

EUGENIUSZ GORLACH, TADEUSZ CURYŁO

REAKCJA RUNI ŁĄKOWEJ  
NA WAPNOWANIE W WARUNKACH WIELOLETNIEGO  
ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA MINERALNEGO \*

Katedra Chemii Rolnej Akademii Rolniczej w Krakowie

## WSTĘP

Krajowe badania z zakresu wapnowania dotyczą głównie gruntów ornych. Mało prowadzono dotąd doświadczeń nad wapnowaniem trwałych użytków zielonych [2, 6, 11]. Przyczyną tego jest zapewne duża tolerancja runi trawiastej w stosunku do odczynu i możliwość uzyskania wysokich plonów z łąk i pastwisk nawet na glebach o dużym zakwaszeniu [6, 7]. Obecnie w związku z intensyfikacją nawożenia problem wapnowania użytków zielonych wymaga ponownego rozpatrzenia. Jak wykazano w licznych badaniach, w wyniku stosowania na użytkach zielonych wysokich dawek nawozów mineralnych, zwłaszcza azotowych, następuje znaczne zakwaszenie i pogorszenie się niektórych innych wskaźników żyzności gleby [5, 9]. Ponadto pod wpływem intensywnego nawożenia zachodzi szybsze zubożanie gleby w wapń, a także w magnez w wyniku zwiększonego wynoszenia ich z plonem i wymywania z gleby [3, 8].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki uzyskane w ciągu 9-letniego okresu prowadzenia dwóch statycznych nawozowych doświadczeń łąkowych nad działaniem wapnowania na plonowanie runi i pobieranie przez rośliny potasu, sodu, magnezu i wapnia w zależności od naturalnej zasobności siedliska i fizykochemicznych właściwości gleby, zróżnicowanych w wyniku stosowanych już wcześniej przez 10 lat rozmaitych zestawów dawki NPK.

## WARUNKI I METODY BADAŃ

Doświadczenie (I i II) założono w 1969 r. na dwóch łąkach zlokalizowanych na glebach o skrajnie różnych właściwościach (tab. 1). Doświadczenie I założono na glebie brunatnej wylugowanej (kwaśnej)

\* Praca wykonana w ramach CPBP — 3.18.

Tabela 1

Niektóre właściwości gleby przed założeniem doświadczeń (1969 r.)  
Some properties of soils before setting up the experiments (1969)

Właściwości gleby Soil properties	Doświadczenie I Experiment I		Doświadczenie II Experiment II	
	warstwa gleby — soil layer (cm)			
	0-10	11-20	0-10	11-20
Skład granulometryczny w % frakcji: Granulometrical composition in % fractions:				
1-0,1 mm	64	64	16	24
0,1-0,02 mm	24	22	45	39
< 0,02 mm	12	14	39	37
Materia organiczna — Organic matter (%)	1,3	1,1	5,8	3,8
pH-KCl	5,2	5,6	6,1	6,2
Kwasowość hydrolityczna (Hh) — Hydrolytic acidity (Hh), meq/100 g	1,7	1,4	1,9	1,3
Suma zasad wymiennych (S) — Total exchangeable bases (S), meq/100 g	5,2	3,6	36,0	32,2
Pojemność sorpcyjna (T) — Cation exchange capacity (T), meq/100 g	6,9	5,0	37,9	33,5
Stopień nasycenia zasadami (V) (%) Degree of bases saturation (V)	75	72	95	96
K-ogółem — Total K (%)	0,83	0,83	1,49	1,49
Mg-ogółem — Total Mg (%)	0,06	0,06	0,30	0,29

o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego. W runi dominowała kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*). Doświadczenie II prowadzi się na łące typu wiechliny łąkowej (*Poa pratensis*) i perzu właściwego (*Agropyron repens*), na madzie brunatnej o składzie granulometrycznym pyłu ilastego.

Schemat doświadczeń obejmuje 8 obiektów, w 4 powtórzeniach, ze zróżnicowanym nawożeniem NPK; wielkość poletka równa się 50 m<sup>2</sup>. Po 10 latach na połowie każdego poletka wykonano jesienią 1978 r. wapnowanie w doświadczeniu I według 0,5 Hh i w doświadczeniu II według 1,0 Hh, z uwzględnieniem warstwy gleby do 20 cm. W pracy podano wyniki dotyczące plonowania runi i pobierania przez rośliny K, Na, Mg i Ca uzyskane w latach 1979 - 1987 na 7 obiektach, każdy w dwóch wariantach: bez wapna i z wapnowaniem.

Dawki nawozów NPK w latach 1969 - 1978 były jednakowe w obu doświadczeniach, natomiast w latach 1979 - 1987 w doświadczeniu II były nieco większe niż w doświadczeniu I (tab. 2). Do nawożenia używano saletry amonowej, superfosfatu, soli potasowej i wapna nawozowego zawierającego 91% CaCO<sub>3</sub>. Nawożenie azotowe i potasowe wykonywano

Tabela 2

Średnie roczne dawki N, P i K w kg/ha w latach 1969–1978 i 1979–1987 oraz dawki CaCO<sub>3</sub> w t/h<sup>a</sup> zastosowane w 1978 r. w wariantach z wapnowaniem  
 Mean annual doses of N, P and K in kg/ha for the years 1969–1978 and 1979–1987 and doses of CaCO<sub>3</sub> in t/ha applied in 1978 on variants with liming

Objekt Object	1969–1978			1979–1987							
	dośw. I i II exp. I and II			dośw. I – exp. I				dośw. II – exp. II			
	N	P	K	N	P	K	CaCO <sub>3</sub>	N	P	K	CaCO <sub>3</sub>
O	0	0	0	0	0	0	1,9	0	0	0	2,1
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	106	17,5	66,7	95	17,5	62	2,3	135	17,5	87	2,6
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	212	17,5	66,7	190	17,5	62	2,7	270	17,5	87	3,3
N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	318	17,5	66,7	285	17,5	62	3,3	405	17,5	87	4,4
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	212	35,0	133,4	190	35,0	124	2,7	270	35,0	174	3,2
N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	318	35,0	133,4	285	35,0	124	3,1	405	35,0	174	3,7
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	318	52,5	200,1	285	52,5	186	3,2	405	52,5	261	4,2

w trzech terminach: 40% dawki na wiosnę i po 30% po pierwszym i drugim pokosie. Superfosfat wysiewano w całości na wiosnę. Oprócz tego na wiosnę 1982 r. na wszystkie obiekty zastosowano 30 kg Mg oraz w latach 1985–1987 po 20 kg Mg na ha w formie siarczanu magnezu. Warunki klimatyczne w czasie prowadzenia obu doświadczeń były podobne. Suma opadów w okresie wegetacyjnym (IV–IX) w latach 1979–1987 wahała się od 260 do 587 mm. W każdym roku zbierano trzy pokosy siana.

W materiale roślinnym, po zmineralizowaniu na sucho, oznaczono zawartość K, Na i Ca za pomocą fotokolorymetru płomieniowego, a Mg — metodą spektrofotometrii absorpcyjnej. W próbkach glebowych, pobranych z warstwy 0–10 cm i 11–20 cm przed wapnowaniem w jesieni 1978 r. i po 8 latach po wapnowaniu, oznaczono pH potencjometrycznie, kwasowość hydrolityczną (*Hh*) i sumę zasad wymiennych (*S*) metodą Kappena, kwasowość wymienną metodą Daikuhary i glin wymienny sposobem Sokołowa.

#### WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Po 10 latach stosowania zróżnicowanego nawożenia NPK właściwości fizykochemiczne gleby uległy zmianie w stosunku do gleby wyjściowej (tab. 1, 3 i 4). Kierunek tych zmian był jednakowy w obu doświadczeniach w wierzchniej warstwie gleby. W miarę wzrostu dawki nawozów, szczególnie saletry amonowej, zwiększało się zakwaszenie gleby. Na obiektach z roczną dawką azotu 318 kg/ha (N<sub>3</sub>) i pH w 1 M KCl

Tabela 3

Właściwości fizykochemiczne gleby po 10 latach stosowania zróżnicowanego nawożenia NPK (1978 r.) i po 8 latach od wapnowania (1986 r.). Doświadczenie I – gleba lekka

Physico-chemical properties of soil after 10 years of differentiated NPK fertilization (1978) and after 8 years after liming (1986). Experiment I – light soil

Objekt Object	CaCO <sub>3</sub>	Warstwa gleby Soil layer cm	pH <sub>KCl</sub>		Al-wym. Exch. Al		Hh		S		V %	
			meq/100 g		1978	1986	1978	1986	1978	1986	1978	1986
O	O	0-10	4,7	4,5	0,2	0,2	2,6	3,0	5,2	3,5	67	54
		11-20	4,8	4,6	0,2	0,3	2,0	2,2	5,4	2,7	73	55
	+	0-10		5,3		0,1		2,0		5,3		73
		11-20		5,0		0,1		1,8		3,2		64
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	0-10	4,3	4,0	0,7	0,9	3,3	3,8	4,0	2,1	55	36
		11-20	4,8	4,6	0,2	0,4	2,1	2,3	4,2	2,5	67	52
	+	0-10		4,9		0,1		2,9		4,1		59
		11-20		4,7		0,2		2,0		2,9		59
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	0-10	3,9	3,8	1,3	1,5	4,0	4,5	3,2	1,6	44	26
		11-20	4,3	4,1	0,8	1,3	2,9	3,3	3,2	1,4	53	30
	+	0-10		4,7		0,2		2,9		3,7		56
		11-20		4,4		0,6		2,6		2,1		43
N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	0-10	3,7	3,7	1,7	1,7	4,4	4,8	3,1	1,4	41	23
		11-20	3,9	3,9	1,6	1,8	3,7	3,7	2,7	0,9	42	20
	+	0-10		4,6		0,4		3,2		3,4		52
		11-20		4,1		1,1		3,1		1,6		34
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	O	0-10	3,9	3,8	1,1	1,4	4,1	4,7	3,5	2,0	46	30
		11-20	4,3	4,4	0,9	0,7	2,9	2,9	3,7	2,4	56	45
	+	0-10		4,5		0,3		3,2		3,6		53
		11-20		4,4		0,6		2,7		2,4		47

$N_3P_2K_2$	O	0-10	3,8	3,6	1,6	1,4	4,6	4,9	3,0	1,8	40	27
		11-20	3,9	3,8	1,6	1,7	3,7	3,0	2,8	1,0	43	20
	+	0-10		4,2		0,5		3,7		3,3		47
		11-20		4,0		1,0		3,1		1,5		33
$N_3P_3K_3$	O	0-10	3,7	3,6	1,3	1,5	4,6	5,1	2,8	1,7	38	25
		11-20	4,0	3,8	1,5	1,6	3,7	3,9	2,8	1,2	43	24
	+	0-10		4,2		0,4		3,5		3,6		51
		11-20		4,1		0,7		3,0		2,0		40

Tabela 4

Właściwości fizykochemiczne gleby po 10 latach stosowania zróżnicowanego nawożenia NPK (1978 r.) i po 8 latach od wapnowania (1986 r.). Doświadczenia II – gleba ciężka

Physico-chemical properties of soil after 10 years of differentiated NPK fertilization (1978) and after 8 years after liming (1986). Experiment II – heavy soli

Obiekt Object	CaCO <sub>3</sub>	Warstwa gleby Soil layer cm	pH <sub>KCl</sub>		Hw		Hh		S		V %	
					meq/100 g							
			1978	1986	1978	1986	1978	1986	1978	1986	1978	1986
O	O	0-10	5,7	5,8	0,07	0,17	2,4	2,4	33,7	30,9	93	93
		11-20	5,8	5,9	0,06	0,06	1,7	1,7	30,3	28,4	95	94
	+	0-10		6,2		0,08		1,6		33,3		95
		11-20		6,1		0,06		1,2		28,4		96
$N_1P_1K_1$	O	0-10	5,2	5,5	0,11	0,13	3,4	3,1	28,9	29,8	89	91
		11-20	5,7	5,7	0,07	0,07	1,8	2,0	28,5	30,2	94	94
	+	0-10		6,2		0,07		1,5		32,6		96
		11-20		6,2		0,04		1,1		30,5		96

c.d. tabeli 4  
(continued)

Objekt Object	CaCO <sub>3</sub>	Warstwa gleby Soil layer cm	pH <sub>KCl</sub>		Hw		Hh		S		V %	
			mcq/100 g									
			1978	1986	1978	1986	1978	1986	1978	1986	1978	1986
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	0-10	4,8	4,8	0,18	0,24	5,2	4,9	29,1	24,1	85	83
		11-20	5,7	6,0	0,07	0,05	1,7	1,5	28,1	28,6	94	95
	+	0-10		5,7		0,10		2,5		30,4		92
		11-20		6,3		0,04		0,9		30,4		97
N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	0-10	4,5	4,6	0,31	0,38	6,8	7,1	26,5	23,9	80	77
		11-20	6,1	6,0	0,07	0,06	1,2	1,6	29,9	30,3	96	95
	+	0-10		5,4		0,16		3,9		28,7		88
		11-20		6,3		0,05		1,0		28,6		97
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	O	0-10	4,9	5,2	0,22	0,16	4,9	4,1	28,7	28,9	86	88
		11-20	5,8	5,9	0,07	0,06	1,5	1,6	27,4	30,2	95	95
	+	0-10		6,0		0,09		1,9		31,3		94
		11-20		6,2		0,05		1,0		30,4		97
N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	O	0-10	4,8	5,1	0,25	0,21	5,9	5,0	29,9	28,4	84	85
		11-20	6,1	6,1	0,08	0,06	1,2	1,3	29,9	31,8	96	96
	+	0-10		5,8		0,10		2,8		31,6		92
		11-20		6,5		0,02		0,7		31,5		98
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	O	0-10	4,5	4,7	0,45	0,35	7,5	6,3	26,6	23,8	78	79
		11-20	5,9	5,9	0,09	0,07	1,3	1,6	29,5	28,5	96	95
	+	0-10		5,6		0,10		3,1		30,7		91
		11-20		6,3		0,04		1,1		32,7		97

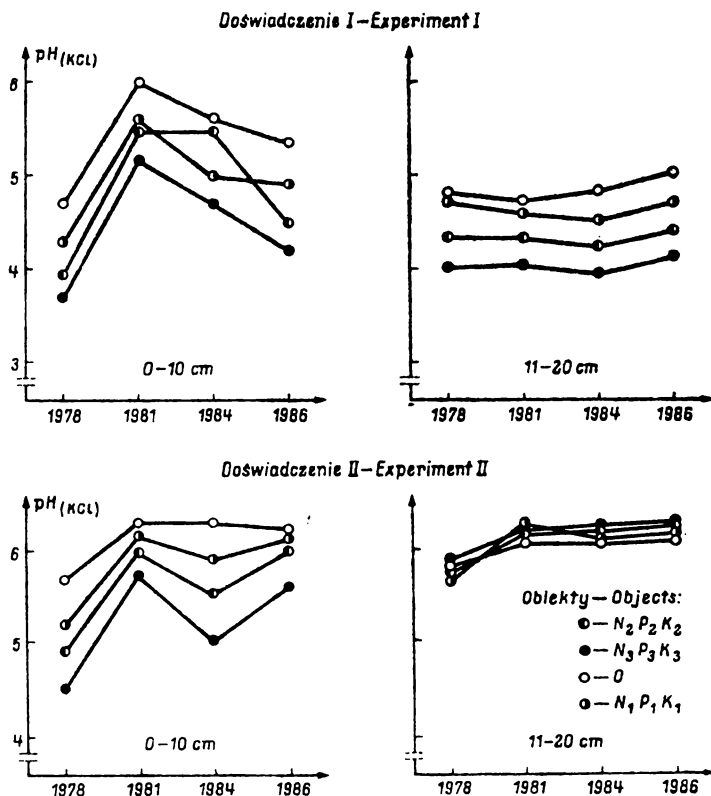
w warstwie gleby 0 - 10 cm obniżyło się w doświadczeniu I (gleba lekka) z 5,2 do 3,7 - 3,8, a w doświadczeniu II (gleba ciężka) z 6,1 do 4,5 - 4,8 zależnie od poziomu nawożenia fosforowo-potasowego. Podobny kierunek zmian odczynu wystąpił w warstwie 11 - 20 cm gleby lekkiej, natomiast kwasowość tej warstwy gleby ciężkiej nie odbiegała w większym stopniu od kwasowości gleby wyjściowej.

Zróżnicowanie odczynu znajduje odbicie w odpowiednich zmianach kwasowości hydrolitycznej i wymiennej oraz w stopniu wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami. W miarę wzrostu zakwaszenia gleby pod wpływem nawożenia zwiększa się udział kwasowości wymiennej w potencjalnej kwasowości, szczególnie w doświadczeniu na glebie lekkiej. Na obiektach z  $N_3$  w tym doświadczeniu ponad 90% wielkości kwasowości wymiennej stanowi glin wymienny. Obecność Al-wymiennego uważana jest za główną przyczynę ujemnego działania kwaśnego odczynu gleby na wzrost roślin [1]. W doświadczeniu na madzie pyłowo-ilastej uruchamianie kwasowości wymiennej nie jest tak wyraźne, niemniej na obiektach z  $N_3$  pojawił się w niewielkiej ilości glin wymienny.

Z biegiem trwania badań (1979 - 1986) zakwaszenie gleby na wariantach nie wapnowanych w doświadczeniu I zwiększa się (tab. 3). Podobnie jak we wcześniejszym okresie dotyczy to obu badanych warstw gleby. Natomiast w doświadczeniu II zakwaszenie gleby w 1986 r. albo nie uległo zmianie, albo nawet nieznacznie zmniejszyło się w porównaniu z 1978 r. Przyczyną tego jest prawdopodobnie wzbogacenie gleby w składniki zasadowe w drodze podsiąkania. Poziom wody gruntowej na wiosnę 1985 r. był przez długi czas bardzo wysoki, prawie pod darnią łąkową.

Wapnowanie w doświadczeniu I według 0,5 Hh i w doświadczeniu II według 1,0 Hh spowodowało wyraźne zmniejszenie zakwaszenia gleby, co można obserwować jeszcze po 8 latach od jego wykonania (tab. 3 i 4). Porównanie wartości pH po 3, 6 i 8 latach od wapnowania na 4 obiektach ze wzrastającym poziomem nawożenia NPK wskazuje na pewne zróżnicowanie zmian kwasowości pomiędzy oboma siedliskami łąkowymi (rys. 1). W doświadczeniu I efekt stosowania wapna w miarę upływu czasu maleje w warstwie gleby 0 - 10 cm, a zwiększa się w warstwie 11 - 20 cm. W doświadczeniu II działanie wapna na odczyn gleby utrzymuje się w okresie 8 lat mniej więcej na jednakowym poziomie w warstwie 11 - 20 cm oraz na obiekcie bez nawożenia również w warstwie 0 - 10 cm. Natomiast na obiektach nawożonych NPK pH w warstwie 0 - 10 cm obniżyło się po 6 latach od wapnowania i znowu zwiększyło się w 1986 r., prawdopodobnie w wyniku wzbogacenia gleby w składniki zasadowe w drodze podsiąkania, o czym już wspomniano. Podobne zależności wystąpiły na pozostałych obiektach.

Działanie wapnowania na plon runi łąkowej zależało od siedliska łąkowego i wielkości dawki NPK (tab. 5). Wapno istotnie zwiększyło



Rys. 1. Odczyn gleby przed wapnowaniem (1978 r.) oraz po 3, 6 i 8 latach, po wapnowaniu zależnie od dawki NPK

Fig. 1. Reaction of soil before liming (1978) and after 3, 6 and 8 years after liming as related to NPK dose

plonowanie runi tylko w doświadczeniu I w ciągu całego 9-letniego okresu prowadzenia badań na obiektach ze średnim ( $N_2$ ) i wysokim ( $N_3$ ) poziomem nawożenia azotowego.

Przyczyny niejednakowego efektu wapnowania w obu doświadczeniach i na poszczególnych obiektach należy dopatrywać się w różnym stopniu zakwaszenia gleby. Istotna reakcja runi łąkowej na wapnowanie, wyrażona przyrostem suchej masy, wystąpiła na wszystkich obiektach z pH w 1 M KCl w wierzchniej warstwie przed wapnowaniem mniejszym od 4,0, zawartością Al-wymennego większą od 1 meq/100 g i stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami poniżej 50% (tab. 3). Wyniki doświadczenia potwierdzają więc opinię, że run trawiasta charakteryzuje się dużą tolerancją w stosunku do odczynu gleby, a jej reakcji na wapnowanie należy oczekiwać dopiero na glebach bardzo kwaśnych [11]. Dlatego też jest wątpliwe, czy można uznać pH wynoszące 5,5 jako granicę, poniżej której gleby mineralne użytków zielonych należy wapnować, jak to sugerują niektórzy autorzy [4].



Tabela 5

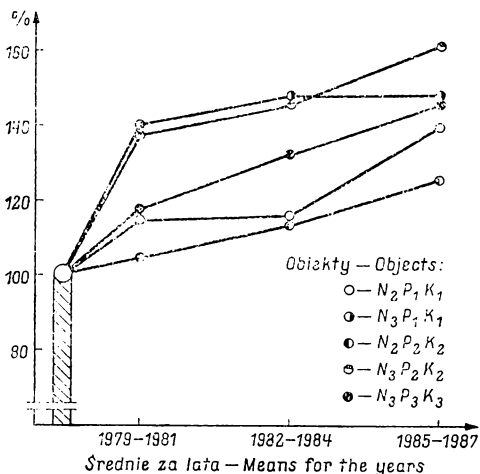
Średnie roczne plony suchej masy runi w t/ha w latach 1979–1981, 1982–1984, 1985–1987 i 1979–1987  
 Mean annual yields of plant dry mass in t/ha for the years 1979–1981, 1982–1984, 1985–1987 and 1979–1987

Obiekt Object	CaCO <sub>3</sub>	Doświadczenie I Experiment I				Doświadczenie II Experiment II			
		1979– –1981	1982– –1984	1985– –1987	1979– –1987	1979– –1981	1982– –1984	1985– –1987	1979– –1987
O	O	3,1	1,9	2,7	2,6	3,7	2,6	4,4	3,6
	+	3,5	2,0	2,6	2,7	3,3	2,3	4,5	3,4
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	6,5	5,1	5,8	5,8	8,8	7,7	9,2	8,6
	+	7,0	4,5	6,1	5,9	8,2	7,1	9,1	8,1
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	6,6	5,6	5,7	6,0	9,6	9,6	10,4	9,9
	+	7,6	6,6	8,0	7,4	9,7	10,0	11,5	10,4
N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	5,0	4,3	4,9	4,7	10,6	10,4	11,1	10,7
	+	7,0	6,4	7,3	6,9	9,9	10,4	10,9	10,4
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	O	8,3	6,6	7,0	7,3	12,1	11,4	12,0	11,8
	+	8,7	7,5	8,8	8,3	12,0	11,7	13,0	12,2
N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	O	6,1	5,5	5,8	5,8	12,1	11,6	12,7	12,1
	+	8,5	8,1	9,4	8,7	12,3	12,1	13,2	12,5
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	O	7,7	6,5	7,5	7,2	13,4	12,3	13,0	12,9
	+	9,1	8,6	11,0	9,6	13,0	12,9	13,5	13,1
NIR – LSD									
dla – for: NPK		0,47	0,55	0,54	0,44	0,57	0,85	0,74	0,42
CaCO <sub>3</sub>		0,26	0,23	0,21	0,19	0,50	–*	0,25	–*

\* Różnice nieistotne – not significant

Działanie wapna na plonowanie runi łąkowej zależało nie tylko od kwasowości gleby, ale również od zestawu dawki NPK. Na ogół w miarę wzrostu dawki PK na tle jednakowego nawożenia azotowego efektywność wapnowania zmniejszyła się, pomimo że kwasowość gleby nie wykazuje większego zróżnicowania (tab. 5). Na przykład na obiekcie N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> plon suchej masy runi za 9-letni okres wzrósł pod wpływem wapna o 23%, natomiast na obiekcie N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> tylko o 14%. Podobnie na obiekcie N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K<sub>3</sub> przyrost plonu w wyniku wapnowania wynosi 33%, na obiekcie N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> — 50%, a na obiekcie N<sub>3</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> — 47%. Działanie wapnowania na obiekcie N<sub>3</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> ograniczał prawdopodobnie niedobór potasu, na co wskazuje mała zawartość K w masie roślinnej. Z danych tych wynika, że wapnowanie łagodzi ujemne skutki niezrównoważonego nawożenia NPK.

Jak widać z rysunku 2, efekt działania wapna na ogół zwiększał się z czasem trwania badań, pomimo że jego wpływ na odczyn gleby zmniejszał się. Jeśli przyjąć plon na wariancie bez wapnowania za 100, to na wariancie z CaCO<sub>3</sub> obiektu N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>11</sub> wyraża się on liczbą 115 dla lat 1979 –



Rys. 2. Wpływ wapniowania na plon suchej masy runi w doświadczeniu I w liczbach względnych zależnie od czasu trwania badań (plon na wariantach bez  $\text{CaCO}_3 = 100$ )

Fig. 2. Effect of liming on the yield of plant dry mass in experiment I in relative numbers depending on the duration of experiment (yield on the variants without  $\text{CaCO}_3 = 100$ )

1981, 118 dla lat 1982 - 1984 i 140 dla lat 1985 - 1987. Podobne zależności występują na większości pozostałych obiektów z reakcją na wapnowanie.

Jednym z celów pracy było prześledzenie wpływu wapnowania na pobieranie przez rośliny potasu, sodu, magnezu i wapnia. Wyniki stanowiące średnie wartości za lata 1979 - 1987 na ogół potwierdzają zależności podane we wcześniejszej publikacji, w której omówiono wpływ wapnowania na skład chemiczny runi z punktu widzenia jej wartości pokarmowej przez 6-letni okres prowadzenia tych doświadczeń [10]. Działanie wapna na zawartość wymienionych makroelementów zależało od składnika i siedliska łąkowego.

Z nielicznymi wyjątkami wapnowanie zwiększało w obu doświadczeniach zawartość Ca w roślinach i jego pobranie z plonem, przy czym silniej w tym względzie działało ono w doświadczeniu I niż w doświadczeniu II (tab. 6 i 7). Do wyjątków należą obiekty: bez nawożenia i  $N_1P_1K_1$  doświadczenia II. Na obiektach tych wapno spowodowało zmniejszenie zawartości i pobrania Ca przez run. Przyczyną tego są prawdopodobnie zmiany w składzie florystycznym runi pod wpływem wapnowania. Na obiektach z dodatnią reakcją — wzrost zawartości Ca w roślinach jest niewielki i nawet na obiektach z największym zakwaszeniem gleby (doświadczenie I, obiekt  $N_3P_1K_1$ ) wynosi około 62% w stosunku do wariantu bez wapnowania (z 0,24 na 0,39%).

Wpływ wapna na pobranie Ca z plonem jest w doświadczeniu I na większości obiektów znacznie większy niż na jego zawartość w runi.

Tabela 6

Wpływ wapnowania na zawartość K, Na, Mg i Ca w runi (średnie ważone za lata 1979–1987)  
Effect of liming on the content of K, Na, Mg and Ca in plants (weighted means for the years 1979–1987)

Objekt Object	CaCO <sub>3</sub>	Doświadczenie I Experiment I				Doświadczenie II Experiment II			
		zawartość w % suchej masy – content in % of dry mass							
		K	Na	Mg	Ca	K	Na	Mg	Ca
O	O	1,65	0,12	0,29	0,48	1,45	0,22	0,33	0,72
	+	1,66	0,11	0,30	0,55	1,44	0,22	0,35	0,68
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	1,77	0,08	0,20	0,33	1,56	0,21	0,36	0,62
	+	1,76	0,08	0,22	0,42	1,53	0,18	0,34	0,58
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	1,53	0,06	0,18	0,30	1,34	0,17	0,34	0,51
	+	1,38	0,06	0,21	0,43	1,29	0,14	0,33	0,53
N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	1,65	0,03	0,18	0,24	1,28	0,13	0,32	0,45
	+	1,42	0,04	0,19	0,39	1,26	0,13	0,35	0,51
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	O	2,11	0,06	0,16	0,29	1,87	0,10	0,24	0,42
	+	2,02	0,07	0,18	0,38	1,71	0,10	0,26	0,45
N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	O	2,19	0,03	0,14	0,25	0,73	0,09	0,26	0,41
	+	1,99	0,05	0,16	0,36	1,60	0,08	0,26	0,44
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	O	2,76	0,05	0,13	0,25	2,23	0,07	0,20	0,37
	+	2,38	0,06	0,15	0,35	2,19	0,07	0,23	0,43

Jeżeli średnią za lata 1979 - 1987 zawartość Ca w runi i pobranie z plonem na wariacie bez CaCO<sub>3</sub> przyjąć za 100, to jego zawartość na wariacie z wapnem wyraża się, zależnie od obiektu, liczbami w granicach 115 - 162, a pobranie od 116 do 232. Odpowiednie wartości w doświadczeniu II na obiektach z dodatnią reakcją na wapnowanie wynoszą: 104 - 116 i 110 - 119. Należy zaznaczyć, że zawartość w roślinach i pobranie Ca z plonem zarówno na wariantach nie wapnowanych, jak i z wapnem w doświadczeniu II są znacznie większe niż w doświadczeniu I. Wynika to z wyższej naturalnej zasobności siedliska łąkowego w doświadczeniu II (tab. 1).

Na rysunku 3 przedstawiono efekt działania wapna na pobranie Ca z plonem na 5 obiektach z dodatnią reakcją runi na wapnowanie w doświadczeniu I oraz na pięciu odpowiadających im obiektach doświadczenia II zależnie od czasu trwania badań. Działanie wapnowania zaznaczyło się w obu doświadczeniach w całym 9-letnim okresie. Jednakże wpływ tego zabiegu na pobranie Ca przez rośliny był w doświadczeniu II w ciągu 9 lat podobny, a w doświadczeniu I najpierw zwiększał się z czasem prowadzenia doświadczenia, a następnie utrzymywał się na jednakowym poziomie. I tak ilość pobranego Ca z plonem w wyniku nawożenia CaCO<sub>3</sub> powiększyła się w stosunku do wariantu bez wapna w doświadczeniu II, zależnie od obiektu, o 6 - 19% w latach 1979 - 1981, 7 - 17% w latach 1982 - 1984 i o 8 - 22% w latach 1985 - 1987. Odpowied-

Tabela 7

Wpływ wapnowania na pobranie K, Na, Mg i Ca z plonem (średnie roczne za lata 1979–1987)  
 Effect of liming on the uptake of K, Na, Mg and Ca with yield (mean annual quantity for the years 1979–1987)

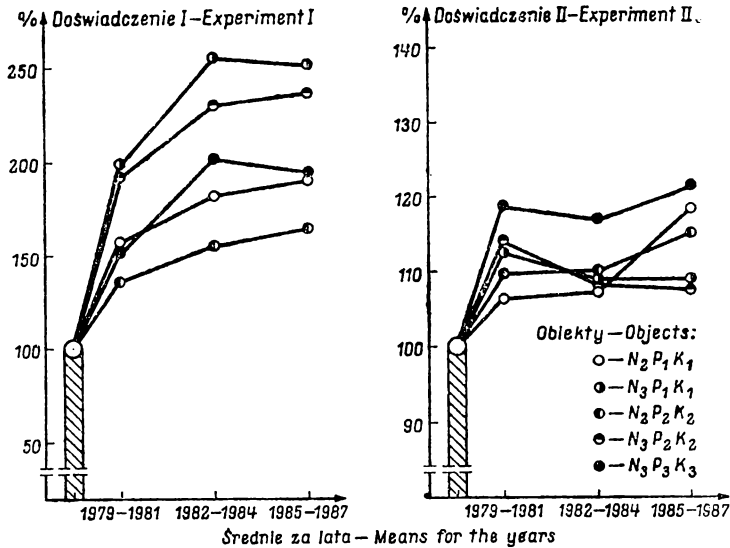
Obiekt Object	CaCO <sub>3</sub>	Doświadczenie I Experiment I				Doświadczenie II Experiment II			
		K	Na	Mg	Ca	K	Na	Mg	Ca
kg/ha									
O	O	43,9	3,1	7,7	12,8	51,8	7,9	11,9	25,8
	+	44,9 (102)*	3,1 (100)	8,1 (105)	14,9 (116)	48,7 (94)	7,3 (92)	11,8 (99)	23,2 (90)
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	102,8	4,5	11,8	19,4	134,1	18,3	30,9	53,3
	+	103,5 (101)	4,6 (102)	12,6 (107)	24,7 (127)	124,2 (93)	14,3 (78)	27,7 (90)	47,5 (89)
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	91,0	3,5	10,6	17,9	131,9	16,5	34,0	50,1
	+	100,6 (110)	4,6 (131)	15,2 (143)	31,3 (175)	134,2 (102)	14,7 (89)	34,8 (102)	55,0 (110)
N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	O	78,4	1,6	8,4	11,5	137,2	13,7	34,6	48,4
	+	96,9 (124)	3,0 (187)	12,8 (152)	26,7 (232)	131,3 (96)	13,1 (96)	36,2 (105)	53,6 (111)
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	O	154,0	4,2	11,6	21,4	221,2	11,8	29,0	50,1
	+	168,6 (109)	6,0 (143)	15,2 (131)	32,1 (150)	210,0 (95)	11,7 (99)	31,6 (109)	55,7 (111)
N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	O	127,4	1,8	8,2	14,3	210,3	10,6	31,6	49,9
	+	170,2 (134)	4,0 (222)	13,7 (167)	31,2 (218)	200,5 (95)	9,8 (92)	32,6 (103)	55,0 (110)
N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	O	199,4	3,3	9,1	18,4	287,8	9,2	26,4	47,2
	+	228,3 (114)	5,2 (158)	14,3 (157)	33,2 (180)	287,3 (100)	8,6 (93)	29,7 (112)	56,3 (119)

\* W nawiasie: pobranie w liczbach względnych (wariant bez CaCO<sub>3</sub> = 100)  
 In brackets: uptake in relative numbers (variant without CaCO<sub>3</sub> = 100)

nie wartości w doświadczeniu I wynoszą: 36 - 98%, 56 - 157% i 65 - 151%.

Wapnowanie nie wywierało większego wpływu na zawartość Na i Mg w roślinach obu doświadczeń (tab. 6). Pobranie wymienionych składników z plonem pozostawało w ścisłym związku z działaniem wapna na plonowanie runi (tab. 5 i 7). W doświadczeniu I, szczególnie na obiektach z dodatnią reakcją na wapnowanie, wzrostowi plonu towarzyszyło zwiększenie pobrania Na i Mg. W doświadczeniu II, w którym wapno nie miało wpływu na wielkość plonu, albo nie wpłynęło ono na pobranie wymienionych składników, albo nawet nieznacznie zmniejszyło ich pobranie z plonem.

Wpływ wapnowania na zawartość K w runi był różny w obu siedliskach łąkowych. W doświadczeniu II, w którym nie stwierdzono działania CaCO<sub>3</sub> na wielkość plonu suchej masy, nie miało ono też więk-



Rys. 3. Wpływ wapnowania na pobranie Ca z plonem w liczbach względnych zależnie od czasu trwania badań  
(pobranie Ca na wariantach bez  $\text{CaCO}_3 = 100$ )

Fig. 3. Effect of liming on the uptake of Ca with yield in relative numbers depending on the duration of the experiment  
(uptake of Ca on variants without  $\text{CaCO}_3 = 100$ )

szego wpływu na zawartość K w roślinach i jego pobranie z plonem. W doświadczeniu I zawartość K w masie roślinnej była ujemnie skorelowana z plonem i zmniejszyła się tylko na obiektach z dodatnią reakcją runi na zastosowane wapno. Natomiast pobranie K z plonem pod wpływem wapna nieco zwiększyło się. Stymulujące działanie wapnowania na absorpcję potasu w tym doświadczeniu mogło nastąpić na drodze pośredniej przez poprawę warunków wzrostu roślin. Pitman [12] zwrócił uwagę na zależność między warunkami wegetacji a pobieraniem potasu przez rośliny. Stwierdził on, że rośliny, które rosły słabo, pobierały też mniejsze ilości potasu.

#### STRESZCZENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

1. Efekt działania wapnowania na plonowanie runi łąkowej zależał od stopnia zakwaszenia gleby i zestawu dawki NPK. Dodatnia reakcja na wapnowanie wystąpiła na wszystkich obiektach z pH w KCl w warstwie wierzchniej mniejszym od 4,0, zawartością Al-wymiennego większą od 1 meq/100 g i stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami poniżej 50%. Efektywność wapnowania zwiększyła się w warunkach nie zrównoważonego nawożenia NPK z przewagą azotu w dawce nawozowej.

2. Wpływ wapnowania na kwasowość gleby i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami był widoczny jeszcze po 8 latach od zastosowania wapna. W miarę upływu czasu kwasowość, szczególnie w doświadczeniu na piasku gliniastym lekkim, zwiększała się w warstwie gleby 0 - 10 cm, a zmniejszała w poziomie 11 - 20 cm.

3. Zmiany kwasowości gleby nie pokrywały się z efektywnością wapnowania, wyrażoną przyrostem plonów suchej masy. Ogólnie biorąc, działanie wapna było bardziej efektywne w końcowym okresie 9-letnich badań niż w początkowym, pomimo że pH gleby obniżyło się. Świadczy to o długotrwałości działania wapnowania wykonanego na łąkach.

4. Wpływ wapnowania na pobieranie potasu przez roślinność łąkową był niewielki i wyraźniej zaznaczył się stymulowaniem jego absorpcji w warunkach silnie kwaśnego odczynu gleby.

5. Wapnowanie nie miało wpływu na zawartość sodu i magnezu w runi, natomiast pobranie tych składników było dodatnio skorelowane z plonem suchej masy.

6. Wapnowanie zwiększało zawartość Ca w roślinach w ciągu całego 9-letniego okresu badań, przy czym jego działanie było znacznie większe w siedlisku łąkowym o niskiej naturalnej zasobności.

#### LITERATURA

- [1] Blasl S., Bachler W. pH-bedingte Pflanzentoxizität und Kalkwirkung. Die Bodenkultur 1982, 33 s. 16 - 40.
- [2] Borowiec J., Szajda A. Potrzeby i efekty wapnowania łąk na kwaśnych glebach torfowych. Wiad. Melior. i Łąk 1976, 6 s. 157 - 159.
- [3] Glezach torfowych. Wiad. Melior. i Łąk 1976, 6 s. 157 - 159.
- [3] Czubiński Z., Praczyński J. Wpływ nawożenia mineralnego łąk na chemizm wód gruntowych. Roczn. Nauk Rol. A-101, 1976, 4 s. 101 - 118.
- [4] Czuba R. Stosowanie nawozów wapniowych i magnezowych na użytkach zielonych. Wiad. Mel. 1970, 11 s. 310 - 311.
- [5] Czuba R., Murzyński J. Zmiany niektórych właściwości gleby łąkowej po 8-letnim stosowaniu wzrastających dawek azotu i potasu. Roczn. Nauk Rol. A-105, 1982, 3 s. 83 - 112.
- [6] Filipek J., Kasperczyk M., Skrijka P. Działanie wapnowania na łąkach górskich w zależności od poziomu nawożenia NPK. Acta Agr. et Silv., ser. Agr. 1978, 18, 1 s. 17 - 31.
- [7] Gorlach E., Curyło T. Działanie wieloletniego nawożenia na plonowanie runi łąkowej oraz zawartość azotu w roślinie i glebie zależnie od zestawu dawki NPK i warunków siedliskowych. Roczn. Glebozn. 1983, 34, 4 s. 13 - 28.
- [8] Gorlach E., Curyło T., Grzywnowicz I. Zmiany składu mineralnego runi łąkowej w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia mineralnego. Roczn. Glebozn. 1985, 36, 2 s. 85 - 99.
- [9] Gorlach E., Curyło T. The effect of NPK fertilization used for many years on physical-chemical properties of meadow soils. Pol. J. Soil Sci. 1987, 20, 2 s. 53 - 59.
- [10] Gorlach E., Curyło T. Wpływ wapnowania na plonowanie i skład chemiczny runi łąkowej w zależności od pH gleby. Acta Agr. et Silv., ser. Agr. 1987, 26 s. 109 - 133.

- [11] Ostrowski R. Wpływ nawożenia magnezem, sodem i wapniem na plonowanie pastwisk i zawartość niektórych składników mineralnych w runi. Roczn. Nauk Rol. F-78, 1979, 4 s. 77 - 91.
- [12] Pitman G. Uptake and transport of ions in barley seedlings. III. Correlation between transport to the shoot and relative growth rate. Austr. J. Biol. Sci. 1972, 25 s. 905 - 919.

З. ГОРЛЯХ, Т. ЦУРЫЛО

### РЕАГИРОВАНИЕ ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ИЗВЕСТКОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ

Кафедра агрохимии Сельскохозяйственной академии в Кракове

#### Резюме

На двух лугах расположенных на почвах с крайне разными свойствами (таблица 1) в 1969 г. были заложены удобрительные опыты, в которых определяли влияние дифференцированного удобрения NPK (таблица 2) на химический состав растений и свойства почвы. Спустя 10 лет ведения этих опытов на половине каждой делянки проводилось известкование: в опыте I-ом в соответствии с гидролитической кислотностью 0,5, а во II-ом — с гидролитической кислотностью 1,0 в слое почвы 0-20 см. В статье приводятся результаты полученные в период 1979-1987 гг. касающиеся влияния известкования на некоторые физико-химические свойства почвы, урожайность травостоя и усваивание калия, натрия, магния и кальция растениями.

Влияние известкования на кислоту почвы и степень насыщения сорбционного комплекса щелочами было заметным еще на 8-ой год от проведения известкования (таблицы 3, 4). Эффект влияния известкования на урожайность лугового травостоя зависел от степени закисления почвы и количественного состава дозы NPK. Положительное реагирование на известкование наблюдалось только в I-ом опыте на всех вариантах с  $pH_{KCl}$  в верхнем слое почвы до известкования меньше 4,0 при содержании обменного Al выше 1 мэкв/100 г и степенью насыщения сорбционного комплекса почвы щелочами ниже 50% (таблицы 3, 5). Действие кальция было более эффективным в конечном этапе 9-летних опытов, чем в начальном этапе, несмотря на то, что значение pH почвы снижалось (рисунки 1, 2). Эффективность известкования повышалась в условиях неуравновешенного удобрения NPK с преобладанием азота в дозе удобрения.

Известкование оказывало слабое влияние на усваивание калия растениями; это влияние обозначилось более заметно при стимулировании его усваивания в условиях сильно кислой реакции почвы (таблицы 6, 7). Известкование не влияло на содержание натрия и магния в травостое, тогда как усваивание этих элементов положительно коррелировало с урожаем сухого вещества. Применяемая известь повышала содержание Са в растениях на протяжении всего 9-летнего периода исследований, причем ее влияние было гораздо сильнее в I-ом опыте, заложенном на легкой почве (рисунок 3).

E. GORLACH, T. CURYŁO

RESPONSE OF THE MEADOW SWARD TO LIMING UNDER CONDITIONS  
OF LONG-TERM DIFFERENTIATED MINERAL FERTILIZATIONDepartment of Agricultural Chemistry  
Agricultural University of Cracow

## Summary

Fertilizing experiments were established on two meadows in 1969 on soils of extremely different properties (Table 1). The aim of the experiments was to determine the effect of differentiated NPK fertilization (Table 2) on the chemical composition of plants and on soil properties. After 10 years of the experiments liming was carried out on a half of each plot: in the experiment I — according to 0.5 of hydrolytic acidity, in the experiment II — according to 1.0 of hydrolytic acidity, in the soil layer of 0-20 cm. Results obtained in 1979-1987 concerning the effect of liming on some physico-chemical properties of soil, sward yielding and potassium, sodium, magnesium and calcium uptake by plants are presented in the paper.

The liming effect on soil acidity and the base saturation was visible still after 8 years since liming (Tables 3, 4). The liming effect on yielding of meadow sward depended on the soil acidification degree and the quantitative composition of NPK rate. A positive response to liming occurred in the experiment I only on all the  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  treatments in the upper soil layer before liming lower than 4.0, at the exchangeable Al content higher than 1 meq/100 g and the base saturation below 50% (Tables 3, 5). Liming appeared to be more effective at the final stage of the 9-year experiments than at the initial stage, despite lowering of the pH value (Figures 1, 2). The liming effectiveness intensified under conditions of non-equalized NPK fertilization with prevalence of nitrogen in the fertilizer rate. The liming effect on the potassium uptake by meadow vegetation was weak and was marked more distinctly by its uptake stimulation at a strongly acid reaction of soil (Tables 6, 7). Liming did not affect the sodium and magnesium content in the sward, whereas the uptake of these elements was positively correlated with the dry matter yield. The lime applied caused an increase of the Ca content in plants throughout the whole 9-year period of the experiments.

*Prof. dr Eugeniusz Gorlach*  
*Katedra Chemii Rolnej*  
*Akademia Rolnicza w Krakowie*  
*31-120 Kraków, Mickiewicza 21*

*Praca wpłynęła do redakcji w lipcu 1989 r.*