

# INFLUENCE OF ORGANIC FERTILIZATION ON MINERAL CONTENTS OF IN TALL OAT GRASS

## WPLYW NAWOZÓW ORGANICZNYCH NA ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W RAJGRASIE WYNIOSŁYM.

Czwława Jasiewicz, Agnieszka Baran

---

### ABSTRACT

Studies on content of mineral components in tall oat grass were conducted in 2005 as a pot experiment. The experiment was used: mineral fertilization, farmyard manure, compost, sludge sewage and industry. Two levels of NPK fertilization were considered: 1 level - 0,30 g N, 0,11 g P, 0,26 g K · pot<sup>-1</sup>, 2 level corresponded to 0,60 g N, 0,22 g P, 0,52 g K · pot<sup>-1</sup>. Doses of farmyard manure, compost, sludge: sewage, industrial were established on the basis nitrogen fertilization level and were applied in first year experiment under maize. The study results show that content of P, K, Mg, Ca, Fe and Mn in tall oat grass were depended on the dose and kind of the organic fertilizers, time of the harvest and on the plant part. Higher concentrations elements were observed in plant fertilized on farmyard manure, compost (P, K, Ca, Mg), sludge sewage and industrial (Fe, Mn). The contents of examined macro I microelements in particular parts of grass looked as follows: I cut > II cut > root – P, K, II cut > I cut > root – Mg, Ca and root > II cut > I cut – Fe, Mn. P (II cut), Mg (I cut) concentration in dry matter of tall oat grass were considered optimal, while Ca content was too low. The values of Ca : P, Ca : Mg, K : Mg, Fe : Mn ratios in the grass didn't fall within the limits assumed as safe for fodder. Only value K (Ca + Mg) ratio in plant was optimal in objects: sludges, farmyard manure<sub>1</sub> and compos<sub>1</sub>. The highest uptake P, K, Mg, Ca in object farmyard manure<sub>2</sub>, Fe and Mn sludge industrial.

**Key words:** macroelements, microelements, manure, comps, sludge, elements ratio, uptake

### STRESZCZENIE

Badania nad następczym wpływem nawozów organicznych na zawartość P, K, Mg, Ca, Fe i Mn w rajgrasie wyniosłym przeprowadzono w 2005 roku w warunkach doświadczenia wazonowego. Schemat doświadczenia obejmował 11 obiektów różniących się dawką oraz rodzajem wprowadzonych nawozów. W badaniach zastosowano obornik, kompost, osad miejski, przemysłowy. Uwzględniono dwa poziomy nawożenia: I wynosił 0,55 g N, 0,22 g P, 0,52 g K · wazon<sup>-1</sup>, II odpowiadał 1,10 g N, 0,44 g P, 1,04 g K · wazon<sup>-1</sup>. Zawartość składników mineralnych w rajgrasie zmieniała się w zależności od dawki i rodzaju zastosowanego nawozu, terminu zbioru oraz analizowanej części rośliny. Następcze działanie obornika i kompostu wpłynęło na zwiększenie w rajgrasie zawartości P, K, Ca, i Mg, natomiast osadów Fe i Mn. Poziom pierwiastków kształtował się następująco: I pokos > II pokos > korzeń dla P, K, II pokos > I pokos > korzeń dla Mg, Ca oraz korzeń > II pokos > I pokos dla Fe, Mn. Za optymalne zawartości w paszach uznano koncentracje P (II pokos) i Mg

(I pokos). Najbardziej deficytowym pierwiastkiem był Ca. Wartości stosunków Ca : P, Ca : Mg, K : Mg, Fe : Mn nie mieściły się w granicach przyjmowanych za prawidłowe. Osady oraz pojedyncza dawka obornika i kompostu korzystnie wpłynęła na wartość proporcji K (Ca + Mg). Największe ilości P, K, Mg, Ca zebrano z rajgrasem nawożonym podwójną dawką obornika, a Fe, Mn osadem przemysłowym.

**Słowa kluczowe:** makro i mikroelementy, obornik, kompost, osady, proporcje, pobranie

## WSTĘP

Powszechnie uważa się, że skład chemiczny roślin jest jednym z ważnych elementów decydujących o jakości paszy. Nawożenie, dostarczając do gleb odpowiednie ilości składników mineralnych ma znaczny wpływ na wartość odżywczą roślin, a tym samym na zdrowie i produktywności zwierząt [UNDERWOOD 1971, CZUBA, MAZUR 1988, MAZUR 1999]. Przyjmuje się, że do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin niezbędnych jest 12 pierwiastków: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, a ich wpływ na wzrost i rozwój traw jest zróżnicowany [FALKOWSKI I IN. 2000]. O jakości uzyskanej paszy decyduje nie tylko zasobność w/w pierwiastków, ale również wzajemne stosunki pomiędzy nimi. Źródłem składników mineralnych mogą być nawozy organiczne, komposty ze śmieci miejskich oraz osady ściekowe wykorzystywane w nawożeniu gleb. Rolnicze zagospodarowanie w/w nawozów organicznych nieskażonych chemicznie ma duże znaczenie przyrodniczo-ekologiczne, i jest najbardziej racjonalny sposobem ich wykorzystania [MAZUR 2002, ANTONKIEWICZ I IN. 2003]. Atutem nawozów i odpadów organicznych jest kompleksowe ich działanie - odgrywają ważną rolę zarówno w odżywianiu roślin, jak i w kształtowaniu żyzności gleby [JANKOWSKA-HUFLEJT 2002]. Celem podjętych badań była ocena następczego wpływu nawozów organicznych na zawartość wybranych składników mineralnych (P, K, Ca, Mg, Mn, Fe) oraz ich wzajemne relacje w rajgrasie wyniosłym.

## MATERIAŁ I METODY

Badania nad zawartością składników mineralnych w rajgrasie prowadzono w drugim roku wegetacji (2005) w warunkach doświadczenia wazonowego. W doświadczeniu użyto glebę o składzie granulometrycznym piasku słabo-gliniastym,  $pH_{KCl}$  4,66, zawartością C organicznego wynoszącą  $11,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , azotu  $1,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  oraz bardzo niską zawartością przyswajalnego fosforu ( $7,2 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{kg}^{-1}$ ) i potasu ( $17,3 \text{ mg K}_2\text{O} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Według liczb granicznych dotyczących zawartości metali ciężkich, gleba wykazywała naturalną zawartość: Zn, Cu, Ni, Pb, Cd [KABATA-PENDIAS A. I IN 1995]. Schemat doświadczenia obejmował 11 obiektów, różniących się rodzajem i dawką wprowadzonych nawozów. W doświadczeniu zastosowano: sole mineralne, obornik, kompost, osad miejski i przemysłowy oraz uwzględniono dwa poziomy nawożenia NPK. Dla 1 poziomu dawka wyniosła:  $0,30 \text{ g N}$ ,  $0,11 \text{ g P}$ ,  $0,26 \text{ g K} \cdot \text{wazon}^{-1}$ , odpowiednio dla 2 poziomu:  $0,60 \text{ g N}$ ,  $0,22 \text{ g P}$ ,  $0,52 \text{ g K} \cdot \text{wazon}^{-1}$ . Dawkę azotu i potasu podzielono na połowę, i zastosowano pod poszczególne pokosy rajgrasu. Fosfor wnoszono jednorazowo przed siewem rajgrasu. Składniki nawozowe

wprowadzono w formie roztworów  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KCl}$ . Nawozy organiczne zastosowano w pierwszym roku badań pod kukurydzą, a ich dawki ustalono w oparciu o poziom nawożenia azotowego [JASIEWICZ, ANTONKIEWICZ 2005]. Skład chemiczny w/w nawozów przedstawiono w tabeli 2. Dawki tych nawozów wyniosły odpowiednio dla 1 i 2 poziomu nawożenia: obornik 181 i 362 g, kompost 38 i 76 g, osad miejski 73 i 146 g osada przemysłowy 87,45 i 174 g świeżej masy  $\cdot$  wazon<sup>-1</sup>. Po zbiorze I i II pokosu, rośliny wysuszono w suszarce w temp. 75°C, następnie określono wielkość plonu części nadziemnych i korzeni [JASIEWICZ I IN. 2006]. Zawartość P, K, Ca, Mg, Mn, Fe oznaczono po mineralizacji na sucho metodą ICP-EAS (atomowa spektrofotometria emisyjna oparta na indukcyjnie wzbudzonej plazmie) [OSTROWSKA I IN. 1991]. W niniejszej pracy oprócz zawartości składników mineralnych, przedstawiono wzajemne relacje między nimi oraz ich pobranie. Proporcje: K : Mg, K : Ca, K : (Mg +Ca), Fe : Mn obliczono równoważnikowo, natomiast Ca : P oraz Ca : Mg wagowo. W celu określenia wzajemnych zależności pomiędzy składnikami mineralnym wyznaczono współczynniki korelacji Pearsona (STANISZ 1998).

*Tabela 1, Table1*

*Skład chemiczny nawozów.*

*Chemical composition of fertilizers.*

Nawóz Fertilizers	Sucha masa Dry mass	Subst. Org. Org. mater	C – org.	N / P / K
	%	g $\cdot$ kg <sup>-1</sup> s.m.		
Obornik Farmyard manure	14,56	855,3	-	20,9 / 4,5 / 19,7
Kompos Kompost	54,72	437,3	253,6	26,4 / 5,1 / 13,4
Osad miejski Sludge sewage	18,81	640,4	371,4	40,1 / 16,0 / 3,5
Osad przemysłowy Sludge industry	21,84	482,8	280,0	28,8 / 8,6 / 2,3

## WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość składników mineralnych w rajgrasie zmieniała się w zależności od dawki i rodzaju zastosowanego nawozu, terminu zbioru oraz analizowanej części rośliny (tab. 2).

Według literatury za optymalną ilość pokrywającą zapotrzebowanie zwierząt na poszczególne pierwiastki przyjmuje się: 3,0 g P, 17-20 g K, 2,0 g Mg, 7,0 g Ca, 40-70 mg Fe, 40-60 mg Mn  $\cdot$  kg<sup>-1</sup> s.m. paszy [ROGAŁSKI RED. 2004, FALKOWSKI I IN. 2000]. Zawartość P w rajgrasie mieściła się w granicach od 2,02 do 6,64 g  $\cdot$  kg<sup>-1</sup> s.m. i kształtowała się następująco: I pokos > II pokos > korzeń (tab. 2). Największym zróżnicowaniem w zawartości P pod wpływem zastosowanych nawozów charakteryzował się pokos I (v=23%), następnie korzeń (v=16%) i pokos II (v=12%). Najwyższą koncentrację P stwierdzono w obiekcie nawożonym kompostem w pojedynczej dawce (I pokos), NPK<sub>2</sub> (II pokos) oraz osadem miejskim w podwójnej dawce (korzeń). Wzrost zawartości fosforu w roślinie z tych obiektów w stosunku do obiektu kontrolnego wyniósł odpowiednio o 152%, 26% oraz 47%. Najmniej tego pierwiastka stwierdzono w plonach II pokosu pochodzących z obiektów nawożonych pojedynczą dawką kompostu. Zawartość P w plonach pod wpływem działania tego nawozu

obniżyła się o 19% w stosunku do kontroli. W korzeniach nawożenie NPK, obornikiem, kompostem i osadem przemysłowym w pojedynczej dawce spowodowało niewielkie obniżenie koncentracji P (tab. 2). Jak podaje FALKOWSKI I IN.[2000] w trawach stwierdza się dodatnią zależność między P i N, a pod wpływem fosforu może zwiększyć zawartość N i białka. Podobną zależność zaobserwono w prezentowanym doświadczeniu - współczynnik korelacji między tymi pierwiastkami wyniósł odpowiednio:  $r=0,3$  (I pokos),  $r=0,9$  (II pokos), przy  $p=0,01$ . Zawartość azotu w omawianej trawie przedstawiła JASIEWICZ I IN. [2006]. We wszystkich obiektach nawożonych organicznie w II pokosie zaobserwowano zbliżoną do optymalnej zawartość fosforu, natomiast pokos I charakteryzował się znacznie podwyższoną zawartością tego makroelementu w stosunku do optymalnej ilości (tab. 2).

Zasobność rajgrasu w K zawierała się od 6,18 do 30,48 g · kg<sup>-1</sup> s.m. i podobnie jak w przypadku P jego ilość zmniejszała się w kolejnych pokosach (tab. 2). Podobne zależności zaobserwowała NOWAK I DRASZEWSKA-BOLZAN [2001]. W korzeniach zawartość potasu była 2-3 krotnie niższa niż w częściach nadziemnych. Zdecydowanie najwięcej potasu stwierdzono w plonie I pokosu z obiektów, w których zastosowano kompost i obornik w podwójnej dawce. Koncentracja K pod wpływem działania tych nawozów zwiększyła się odpowiednio o 69% i 70%. W pokosie II zawartość potasu była mniej zróżnicowana ( $v=11\%$ ) w porównaniu do I pokosu ( $v=16\%$ ). W pokosie tym zastosowane nawozy organicznie, za wyjątkiem kompostu w podwójnej dawce, nie wpłynęły na zwiększenie zawartości K w plonie rajgrasu (tab. 2). Najniższą zawartością K charakteryzowały się plony z obiektów nawożonych osadem przemysłowym. Zastosowany osad spowodował obniżenie poziomu potasu w stosunku do obiektu kontrolnego, zarówno w przypadku pojedynczej jak i podwójnej dawki o 21% i 13%. Jedynie podwójna dawka NPK i kompostu spowodowała zwiększenie zawartości K odpowiednio o 21% i 2% (pokos II) oraz 4% (korzeń). Korzenie charakteryzowały się najmniejszym zróżnicowaniem zawartości K ( $v=9\%$ ). Najbardziej zbliżone do normy, koncentracje potasu wystąpiły w pokosie II, szczególnie w obiektach nawożonych organicznie (17,32-22,32 g · kg<sup>-1</sup> s.m). Według badań różnych autorów składnik ten występuje w roślinach w nadmiarze i większości przypadków w zielonej paszy nie stwierdza się wyraźniejszych niedoborów tego makroelementu [GORLACH I IN. 1985, GRZEGORCZYK I IN. 1992, SZPUNAR-KROK, BORECKA-JAMRO 2001, ROGALSKI I IN. 2004]. Najczęściej również wysokie zawartości K i niedoborowe Mg i Ca zmieniają jakość roślin przeznaczonych dla przeżuwaczy [MARECIK 1991]. W prowadzonych badaniach poziom K przekraczał pożądane wartości, szczególnie w plonach I pokosu.

Tabela 2; Table2

Zawartość pierwiastków w rajgrasie wyniosłym.

Content of elements in tall oat grass.

Pierwiastek Element		Kontrol Control	NPK		Obornik Farmyard manure		Kompost Compos		Osad miejski Sludge sewage		Osad przemysłowy Sludge industry	
		I	II*	III**	IV*	V**	VI*	VII**	VIII*	IX**	X*	XI**
g · kg <sup>-1</sup> s.m.												
P	I cut	2,64	3,74	4,89	3,97	4,39	6,64	4,19	3,61	4,47	4,18	4,24
	II cut	3,22	2,93	4,07	2,83	3,27	2,62	2,95	2,82	3,31	2,97	3,29
	Root	2,21	2,02	2,31	2,14	2,74	2,11	2,63	2,42	3,24	2,19	2,84
K	I cut	16,0	22,2	26,9	23,8	27,2	24,2	30,5	22,4	23,9	20,5	21,1
	II cut	21,8	21,9	26,4	19,4	21,7	20,3	22,3	19,7	20,3	17,3	19,0
	Root	7,60	6,61	7,87	6,64	7,49	6,88	7,91	6,49	6,96	6,18	6,56
Mg	I cut	2,19	2,10	1,90	2,45	2,50	2,41	1,84	2,36	2,27	2,20	2,26
	II cut	3,41	3,05	2,89	3,67	4,47	3,54	3,34	3,32	2,76	2,7	2,95
	Root	0,64	0,60	0,70	0,69	0,86	0,78	0,84	0,69	0,72	0,54	0,55
Ca	I cut	3,20	3,31	2,53	2,34	1,98	2,57	1,24	2,84	2,42	1,90	1,89
	II cut	3,81	5,16	4,60	5,55	4,13	4,23	3,88	4,35	3,50	3,32	3,68
	Root	1,10	1,22	1,63	1,31	1,39	1,42	1,48	1,04	1,14	0,93	0,93
mg · kg <sup>-1</sup> s.m.												
Fe	I cut	97,6	92,2	103	96,5	102	97,3	105,5	99,7	91,5	92,0	98,4
	II cut	150,5	88,7	96,0	89,6	89,6	72,7	84,5	78,1	78,7	76,8	67,0
	Root	4175	1560	1730	1565	1290	1805	1620	2605	2965	2565	3450
Mn	I cut	63,4	272	597	91,9	118	100	117	132	245	278	572
	II cut	478	499	906	270	244	241	236	267	296	279	859
	Root	214	233	490	166	178	156	169	159	242	221	363

\*1 dawka: 0,30 g N, 0,11 g P, 0,26 g K · wazon<sup>-1</sup> \*\*2 dawka: 0,60 g N, 0,22 g P, 0,52 g K · wazon<sup>-1</sup>\*1 doses : 0,30 g N, 0,11 g P, 0,26 g K · pot<sup>-1</sup> \*\*2 doses: 0,60 g N, 0,22 g P, 0,52 g K · pot<sup>-1</sup>

W przypadku Mg jego zawartość w trawie zawierała się w granicach od 0,54 do 4,47 g · kg<sup>-1</sup> s.m. i kształtowała się następująco: II pokos > I pokos > korzeń. Stwierdzona wyższa zawartość Mg w kolejnych pokosach jest zgodna z poglądem, że w miarę okresu wegetacji roślin stają się coraz bogatsze w ten składnik [FALKOWSKI I IN. 1993, 2000]. Najwyższą koncentrację Mg w rajgrasie stwierdzono w obiektach nawożonych obornikiem w podwójnej dawce. Wzrost w porównaniu do obiektu kontrolnego wyniósł odpowiednio o 14% (I pokos), 31% (II pokos) oraz 34% (korzeń). Najmniej Mg oznaczono w obiekcie nawożonym podwójną dawką kompostu (I pokos), osadu miejskiego (II pokos) i przemysłowego w obu dawkach (II pokos). Zastosowane nawozy spowodowały obniżenie zawartości Mg w stosunku do obiektu kontrolnego odpowiednio o 16%, 19%, 21%, 13%. Największym zróżnicowaniem w zawartości Mg pod wpływem zastosowanych nawozów charakteryzował się korzeń (v=16%), następnie pokos II (v=15%) i pokos I (v=10%). Najbardziej zbliżoną do optymalnej zawartość Mg stwierdzono w pokosie I, natomiast pokos II charakteryzował się znacznie podwyższoną zawartością tego makroelementu w stosunku do normy.

Struktura zawartości Ca w rajgrasie była podobna jak w przypadku Mg: II pokos > I pokos > korzeń i mieściła się w granicach od: 0,93 do 5,55 g · kg<sup>-1</sup> s.m. Zastosowane nawozy

organiczne w obu dawkach spowodowały obniżenie zawartości Ca w I pokosie. Zawartość Ca w plonach tego pokosu była zawsze wyższa przy pojedynczej dawce nawożenia (tab. 2). Najniższą koncentrację makroelementu stwierdzono w trawie nawożonej podwójną dawką kompostu (I pokos), zawartość pierwiastka obniżyła się o 61% w stosunku do kontroli (tab. 2). Najwyższą zaś koncentrację Ca miał rajgras nawożony obornikiem w pojedynczej dawce (II pokos). W porównaniu do obiektu kontrolnego poziom Ca pod wpływem działania tego nawozu zwiększyła się o 46%. W korzeniach wyraźne zmniejszenie zawartości Ca zaobserwowano pod wpływem zastosowania osadu przemysłowego w obu dawkach (tab. 2). W obiektach tych obniżenie poziomu Ca wyniosło odpowiednio o 15% w stosunku do kontroli. Największym zróżnicowaniem w zawartości Ca charakteryzował się pokos I ( $v=26\%$ ), następnie korzeń ( $v=19\%$ ) oraz pokos II ( $v=16\%$ ). Wapń okazał się najbardziej deficytowym pierwiastkiem w niniejszych badaniach. Zawartość Ca we wszystkich pokosach była na niskim poziomie w stosunku do pożądanej ilości wapnia w roślinach pastewnych. Podobne deficytowe koncentracje Ca w życicy trwałej otrzymała NOWAK I DRASZAWSKA-BOLZAN [2001].

Zawartości Fe i Mn w roślinie testowej wahały się odpowiednio od 67 do 4175 mg Fe oraz od 63 do 906 mg Mn  $\cdot$  kg<sup>-1</sup> s.m. Poziom w/w pierwiastków w rajgrasie pod wpływem nawozów organicznych kształtował się następująco: korzeń >II pokos>I pokos. Najwyższą koncentrację Fe stwierdzono pod wpływem działania podwójnej dawki kompostu (pokos I) oraz w obiekcie kontrolnym (pokos II, korzeń). W przypadku Mn rajgras nawożony NPK wykazywał najwyższą koncentrację tego mikroelementu (tab. 2). Zastosowane warianty nawozowe wpłynęły wyraźnie na zróżnicowanie zawartości obu pierwiastków. W przypadku Fe największym zróżnicowaniem jego zawartości charakteryzował się korzeń ( $v=40\%$ ), następnie pokos II ( $v=25\%$ ) oraz pokos I ( $v=5\%$ ). Odwrotną zależność stwierdzono w zawartości Mn, pokos I wykazała największe zróżnicowanie w koncentracji tego pierwiastka ( $v=80\%$ ), kolejnie pokos II ( $v=60\%$ ) i korzeń ( $v=44\%$ ). W przeprowadzonych badaniach poziomy obu składników były bardzo wysokie i przekroczyły optymalne wartości dla roślinności paszowej.

Pomiędzy zawartością składników mineralnych istniały wyraźne zależności korelacyjne. Zawartość P w plonach była dodatnio skorelowana z poziomem K ( $r=0,5$ ), Mn ( $r=0,31$ ), a zawartość K z poziomem Mg ( $r=0,03$ ) i Mn ( $r=0,12$ ). Poziom Mg dodatnio korelował z zawartością Ca, Fe, a zawartość Ca z koncentracją Fe i Mn. Nie zaobserwowano wyraźnego antagonizmu pomiędzy pierwiastkami w paszy, ponieważ współzależności między nimi, mimo zarysowujących się ujemnych tendencji były statystycznie nieistotne.

Ważnym miernikiem wartości pokarmowej pasz są wzajemne stosunki pomiędzy składnikami mineralnymi. Dobra jakościowo pasza powinna charakteryzować się optymalnymi proporcjami: **Ca : P** – 2:1, **Ca : Mg** - 3:1, **K : (Ca+Mg)** 1,6-2,2, **K : Mg** – 6:1, **K : Ca** – 2:1 [CZUBA, MAZUR 1988, FALKOWSKI IN. 2000]. W rajgrasie wzajemne relacje w/w składników wahały się w dużym zakresie, co wskazuje na zachodzące zmiany w składzie chemicznym rośliny pod wpływem zastosowania nawozów (tab. 3). Wyżej podane stosunki zmieniały się również w kolejny odrostach.

Tabela 3. Table 3

Wartości stosunków między pierwiastkami w rajgrasie wyniosłym

Elements ratio in tall oat grass

Proporcje pierwiastków Elements ratio		Obiekty nawozowe / Fertilizers object										
		I	II*	III**	IV*	V**	VI*	VII**	VIII*	IX**	X*	X**
Ca : P	I cut	1,21	0,89	0,52	0,59	0,45	0,39	0,30	0,79	0,54	0,45	0,45
	II cut	1,18	1,76	1,13	1,96	1,26	1,61	1,32	1,54	1,06	1,12	1,12
Ca : Mg	I cut	1,46	1,58	1,33	0,96	0,79	1,07	0,67	1,20	1,07	0,89	0,84
	II cut	1,12	1,69	1,59	1,51	0,92	1,19	1,16	1,31	1,27	1,23	1,25
K:(Mg+Ca)	I cut	1,20	1,71	2,44	1,91	2,29	1,90	3,66	1,71	2,00	1,90	1,93
	II cut	1,19	1,10	1,45	0,86	0,97	1,04	1,22	1,03	1,30	1,14	1,15
K : Mg	I cut	2,28	3,35	4,41	3,02	3,39	3,13	5,16	2,96	3,29	2,90	2,91
	II cut	1,99	2,24	2,84	1,64	1,51	1,79	2,08	1,85	2,29	2,00	2,01
K : Ca	I cut	2,57	3,50	5,46	5,22	7,06	4,85	12,6	4,06	5,09	5,53	5,74
	II cut	2,94	2,18	2,95	1,79	2,70	2,47	2,96	2,33	2,98	2,68	2,66
Fe : Mn	I cut	1,51	0,33	0,17	1,03	0,85	0,96	0,88	0,74	0,37	0,33	0,17
	II cut	0,31	0,17	0,10	0,33	0,36	0,30	0,35	0,29	0,26	0,27	0,08

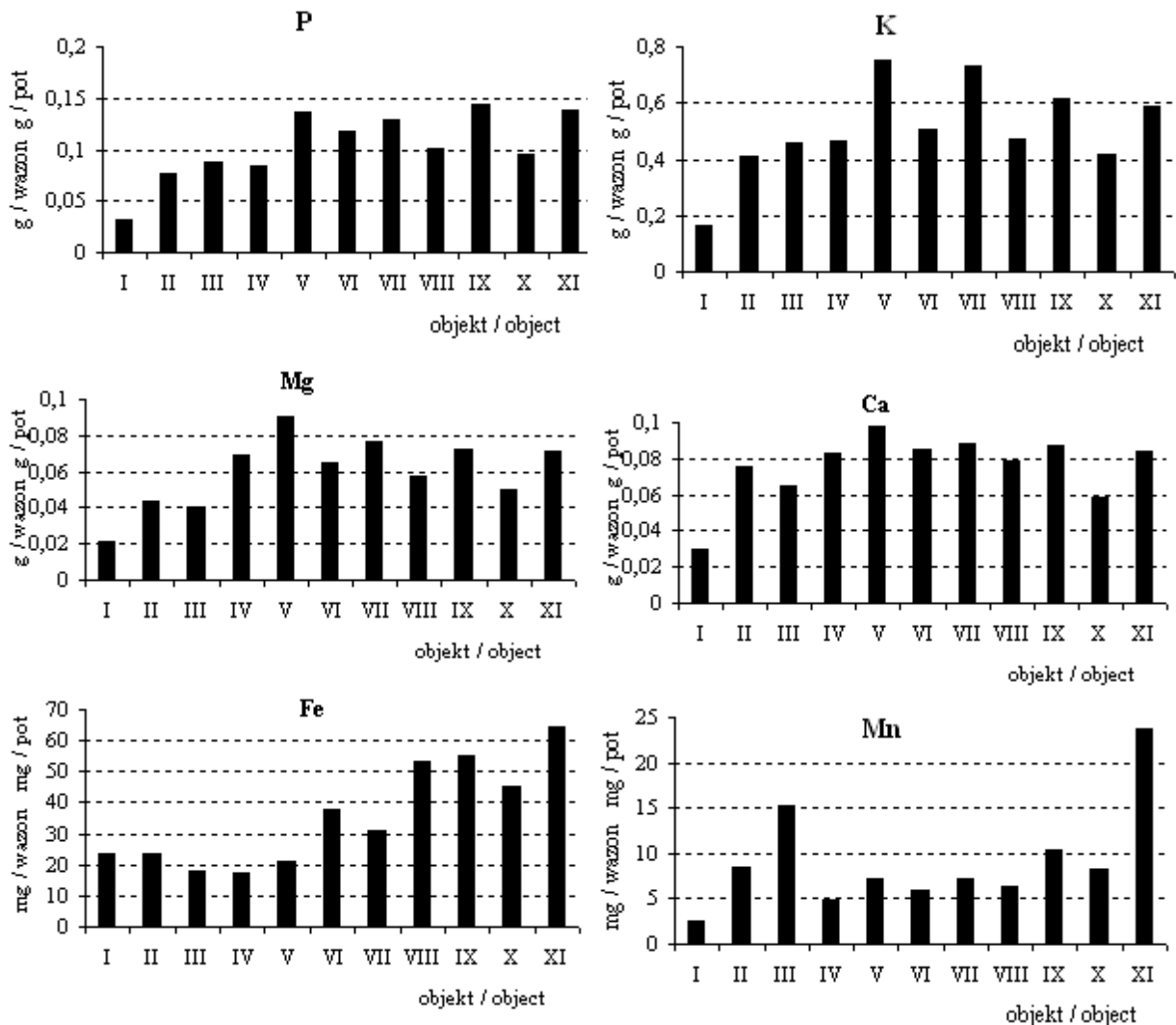
\*1 dawka: 0,30 g N, 0,11 g P, 0,26 g K · wazon<sup>-1</sup> \*\*2 dawka: 0,60 g N, 0,22 g P, 0,52 g K · wazon<sup>-1</sup>\*1 doses : 0,30 g N, 0,11 g P, 0,26 g K · pot<sup>-1</sup> \*\*2 doses: 0,60 g N, 0,22 g P, 0,52 g K · pot<sup>-1</sup>

Stosunek wagowy Ca : P w suchej masie rajgrasu niezależnie od wariantu nawozowego przybierał wartości niższe od optymalnego, jedynie w obiekcie z podwójną dawką obornika proporcja Ca : P wyniosła 1,96 (II pokos) i była zbliżona do wartości uznanych za prawidłowe. Należy jednak podkreślić, że wielkości stosunku Ca : P w II pokosie oscylowały w granicach wartości dopuszczalnej, ponieważ UNDERWOOD [1971] podał oprócz optymalnej wielkość 2 : 1, stosunki 1 : 1, a także 7 : 1 jako dopuszczalne. Wartość stosunku Ca : Mg w roślinie testowej była niższa od podanego optimum (tab. 3). Zastosowany kompost w pojedynczej dawce oraz obornik i osad przemysłowy w obu dawkach wpłynęły na wyraźne zawężenie w/w stosunku szczególnie w I pokosie w porównaniu do obiektu kontrolnego. Ważnym kryterium oceny jakości paszy jest relacja K : (Ca+Mg), a jej wartość nie powinna przekraczać 2,2. Przy wyższych wartościach mogą wystąpić objawy tężyczki pastwiskowej [KASPERCZYK, FILIPEK 1983, FALKOWSKI I IN 2000, UNDERWOOD 1971, BOBRECKA–JAMRO, SZPUNAR-KROK 2002, NOWAK, DRASZAWKA–BOŁZAN 2001, CZUBA, MAZUR 1988]. W testowanej roślinie stosunek ten należy uznać za bezpieczny w I pokosie w obiektach nawożonych osadami, pojedynczą dawką obornika, kompostu i NPK (tab. 3). W miarę kolejnych odrostów proporcja ta uległa zawężeniu (tab. 3). Niezależnie od wariantu nawozowego stosunek równoważnikowy K : Mg przybierał wartości niższe od optymalnego, a w II pokosie stwierdzono jeszcze większe zawężenie w/w stosunku. Najbardziej zbliżone do normy wartości tej proporcji wystąpiły w I pokosie w obiekcie z podwójną dawką kompostu. Z danych zamieszczonych w tabeli 3 wynika, że proporcja K : Ca w badanej roślinie kształtowała się powyżej przyjętego optimum. Bardzo wyraźne rozszerzenie stosunku K : Ca wystąpiło w I pokosie pod wpływem działania kompostu i obornika w podwójnych dawkach, co mogło wynikać z wysokiej zawartości K w tych nawozach. W II pokosie wartości tego stosunku były wyraźnie niższe i oscylowały w

kierunku wartości prawidłowej (tab. 3). Stosunek Fe : Mn we wszystkich obiektach nawozowych był niższy od optymalnego – 1,5-2,5 podanego przez WARDE I IN. [1996]. Jedynie w obiekcie kontrolnym (I pokos) wartość badanej proporcji mieściła się w granicach optimum (tab. 3). Zastosowane nawozy spowodowały znaczne zawężenie w/w stosunku, szczególnie w plonach II pokosu.

Ilość pierwiastków odprowadzonych przez roślinę zależała od wielkości plonu [JASIEWICZ I IN. 2006] i zawartości danego składnika. Pobranie składników mineralnych przez rajgras, w zależności od zastosowanego nawozu było bardzo zróżnicowane (Rys. 1).

Rys. 1. Sumaryczne pobranie pierwiastków przez rajgras wyniosły  
Fig. 1. Uptake of elements by tall oat grass



Największym pobraniem badanych pierwiastków charakteryzował się rajgras uprawiany w obiektach, w których zastosowano podwójne dawki obornika (P, K, Mg, Ca)



oraz osadu przemysłowego (Fe, Mn). Najmniejszy wynos P, K, Mg, Ca, Mn stwierdzono w obiekcie kontrolnym, a Fe w obiekcie, nawożonym obornikiem w pojedynczej dawce. Spośród analizowanych pierwiastków największym wzrostem pobrania, w porównaniu z kontrolą, charakteryzował się Mn (866% - obiekt z podwójną dawką osadu przemysłowego), a najmniejszym Fe (33% - obiekt z podwójną dawką kompostu). Tylko w przypadku Fe stwierdzono spadek odprowadzenia metalu przez rajgras w obiektach z NPK<sub>2</sub> oraz obornikiem w stosunku do kontroli. Niezależnie od obiektu wynos P, K, Mg, Ca, Mn przez część zieloną rajgrasu był większy aniżeli przez korzenie. Ze struktury pobierania w/w pierwiastków przez roślinę wynika, że części nadziemne rajgrasu pobierały odpowiednio: 52-75% P, 73-86% K, 76-90% Mg, 66-85% Ca, 47-72% Mn. Jedynie wynos Fe przez korzenie był większy niż przez część nadziemną (90-97%).

## WNIOSKI

1. Spośród nawozów i odpadów organicznych następcze działanie obornika i kompostu wyraźnie zwiększyło w rajgrasie zawartość P, K, Ca, i Mg, natomiast osadów Fe i Mn.
2. Poziom w/w pierwiastków kształtował się następująco: I pokos > II pokos > korzeń dla P, K, II pokos > I pokos > korzeń dla Mg, Ca oraz korzeń > II pokos > I pokos dla Fe, Mn.
3. Zawartości P (II pokos) oraz Mg (I pokos) mieściły się w granicach uznawanych za optymalne w paszach, natomiast koncentracje K, Mn, Fe w obu pokosach przekraczały pożądane wartości. Ca okazał się najbardziej deficytowym pierwiastkiem.
4. Wartości stosunków Ca : P, Ca : Mg, K : Mg, Fe : Mn w testowanej roślinie były niższe, a relacja K : Ca wyższa od wartości optymalnych. W I pokosie stosunek K : (Ca + Mg) uznano za bezpieczny w obiektach nawożonych osadami, pojedynczą dawką obornika i kompostu.
5. Nawozy organiczne spowodowały zawężenie w/w stosunków w plonach rajgrasu, natomiast proporcja K : Ca pod wpływem tych nawozów została rozszerzona.
6. Największe ilości P, K, Mg, Ca zebrano z rajgrasem nawożonym podwójną dawką obornika, a Fe, Mn osadem przemysłowym.
7. Części nadziemne rajgrasu pobierały odpowiednio: 52-75% P, 73-86% K, 76-90% Mg, 66-85% Ca, 47-72% Mn. Jedynie wynos Fe przez korzenie był większy niż przez część nadziemną.

## LITERATURA

- Antonkiewicz J., Radkowski A., Jasiewicz Cz.: 2003. Wpływ gnojówki na zawartość i pobranie makroelementów przez ruń łąkową. Zesz. Probl. PNR, 494, 17-26.
- Borecka-Jamro D., Szponar-Krok E.: 2002. Stosunki ilościowe między składnikami mineralnymi w runi traw i ich mieszankach z rutwicą wschodnią. Frag. Agron. 19, 2 (74), 52-58.
- Czuba R., Mazur T.: 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN Warszawa ss
- Falkowski M, Kukułka I, Kozłowski S.: 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wyd. AR Poznań ss. 132.
- Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.: 1993. Zróżnicowanie zawartości wapnia i magnezu w roślinach łąkowych. Roczn. AR Poznań, Seria Rol., 43. 19-36.
- Gorlach E., Curyło T., Grzywnowicz I.: 1985. Zmiany składu mineralnego runi łąkowej w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia mineralnego. Roczn. Glebozn. 36, 2, 85-99.
- Grzegorzczak S., Grabowski K., Benedycki S.: 1992. Porównanie składu chemicznego kilku odmian *Dactylis glomerata*, *Fastuca parietensis* i *Phleum pratense*. Roczn. AR Poznań, Seria Rol., 39, 79-85
- Jankowska -Huflejt H.: 2002. Nawożenie mineralne i organiczne użytków zielonych jako czynnik plonotwórczy i renowacyjny. Falenty Wydaw. IMUZ, 100-117.
- Jasiewicz Cz., Antonkiewicz J. 2005. Wpływ dawki i rodzaju nawozu na zawartość azotu w kukurydzy. Mat. pokonf: Zanieczyszczenia środowiska azotem. Monografie Wszechnicy Mazurskiej w Olecku, 143-152.
- Jasiewicz Cz., Antonkiewicz J., Baran A.:2006. Wpływ nawożenia na plonowanie i zawartość azotu w rajgrasie wyniosłym. Zesz. Probl. PNR (w druku).
- Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach T., Filipiak K., Krakowiak A., Pietruch Cz. 1995. Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb - metale ciężkie, siarka i WWA. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Bibliot. Monit. Środ., Warszawa, ss. 41.
- Kasperczyk M., Filipek J.: 1983. Wpływ dawek NPK na zawartość ważniejszych makroelementów w kupkowiec pospolitej i kostrzewie łąkowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 276, 133-141.
- Marecki S.:1991. Plonowanie i wartość paszowa traw i roślin motylkowych zależnie od nawożenia K i Mg oraz niektórych fizyko-chemicznych właściwości gleby. Zesz. Nauk. AR Kraków, Sesja Naukowa 34, 2, 3-11.
- Mazur T. 1999. Rolnicze i ekologiczne znaczenie nawożenia organicznego i mineralnego. Zesz. Probl. PNR, 467, 151-157

Mazur T.: 2002. Rozważania o wartości nawozowej odpadów organicznych. *Acta Agrophysica*, 2002, 70, 257-263.

Nowak W., Draszewska-Bołzan B.: 2001. Zawartość makroelementów w życicy trwałej pod wpływem stosowania nawozów wieloskładnikowych. *Biuletyn Magnezologiczny*, 6(3), 310-315.

Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z.: 1991. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Wyd. IOŚ, Warszawa, 1991.

Rogalski M. red.: 2004. *Łąkarstwo*. Wydawnictwo Kurpisz Poznań: 271 ss.

Stanisz A.: 1998. *Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny*. Wyd. Stastoft Polska: 362 ss.

Szpunar-Krok E., Borecka-Jamro D.: 2001. Zawartość białka i mikropierwiastków w mieszance rutwicy wschodniej z kupkówką pospolitą przy zróżnicowanym nawożeniu wapniowo-magnezowym. *Pam. Puław*. 125, 287-294.

Underwood S.J.: 1971. *Żywnienie mineralne zwierząt*. PWRiL. Warszawa ss. 319.

Warda M., Krzywiec D., Ćwintal H.: 1996. Wpływ warunków glebowych na zawartość mikroelementów w roślinności pastwiskowej. *Zesz. Probl. PNR*, 434, 537-542.