

Jan Siuta*, Bogusław Żukowski*

ROZWÓJ I POTENCJALNE ZAGROŻENIA AGROEKOSYSTEMÓW CZĘŚĆ III. OCENA EFEKTYWNOŚCI WAPNOWANIA GLEB KWAŚNYCH

DEVELOPMENT OF AND POTENTIAL THREATS TO AGRO-ECOSYSTEMS PART III. EFFECTIVENESS OF ACID SOIL LIMING

Słowa kluczowe: jakość gleb, wapnowanie gleb, plony roślin, województwa, lata 1975–2007.

Key words: soil quality, soil liming, plant yields, voivodeships, years 1975–2007.

Environmental effectiveness and yield stimulating role of lime application to acid soils was reviewed along with acidifying effect of unbalanced mineral fertilization in the many-year-long field experiments. Yield procuring and buffering effect of manure under conditions of unbalanced mineral fertilization was taken into account as well.

Using statistical data of the Central Statistical Office (CSO), environmental and yield stimulating effect of soil liming in Poland, starting from 1975 to the present, was evaluated based on the fertilizer lime (recalculated to CaO) consumption in individual voivodeships. There were 49 voivodeships between the years 1975–1998 and 16 of them starting from 1999. The CaO consumption was found to vary greatly between the individual voivodeships (in the years 1975–1998, in particular). Yields of four grain crops as well as of rape and mustard spinach in the years 1975–1998 were analyzed by voivodeships against the indices of soil agricultural suitability and CaO/ha. The plant yields were solely compared with the consumption of fertilizer lime within the new administrative division of the country (16 voivodeships); while the present lime consumption was found to be many times lower as compared to that in the years 1975–1998. This may contribute to advancing soil acidification in the future.

1. WPROWADZENIE

W części I cyklu artykułów „Rozwój i potencjalne zagrożenia agroekosystemów” przedstawiono strukturę przestrzenną występowania gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych w Polsce

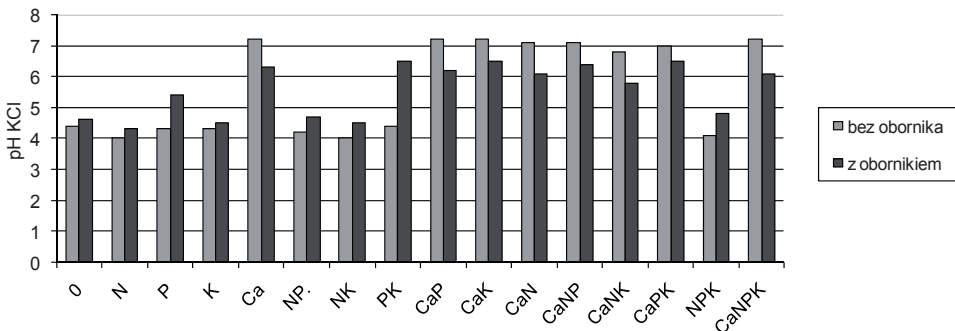
* *Prof. dr hab. Jan Siuta, mgr inż. Bogusław Żukowski – Zakład Ochrony Ziemi, Instytut Ochrony Środowiska, ul. Krucza 5/11d, 00-548 Warszawa; kontakt: tel. 22 625 10 05 wew. 26; e-mail: jan.siuta@ios.edu.pl*

oraz ocenę potrzeb wapnowania oraz zużycie wapna nawozowego ($w \text{ q} \cdot \text{ha}^{-1}$) według województw począwszy od roku 1975. Niniejszą, III część tego cyklu poświęcono ocenie efektywności wapnowania gleb kwaśnych.

Agroekologiczną i plonotwórczą efektywność wapnowania kwaśnych gleb ornich badały liczne ośrodki naukowe w doświadczeniach polowych i wazonowych. Szczególnie cennych danych dostarczyły wielowariantowe (długotrwałe) doświadczenia z nawożeniem mineralnym i organicznym oraz z udziałem i bez udziału wapna nawozowego [Kuszelewski, Łabętowicz 1991; Mercik 1987; Rabikowska, Wilk 1991; Gorański, Mercik, Gutyińska 1978; Sadowski 1987; Fotyma, Gosek, Niedźwiecki, Kościł 1993]. Oprócz plonotwórczego działania nawozów mineralnych i obornika oraz wapna wyniki tych doświadczeń dają możliwość śledzenia zmian odczynu gleb i chemizmu glebowego (w tym buforującej roli nawozów organicznych) oraz jakości plonów.

Wyniki 25-letniego, wielowariantowego doświadczenia, w tym z niezrównoważonym nawożeniem mineralnym bez obornika i z obornikiem na lekkiej glebie niewapnowanej i wapnowanej [Kuszelewski, Łabętowicz 1991] dostarczyły cennych danych o agroekologicznych i plonotwórczych następstwach prawidłowego i nieprawidłowego nawożenia, ze szczególnym uwzględnieniem dodatniego działania obornika i wapna nawozowego. Kwasotwórcze działanie w glebie wykazały wszystkie warianty nawożenia mineralnego (pH 4,0–4,4), w tym głównie N, NK, NPK i NP (rys. 1).

Autorzy badań nie podali pH gleby przed rozpoczęciem badań, ale o jego wartości można sądzić na podstawie pH gleby w roku 1991, w wariancie zerowym, tzn. bez nawożenia mineralnego i bez obornika według danych na rys. 1.



Rys. 1. Wpływ niezrównoważonego nawożenia mineralnego i obornika na odczyn (pH) gleby w wieloletnim doświadczeniu – opracowanie własne, według danych Kuszelewskiego i Łabętowicza [1991]

Fig. 1. Effect of unbalanced mineral fertilization and manure on soil reaction (pH) under many-year-long experiment-elaboration of the authors according to the data by Kuszelewski and Łabętowicz [1991]

Nawożenie obornikiem działało buforująco na odczyn gleby (pH 4,3–6,5). W wariantach nawożenia N i K pH wahało się w przedziale 4,3–4,8. Nawożenie fosforowe (bez N) skutkowało wzrostem wartości pH. We wszystkich wariantach nawożenia gleby wapnowanej bez obornika pH wynosiło 6,8–7,2, a z obornikiem 5,8–6,5. Obornik buforował kwasotwórcze działanie nawozów mineralnych oraz alkalizujące działanie wapna nawozowego.

Wzrost i plonowanie roślin stanowią syntetyczny wskaźnik jakości (w tym degradacji) środowiska glebowego. Plony ziemniaków we wszystkich wariantach z nawożeniem mineralnym na glebie niewapnowanej bez obornika wynosiły (w poszczególnych latach) 1,8–22,1 t·ha⁻¹, a na glebie wapnowanej 4,8–34,2 t·ha⁻¹. W wariantach z obornikiem używano na glebie niewapnowanej 9,5–33,0 t·ha⁻¹, a na glebie wapnowanej 10,4–39,6 t·ha⁻¹.

Rzepak ozimy bardziej niż ziemniak reagował ujemnie na niekorzystne warunki glebowe (i nawozowe). Na glebie niewapnowanej i bez obornika postępująca degradacja nieumożliwiała wzrost rzepaku nawet do całkowitego zaniku plonów (z 2,47 do 0 t·ha⁻¹). Wapnowanie gleby sprawiło, że plon rzepaku wahał się w przedziale 0,15–2,93 t·ha⁻¹. Nawożenie obornikiem skutkowało wyraźnym zwiększeniem plonów rzepaku we wszystkich wariantach nawożenia mineralnego bez wapnowania (0,76–1,69 t·ha⁻¹), a zwłaszcza na glebie wapnowanej (0,91–3,44 t·ha⁻¹).

W dwunastoletnim doświadczeniu z nawożeniem mineralnym i obornikiem [Rabikowska, Wilk 1991] stwierdzono:

- 1) nawożenie obornikiem zwiększyło, a azotem mineralnym zmniejszyło pH gleby,
- 2) oba rodzaje nawożenia spowodowały wzrost zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego w glebie.

W wieloletnim doświadczeniu nawozowym w Skierniewicach [Mercik 1994] stwierdzono pH_{KCL}: 4,0–4,3 w wariantach z NPK; 5,2–6,1 w wariantach z CaNPK; 5,0–6,1 w wariantach z CaPK; 4,9–6,0 w wariantach z CaPN; 4,9–5,8 w wariantach z CaK oraz 5,3–6,2 w wariantach Ca + obornik.

Najmniejsze zakwaszenie (pH 4,3–6,2) i największą zawartość próchnicy (0,97–1,54%) stwierdzono w monokulturze żyta, a najmniejsze zawartości próchnicy w monokulturze ziemniaka (0,68–1,21%).

Silne zakwaszenie gleby (pH 3,8) najbardziej ograniczyło plonowanie jęczmienia, pszenicy ozimej i koniczyny, a w najmniejszym stopniu żyta i ziemniaków.

Nawozowe dawki wapna wylicza się na podstawie pomiaru kwasowości hydrolicznej w uprawnej warstwie gleby, bez uwzględnienia odczynu warstw głębszych, które są często znacznie (nawet wielokrotnie) bardziej zakwaszone [Kern 1985; Motowicka-Te-relak 1985; Siuta, Florkiewicz 1963; Siuta, Adamczyk 1965]. Jest to powodem niedostrzegalnego odkwaszania gleby w wyniku stosowania dawek wapna obliczonych na podstawie kwasowości zmierzonej tylko w warstwie uprawnej, które przemieszczają się szybko do warstw głębszych. Wtedy także plonotwórczy efekt wapnowania jest mało wymierny.

W celu zmniejszenia kwasowości takiej gleby należy stosować odpowiednie melioracyjne dawki wapna, wprowadzając je na głębokość 30–40 cm. Tego rodzaju doświadczenia z wapnowaniem gleb bardzo kwaśnych [Kern 1985] w różnych rejonach kraju przeprowadziła Motowicka-Terelak [1985], porównując plonotwórcze działanie dawek wapna wyliczonych według 1Hh i 2Hh dla warstw 0–25 i 0–40 cm.

Przeciętna, roczna efektywność wapnowania gleb wyrażona w jednostkach zbożowych przedstawiała się następująco:

- 1) 1,8–5,2 (średnia 3,8) z pojedynczą dawką CaCO_3 w warstwie 0–25 cm,
- 2) 1,5–10,0 (średnia 4,8) z pojedynczą dawką CaCO_3 w warstwie 0–35 cm,
- 3) 1,0–9,0 (średnia 3,8) z podwójną dawką CaCO_3 w warstwie 0–25 cm,
- 4) 2,0–10,2 (średnia 6,8) z pojedynczą dawką CaCO_3 w warstwie 0–35 cm.

Według Mostowickiej-Trelak:

- 1) największy efekt odkwaszania w warstwie gleby 0–40 cm uzyskano na glebach gliniastych na fliszu,
- 2) wapnowanie, bez względu na stopień odkwaszenia gleby, działało dodatnio na plonowanie roślin.

Zwiększone dawki wapna i głębokość wprowadzenia wapna do gleby działały efektywniej na plony buraka pastewnego i koniczyny czerwonej niż na rośliny zbożowe. Przyczynę do poznania wpływu wapnowania na kwasowość podglebia i głębszych warstw gleby opublikował wcześniej Kac-Kacas [1968].

Interesujące wyniki wpływu na odczyn gleby bardzo dużych dawek NPK przedstawili Niedźwiecki i Koćmity [1995] w glebie, której odczyn był zbliżony do obojętnego (w czasie zakładania sadu) i zmienił się (po 35 latach) do wartości pH_{KCL} 3,8–4,4 w warstwie 0–15 cm oraz do 4,6–6,6 w warstwie 15–30 cm na powierzchni ugoru herbicydowego. W pasie murawy pH gleby na głębokości 0–15 cm wyniosło 4,8–5,8. Znacznie mniejsze zakwaszenie gleby pod murawą niż na ugorze herbicydowym jest zapewne spowodowane funkcjonowaniem szaty roślinnej (pobieranie składników i wody), ograniczającej wymywanie wapna.

Przedstawione wyniki wieloletnich, wielowariantowych doświadczeń nawozowych – potwierdzone licznymi badaniami wielu innych autorów – dowodzą, że:

- 1) niezrównoważone nawożenie azotowe i potasowe silnie zakwasza glebę oraz sukcesywnie pogarsza wzrost i plonowanie roślin,
- 2) nawożenie obornikiem łagodzi negatywne skutki intensywnego nawożenia mineralnego, buforuje odczyn środowiska oraz zapewnia ciągłość plonowania roślin,
- 3) wapnowanie reguluje odczyn gleb kwaśnych oraz neutralizuje kwasotwórcze działanie nawozów azotowych i potasowych, tworząc warunki do prawidłowego wzrostu i plonowania roślin,
- 4) negatywne skutki kwasowości gleby są najmniejsze w plonowaniu roślin zbożowych i ziemniaków,

- 5) intensyfikacja produkcji roślinnej w warunkach postępującego ograniczania nawożenia organicznego oraz wzrostu nawożenia mineralnego nasila zakwaszanie gleby, które powinno być neutralizowane wapnem nawozowym.

Bardzo intensywne wapnowanie gleb (gruntów) w znacznym stopniu zdegradowanych przez przemysłowe źródła (czynniki) kwasowości jest niezbędne do przywrócenia życia biologicznego powierzchni ziemi [Krzaklewski, Kowalski, Wójcik 1987; Siuta, Lekan, Żórawska 1971; Siuta, Żukowski 2008].

2. ANALIZA PORÓWNAWCZA ZUŻYCIA CaO I PLONÓW ROŚLIN W LATACH 1975–2007 WEDŁUG WOJEWÓDZTW

2.1. Źródło danych

Podstawowym źródłem informacji o zużyciu wapna nawozowego (w przeliczeniu na CaO) i plonach roślin w poszczególnych województwach są dane statystyczne GUS. Wielkości plonów czterech zbóż (w latach 1975–1998) analizowano na tle sumarycznego zużycia CaO na hektar z uwzględnieniem wskaźnika jakości gleb (rys. 2). Wskaźnik jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej mieści w sobie:

- 1) przydatność rolniczą gleby,
- 2) agroklimat,
- 3) rzeźbę terenu

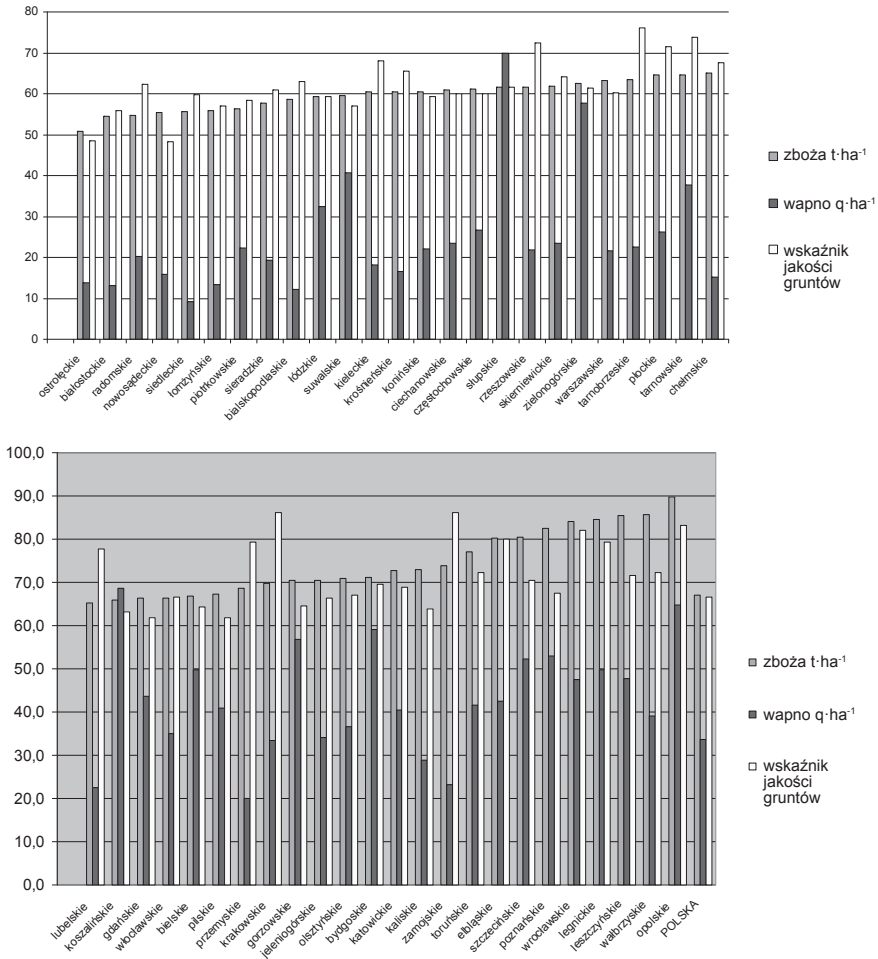
oraz

- 4) warunki wodne [IUNG 1993].

W latach 1999–2007 nie dysponowano wskaźnikami jakości gleb ze względu na zmianę administracyjnego podziału kraju.

2.2. Plony zbóż i zużycie wapna w latach 1975–1998

Plony czterech zbóż w 49 województwach przedstawiono na rysunku 2. Ze względu na stosunkowo małą wrażliwość roślin zbożowych na kwasowość gleby można byłoby oczekiwać, że plonowanie tych roślin będzie zależało głównie od agroekologicznego wskaźnika jakości gruntów ornych w poszczególnych województwach. Wskaźnik ten był korzystniejszy w byłych województwach: przemyskim (76,0) oraz lubelskim, tarnobrzeskim, tarnowskim i rzeszowskim (72,3), niż w województwach: toruńskim (72,2), wałbrzyskim i leszczyńskim (71,7), ale plony zbóż były dużo większe w drugiej grupie województw (77,1–85,6 t·ha⁻¹), niż w pierwszej grupie (61,9–65,2 t·ha⁻¹). Analogiczne różnice plonów stwierdzono pomiędzy województwami zamojskim (73,9 t·ha⁻¹) i krakowskim (69,7 t·ha⁻¹) i wskaźników jakości gruntów ornych – 89,8 i 89,1 punktów, a także plonów w opolskim (89,7 t·ha⁻¹) i wrocławskim (84,2 t·ha⁻¹) oraz nieco mniejszych wskaźników jakości gruntów ornych (85,8 i 85,0 punktów).



Rys. 2. Plony 4 zbóż i zużycie wapna w latach 1975–1998 na tle wskaźnika jakości gruntów ornych
Fig. 2. Yield of four grain crops and lime consumption in the years 1975–1998, against the index of arable land quality

Powyżej 80,0 t ziarna zbóż z hektara zebrano w województwach: elbląskim, legnickim (84,5 t·ha⁻¹), leszczyńskim (85,4 t·ha⁻¹), opolskim (89,3 t·ha⁻¹), poznańskim (82,5 t·ha⁻¹), szczecińskim, wałbrzyskim (85,7 t·ha⁻¹) i wrocławskim (84,2 t·ha⁻¹). Wskaźniki jakości gruntów ornych w wymienionych województwach wynoszą od 69,3 punktów w poznańskim do 85,8 w opolskim. Odnośnie województwa zużyły w latach 1975–1998 od 27,7 do 47,2 q Ca·O·ha⁻¹, a średnia krajowa wyniosła 23,6 Ca·O·ha⁻¹.

W kilku województwach, w których wskaźnik jakości gruntów wynosi ponad 70,0 punktów: chełmskie, kieleckie, lubelskie (80,5 pkt), przemyskie, rzeszowskie, tarnobrzesckie i za-

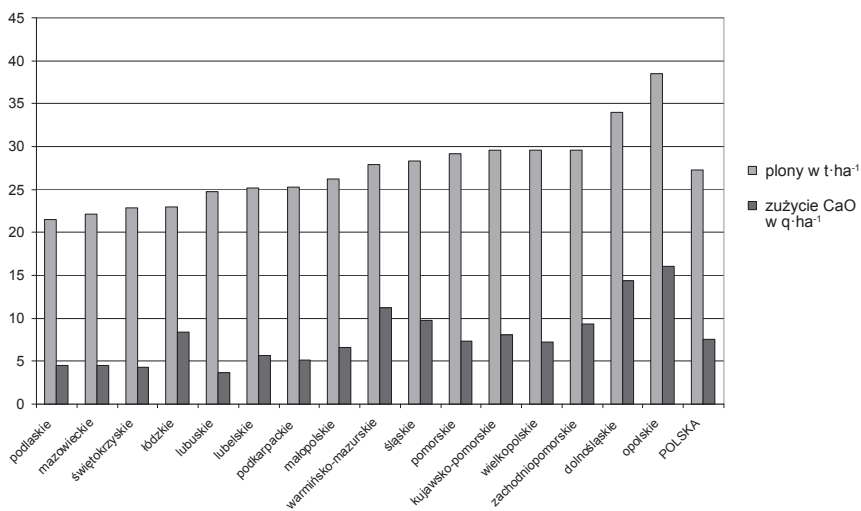
mojskie (89,8 pkt) zużyto tylko 10,0-16,6 q CaO·ha⁻¹ w latach 1975–1998, a sumaryczne plony wyniosły 60,4–73,9 t zboża z hektara. W wymienionych województwach średnie roczne zużycie CaO wyniosło od 21,7 do 170,8 kg·ha⁻¹ wobec średniej krajowej od 118,6 do 200,2 kg CaO·ha⁻¹. Wyraża się to w miernych (jak na tak wysoką jakość gleb) plonach czterech zbóż: od 60,4 t·ha⁻¹ w kieleckim do 73,9 t·ha⁻¹ w zamojskim. Z przedstawionych danych wynika, że istnieje dodatnia synchronizacja plonowania zbóż z odpowiednim wapnowaniem gleb rolniczych w poszczególnych województwach. Oczywiście jest też, że wapnowanie gleb współdziała z pozostałymi czynnikami agrotechniki stosowanej w przeszłości i obecnie.

2.3. Plony czterech zbóż w latach 1999–2007

Plony czterech zbóż wahały się od 15,8 do 50,4 q·ha⁻¹ rocznie w poszczególnych województwach, przy średnich krajowych od 23,7 do 42,4 q·ha⁻¹. Średnia krajowa w latach 1999–2007 wyniosła 30,0 q·ha⁻¹·rok⁻¹ (rys. 3).

Sumaryczne plony zbóż w poszczególnych województwach wyniosły od 18,9 t·ha⁻¹ w podlaskim do 33,9 t·ha⁻¹ w opolskim. Mniej niż 20 t·ha⁻¹ zboża zebrano w województwach: łódzkim, mazowieckim i podlaskim.

Średnie roczne zużycie CaO wyniosło od 37,4 kg·ha⁻¹ w roku 2007 do 104,2 kg·ha⁻¹ w roku 1999, które drastycznie zmalało w latach 2006 i 2007. Całkowite zużycie CaO wyniosło od 3,71 q·ha⁻¹ w lubelskim do 16,07 q·ha⁻¹ w opolskim. Średnia krajowa zużycia CaO w latach 1999–2007 wyniosła zaledwie 7,59 q·ha⁻¹.



Rys. 3. Plony czterech zbóż i zużycie wapna w latach 1997–2007 wg województw

Fig. 3. Yield of four grain crops and lime consumption in the years 1999–2007 by voivodeships

Poniżej średniej krajowej znalazły się województwa: lubelskie, lubuskie, małopolskie, mazowieckie, podkarpackie, podlaskie, pomorskie ($7,29 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$) i świętokrzyskie. Największe zużycie wapna na hektar stwierdzono w województwach: opolskim ($16,1 \text{ q}$), dolnośląskim ($14,4 \text{ q}$) i warmińsko-mazurskim ($11,2 \text{ q}$).

Zmiana administracyjnego podziału kraju utrudnia porównywanie statystycznych danych z lat 1975–1998 i 1999–2007. Plonotwórczy efekt systematycznego wapnowania gleb w województwach opolskim i dolnośląskim jest jednak ewidentny, ponieważ średnioroczne plony 4 zbóż w latach 1999–2007 wyniosły odpowiednio $37,6$ i $42,4 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$, a maksymalne plony roczne $44,7$ i $50,4 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$.

2.4. Plony rzepaku i rzepiku w latach 1975–1997

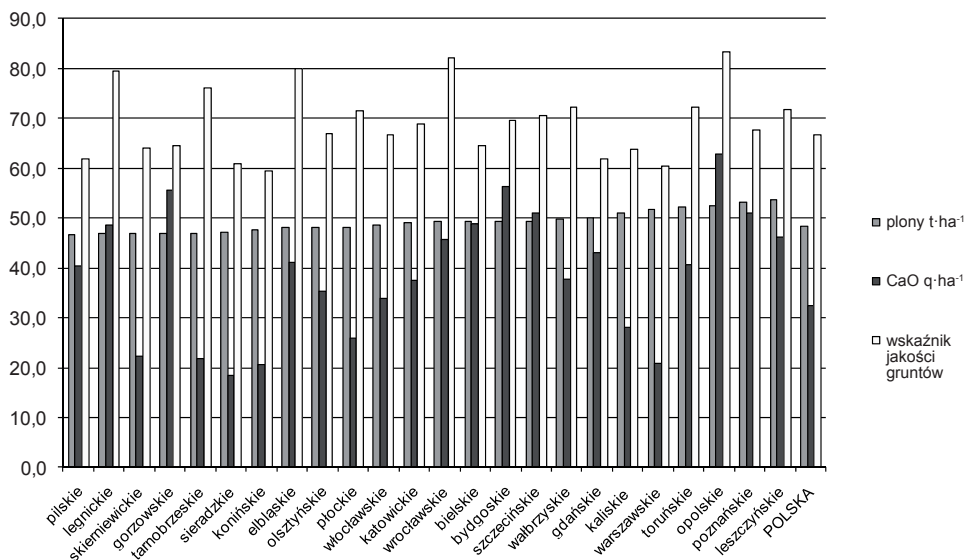
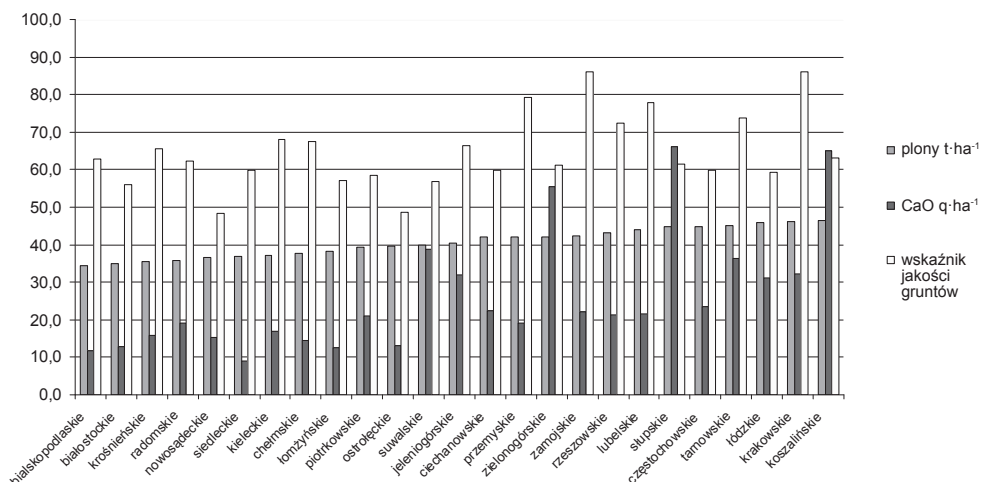
Roczne plany rzepaku i rzepiku wahały się od $15,0 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$ w województwie białkopodlaskim do $23,2 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$ w leszczyńskim. Średnia krajowa wyniosła natomiast $21,0 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rys. 4).

Sumy plonów rzepaku i rzepiku (w latach 1975–1997) mieściły się w przedziale $34,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w białkopodlaskim do $53,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w leszczyńskim. Średnia dla wszystkich województw wyniosła $48,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ponad $50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ rzepaku i rzepiku zebrano w województwach: leszczyńskim, poznańskim, opolskim, toruńskim, kaliskim i warszawskim. W województwach tych zużyto $17,5$ do $47,2 \text{ q CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$. Plony powyżej średniej krajowej ($48,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) stwierdzono w województwach: bydgoskim, gdańskim, katowickim, leszczyńskim, opolskim, szczecińskim, wałbrzyskim, wrocławskim i wrocławskim, które zużyły od $23,6$ do $47,2 \text{ q CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Na uwagę zasługują małe plony rzepaku i rzepiku w województwach lubelskim ($43,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), przemyskim ($42,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) i zamojskim ($42,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), mimo bardzo wysokich wskaźników jakości gruntów ornyczych (odpowiednio $80,5$, $84,7$, i $89,8$ punktów), ale o bardzo małym zużyciu CaO ($15,4$, $14,1$ i $16,6 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$). Tak ewidentny związek pomiędzy zużyciem wapna nawozowego a plonowaniem rzepaku i rzepiku wystąpił w wymienionych województwach, mimo że rośliny te uprawia się na glebach dobrej i średniej urodzajności, czyli na siedliskach uprzywilejowanych w stosunku do roślin zbożowych i ziemniaków.

2.5. Średnie roczne plony rzepaku i rzepiku w latach 1999–2007

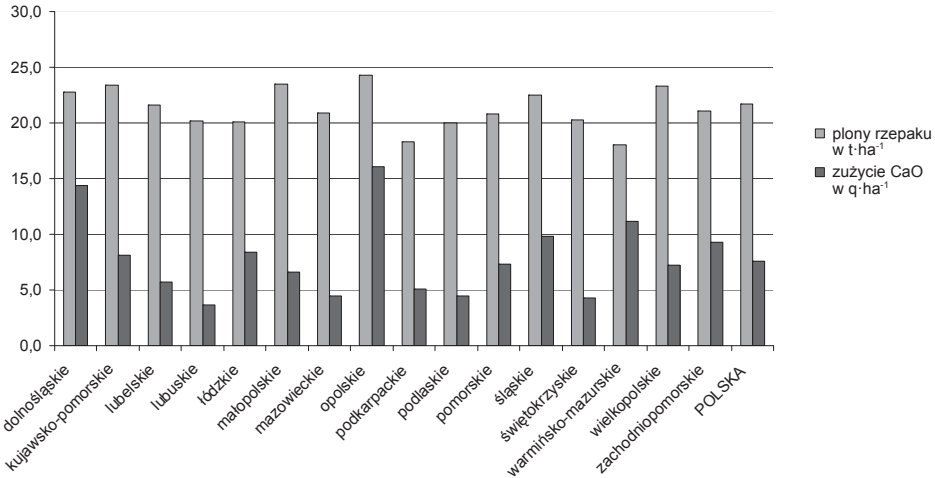
Średnie roczne plony rzepaku i rzepiku w latach 1999–2007 wyniosły od $19,9 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$ w województwie warmińsko-mazurskim do $27,0 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$ w opolskim, przy średniej dla całego kraju $24,0 \text{ q}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rys. 5). Sumy plonów rzepaku i rzepiku (w latach 1999–2007) wyniosły w poszczególnych województwach od $17,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w warmińsko-mazurskim do $24,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w opolskim. Plony większe od średniej krajowej ($21,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) stwierdzono w województwach: dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, małopolskim, opolskim, śląskim i wielkopolskim. W wymienionych województwach zużyto od $6,6 \text{ q CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$ w małopolskim do $16,1 \text{ q CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$ w opolskim. W pozostałych województwach (oprócz warmińsko-mazurskiego) zużyto od $3,7 \text{ q CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$ w lubelskim do $9,3 \text{ q CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$ w zachodniopomorskim. Należy nadmienić, że wobec



Rys. 4. Plony rzepaku i rzepliku oraz zużycie CaO w latach 1975–1997 na tle wskaźników jakości gruntów

Fig. 4. Yields of rape and mustard spinach and CaO consumption in the years 1975–1997 against the indices of land quality

radikalnego zmniejszenia zużycia CaO w latach 1999–2007 nie można stwierdzić wyraźnego związku między zużyciem wapna i plonowaniem roślin w tym czasie, zwłaszcza na terenach, gdzie przez wiele lat stosowano systematycznie odpowiednio duże dawki wapna nawozowego, a ostatnio zaniechano wapnowania lub zminimalizowano stosowane dawki.



Rys. 5. Plony rzepaku i rzepiku oraz zużycie CaO w latach 1999–2007

Fig. 5. Yields of rape and mustard spinach and CaO consumption in the years 1999–2007

3. PLONY ROŚLIN, ZUŻYCIE NPK I WAPNA W DUŻYCH GOSPODARSTWACH ROLNYCH WEDŁUG IERIGŹ W LATACH 1999–2007

Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej monitoruje plonowanie roślin w dużych (wybranych) gospodarstwach rolnych (grunty byłych PGR) z uwzględnieniem zużycia NPK i wapna nawozowego w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 1). Grunty odnośnych gospodarstw są zdrenowane na 77,3–86,2% powierzchni. W latach 1999–2007 zastosowano rocznie od 194 do 252 $\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz od 199 do 309 $\text{kg wapna}\cdot\text{ha}^{-1}$. Procentowe udziały gleb zdrenowanych oraz zużycie NPK i wapna na hektar w odnośnych gospodarstwach były wielokrotnie większe od średnich krajowych i wynosiły: udział gruntów zdrenowanych – 28,4% i średnie wojewódzkie zużycie $\text{CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$ od 37,4–104,2 kg w latach 1999–2007.

Zużycie NPK i wapna oraz procentowe udziały gleb zdrenowanych, jak też korzystne warunki glebowe, zdecydowały o wysokim plonowaniu, plony wynosiły: pszenicy od 48,4 do 71,8 $\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$ buraka cukrowego od 440 do 607,6 $\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz rzepaku i rzepiku od 23,0 do 39,0 $\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$ rocznie w latach 1999–2007. Średnie krajowe plony w latach 1999–2007 były dużo mniejsze – wahały się w przedziałach: 32,3 – 42,8 $\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$ pszenicy, 338–513 $\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$ buraka cukrowego, 18,6–30,3 $\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$ rzepaku i rzepiku.

Największe plony pszenicy (71,8 $\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz rzepaku i rzepiku (39,0 $\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano w roku 2004, a buraka cukrowego (607,5 $\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$) w roku 2007. Analogicznie największe plony wymienionych roślin stwierdzono w skali krajowej. Zdecydowały o tym korzystne warunki meteorologiczne – jeden z głównych plonotwórczych czynników.

Tabela 1. Plony roślin w dużych (wybranych) gospodarstwach rolnych (byłych PGR) w latach 1999–2007 wg IERiGŻ**Table 1.** Plant yields in selected large farm holdings (former state owned holdings) in the years 1999–2007, according to IERiGŻ.

Rok	Plony q·ha ⁻¹			NPK	Wapno	Grunty orne	
	pszenica	bur. cukr.	rzepak i rzepak	kg·ha ⁻¹	kg·ha ⁻¹	ha	% zdrenowanych
1999	48,4	440	23,0	196	225	946	77,3
2000	49,7	553	28,2	194	309	789	81,1
2001	52,2	478	31,1	218	257	793	82,2
2002	56,8	561	27,1	238	182	771	83,4
2003	48,8	465	23,2	238	270	742	83,7
2004	71,8	512	39,0	243	239	723	80,1
2005	65,5	521	33,8	252	255	724	80,1
2006	52,5	520	31,8	249	203	693	86,1
2007	56,8	607,5	30,8	262	199	690	86,2
Średnie roczne	55,8	517,5	29,8	228,5	237,6	763,4	83,0

Należy oczekiwać, że odpowiednio wysokie wapnowanie gleb nadmiernie kwaśnych, wykonanie niezbędnych melioracji oraz racjonalne nawożenie mineralne i organiczne gleb potencjalnie urodzajnych stworzy warunki niezbędne do produkcji żywności i surowców roślinnych bez potrzeby rolniczego użytkowania gleb mało urodzajnych oraz do sukcesywnego zwiększania lesistości i pozostałych form fitomelioracji terenów wiejskich.

4. WNIOSKI

1. Wieloletnie, przeważnie wielowariantowe doświadczenia połowe dowodzą, że niezrównoważone nawożenie mineralne (zwłaszcza azotowe i potasowe) zakwasza środowisko glebowe, pogarszając vegetację i plonowanie roślin. Wapnowanie gleby zapobiega kwasowej degradacji środowiska i stabilizuje plonowanie roślin. Plonotwórcze działanie wapnowania gleb kwaśnych jest ewidentne także w warunkach zrównoważonego nawożenia mineralnego.
2. Nawożenie obornikiem, oprócz plonotwórczego działania, chroni glebę przed zakwaszającym działaniem nawozów mineralnych oraz zapobiega alkalizacji gleb nadmiernie wapnowanych.
3. Ekologiczne i plonotwórcze znaczenie wapnowania gleb kwaśnych rozpoznano i doceniono w rolnictwie już dawno, toteż stanowi ono istny element racjonalnej agrotechniki. W rolnictwie polskim dopiero pod koniec lat sześćdziesiątych ostatniego stulecia stosowano około 100 kg CaO·ha⁻¹ w skali krajowej. W roku 1975 średnie krajowe zużycie CaO wyniosło 120,8 kg·ha⁻¹ ale wahało się od 23,2 kg·ha⁻¹ w województwie czę-

stochowskim do 428,0 kg·ha⁻¹ w województwie opolskim. Największe średnie krajowe zużycie CaO wyniosło 202,0 kg·ha⁻¹ w roku 1989, ale międzywojewódzkie różnice mieściły się w przedziale od 43,0 kg·ha⁻¹ w krakowskim do 424 kg·ha⁻¹ w śląskim. Regionalne zróżnicowanie zużycia CaO na hektar utrzymywało się także w nowej strukturze podziału administracyjnego kraju. W latach 1999–2007 zastosowano średnio od 3,7 q CaO·ha⁻¹ w województwie lubelskim do 16,1 q CaO·ha⁻¹ w opolskim.

4. Plony czterech zbóż oraz rzepaku i rzepiku synchronizują wyraźnie ze zużyciem wapna nawozowego. Nie wykazują natomiast wyraźnej zależności od wielkości wskaźnika jakości gruntów ornych. Plony zbóż, rzepaku i rzepiku w latach 1999–2007 także zsynchronizowane z wielkością zużycia CaO, zwłaszcza w województwach: dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, małopolskim, opolskim, śląskim i wielkopolskim.
5. Malejące ogólnokrajowe zużycie wapna nawozowego z 202 kg CaO·ha⁻¹ w 1989 r. do 104,2 kg CaO·ha⁻¹ w roku 1999 i do 37,4 kg CaO·ha⁻¹ w roku 2007 stanowi poważne zagrożenie ekologiczne i produkcyjne w rolnictwie, które będzie nasilane w warunkach malejącego nawożenia organicznego (obornik, nawóz zielony, kompost) i energetycznego spalania biomasy.
6. Ekologiczne i gospodarcze znaczenie wapnowania gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych powinno być przedmiotem stosownej edukacji oraz powodem opracowania i realizowania programu w ramach ochrony środowiska i produkcji żywności dobrej jakości.

PIŚMIENNICTWO

- FOTYMA M., GOSEK S. 1993. Sposoby zapobiegania zakwaszeniu i degradacji chemicznej gleb. Materiały z sympozjum naukowego: „Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb”. Lublin 21–22 września 1993 r.: 81–93.
- GORALSKI J., MERCIK S. GUTYŃSKA B. 1978. Trwałe doświadczenie nawozowe w Skierniewicach. Rocz. Nauk Rol. A-103(2): 111–130.
- KAC-KACAS M. 1968. Przyczynek do poznania wpływu wapnowania na kwasowość podglebia i głębszych warstw gleby. Pam. Puł. 32: 55–66.
- KERN H. 1985. Odczyn i zawartości węgla wapnia w glebach użytków rolniczych gleb Polski. IUNG R(201) Puławy: 97.
- KRZAKLEWSKI W., KOWALIK S., WÓJCIK J. 1987. Rekultywacja utworów toksycznie kwaśnych w górnictwie węgla brunatnego. Monografia AGH. Wyd. MONOS. Kraków.
- KUSZELEWSKI L., ŁABĘTOWICZ J. 1991. Skutki niezrównoważonego nawożenia mineralnego w świetle trwałego doświadczenia polowego. Rocz. Glebozn. XLII ¼: 9–17.
- MERCIK S. 1987. Wpływ odczynu gleby na plonowanie roślin i na efektywność nawożenia potasem. Rocz. Glebozn. 38 nr 2: 111–123.
- MERCIK S. 1994. Most important soil properties and yielding in the long-term static fertilizing experiments in Skierniewice. Rocz. Glebozn. XLIV Supplement: 71–78.

- MOTOWICKA-TERELAK T. 1985. Wskaźniki zakwaszenia gleb gliniastych i pyłowych oraz zwiększanie ich produktywności na drodze wapnowania. IUNG R(199) Puławy: 133
- NIEDŹWIECKI E., KOĆMIT A. 1993. Zakwaszenie gleb uprawnych po wieloletnim intensywnym nawożeniu mineralnym w warunkach gospodarki wielkotowarowej na Pomorzu Zachodnim. Sympozjum naukowe: „Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb”. Lublin 21 – 22 września 1993 r.
- RABIKOWSKA B., WILK K. 1991. Wpływ wieloletniego nawożenia obornikiem i azotu na właściwości gleby gliniastej. Część I. Odczyn gleby oraz zawartość węgla i azotu. Roczn. Glebozn. XLII ¼: 22–35.
- SADOWSKI S. 1987. Wpływ wieloletniego wapnowania na odczyn profilu glebowego. Roczn. Glebozn. 38, nr 2: 125–131.
- SIUTA J., FORKIEWICZA A. 1963. Gleby brunatne kwaśne wschodniej części Pojezierza Kaszubskiego. Pam. Puł. 9: 151–176.
- SIUTA J., ADAMCZYK Z. 1965. Wapnowanie a neutralizacja głębszych warstw profilu w glebach kwaśnych. Pam. Puł. 18: 129–140
- SIUTA J., LEKAN S., ŻÓRAWSKA B. 1971. Rolnicza rekultywacja gleb na terenie Kopalni Siarki w Grzybowie. Ochr. Teren. Górn. 15.
- SIUTA J., ŻUKOWSKI B. 2008. Degradacja i rekultywacja powierzchni ziemi w Polsce. IOŚ, Warszawa: 238 s. + dokumentacja fotograficzna i mapowa.
- Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej według gmin.** IUNG 1993 A-40: 415.