

W. BOGUSZEWSKI, M. KAC-KACAS  
*Pracownia Nawożenia IUNG w Puławach*

## UWAGI O PROBLEMACH WAPNOWANIA GLEB W POLSCE

### CZEŚĆ II. ZAOPATRZENIE ROLNICTWA W NAWOZY WAPNIOWE

W pierwszej naszej publikacji o problemach wapnowania (1) podjęliśmy próbę orientacyjnego oszacowania zapotrzebowania rolnictwa na wapno nawozowe oraz podaliśmy informację o zaopatrzeniu w wapno w najbliższych latach. Wzrost zaopatrzenia w wapno w bieżącym pięcioletniu ma następować w znacznie szybszym tempie niż wzrost zaopatrzenia w inne nawozy (z 500 tys. ton w 1960 r. do około 1500 tys. ton w 1965 r.).

Zamierzenia trzykrotnego wzrostu produkcji nawozów wapniowych w ciągu 5 lat są zjawiskiem zupełnie wyjątkowym dla rolnictwa i wymagają odpowiedniego nastawienia i przygotowań nie tylko ze strony przemysłu i aparatu dystrybucyjnego, lecz również ze strony placówek naukowych i kadr agronomicznych.

Więcej niż połowę planowanej ilości, bo przeszło 800 tys. ton, ma stanowić w 1965 r. produkcja nawozów wapniowych w formie węglanowej (mielone wapienie różnych formacji geologicznych). Udział właściwy wapna węglanowego w ogólnej produkcji nawozów wapniowych będzie prawdopodobnie stale wzrastał ze względu na jego bardziej uniwersalne zastosowanie, szczególnie dla gleb lekkich. Zapasy surowców w Polsce wielokrotnie przewyższają zapotrzebowanie na wapno w najbliższej przyszłości. Zużycie wapna może wzrosnąć według naszych obliczeń do 2,5 mln ton CaO, czyli do 4,5 mln ton CaCO<sub>3</sub> (1), a zapasy wapieni według J. Tokarskiego (37) przekraczają 50 mld ton. Powierzchnia występowania skał węglanowych w kraju wynosi około 26 100 km<sup>2</sup>, w tym w rejonie lubelskim — 9000 km<sup>2</sup>, świętokrzyskim 3000 km<sup>2</sup>, krakowsko-śląskim 11 000 km<sup>2</sup>, sudeckim 2500 km<sup>2</sup>, pomorsko-kujawskim 300 km<sup>2</sup>, oraz na niewielkich obszarach w innych rejonach o łącznej powierzchni około 300 km<sup>2</sup>. Większość zapasów surowca wapiennego znajduje się więc na południu kraju.

Wapienie różnych formacji geologicznych odznaczają się niejednakową aktywnością chemiczną. J. Tokarski (37) zbadał w 14 próbkach wapieni różnych formacji ich porowatość, która w dużym stopniu odzwierciedla wielkość „wewnętrznej” powierzchni styku cząstek wapieni z wodą, wielkość powierzchni zaś wywiera bezpośredni wpływ na ich aktywność

chemiczną. Z badań tych wynika, że wapienie młodszych formacji geologicznych odznaczają się średnio znacznie wyższą porowatością.

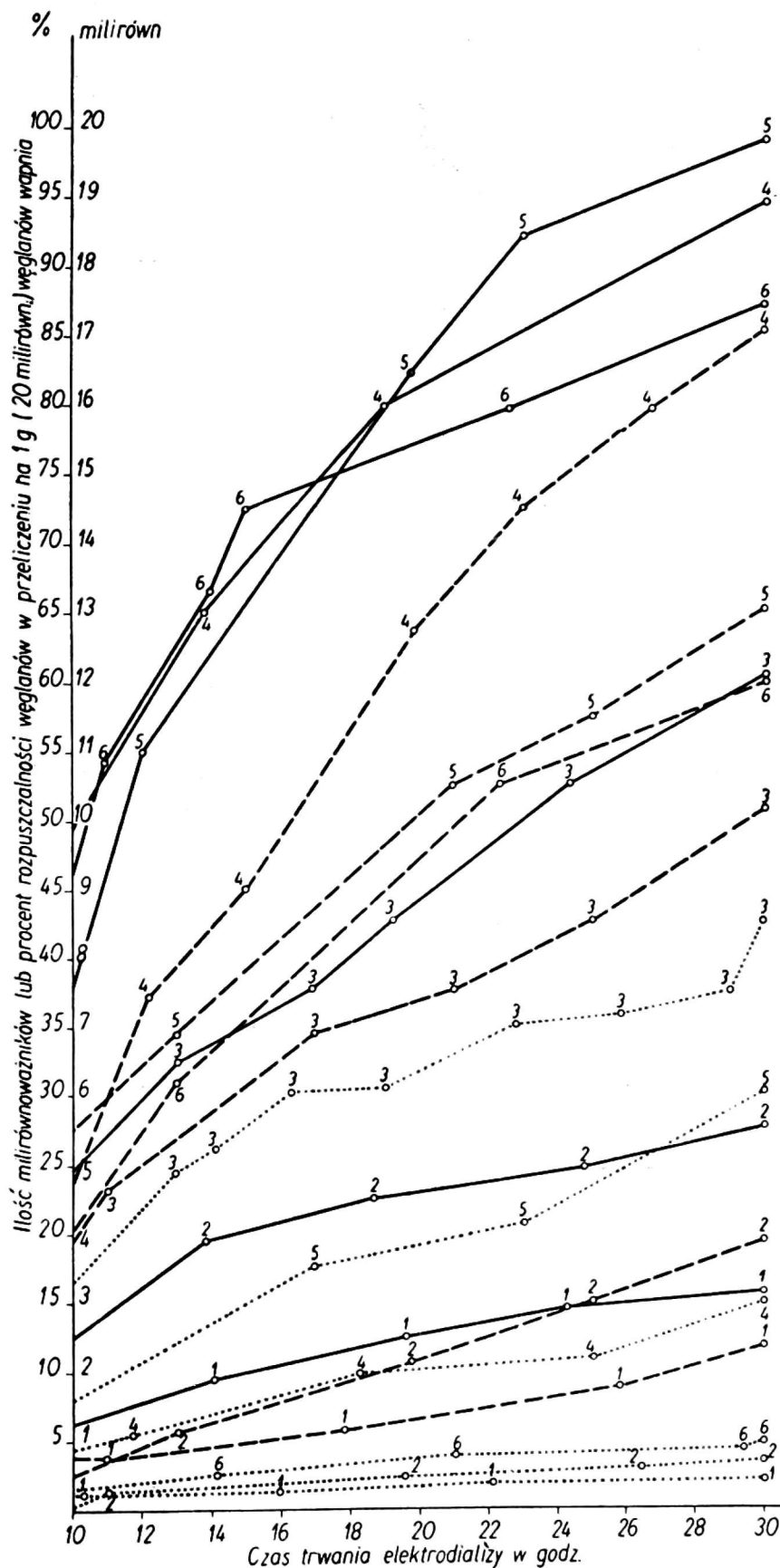
Według A. Musierowicza i współpracowników (29), największą aktywnością charakteryzują się formacje młodsze, miększe i słabiej skryształizowane — a więc wapienie trzeciorzędowe i kredowe; mniej aktywne są wapienie jurajskie, najmniej aktywne triasowe i dewońskie.

Te same badania wykazują, jak duże znaczenie dla aktywności wapieni ma stopień ich rozdrobnienia. Jednakże nawet najdrobniejsza frakcja dolomitu triasowego albo wapienia jurajskiego może być mniej aktywna od grubej frakcji 10 mm kredy. Mniejszą aktywność, jak wynika z referowanych badań, można rekompensować większą ilością wapna: przy dializie frakcji grubszej, ale wziętej w większej ilości, można otrzymać w roztworze taką samą ilość wapnia, jak przy dializie frakcji drobniejszej.

Podobne wyniki, chociaż znacznie mniej wyraźne, otrzymali A. Musierowicz i I. Krzysztofowicz w doświadczeniach wazonowych (30). W pracy tej autorzy stwierdzili, że po rozmieleniu poniżej 0,25 mm wapienie różnych formacji geologicznych wykazywały podobne pozytywne działanie na plony jęczmienia. Przy rozdrobnieniu 0,25—0,50 mm bardziej aktywny wapień kredowy dawał większą zwyczaję plonu aniżeli wapień dewoński albo jurajski. T. Lityński (19) powołuje się na pracę K. Gorlachowej, z której także wynika, że wapień kredowy jest znacznie aktywniejszy (85,24% czynnego  $\text{CaCO}_3$ ) i daje prawie dwukrotnie większy wzrost plonu lucerny niż wapień jurajski (55,05% czynnego  $\text{CaCO}_3$ ) i wapień dewoński (48,49% czynnego  $\text{CaCO}_3$ ).

Wpływ stopnia zmielenia na efektywność różnych materiałów wapiennych był badany w Polsce także przez M. Górskiego i współpracowników (5) oraz zagranicą — w USA, ZSRR, Niemczech, Anglii i innych krajach Wspólnoty Brytyjskiej (2, 3, 7, 13, 17, 22). We wszystkich przeprowadzonych doświadczeniach wapniak mielony działał efektywnie i przy odpowiednim przygotowaniu dorównywał w płodozmianie działaniu wapna palonego i czystego  $\text{CaCO}_3$ . Wszędzie stwierdzono większy albo mniejszy wpływ stopnia zmielenia na efektywność działania nawozowego wapieni, większą efektywność wapieni miękkich, oraz pewną możliwość zastąpienia mniejszej ilości frakcji drobnej  $\phi$  0,25 mm przez odpowiednio większą ilość frakcji grubszej o  $\phi$  0,25—1,00 mm, a częściowo nawet 1,00—2,50 mm. Przekonywające wyniki (tabela 1 i 2) były np. otrzymane w Niemczech (7, 13, 22).

Elphick (Nowa Zelandia) traktuje wymiar  $\phi$  0,4 mm jako graniczny; przy grubszym rozdrobnieniu efektywność działania nawozów wapiennych szybko maleje (2), co zgadza się w dużym stopniu z badaniami Musierowicza (29, 30). Według Kornilowa (ZSRR, rejon północno-zachodniej Rosji) w celu otrzymania takiego samego efektu, jak przy stosowa-



Ryc. 1. Chemiczna aktywność różnych skał węglanowych (w przeliczeniu na 100% CaCO<sub>3</sub>), w zależności od wielkości cząstek według A. Musierowicza i innych (29)

Legenda: 1. dolomit triasowy. 2. wapień jurajski biały. 3. wapień kredowy (kreda pisząca). 4. margiel senoński. 5. margiel kredowy, turoński. 6. wapień marglisty litotamniowy trzeciorzędowy.

— frakcja  $\phi$  0,25—0,5 mm  
 - - - - - frakcja  $\phi$  2—1 mm  
 ..... frakcja  $\phi$  10 mm

Tabela 1

Wpływ stopnia rozdrobnienia różnych nawozów wapniowych na kwasowość wymienną gleby (13)\*

Ø cząstek w mm	Kwasowość wymienna w ml 0,1 n NaOH* na 100 g gleby			
	warstwa górna	warstwa dolna	warstwa górna	warstwa dolna
	wapień dolomitowy		wapień krystaliczny	
≤ 0,5	0,3	9,8	0,2	9,9
0,5—1,0	6,0	11,0	5,9	11,0
1,0—2,0	8,4	10,8	8,3	11,0
	margiel wapienny		kreda	
≤ 0,5	0,2	9,4	0,2	8,0
0,5—1,0	0,6	10,3	0,3	9,4
1,0—2,0	3,9	10,3	0,3	9,6
	wapno palone		wapno gaszone	
≤ 0,5	0,2	8,4	0,3	8,9

\* Kwasowość wymienna gleby przed założeniem doświadczenia 11,5 ml 0,1 n NaOH na 100 g gleby. Doświadczenie założone w wazonach o wysokości 32 cm.

Tabela 2

Wpływ stopnia rozdrobnienia różnych wapieni na plon gorczycy (7,13)

Ø cząstek w mm	Kreda		Wapniak krystaliczny	
	plon suchej masy w g	kwasowość wymienna w ml	plon suchej masy w g	kwasowość wymienna w ml
≤ 0,2	2,48	0,3	2,41	0,6
0,2—1	1,29	0,9	0,32	4,8
1—2	0,53	3,5	0,18	7,6
2—3	0,28	6,4	0,13	8,8
3—5	0,19	7,7	0,08	9,6

niu frakcji o  $\phi < 0,25$  mm, należy stosować dwa razy więcej frakcji o  $\phi 0,25—1,0$  mm, i 4—5 razy więcej frakcji o  $\phi 1,0—2,5$  mm (17).

Jako przykład zależności skuteczności wapnowania od stopnia zmielenia nawozów wapniowych podajemy jeszcze rezultaty pierwszych w tej dziedzinie badań przeprowadzonych na początku XX wieku (15). Z wyników tych widać, że skuteczność grubszych frakcji, chociaż słabsza niż frakcji drobnych, niemniej jednak może być bardzo istotna (tabela 3 i 4).

Shaw i Robinson (35) konstatowali także zależność efektu stopnia przemiału od stosowanego materiału. W przypadku wapniaka (kalcytu) mielonego działanie cząstek o  $\phi 1,0$  mm po pewnym czasie dorównywało działaniu najdrobniejszej frakcji cząstek o  $\phi 0,125$  mm. W przypadku

dolomitu natomiast dopiero po dłuższym czasie aktywność frakcji cząstek o  $\phi$  1,0 mm osiągnęła 80% aktywności frakcji najdrobniejszej.

Tabela 3

Wpływ stopnia rozdrobnienia wapniaka mielonego na plon  
grochu i lucerny (15)

$\phi$ cząstek wapniaka mielonego (w mm)	Zwyżka plonu w q z ha	
	grochu	lucerny
1,5—2,0	9,4	17,1
1,0—1,5	16,2	22,7
0,5—1,0	20,7	28,9
$\leq 0,5$	25,4	28,9

Tabela 4

Wpływ stopnia rozdrobnienia wapniaka mielonego na plon koniczyny na różnych  
glebach (15)

$\phi$ cząstek wapniaka mielonego (w mm)	Plon (średni) koniczyny w procentach w stosunku do kontroli (gleba nie wapnowana)					
	piasek gliniasty	glina	glina	glina	piasek gliniasty	średnio
0,84—0,42	112	357	127	134	115	183
0,25—0,18	138	364	123	243	130	217
0,15—0,07	134	419	130	248	108	233
< 0,07	146	404	142	262	95	239
CaO	161	398	153	208	85	230

Tabela 5

Efektywność różnych frakcji wapniaka mielonego (oznaczona według dynamiki  
kwasowości gleby) na trzech glebach\* (glinie lekkiej) (27)

$\phi$ cząstek (w mm)	Efektywność w procentach**					
	po upływie 10 tygodni			po upływie roku		
	gleba I	gleba II	gleba III	gleba I	gleba II	gleba III
> 2,00	6,4	10,5	7,1	7,5	10,1	9,3
2,00—0,65	18,7	13,2	10,3	20,3	13,1	13,3
0,65—0,42	42,1	35,4	34,4	47,8	33,9	40,4
0,42—0,25	76,2	39,1	41,2	80,0	42,1	51,2
0,25—0,15	80,7	68,8	72,3	83,9	66,8	81,9
< 0,15	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Chemicznie strącony CaCO <sub>3</sub>	113,6	119,4	166,2	76,6	68,9	114,7

\* Gleba I — pH = 4,9 T = 8,5 milirówn./100 g gleby, V = 21,5%

Gleba II — pH = 5,1 T = 10,3 „ „ „ V = 35,7%

Gleba III — pH = 5,3 T = 18,2 „ „ „ V = 49,9%

\*\* Działanie cząstek wapniaka mielonego o  $\phi \leq 0,15$  przyjmuje się za 100%.

Porównując działanie 6 frakcji wapniaka mielonego na trzech glebach (tabela 5), Motto i Melsted (USA) doszli do wniosku, że można z powodzeniem stosować zamiast frakcji z najmniejszych cząstek o  $\phi$  0,15 mm frakcje z cząstek o średnicy większej w odpowiednio większej ilości (27). Przy tym autorzy uważają, że dla celów praktycznych wystarczy prze-  
 miał do średnicy cząstek 0,4 mm.

Były układane różne równania, w których próbowano powiązać efektywność poszczególnych frakcji ze średnicą cząstek. Dla przykładu podajemy równanie Bear'a i Allena (27):

$$x = \frac{D^3 - (D - d)^3}{D^3} \cdot 100,$$

gdzie:

$d$  — oznacza średnicę cząstek  $\leq 0,15$  mm;

$D$  — oznacza średnicę cząstek, efektywność których wylicza się;

$x$  — teoretycznie obliczona aktywność w procentach w stosunku do aktywności frakcji o cząstkach  $\phi \leq 0,15$  mm.

Zdaniem naszym równanie tego rodzaju, jeżeli w zasadzie jest słuszne, musi być różnicowane w zależności od materiału wapiennego. Jak wynika z wyżej przytoczonych danych, wykładnik potęgi należałoby zmniejszać dla formacji twardszych, chemicznie mniej aktywnych i zwiększać dla formacji miększych.

Na podstawie przytoczonych prac nasuwają się następujące wnioski:

1. Wapienie różnych formacji nadają się do wapnowania gleby, ale po odpowiednim przygotowaniu i w odpowiedniej ilości. Wapienie te mogą mieć pierwszeństwo przed wapnem palonym nie tylko na glebach lekkich, ale ze względów organizacyjno-ekonomicznych również na glebach cięższych. Między innymi mogą być wskazane w tych warunkach, gdzie zbyt szybkie działanie nawozów wapienowych jest niepożądane.

2. Nie można mówić o efektywności wapieni w ogóle, a konieczne jest rozróżnienie poszczególnych formacji geologicznych. Stąd też wynika problem stopnia zmielenia wapieni różnych formacji. Wydaje się słuszne twierdzenie T. Lityńskiego (19), że należałoby ustalić normy zmielenia w zależności od właściwości wapieni.

Jak przedstawia się zagadnienie norm przemysłowych w kraju i zagranicą?

W Polsce w stosunku do wapniaka zmielonego używanego do celów rolniczych, a także do innych nawozów produkowanych z wapniaka, obowiązują jednakowe, standardowe normy zmielenia, niezależnie od tego, z jakiej formacji geologicznej pochodzi wapienik i jakie są jego właściwości fizyczne i fizyko-chemiczne (tabela 6).

Tabela 6

Normy dla wapniaka mielonego i innych nawozów wapniowych ustalone przez  
Polski Komitet Normalizacyjny

Nazwa i określenie nawozu	Jaki procent na- wozu musi prze- chodzić przez sito o wymiarze boków oczek kwadratowych w mm			Zawartość CaO + MgO w przeliczeniu na CaO	Norma
	5	2	0,32		
1. Wapniak mielony rol- niczy	99	80		$\geq 44,2$ (80% CaCO <sub>3</sub> )	PN-59/c-87020
2. Wapno rolnicze mie- szane (otrzymywane przez zmielenie mie- szaniny wapna palone- go i wapniaka w sto- sunku 1:1)	95	70		$\geq 50$	PN-59/c-87052
3. Wapno rolnicze palone (zmielone)					
a. 85% CaO	75	—		$\geq 80$	PN-59/c-87007
b. 75% CaO	80	—		$\geq 70$	
c. 65% CaO	85	—		$\geq 60$	
4. Miał wapienny rolni- czy (powstający przy wypalaniu wapniaka, nieprzydatny do celów budowlanych i prze- mysłowych, zmielony)	100	90			PN-59/c-87051
a. 50% CaO				$\geq 46$	
b. 40% CaO				$\geq 40$	
5. Kreda nawozowa po- sodowa (produkt ubocz- ny w przemyśle sodo- wym)	100	80		$\geq 54$	PN-59/c-87056

W ZSRR obowiązują następujące normy dla wapieni i dolomitów mielonych (17): 100% musi przechodzić przez sito o oczkach  $\phi$  5 mm, 95% przez sito o oczkach  $\phi$  1,65 mm, 70% przez sito o oczkach  $\phi$  1,0 mm, a 35% przez sito  $\phi$  0,17 mm. Dla zbudowanych w ostatnich latach w ZSRR wielkich zakładów produkcyjnych miały być ustalone znacznie ostrzejsze normy przemiału wapieni twardych: 100% musi przechodzić

przez sito o oczkach  $\phi$  1 mm, a 80% przez sito o oczkach  $\phi$  0,17 mm; zawartość  $\text{CaCO}_3 \geq 85\%$ ,  $\text{H}_2\text{O} \leq 15\%$  (17). Normy te jednak w rzeczywistości nie obejmują formacji wapieni miękkich eksploatowanych w większości wypadków w oparciu wyłącznie o wyniki analizy chemicznej. Zresztą wymagania w stosunku do składu chemicznego tych wapieni są mniej rygorystyczne. Poza tym istnieją też normy pośrednie odpowiednie dla warunków lokalnych.

W Anglii (3) do wapnowania gleby najszerszej stosowane jest wapno w formie węglanowej. Tak np. w roku rolniczym 1955—1956 na 7 408 tys. ton materiałów wapniowych zużytych w rolnictwie przeszło 6 750 tys. ton zastosowano w formie węglanów. Wśród nich na pierwszym miejscu znajdował się wapniak mielony — 3 471 tys. ton, a na drugim kreda mielona — 902 tys. ton, a kreda w innej postaci — 723 tys. ton. W Anglii istnieje kilka gatunków wapniaka mielonego o zawartości od 95% do 60%  $\text{CaCO}_3$ . Zgodnie z przyjętym standardem, podstawowa masa twardego wapniaka mielonego powinna przechodzić przez sito o oczkach 0,15 mm, ale standard ten nie jest ściśle przestrzegany, najczęściej bowiem jest produkowany wapniak mielony, który przechodzi przez sito o oczkach 0,15 mm tylko w 40—65%:

Liczba przebadanych próbek	1	8	11	5	1	3
Procent cząsteczek, które przeszły przez sito o oczkach $\phi$ 0,15 mm	30	40—45	50—55	60—65	70—75	80

Czasami przy ocenie wartości wapniaka mielonego Anglicy ograniczają się do przesiewu przez sito o oczkach  $\phi$  3 mm, przyjmując, że wapniak, który przechodzi przez sito, zawiera też dużo frakcji drobnej.

Według Gardnera i Garnera (3), przy uwzględnieniu efektywności i ceny, najsluszniejsza byłaby produkcja gatunku wapniaka mielonego, który cały przechodzi przez sito o oczkach  $\phi$  2—3 mm, a 40% przez oczka o  $\phi$  0,15 mm.

Kreda mielona wysuszona w zasadzie powinna w Anglii przechodzić przez sito o oczkach  $\phi$  3 mm, a w 50—70% przez sito o oczkach  $\phi$  0,15 mm, kreda nie suszona — w całości przez sito o oczkach  $\phi$  6 mm. Ale rozpowszechnione jest też stosowanie innych asortymentów kredy jak np. tzw. „small chalk” (kreda drobna) albo tzw. „screened chalk” (kreda przesiana), które przechodzą w całości przez oczka 6, 12 albo 25 mm; przy tym kredę przesianą, składającą się z mniejszych cząstek stosuje się z powodzeniem w mniejszych dawkach.



W Anglii stosuje się też kilka gatunków wapna palonego o różnym składzie chemicznym, przeważa zawartość od 60 do 80% CaO. Stosowane jest także wapno palone niemielone.

Na ogół jednak, chociaż uznaje się większą skuteczność nawozów wapniowych drobniej zmielonych, mało jest zwolenników ich stosowania, gdyż koszty bardziej skomplikowanej technologii mielenia są niewspółmiernie wysokie w stosunku do uzyskanego zwiększenia efektywności (3).

W innych państwach Wspólnoty Brytyjskiej produkcja wapniaka mielonego też nie jest objęta ścisłym standardem. Np. w Nowej Zelandii według zasadniczej normy 85% wapniaka mielonego ma przechodzić przez sito o oczkach  $\phi$  2 mm i 50% przez sito o oczkach  $\phi$  0,5 mm. Jednocześnie jednak spotyka się tam kilka asortymentów wapniaka mielonego, z których najdrobniejszy przechodzi przez sito o oczkach 1 mm w 95%, a najgrubszy — w 55%. Istnieje przy tym tendencja przygotowania materiałów wapiennych o większym stopniu rodrobnienia w wypadku wapniaków twardych i o mniejszym — w wypadku wapniaków miękkich (2).

W USA według Gardnera i Garnera (3) w niektórych stanach np. w Pensylwanii, wszystkie gatunki wapniaka mielonego (twardego), przygotowane fabrycznie charakteryzują się stosunkowo dobrym rodrobieniem, mianowicie w całości przechodzą przez oczka  $\phi$  2 mm, 84% przez sito o oczkach  $\phi$  0,3 mm, 73% przez sito o oczkach  $\phi$  0,15 mm. Są tam też stosowane gatunki wapniaka mielonego, które nie przechodzą w całości przez sito o oczkach  $\phi$  2 mm i tylko 32% przechodzi przez sito o oczkach  $\phi$  0,15 mm. Wapniak mielony produkcji chałupniczej w 72% przechodzi przez oczka  $\phi$  0,84 mm i w 40% przez sito o oczkach  $\phi$  0,15 mm. Wydaje się, że i w tych wypadkach, mimo że chodzi tu o formacje wapniaka o słabej stosunkowo aktywności chemicznej, o jego popycie decyduje cena, uwarunkowana kosztami produkcji.

W Polsce produkcja najszerzej stosowanych nawozów wapniowych znajduje się w ręku przemysłu państwowego, co daje możliwość zastosowania bardziej twardych norm dla różnych gatunków produkcji.

Wydaje się nam że:

a. Produkcja wapniaka mielonego do celów specjalnie nawozowych ma być oparta w zasadzie na wapieniach młodszych formacji geologicznych, chemicznie aktywniejszych, bardziej kruchych, łatwiejszych do zmielenia. Zasada ta powinna być uwzględniana i tam, gdzie produkcja zasadnicza nie jest nastawiona na rolnictwo, ale gdzie ilość produktów pobocznych, wykorzystywanych jako nawozy wapniowe, stanowi poważną pozycję.

b. Standardowe normy przemiału różnych formacji wapniaka powinny być zróżnicowane. Jeżeli przyjąć, że obecnie istniejące normy są przystosowane do formacji wapniaka mało aktywnego chemicznie, to dla wapniaków o większej aktywności można stosować normy bardziej liberalne; np. kreda mielona mogłaby w całości przechodzić przez sito o oczkach  $\phi$  3 mm, a w 50% przez oczka  $\phi$  0,32 mm. Koszty związane z technologią przygotowania takiej kredy mogłyby być znacznie mniejsze, a dla pewnych gatunków kredy technologia przygotowania ograniczyłaby się do jej przesuszenia i przesiania. Efektywność zaś kredy przygotowanej w ten sposób nawet w pierwszym roku stosowania, sądząc z przeprowadzonych badań, tylko nieznacznie ustępowałaby zmielonej według norm obecnych. Z drugiej strony, znaczne potanień kosztów produkcji pozwoli na zastosowanie wyższych dawek, co znów nie tylko wyrówna różnicę w aktywności chemicznej, ale bez zmniejszenia doraźnego efektu wpłynie na przedłużenie i wzmocnienie działania wapna w latach następnych. Rzecz oczywista, w prowadzenie asortymentów o mniejszym rozdrobieniu może być wskazane tylko w tych wypadkach, gdy obniżenie kosztów produkcji nawozu wapniowego będzie na tyle istotne, że pokryje z nadmiarem ewentualne zmniejszenie aktywności produktu i dodatkowe koszty związane z jego zastosowaniem.

Przytoczone wyżej sugestie nie oznaczają bynajmniej pogorszenia jakości sprzedawanych nawozów, ale chodzi tu o dopuszczenie na rynek innych gatunków, które mogą się okazać w pewnych warunkach dogodniejsze dla rolnika. Gorsze gatunki powinny być znacznie tańsze, a przyszłość pokazałaby, które z nich będą chętniej nabywane przez rolnika.

Z drugiej strony należałoby jak najbardziej rygorystycznie przestrzegać normy, czyli zaliczenie do odpowiedniego gatunku (standardu) powinno odpowiadać rzeczywistym właściwościom produktu (rodzaj surowca, skład chemiczny i stopień zmielenia).

Podane przez nas propozycje norm standardowych przemiału są tylko orientacyjne, zbyt mało bowiem jest badań przeprowadzonych dotychczas w tym kierunku. Wydaje się celowe przeprowadzenie na ten temat doświadczeń nie tylko wazonowych, ale także i polowych. Efektywność nawozów wapniowych o różnym stopniu zmielenia zależy w dużym stopniu od struktury gleby i niektórych innych czynników, których wpływ ujawnia się tylko w warunkach doświadczenia polowego.

Spośród innych surowców wapniowych, wydaje się, niedostateczną uwagę zwraca się jeszcze na drobne lokalne pokłady wapna, przede wszystkim wapna łakowego i margli. Pokłady te mogą nie być przed-

miotem większego zainteresowania Centralnego Urzędu Geologii, ale większość z nich mogłaby być bez kosztownych inwestycji eksploatawana dla potrzeb okolicznych gospodarstw. Ze względu na to, że główne zapasy formacji wapiennych są skoncentrowane na południu kraju, szczególnego znaczenia nabiera eksploatacja lokalnych pokładów w północnej i środkowej jego części. Jak najbardziej na czasie byłoby przeprowadzenie scentralizowanej inwentaryzacji tych pokładów w aspekcie wykorzystania ich przez rolnictwo. Do oceny ich z punktu widzenia rolniczego wystarczyłoby ustalenie, oprócz chemicznych i fizycznych właściwości wapna, jego zapasów oraz możliwości eksploatacji, tj. głębokości zalegania i uwilgotnienia, jakości i miąższości pokrywy (pokrywa torfowa może być eksploatawana razem z wapnem), zastosowania mechanizacji przy wydobywaniu wapna i dojazdu do pokładu.

Przy podejmowaniu decyzji odnośnie eksploatacji pokładów wapna należy także uwzględnić, poza zawartością CaO i właściwościami fizycznymi, również zawartość magnezu i mikroelementów.

Przy zastosowaniu bowiem intensywniejszego nawożenia i wapnowania ujawnia się brak magnezu, nie tylko wskutek zwiększenia plonu nawożonych roślin, ale przede wszystkim wskutek antagonistycznego działania innych kationów, wnoszonych razem z nawozami. W miarę zwiększenia się koncentracji tych kationów w glebie, a przede wszystkim w roztworze glebowym, zmniejsza się pobieranie magnezu przez rośliny i wskutek tego maleje zawartość w roślinach magnezu potrzebnego do ich funkcji życiowych. Zjawisko to może wystąpić przy stosowaniu nawozów potasowych, ale najostrzej przy wapnowaniu, szczególnie dużymi dawkami (3, 9, 21, 23, 31, 32, 33)<sup>1</sup>.

Magnez w glebach kwaśnych jest wprawdzie trudno dostępny dla roślin i neutralizacja kwasowości powinna by wpływać na jego uruchomienie, ale przy stosowaniu nawozów wapniowych nie zawierających magnezu pobieranie magnezu przez rośliny może się nie powiększyć wskutek antagonistycznego działania wapnia (9, 14, 16, 23, 24).

Jeszcze na początku XX wieku została wysunięta przez O'Loewa koncepcja, że istnieje optymalny dla roślin stosunek Ca : Mg w glebie. Stosunek ten jest różny dla różnych roślin i jego wartość waha się w zależności od zawartości innych kationów w glebie, a w szczególności od pH, i wynosi według różnych źródeł od 5,0 do 1,0, a w niektórych wypadkach nawet mniej (9, 14, 24). Dlatego też na glebach obojętnych albo słabo kwaśnych, zawierających dostateczną ilość wapna w kompleksie sorpcyjnym, może być stosowany sam siarczan magnezu celem wzbo-

<sup>1</sup> Nie jest celem niniejszej pracy przytaczanie w całości bardzo obfitej literatury w tej dziedzinie, dlatego też powołujemy się tylko na niektóre bardziej jednoznaczne wyniki badań, albo bardziej podstawowe prace nad tym zagadnieniem.

gacenia ich w magnez i polepszenia stosunku Mg:Ca. Na glebach kwaśnych natomiast zastosowanie nawozów magnezowych jest bardziej efektywne przy równoczesnym wapnowaniu — osiąga się wtedy optymalny stosunek Ca:Mg, przy czym składniki są w dostatecznym stopniu dostępne dla roślin. W tym celu mogą być stosowane nawozy wapniowe zawierające magnez (9, 24, 32, 34). Wśród tych ostatnich wykazuje dobrą skuteczność dolomit. Przy wapnowaniu gleb o pH 4,5, w których rozpuszczalność dolomitu jest większa, dolomit może się okazać najbardziej efektywnym nawozem wapniowo-magnezowym (9, 28). Jako przykład mogą służyć wyniki dwóch doświadczeń polowych, przeprowadzonych na glebie lekkiej bielcowej w Zakładzie Doświadczalnym IUNG — Osiny (tabela 7), gdzie dolomit dał największą zwyżkę plonu.

Tabela 7

Wyniki doświadczeń z wapnowaniem i nawożeniem magnezem gleb bielcowych lekkich. ZD Osiny, żyto 1961 r. (plon ziarna w q/ha); pierwszy rok po wapnowaniu

Nawożenie			Doświadczenie I	Doświadczenie II
wapno nawo- zowe według kwasowości hydrolitycznej	MgSO <sub>4</sub> kg/ha	dolomit według kwa- sowości hydrolitycznej	piasek słabo gli- niasty, pH — 4,50, kw. wymienna — 0,20, glin ru- chomy — 0,16 kw. hydrolitycz- na — 2,32 mili- równ./100 g gleby	piasek gliniasty lekki, pH — 4,70, kw. wymienna — 0,35, glin ru- chomy — 0,30, kw. hydrolitycz- na — 2,50 mili- równ./100 g gleby
—	—	—	21,8	27,0
0,5	—	—	25,7	28,7
—	120	—	24,3	28,0
0,5	120	—	26,9	31,5
—	—	0,5	30,3	33,8
—	240	—	24,5	28,2
0,5	240	—	27,0	31,0
1	—	—	—	31,9
1	240	—	—	32,7
—	—	1,0	—	34,3

Stosownie do przedstawionych danych należy zwrócić większą uwagę na produkcję nawozów wapniowych z formacji wapieni o większej zawartości magnezu. Surowce i nawozy wapniowe dostarczane rolnikom należy przebadać na zawartość magnezu. Dla produktów charakteryzujących się istotną ilością magnezu (np.  $\geq 2\%$ ) trzeba byłoby wprowadzić specjalne normy na jego zawartość. Rozdzielne oznaczenie wapnia i magnezu w surowcach i nawozach wapniowych jest przy zastosowaniu metody kompleksometrycznej bardzo proste i dostępne dla przeciętnie wyposażonych laboratoriów (12).

Przy wyborze surowca do wapnowania, a właściwie do orzeczenia, w jakiej formie należy stosować magnez, byłoby celowe przy klasyfikacji gleb według kwasowości (pH) wprowadzenie podgrup dla gleb kwaśnych. Należałoby mianowicie odróżnić gleby o  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,5—5,0 od gleb o  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,1—5,5. Te pierwsze bowiem (dla typu gleb bielcowych) charakteryzują się obecnością tzw. kwasowości wymiennej i w takim samym stopniu prawie glinu ruchomego (11, 26). W tych warunkach dolomit może się okazać najbardziej efektywnym nawozem wapniowym.

W związku z tym, że przy wapnowaniu gleby przyswajalność dla roślin większości bardziej potrzebnych dla nich mikroelementów (mangan, bor, miedź, cynk) maleje, przy ocenie wartości nawozowej wapieni należałoby też wziąć pod uwagę zawartość w nich wymienionych składników (3, 14, 17, 38). Zagadnienie zawartości mikroelementów w nawozach wapniowych będzie nadal przybierało na aktualności ze względu na przesunięcie punktu ciężkości nawożenia z nawozów organicznych na mineralne, nie zawierające mikroelementów.

Dla pełniejszej oceny wartości nawozowej wapieni należałoby więc oznaczać także zawartość mikroelementów w większych partiach nawozów wapniowych, a tym bardziej w surowcach stosowanych do produkcji nawozów.

Poza zaopatrzeniem rolnictwa w odpowiednie asortymenty nawozów wapniowych, produkowanych specjalnie dla celów rolniczych, bardzo ważne jest zagadnienie jak najszerzego wykorzystania w rolnictwie odpadkowych produktów wapniowych przemysłu a przede wszystkim wapna defekacyjnego. Produkt ten nagromadza się w ciągu jednej kampanii w ilości od 300 do 500 tys. ton (800 tys. ton błota defekacyjnego o zawartości wody 40—60%) (19, 25). Wapno defekacyjne zawiera, jak wiadomo, oprócz węglanu wapnia szereg innych cennych składników pokarmowych. Według Hanowera i Papiernika (8), wapno polskich cukrowni zawiera 0,4—0,8% N, 0,9—1,9%  $\text{P}_2\text{O}_5$  i 0,1—0,25%  $\text{K}_2\text{O}$ .

Wieloletnie doświadczenia przeprowadzone w warunkach bliskich do polskich w strefie przybrzeżnej Morza Bałtyckiego na Żmudzi np. wykazały, że właśnie wapno defekacyjne jest najbardziej efektywnym nawozem wapniowym. W ciągu 7-letniej rotacji przy dobrym nawożeniu mineralnym dało ono większe zwyczajki plonu niż wapno palone, wapniak mielony, wapno łąkowe lub margiel o niskiej zawartości węglanów (tabela 8). Przy tym działanie wapna defekacyjnego nie ustawało i w 7 roku po wapnowaniu (10). Doświadczenia były wykonane w warunkach dobrego nawożenia roślin N, P i K. Należy więc sądzić, że skuteczność wapna defekacyjnego nie polegała w większej mierze na działaniu zawartych w nim składników ubocznych (N, P).

Wpływ różnych nawozów wapniowych (stosowanych w dawkach według  
Zakład Doświadczalny

Lp.	Nawóz wapniowy	Plon			
		1949 r.		1950 r.	
		buraki pastewne		jęczmień	
		korzenie	liście	ziarno	słoma
1	kontrola	155	78	22,5	38,5
2	wapno palone	281	79	31,3	49,2
3	wapno defekacyjne	271	71	33,0	56,5
4	wapno łąkowe	199	59	32,0	49,5
5	margiel (o małej zawartości węglanu wapnia)	279	88	27,5	43,0

Wapno defekacyjne jest rozprowadzane na korzystnych warunkach pomiędzy plantatorów roślin przemysłowych. Gospodarstwa plantujące buraki od dawna w wyniku stosowania dużych ilości wapna defekacyjnego w wielu wypadkach doprowadziły swoje pola do odczynu alkalicznego. W dawniejszych latach burak cukrowy uprawiano przeważnie na glebach, które już z natury nie były kwaśne i nie potrzebowały dużych dawek wapna. Wapno stosuje się w tych wypadkach już nie jako nawóz wapniowy, lecz ze względu na zawartość innych składników. W tych wypadkach mogą występować efekty ujemne wskutek przewapnowania gleby. Dużo lepszym wykorzystaniem wapna defekacyjnego byłoby w podobnych okolicznościach rozprowadzanie go także wśród gospodarstw nieplantacyjnych.

Gleby najbliższego rejonu cukrowni przeważnie mało potrzebują wapnowania. Należałoby więc zorganizować transport kolejowy wapna defekacyjnego do punktów rozdzielczych w dalszym promieniu cukrowni. W związku z tym trzeba rozważyć możliwości podsuszania wapna przed transportem oraz dostosowania wagonów do przewozu wapna defekacyjnego w stanie wilgotnym.

Zagadnienie podsuszania jest także aktualne dla innych odpadów wapniowych z przemysłu, np. wapna pocelulozowego. Do zastosowania niektórych odpadów, jak np. wapna pokekowego, zawierającego domieszki związków siarki, mimo zadowalającego składu chemicznego konieczne są badania wegetacyjne.

Nie poruszamy tutaj zagadnienia zastosowania innych wapniowych odpadów przemysłowych, jak np. z przemysłu hutniczego, efektywność

Tabela 8

1,0 kwasowości hydrolytycznej) na plon roślin w 7-letnim zmianowaniu (10)  
Samaliszki (Żmudź)

w q/ha								Suma plonów rotacji 'w przeliczeniu na jednostki pastewne owsiane w q/ha
1951 r.	1952 r.	1953 r.		1954 r.		1955 r.		
siano mieszanki motylkowych z trawami (koniczyna + + tymotka)		pszenica ozima		mieszanka jęczmienia z grochem		owies		
		ziarno	słoma	ziarno	słoma	ziarno	słoma	
36,9	27,1	17,1	38,7	13,5	24,0	25,9	43,4	119
57,8	63,9	22,8	47,0	17,9	31,4	34,1	50,2	273
65,3	80,6	24,2	50,2	19,0	34,9	35,7	54,3	295
48,5	75,0	22,5	45,8	18,1	34,8	35,0	51,4	265
52,2	68,8	22,0	44,1	17,7	32,7	31,8	49,3	262

których była udowodniona (6, 18, 19), odpadów wapniowych z przemysłu sodowego oraz bogatych w wapń i potas pyłów cementowych (20), zastosowanie których szczegółowo omówił T. Lityński (19).

Badania nad efektywnością różnych nawozów wapniowych z uwzględnieniem zagadnienia magnezu i mikroelementów nie mogą się ograniczyć ani do doświadczeń wazonowo-laboratoryjnych ani do doświadczeń jednorocznych polowych. W postulowanych przez nas doświadczeniach długofalowych w różnych warunkach glebowo-klimatycznych kraju, w szczególności w Rejonowych Zakładach Doświadczalnych (1), zagadnienia te muszą być również uwzględnione. Wyniki tych badań w dopełnieniu do badań nad dawkami i długotrwałością działania nawozów wapniowych dałyby w przyszłości podstawę do ustalenia systemu wapnowania gleb w zależności od warunków przyrodniczych i gospodarczych różnych rejonów kraju.

### Wnioski

Produkcja wapniaka mielonego do celów nawozowych ma być oparta w zasadzie na wapieniach młodszych formacji geologicznych, chemicznie aktywniejszych, o lepszych właściwościach fizycznych, dających szybszy i lepszy efekt.

Konieczna jest inwentaryzacja mniejszych pokładów wapiennych (wapno łąkowe i margiel) z punktu widzenia przydatności ich dla celów nawozowych.

Standardowe normy przemiału różnych formacji wapniaka powinny być zróżnicowane w kierunku stosowania drobniejszego przemiału dla

formacji wapniaka mało aktywnego chemicznie i stosowania liberalniejszych norm dla wapniaków o większej aktywności.

Przy podejmowaniu decyzji odnośnie eksploatacji pokładów wapna należałoby uwzględnić, poza jego zdolnością zobojętniającą i właściwościami fizycznymi, również zawartość magnezu i mikroelementów. Dla produktów dostarczanych rolnikom i charakteryzujących się istotną ilością magnezu trzeba byłoby wprowadzić specjalne normy jego zawartości.

Do szerszego wykorzystania przy wapnowaniu gleby odpadkowych produktów wapniowych z przemysłu, a przede wszystkim wapna defekacyjnego, produkty te muszą być podsuszane.

Do ustalenia wartości nawozowej i systemu stosowania nawozów wapniowych z uwzględnieniem zagadnienia magnezu i mikroelementów należy w różnych warunkach klimatyczno-glebowych przeprowadzić badania w postaci sieci długoletnich doświadczeń polowych.

#### LITERATURA

1. Boguszewski W., Kac-Kacas M.: Uwagi o problemach wapnowania gleb w Polsce. Część I. Ocena potrzeb wapnowania. Postępy Nauk Roln., nr 5 (71), 1961.
2. Elphick B. L.: Studies in Use of Agricultural Limestone. N. Z. J. Sci. Tech. Sec. A. vol. 36. No 2, 134.
3. Gardner H. W., Garner H. V.: The Use of Lime in British Agriculture. London, 1957.
4. Gedrojc K. K.: Izbrannyje soczinienia. T. 1. Poczwiennyje kolloidy i pogłotitielnaja sposobnost poczw. Moskwa, 1955.
5. Górski M., Kłossowski Wł. i Descour I.: Działanie żużla wielkopieczowego i wapniaka w zależności od stopnia zmielenia. Roczn. Nauk Roln. 66-A-2, 21.
6. Górski M., Koter M.: Żużel wielkopieczowy jako nawóz. Przegląd Doświadczalnictwa Roln., 1938, nr 1, 21.
7. Haastert H.: Über das Pflanzenwachstum auf sauren Böden. Z. Pfl. Ernähr. Düng. 9, A, 265 (1927).
8. Hanower P., Papiernik T.: Wykorzystanie wapna defekacyjnego w rolnictwie. Prace Działu Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG, zesz. 2, 1956.
9. Jacob A.: Magnesium the Fifth Major Plant Nutrient. London, 1957.
10. Kacas M. M., Majauskas K. J., Rozowskis G. I., Kałwaitis J. M.: Ob efektywnosti izwiestkowych udobrenij, primieniajemych dla izwiestkowania kisłych podzolistych poczw Litowskoj S. S. R. Trudy Akademii Nauk Litowskoj S. S. R., seria B, 1, 1957.
11. Kacas M., Rozowski G.: O primienienii niekatorych pokazatielej potrebnosti poczw w izwiestkowanii i ich wzaimoswiaz. Poczwow. 1958, nr 11, 60.
12. Kac-Kacas M., Różycka T.: Oznaczenie wapnia i magnezu w nawozach wapniowych. Pam. Puławski (w druku).
13. Kappen H.: Die Bodenazidität. Berlin, 1929.
14. Kiedrow-Zichman: Izwiestkowanie poczw i primienienie mikroelementow. Moskwa, 1957.



15. K o p e l o f f N.: The Influence of Fineness of Division of Pulverized Limestone on Crop Yield as Well as the Chemical and Bacteriological Factors in Soil Fertility. *Soil Sci.* 4, 19, (1917).
16. K o r a b l e w a L. I.: Dejstwie izwiestkowych i magnewych udobrenij na plodorodie diernowopodzolistych supieszczanych kislych poczw. *Poczwow.*, 1950, 6, 28.
17. K o r n i ł o w M. F. i B ł a g o w i d o w N. L.: Izwiestkowanie poczw siewierozapadnoj zony nieczernoziemnoj połosy SSSR. Moskwa—Leningrad, 1955.
18. K o t e r M.: Studia nad wapnem wielkopieczowym. *Roczn. Nauk Roln.* 53, 426, (1949).
19. L i t y ń s k i T.: O właściwe wykorzystanie surowców wapniowych dla rolnictwa. *Nowe Rolnictwo*, nr 3, 101, 1959.
20. L i t y ń s k i T.: Pyły kominowe z cementowni jako nawóz potasowy. *Postępy Nauk Roln.*, nr 6, 1957.
21. M a c L e a n A. J.: Influence of Additions of Lime to Soils on the Availability of Potassium and Other Cations for Alfalfa. *Canadian J. Agric. Sci.* 36, 3, 213 (1956).
22. M a k s i m o w A., G o r a l s k i J.: Właściwości sorpcyjne i odczyn gleb. Warszawa, 1959.
23. M a r e l H. W., B r o c k J. M. M.: Magnesium in Soils of Limburg, part II. Magnesium Supply to Crops Yields Limiting Values and Manuring. *Z. Pfl. Ernähr. Düng.* 84, 1—3, 244 (1959).
24. M i c h a e l G.: Über die Aufnahme und Ferteilung des Magnesiums und dessen Rolle in der höheren Grünenpflanze. *Z. Pfl. Ernähr. Düng.* 25, 2—3, 65 (1941).
25. M i c h a l s k i K.: Wykorzystanie wapna defekacyjnego do celów nawozowych. *Nowe Rolnictwo*, nr 16, 1959.
26. M o s k a l S t.: Glin ruchomy w glebach Polski. *Roczn. Nauk Roln.* 4, 149 (1955).
27. M o t t o H. L., M e l s t e d S. W.: The Efficiency of Various Particles Size Fractions of Limestone. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.*, 24, 6, 488 (1960).
28. M u n k H.: Über die Wirkung von dolomitischem und sulfatischem Magnesium. *Z. Pfl. Ernähr. Düng.* 92, 1, 36, (1961).
29. M u s i e r o w i c z A., C h l i p a l s k a E., K o n e c k a - B e t l e y K., Ś w i ę c i c k i C z.: Badania rozpuszczalności „aktywności” niektórych skał węglanowych określonej metodą elektrodializy. *Roczn. Nauk Roln.* 66-A-3, 31.
30. M u s i e r o w i c z A., K r z y s z t o f o w i c z J.: Działanie nawozowe wapieni różnych formacji geologicznych w zależności od stopnia ich zmielenia. *Roczn. Nauk Roln.* 76-A-3, 467.
31. R a t n e r E. I.: Mineralnoje pitanie rastenij i pogłotitielnaja sposobnost poczw. Moskwa—Leningrad, 1950.
32. S c h a c h t s c h a b e l P., H o f f m a n n W. E.: Über den Einfluss der Magnesiumdüngung auf den Gehalt an Nährstoffen im Westerwoldischen Weidelgrass. *Z. Pfl. Ernähr. Düng.* 83, 3, 225 (1958).
33. S c h a r r e r K., M e n g e l K.: Über den Kalium-Magnesium Antagonismus bei Mais und Sonnenblumen. *Z. Pfl. Ernähr. Düng.*, 83, 2, 149 (1958).
34. S e l k e W., O r t l e p p H., S c h r a m e i e r R., W i l b e r g E.: Über Beziehungen zwischen den Mg- Gehalt und einigen für die Ertragsfähigkeit der Brandenburgischen Boden bedeutungsvollen Eigenschaften. *Z. f. Landw. Versuchen Unters-wessen*, 6, 4, 374 (1960).

35. Shaw W. M., Robinson B.: Chemical Evaluation of Neutralizing Efficiency of Agricultural Limestone. *Soil Sci.* 87, 5, 262 (1959).
36. Sluismans C. M. J.: K- Düngung und Mg- Mangel bei Kartoffeln. *Ref. Z. Pfl. Ernähr. Düng* 88, 2, 174, 1960.
37. Tokarski J.: Polskie wapienie jako środek nawozowy. *Roczn. Nauk Roln.* 66-A-3, 5.
38. Trace Elements. Proceedings of the Conference Held at the Ohio Agricultural Experiment Station. Wooster, Ohio, October 14—16, 1957. New York and London, 1958.