
ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXI

SECTIO E

2006

¹Katedra Chemii Rolnej, ²Katedra Łąkarstwa Akademia Rolnicza w Krakowie
al. Mickiewicza 21, 30-120 Kraków, Poland

Michał Kopec¹, Wojciech Szewczyk²

*Wpływ wprowadzenia dolistnego nawożenia mikroelementami
runi długotrwałego doświadczenia w Czarnym Potoku
na zawartość wapnia*

The effect of foliar microelement fertilization of sward on calcium content in
a long-term experiment at Czarny Potok

ABSTRACT. Basing on long-term fertilizer experiment localized on a mountain meadow (Czarny Potok near Krynica – 20°54' E; 49°24' N), the effect of treatment with Mikrovit-1 fertilizer on changes in the sward calcium concentrations was studied. The experiment set up in 1962 comprises 8 treatments and since 1985 it has been conducted in 0 CaO and +CaO series. Liming was repeated in 1985. Treatments with two doses of nitrogen (90 and 180 kg N ha⁻¹) applied in two forms (ammonium nitrate and urea) against phosphorus-and-potassium fertilization provide the basis of the experiment. As a result of systematic mineral fertilization the meadow sward was characterized with very low content of calcium. For 18 years prior to liming the quantity of calcium taken up on NPK treatments had been almost twice bigger than in the period between the 18th and 36th year of the experiment. As a result of microelement fertilization applied in the 33rd year of the studies, sward calcium concentration increased in comparison with the four-year period preceding the measure application, which was particularly noticeable on treatment with incomplete NPK fertilization and in 2nd cut. Applied microelement fertilization more positively affected an increase in calcium concentrations in sward of the limed series than in the unlimed one. A lack of significant response to Mikrovit-1 fertilization on NPK treatments should be ascribed to very low doses of microelement fertilizer applied for conservative fertilization.

KEY WORDS: calcium, meadow sward, long-term fertilizer experiment

Wapnowanie użytków zielonych jest traktowane [Gorlach, Curyło 1990; Smoroń 1995] jako zabieg regeneracyjny, przy czym efekt tego zabiegu nie jest jednoznaczny i widoczny jest po kilku latach od jego wykonania. Ustaleniu precyzyjnej dawki nawozów wapniowych poświęcono szereg metod i wielu autorów skłania się do wniosku, że utrzymanie zakwaszenia gleby w długim okresie na optymalnym poziomie jest czynnikiem warunkującym jakość produkcji, mimo braku efektów produkcyjnych tego zabiegu [Sapek 1993]. Przyrost plonów runi w wyniku wapnowania w wielu doświadczeniach był nieznaczny i wynosił do 10%. Na efekt ilościowy niewątpliwie miała wpływ zasobność siedlisk, na których prowadzono doświadczenia. Ewentualną reakcję we wzroście plonów pod wpływem wapnowania wiąże się z poprawą właściwości fizykochemicznych gleby, sukcesją cenniejszych gatunków w zbiorowisku łąkowym, poprawą zawartości wapnia w runi. Utrzymanie właściwych proporcji wymienionych elementów wymaga systematycznego stosowania wapnowania, nawet niewielkimi dawkami. Zabieg taki powtarzany co 5–10 lat jest również ważny z punktu widzenia gospodarowania szeregiem mikroelementów, które w zasobnych siedliskach i kwaśnym odczynie są odprowadzane z plonami w ilościach większych, niż wynika to z potrzeb rośliny, a nawet jakości paszy [Kopec 2000].

Zużycie nawozów wapniowych gwałtownie się zmniejszyło i wynosi w Polsce obecnie średnio poniżej 100 kg CaO ha⁻¹. Należy założyć, że dawki stosowane na łąkach są znacząco mniejsze. Konsekwencją tego jest zwiększanie się zakwaszenia gleb oraz między innymi pogorszenie warunków pobierania wapnia przez rośliny. Wapń w diecie zwierząt można uzupełniać poprzez dodatki mineralne [Kruczyńska 1993], ale istnieje pogląd, że najlepiej, jeżeli występuje jego odpowiednia zawartość w paszach roślinnych.

Wobec tej sytuacji należy poszukiwać rozwiązań utrzymania zawartości wapnia w paszy pochodzącej z użytków zielonych na poziomie spełniającym kryteria paszowe. Po zbilansowaniu makroskładników, osiągnięciu optymalnego odczynu, jedyną możliwością zwiększenia produkcji i poprawy jakości siana poprzez nawożenie jest uzupełnianie niedoborów mikroelementów. Reakcje na niedobory mikroelementów są niespecyficzne i nie pojawiają się gwałtownie [Czuba 1996]. Ruń łąkowa buforuje zmiany zasobności gleby na przykład zmianami składu botanicznego. Celem pracy jest stwierdzenie możliwości poprawienia zawartości wapnia w runi poprzez wprowadzenie do nawożenia szerokiego spektrum mikroelementów.

METODY

Doświadczenie zlokalizowane w Czarnym Potoku koło Krynicy (20°54' E; 49°24' N) znajduje się na wysokości około 720 m n.p.m., u podnóża Jaworzyny Krynickiej, w południowo-wschodnim masywie Beskidu Sądeckiego na stoku o nachyleniu 7° i ekspozycji NNE. Doświadczenie założono w roku 1968 na naturalnej łące górskiej typu bliźniczki–psiej trawki (*Nardus stricta* L.) i kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.) ze znacznym udziałem roślin dwuliściennych. Glebę zaliczono do gleb brunatnych kwaśnych, wytworzonych z piaskowca magurskiego o składzie granulometrycznym gliny lekkiej pylastej (% frakcji 1–0,1 mm: 40; 0,1–0,02 mm: 37; <0,02 mm: 23) i charakterystycznych trzech poziomach genetycznych: darniowy – AhA (0–20 cm), brunatnienia – ABbr (21–46 cm) i skały macierzystej BbrC (47–75 cm). Szczegółowe dane o doświadczeniu przedstawiono we wcześniejszej pracy [Kopeć 2000].

Od jesieni 1985 roku doświadczenie, przy takim samym poziomie nawożenia, prowadzone było w dwóch seriach: bez wapnowania i z wapnowaniem (0 CaO i +CaO). W roku 1995 powtórzono zabieg wapnowania. Pierwsze wapnowanie przeprowadzono obliczając dawkę wapna na podstawie ½ wartości kwasowości hydrolitycznej (Hh), w drugim uwzględniono całkowitą jej wartość. W latach 1974–1975 i 1993–1994 wprowadzono przerwy w nawożeniu mineralnym, ograniczając doświadczenie do oznaczenia plonu runi i jego składu chemicznego.

Doświadczenie obejmuje osiem obiektów nawozowych (tab. 1), w których stosowano jednostronne nawożenie azotem lub fosforem (90 kg N lub 90 kg P₂O₅ ha⁻¹), a na tle PK (90 kg P₂O₅ ha⁻¹ i 150 kg K₂O ha⁻¹) azot w dwóch formach (saletra amonowa i mocznik) i dwóch dawkach (90 i 180 kg N ha⁻¹). Nawozy fosforowe i potasowe w okresie 1968–1980 wysiewano jesienią. Od roku 1981 nawozy te wysiewane były wiosną, przy czym potas (½ dawki) uzupełniany był latem po I pokosie. W okresie 1968–1973 stosowano supertomasynę, natomiast od roku 1976 stosowany był superfosfat potrójny. W całym okresie doświadczenia nawozy azotowe wysiewane były w dwóch terminach: 2/3 dawki rocznej na wiosnę w fazie ruszenia wegetacji, a 1/3 dawki w kilkanaście dni po zbiorze I pokosu. W roku 1994 zastosowano jednorazowo, jako nawożenie regeneracyjne: 10 kg Cu i 8 kg Mg ha⁻¹. Od roku 2000 stosowane było dolistne nawożenie (2 razy po 2 dm³ ha⁻¹) nawozem mikroelementowym Mikrovit-1. Stosowany nawóz mikroelementowy zawiera w 1 kg: 2,3 g Fe, 2,5 g Cu, 2,7 g Mn, 1,8 g Zn, 0,15 g B i 0,1 g Mo oraz 23,3 g Mg.

Wyniki przedstawione w pracy dotyczą okresu nawożenia mikroelementami (2000–2003) i czteroletniego okresu poprzedzającego to nawożenie, który jest traktowany jako punkt odniesienia do zmian spowodowanych tym nawożeniem.

Tabela 1. Schemat nawożenia w statycznym doświadczeniu w Czarnym Potoku
Table 1. The scheme of fertilisation in the static experiment in Czarny Potok

Obiekty nawozowe Fertilising objects	Roczna dawka składnika w serii 0 CaO i +CaO Annual nutrient rate in 0 CaO and +CaO series kg ha ⁻¹			Forma azotu Nitrogen form
	P	K	N	
	PK	39,24	124,5	
PK+N _{1an}	39,24	124,5	90	Saletra amonowa Ammonium nitrate
PK+N _{2an}	39,24	124,5	180	Saletra amonowa Ammonium nitrate
PK+N _{1u}	39,24	124,5	90	Mocznik urea
PK+N _{2u}	39,24	124,5	180	Mocznik urea
N _{1an}	-	-	90	Saletra amonowa Ammonium nitrate
P	39,24	-	-	
„0”	-	-	-	

Udział gatunków roślin w runi łąkowej określono w latach 2002 i 2003 przed I pokosem metodą Klappa i przedstawiono po uwzględnieniu analizy botaniczno-wagowej I pokosu.

W każdym roku były ważone plony runi łąkowej I pokosu (zbiór na przełomie czerwca i lipca) i II pokosu (zbiór na początku września). Oznaczenie zawartości wapnia w próbce roślinnej było wykonane zawsze po jej spopieleniu (500 °C) oraz rozтворzeniu w kwasie azotowym i solnym. Pomiar wykonywano z wykorzystaniem aparatu absorpcji atomowej PU 9100X (FES), a od roku 2000 aparatu z wzbudzoną indukcyjnie plazmą JY 238 Ultrace. W dodatkowych analizach nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości wapnia pomiędzy metodami oznaczenia.

Próbki gleby pobrano jesienią 2000 roku z trzech warstw. Odczyn gleby mierzono potencjometrycznie w 1 mol KCl dm⁻³. Wapń wymienny oznaczano w octanie amonu.

Warunki meteorologiczne w rejonie doświadczenia są w miarę stabilne [Kopeć 2000], ale zdarzają się lata o znacznych odchyleniach od średnich parametrów w okresie letnim, tj. po I pokosie. Wielkość opadów w okresie od kwietnia do końca września wynosiła w latach 1996–1999 618,6 mm ±83,2, a w latach 2000–2003 707,3 mm ±232, średnia temperatura wynosiła odpowiednio 12,1 ±0,8 i 12,7 ±0,5 °C.

WYNIKI

Intensyfikacja nawożenia azotowego prowadzi do zmian florystycznych runi, zmierzających w kierunku dominacji niewielkiej liczby gatunków reagujących szybkim przyrostem masy i o większych zdolnościach przetrwania w warunkach konkurencyjności przy równoczesnej recesji roślin mniej wydajnych i monotonizacji terenów łąkowych [Doboszyński 1996]. Tę ogólnie znaną zależność potwierdzają szacunkowe udziały poszczególnych gatunków roślin występujących w runi (tab. 2). Udziały te w kolejnych latach wykazują dużą zmienność. Zamieszczone w tabeli 2 wartości odbiegają w przypadkach niektórych gatunków od tendencji przedstawionych we wcześniejszej pracy [Kopeć 2000]. W zbiorowiskach łąkowych wpływ wszystkich czynników wywołujących zmiany składu botanicznego pogłębia okres ich działania. W doświadczeniu w Czarnym Potoku zastosowane we wszystkich obiektach obu serii nawożenie mikroelementami mogło być czynnikiem tłumiącym wcześniej wyznaczone tendencje.

W szacunkowej analizie botanicznej przeprowadzonej w latach 2002 i 2003 w obiekcie bez nawożenia dominowały dwa gatunki traw (tab. 2): *Nardus stricta* i *Festuca rubra* (około 35%) oraz zioła. Pełne nawożenie NPK zwiększyło udział traw w plonie, eliminując lub ograniczając ilość roślin dwuliściennych, zwłaszcza motylkowatych. W analizowanych latach udział gatunków w obiektach z nawożeniem fosforowym lub fosforowo-potasowym nie był jednoznaczny. W wyniku łącznego stosowania azotu, fosforu i potasu stwierdzono ustąpienie *Nardus stricta*. Gatunek ten występował jedynie w obiekcie, na którym stosowano jednostronne nawożenia azotem. O ile w trzeciej dekadzie systematycznego nawożenia saletrą amonową [Kopeć 2000] utrzymywał się on na poziomie 60%, to średnio w 35–36 roku doświadczenia wynosił około 40% udziału w runi (tab. 2). Zastosowanie nawożenia azotowego na tle PK (zarówno w dawce 90 kg, jak i 180 kg N ha⁻¹) powodowało istotne zwiększenie udziału *Holcus mollis* w runi.

Doboszyński [1996] podkreśla, że wzrostu udziału *Holcus mollis* L. na łąkach górskich aż do monokultury nie należy upatrywać w sprzyjającym jej nawożeniu, lecz zakwaszeniu gleby pod wpływem nawożenia azotem. W doświadczeniu w Czarnym Potoku nawożenie dawką 90 kg N+PK w formie saletry amonowej (o mocniejszym fizjologicznie kwaśnym oddziaływaniu na glebę) w porównaniu z taką samą dawką mocznika potwierdza ten pogląd. Skład mineralny runi z przewagą kłósówki jest ubogi, poza potasem występującym w ilościach większych od ilości uznawanej za optymalną w paszy.

Tabela 2. Udział (%) ważniejszych gatunków roślin w runi łąkowej (2002–2003)
 Table 2. Share (%) of more important species of meadow sward (2002–2003)

Wyszczególnienie Item	Obiekty nawozowe Fertilising objects							„0”
	PK	PK+N _{1an}	PK+N _{2an}	PK+N _{1u}	PK+N _{2u}	N _{1an}	P	
	0 CaO							
Trawy Grasses	62,0	67,0	89,0	81,0	75,0	52,0	53,0	56,0
<i>Nardus stricta</i>						42,7		24,9
<i>Holcus mollis</i>	8,7	41,2	78,5	48,2	63,5			
<i>Festuca rubra</i>	1,7	0,7		1,6	0,5	4,3	13,6	10,7
<i>Festuca pratensis</i>	34,7	13,7	3,9	16,1	4,0	0,7	27,3	3,6
<i>Dactylis glomerata</i>	3,5	1,4	0,8	4,8	0,5	0,4	1,4	2,1
<i>Agrostis capillaris</i>	1,7	0,7				0,3	1,4	7,1
<i>Deschampsia caespitosa</i>		0,7			1,0	0,1	1,4	0,7
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	3,5	2,1		1,6		0,7	1,4	2,1
<i>Phleum pratense</i>	1,7	2,1	0,8	1,6	1,0			
<i>Poa pratensis</i>	3,5	1,4	0,8	3,2	1,0	0,3	4,1	2,1
Inne Others	3,0	3,2	4,2	3,9	3,5	2,5	2,5	2,7
Motylkowate <i>Papilionaceae</i>	10,0	0,0	0,0	2,0	0,0	9,0	8,0	4,0
<i>Trifolium repens</i>	9,9			2,0		8,9	8,0	3,9
Inne Others	0,1					0,1		0,1
Zioła i Chwasty Herbs and Weeds	28,0	33,0	11,0	17,0	25,0	39,0	39,0	40,0
<i>Plantago lanceolata</i>						2,0	5,7	5,8
<i>Heracleum sphondylium</i>		2,5	2,7	6,2		1,0		1,2
<i>Hypericum perforatum</i>	3,2	5,0		1,5		19,7	11,4	11,5
<i>Ranunculus acer</i>	3,2	2,5				1,0	1,1	0,6
<i>Ranunculus repens</i>	3,2	2,5	1,8	1,5	4,0	1,0	1,1	0,6
<i>Achillea millefolium</i>	6,4			1,5		1,0		0,6
<i>Taraxacum officinale</i>	3,2	2,5	0,9	1,5	1,5	1,0	1,1	0,6
<i>Galium verum</i>						3,0	2,3	2,9
<i>Alchemilla vulgaris</i>	3,2	12,4	4,4	3,1	14,0	4,9	11,4	11,5
<i>Rumex acetosa</i>	3,2	2,5			3,0	1,0	1,1	1,2
Inne Others	2,5	3,1	1,2	1,5	2,5	3,5	3,5	3,6
Trawy Grasses	92,0	61,0	60,0	67,0	77,0	59,0	44,0	57,0
<i>Nardus stricta</i>						36,3		22,6
<i>Holcus mollis</i>		13,8	18,4	36,8	38,6			
<i>Festuca rubra</i>	2,8	1,4		1,2	1,9	9,1	10,0	9,0
<i>Festuca pratensis</i>	56,5	27,7	18,4	12,3	9,6	4,5	20,0	4,5
<i>Dactylis glomerata</i>	8,5	5,5	1,8	6,1	5,8	0,9	2,0	3,6
<i>Agrostis capillaris</i>	2,8	1,4	1,8		1,9	1,4	2,0	7,2
<i>Deschampsia caespitosa</i>		1,4	9,2			0,9	2,0	0,9
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	5,7	1,4		1,2		2,3	2,0	2,7
<i>Phleum pratense</i>	2,8	2,8	1,8	3,7	9,6			
<i>Poa pratensis</i>	8,5	2,8	5,5	2,5	5,8	0,9	4,0	3,6
Inne Others	4,4	2,9	2,9	3,2	3,7	2,8	2,1	2,7

cd. tab. 2

Motylkowate								
<i>Papilionaceae</i>	5,0	0,0	0,0	3,0	1,0	5,0	5,0	2,0
<i>Trifolium repens</i>	4,9			3,0	1,0	4,9	4,9	1,9
Inne; Others	0,1					0,1	0,1	0,1
Zioła i Chwasty								
Herbs and Weeds	3,0	39,0	40,0	30,0	22,0	36,0	51,0	41,0
<i>Plantago lanceolata</i>						2,7	5,0	2,9
<i>Heracleum sphondylium</i>	0,3	8,4	15,1	10,5		0,9		1,2
<i>Hypericum perforatum</i>	0,3	1,7		2,1	0,7	6,2	16,6	11,6
<i>Ranunculus acer</i>	0,3	1,7	1,5	2,1		0,9	1,7	0,6
<i>Ranunculus repens</i>	0,3	1,7	3,0	2,1	2,2	0,9	5,0	0,6
<i>Achillea millefolium</i>	0,3			2,1				0,6
<i>Taraxacum officinale</i>	0,3	1,7	1,5	2,1	1,5	0,9	1,7	0,6
<i>Galium verum</i>	0,3					0,9	3,3	1,2
<i>Alchemilla vulgaris</i>	0,5	16,9	15,1	6,3	14,8	17,7	11,6	17,5
<i>Rumex acetosa</i>	0,3	3,4			0,7	1,8	1,7	0,6
Inne Others	0,3	3,5	3,8	2,7	2,0	3,3	4,6	3,7

W doświadczeniu w Czarnym Potoku dwukrotne wapnowanie spowodowało znaczące zmiany składu botanicznego (tab. 2), w tym głównie zwiększenie występowania korzystnych gatunków w składzie florystyczny [Kopeć 2000]. Największy efekt tego zabiegu dotyczył *Holcus mollis*. W wyniku wapnowania obiektów nawożonych 180 kg N+PK zmniejszyła swój udział runi, w zależności od formy azotu, z 63,5–78,5% do 18,4–38,6%. Korzystny skład florystyczny runi łąkowej uzyskano przy nawożeniu NPK z dawką 90 kg N ha⁻¹. Nawożenie tą dawką i wapnowanie wpłynęły na pojawienie się wartościowych traw lub zwiększenie ich udziału.

Dynamika zmian udziału gatunków w runi wykazuje dużą zmienność w czasie, a następczym efektem wapnowania w obiektach NPK nie było zwiększenie się udziału roślin motylkowatych. Wapnowanie runi w innych wieloletnich doświadczeniach zwiększało udział roślin motylkowatych i wartościowszych traw w obiektach bez azotu i z małymi jego dawkami [Smoroń, Kopeć 1993; Tilman i in. 1994].

Przyczyny zmian w sukcesji roślinności górskich użytków zielonych upatruje się w zmianach troficzności siedliska. Sukcesja roślin wynika zarówno z przemiany w strukturze gatunkowej, jak i w środowisku glebowym, którego właściwości określać będą tempo tych zmian i ich granice, a czas reakcji runi na zabiegi pratotechniczne w warunkach górskich może być opóźniony z powodu krótszego okresu wegetacji.

Tabela 3. Plony suchej masy runi łąkowej w dwóch okresach badań
 Table 3. Dry matter yields of the meadow sward in two study periods

Obiekty nawozowe Fertilising objects	0 CaO		+CaO	
	1996–1999	2000–2003	1996–1999	2000–2003
	Mg ha ⁻¹			
PK	4,51	5,31	5,11	5,41
PK+N _{1an}	6,33	6,41	6,49	7,48
PK+N _{2an}	5,91	6,55	6,91	8,04
PK+N _{1u}	6,45	6,55	6,85	6,77
PK+N _{2u}	5,93	6,54	7,17	7,68
N _{1an}	4,43	3,54	4,61	4,02
P	3,68	3,79	3,87	3,14
„0”	2,44	3,31	2,74	2,97

W okresie porównawczym 1996–1999 w serii bez wapnowania plony runi (tab. 3) nawożonej 180 kg N + PK były mniejsze od plonów zbieranych w obiektach nawożonych 90 kg N + PK. Wapnowanie spowodowało nieznaczne różnice (około 0,5 Mg ha⁻¹) na korzyść nawożenia większymi dawkami azotu. Nawożenie mikroelementami w latach 2000–2003 miało wpływ na wielkość plonów suchej masy runi łąkowej. Została zatrzymana tendencja zmniejszania się plonów runi w obiekcie 180 kg N + PK w serii bez wapnowania [Kopec 2000]. W przypadku serii wapnowanej plony runi nawożonej saletrą amonową na tle PK zwiększyły się niezależnie od dawki azotu o około 1 Mg ha⁻¹. Ruń w obiektach nawożonych mocznikiem nie zareagowała tak jednoznacznie na wprowadzenie mikroelementów.

W warunkach braku nawożenia mineralnego plony runi obu serii były w czteroletnim okresie 2000–2003 większe od plonów zebranych w latach 1996–1999, przy czym mniejsza różnica wystąpiła w serii wapnowanej. Mikroelementy nie miały korzystnego wpływu na wielkość plonów w obiektach z jednostronnym nawożeniem mineralnym. Szczególnie w obiekcie nawożonym wyłącznie saletrą amonową plony w latach 2000–2003 były mniejsze niż we wcześniejszym czteroletnim okresie.

W literaturze przyjęło się uważać, że pożądana zawartość wapnia w runi powinna wynosić 0,7% Ca. Wartości przyjmowane przez IMUZ podają jako zawartość prawidłową 0,56–1,12% Ca [Sapek 1993].

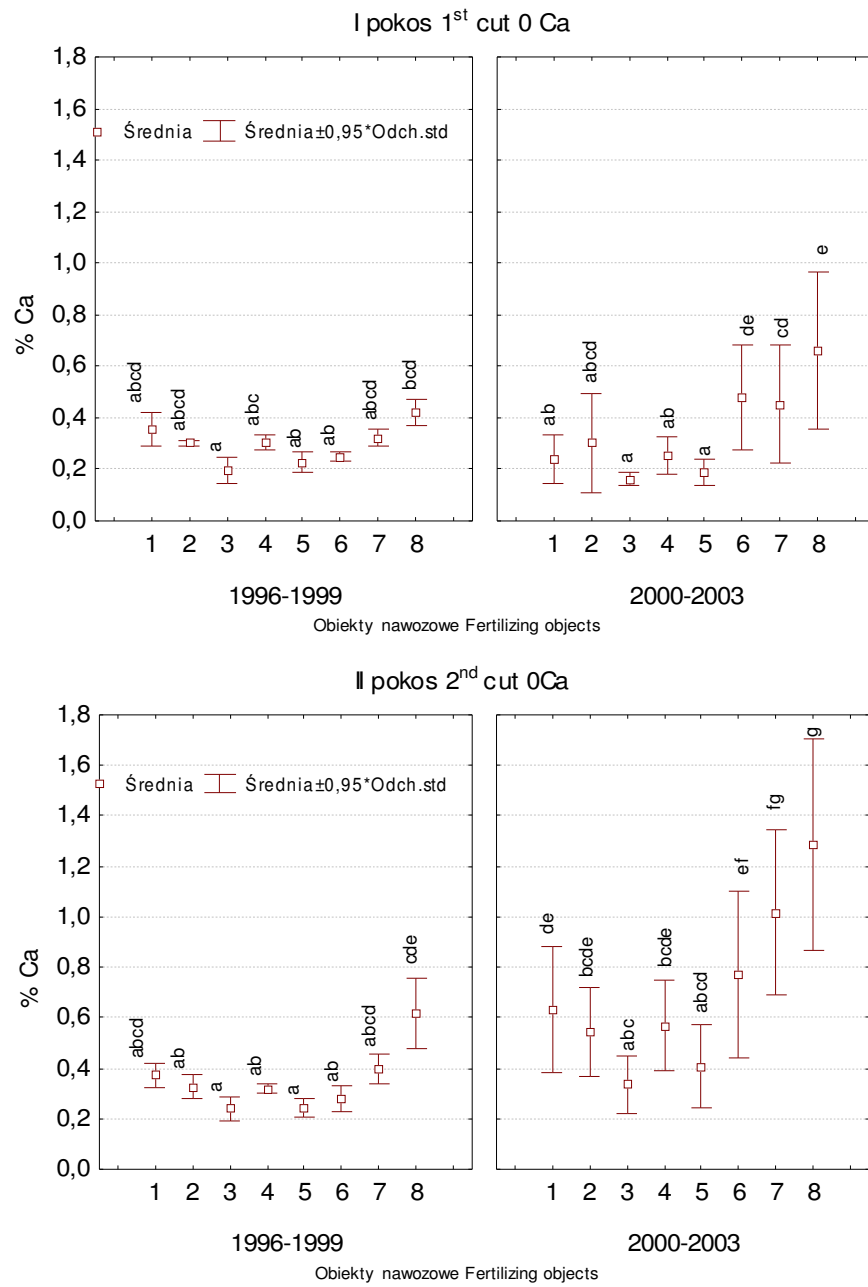
Rycina 1 przedstawia zawartości wapnia w runi łąkowej poszczególnych obiektów, pokosów oraz serii. Pomiędzy poszczególnymi obiektami nastąpiło zróżnicowanie zawartości, wynikające ze zmian spowodowanych nawożeniem. Najmniejszą zawartość wapnia, niezależnie od formy azotu, stwierdzono w runi nawożonej 180 kg N+PK. Zawartości te oscylowały około wartości 0,2% Ca przez kilkanaście lat i nie wykazywały dużej zmienności [Kopec 2000]. Największe zawartości wapnia dotyczyły runi bez nawożenia.

Potwierdzono analizą wariancji (brak wyników w niniejszej pracy), że runi II pokosu w porównaniu z I pokosem oraz runi serii wapnowanej w porównaniu z serią bez wapnowania zawierała istotnie więcej wapnia.

Zastosowane dolistne nawożenie mikroelementowe wywołało zmiany zawartości wapnia, które nie były jednoznaczne. Przeprowadzono analizę wariancji, wprowadzając jako czynnik obiekty oraz dwa okresy doświadczenia: czteroletni poprzedzający nawożenie mikroelementami i okres z nawożeniem mikroelementami. W tym porównaniu w runi I pokosu w obiektach z nawożeniem NPK zmniejszenie zawartości wapnia, stwierdzone głównie w obiektach z 180 kg N+PK, nie było istotne statystycznie. Różnice te mogły wynikać z efektu rozcieńczenia w nieco większym plonie suchej masy po zastosowaniu mikroelementów. Natomiast w obiektach z nawożeniem jednostronnym i obiekcie bez nawożenia stwierdzono zwiększenie się zawartości wapnia w runi do tego stopnia, że wystąpiły istotne różnice w porównaniu z zawartością wapnia w runi obiektów z nawożeniem NPK. W przypadku runi z obiektów serii wapnowanej zmiany były podobne, ale przy wyższych wartościach i większym istotnym zróżnicowaniu w przypadku jednostronnego nawożenia N lub P oraz obiektu bez nawożenia.

Korzystne zmiany zawartości wapnia w runi stwierdzono w II pokosie obu serii. W wyniku nawożenia mikroelementami zwiększyła się zawartość wapnia w runi, a średnia wartość w obiekcie bez nawożenia potwierdza możliwości osiągnięcia zawartości wapnia optymalnej. Warunkiem niezbędnym realizacji tego celu, po zbilansowaniu makroskładników, byłoby ustalenie dawki szerokiego spektrum mikroelementów. W wyniku nawożenia mikroelementowego nastąpiło istotne pogłębienie różnic zawartości wapnia pomiędzy obiektami (ryc. 1).

Utrzymywanie się niskich zawartości wapnia w runi wynikało ze znacznego odprowadzenia wapnia z plonami w pierwszym okresie badań (ryc. 2). Do roku 1985, w którym zastosowano wapnowanie (18 rok doświadczenia), ilość pobranego wapnia w obiektach nawożonych NPK istotnie różniła się od ilości pobranej w obiekcie z jednostronnym nawożeniem azotem i w obiekcie bez nawożenia. Duże, stymulowane dawkami azotu plony powodowały odprowadzenie z plonem średniorocznie nawet ponad 30 kg Ca ha⁻¹. W latach 1985–2003 ilości wapnia pobranego przez runi w serii bez wapnowania nie przekraczały w ciągu roku 20 kg ha⁻¹, a wapnowanie w niewielkim stopniu (aczkolwiek w przypadku niektórych obiektów istotnie) różnicowało ilość odprowadzanego z plonem wapnia. Zabezpieczenie runi w wapń i makroskładniki nie było wystarczające do poprawy jakości paszy. W glebie użytków zielonych przy braku wapnowania zmniejszała się zawartość kationów wymiennych. Zagadnienie to w aspekcie doświadczenia w Czarnym Potoku zostało przedstawione w innej publikacji [Kopeć, Mazur 1996]. Z wartości tam przytoczonych wynika, że nawet wielokrotne zwiększenie zasobności



Rycina 1. Średnioroczne zawartości wapnia w I i II pokosie w dwóch okresach i seriach 0 CaO (A) i +CaO (B) (grupy jednorodnego testu Duncana w okresie 1996–2003)

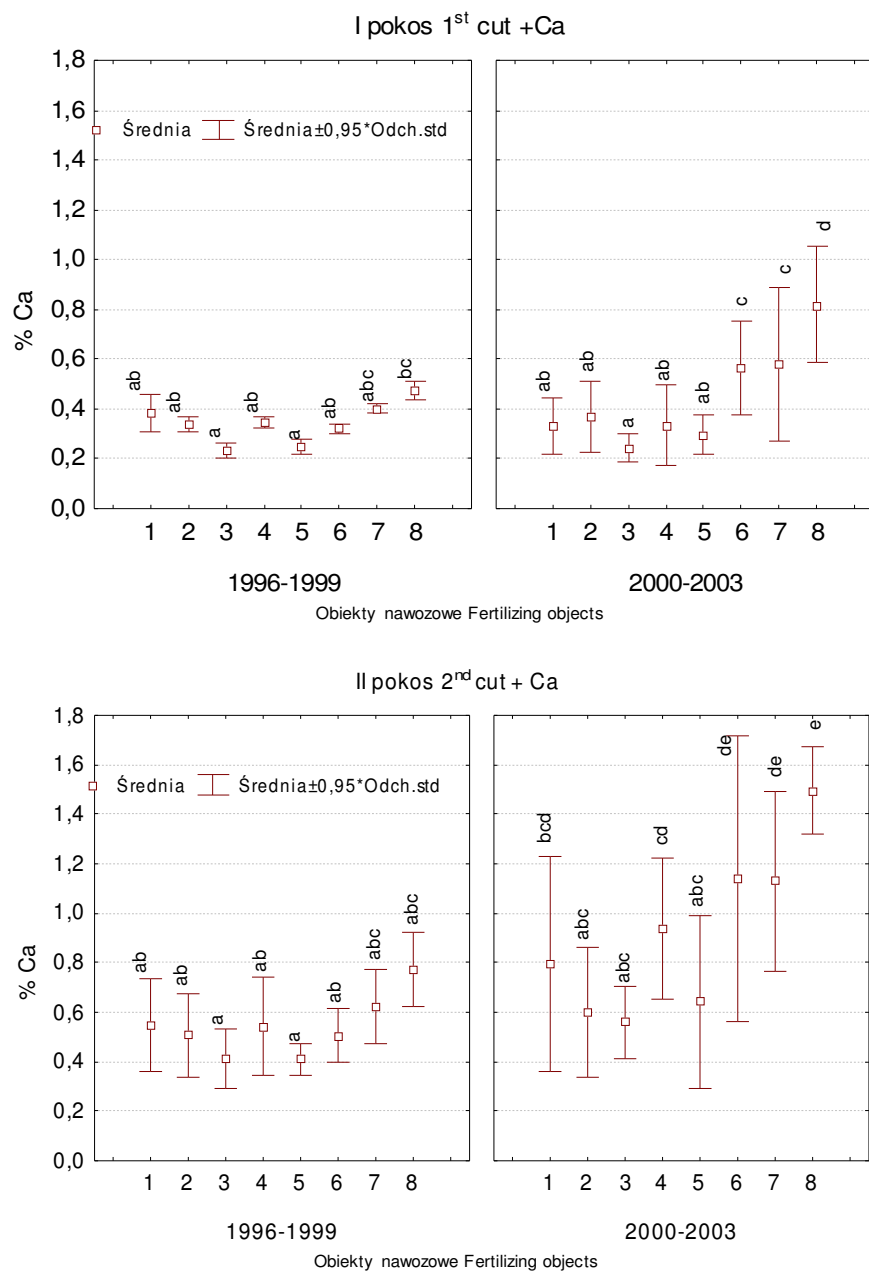
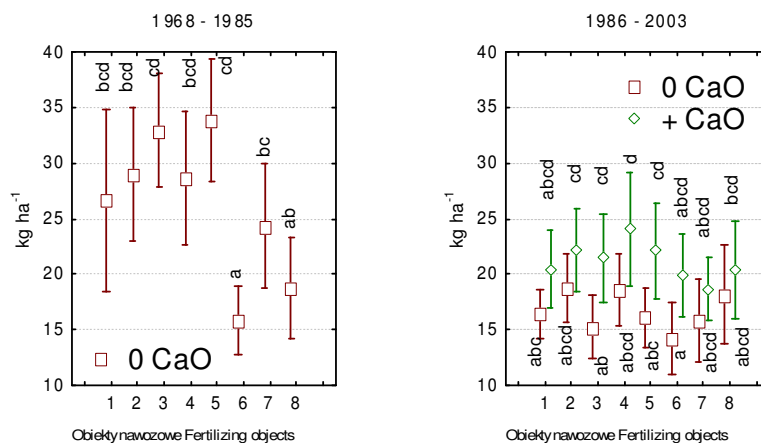


Figure 1. Mean calcium contents in the 1st and 2nd cut and in two series: 0 CaO (A) and +CaO (B) (homogenous groups Duncan's test of the periods 1996–2003)



Rycina 2. Średnie ilości pobranego wapnia (kg Ca ha^{-1}) w dwóch okresach (1968–1985 i 1986–2003) i seriach (0 CaO i +CaO)

Figure 2. Average amount of uptaken calcium (kg Ca ha^{-1}) in two periods (1968–1985 and 1986–2003) and in two series (0 CaO and +CaO)

gleby w wapń wymienny nie jest jednoznaczne ze zwiększeniem plonów i pobrania tego składnika. Rozwiązaniem wydaje się nawożenie mikroelementami, przy czym dyskusyjny zawsze pozostanie poziom i dobór mikroelementów. Wynika to z dużego zróżnicowania zawartości mikroelementów, z braku specyficznych objawów ich niedoborów oraz buforowania ich przez urozmaiconą gatunkowo runi. Zastosowana w doświadczeniu dawka mikroelementów była zalecaną dawką w nawożeniu zachowawczym. Efekt jej zastosowania w odniesieniu do wapnia w runi (ryc. 1) skłania do wniosku, że w obiektach z jednostronnym nawożeniem, w których plony nie były najwyższe, dawka ta była uzasadniona. W przypadku tego doświadczenia i plonów suchej masy runi na poziomie około 7 Mg ha^{-1} dawka Mikrovitu-1 powinna być kilkakrotnie zwiększona.

Zawartość wapnia w runi jest poniekąd obrazem jego zawartości w glebie. W tabeli 4 przedstawiono zawartość wymiennego wapnia w profilu glebowym. Największe zróżnicowanie w wyniku nawożenia nastąpiło w wierzchnim poziomie gleby poszczególnych obiektów. Najmniejsza zawartość wapnia była w glebie obiektów nawożonych 180 kg N+PK . Zastosowane wapnowanie znacząco zwiększało zawartość w glebie wszystkich obiektów nawozowych. Zróżnicowanie międzyobiektywne utrzymywało się nadal, jednak bez szczególnego

ukierunkowania w obiektach z NPK. Zawartość wapnia w niższych poziomach świadczy o silnym oddziaływaniu powierzchniowo zastosowanego zabiegu na przemieszczanie się tego składnika w glebie.

Tabela 4. Zawartość wapnia wymiennego i pH w KCl w glebie w roku 2000 w trzech warstwach
Table 4. The content of exchangeable calcium in soil and soil pH in KCl in three layers in 2000

Obiekty nawozowe	Wapń wymienny Exchangeable calcium mg 100 g ⁻¹ gleby soil						pH 1 mol KCl dm ⁻³					
	0 CaO			+CaO			0 CaO			+CaO		
	0-10 cm	10-20 cm	20-45 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-45 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-45 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-45 cm
PK	55	39	36	174	88	61	3,8	3,9	4,0	6,0	4,9	4,6
PK+N _{1an}	65	42	39	154	83	60	3,9	3,9	4,1	5,5	4,7	4,4
PK+N _{2an}	39	33	37	169	82	60	3,6	3,9	4,2	5,8	4,7	4,4
PK+N _{1u}	59	42	41	201	95	61	3,9	4,0	4,2	6,3	5,0	4,6
PK+N _{2u}	49	34	36	171	81	46	3,7	3,9	4,1	5,9	4,8	4,4
N _{1an}	72	42	43	142	77	53	4,1	4,0	4,2	5,2	4,6	4,3
P	99	67	52	186	96	57	4,2	4,1	4,2	5,7	4,7	4,4
„0”	95	64	53	158	95	70	4,3	4,0	4,0	5,4	4,7	4,5

WNIOSKI

1. Systematyczne, wieloletnie nawożenie NPK spowodowało zmniejszenie zawartości wapnia w runi łąkowej do wartości poniżej kryterium paszowego, utrzymujących się pomimo wapnowania. Zawartości wapnia w runi są odwrotnie proporcjonalne do dawki azotu stymulującej plony, a tym samym, szczególnie w początkowym okresie doświadczenia, odprowadzenia większych ilości wapnia z plonem.

2. Dolistne zachowawcze nawożenie mikroelementami nieznacznie stymulowało plony suchej masy runi i w istotny sposób zwiększało zawartość wapnia w runi, szczególnie w odniesieniu do runi bez nawożenia i z jednostronnym nawożeniem P lub N.

3. Dolistne nawożenie mikroelementowe działało korzystniej na zwiększenie zawartości wapnia w runi serii wapnowanej niż w serii bez wapnowania.

PIŚMIENICTWO

- Czuba R. 1996. Celowość możliwości uzupełniania niedoborów mikroelementów u roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434, I, 55–64.
- Doboszyński L. 1996. Nawożenie użytków zielonych w świetle prac polskich – lata 1945-1990. Biblioteczka Wiadomości IMUZ Falenty, 88.
- Gorlach E., Curyło T. 1990. Reakcja runi łąkowej na wapnowanie w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia mineralnego Rocz. Gleb. 41, 1/2, 117–131.
- Kopeć M. 2000. Dynamika plonowania i jakości runi łąki górskiej w okresie trzydziestu lat trwania doświadczenia nawozowego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 267, Rozprawy.
- Kopeć M., Mazur K. 1996. Zawartość kationów wymiennych w glebie statycznego doświadczenia nawozowego w Czarnym Potoku. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 442, 227–236.
- Kruczyńska H. 1993. Wapń w paszach pochodzenia roślinnego na tle zapotrzebowania bydła. IMUZ Mat. Sem. nr 32 nt. „Problemy wapnowania użytków zielonych”. Falenty maj 1993.
- Sapek B. 1993. Studia nad wapnowaniem trwałego użytku zielonego na glebie mineralnej. Wyd. IMUZ Falenty, Rozprawy, 93 ss.
- Smoroń S., Kopeć S. 1993. Wapnowanie łąk górskich jako czynnik poprawy runi zdegradowanej wieloletnim nawożeniem mineralnym. Zesz. Nauk. AR w Krakowie Ser. Sesje Nauk. 37, II, 239–250.
- Smoroń S. 1995. Zmiany składu botanicznego łąk górskich różnie nawożonych i wapnowanych. W: Mat. Konf. „Kierunki rozwoju łąkarstwa na tle aktualnego poziomu wiedzy o najważniejszych jego działach”. Wyd. SGGW, Warszawa, 349–354.
- Tilman D., Dodd M., Poulton P., Johnston A., Crawley M. 1994. The Park Grass Experiment: Insights from the most long-term ecological study. W: Proc. Con. “Long-term experiments in agricultural and ecological sciences” 14-17 Jul 1993, CAB Internat., Wallingford, UK, 287–303.