0,43
Motylkowe	62	—	26,1	9,5	1,00	0,25
Zioła	56	29	23,9	7,7	0,47	0,29

G. Busch podaje, że zawartość molibdenu w paszy przekraczająca 4 mg, a nawet nieco mniejsza, może być w niektórych przypadkach uważana za szkodliwą. Wobec czego należy sądzić, że analizowane rośliny nie zawierały nadmiernych ilości tego pierwiastka.

Średnie zawartości badanych mikroelementów w sianie i poszczególnych grupach roślin podano w tabeli 2.

WNIOSKI

1. Zawartość mikropierwiastków w roślinach po uszeregowaniu od wielkości najwyższych do najniższych kształtowała się następująco:



2. Zawartość manganu w badanych sianach zależała od pH środowiska, oraz uwilgotnienia terenu. Rośliny rosnące w środowisku kwaśniejszym i bardziej wilgotnym gromadziły znacznie większe ilości Mn.

3. Rośliny jednoliścienne zawierały znacznie mniej boru niż rośliny dwuliścienne. Charakterystyczną rzeczą jest to, że trawy przy pełnym nawożeniu mineralnym posiadały mniejsze ilości boru niż trawy bez nawożenia.

4. Turzyce posiadały z reguły większe ilości Mn, B, Cu, Co i Zn niż trawy. Fakt ten przemawia za postawioną na wstępie pracy hipotezą, że trawy szlachetne rosnące na zmeliorowanej łące zawierają mniejsze ilości mikropierwiastków koniecznych dla normalnego rozwoju zwierząt. Podobnie rośliny motylkowe i niektóre zioła posiadały większe ilości B, Cu i Co. Domieszka tych roślin może wpłynąć korzystnie na wartość paszową siana.

5. Większość analizowanych sian posiadała niedostateczne zawartości manganu, a w niektórych przypadkach także miedzi. Również niektóre poszczególne gatunki traw były ubogie w kobalt i miedź.

6. Większość badanych roślin była zasobna w cynk.

7. Najwięcej molibdenu posiadały rośliny rozwijające się na glebie torfowej o pH powyżej 7, w których to warunkach molibden okazał się najbardziej dostępny dla roślin.

8. Uzyskane wyniki wykazały, że istnieje szeroka rozpiętość w zawartości mikropierwiastków między tymi samymi gatunkami rosnącymi w różnych stanowiskach glebowych, oraz między poszczególnymi gatunkami zebranymi z tych samych gleb.

9. O zawartości pierwiastków śladowych decydują oprócz właściwości samych roślin i gleby także warunki klimatyczne oraz okres sprzętu. Jak wynika z dalszych przeprowadzonych badań w wielu roślinach zebranych z drugiego pokosu poszczególne pierwiastki znajdowały się w większych ilościach niż w roślinach zebranych z pierwszego pokosu.