

**Piotr Ochal**

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## WAPNOWANIE PODSTAWOWYM ELEMENTEM DOBRYCH PRAKTYK ROLNICZYCH\*

**Słowa kluczowe:** wapnowanie, potrzeby wapnowania, środki wapnujące, wymagania jakościowe środków wapnujących

### Wstęp

Specyfiką warunków rolnictwa w Polsce jest duży udział gleb lekkich ulegających silnemu zakwaszeniu (1–4, 13–14). Znaczne zakwaszenie gleb ma charakter przede wszystkim naturalny i wynika ze specyfiki procesu glebotwórczego i rodzaju skał macierzystych. Nakładają się na to procesy antropogenicznego zakwaszania oraz zbyt małe zużycie nawozów o działaniu odkwaszającym, głównie nawozów wapniowych i wapniowo-magnezowych (2–3, 16). Jak wynika z badań GUS (18), średnio w ostatnich 5 latach (2009–2013) zużywano zaledwie 38,8 kg·ha<sup>-1</sup> nawozów wapniowych. Optymizmem napawa fakt, że w roku gospodarczym 2012/2013 zużyto przeciętnie w kraju, w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych, 52,4 kg nawozów wapniowych, w tym na 1 ha użytków rolnych (UR) w dobrej kulturze – 53,1 kg, tj. o ok. 55% więcej niż przed rokiem (20). Zużycie nawozów wapniowych przekłada się pośrednio na udział gleb o odczynie bardzo kwaśnym i kwaśnym, których w naszym kraju mamy 50%, gleb o odczynie lekko kwaśnym – 28%, a gleb o odczynie obojętnym i zasadowym – niewiele ponad 22% (11). Szacuje się, że dla poprawy odczynu gleb bardzo kwaśnych konieczne jest zastosowanie ok. 10 mln Mg CaO, natomiast w celu doprowadzenia wszystkich gleb do poziomu optymalnego konieczne byłoby trzykrotnie większe zużycie wapna nawozowego (11).

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

## Potrzeby wapnowania gleb w Polsce

Oceną potrzeb wapnowania gleb w Polsce na skalę masową zajmują się okręgowe stacje chemiczno-rolnicze. Jak wynika z danych za lata 2009–2012, 38% badanych gleb znajduje się w przedziale potrzeb wapnowania koniecznego i potrzebnego, 17% – wskazanego, 16% – ograniczonego, a 29% gleb nie wymaga wapnowania (20). Porównując te dane z zestawieniem Lipińskiego (12) za okres 2000–2004, udział gleb w przedziale wapnowania koniecznego i potrzebnego zmniejszył się około 10%, natomiast udział gleb o potrzebach wapnowania ograniczonego i zbędnego wzrósł o około 9%. Analizowane dane wskazują na systematyczną, aczkolwiek powolną poprawę sytuacji w omawianym zakresie. W tabeli 1 przedstawiono procentowy udział gleb w poszczególnych przedziałach potrzeb wapnowania dla województw w latach 2009–2012.

Tabela 1

Potrzeby wapnowania gleb w poszczególnych województwach w latach 2009–2012

Województwo	Potrzeby wapnowania (%)				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
Dolnośląskie	22	16	21	19	22
Kujawsko-pomorskie	12	11	13	16	48
Lubelskie	28	15	13	13	31
Lubuskie	14	17	20	20	29
Łódzkie	30	20	17	13	20
Małopolskie	41	14	12	10	23
Mazowieckie	30	17	16	12	25
Opolskie	12	18	31	23	16
Podkarpackie	45	16	13	10	16
Podlaskie	24	19	16	13	28
Pomorskie	20	21	20	16	23
Śląskie	30	17	21	15	17
Świętokrzyskie	22	12	12	12	42
Warmińsko-mazurskie	19	18	19	16	28
Wielkopolskie	16	14	16	18	26
Zachodniopomorskie	16	15	18	17	34
Polska	22	16	17	16	29

Źródło: GUS Środki Produkcji w Rolnictwie 2012/2013

Dane: Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza (KSChR) (20)

W układzie regionalnym dla województw najwięcej gleb w zakresie potrzeb wapnowania koniecznego i potrzebnego znajduje się w województwach: podkarpackim (61%), małopolskim (55%), łódzkim (50%), mazowieckim i śląskim (po 47%) oraz lubelskim i podlaskim (po 43%), natomiast najmniej takich gleb występuje w województwach: kujawsko-pomorskim (23%), opolskim i wielkopolskim (30%),

lubuskim i zachodniopomorskim (31%). Gleb w przedziale wapnowania ograniczonego i zbędnego średnio w Polsce mamy 45%. Zdecydowanie wyższym niż średnia w naszym kraju udziałem gleb o potrzebach wapnowania koniecznego i zbędnego legitymują się województwa: kujawsko-pomorskie (64%), świętokrzyskie (54%) i zachodniopomorskie (51%). Najmniej takich gleb występuje w województwach: podkarpackim (26%), śląskim (32%), małopolskim i łódzkim (po 33%).

### Podstawowe zasady wapnowania

Podstawową zasadą dobrych praktyk rolniczych jest dbałość o optymalny odczyn gleby wynikający zarówno z kategorii agronomicznej gleby, jak i uprawianej rośliny. Wielkość zalecanych dawek nawozów wapniowych na gleby gruntów ornych zależy od odczynu gleby i jej składu granulometrycznego (tab. 2 i 3) (21). Zapotrzebowanie na nawozy wapniowe wynika ze stanu zakwaszenia gleb oraz konieczności doprowadzenia ich odczynu do uznawanego za optymalny dla danej kategorii agronomicznej gleb.

Tabela 2

Przedziały potrzeb wapnowania

Kategoria agronomiczna gleby	pH <sub>KCL</sub> dla przedziału potrzeb wapnowania				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
Bardzo lekkie	do 4,0	4,1-5,5	4,6-5,0	5,1-5,5	od 5,6
Lekkie	do 4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	od 6,1
Średnie	do 5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	od 6,6
Ciężkie	do 5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	6,6-7,0	od 7,1
Użytki zielone	do 5,0	5,1- 5,5	5,6-6,0	-	-

Źródło: Zalecenia nawozowe, 1990 (21)

Tabela 3

Optymalne dawki nawozów wapniowych (t CaO·ha<sup>-1</sup>)

Kategoria agronomiczna gleby	Przedział potrzeb wapnowania				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
Bardzo lekkie	3,0	2,0	1,0	1,0	-
Lekkie	3,5	2,5	1,5	1,5	-
Średnie	4,5	3,0	1,7	1,7	1,0
Ciężkie	6,0	3,0	2,0	2,0	1,0

Źródło: Zalecenia nawozowe, 1990 (21)

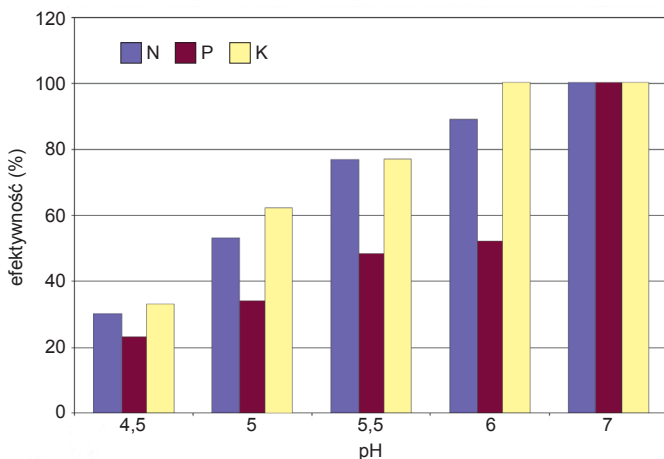
Jednorazowe stosowanie wysokich dawek nawozów wapniowych w praktyce nie jest uzasadnione (7). Zbyt wysokie dawki mogą wywołać szereg niekorzystnych zmian właściwości fizyko-chemicznych gleby. W związku z tym nie zaleca się jednorazowo stosować więcej jak 2/3 zalecanej dawki wapna przy wapnowaniu koniecznym, czyli od 2,0 do 4,0 t CaO·ha<sup>-1</sup> (7).

Zasady doboru nawozów wapniowych są niezmiennie od lat (1, 4). Przy wyborze formy nawozu wapniowego i ustaleniu warunków jego zastosowania należy wziąć pod uwagę rodzaj gleby podlegającej wapnowaniu oraz wymagania uprawianej rośliny. Wapno tlenkowe nadaje się przede wszystkim na gleby cięższe, których odczyn zmienia się bardzo powoli. Na tych glebach nie ma niebezpieczeństwa gwałtownej zmiany odczynu, gdyż odznaczają się one wysoką zdolnością buforową, dlatego nie zachodzi ryzyko przewapnowania. Natomiast na glebach lekkich, szczególnie piaskach, bardziej celowe jest stosowanie wapna węglanowego bądź kredy, które są znacznie łagodniejsze w działaniu (16).

Uprawa roślin na glebach o optymalnym dla nich odczynie gwarantuje dobre wykorzystanie przez nie składników pokarmowych z rezerw glebowych, nawozów naturalnych i mineralnych (5, 7, 9–10, 14). Wapnowanie jest zabiegiem przywracającym podstawowe funkcje gleby, traktowanym jako czynnik warunkujący optymalny przebieg procesów biogeochemicznych (9).

### Wpływ odczynu gleby na zawartość podstawowych składników pokarmowych

Odczyn gleby jest jednym z podstawowych wskaźników pozwalających ocenić jakość gleby (3, 12). Gleby o pH poniżej 4,5 określamy jako bardzo kwaśne, w przedziale 4,6–5,5 jako kwaśne, 5,6–6,5 lekko kwaśne, 6,5–7,2 obojętne, a powyżej 7,2 jako zasadowe (17). Celem pośrednim regulowania odczynu gleby jest sterowanie procesami geochemicznymi i mikrobiologicznymi w taki sposób, aby zwiększyć rozpuszczalność, a tym samym przyswajalność i dostępność składników mineralnych. Odczyn gleby, zmniejszając się poniżej wartości optymalnej dla danego pierwiastka, prowadzi do szybkiego spadku jego efektywności plonotwórczej (rys. 1) Z trzech podstawowych składników mineralnych (N, P, K) najsilniej na zakwaszenie gleby reaguje fosfor (9, 14).



Rys. 1. Względna efektywność plonotwórcza NPK w zależności od odczynu gleby

Źródło: Grzebisz i in., 2013 (9)

Ochal (15) na podstawie wyników analiz glebowych w liczbie niemal 1 miliona rekordów danych wykonanych przez OSChR wykazał ścisłą zależność między odczynem gleby a zawartością w niej przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu.

Zawartość fosforu jest szczególnie silnie związana z odczynem gleby (tab. 4). Gleby bardzo kwaśne w ponad 50%, a gleby kwaśne w ponad 40% próbek wykazują bardzo niską i niską zawartość przyswajalnego fosforu. W glebach o odczynie obojętnym i zasadowym udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości fosforu nie przekracza natomiast 13%. Próbkę gleb o uregulowanym odczynie w ponad 50% przypadków charakteryzują się bardzo wysoką zawartością fosforu.

Tabela 4

Stan zasobności w fosfor gleb zaliczanych do różnych przedziałów odczynu

Odczyn	Udział próbek gleby zaliczonych do klas zawartości fosforu (%)					Ogółem
	b. niska	niska	średnia	wysoka	b. wysoka	
Bardzo kwaśny	17,82	34,69	27,19	12,82	7,48	20,21
Kwaśny	11,69	31,26	29,81	15,71	11,52	29,39
Lekko kwaśny	4,61	19,17	27,01	21,19	28,02	28,00
Obojętny	2,31	10,15	19,03	19,87	48,64	14,74
Zasadowy	3,52	9,14	17,21	19,25	50,89	7,66
Ogółem	8,94	23,76	25,94	17,55	23,81	100,0

Źródło: Ochal, 2011 (15)

Podobnie zawartość potasu związana jest w pewnym stopniu z odczynem gleby (tab. 5). Ponad 60% gleb bardzo kwaśnych i ponad 40% kwaśnych charakteryzuje się bardzo niską i niską zawartością potasu przyswajalnego. Gleby o odczynie lekko kwaśnym i obojętnym tylko w około 30% wykazują bardzo niską i niską zawartość potasu. W glebach o odczynie obojętnym stwierdza się natomiast tendencję do obniżania zawartości przyswajalnego potasu w stosunku do gleb o odczynie lekko kwaśnym i obojętnym. W skali ogólnej przeważają próbki gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości potasu. Niemal 1/3 próbek gleby zgromadzonych w analizowanej bazie danych wykazuje średnią zawartość tego składnika.

Tabela 5

Stan zasobności w potas gleb zaliczanych do różnych przedziałów odczynu

Odczyn	Udział próbek zaliczonych do klas zawartości potasu (%)					Ogółem
	b. niska	niska	średnia	wysoka	b. wysoka	
Bardzo kwaśny	25,85	37,08	24,37	7,49	5,21	20,21
Kwaśny	13,97	28,76	32,47	13,47	11,33	29,39
Lekko kwaśny	9,96	22,35	34,30	16,56	16,83	28,00
Obojętny	10,48	21,69	32,52	15,83	19,48	14,74
Zasadowy	13,30	23,66	31,22	14,44	17,38	7,66
Ogółem	14,68	27,21	31,26	13,55	13,30	100,0

Źródło: Ochal, 2011 (15)

W przypadku magnezu wpływ odczynu gleby na zawartość przyswajalnych form tego pierwiastka jest bardziej złożony. Ponad 50% próbek gleb o odczynie lekko kwaśnym i obojętnym wykazuje wysoką i bardzo wysoką zawartość magnezu (tab. 6). Udział takich próbek ulega bardzo znacznemu zmniejszeniu w glebach o odczynie bardzo kwaśnym, ale zmniejsza się również w glebach o odczynie obojętnym. Ponad 50% próbek gleb o odczynie bardzo kwaśnym wykazuje niedobór magnezu (zasobność bardzo niska i niska), natomiast w glebach o odczynie obojętnym udział takich próbek nie przekracza 35%.

Tabela 6

Stan zasobności w magnez gleb zaliczanych do różnych przedziałów odczynu

Odczyn	Udział próbek zaliczonych do klas zawartości magnezu (%)					Ogółem
	b. niska	niska	średnia	wysoka	b. wysoka	
Bardzo kwaśny	37,16	26,26	20,64	7,34	8,60	20,21
Kwaśny	9,92	20,91	31,07	18,70	19,40	29,39
Lekko kwaśny	5,05	14,54	27,69	22,93	29,78	28,00
Obojętny	7,48	17,05	28,13	20,10	27,24	14,74
Zasadowy	15,86	21,89	28,30	15,95	18,00	7,66
Ogółem	14,16	19,71	27,37	17,59	21,17	100,0

Źródło: Ochal, 2011 (15)

### Rodzaje środków wapnujących

Środki wapnujące występujące na rynku możemy podzielić według kilku kryteriów: 1) najczęściej nawozy wapniowe dzielimy na tlenkowe zawierające wapń w postaci tlenku wapnia CaO lub węglanowe zawierające wapń w postaci węglanu wapnia CaCO<sub>3</sub>; 2) drugi podział zakłada, że wyróżniamy nawozy wapniowe zawierające magnez lub niezawierające magnezu, tutaj znajdują się zarówno środki wapnujące w formie tlenków, jak i węglanów; 3) trzecie kryterium podziału to pochodzenie wapna: z przerobu skał wapiennych, z produkcji ubocznej, tzn. czy jest to rozdrobniona kopalina czy użyteczne odpady przemysłowe. Szczegółowe wymagania jakościowe dla typów wapna nawozowego znajdują się w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki Dz.U. nr 183 , poz. 1229, załącznik nr 6 (tab. 7 i 8) (19).

Tabela 7

## Typy wapna nawozowego niezawierającego magnezu (19)

Lp.	Typ	Odmiana	Składniki podstawowe i sposób otrzymywania	Minimalna zawartość składników pokarmowych CaO (%)	Inne wymagania
1.	Z przerobu skał wapiennych	01	tlenek wapnia;	80	odświew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 25
2.		02	przerób skał wapiennych	70	
3.		03		60	
4.	Z przerobu skał wapiennych	04	tlenek wapnia i węgiel wapnia lub węgiel wapienny; przerób skał wapiennych	50	odświew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych: 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych: 0,5 mm, %, co najmniej 50
5.		05	węgiel wapnia; przerób skał wapiennych	40	
6.	Z produkcji ubocznej	06	tlenek wapnia, węgiel wapnia, krzemiany wapnia; wapno posodowe suche, wapno defekacyjne, wapno pokarbidowe	35	zawartość wody, %, najwyżej 10; zawartość chlorków, %, najwyżej 2,5 <sup>1)</sup>
7.		07	węgiel wapnia; wapno pocelulozowe, wapno posiatkowane, wapno dekarbonizacyjne, wapno defekacyjne, wapno pokarbidowe wilgotne, wapno posodowe podsuszone, wapno pogaszalnicze podsuszone	30	zawartość wody, %, najwyżej 30; zawartość chlorków, %, najwyżej 3,5 <sup>2)</sup> lub 3 <sup>3)</sup> ; zawartość siarczków, %, najwyżej 1,5 <sup>4)</sup>
8.	Z produkcji ubocznej	08	węgiel wapnia; wapno defekacyjne, wapno posodowe odsączone, wapno pocelulozowe wilgotne, wapno poneutralizacyjne	25	zawartość wody, %, najwyżej 40; zawartość chlorków, %, najwyżej 3 <sup>3)</sup> lub 3,5 <sup>2)</sup>
9.		09	węgiel wapnia; wapno defekacyjne mokre, wapno posodowe mokre	20	zawartość wody, %, najwyżej 50
10.	Pochodzenia naturalnego – kopalina	06a	węgiel wapnia, wapno kredowe suche	35	zawartość wody, %, najwyżej 10
11.		07a	węgiel wapnia, wapno kredowe podsuszone	30	zawartość wody, %, najwyżej 30
12.		08a	węgiel wapnia, kreda odsączona	25	zawartość wody, %, najwyżej 40
13.		09a	węgiel wapnia, wapno kredowe mokre	20	zawartość wody, %, najwyżej 50

<sup>1)</sup> tylko dla wapna posodowego suchego.

<sup>2)</sup> tylko dla wapna pocelulozowego;

<sup>3)</sup> tylko dla wapna posodowego podsuszonego, wapna posodowego odsączonego i wapna posodowego mokrego;

<sup>4)</sup> tylko dla wapna pocelulozowego i posiatkowanego.

Tabela 8

## Typy wapna nawozowego zawierającego magnez (19)

Lp.	Typ	Odmiana	Składniki podstawowe i sposób otrzymania	Minimalna zawartość składników pokarmowych		Inne wymagania
				CaO (%) +MgO (%)	w tym MgO (%)	
1.	Tlenkowe	01	tlenek wapnia i tlenek magnezu oraz węglan wapnia i węglan magnezu; prazenie, mielenie, odsiewanie skał wapniowo-magnezowych	75	25	odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych: 2 mm, %, najwyżej 25
2.		02		60	20	
3.		03	węglan wapnia i węglan magnezu lub węglan wapnia, węglan magnezu, tlenek wapnia i tlenek magnezu; mielenie, odsiewanie skał wapniowo-magnezowych lub mieszanie skał wapniowo-magnezowych z prazonymi skałami wapniowo-magnezowymi	50	15	zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej 50
4.	Węglanowe	04	węglan wapnia i węglan magnezu lub węglan wapnia, węglan magnezu i tlenek wapnia; mielenie, odsiewanie, mieszanie skał wapniowo-magnezowych ze skałami wapniowymi lub tlenkiem wapnia	50	8	zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej 50
5.		05	węglan wapnia i węglan magnezu; mielenie, odsiewanie skał wapniowo-magnezowych	45	15	zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej 50
6.		06	węglan wapnia i węglan magnezu lub węglan wapnia, węglan magnezu i tlenek wapnia; mielenie, odsiewanie, mieszanie skał wapniowo-magnezowych ze skałami wapniowymi lub tlenkiem wapnia	45	8	zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej 50
7.		07	węglan wapnia i węglan magnezu lub węglan wapnia, węglan magnezu i tlenek wapnia; mielenie, odsiewanie, mieszanie skał wapniowo-magnezowych ze skałami wapniowymi lub tlenkiem wapnia	40	8	zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej 50



Z rolniczego punktu widzenia bardzo istotny jest podział tej grupy nawozów na szybko i wolno działające. Do nawozów szybko odkwaszających glebę zaliczane są formy wodorotlenkowe i tlenkowe, a wolno odkwaszające glebę to węglany i krzemiany (1, 4–5, 16). Dodatkowo w grupie nawozów wolno działających duże znaczenie ma rozdrobnienie nawozu i pochodzenie geologiczne (4). Środki wapnujące pochodzące z młodszych okresów geologicznych charakteryzują się wyższą aktywnością chemiczną, co przełoży się na szybszy efekt odkwaszający. W tabeli 9 przedstawiono niektóre właściwości chemiczne wybranych skał węglanowych.

Tabela 9

## Właściwości chemiczne wybranych skał węglanowych

Okres geologiczny	Zawartość w suchej masie (%)		Siła zobojętniająca (%)	Aktywność chemiczna* (%)
	CaO	MgO		
Wapienie				
Kambr	54,7	0,1	53,3	15-25
Dewon	55,4	0,8	55,8	20-26
Trias	55,2	0,2	55,0	20-25
Jura	55,4	0,4	53,3	35-46
Kreda	50,0	0,4	47,2	65-98
Dolomity				
Prekambr	30,3	21,8	56,3	9,7
Dewon	31,3	20,8	57,4	9,9
Trias	35,8	16,4	55,0	35,0

\* frakcji 0,03-0,2 cm

Źródło: Fotyma i Zięba, 1988 (4)

### Podsumowanie

Wapnowanie jest zabiegiem agrotechnicznym, który korzystnie wpływa na szerokie spektrum właściwości edaficznych gleby. Gleby o uregulowanym odczynie charakteryzują się zdecydowanie lepszą przyswajalnością i efektywnością wykorzystania składników pokarmowych. Również azot i fosfor zastosowane na glebie o uregulowanym odczynie charakteryzują się znacznie większą efektywnością plonotwórczą. Lepsze wykorzystanie składników pokarmowych z gleby pośrednio przyczynia się do ograniczania wymywania składników biogennych do wód gruntowych czy powierzchniowych (głównie N, P). W konsekwencji wielorakiego oddziaływania wapnowania na funkcjonowanie gleby zwiększa się zarówno potencjał produkcyjny gleb, jak i ograniczony zostaje ujemny wpływ na środowisko nadmiaru biogenów (9).

Jak wynika z badań KSChR, 38% gleb znajduje się w przedziałach koniecznych i potrzebnych potrzeb wapnowania. Najwięcej gleb wymagających pilnego wapnowania znajduje się w województwach: podkarpackim (61%), małopolskim (55%), łódzkim (50%), mazowieckim i śląskim (po 47%), oraz lubelskim i podlaskim (po 43%), natomiast najmniej takich gleb występuje w województwach: kujawsko-pomorskim (23%), opolskim i wielkopolskim (30%), lubuskim i zachodniopomorskim (31%).

## Literatura

1. Boguszewski W.: Wapnowanie gleb. PWRiL, Warszawa 1980, ss. 176.
2. Filipek T.: Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb. Nawozy i Nawożenie, 2001, **8**: 5-26.
3. Filipek T., Foty ma M., Lipiński W.: Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb ornych w Polsce. Nawozy i Nawożenie, 2006 **27**: 7-38.
4. Foty ma M., Zięba S.: Przyrodnicze i gospodarcze podstawy wapnowania gleb. PWRiL, Warszawa 1988, ss. 251.
5. Gosek S.: Wapnowanie i nawożenie magnezem [gleby] zwiększają efektywność nawożenia [roślin]. Poradnik Gospodarski, 2007, **12**: 26-27.
6. Gosek S.: Potrzeby i zasady wapnowania gleb. Poradnik Plantatora Buraka Cukrowego, 2007, **3(37)**: 26-28.
7. Grzebisz W., Szczepaniak W., Diatta J.B.: ABC wapnowania gleb uprawnych. Wyd. Prodruck, 2008, ss. 49.
8. Grzebisz W., Diatta J.B., Szczepaniak W.: Produkcyjne i ekologiczne uwarunkowania wapnowania gleb gruntów ornych. Nawozy i Nawożenie, 2006, **27**: 69-85.
9. Grzebisz W., Szczepaniak W., Diatta J.B.: Środowiskowe skutki zakwaszenia gleb uprawnych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2013, **34(8)**:19-26.
10. Jadczyzyn T.: Ocena zrównoważenia gospodarki nawozowej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2012, **29**:135-142.
11. Jadczyzyn T., Ochal P.: Zakwaszenie gleb i potrzeby wapnowania. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2013, **34(8)**: 9-18.
12. Lipiński W.: Odczyn i zasobność gleb w świetle badań stacji chemiczno – rolniczych. Nawozy i Nawożenie, 2000, **3**: 89-105.
13. Lipiński W.: Odczyn gleb Polski. Nawozy i Nawożenie, 2005, **23**: 33-40.
14. Materiały konferencyjne: Wapnowanie gleb – wyzwanie dla Polskiej gospodarki. Puławy, 26 września 2012, ss. 86.
15. Ochal P.: Wykorzystanie syntetycznego wskaźnika do oceny stanu agrochemicznego gleb w Polsce. Praca doktorska (maszynopis) IUNG-PIB, Puławy, 2011, ss.108.
16. Ochal P.: Regeneracyjne wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG-PIB, Puławy, 2012, **198**: 1-31.
17. PN-ISO 10390: 1997: Jakość gleby – oznaczanie pH.
18. Rocznik statystyczny rolnictwa GUS, Warszawa 2009-2013.
19. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 września 2010 r. (Dz.U. nr 183 , poz. 1229, załącznik nr 6).
20. Środki Produkcji w rolnictwie w latach 2009–2013. GUS, Warszawa 2009-2014.
21. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne dla wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. IUNG Puławy, 1990, **P(44)**: 1-21.

Adres do korespondencji:

*dr Piotr Ochal*  
*Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel. 81 886 32 24 w. 252*  
*e-mail: pochal@iung.pulawy.pl*