

**Grażyna Hołubowicz-Kliza**

# **WAPNOWANIE GLEB W POLSCE**

**Instrukcja upowszechnieniowa  
Nr 128**

**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**  
24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8,  
tel. (081) 8863421, 8864960, fax. (081) 8864547  
e-mail: [iung@iung.pulawy.pl](mailto:iung@iung.pulawy.pl); [www.iung.pulawy.pl](http://www.iung.pulawy.pl)  
*Dyrektor: prof. dr hab. Seweryn Kukuła*

**DZIAŁ UPOWSZECHNIANIA I WYDAWNICTW**  
tel. (081) 8863421 w. 301, 303, 307  
*Kierownik: dr Kazimierz Kęsik*

**Opracowanie redakcyjne, graficzne i skład komputerowy:**  
*Grażyna Hołubowicz-Kliza*

© Copyright by Wydawnictwo IUNG-PIB, Puławy, 2006

**ISBN-83-89576-31-7**

# WSTĘP

---

Na zakwaszenie gleb w Polsce wpływają warunki naturalne oraz działalność człowieka. Do podstawowych czynników zaliczany jest klimat oraz rodzaj skały macierzystej. Ponad 90% gleb w Polsce wytworzonych jest na kwaśnych skałach naniesionych przez lodowce. Na nich następuje intensywne wymywanie składników zasadowych, zwłaszcza w obszarach o większej rocznej sumie opadów. Dlatego najwięcej gleb zakwaszonych zlokalizowanych jest w rejonach górskich i nadmorskich. Powstający na skutek oddychania organizmów glebowych  $\text{CO}_2$ , w niskich temperaturach koncentruje się w glebie i wpływa na wzrost zakwaszenia. Sprzyjają mu także niektóre naturalne procesy przemian związków organicznych i związków azotu. Również człowiek przyczynia się do odprowadzania składników zasadowych wraz z plonami roślin. Inną przyczyną zakwaszenia gleb jest stosowanie nawozów azotowych. Wprawdzie w latach 90. nastąpiło znaczne zmniejszenie zużycia nawozów w Polsce, głównie fosforowych i potasowych. Stąd zakwaszające oddziaływanie nawożenia tak naprawdę nie uległo redukcji. Jedną z przyczyn zakwaszenia gleby jest emisja dwutlenku siarki i tlenków azotu do atmosfery, w wyniku spalania paliw. Jednak kwaśne opady na skutek działań ekologicznych i recesji gospodarczej są systematycznie redukowane.

Z rolniczego punktu widzenia skutki zakwaszenia gleb są niezwykle ważne. Należy do nich głównie:

- zmniejszenie przyswajalności składników pokarmowych roślin, zwłaszcza fosforu, magnezu czy molibdenu,
- zwiększenie ruchliwości składników, które stają się niebezpieczne w większych ilościach, przede wszystkim metali ciężkich oraz glinu ruchomego.

Nagromadzenie metali ciężkich w glebie, zwłaszcza kadmu i ołowiu może doprowadzić do ich nadmiernej koncentracji w roślinach. Ich wysoka zawartość dyskwalifikuje rośliny z przeznaczeniem do konsumpcji (Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 26 lipca 2004 r. w sprawie integrowanej produkcji).

Mimo wielu działań doradczych w zakresie celowości regularnego stosowania nawozów wapniowych jest niewystarczający. Przedstawione opracowanie ma na celu udostępnienie niejednokrotnie publikowanych informacji o wapnowaniu. Pozycje wydawnicze z tego zakresu, z uwagi na wagę tego problemu w Polsce, powinny być ciągle wznawiane i nowelizowane.

# STAN ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE

Na podstawie przeglądu gleb polski można stwierdzić, że praktycznie większość ich typów ulega w mniejszym lub większym stopniu zakwaszaniu. Jednak gleby węglanowe i zasobne naturalnie w wapń nie ulegają temu procesowi. (rys. 1).

pH w KCl				
silnie kwaśne <4,5	kwaśne 4,5-5,5	slabo kwaśne 5,6-6,5	obojętne 6,6-7,2	zasadowe >7,2
Gleba				
<b>bielice</b> <b>bielicowe:</b> leśne uprawne <b>torfowe:</b> torfy wysokie <b>glejowo-murszowe</b>	<b>bielicowe rdzawe</b> <b>brunatne:</b> kwaśne <b>płowe</b> <b>torfowe:</b> torfy niskie <b>glejowe</b> <b>pseudoglejowe</b>	<b>czarnoziemy:</b> leśno-stepowe leśno-ląkowe <b>brunatne:</b> właściwe wyługowane <b>płowe</b> <b>torfowe:</b> torfy dolinowe <b>deluwialne</b>	<b>czarnoziemy:</b> leśno-stepowe leśno-ląkowe <b>szaro-brunatne:</b> <b>brunatne:</b> właściwe <b>mady</b> <b>mulowo-gytowe</b> <b>deluwialne</b>	<b>rędziny</b>

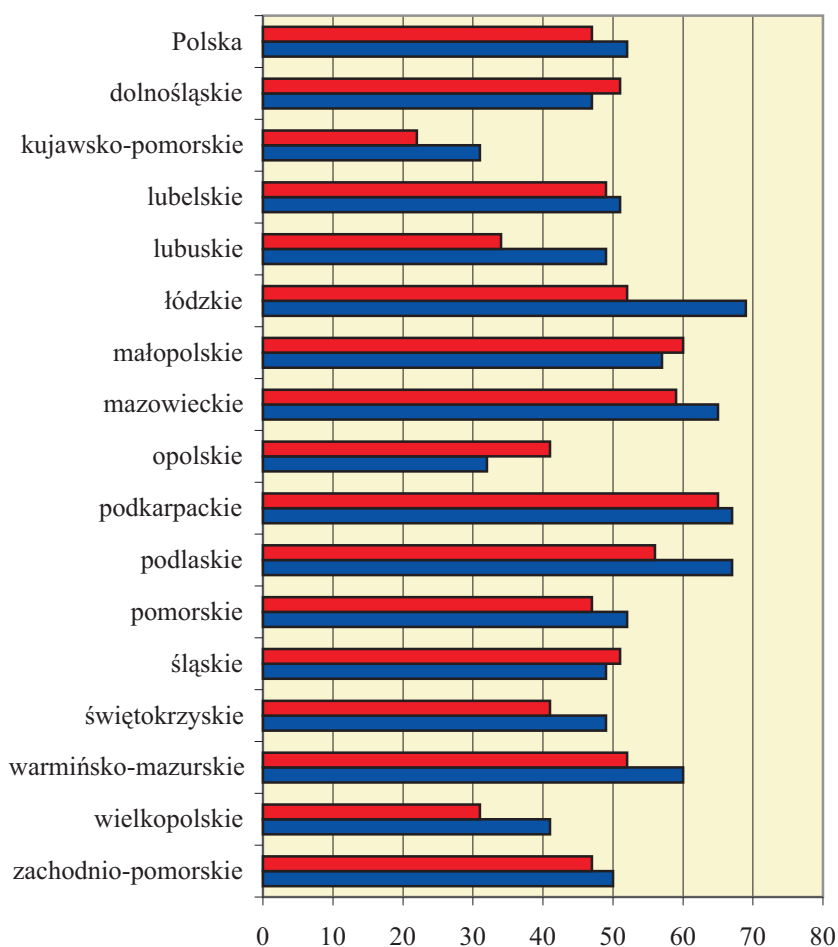
Źródło: Ugla

Rys.1. Orientacyjny schemat kształtowania się odczynu gleb Polski (wg Uggli)

Od wielu lat udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych w Polsce przekracza średnio 50% powierzchni użytków rolnych. Istnieją jednak i takie obszary, gdzie gleby najsilniej zakwaszone stanowią ponad 80% powierzchni (rys. 1). W tych rejonach częstość narażenia na większe ilości aktywnych form metali jest większa niż na glebach o optymalnym odczynie. Natomiast stosowane dawki wapna w ostatnich latach wynoszą średnio nieco ponad 90 kg CaO/ha/rok i dalece odbiegają od faktycznych potrzeb.

# STAN ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE

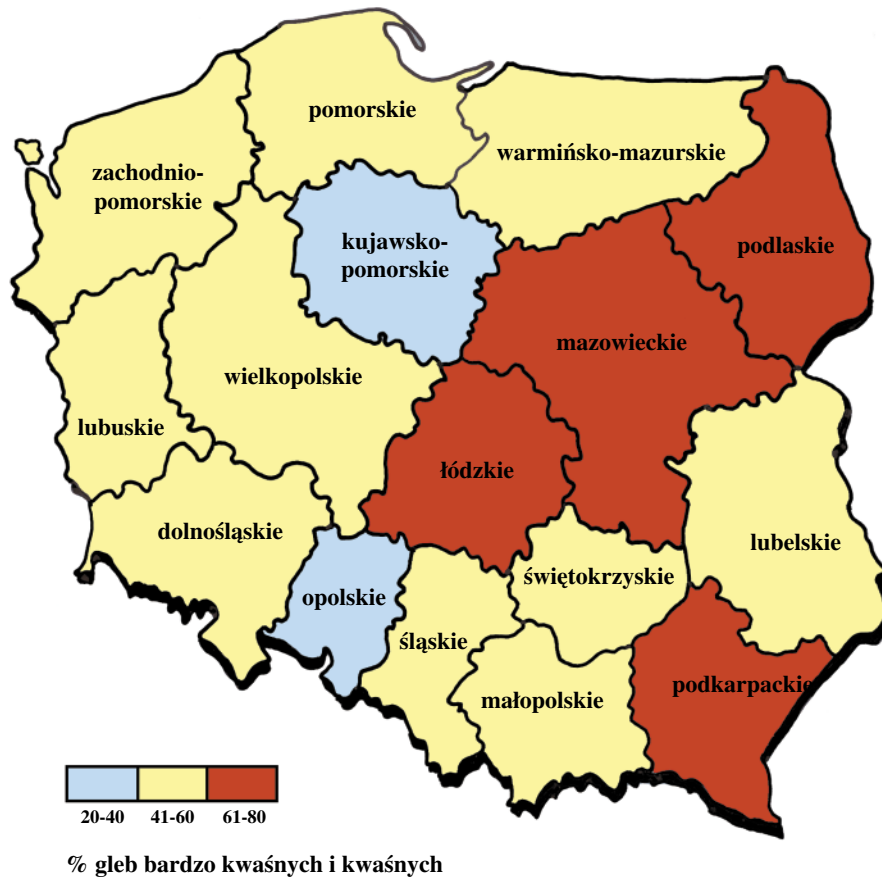
W wielu przypadkach nie pokrywają nawet naturalnego wymycia wapnia z gleby, nie mówiąc już o poprawie ogólnego stanu odczynu. Rzeczywiste zapotrzebowanie na wapno w przeliczeniu na czysty składnik wynosi około 2 t CaO/ha i taka ilość pozwoliłaby na doprowadzenie odczynu gleb w Polsce do odpowiadającego potrzebom produkcji roślinnej. Dlatego też w celu zapewnienia właściwej jakości płodów rolnych, które podlegają kontroli pod kątem zawartości metali ciężkich, musi towarzyszyć stosowanie odpowiednio wysokich dawek wapna dobrej jakości.



Rys. 2. Udział gleb najsilniej zakwaszonych (pH < 5,5) - i o największych potrzebach wapnowania - w Polsce wg OSChR

# STAN ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE

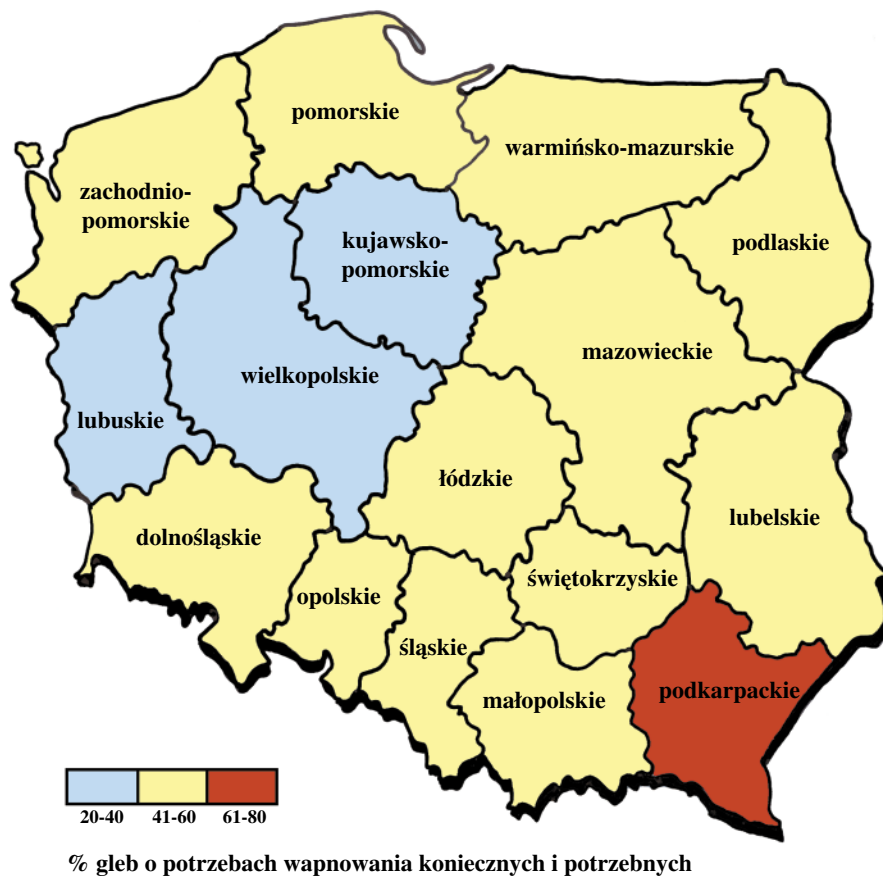
---



Rys. 3. Regionalne zróżnicowanie odczynu gleb w Polsce wg OSChR

# STAN ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE

---



Rys. 4. Potrzeby wapnowania gleb w Polsce wg OSChR

# STAN ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE

---

Na początku lat 90. zużycie nawozów wapniowych, średnio w kraju, wynosiło około 135 kg CaO/ha UR rocznie. W województwach: kujawsko-pomorskim, opolskim, dolnośląskim i śląskim zużycie nawozów wapniowych było większe lub znacznie większe od średniej dla kraju (rys. 4). W ostatnich latach spadło ono we wszystkich województwach, a w latach 2004-2005 było już skrajnie niskie, zdecydowanie niższe od zużycia NPK w nawozach mineralnych.

Zakwaszenie gleb wiąże się bardzo ściśle z:

- wymywaniem składników pokarmowych, przede wszystkim związków zasadowych do głębszych warstw gleby,
- występowaniem niektórych składników pokarmowych w formie trudno przyswajalnej dla roślin, np. fosfor,
- ograniczeniem i zmniejszeniem aktywności drobnoustrojów biorących udział w procesach rozkładu substancji organicznej w glebie,
- zmniejszeniem zawartości próchnicy w glebie,
- osłabieniem intensywności przebiegu procesu pobierania (asymilacji) azotu z powietrza, zarówno przez mikroorganizmy wolnożyjące w glebie (*Azotobacter*), jak też współżyjące z większością roślin motylkowatych (rozwijają się normalnie tylko w odczynie zbliżonym do obojętnego, a w warunkach kwaśnych rozmnażają się wolno, są słabe i przyswajają mało azotu).



# KWASOWOŚĆ GLEBY

---

## FORMY KWASOWOŚCI

Kwasowość uwarunkowana jest występowaniem w glebie jonów wodorowych ( $H^+$ ). Nieznaczna tylko część wolnych jonów wodorowych występuje bezpośrednio w roztworze glebowym. Większość wiązana jest przez fazę stałą tzw. kompleks sorpcyjny gleby. Część mineralna składa się z rozdrobnionych minerałów glinokrzemianowych oraz różnych części nieorganicznych. Natomiast część organiczna (procentowo mniejsza, ale bardzo aktywna) jest mieszaniną różnych substancji posiadających charakter koloidów. Na zdolność sorpcyjną składa się wiele procesów fizykochemicznych, wśród których najważniejszy określa się mianem sorpcji wymiennej. Polega on na wymianie jonów występujących w roztworze glebowym na jony znajdujące się w kompleksie sorpcyjnym gleby. W związku z tym gleby, w których przeważają cząsteczki naładowane ujemnie (na zasadzie przyciągania ładunków elektrycznych) sorbują dużą ilość jonów dodatnich, a w tym wodorowych. W zależności od tego, z jakimi jonami wodoru mamy do czynienia, czy z roztworu glebowego, czy też z sorbowanymi przez kompleks glebowy, wyróżniamy dwie formy kwasowości gleby:

- **kwasowość czynną,**
- **kwasowość potencjalną.**

Są to wolne jony wodoru występujące bezpośrednio w roztworze glebowym. Ich stężenie w roztworze jest ściśle związane z całkowitą kwasowością gleby, a także z bieżącymi procesami zachodzącymi w glebie.

Na wartość kwasowości czynnej składa się wiele czynników:

- wartość kwasowości potencjalnej,
- obecność  $CO_2$  i kwasu węglowego,
- kwasy organiczne (powstające w procesie rozkładu resztek roślinnych),
- wprowadzanie do gleby nawozów fizjologicznie kwaśnych.

Kwasowość czynna zmienia się znacznie w cyklu rocznym, wraz z porami roku. Zwykle bywa największa latem, gdyż wówczas działalność mikroorganizmów jest najaktywniejsza, a rośliny rozwijają się najintensywniej. Poza tym latem, w wyższej

## kwasowość czynna

# KWASOWOŚĆ GLEBY

---

temperaturze intensywniej zachodzą reakcje chemiczne. Natomiast wiosną i jesienią kwasowość czynna jest mniejsza, zaś zimą, kiedy gleba zamarza, osiąga minimum.

Kwasowość czynna gleby jest ważnym wskaźnikiem, zwykle wystarczającym żeby określić orientacyjnie klasę kwasowości gleby. Może ona również w jakimś stopniu odpowiedzieć na pytanie: „Czy należy glebę wapnować?”. Ale jest to tylko wskaźnik orientacyjny, chociażby z powodu swojej zmienności w ciągu roku. Wielkość kwasowości czynnej, przede wszystkim nie odpowiada na pytanie: „Ile trzeba wapna na zobojętnienie kwasowości gleby?”, gdyż w miarę zobojętniania roztworu glebowego stopniowo i stale będą przechodzić do niego jony wodorowe z kompleksu sorpcyjnego gleby. Dlatego też bardzo ważne jest oznaczenie tej części jonów wodoru, które ukryte są w kompleksie sorpcyjnym i decydują o kwasowości gleb. Ta część jonów wodoru składa się na potencjalną kwasowość gleby.

## **kwasowość potencjalna**

Wielkość kwasowości potencjalnej jest dla każdej gleby wartością w znacznym stopniu stałą, mało zależną od bieżących procesów biologicznych zachodzących w glebie.

Rozróżniamy dwie formy kwasowości potencjalnej:

- **kwasowość wymienna,**
- **kwasowość hydrolityczną.**

Kwasowość wymienna ujawnia się podczas traktowania gleb kwaśnych roztworami soli obojętnych, np. chlorkiem potasu. W ten sposób do roztworu glebowego przechodzi pewna ilość jonów wodoru. Jony wyparte i aktualnie będące w roztworze składają się na kwasowość wymienną. W praktyce kwasowość wymienna może ujawniać się podczas nawożenia kwaśnych gleb obojętnymi nawozami mineralnymi, np. chlorkiem potasu. Wówczas do kompleksu sorpcyjnego przechodzi pewna ilość jonów potasu, a wypierane jony wodoru z powstającymi w roztworze jonami chloru tworzą kwas solny i zakwaszają środowisko wokół korzeni.

# KWASOWOŚĆ GLEBY

---

Kwasowość wymienna jest dla roślin szczególnie nie szkodliwa, gdyż jest zwykle powiązana z występowaniem wolnych jonów glinu, działających toksycznie. Dlatego też zneutralizowanie kwasowości wymiennej jest najistotniejszym celem wapnowania, a jej wartość może służyć w dużym stopniu jako wskaźnik potrzeby wapnowania.

kwasowość  
wymieniana

## Uwaga:

**Aktywny chemicznie (ruchomy) glin jest szczególnie szkodliwy dla jęczmienia, pszenicy, buraków, gorczycy i koniczyny. Oprócz niego toksyczne działanie, na glebach kwaśnych, na rośliny wykazuje nadmiar rozpuszczalnego manganu (koniczyna, lucerna).**

Należy zaznaczyć, że kwasowość wymienna gleb ciężkich przy tym samym pH w KCl będzie wyższa niż gleb lekkich. Dlatego też między innymi gleby ciężkie przy tym samym pH w większym stopniu wymagają wapnowania.

Zatem można jednoznacznie powiedzieć, że wartość kwasowości wymiennej może służyć za podstawę do określenia potrzeb wapnowania. Po uwzględnieniu kategorii agronomicznej gleby stosunkowo łatwo wyznaczyć wielkość dawki niezbędnej do zneutralizowania kwasowości.

Ten rodzaj kwasowości ujawnia się podczas traktowania gleby solami słabych kwasów i mocnych zasad (sole hydrolizujące zasadowo). Oznaczanie tej kwasowości pozwala na stosunkowo precyzyjne wyznaczenie odkwaszającej glebę dawki wapna. Niemniej jednak w praktyce zastosowanie danych naliczonych w oparciu o kwasowość hydrolityczną nie powoduje pełnego odkwaszenia gleby.

kwasowość  
hydrolityczna

Obecnie rzadko wykorzystuje się oznaczenie kwasowości hydrolitycznej do naliczania dawek wapna. Dominuje pogląd, że jednorazowe odkwaszenie gleby nie jest korzystne, gdyż powoduje zbyt radykalne zmiany w glebie i jest zabiegiem drogim.

Wiadomo, że zakwaszenie gleb uniemożliwia otrzymanie wysokich plonów większości gatunków roślin uprawnych, nawet przy stosowaniu prawidłowej uprawy i nawożenia. W celu poprawienia żyzności gleb kwaśnych konieczne jest ich

# WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

---

wapnowanie. Nawozy wapniowe mają zupełnie inną rolę do spełnienia niż azotowe, fosforowe czy potasowe. Są one tylko w niewielkim stopniu źródłem składnika pokarmowego (wapnia) dla roślin, a jednak mają na celu:

- zmniejszenie szkodliwego działania kwasowości gleby, a tym samym, toksycznego działania glinu i manganu,
- poprawę dostępności dla roślin wielu składników pokarmowych,
- wpływają na rozwój korzystnej mikroflory,
- polepszenie właściwości fizycznych warstwy ornej gleby.

## WPŁYW WAPNOWANIA NA KWASOWOŚĆ GLEBY

Podstawowym zadaniem wapnowania jest obniżenie kwasowości gleby. W wyniku zastosowania odpowiednich dawek wapna możemy nadać glebie odpowiedni odczyn, dostosowany do wymagań różnych gatunków roślin. Oddziaływanie nawozów wapniowych zmienia się w czasie. Kwasowość gleby ulega wyraźnemu obniżeniu w pierwszym roku po zastosowaniu wapna. Przy nawożeniu małymi dawkami minimum kwasowości osiąga się w drugim lub trzecim roku po zastosowaniu za-

biegu. Natomiast dawki małe, do 0,5 t  $\text{CaCO}_3/\text{ha}$ , zastosowane jednorazowo nie wywołują większych zmian w glebie. Mogą przyczynić się do efektywnych zmian tylko wówczas, gdy są stosowane kilkakrotnie w niewielkich odstępach czasu, albo gdy są wymieszane nie z całą warstwą orną, ale tylko z częścią gleby, która dla rośliny jest najważniejsza. Działanie wapna nie ogranicza się tylko do warstwy ornej, ale stopniowo działa na warstwy głębsze.

Szybkość i stopień reakcji pomiędzy glebą a nawozami wapniowymi zależy od:

- stopnia wymieszania nawozu z glebą,
- wilgotności gleby (w wilgotnej glebie szybkość reakcji jest większa),
- rodzaju nawozów wapniowych,
- stopnia rozdrobnienia nawozów.

# WPLÝW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

---

Dla rozwoju roślin niezbędne są takie makroelementy jak: azot, fosfor, potas, wapń, magnez, siarka, żelazo bor, cynk, mangan, miedź, molibden.

Wszystkie te składniki pobierane są przez korzenie z roztworu glebowego, w którym są rozpuszczone (dostępne dla roślin, przyswajalne). Rozpuszczalność składników pokarmowych w roztworze glebowym zależy w dużym stopniu od odczynu gleby (rys. 3).

Wapnowanie wpływa na przyspieszenie rozkładu substancji organicznej oraz procesu nityfikacji, które najefektywniej przebiegają, gdy odczyn jest słabo kwaśny lub obojętny. Przyczyniając się do lepszej przewiewności gleb, wapnowanie przeciwdziała bardzo niekorzystnym procesom denityfikacji, które prowadzą do strat azotu. Ponadto wapnowanie przyczynia się do lepszego pobierania przez rośliny azotu w formie amonowej. Regulacja odczynu gleby do słabo kwaśnego - obojętnego jest bardzo ważna jeśli chodzi o rozwój bakterii wiążących wolny azot z powietrza.

Fosfor w glebie występuje głównie w postaci fosforanów żelaza, glinu, wapnia i magnezu oraz częściowo w związkach organicznych. Fosforan żelaza i glinu w odczynie kwaśnym są prawie nierozpuszczalne. Zakres najniższej ich rozpuszczalności jest w granicach pH 3-4. Podwyższenie pH powoduje stopniowe uruchomienie przyswajalnego fosforu, a tym samym zwiększenie wykorzystania go z nawozów, jak również z gleby. W wyniku wapnowania u niektórych roślin zwiększa się pobieranie fosforu, np. u kukurydzy 2-3 krotnie, owsa o ok. 60%, koniczyny o ok. 10-20%.

**WPLÝW  
WAPNOWANIA NA  
PRZYSWAJALNOŚĆ  
SKŁADNIKÓW  
POKARMOWYCH**

**wpływu  
wapnowania  
na pobieranie azotu**

**wpływu  
wapnowania  
na pobieranie  
fosforu**

# WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

---

## wpływ wapnowania na pobieranie potasu

Wapnowanie, podobnie jak w przypadku azotu, nie modyfikuje zasadniczo pobierania potasu. Ważne jest jednak, że dobrze zwapnowane gleby rzadko wykazują niekorzystne skutki nadmiernego odżywiania roślin potasem. W warunkach gleb kwaśnych i słabo zaopatrywanych w wapń nawet niewielkie przekroczenie zapotrzebowania roślin na potas powoduje znaczący wzrost pobierania tego składnika. Nadmiar potasu jest szczególnie niekorzystny w odniesieniu do roślin pastewnych, a szczególnie do ich przydatności paszowej. Stosunek Ca : K w glebach bardzo lekkich i lekkich oraz kwaśnych glebach średnich jest bardzo wąski, to znaczy, że występuje tam niemal zawsze względny nadmiar potasu w stosunku do wapnia. Dopiero po zastosowaniu dużych dawek wapnia stosunek ten zbliża się do wartości uznanej za optymalną dla prawidłowego rozwoju roślin. Dlatego też nie należy nadmiernie nawozić upraw potasem na glebach lekkich, a do tego o nieuregulowanym odczynie. Dopiero po uregulowaniu odczynu gleb, możliwe staje się intensywne nawożenie tym składnikiem.

## wpływ wapnowania na pobieranie magnezu

Na glebach kwaśnych magnez najczęściej występuje w formie niedostępnej dla roślin. Na ogół, dzięki racjonalnemu stosowaniu nawozów wapniowych zawierających magnez polepsza się jego pobieranie przez rośliny.

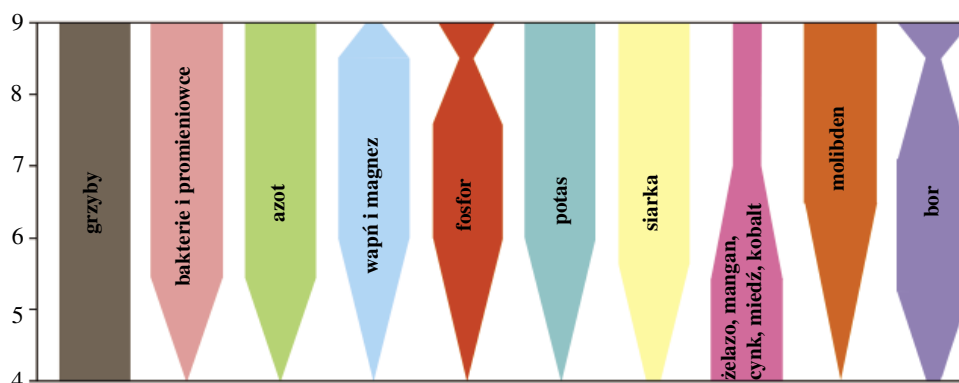
Nawożenie wapniem i magnezem trzeba rozpatrywać łącznie, gdyż gleby kwaśne zwłaszcza lekkie, wykazują z reguły niską zawartość przyswajalnego dla roślin magnezu. Wapnowanie gleb kwaśnych wapnem zwykłym początkowo zwiększa dostępność magnezu dla roślin, gdyż stosunek Ca : Mg zbliża się do optymalnej wartości, jednak duże dawki powodują niekorzystne poszerzenie tego stosunku i dlatego powinny być stosowane w postaci wapna magnezowego.

# WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

Pierwiastek ten spełnia bardzo ważne funkcje fizjologiczne w roślinach, a szczególnie u roślin motylkowatych. Zawartość przyswajalnego molibdenu w glebach kwaśnych jest zwykle mała. Tak więc wapnowanie poprzez zmianę odczynu wpływa na zwiększenie przyswajalności tego mikroelementu.

Należy zaznaczyć, że pod wpływem wapnowania większość mikroelementów niezbędnych roślinom ulega unieruchomieniu. Najlepiej przyswajalny na glebach kwaśnych jest mangan. Po zwapnowaniu zbyt wysokimi dawkami wapna następuje bardzo często unieruchomienie go, tak że rośliny zaczynają wykazywać objawy niedoborowe. Unieruchomieniu przy dużych dawkach wapna ulegają także: bor, miedź i cynk. Niedobory tego rodzaju występują po wprowadzeniu jednorazowo dużych dawek wapna. Można je jednak usunąć poprzez zastosowanie tych mikroelementów w stosunkowo małych dawkach.

wpływ  
wapnowania  
na pobieranie  
mikroelementów



Źródło: Buckman i Bradi

Rys. 5. Wpływ pH na przyswajalność składników pokarmowych oraz życie biologiczne gleby

# WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

## WPŁYW WAPNOWANIA NA MIKROORGANIZMY GLEBOWE

Nie wszystkie mikroorganizmy glebowe są jednakowo wrażliwe na kwaśny odczyn gleby. Najlepiej znoszą go grzyby. Wśród mikroorganizmów występują różnice co do optymalnego pH. Jednak znaczna większość gatunków mikroflory najlepiej rozwija się w odczynie obojętnym (tab. 1).

Bakterie przyspieszające procesy rozkładu substancji organicznej rozwijają się lepiej na glebie zwapnowanej. Rozkład ten prowadzi do powstawania prostych związków (stają się wówczas dostępne dla roślin), a w konsekwencji uzyskuje się wyższe plony. Dzięki wapnowaniu przebiega również intensywniej proces pobierania azotu z powietrza przez mikroorganizmy zarówno wolno żyjące, jak i symbiotyczne (bakterie korzeniowe u roślin motylkowatych).

Tabela 1

Optymalny odczyn dla rozwoju mikroflory w glebie

Zasadnicze grupy drobnoustrojów	Drobnoustroje	odczyn pH optymalny	Dolna granica tolerancji pH
Drobnoustroje rozkładające substancję organiczną	grzyby	4,0-5,0	1,5-2,0
	amonifikatory	6,2-7,0	-
	denitryfikatory	7,0-8,0	-
	nitryfikatory	6,5-7,2	4,8-5,0
	uruchamiające P	6,5-7,5	-
Bakterie asymilujące wolny azot	Symbiotyczne:		
	lucerny	6,8-7,2	4,9-5,0
	koniczyny	6,8-7,2	4,2-4,7
	grochu	6,5-7,0	4,0-4,5
	wyki	6,5-7,0	4,0-4,5
	łubinu	5,5-6,5	3,2-3,5
	seradeli	5,5-6,5	3,2-3,5
	Niesymbiotyczne:		
	<i>Azotobacter</i>	6,5-7,5	5,5-6,0
	<i>Clostridium pasterianum</i>	5,0-7,0	4,7-5,0

Źródło: W. Boguszewski, M. Kac-Kacas



# WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

---

Wapnowanie wpływa nie tylko na zwiększenie aktywności pożytecznych mikroorganizmów, ale także na:

- zmniejszenie w niej różnych szkodliwych dla rozwoju roślin grzybów i pasożytów,
- wzmocnienie rośliny oraz ochronę jej przed różnymi chorobami,
- zmniejszenie zachwaszczenia (większość chwastów lepiej rozwija się na glebach kwaśnych).

Próchnica z wapniem tworzy związki mniej rozpuszczalne w wodzie, co przeciwdziała ich wypłukiwaniu do głębszych warstw. Związki te, cementują gruzełki i uodparniają je na działanie wody. Zjawisko to jest bardzo korzystne i pożądane szczególnie na glebach ciężkich. Gleba taka, gdy jest bardziej wilgotna, nie zlepia się, zaś wysuszona nie twardnieje, nie tworzy na swojej powierzchni skorupy, w związku z czym jest łatwiejsza w uprawie. Wapnowanie jest więc zabiegiem podnoszącym żyzność gleb kwaśnych, umożliwiającym skuteczne stosowanie innych zabiegów agrotechnicznych.

Długotrwały efekt wapnowania świadczy o tym, że pod wpływem tego zabiegu zachodzą określone i względnie trwałe zmiany właściwości gleby, które przyczyniają się do zwiększenia jej żyzności. Zmiany te dotyczą wskaźników kwasowości oraz właściwości glebowego kompleksu sorpcyjnego.

Poprzez wapnowanie należy dążyć do całkowitego usunięcia kwasowości wymiennej i glinu wymiennego z gleby, jak również do znacznego ograniczenia kwasowości hydrolitycznej. Należy zaznaczyć, że glin wymienny zanika w glebie przy pH powyżej 5,0, natomiast kwasowość wymienna w glebach lekko kwaśnych przy pH powyżej 6,0.

**WPŁYW  
WAPNOWANIA  
NA FIZYCZNE  
WŁAŚCIWOŚCI  
GLEBY**

**WPŁYW  
WAPNOWANIA  
NA CHEMICZNE  
WŁAŚCIWOŚCI  
GLEBY**

# WPLÝW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

---

Do usunięcia glinu wystarczają niewielkie dawki wapnia (1,2-2,5 t CaO/ha). W ciągu kolejnych lat, po jednorazowym wapnowaniu, kwasowość gleby powoli powraca do stanu wyjściowego. Bardzo korzystne jest regularne wapnowanie małymi dawkami nawozów, co pozwala na utrzymanie właściwego odczynu gleby, jak również zawartości glinu w granicach nieszkodliwych dla roślin.

## WPLÝW NAWOZÓW MINERALNYCH NA ZAKWASZENIE GLEBY

Zmiany odczynu gleby uwarunkowane są fizjologicznymi właściwościami nawozów. Następują one na skutek wybiórczego pobierania przez rośliny jonów podlegających hydrolizie lub dysocjacji nawozów.

W związku z tym nawozy mineralne, ze względu na wpływ na odczyn gleby można podzielić w sposób następujący:

- **zasadowe,**
- **kwaśne,**
- **obojętne.**

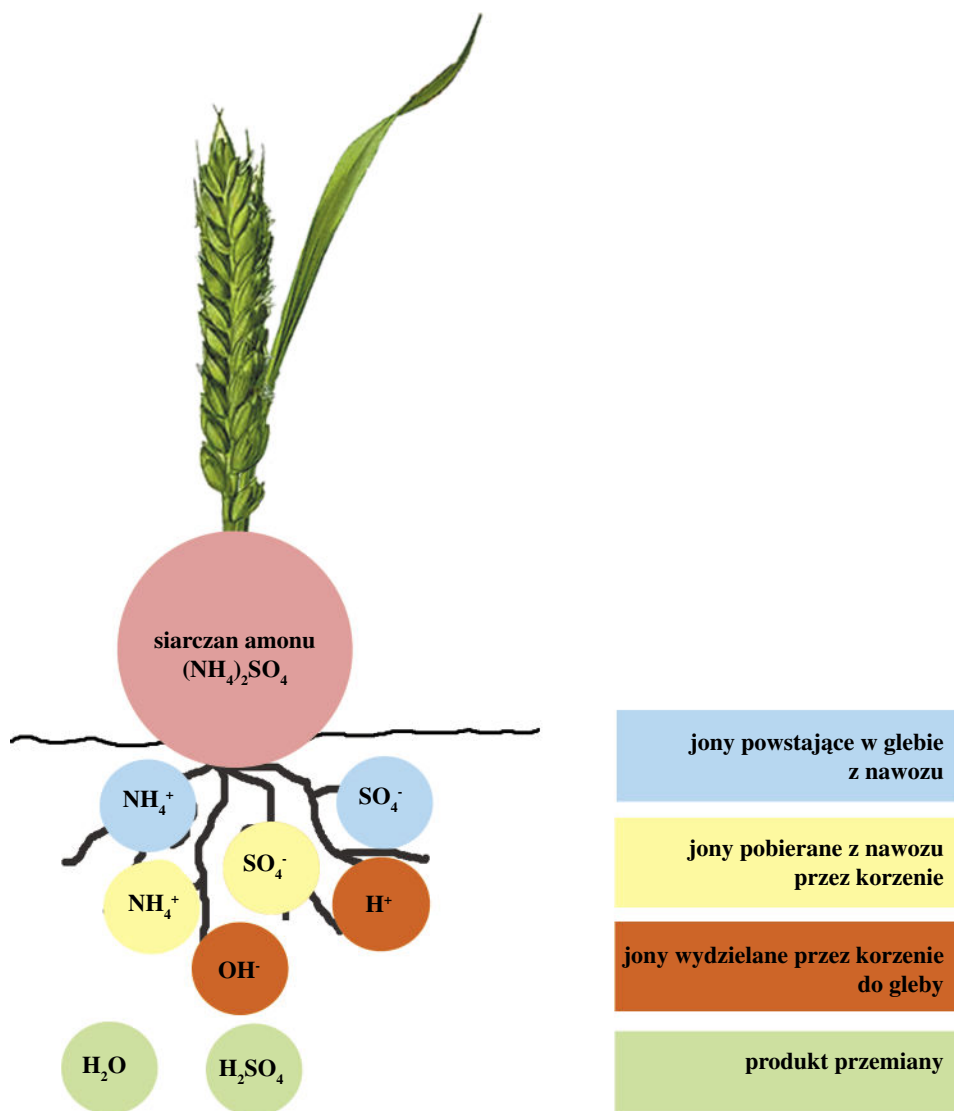
Działanie zakwaszające nawozów mineralnych można zobojętnić poprzez równoczesne zastosowanie węglanu wapnia. Wapnowanie takie nie dopuszcza jedynie do obniżenia pH gleby po zastosowaniu fizjologicznie kwaśnych nawozów. Postępowanie takie może jedynie przyczynić się do zwiększenia efektywności stosowania nawozów mineralnych, ale nie może zastąpić normalnego wapnowania.

Niektóre nawozy mineralne mogą nie tylko zakwaszać glebę poprzez wprowadzenie do roztworu glebowego dodatkowej ilości jonów wodoru, ale także przez szybsze wypłukiwanie wapnia z warstwy ornej (rys. 6).

Nawozy zasadowe wpływają w pewnym stopniu na odczyn gleby. W związku z tym nadają się one, szczególnie do stosowania na glebach kwaśnych. Jednak nawozy te nie są w stanie istotnie zmienić odczynu gleby (rys. 7).

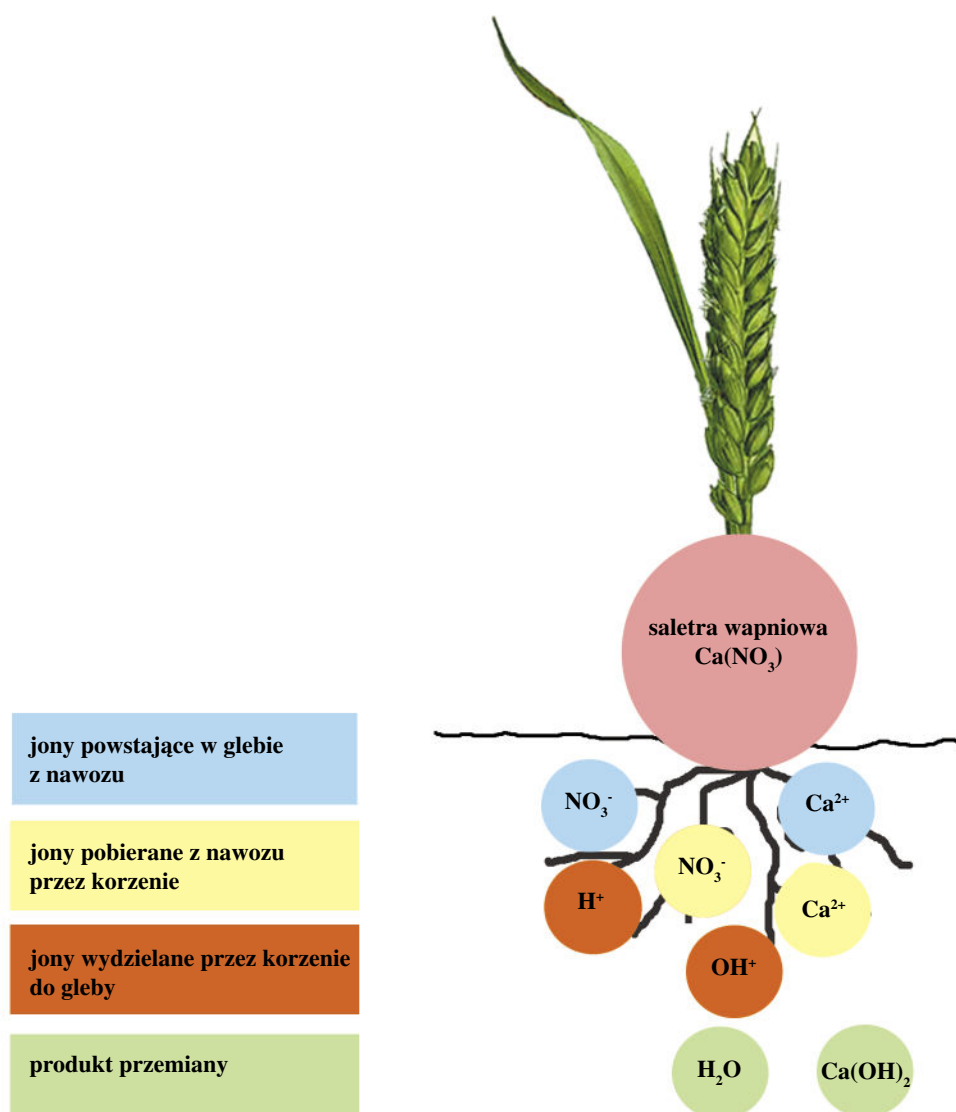
Wśród nawozów organicznych największe znaczenie ma obornik. W wyniku stałego stosowania tego nawozu, potrzeby wapnowania oraz dawki wapnia mogą być niższe. Zastosowanie go nie wpływa na spadek pH, a nawet przy systematycznym stosowaniu nieznacznie je podnosi. Niemniej jednak pomimo stosowania obornika potrzebne jest również regularne wapnowanie, bowiem jego efektywność oraz innych nawozów organicznych jest tym większa, im szybciej te nawozy są rozkładane na prostsze, bardziej przyswajalne związki dla roślin.

# WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE



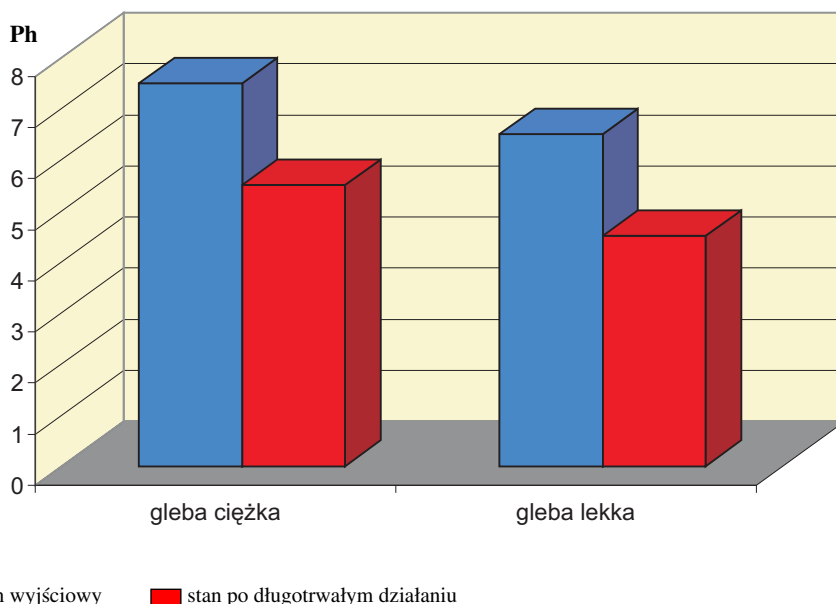
Rys. 6. Działanie nawozu fizjologicznie kwaśnego

# WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE



Rys. 7. Działanie nawozu fizjologicznie zasadowego

## WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE



Rys. 8. Wpływ długotrwałego stosowania siarczanu amonu na obniżenie pH

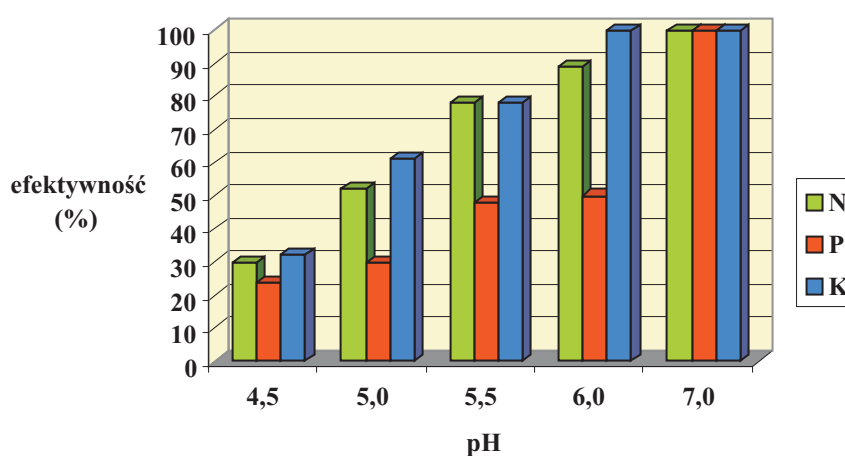
Wapnowanie wpływa na zwiększenie przyswajalności składników pokarmowych. Typowym przykładem tego zjawiska jest pobieranie fosforu. Na glebach bardzo kwaśnych, zwłaszcza zawierających duże ilości glinu ruchomego, wysoka kwasowość może być czynnikiem ograniczającym wysokość plonu. W takim przypadku zarówno fosfor glebowy, jak i pochodzący z nawozów jest unieruchomiony, a wzrost pH wpływa na uruchomienie go i lepsze wykorzystanie. Potrzeba nawożenia tym składnikiem po zwapnowaniu jest mniejsza. W tym przypadku wapnowanie poprzez uruchomienie fosforu glebowego wpływa na zmniejszenie jego zapotrzebowania w nawozach.

**WPŁYW  
WAPNOWANIA NA  
ZAPOTRZEBOWANIE  
NAWÓZÓW**

## WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

Jednak trzeba na to spojrzeć z innej strony, gdyż jednocześnie ze wzrostem plonów następuje wyczerpywanie fosforu z gleby i jeśli nie zostanie to zrekompenrowane przez dodatkowe nawożenie tym składnikiem, to po jakimś czasie nastąpi zmniejszenie potencjalnych jego zasobów w glebie.

Pod wpływem wapnowania nawozy organiczne ulegają szybszej mineralizacji, łatwiej uruchamiają składniki pokarmowe, które są lepiej wykorzystywane przez rośliny. Należy również zaznaczyć, że nawozy organiczne przy równoczesnym wapnowaniu przyczyniają się do polepszenia właściwości fizycznych gleby.



Rys. 9. Efektywność pobierania makroskładników wraz ze wzrostem pH

# EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA

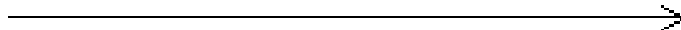
Rośliny uprawiane na glebach kwaśnych nie tylko dają niższe plony, ale są również gorszej jakości. Ziemiaki uprawiane na glebie bardzo kwaśnej mają słabszą zdolność kiełkowania, kwiaty koniczyny wytwarzają mało nektaru dla pszczoł, a w paszy zmniejsza się zawartość mineralnych składników pokarmowych. Zbiory z łąk kwaśnych zawierają mało białka.

<b>Do grupy roślin silnie reagujących na zakwaszenie gleby należą:</b> (optymalne pH 6,0-7,5)		
pszenica ozima	bobik lucerna	cebula
pszenica jara	koniczyna	szpinak
jęczmień	nostrzyk	czosnek
kukurydza	wyka	seler
rzepak	soja	sałata
gorczyca	kapusta pastewna	wiśnia
buraki cukrowe	kapusta biała	czereśnia
buraki pastewne	konopie	śliwa
buraki ćwikłowe	mak	
<b>Do grupy roślin mniej wrażliwych na zakwaszenie gleby należą:</b> (optymalne pH 5,0-6,5)		
żyto	marchew	jabłoń
owies	len	grusze
ziemiaki	słonecznik	agrest
brukiew	cykoria	porzeczki
rzepa	tymotka	malina
groch		poziomka
fasola		ogórki
		pomidory
<b>Do grupy roślin mało wrażliwych na zakwaszenie gleby należą:</b> (optymalne pH <5,0)		
gryka	tytoń	rabarbar
łubin żółty	rzodkiew	
seradela	rzepa czarna	

Pod względem reakcji na wapnowanie, rośliny uprawne można uszeregować następująco:

kukurydza = burak → jęczmień = pszenica → owies → żyto → ziemniak

kierunek spadku reakcji na wapnowanie



# EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA

---

Zwyżki plonów pod wpływem wapnowania tych samych roślin są znacznie większe na glebach lżejszych niż na glebach ciężkich. Reakcja roślin na wapnowanie jest bardzo zróżnicowana i zależy od odczynu gleby. Na glebach bardzo kwaśnych (pH do 4,5) rośliny mało wrażliwe na zakwaszenie gleby reagują na wapnowanie w małym stopniu, natomiast rośliny wrażliwe w bardzo wysokim stopniu.

Pod względem przeciętnej reakcji na wapnowanie, rośliny można podzielić na trzy grupy:

<b>Bardzo silnie reagujące:</b> (25% zwyżka plonu pod wpływem wapnowania)		
burak	groch siewny	lucerna
kukurydza		koniczyna
<b>Silnie reagujące:</b> (15% zwyżka plonu pod wpływem wapnowania)		
pszenica	rzepak	łubin biały
jęczmień	bobik	łubin wąskolistny
<b>Średnio reagujące:</b> (7% zwyżka plonu pod wpływem wapnowania)		
żyto	ziemniak	łubin żółty
owies	len	seradela

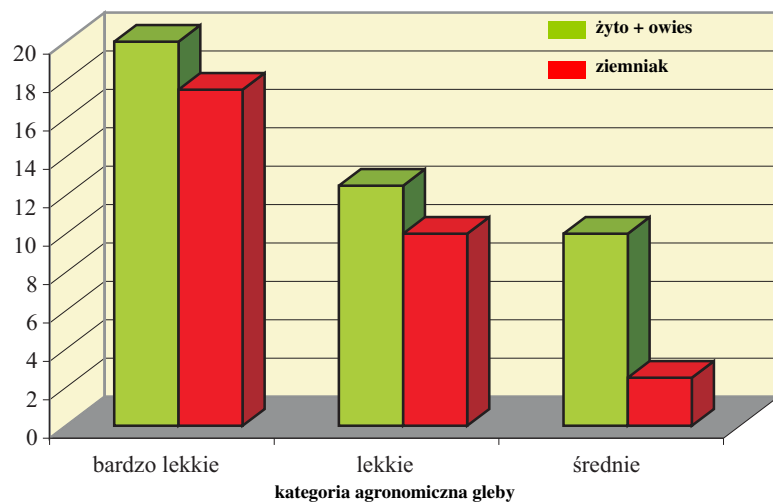
Na glebach lekkich, na których udział roślin słabiej reagujących na wapnowanie jest duży, przeciętny efekt tego zabiegu jest mniejszy. Natomiast na glebach średnich i mocnych z przewagą roślin reagujących dodatnio na wapnowanie jest on większy (rys. 10-13).



# EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA

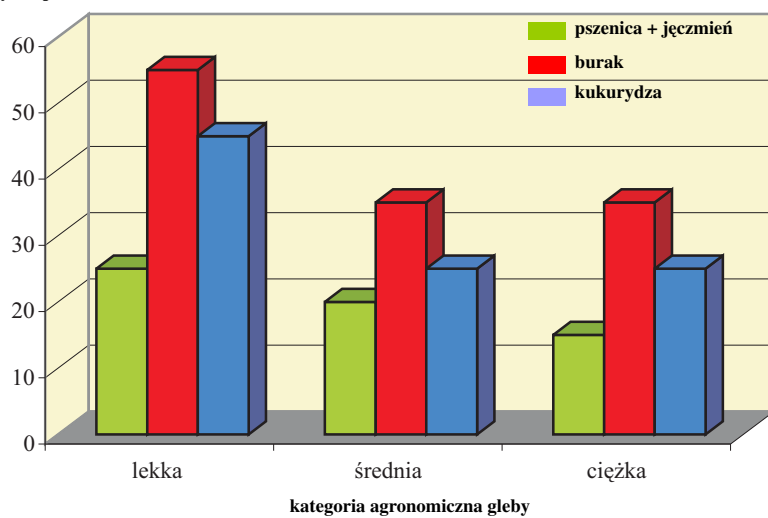
## A: Rośliny mało wrażliwe na kwaśny odczyn gleby

zwyżka plonu w %



## B: Rośliny wrażliwe na kwaśny odczyn gleby

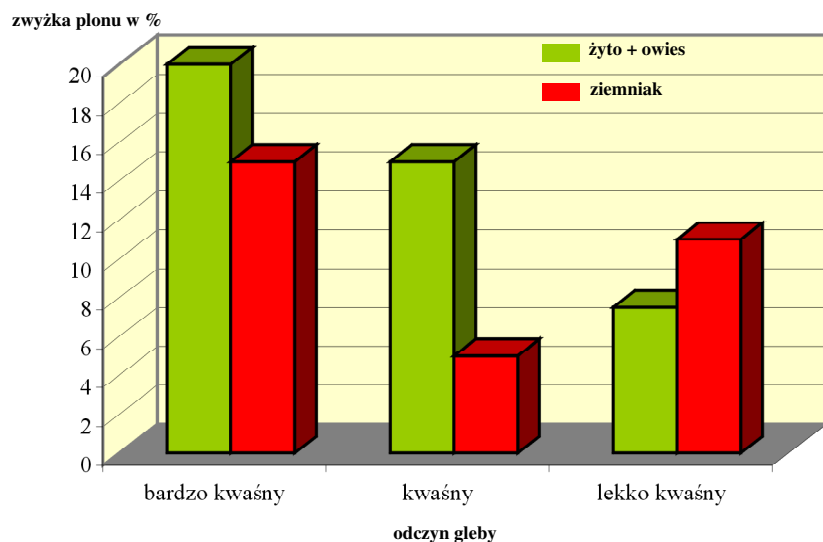
zwyżka plonu w %



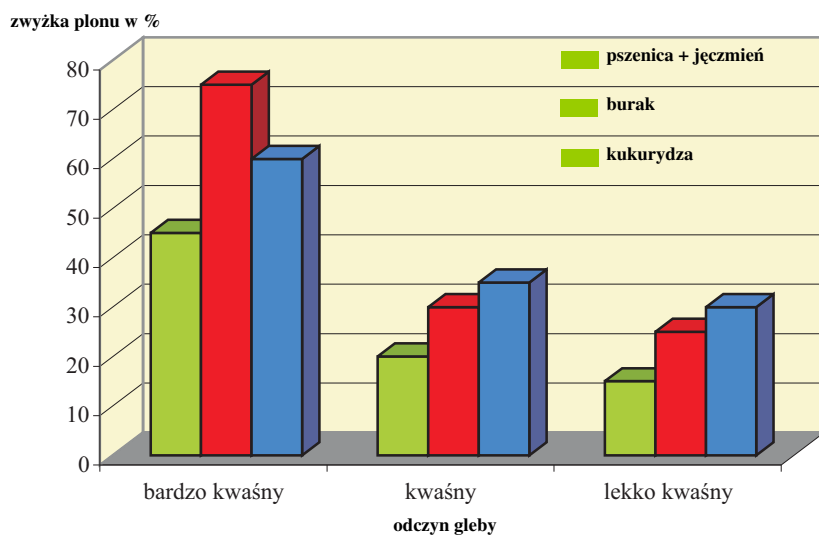
Rys. 10. Efektywność podstawowego zabiegu wapnowania w zależności od kategorii agronomicznej gleby

# EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA

A: Rośliny mało wrażliwe na kwaśny odczyn gleby

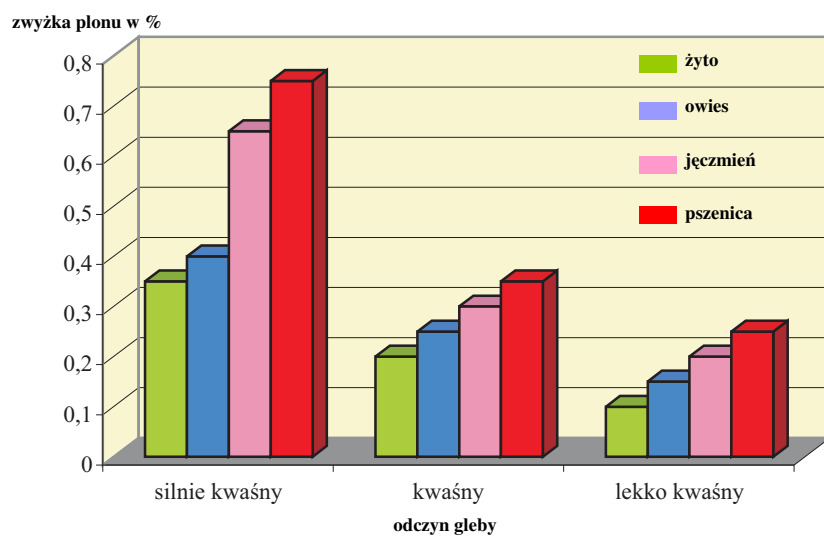


B: Rośliny wrażliwe na kwaśny odczyn gleby

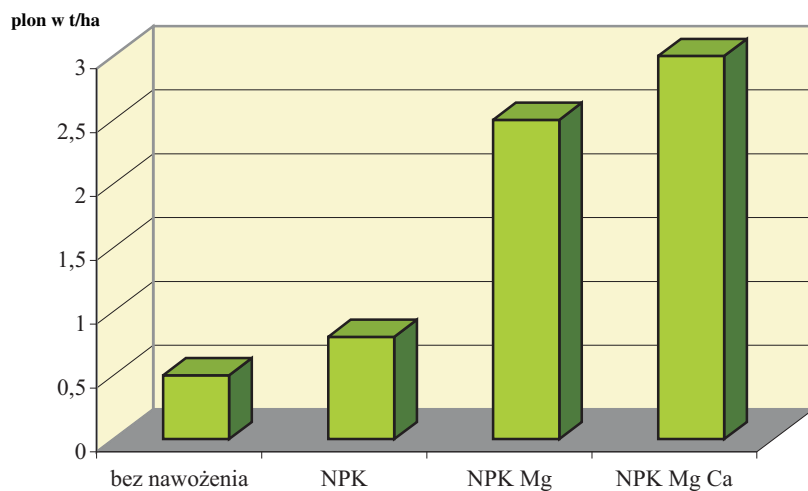


Rys.11. Efektywność podstawowego zabiegu wapnowania w zależności od odczynu gleby

# EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA



Rys. 12. Zwyżka plonów zbóż pod wpływem wapnowania na glebach o różnym odczynie



Rys. 13. Wpływ wapnowania i nawożenia magnezem na plonowanie żyta

# USTALANIE POTRZEB WAPNOWANIA ORAZ DAWEK NAWOZÓW WAPNIOWYCH

---

## **SYMPTOMY WSKAZUJĄCE NA ZAKWASZENIE GLEBY**

Wapnować należy, przede wszystkim gleby mocno kwaśne i kwaśne, a wśród nich w pierwszej kolejności gleby lekkie. Podstawowym wskaźnikiem określającym potrzeby wapnowania jest odczyn gleby (w roztworze soli obojętnej - pH w KC1). Na tej podstawie można sądzić o kwasowości wymiennej oraz o zawartości glinu ruchomego i manganu, składników szkodliwych dla roślin. Celem wapnowania jest bowiem unieruchomienie tych składników. Na potrzeby wapnowania wpływa wie-

le czynników. Istnieje cały szereg zewnętrznych oznak, na podstawie których można sądzić o kwasowości gleby.

## **ROŚLINNOŚĆ JAKO WSKAŹNIK KWASOWOŚCI**

Roślinność nie jest dobrym wskaźnikiem świadczącym o kwasowości gleby. Dawniej uważano, że występowanie niektórych gatunków chwastów świadczy o zakwaszeniu gleby (skrzyp polny, czerewiec roczny, sporek polny, rzodkiew świrzepa, bratek polny, szczaw polny), lub o jej charakterze zasadowym (lucerna nerkowata, miłek letni, ostróżka polna, podbiał pospolity, powój polny, maruna bezwonna). Obecnie wiele czynników (sposób uprawy, środki ochrony roślin) wpłynęło na to, że rośliny te zasiedlają środowiska, w których do tej pory nigdy

nie występowały, zatem nie mogą być miarodajnym wskaźnikiem do określania stanu kwasowości gleby.

# USTALANIE POTRZEB WAPNOWANIA ORAZ DAWEK NAWOZÓW WAPNIOWYCH

---

Ogólny stan i wygląd roślin może świadczyć również o kwasowości gleby. Jeżeli na glebie gliniastej dobrze uprawionej i nawożonej takie rośliny jak: koniczyna, lucerna czy buraki źle rosną, to można wnioskować, że jest ona kwaśna. Na ogół na glebach kwaśnych dosyć dobrze rosną takie rośliny jak: żyto, ziemniaki, owies, łubin żółty, ale nawet one zaczynają źle się rozwijać (wykazują specyficzne objawy chorobowe), jeśli te gleby są bardzo kwaśne.

**STAN ROŚLIN  
UPRAWNYCH JAKO  
WSKAŹNIK  
KWASOWOŚCI**

Należy pamiętać, że ziemie na nowo wzięte pod uprawę oraz obszary osuszone są zwykle kwaśniejsze niż uprawiane od dawna. Jeżeli teren jest pagórkowaty, a gleby lekkie to zazwyczaj na wzniesieniu gleba jest kwaśniejsza.

**INNE CZYNNIKI  
ŚWIADCZĄCE  
O KWASOWOŚCI**

Odwrotnie, gdy mamy do czynienia z glebami węglanowymi, wówczas kwaśniejsza gleba jest w dolinie.

Należy jednak pamiętać, że wszystkie te objawy mogą być subiektywne. Obiektywnym wskaźnikiem kwasowości jest tylko odczyn gleby oznaczony w stacji chemiczno-rolniczej.

# WAPNOWANIE GLEB NA GRUNTACH ORNYCH

## OKREŚLANIE DAWEK NAWOZÓW WAPNIOWYCH NA GRUNTY ORNE

Określenie prawidłowej dawki wapna jest z rolniczego punktu widzenia bardzo ważne. Dawki wapna zbyt małe mogą okazać się nieefektywne, natomiast przy zastosowaniu zbyt dużych, ujawniają się negatywne skutki wapnowania, zwane przewapnowaniem gleby. Zjawisko to jest szczególnie niekorzystne przy zastosowaniu wapna tlenkowego na glebach lekkich. Za dawkę optymalną uznajmy taką, która umożliwi doprowadzenie pH gleby do dolnej granicy jego optymalnego przedziału. Wielkość tej dawki zależy od pH wyjściowego oraz od kategorii agronomicznej gleby. Dawki wapnia naliczane są dla przedziałów potrzeb wapnowania, a nie dla przedziałów pH (tab. 2-3).

Tabela 2

Przedziały potrzeb wapnowania

Kategoria agronomiczna gleby	pH 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	-	-

Tabela 3

Dawki wapna na gruntach ornych w tonach CaO/ha

Kategoria agronomiczna gleby	Odczyn gleby (pH)					
	bardzo kwaśny		kwaśny		lekko kwaśny	
	< 4,1	4,1-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5
Bardzo lekka	3,5	3,0	2,0	-	-	-
Lekka	3,5	3,0	2,0	1,0	-	-
Średnia	5,5	5,0	4,0	2,5	1,0	-
Ciężka	6,0	6,0	4,5	3,0	2,0	1,5

# WAPNOWANIE GLEB NA GRUNTACH ORNYCH

---

Z wapnowania można zrezygnować na glebach średnich i ciężkich, gdy są one w przedziale ograniczonych potrzeb wykonania tego zabiegu. Natomiast uprawiając rośliny bardzo wrażliwe na zakwaszenie, na glebach bardzo lekkich trzeba zastosować dawki wapna jak dla gleb lekkich, na lekkich jak dla średnich.

Dawki wapna zalecane dla przedziału „wapnowanie konieczne” nie doprowadzą do uzyskania optymalnego odczynu gleby, a jedynie spowodują przesunięcie jej do przedziału „wapnowanie potrzebne”. Na glebach mniej kwaśnych wystarczające jest wapnowanie jednorazowe, podstawowe, a następne w odstępach 4-6 letnich.

Wapnowanie ma na celu zmianę właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych gleby na dłuższy okres czasu. Jego wpływ nie ogranicza się do wzrostu plonów roślin w najbliższych latach po zabiegu, ale utrzymuje się także w dalszych latach. Dlatego też wapnowania nie możemy traktować jako nawożenia pod poszczególne rośliny, ale jako zabieg dla rotacji zmianowania, czy jakiegoś ogniw tego zmianowania. Można też stosować wapno małymi dawkami, ale częściej, jednak zmiany właściwości nie zostają osiągnięte wcale lub dopiero po dłuższym czasie, a zabieg ten staje się wówczas kosztowny. Pierwsze wapnowanie, gdy chodzi o gleby kwaśne, ale średnie i ciężkie, można traktować jako wapnowanie melioracyjne. Wówczas dawki wapna będą stosunkowo wysokie i wywołają zmiany odczynu co najmniej o jednostkę pH, z czym wiążą się zmiany właściwości chemicznych gleby. Przy następnym wapnowaniu pH wyjściowe będzie wyższe i dawki wapna odpowiednio będą niższe. Takie wapnowanie będziemy nazywali zachowawczym, gdyż ma ono na celu niedopuszczenie do ponownego obniżenia pH. W celu ustalenia poziomu i terminu stosowania wapnowania należy śledzić zmiany odczynu gleby poprzez wykonywanie oznaczeń w terenie.

## AGROTECHNIKA WAPNOWANIA

# WAPNOWANIE GLEB NA GRUNTACH ORNYCH

---

## STOSOWANIE NAWOZÓW WAPNIOWYCH

Wszystkie nawozy wapniowe mogą wykazywać wysoką efektywność przy zobojętnianiu nadmiernej kwasowości glebowej, ale pod warunkiem racjonalnie dokonanego wyboru gatunku wapna oraz umiejętnego ich zastosowania.

Przy wyborze formy nawozu wapniowego i ustaleniu warunków jego zastosowania należy wziąć pod uwagę rodzaj gleby podlegającej wapnowaniu.

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, nie ma więc ryzyka przewapnowania, a jest możliwość szybszego osiągnięcia pożądanego odczynu niż przy stosowaniu wapna węglanowego.

Natomiast na glebach lekkich, szczególnie piaskach, bardziej celowe jest stosowanie wapna węglanowego, które jest znacznie łagodniejsze w działaniu. Na glebach lekkich, ze względu na małą zdolność buforową istnieje niebezpieczeństwo wywołania okresowo zbyt zasadowego odczynu przy zastosowaniu wapna tlenkowego, szczególnie przy większych dawkach. Nawet, gdy zastosujemy właściwą dawkę nawozu, to w pierwszym roku nie jest możliwe równomierne wymieszanie go z glebą. Jednak niebezpieczeństwo przewapnowania jest niegroźne, gdyż gleby lekkie słabo wchłaniają wnoszone nawozy i tylko część wapna zostaje związana z glebą. Pozostała część wapna (wapno tlenkowe) przechodzi do roztworu glebowego i szybko zostaje wymyta do głębszych warstw gleby i tym samym zostaje stracona dla rolnika. Na glebach lekkich, piaszczystych z korzyścią może być stosowany margiel, gdyż dodatkowo wnosi się do nich glinę, poprawiając ich strukturę. Jednak polecany jest do stosowania lokalnego, tam gdzie nie zachodzi konieczność transportowania go z dużych odległości. Wapno tlenowe nie powinno być stosowane równocześnie z innymi nawozami zawierającymi amoniak. Nawóz ten powinien być stosowany wyłącznie na glebę suchą, gdyż tylko w takim przypadku możliwe jest dokładne jego wymieszanie z glebą.

Sposób wnoszenia wapna do gleby zależy od wielkości dawki. Wapno stosowane w dużych ilościach powinno być równomiernie rozrzucone po polu i dokładnie wymieszane z całą warstwą gleby. Małe dawki wapna nie są w stanie zmienić odczynu gleby. Duże ilości wapna należy wysiewać jak najwcześniej przed uprawą roślin i starać się dokładnie wymieszać z glebą. Należy pamiętać, aby wapna nie wysie-



# WAPNOWANIE GLEB NA GRUNTACH ORNYCH

---

wać na bardzo wilgotną glebę, jak również w pogodę deszczową bez względu na rodzaj wysiewanego nawozu wapniowego. Wapno rozsiane na mokrą ziemię musi pozostać dłuższy czas bez przykrycia, gdyż jakikolwiek zabieg uprawowy w tych warunkach grozi zniszczeniem struktury gleby. Najlepszy okres do wapnowania gleb – to czas od sprzętu roślin do wykonania orki zimowej. Wapno rozsiane po ściernisku w czasie podorywki dostaje się do środka warstwy ornej, a zabiegi uprawowe prowadzone w walce z chwastami, przyczyniają się w dość krótkim czasie do starannego wymieszania go z glebą. Po sprzęcie roślin okopowych można również rozrzuścić wapno, a następnie przykryć je za pomocą orki zimowej. Przy stosowaniu większych ilości wapna zaleca się wprowadzić na glebach silnie kwaśnych 3/4 dawki jesienią przed orką, a 1/4 dawki wczesną wiosną po zimowej orce, przed bronowaniem i kultywatorowaniem.

Zmniejszone dawki wapna do 0,24-0,06 t CaO/ha należy zastosować w przypadku niedostatecznej ilości nawozów wapniowych lub gdy zachodzi potrzeba ze względu na stosowany płodozmian. Jeżeli natomiast została zmniejszona dawka ze względów ekonomicznych, to należy jednak jeszcze raz, zanim minie rotacja, zastosować wapnowanie uzupełniające.

Małe ilości wapna można wprowadzać tuż przed siewem roślin, które wymagają nawożenia wapniowego. Mają one za zadanie podniesienie plonów tych kultur, pod które zostały wniesione. W celu wyrównania brakującej ilości wapnia po jednej rotacji płodozmianu, należy je powtórzyć.

Przy wysiewie wapna z nawozami mineralnymi nie wolno mieszać ani wysiewać równocześnie wapna zarówno palonego, dolomitowego z siarczanem amonu, superfosfatem, obornikiem i gnojówką. Wszystkie rodzaje wapna można mieszać w małych ilościach przed wysianiem na pole z następującymi nawozami: mocznikiem, chlorkiem amonu, saletrą sodową, saletrą wapniową i solami potasowymi.

Gleby lekkie mają małą zdolność regulowania odczynu, ponieważ są mało zasobne w drobne cząstki spławialne. Stosowanie więc większych dawek wapna, zmieniających bardzo wydatnie w kierunku zasadowym odczyn gleby, może odbić się ujemnie na rozwoju roślin, zwłaszcza takich jak: ziemniaki, owies i żyto, dla których najlepsze warunki rozwoju są przy pH =5-6,5. Dlatego gleby lekkie należy wapnować co 3-4 lata dawkami nawozów wapniowych w ilości 1-1,5 t CaO/ha działającymi powoli. Należy unikać stosowania tlenu wapnia (wapna palonego) lub wapna gaszonego, gdyż w glebach lekkich niszczy próchnicę i strukturę oraz szybko wyczerpuje zasoby składników pokarmowych.

## WAPNOWANIE GLEB NA GRUNTACH ORNYCH

---

Wapnując gleby ciężkie ilaste i gliniaste, oprócz zubożenia kwasowości poprawiamy także ich fizyczne i biologiczne właściwości. Można to osiągnąć stosując wapno palone lub gaszone.

Wapnowanie w płodozmianie ma zasadnicze znaczenie, ponieważ przygotowuje właściwy odczyn gleby pod rośliny, a usuwając szkodliwą kwasowość, wpływa na lepsze wykorzystanie nawozów mineralnych i organicznych przez rośliny uprawne. Wprowadzając do gleby nawozy wapniowe, poprawiamy warunki powstawania struktury gruzełkowej przez większe nagromadzenie humianów wapnia jako lepiszcza odpornego na rozmywające działanie wody. Przy planowaniu wapnowania w płodozmianie należy wziąć pod uwagę wymagania roślin w stosunku do odczynu gleby i czas przyorywania.

W płodozmianie szczególną uwagę należy zwrócić na wapnowanie wieloletnich; roślin motylkowych (lucerny i koniczyny), których uprawa na glebach kwaśnych nie spełni swego zadania z powodu słabego rozwoju tych roślin i w związku z tym niewielkiej zdolności użyźniającej i strukturotwórczej. Należy zatem stosować wapno pod roślinę ochronną oraz uzupełniać dodatkowym wapnowaniem jesiennym lucernę w drugim roku użytkowania. Dawki wapna muszą być tak obliczone, aby doprowadziły glebę do stanu obojętnego lub alkalicznego.

Przy wapnowaniu gleb pod ziemniaki istnieje ryzyko wystąpienia parcha ziemniaczanego, który rozwija się w glebie obojętnej i słabo alkalicznej. Stwierdzono jednak, że pogłównie wapnowanie ziemniaków w redliny po ich wzejściu niskimi dawkami wapna w ilości od 5 do 7,5 q CaO/ha daje znaczną poprawę plonów. Na tego rodzaju zabieg nawozowy należy zwrócić większą uwagę, ponieważ przypada on na okres małego nasilenia prac w gospodarstwie oraz przyczynia się do właściwego przygotowania roli pod następne przypadające w rotacji po ziemniakach rośliny uprawne, jak jęczmień i motylkowate, które zazwyczaj nie znoszą kwaśnej gleby.

Dotychczas nie zwracano nigdy uwagi na wapnowanie gleby pod rośliny uprawiane jako międzyplony. Większa część międzyplonów składa się z roślin motylkowatych, których wymagania pod względem zasobności gleby w wapń są największe. Mniejsze wymagania co do wapnia mają: wyka ozima i groch pastewny (peluszką), zaś seradela i łubin żółty nie tolerują wapnia.

# WAPNOWANIE GLEB NA GRUNTACH ORNYCH

---

Pod jakie rośliny należy stosować wapnowanie melioracyjne? Skuteczność wapnowania jest największa w drugim, a nawet trzecim roku po zastosowaniu zabiegu. Na ujawnienie się dodatnich skutków wapnowania wpływa dokładne wymieszanie go z glebą poprzez stosowanie kilku zabiegów uprawowych. Potrzebny jest jeszcze czas na dokonanie się w glebie szeregu procesów następujących w wyniku wapnowania (wzrost aktywności mikroflory, poprawa struktury gleby). W zmianowaniu z doбором roślin wrażliwych i bardzo wrażliwych na kwaśny odczyn gleby nawozy wapniowe można stosować w zasadzie pod każdą roślinę. W praktyce rolniczej zazwyczaj wapnowanie stosowane jest bezpośrednio pod rośliny najbardziej wrażliwe (lucerna, burak cukrowy). Jest to jednak postępowanie mało racjonalne. Lepiej jest zastosować wapno pod ich przedplony. Niekorzystne jest w szczególności wapnowanie, pod które stosuje się najgłębszą orkę, a więc pod lucernę czy burak cukrowy. W takim przypadku większość wapna zostaje na dnie skiby i pozostaje tam przez wiele lat, aż do ponownego zastosowania orki głębszej. Nie należy stosować wysokich dawek wapna pod rośliny, dla których optymalne pH jest w granicach odczynu lekko kwaśnego i kwaśnego (łubin żółty, seradela, ziemniak).

Wówczas można przenieść wapnowanie na dalsze rośliny (człony) rotacji zmianowania. Należy także unikać bezpośredniego wapnowania pod len, aby nie obniżyć jakości włókna. Nieprzestrzeganie powyższych zaleceń może spowodować choroby fizjologiczne u tych roślin, np. silne występowanie parcha na ziemniakach, chlorozę łubinu. Natomiast zdecydowanie tolerancyjną rośliną jest żyto, ponieważ znosi umiarkowane zakwaszenie, jak również odczyn obojętny, w związku z czym można pod nie stosować wysokie dawki wapna.

## MIEJSCE WAPNOWANIA W ZMIANOWANIU

# WAPNOWANIE GLEB NA GRUNTACH ORNYCH

---

## **W zmianowaniu o wzorze norfolkskim:**

okopowe – zboża jare – pastewne – zboża ozime

## **Z podwójnymi członami zmianowań:**

okopowe – pastewne – zboża ozime – zboża jare

Nawozy wapniowe można stosować na obydwu polach zbóż po zabiegach uprawy późniejszej.

## **W zmianowaniach z doborem roślin mało wrażliwych na zakwaszenie:**

Zabieg wapnowania powinien być możliwie odległy w czasie od uprawy: ziemniaka, lnu, łubinu żółtego. Jeśli czas na to pozwala najlepiej zastosować wapnowanie po zbiorze tych roślin, a więc pod orkę siewną lub zimową.

## **w zmianowaniach z doborem roślin mało wrażliwych i wrażliwych na zakwaszenie:**

W takim układzie rośliny mało wrażliwe powinny przychodzić jako pierwsze po wapnowaniu lub w dalszej kolejności, a rośliny wrażliwe na zakwaszenie w drugim lub trzecim roku po zwapnowaniu

## **w zmianowaniu specjalistycznym:**

owies - pszenica - jęczmień - rzepak - żyto

Nawozy wapniowe powinny być zastosowane pod owies.

# WAPNOWANIE GLEB NA GRUNTACH ORNYCH

Wapnowanie najlepiej wykonać w systemie zabiegów późniowych. Jednak spiętrzenie w tym okresie innych prac polowych odsuwa ten zabieg na okres jesieni przed orkami przedzimowymi. Na polach o wyrównanej powierzchni, bez spadków, dopuszczalny jest wysiew nawozów wapniowych w zimie. Wapnowanie powinno być stosowane tam, gdzie jest to organizacyjnie i technicznie możliwe, przy czym im zabieg ten jest przeprowadzony wcześniej, tym większe są jego efekty (tab. 4)

## MIEJSCE WAPNOWANIA W SYSTEMIE ZABIEGÓW AGROTECHNICZNYCH

Tabela 4

Miejsce wapnowania w systemie zabiegów agrotechnicznych

Zespół zabiegów	Rodzaj zabiegu	Miejsce wapnowania
Przedsiewne (wiosenne)	włókovanie, bronowanie, kultywatorowanie	nie stosować
Pielęgnacyjne	bronowanie, redlenie, pielenie	nie stosować; wyjątkowo pogłównie na ziemniaki
Późniowe	podorywka, bronowanie, kultywatorowanie, gruber	najlepszy termin stosowania nawozów wapniowych
Przedsiewne (jesienne)	orka siewna, bronowanie, wałowanie (czasami - wał tłucząco-kruszący)	termin dopuszczalny
Przedzimowe	orka przedzimowa lub: bronowanie, orka	termin dobry, pod warunkiem, że nie stosuje się obornika

# WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH

---

Specyfika użytków zielonych, m.in. w odniesieniu do składu botanicznego runi i gleb łąkowych oraz ich wielofunkcyjne znaczenie w ekosystemach rolniczych wymaga nieco innego, niż w przypadku gruntów ornych, spojrzenia na ich wapnowanie.

## POTRZEBY WAPNOWANIA UŻYTKÓW ZIELONYCH

Poszczególne gatunki roślin łąkowych osiągają pełnię swojego wzrostu i rozwoju w ściśle określonych warunkach siedliskowych. Znajduje to odniesienie do zasobności gleby w azot, potas, fosfor, a także jej odczynu. W przypadku nawożenia wapniem użytków zielonych istnieje sytuacja szczególna, będąca rezultatem obecności w runi bardzo wielu gatunków różniących się wymaganiami wobec odczynu gleby. Dla traw stanowiących najliczniejszą grupę w runi łąkowej, najbardziej odpowiednie są gleby o odczynie od kwaśnego do lekko kwaśnego.

Tylko niektóre gatunki traw (kostrzewa łąkowa, stokłosa bezostna, rajgras wyniosły) pełnię swojego rozwoju osiągają w środowisku obojętnym, czy lekko zasadowym, natomiast rośliny motylkowate najlepiej rozwijają się właśnie na tych glebach. Zioła łąkowe, obecne w runi w niewielkim udziale, wykazują natomiast duże zróżnicowanie, co do wymagań wobec odczynu gleby. Tolerancja roślin łąkowych na kwasowość gleb jest zdecydowanie większa niż roślin uprawianych na gruntach ornych. Ponadto reakcja roślin na odczyn gleby kształtuje się inaczej u poszczególnych gatunków niż u zespołów roślinnych, które tworzą się w specyficznych siedliskach łąkowych. Zjawisko to jest efektem oddziaływania wielu czynników biotycznych kształtujących roślinność użytków zielonych, zwłaszcza konkurencyjności pomiędzy komponentami runi. Specyfika odczynu gleb łąkowych w powiązaniu z ich zasobnością w składniki pokarmowe, zawartością materii organicznej oraz ich uwilgotnieniem, prowadzi do wykształcania się zbiorowisk trawiastych o określonej wartości użytkowej. Zależności te znajdują swoje odzwierciedlenie w fitosocjologicznym podziale trwałych użytków zielonych.

Roślinność poszczególnych jednostek fitosocjologicznych podlega sukcesji pod wpływem zabiegów pratotechnicznych oraz zmian w siedlisku glebowym. Odnosi się to również do utrzymywania specyficznego dla danego zespołu roślinnego odczynu gleby.

## WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH

---

Odczyn gleb łąkowych ulega istotnym zmianom. Zwiększanie zakwaszenia gleby jest rezultatem naturalnego wyczerpywania się zasobów wapnia, głównie z powodu produkcji paszy oraz wymywania. Z plonem 8 t siana wynosi się z łąki około 45 kg ha<sup>-1</sup> wapnia. Jeszcze większe obniżanie się jego zawartości związane jest z wymywaniem tego składnika. W glebach łąkowych zasobnych w wapń głównymi minerałami zapasowymi są węglan wapniowy i dolomit. Rozpuszczalność tych związków zależy od stężenia dwutlenku węgla i koncentracji jonów H<sup>+</sup> w roztworze glebowym. Z trudno rozpuszczalnego węglanu wapnia powstaje rozpuszczalny wodorowęglan wapniowy. W tym związku wapń jest bardzo ruchliwy i łatwo ulega wymywaniu z gleby. W naszych warunkach klimatycznych ilość wapnia wymywanego z gleb łąkowych wynosi około 200 kg ha<sup>-1</sup> rocznie. Szczególnie ekstremalnymi niedoborami wapnia odznaczają się gleby pod użytkami zielonymi wykształcone z torfów wysokich. Z tego względu wapnowanie użytków zielonych powinno być ukierunkowane bardziej na glebę niż na żywienie roślin.

Zmniejszanie się zasobów wapnia w glebach pod użytkami zielonymi jest także efektem nieprzemysłanej działalności człowieka wywołanej obfitym nawożeniem mineralnym, zwłaszcza azotowym, czy też organicznym, przede wszystkim gnojowicą, a także czynniki pochodzenia antropogenicznego bądź zoogenicznego, na przykład kwaśne deszcze, odchody zwierząt pozostawiane na pastwiskach, zwłaszcza tych, na których obciążenie jest zbyt duże. Sposób gospodarowania na użytkach zielonych posiada duży wpływ na potrzeby ich wapnowania związane z kwasowością uwolnioną w wyniku przemian azotu.

Z tych względów siedlisko glebowe wymaga systematycznej obserwacji i kontroli odczynu gleby. Najbardziej pewnym miernikiem pozostaje analiza chemiczna, wykonana w stacji chemiczno-rolniczej. Wiarygodnym i pomocniczym wskaźnikiem jest szata roślinna, a właściwie zmiany ilościowe i jakościowe jakie dokonują się w runi.

Gleby na około 50% powierzchni użytków zielonych w Polsce wykazują pH mniejsze od optymalnego poziomu 5,5, co wiąże się z zakwaszeniem gleb w odniesieniu do wszystkich użytków rolnych w kraju.

Dane te wskazują na duże potrzeby wapnowania gleb pod użytkami zielonymi, wykorzystywanymi do produkcji pasz dla krów mlecznych. W warunkach uregulowanego odczynu gleby można bowiem w pełni wykorzystać potencjał produkcyjny mieszanek trawiastych, a zwłaszcza trawiasto-motylkowatych na użytkach zielonych, zapewniających produkcję pasz o najwyższej jakości i zaspokajających wysokie wymagania pokarmowe zwierząt.

# WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH

## ZASADY WAPNOWANIA UŻYTKÓW ZIELONYCH

Istnieją różne poglądy dotyczące poziomu pH gleby, który wskazywałby na konieczność wapnowania gleb pod użytkami zielonymi. Nawozy wapniowe należy stosować w ilościach gwarantujących utrzymanie ich odczynu w optymalnym przedziale  $pH_{KCl}$  5,5-6,5 na glebach mineralnych i  $pH_{KCl}$  4,5-5,0 na glebach organicznych. Szczególnej troski wymagają użytki zielone z dużym udziałem roślin motylkowatych w runi. W takiej sytuacji gleby mineralne powinny odznaczać się  $pH = 6,0$ , a organiczne  $pH = 5,3$ . W przeciwnym razie trwałość roślin motylkowatych, zwłaszcza koniczyn, ulega znacznemu zmniejszeniu. Znaczne potrzeby wapnowania wykazują gleby przeznaczone pod przemienne użytki zielone, na których najczęściej wysiewane są mieszanki trawiasto-motylkowate. Systematycznego wapnowania wymagają także trwałe użytki zielone położone na słabszych glebach grądowych, zwłaszcza śródpolne, śródleśne i górskie.

Odczyn gleb torfowych waha się w bardzo szerokim zakresie. Kwasowość tych gleb jest uwarunkowana, przede wszystkim obecnością jonów wodorowych. Natomiast toksyczność glinu ruchomego na glebach torfowych nie ma tak istotnego znaczenia, jak na glebach mineralnych.

Tabela 5

Potrzeby wapnowania gleb torfowych

Przedziały Potrzeb wapnowania	potrzebne	pożądane	warunkowo potrzebne	ograniczone
$pH$ gleby w KCl	<4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	>5,0

Tabela 6

Dawki wapna na użytkach zielonych w tonach CaO/ha

Rodzaj gleby		Odczyn gleby w pH			
		bardzo kwaśny		kwaśny	
		< 4,1	4,1-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5
Mineralna	bardzo lekka i lekka	1,5	1,5	1,0	1,0
	średnia i ciężka	3,0	3,0	2,0	2,0
Organiczna		3,5	3,0	2,5	-



# WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH

---

Dawka wapnia zależy od:

- wrażliwości roślin na zakwaszenie,
- kwasowości torfu w warstwie górnej oraz w całym profilu,
- zawartości substancji organicznej.

Gleby organiczne jednakowe pod względem kwasowości o większej zawartości substancji organicznej potrzebują zwykle większej ilości wapnia dla osiągnięcia takich samych zmian odczynu. Torfy niskie zwykle nie są kwaśne i nie potrzebują wapnowania.

Na torfy typu przejściowego (jeżeli pH w KCl jest  $<4,5$ ) daje się zwykle 5 t  $\text{CaCO}_3/\text{ha}$ , na torfy wysokie o średnim stopniu rozkładu 5-8 t  $\text{CaCO}_3/\text{ha}$ , a na torfy wysokie o słabym stopniu rozkładu 8-10 t  $\text{CaCO}_3/\text{ha}$ .

Odpowiednie wapnowanie gleb torfowych jest bardzo ważnym zabiegiem rolniczym, który należy wykonywać ostrożnie, ponieważ źle zastosowane może obniżyć wartość produkcyjną torfu. Nawozy wapniowe dajemy przeważnie na torfy wysokie, torfów przejściowych lub nizinnych, prawie nie wapnujemy. Torfy wapnujemy tylko wtedy, gdy w 1 n roztworze  $\text{BaCl}_2$  pH  $<4$ . Wysokości dawki CaO dla torfów oblicza się w inny sposób niż dla gleb mineralnych, ponieważ warstwa orna torfu na powierzchni 1 ha waży 3 do 10 razy mniej niż taka sama objętość gleby mineralnej. Lepiej jest w przypadku torfów przeliczyć otrzymane wyniki nie na 100 g, lecz na 1  $\text{dm}^3$ . Dla torfów przyjęto dawkę CaO nie wyższą niż odpowiadającą 1/2 kwasowości hydrolitycznej. Uważa się, że ilość CaO potrzebną do zwapnowania torfów powinno się obliczać nie na podstawie kwasowości hydrolitycznej, ale z ilości  $\text{CO}_2$ , który wydziela się z dodanego do torfu węglanu wapnia ( $\text{CaCO}_3$ ), rozkładanego przez nagromadzone w torfie kwasy.

Przestrzeganie prawidłowych zasad wapnowania użytków zielonych, ze względu na możliwość nasilenia procesu nityfikacji, którego skutkiem jest m.in. uwalnianie jonów  $\text{H}^+$ , powodujących ponowne zakwaszenie gleby, jest bardzo ważne. W wapnowaniu użytków zielonych należy zwrócić szczególną uwagę na dobór optymalnej dawki nawozu zależnej od pH gleby i zawartości próchnicy. Najczęściej kształtuje się ona na poziomie 1-1,5 t  $\text{CaO ha}^{-1}$  w odstępach co 6 lat. W zakresie częstotliwości stosowania wapnia podstawową rolę odgrywa skład granulometryczny gleb, a mianowicie im lżejsza jest gleba, tym należy ją częściej wapnować, lecz mniejszymi dawkami. Najlepszą formą nawozu wapniowego jest węgiel wapniowy, a także węgiel wapniowo-magnezowy oraz niekiedy siarczan wapniowy. Zalecanym terminem stosowania wapnowania na użytki zielone jest okres pozawegetacyjny, zwłaszcza

# WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH

---

cza późna jesień lub czasem wczesna wiosna, przed ruszeniem wegetacji roślin. Nawóz wapniowy jest stosowany na darń i nie może być wymieszany z glebą. Z tego względu należy wykorzystać możliwość połączenia tego zabiegu z renowacją użytków zielonych, zwłaszcza z wykorzystaniem metody pełnej uprawy, w ramach której można wymieszać nawóz wapniowy z glebą.

Efekty wapnowania uwidaczniają się stosunkowo późno od momentu wykonania zabiegu, gdyż wapń powoli przenika do głębszych warstw gleby. Proces ten zależy od rodzaju i dawki stosowanych nawozów, ilości opadów, warunków wilgotnościowych i typu gleby. Przemieszcza się on w glebie w ciągu roku przeciętnie na głębokość 2-4 cm.

## ROLA WAPNOWANIA W PRODUKCJI PASZ

Zasadniczym celem wapnowania użytków zielonych jest usunięcie nadmiaru niepożądanego kwasowości w wierzchniej warstwie gleby. Najważniejsze korzyści produkcyjne wynikające z racjonalnego wapnowania gleb pod użytkami zielonymi to:

- uzyskanie optymalnego dla wzrostu i rozwoju roślin łąkowych odczynu gleby,
- wstrzymanie procesu ich zakwaszenia,
- zwiększanie przyswajalności składników pokarmowych, zwłaszcza fosforu, dla roślin łąkowych,
- zmniejszenie zawartości w glebie szkodliwych dla roślin jonów glinu i manganu,
- sprzyjanie poprawie żyzności i właściwości fizycznych gleby.

Korzystny wpływ wapnowania na produktywność runi zaznacza się głównie w całkowitej renowacji użytków zielonych i stanowi jeden z warunków wykorzystania postępu biologicznego, w postaci wysiewanych w mieszankach odmian hodowlanych, na ogół wymagających do wzrostu i rozwoju lekko kwaśnego lub obojętnego odczynu gleby. Wapnowanie jest elementem racjonalnego gospodarowania na użytkach zielonych i może mieć ważny wpływ na skład botaniczny seminaturalnych i antropogenicznych użytków zielonych. Optymalny poziom pH, z punktu widzenia kształtowania się korzystnego składu botanicznego runi i jej wartości pokarmowej, odpowiednio uwilgotnionych gleb mineralnych wynosi około 6,0. W tego typu siedliskach odpowiednie warunki do wzrostu i rozwoju znajdują najbardziej produktywne trawy pastewne oraz rośliny motylkowate, szczególnie koniczyna biała. Większy poziom pH zalecany jest jedynie w runi z dominacją lucerny. Odczyn gleby ma duże znaczenie dla jakości runi mierzonej liczbą wartości użytkowej.

## WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH

---

Efekt modyfikacji odczynu gleby poprzez wapnowanie zależy jednak od klasy i typu gleby, na której zlokalizowane są łąki i pastwiska. Wskutek zwiększenia zawartości substancji organicznej, udziału utworów piaszczystych i niedoborów wody pożądany dla roślin łąkowych poziom pH gleby zmniejsza się.

Optymalny dla roślin łąkowych odczyn gleby reguluje jej fizyczne i chemiczne właściwości, ułatwia dostępność składników pokarmowych i przez to zwiększa plon runi. Na prawidłowo pielęgnowanych i wykorzystywanych pastwiskach istnieje stała tendencja obniżania się w glebie wartości pH. Zjawisko to związane jest z akumulacją glebowej materii organicznej i zwiększaniem zasobności gleby w azot wskutek dużego udziału w runi roślin motylkowatych. Komponenty te poprzez duże zapotrzebowanie na makroskładniki powodują stopniowy wzrost pojemności wymiennej kationowej i wysycenia roztworu glebowego jonami  $H^+$ . Spadek pH jest więc konsekwencją zwiększonego tempa wiązania azotu atmosferycznego przez *Rhizobium*, zwiększonej mineralizacji materii organicznej (nitryfikacja w miejscach wydalania moczu przez zwierzęta) i wymywania składników w głąb profilu glebowego. Ponadto stopniowe obniżanie się wartości pH może prowadzić do znacznego spadku produktywności pastwiska na skutek akumulacji fitotoksycznych ilości glinu i manganu w glebie.

Stosunkowo duże ilości wapnia spożywanego przez zwierzęta w paszy wykorzystywane są w procesie przetworzenia w surowce zwierzęce. Jednakże część wapnia pobranego w paszy wraca do gleby w odchodach zwierząt. Niekiedy ilości te są na tyle duże, że przekraczają możliwości jego pobrania przez odrastające rośliny w okresie wegetacji, a wapń w formie jonowej jest podatny na wymywanie do głębszych warstw gleby.

W Polsce zawartość wapnia w roślinach pastwiskowych jest zbyt mała. Optymalnym poziomem wapnia w paszy dla przeżuwaczy jest 0,7% w suchej masie. Niekorzystny dla zwierząt jest zarówno niedobór wapnia w paszy, jak i jego nadmiar. Większa koncentracja wapnia jest charakterystyczna dla roślin dwuliściennych (średnio 1,3% s.m.) niż w traw (0,5% s.m.). W każdej z grup roślinności łąkowej istnieje duże zróżnicowanie w jego zawartości związane ze specyfiką gatunkową. Rośliny występujące na glebach kwaśnych, tzw. kalcyfoby, kumulują niewielkie ilości wapnia, natomiast gatunki kalcyfilne zdecydowanie więcej. U gatunków o szerokim spektrum ekologicznym, występujących w różnych pod względem pH siedliskach, obserwuje się zwiększoną kumulację wapnia w warunkach wegetacji na glebach o odczynie obojętnym i zasadowym. Zawartość wapnia jest nie tylko cechą gatunkową, lecz także odmianową zarówno traw, jak i roślin motylkowatych.

## WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH

---

Koncentracja wapnia w plonie suchej masy runi waha się w zależności od jej składu botanicznego i stadium rozwojowego roślin. W młodej runi trawiastej zawartość wapnia wynosi około 0,6% s.m., a w bogatej w zioła, zaawansowanej pod względem rozwojowym, około 1,2% s.m. W trawach pastewnych istnieje duże zróżnicowanie zawartości wapnia w zależności od organu rośliny i jej stadium rozwojowego.

Wraz z dobrym odżywieniem roślin w wapń, w runi wzrasta także zawartość innych składników mineralnych, m.in. fosforu i magnezu, niezbędnych do prawidłowego rozwoju układu kostnego i mięśniowego u zwierząt, a niedostępnych dla roślin rosnących na glebach o niskim pH. Pod wpływem wapnia wzrasta strawność hemicelulozy i zwiększa się poziom pobierania paszy przez zwierzęta. Lepsza jakościowo, wskutek wapnowania, pasza zwiększa efekty produkcji zwierzęcej. Zarówno zwiększenie plonowania, jak i jakości paszy, wskazują na ekonomiczne uzasadnienie wapnowania gleb pod użytkami zielonymi o niskim pH.

Jednak nadmierne wapnowanie powoduje niekorzystne zmiany w składzie chemicznym pasz. Zbyt duża ilość wapnia w glebie unieruchamia związki fosforu, magnezu, żelaza, boru oraz wypiera z kompleksu sorpcyjnego potas i magnez. Pasza produkowana w tego typu siedliskach charakteryzuje się niedoborami wymienionych składników. Szczególną uwagę należy zwrócić także na stosunek wapnia do fosforu w paszy, który powinien wynosić 2:1. Zbyt duży stosunek występuje często późnym latem i jesienią, co jest niekorzystne zwłaszcza dla zwierząt niskowydajnych. Warto też wspomnieć, że nadmiar wapnia w paszy może powodować zmiany chorobowe u zwierząt określane jako hiperkalcemia. Szczególną uwagę należy zwrócić na nadmierne wapnowanie, które może zmieniać dostępność mikroelementów (Mn, Cu, Co) i zwiększać ryzyko wystąpienia chorób przenoszonych przez glebę. Zbyt wysokie wartości pH gleby nie są wskazane w stanowiskach narażonych na okresowe susze, gdyż jest to związane z mniejszą dostępnością wielu składników mineralnych za wyjątkiem seleniu i molibdenu, ważnych dla pasących się zwierząt.

W świetle zmian składu chemicznego runi decyzja o wapnowaniu musi być wnikliwie przemyślana. Na wielu użytkach zielonych wystarczającym źródłem wapnia są nawozy azotowe i fosforowe, zawierające w swym składzie ten składnik (saletra wapniowa). Na przykład stosowanie saletry amonowej w wieloletnim nawożeniu użytków zielonych powoduje konieczność wapnowania gleb, a stosowanie saletry wapniowej przyczynia się do zachowania pożądanej wartości pH. Efekt ten należy wykorzystać zwłaszcza na użytkach zielonych, zlokalizowanych na glebach zasobnych w azot.

# WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH

---

## WAPNOWANIE A FUNKCJE EKOLOGICZNE UŻYTKÓW ZIELONYCH

W świetle upowszechniania zasad rolnictwa zrównoważonego wapnowanie użytków zielonych powinno służyć nie tylko celom produkcyjnym, lecz również stwarzać warunki dla pozyskiwania szerokiej gamy dóbr ekologicznych z łąk i pastwisk. Wapnowanie gleb pod użytkami zielonymi może indukować i stymulować ten proces poprzez:

- przeciwdziałanie zakwaszeniu wód gruntowych i powierzchniowych,
- wzrost liczebności i aktywizację mikroflory i fauny glebowej,
- utrzymanie równowagi wapniowej w środowisku.

Przeciwdziałanie zakwaszaniu użytków zielonych decyduje o ich wielorakich funkcjach ekologicznych w ekosystemach rolniczych. Jedną z nich jest rola swoistego filtra, tworzącego barierę migracji biogenów do wód. Obecność użytków zielonych i zbiorowisk trawiastych w dolinach rzek oraz obniżeniach terenowych tworzy specyficzną strefę buforową, dzięki której przechwytywane są składniki biogenne wymywane z pól uprawnych, zwłaszcza związki azotu i fosforu. Jednak strefa ta nie będzie wydajnym sorbentem, jeśli pH gleb spadnie poniżej wartości 4,0, ponieważ w takich warunkach znacznie zmniejszy się ich pojemność sorpcyjna. Dlatego obligatoryjne wapnowanie naturalnych użytków zielonych nie jest konieczne. Na niektórych typach łąk, zwłaszcza łągowych, dobre zaopatrzenie gleby w wapń następuje w sposób naturalny. Wraz z namułami rzecznyymi na łąki zalewane wprowadzanych jest bowiem około 250 kg Ca ha<sup>-1</sup>.

Zakwaszenie gleb stymuluje powstawanie w nich nitrozoamin. Gleby pod użytkami zielonymi, odznaczające się bogactwem życia biologicznego, są szczególnie narażone na powstawanie tych fitotoksycznych i rakotwórczych związków. W glebach o pH 4,0-6,0 zawartość nitrozoaminu jest znacznie większa w porównaniu z glebami o pH 6,5-7,5. Utrzymywanie odczynu gleb łąkowych na poziomie około 6,0 jest więc racjonalnym działaniem w ochronie bioróżnorodności ekosystemów lądowych i wodnych, które mogą być potencjalnie zagrożone wskutek przedostających się do nich nitrozoamin. Stosowanie wapnowania użytków zielonych zlokalizowanych na kwaśnych glebach zwiększa populację dżdżownic. Większa aktywność fauny glebowej stymuluje procesy przemiany materii organicznej oraz przyspiesza obieg azotu i fosforu. Ponadto dżdżownice odgrywają istotną rolę we wprowadzaniu wapnia do gleb użytków zielonych, na których wapnowanie jest stosowa-

## WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH

---

ne na powierzchnię darni. Wiele gleb pod użytkami zielonymi charakteryzuje się stosunkowo silną zdolnością do wiązania metali ciężkich w warunkach obojętnego odczynu gleby. Zakwaszenie gleb może wyraźnie zmniejszać tę zdolność i tym samym zwiększać ryzyko włączania metali ciężkich do łańcucha pokarmowego oraz zanieczyszczać cieki i zbiorniki wodne. Czynnikiem ten jest ważny z punktu widzenia interpretacji potrzeb wapnowania gleb na obiektach nawadnianych ściekami technologicznymi i nawożonych osadami ściekowymi. W tym przypadku zastosowanie węgla wapnia wyraźnie zmniejsza, nawet po siedmiu latach od zastosowania, zawartość kadmu i ołowiu w glebie.

Dużym problemem w zakwaszonych glebach łąkowych jest zagrożenie toksycznością wolnych jonów glinu. Zwiększenie wartości pH powyżej 4,0 niweluje szkodliwe działanie tego jonu.

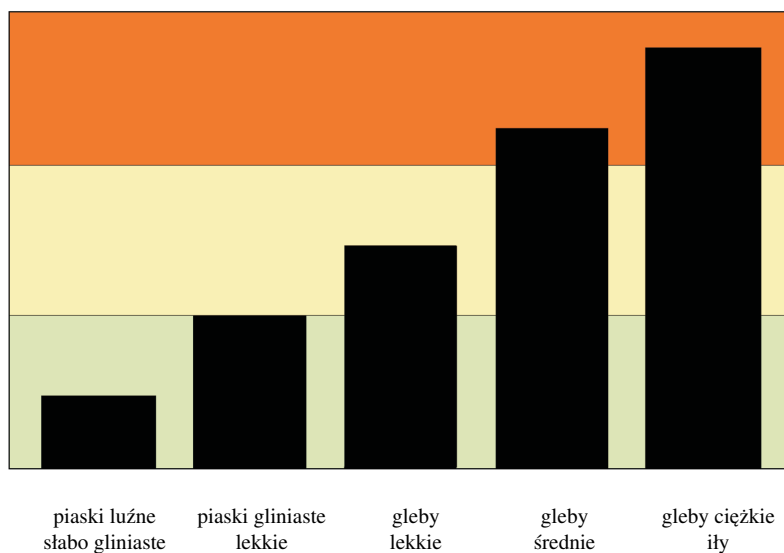
Z punktu widzenia ochrony środowiska przyrodniczego zasadne jest okazjonalne wapnowanie użytków zielonych. Powinno ono wynikać z wieloletniego gospodarowania w określonym zbiorowisku, niemniej stosowanie do 3 t  $\text{CaCO}_3$   $\text{ha}^{-1}$  co 5-10 lat wydaje się najbardziej uzasadnione.

# WAPNOWANIE GLEBY A POTRZEBA NAWOŻENIA MAGNEZEM

Zawartość przyswajalnego magnezu w glebie oznacza się laboratoryjnie. Potrzeby nawożenia magnezem zależą od trzech zasadniczych wskaźników:

- zawartości przyswajalnego magnezu w glebie,
- odczynu gleby,
- nasilenia objawów niedoboru magnezu na roślinach (głównie na zbożach).

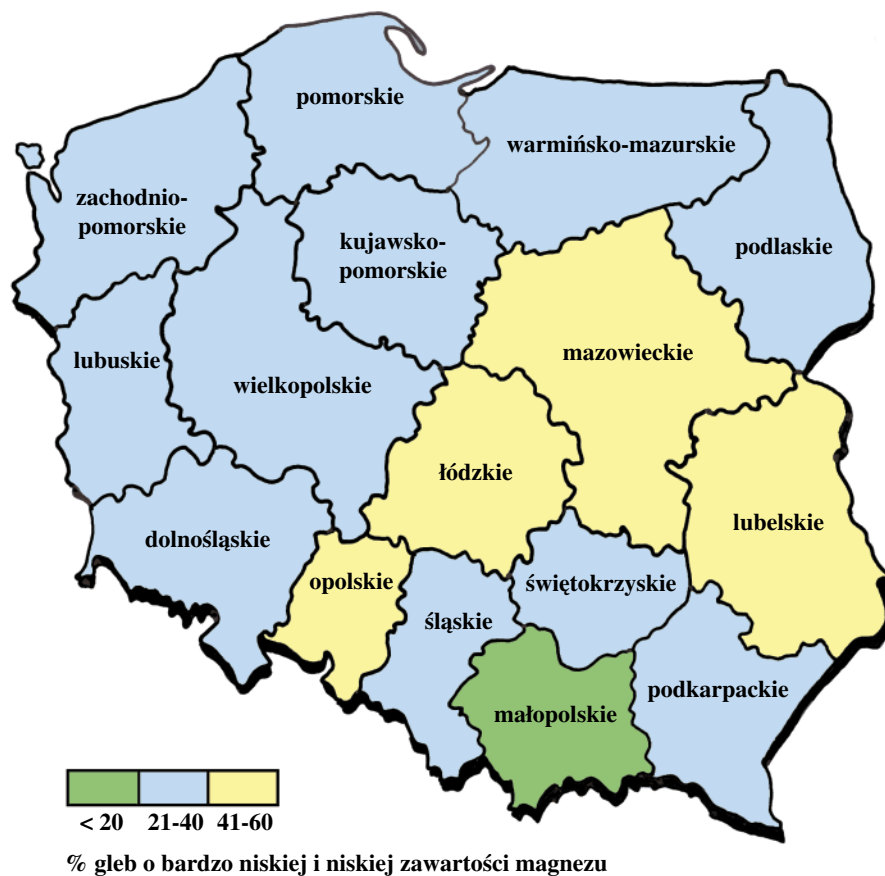
## ZAWARTOŚĆ MAGNEZU W GLEBIE



- Niska zawartość magnezu przyswajalnego
- Średnia zawartość magnezu przyswajalnego
- Wysoka zawartość magnezu przyswajalnego

Rys. 14. Zawartość przyswajalnego magnezu w różnych glebach

# WAPNOWANIE GLEBY A POTRZEBA NAWOŻENIA MAGNEZEM



Rys. 15. Zawartość magnezu w glebach Polski



# WAPNOWANIE GLEBY A POTRZEBA NAWOŻENIA MAGNEZEM

Tabela 6

Wycena zawartości magnezu w glebie

i określenie objawów niedoborów		Objawy na roślinach
9	brak	bez objawów
8-6	słabe	15-40% roślin wykazuje na dolnych liściach objawy paciorkowatości; rośliny są zielone lub jasnozielone
5-3	silne	40-75% roślin żółknie, na pojedynczych liściach występują objawy paciorkowatości; rośliny miejscami zamierają
2-1	b. silne	wszystkie rośliny silnie żółkną i większość z nich zamiera

Tabela 7

Ocena punktowa niedoboru magnezu na roślinach

Liczba w skali i określenie objawów niedoborów		Objawy na roślinach
9	brak	bez objawów
8-6	słabe	15-40% roślin wykazuje na dolnych liściach objawy paciorkowatości; rośliny są zielone lub jasnozielone
5-3	silne	40-75% roślin żółknie, na pojedynczych liściach występują objawy paciorkowatości; rośliny miejscami zamierają
2-1	b. silne	wszystkie rośliny silnie żółkną i większość z nich zamiera



Fot. 2. Objawy niedoboru magnezu na kukurydzy



Fot. 1. Objawy niedoboru magnezu na buraku

# WAPNOWANIE GLEBY A POTRZEBA NAWOŻENIA MAGNEZEM

---

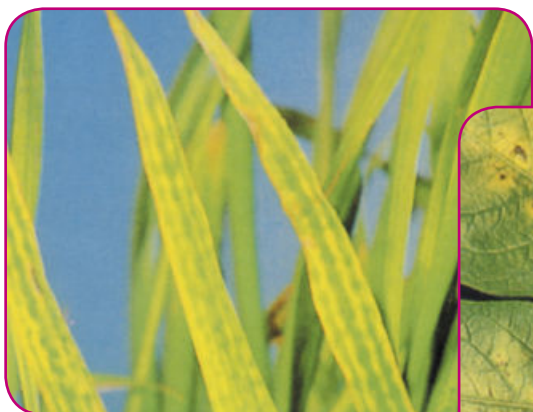


Fot. 4. Objawy niedoboru magnezu  
na strączkowych

Fot.3. Objawy niedoboru magnezu  
na rzepaku



Fot. 5. Objawy niedoboru magnezu  
na zbożach



Fot. 6. Objawy niedoboru magnezu  
na ziemniaku



Przedziały potrzeb nawożenia magnezem określa się na podstawie:

- odczynu gleby;
- zawartości przyswajalnego magnezu w glebie;
- kategorii agronomicznej gleby;
- objawów niedoboru magnezu na roślinach.

# WAPNOWANIE GLEBY A POTRZEBA NAWOŻENIA MAGNEZEM

Tabela 9

Przedziały potrzeb nawożenia magnezem

Nawożenie magnezem	Wskaźniki			
	odczyn	zawartość w glebie	objawy niedoboru na roślinach	kategoria agronomiczna gleby
Konieczne	b. kwaśny	b. niska	b. silne i silne	b. lekkie
Potrzebne	kwaśny	b. niska	słabe	lekkie
Wskazane	lekko kwaśny i obojętny	b. niska i niska	brak	wszystkie

Nawozy wapniowo-magnezowe są w Polsce głównym źródłem magnezu. W związku z tym nawożenie tym składnikiem jest związane z wapnowaniem.

Na glebach kwaśnych i o bardzo niskiej zawartości przyswajalnego magnezu połowę naliczonej dawki CaO trzeba zastosować w postaci wapna zwykłego, a połowę w postaci wapna magnezowego o stosunku Ca:Mg jak 3-2:1. Jeżeli dysponujemy nawozami o szerszym stosunku Ca : Mg, to wówczas naliczoną dawkę CaO stosujemy w całości w postaci wapna magnezowego (tab. 9).

Na glebach kwaśnych i o niskiej zawartości przyswajalnego magnezu 2/3 naliczonej dawki CaO należy zastosować w postaci wapna zwykłego, a 1/3 w postaci wapna magnezowego (tab. 9). Na glebach, na których wapnowanie jest wskazane lub potrzeba jego wykonania jest ograniczona, a wykazują one bardzo niską lub niską zawartość przyswajalnego magnezu, zaleca się stosowanie bezwapniowych nawozów magnezowych. Nawozy te zaleca się również na gleby o bardzo niskiej i niskiej zawartości przyswajalnego magnezu, na których zastosowano niedawno duże dawki nawozów wapniowych. Na glebach lżejszych wystarczające są dawki 120-160 kg MgO /ha, na glebach cięższych 80-120 kg MgO/ha.

**WIELKOŚĆ DAWEK  
NAWOZÓW  
WAPNIOWO-  
MAGNEZOWYCH**

# WAPNOWANIE GLEBY A POTRZEBA NAWOŻENIA MAGNEZEM

Tabela 10

Optymalne dawki nawozów wapniowo-magnezowych w t/ha CaO + MgO<sup>1/</sup>

Kategoria agronomiczna gleby	Zawartość magnezu w glebie			
	bardzo niska		niska	
	przedział potrzeb wapnowania			
	konieczne	potrzebne	konieczne	potrzebne
Bardzo lekkie	1,5	1,0	1,0	0,7
Lekkie	1,7	1,2	1,2	0,8
Średnie	2,2	1,5	1,5	1,0
Ciężkie	3,0	1,5	2,0	1,0

<sup>1/</sup> o stosunku Ca:Mg jak 3-2:1

# TECHNIKA WAPNOWANIA

---

## TYPY ROZSIEWACZY

Do rozsiewania nawozów wapniowych i wapniowo-magnezowych stosuje się rozsiewacze różnych typów w zależności od rodzaju nawozu.

Podstawowym kryterium jakie musi spełniać rozsiewacz do nawozów wapniowych i wapniowo-magnezowych jest równomierny i bezpylny wysiew na całą powierzchnię pola. Wapna nawozowe często charakteryzują się szerokim spektrum wilgotności (od 0% wilgoci w nawozach tlenkowych, czy pyłach dymnicowych ze spalania węgla brunatnego do ponad 40% w takich nawozach jak wapno defekacyjne, pokarbidowe, kreda jeziorna), stąd ich własności siewne są diametralnie różne. Generalnie ze względu na zawartość wilgoci nawozy te można podzielić na:

- nawozy suche o zawartości wilgoci poniżej 2%, do których należą: nawozy tlenkowe – wapno palone, dolomit prażony, wapno hydratyzowane, wysuszone nawozy węglanowe – wapień i dolomit, pyły dymnicowe;
- nawozy o średnim zawilgoceniu o zawartości wilgoci w przedziale 2–10%, do których należą nawozy węglanowe produkowane na bazie przedkredowych naturalnych wapieni i dolomitów;
- nawozy o dużym zawilgoceniu o zawartości wilgoci powyżej 10%, do których należą nawozy węglanowe produkowane na bazie młodych geologicznie naturalnych wapieni, kredy jeziorne oraz nawozy wapniowe z produkcji ubocznej - wapno defekacyjne czy pokarbidowe.

W zależności od zawartości wilgoci nawozy te charakteryzują się następującymi własnościami warunkującymi tym samym dobór optymalnego rozsiewacza gwarantującego odpowiedni ich rozsiew. I tak:

- nawozy suche charakteryzują się zazwyczaj dużą zawartością części pylastych (ziarn o wymiarach poniżej 0,1 mm), ziarna te unoszone przez wiatr powodują często duże straty samego nawozu, jak też ze względu na zawartość wapna w formie tlenkowej stanowią zagrożenie dla zdrowia przypadkowo znajdujących się w pobliżu ludzi i zwierząt, w nawozach tych absolutnie nie występuje zbrylanie;
- nawozy o średnim zawilgoceniu zawierają znacznie mniej części pylastych, a nawet jeśli zawartość jest duża to ich wilgotność skutecznie hamuje pylenie, na-

# TECHNIKA WAPNOWANIA

---

tomiast nawozy te wykazują znaczną tendencję do zbrylania się, tym wyraźniejszą im wzrasta ich wilgotność;

- nawozy o dużym zawilgoceniu - absolutnie nie występuje pylenie, natomiast wykazują bardzo silną tendencję do zbrylania się.

Do wysiewania nawozów suchych - pylistych należy stosować rozsiewacze ślimakowe, bądź przystawki ślimakowe do rozsiewaczy talerzowych. Oprócz ogólnie już znanych rozsiewaczy produkcji krajowej, na rynku pojawiły się nowe modele producentów UE ( Bredal, Amazone , Fortchritt).

Rozsiewacze ślimakowe typu BREDAL przeznaczone są do rozsiewania nawozów pylistych jak i innych nawozów nie zbrylających się. Charakterystyczne dla nich, oprócz całkowicie bezpylnego rozsiewania, są następujące cechy:

- rozsiewana warstwa nawozu na całej swojej szerokości jest równomierna;
- nie następuje zatykanie otworów wysypowych dzięki ich dużej średnicy;
- ilość rozsiewanego nawozu jest regulowana;
- szerokość rozsiewu w zależności od typu rozsiewacza wynosi 6 lub 12 metrów;
- prędkość jazdy rozsiewacza podczas pracy wynosi 10 km/godz., co pozwala zwapnować w ciągu godziny 6-12 ha;
- nie ma możliwości przypadkowego uszkodzenia rozsiewacza podczas pracy na nierównościach gruntu, czy kamieniach dzięki wysokiemu zawieszeniu ślimaków i braku części bezpośrednio stykającymi się z powierzchnią ziemi.

Do rozsiewania popiołów lotnych, zwłaszcza na dużych arealach, można również stosować zmodyfikowane cementowozy typu STEYER TRANDERS

Nawozy wapniowe i wapniowo-magnezowe o średnim zawilgoceniu (2-10% wilgoci) rozsiewa się za pomocą rozsiewaczy odśrodkowych (talerzowych) różnych typów. Należy jednak pamiętać że ilość rozsiewanych nawozów wapniowych i wapniowo-magnezowych jest wielokrotnie większa niż klasycznych nawozów mineralnych i stosowanie ich na dużych arealach wiąże się ze znacznymi kosztami związanymi z częstym ich załadunkiem (zjazd z pola, dojazd pod pryzmę nawozu, załadunek nawozu i ponowny wjazd na pole). Optymalnym rozwiązaniem jest stosowanie rozsiewaczy o dużej pojemności skrzyni ładownej i o takiej konstrukcji talerzy rozrzutowych, aby szerokość rozrzutu była maksymalnie duża.

Rozsiewacze odśrodkowe typu BREDAL w zależności od modelu posiadają skrzynię ładowną o pojemności od 3,6 m<sup>3</sup> w modelu K40 do 14,3 m<sup>3</sup> w modelu K125, a dzięki możliwości regulacji prędkości obrotowej talerzy rozrzutowych szerokość rozrzutu może wynosić nawet do 36 metrów.

## TECHNIKA WAPNOWANIA

---



Fot. 7. Rozsiewacz ślimakowy typu BREDAL model B 51

Nawozy wapniowe i wapniowo – magnezowe o dużym zawilgoceniu (pow. 10%), takie jak: kreda jeziorna, wapno defekacyjne, posodowe, pokarbidowe zbrylają się tym silniej jak wzrasta ich wilgotność, toteż rozsiewanie ich rozsiewaczami odśrodkowymi jest utrudnione, a często wręcz niemożliwe. Do rozsiewania tych nawozów należy stosować rozrzutniki do obornika z pionowymi bębniami rozrzucającymi np. typu FORTSCHRITT.

# TYPY I ZASADY DOPUSZCZANIA WAPNA NAWOZOWEGO DO OBROTU

Typy wapna nawozowego oraz szczegółowe wymagania jakościowe dla nich określa Załącznik do Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 19 maja 2004 r. w sprawie określenia typów wapna nawozowego [Dz. U. Nr 130, poz. 1384].

Tabela 11

Typy wapna nawozowego nie zawierającego magnezu

Typ	Odmiana	Składniki podstawowe i sposób otrzymywania	Minimalna zawartość składników pokarmowych CaO %	Inne wymagania
Z przerobu skał wapiennych	01	Tlenek wapnia. Przerób skał wapiennych	80	Odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych: 2 mm, %, najwyżej 25
	02	Tlenek wapnia. Przerób skał wapiennych	70	
	03	Tlenek wapnia. Przerób skał wapiennych	60	
	04	Tlenek wapnia i węglan wapnia lub węglan wapniowy. Przerób skał wapiennych	50	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
	05	Węglan wapnia. Przerób skał wapiennych	40	

Objaśnienia do tabeli:

<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 posiarkowego.



# TYPY I ZASADY DOPUSZCZANIA WAPNA NAWOZOWEGO DO OBROTU

Tabela 11

Typy wapna nawozowego nie zawierającego magnezu

Typ	Odmiana	Składniki podstawowe i sposób otrzymania	Minimalna zawartość składników pokarmowych CaO %	Inne wymagania
Z produkcji ubocznej	06	Tlenek wapnia, węglan wapnia, krzemiany wapnia. Wapno posodowe suche, wapno defekacyjne, wapno pokarbidowe	35	Zawartość wody, %, najwyżej 10; zawartość chlorków, %, najwyżej 2,5 <sup>1)</sup>
	07	Węglan wapnia. Wapno pocelulozowe, wapno posiarkowe, 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>
	08	Węglan 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>
	09	Węglan wapnia. Wapno defekacyjne mokre, wapno posodowe mokre	20	Zawartość wody, %, najwyżej 50
Pochodzenia naturalnego - kopalina	06a	Węglan wapnia, wapno kredowe suche	35	Zawartość wody, %, najwyżej 10
	07a	Węglan wapnia, wapno kredowe podsuszone	30	Zawartość wody, %, najwyżej 30
	08a	Węglan wapnia, kreda odsączona	25	Zawartość wody, %, najwyżej 40
	09a	Węglan wapnia, wapno kredowe mokre	20	Zawartość wody, %, najwyżej 50

## LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

---

1. Barszczewski J., Kalińska D., Sapek B. 1995: Następczy wpływ wapnowania na tle nawożenia azotem na dynamikę plonowania łąki trwałej. *Ann. UMCS Sec. E.* 50: 100-106.
2. Doboszyński L. 1976: Wpływ wieloletniego nawożenia pastwisk nawozami mineralnymi na roślinność i glebę. *Mat. Symp. Nauk. „Skutki wieloletniego stosowania nawozów”*, Puławy.
3. Doboszyński L. 1996: Wapnowanie. W: Nawożenie użytków zielonych w świetle prac polskich. Lata 1945-1990. *Bibl. Wiad. IMUZ 88.* Wyd. IMUZ. Falenty: 69-71.
4. Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S. 2000: Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wyd. AR. Poznań.
5. Falkowski M., Nowak M. 1975. Nawożenie użytków zielonych. PWRiL. Warszawa.
6. Filipek J., Kasperczyk M., Skrijka P. 1978: Działanie wapnowania na łąkach górskich w zależności od poziomu NPK. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.* 18: 17-31.
7. Filipek T. 2005: Dynamika antropogenicznych przyczyn zakwaszenia gleb w Polsce w ostatnich 30 latach. *Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization*, 2(23): 67-83.
8. Fotyma M., Pietruch C. 2005: Aktualny stan zakwaszenia gleb i zapotrzebowanie na nawozy wapniowe w Polsce. *Nawozy i Nawożenie. Fertilizers and Fertilization*. 3(8).
9. Fotyma M., Zięba S. 1988: Przyrodnicze i gospodarcze podstawy wapnowania gleb. PWRiL. Warszawa.
10. Gorlach E., Curyło T. 1990: Reakcja runi łąkowej na wapnowanie w warunkach wielokrotnego zróżnicowanego nawożenia mineralnego. *Rocz. Gleboz.* 1/2: 161-177.
11. Kopeć M., Mazur K. 1996: Zawartość kationów wymiennych w glebie statycznego doświadczenia nawozowego w Czarnym Potoku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 442: 227-235.
12. Kowalczyk J. 1993: Wpływ wapnowania torfów kwaśnych na jakość zagospodarowania łąkarskiego. W: *Problemy wapnowania użytków zielonych.* *Mat. Sem. IMUZ.* 32: 226-233.
13. Kozłowski S., Goliński P. 2004: Nawożenie użytków zielonych. W: *Łąkarstwo. Podręcznik akademicki* (red. M. Rogalski). Wydawnictwo Kurpisz S.A. Poznań: 161-190.

## LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

---

14. Kozłowski S., Kukułka I. 1983: Pobieranie wapnia przez kupkówkę w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 276: 81-88.
15. Lipiński W. 2005: Odczyn gleb Polski. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2(23): 33-40.
16. Mazur T., Mineev M.V., Debreczeni B. 1993: Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Podręcznik akademicki. Wyd. ART. Olsztyn.
17. Ministerstwo Ochrony Środowiska. Sektorowy Program Operacyjny Środowisko (projekt). Warszawa, wrzesień 2005.
18. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Departament Rozwoju Obszarów Wiejskich. Program Operacyjny Rozwój Obszarów Wiejskich na lata 2007 – 2013, wstępny projekt W-03/IX/05. Warszawa wrzesień 2005r.
19. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego. Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej 2007-2013, wstępny projekt. Departament Polityki Regionalnej Ministerstwa Rozwoju Regionalnego we współpracy z przedstawicielami województw Polski Wschodniej. Warszawa, 9 marca 2006r.
20. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego. Założenia do opracowania Strategii Rozwoju Kraju 2007-2015 podstawowe informacje, zaakceptowane przez Radę Ministrów w dniu 31 stycznia 2006 r.
21. Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia 2007-2013 wspierające wzrost gospodarczy i zatrudnienie, wstępny projekt. Dokument zaakceptowany w dniu 14 lutego 2006r. przez Radę Ministrów.
22. Narodowy Plan Rozwoju 2007-2013 (dokument przyjęty przez Radę Ministrów – 6.09.2005, po wprowadzonych zmianach).
23. Okruszko, H. 1991: Zasady nawożenia gleb torfowych. W: Gospodarowanie na glebach torfowych w świetle 40-letniej działalności Zakładu Doświadczalnego Biebrza. Bibl. Wiad. IMUZ 77. Wyd. IMUZ. Falenty: 87-104.
24. Sapek B. 1991: Wpływ wapnowania na zawartość i pobranie kadmu i ołowiu przez roślinność łąki trwałe. Rocz. Gleboz. 42: 223-228.
25. Sapek B. 1993: Studia nad wapnowaniem trwałego użytku zielonego na glebie mineralnej. Rozprawy habilitacyjne. Wyd. IMUZ, Falenty.
26. Sapek B. 1993: Wpływ wapnowania na zawartość glinu w glebach łąkowych. W: Chrom, nikiel i glin w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. Ossolineum: 211-219.
27. Sapek B. 1995: Zasady oceny potrzeb wapnowania i wyznaczania dawek nawozów wapniowych na trwałe użytki zielone na glebach mineralnych. Mat. Instr. 101. Wyd. IMUZ. Falenty ss. 12.

## LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

---

28. Sapek B. 1997. Stosowanie nawozów wapniowych na użytki zielone w świetle zrównoważonego rolnictwa. *Mat. Sem. IMUZ.* 38: 245-256.
29. Serwis internetowy: [www.fundusze-strukturalne.gov.pl](http://www.fundusze-strukturalne.gov.pl)
30. Smołkowska U. Biuro Studiów i Ekspertyz Kancelarii Sejmu. Inwestycje i programy wieloletnie – Informacja nr 1165 (IP-108G).
31. Ustawa Budżetowa na rok 2006 z dnia 17 lutego 2006 r. (Dz.U. 2006 nr 35 poz. 244 z późn. zm.).
32. Ustawa z dnia 20 kwietnia 2004 r. o Narodowym Planie Rozwoju (Dz.U. z 2004r. Nr 116, poz. 1206 z późn. zm.).
33. Ustawa z dnia czerwca 2005 r. o finansach publicznych (Dz.U. Nr 249 poz. 2104 z późn. zm.).

# SPIS TREŚCI

WSTĘP	3
STAN ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE	4
KWASOWOŚĆ GLEBY	9
WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE	12
EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA	23
USTALANIE POTRZEB WAPNOWANIA ORAZ DAWEK NAWOZÓW WAPNIOWYCH	28
WAPNOWANIE GLEB NA GRUNTACH ORNYCH	30
WAPNOWANIE GLEB NA UŻYTKACH ZIELONYCH	38
WAPNOWANIE GLEBY A POTRZEBA NAWOŻENIA MAGNEZEM	47
TECHNIKA WAPNOWANIA	53
TYPY I ZASADY DOPUSZCZANIA WAPNA NAWOZOWEGO DO OBROTU	56
LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA	58