

PORADNIK WAPNOWANIA GLEB GRUNTÓW ORNYCH



**Grażyna Hołubowicz-Kliza
Tamara Jadczyzyn
Alicja Sułek**

**dr Grażyna Hołubowicz-Kliza, dr Tamara Jadcyszyn
dr hab. Alicja Sułek**

PORADNIK WAPNOWANIA GLEB GRUNTÓW ORNYCH

**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8, tel.: 81 4786700, 4786800
Dyrektor: prof. dr hab. Wiesław Oleszek**

**DZIAŁ UPOWSZECHNIANIA I WYDAWNICTW
tel. 81 4786720; fax 81 4786721
Kierownik: dr Monika Kowalik**

**Opracowanie redakcyjne i graficzne:
*dr Grażyna Hołubowicz-Kliza***

© Copyright by Wydawnictwo IUNG-PIB, Puławy 2021

1. Poradnik przygotowano w znacznym oparciu o:
2. Hołubowicz-Kliza G. Wapnowanie gleb w Polsce. IUNG-PIB Puławy 2006, Instrukcja upowszechnieniowa 128, ss. 61.
3. Jadczyzsyn T. Nowe zalecenia w zakresie wapnowania gleb. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2021, 65(19): 99-109.
4. Opracowanie „Środowiskowe aspekty zakwaszenia gleb w Polsce” wykonane na zlecenie: Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w 2015 r. w ramach zadania 2.2 w programie wieloletnim IUNG-PIB przez zespół autorów: Ochal P., Jadczyzsyn T., Jurga B., Jerzy Kopiński J., Matyka M., Madej A., Rutkowska A., Smreczak B., Łysiak M.

<https://doi.org/10.26114/por.iung.2021.12.05>

ISBN 978-83-7562-378-9

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	5
PRZYCZYNY ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE	7
STAN ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE	10
KWASOWOŚĆ GLEBY	12
POTRZEBY WAPNOWANIA GLEB W POLSCE	16
ZUŻYCIE NAWOZÓW WAPNIOWYCH	17
ZAPOTRZEBOWANIE NA WAPNO W KRAJU	18
WPŁYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE	22
WPŁYW WAPNOWANIA NA KWASOWOŚĆ GLEBY	22
WPŁYW WAPNOWANIA NA PRZYSWAJALNOŚĆ SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH	22
WPŁYW WAPNOWANIA NA POBIERANIE AZOTU	23
WPŁYW WAPNOWANIA NA POBIERANIE FOSFORU	25
WPŁYW WAPNOWANIA NA POBIERANIE POTASU	25
WPŁYW WAPNOWANIA NA POBIERANIE MAGNEZU	26
WPŁYW WAPNOWANIA NA POBIERANIE MIKROELEMENTÓW	26
WPŁYW WAPNOWANIA NA TOKSYCZNOŚĆ METALI CIĘŻKICH	27
WPŁYW WAPNOWANIA NA MIKROORGANIZMY GLEBOWE	28
WPŁYW WAPNOWANIA NA FIZYCZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY	29
WPŁYW WAPNOWANIA NA CHEMICZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY	29
WPŁYW NAWOZÓW MINERALNYCH NA ZAKWASZENIE GLEBY	30
WPŁYW WAPNOWANIA NA ZAPOTRZEBOWANIE NAWOZÓW	32
EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA	33
SYMPTOMY WSKAZUJĄCE NA ZAKWASZENIA GLEB	38
ROŚLINNOŚĆ JAKO WSKAŹNIK KWASOWOŚCI	38
STAN ROŚLIN UPRAWNYCH JAKO WSKAŹNIK KWASOWOŚCI	39
INNE CZYNNIKI ŚWIADCZĄCE O KWASOWOŚCI	39
WAPNOWANIE GLEB GRUNTÓW ORNYCH	40
DAWKI WAPNA NA GRUNTY ORNE WEDŁUG NOWEGO SYSTEMU ZALECEŃ	44
AGROTECHNIKA WAPNOWANIA	48
STOSOWANIE NAWOZÓW WAPNIOWYCH	48

MIEJSCE WAPNOWANIA W ZMIANOWANIU	50
MIEJSCE WAPNOWANIA W SYSTEMIE ZABIEGÓW AGROTECHNICZNYCH	51
TECHNIKA WAPNOWANIA	53
KOSZT WAPNOWANIA	55
WAPNOWANIE GLEBY A POTRZEBA NAWOŻENIA MAGNEZEM	57
ZAWARTOŚĆ MAGNEZU W GLEBIE	57
TYPY WAPNA NAWOZOWEGO	61
LITERATURA	65

WPROWADZENIE

Wiele uwagi poświęca się zagadnieniom żyzności i urodzajności gleb. W dużym stopniu te cechy zależą od składu chemicznego skały, z której powstała, odczynu, składu mechanicznego, który buduje jej strukturę oraz zdolności sorpcyjnych, czyli możliwości do zatrzymywania wody, pary wodnej, gazów, jonów metali, a także zasiedlania przez różnorodne organizmy glebowe oraz zawartości próchnicy, węgla wapnia, węgla organicznego i głębokości profilu glebowego. Na kształtowanie gleby największy wpływ mają warunki klimatyczne, do których należy: nasłonecznienie i intensywność opadów warunkujących temperaturę i jej wilgotność. Bardzo istotnym czynnikiem są także mikroorganizmy, które określają jej urodzajność i wpływają na uwalnianie związków mineralnych. Ich obecność jest bardzo ważna, nie tylko ze względów glebotwórczych, ale przede wszystkim ze względu na zachowanie ciągłości obiegu materii w przyrodzie i umożliwianie wzrostu roślinom. Jednak to rolnik kształtuje glebę głównie poprzez jej uprawę. Działanie to wpływa na zmiany w jej składzie mineralnym, kwasowość, zawartość próchnicy, przebieg procesów chemicznych i jej temperaturę, a także możliwość bytowania i zasiedlania przez organizmy żywe. Jednym z elementów wpływających na degradację gleby jest jej zakwaszenie.

Na zakwaszenie gleb w Polsce wpływają zarówno warunki naturalne, jak i 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. Z 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 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.

Natomiast jednym ze skutków rolniczej i przemysłowej działalności rolnika jest wzrost koncentracji w glebie kationów wodoru (H^+), powodujących jej zakwaszenie. W Polsce, pomimo olbrzymiego postępu biologicznego i technicznego, zakwaszenie gleb jest podstawową przyczyną stagnacji produkcji rolnej.

Dyskusję na temat skutków zaniedbania regulacji odczynu gleb w naszym kraju należy rozpocząć od wyznaczenia średniej wielkości zapotrzebowania gleb użytkowanych rolniczo na wapno. W tej analizie istotnymi składowymi są ilość składnika wymytego w cyklu rocznym z gleby oraz wyniesionego z plonem z pola. Pierwsza wartość jest bardzo zmienna i waha się w zakresie 150-250 kg CaO na ha. Przyczyną tej zmienności jest zarówno kategoria gleby, jak i ilość opadów. Ilość wymytego składnika jest tym większa, im większe są opady, a gleba bogatsza w kationy zasadowe, w tym w wapń i magnez. Druga składowa wiąże się ze strukturą uprawianych roślin w zmianowaniu i kierunkiem zagospodarowania plonu.

Średnio w Polsce udział zbóż w strukturze zasiewów wynosi 75%, a roślin nie zbożowych – 25%, w tym rzepak. Zboża akumulują średnio – 6, rzepak – 50, buraki – 3, a ziemniaki – 1,5 kg CaO na tonę plonu głównego wraz z odpowiadającą masą słomy (liści). Roczny ubytek wapna wynosi zatem około 45 kg CaO na ha, z tego 2/3 przypada na rzepak i okopowe. Ilość traconego składnika z gleby zależy zasadniczo od gospodarki słomą rzepakową. Potencjalna, średnioroczna wielkość strat waha się w zakresie 200-300 kg CaO na ha. Jest to wielkość, od której można dopiero rozpocząć dyskusję o stanie gospodarki wapnem w polskim rolnictwie. W skali rocznej zapotrzebowanie na wapno nawozowe do zrównoważenia strat mieści się w zakresie 3,6-5,4 mln t CaO.

Konieczność wyżywienia wzrastającej liczby ludności wpłynęła na podniesienie wydajności gleb. Dlatego najważniejszym elementem stało się nawożenie, zwłaszcza azotem. Mimo wszystko jest ono konieczne we współczesnym, nowoczesnym rolnictwie. Jednak ze względu na towarzyszące azotowi przemiany w glebie, nawozy azotowe stanowią jedno ze źródeł zakwaszenia gleby. Dlatego podstawową częścią systemu nawożenia, jak i ochrony gleb przed degradacją jest doprowadzenie jej do optymalnego pH poprzez wapnowanie. Zabieg ten polega na nawożeniu gleby zasadowymi związkami wapnia, w celu zubożenia nadmiernej kwasowości. Zabieg ten wpływa w środowisku glebowym również na inne korzystne zmiany chemiczne, fizyczne i biologiczne poprzez wpływ na wzrost plonów roślin, a także na samo środowisko glebowe. W Polsce zabieg ten odgrywa niezwykle istotną rolę, ze względu na dużą powierzchnię gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych. Jednak, jak wynika z danych GUS z 2020 r., zużycie wapna nawozowego w Polsce jest bardzo niskie i w okresie 2018/2019 wyniosło około 60 kg CaO na ha. Alarmujące jest także to, że sytuacja ta utrzymuje się od 2004 r. Przeciętnie szacuje się, że rocznie z powierzchni 1 ha warstwy ornej ubywa około 150-300 kg CaO i 50 kg MgO. Jak można zauważyć, aktualne zużycie nawozów wapniowych jest ponad 5-krotnie niższe od zalecanego zapotrzebowania na nie w skali roku. Pośrednim celem regulacji odczynu gleby jest sterowanie procesami chemicznymi i mikrobiologicznymi w taki sposób, aby zwiększyć rozpuszczalność, a tym samym przyswajalność i dostępność składników mineralnych. Odczyn gleby, zmniejszając się poniżej wartości optymalnej dla danego pierwiastka prowadzi do szybkiego spadku jego efektywności plonotwórczej. Z trzech podstawowych składników mineralnych wprowadzanych do gleby z nawozami (N, P, K), najsilniej na zakwaszenie gleby reaguje fosfor. Poprawa właściwości fizykochemicznych gleb poprzez zastosowanie wapnowania pozwala ograniczyć straty składników nawozowych (NPK) zużywanych w produkcji roślinnej o ok. 10%, tj. średnio dla Polski o 20 kg NPK na ha UR. Stosowanie regularnego i zgodnego z zaleceniami nawozowymi wapnowania gleb i Kodeksem Dobrej Praktyki Rolniczej gwarantuje wysoką opłacalność wprowadzania tego zabiegu, a także ograniczenie rozprzestrzeniania się niewykorzystanych biogenów na środowisko. Żeby wapnowanie było skuteczne i zarazem bezpieczne dla gleby oraz roślin dawkę wapna należy ustalić na podstawie wyników badań próbkki glebowej (w najbliższym OSChR) z danego pola.

PRZYCZYNY ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE

Polska jest krajem o dużym udziale gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych, co wynika z charakteru procesów glebotwórczych, które ukształtowały pokrywę glebową. Ponad 90% obszaru kraju zajmują gleby polodowcowe, lekkie i bardzo lekkie, wytworzone z kwaśnych skał osadowych, przyniesionych przez lodowce z terenu Skandynawii, z których następowało wymywanie wapnia, magnezu i innych kationów o charakterze zasadowym.

Gleby wytworzone ze skał osadowych okruchowych, zaliczane do kategorii agromicznej gleb: bardzo lekkie i lekkie są na ogół naturalnie zakwaszone. Wietrzenie skał macierzystych gleb oraz przemieszczanie się w głąb profilu glebowego produktów przemian pierwotnych minerałów ilastych oraz związków próchnicznych w warunkach klimatu humidowego wpłynęło na wytworzenie się poziomów genetycznych o wyraźnie zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych i chemicznych.

Najliczniejszą grupę wśród gleb bardzo lekkich i lekkich stanowią gleby zakwalifikowane według Systematyki gleb Polski, wydanie 6 (2019) do rzędu: gleby bielicoziemne i gleby brunatnoziemne oraz typów gleb: gleby bielcowe, gleby rdzawe, gleby brunatne i podtypu gleby brunatne kwaśne oraz rzędu gleby płowoziemne, typu gleby płowe i m.in. podtypów: gleby płowe dwudzielne i gleby płowe zbielicowane. Gleby zaliczane do rodzaju gleb bielicoziemnych powstały głównie z utworów piaszczystych wykazujących skład granulometryczny piasków luźnych i piasków słabo gliniastych, w wyniku wymywania związków organicznych i składników mineralnych z poziomów powierzchniowych do głębszego poziomu wmycia.

Ze względu na rodzaj skały macierzystej są to gleby kwaśne, charakteryzujące się słabymi właściwościami buforowymi oraz niskim stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami. Nawet mimo poprawy ich właściwości chemicznych, przez rolników są zaliczane do gleb słabych i bardzo słabych, dlatego są przeznaczane pod zalesienia. Dużą powierzchnię w kraju zajmują gleby zaliczane do rodzaju gleby brunatnoziemne i typu gleby brunatne, i podtypu gleby brunatne kwaśne oraz typu gleby rdzawe. Gleby te cechuje nagromadzenie składników wietrzenia w powierzchniowym i podpowierzchniowym poziomie zróżnicowania. Potencjalna produktywność tych gleb oceniana w umownej skali klas bonitacyjnych pozwala niektóre grunty, na których występują gleby brunatne kwaśne zaliczyć do gruntów średniej jakości gorszych i słabych. W przypadku gleb rdzawych, grunty na których występują te gleby, to grunty słabe i bardzo słabe.

Dla ponad 13% powierzchni użytków rolnych w Polsce skałami macierzystymi gleb, które występują na tych użytkach są żwiry oraz piaski luźne i piaski słabo gliniaste, których uziarnienie nie zmienia się do głębokości 100 cm. Jeżeli do gleb lekkich i bardzo lekkich zaliczymy inne typy gleb wytworzonych z piasków gliniastych na piasku luźnym lub słabo gliniastym, tj. część mad, płytkie i szkieletowe rędziny oraz

gleby terenów górskich, to wyniki takiej analizy wskazują że ponad 40% gleb Polski to gleby o średniej, niskiej i bardzo niskiej jakości oraz przydatności rolniczej.

O żyzności i urodzajności gleb, a także ich zdolnościach do magazynowania wody decyduje skład granulometryczny i jego zróżnicowanie w profilu glebowym. Gleby wytworzone z piasków posiadają małe zdolności buforowe, ze względu na niską zawartość koloidów mineralnych i organicznych (kwasy humusowe), co powoduje, że dodatkowy ładunek H^+ pochodzenia antropogenicznego (zanieczyszczenia gazowe, nawozy mineralne, głównie azotowe) prowadzi do nasilenia wtórnych procesów zakwaszenia gleb.

Wysokie stężenie protonów wodoru powodujące wzrost kwasowości, przyspiesza hydrolizę glinokrzemianów i wymywanie niektórych produktów ich rozkładu np. wolnych jonów w głąb profilu glebowego. W przypadku bardzo silnego zakwaszenia gleb ($pH_{KCl} < 4,5$) w roztworze glebowym zwiększa się zawartość żelaza i glinu ruchomego, które w warunkach wysokiej kwasowości są toksyczne dla korzeni roślin. Ponadto w glebach o niskim pH następuje zahamowanie procesów mikrobiologicznych, w tym intensywności przemian azotu mineralnego prowadzonych przez bakterie nitryfikacyjne oraz przyswajalności niektórych pierwiastków np. manganu dla roślin bobowatych.

Zakwaszanie się gleb jest spowodowane wieloma czynnikami, w tym praktykami rolniczymi. Na przykład wymywanie kationów zasadowych, tj.: Ca_2^+ , Mg_2^+ , K^+ , Na^+ z gleb użytkowanych rolniczo wzrasta w warunkach zwiększonej koncentracji azotanów (NO_3^-) oraz chlorków (Cl^-), obecnych w glebach w wyniku stosowania nawozów mineralnych.

Zakwaszenie gleb w rolnictwie, nie tylko wpływa na ograniczenie produkcji roślinnej, ale także zagraża środowisku ze względu na pojawienie się w glebie substancji toksycznych, wynikających ze zwiększenia stężenia H^+ oraz uruchamiania lub blokowania składników pokarmowych roślin. Poznanie tych procesów, a zwłaszcza rozpoznanie czynników wywołujących nasilenie pojawienia się wtórnych skutków zakwaszenia gleb, które wpływają na ograniczenie produkcji roślinnej, stanowi podstawę do zastosowania odpowiednich technologii uprawy i użyźniania gleb, a zwłaszcza wapnowania i optymalizacji nawożenia. Znaczną rolę w zakwaszaniu gleb mają także kwasy organiczne i nieorganiczne powstające w czasie rozkładu substancji organicznej.

Rozpuszczalność CO_2 w wodzie i wytwarzanie kwasu węglowego zależy od temperatury. W temperaturach niższych ($0-4^\circ C$) rozpuszczalność CO_2 jest dwukrotnie wyższa niż w temperaturze ok. $20^\circ C$. Dیتlenek węgla rozpuszczony w wodzie tworzy kwas węglowy (H_2CO_3), który w reakcji z węglanem wapnia ($CaCO_3$) przechodzi w wodorowęglan wapnia [$Ca(HCO_3)_2$], który jest łatwo rozpuszczalny w wodzie oraz wymywany z gleby. Temperatura decyduje również o aktywności drobnoustrojów glebowych, dlatego wpływa na ilość wytwarzanego w procesie oddychania CO_2 . W wyższej temperaturze powstaje więcej CO_2 w glebie, który wydzielany jest prawie w całości do atmosfery. Natomiast wapń pozostaje w postaci trudno rozpuszczalnego węglanu wapnia $CaCO_3$. Z dużą aktywnością gleby wiąże się zazwyczaj zwiększenie stężenia w roztworze glebowym H^+ (wyższe wartości kwasowości czynnej). Jon

H^+ dostaje się do roztworu glebowego w wyniku oddysocjowania z grup fenolowych i karboksylowych kwasów organicznych ($R-COO^- + H^+$), które są głównymi składnikami wydzielin korzeniowych i śluzów bakteryjnych, a także produktów pośrednich rozkładu substancji organicznej. Należy do tego także dodać kwaśne związki powstające podczas procesu humifikacji i mineralizacji. Kwasowość glebowej substancji organicznej (kwasowość organiczna) związana jest głównie z obecnością grup karboksylowych w kwasach humusowych oraz w niskocząsteczkowych kwasach organicznych oddysocjujących H^+ przy $pH < 7$. Całkowita kwasowość kwasów fulwowych wynosi 6-0 mmol (H^+) na g i jest znacznie wyższa niż kwasów huminowych 4-6 mmol (H^+) na g.

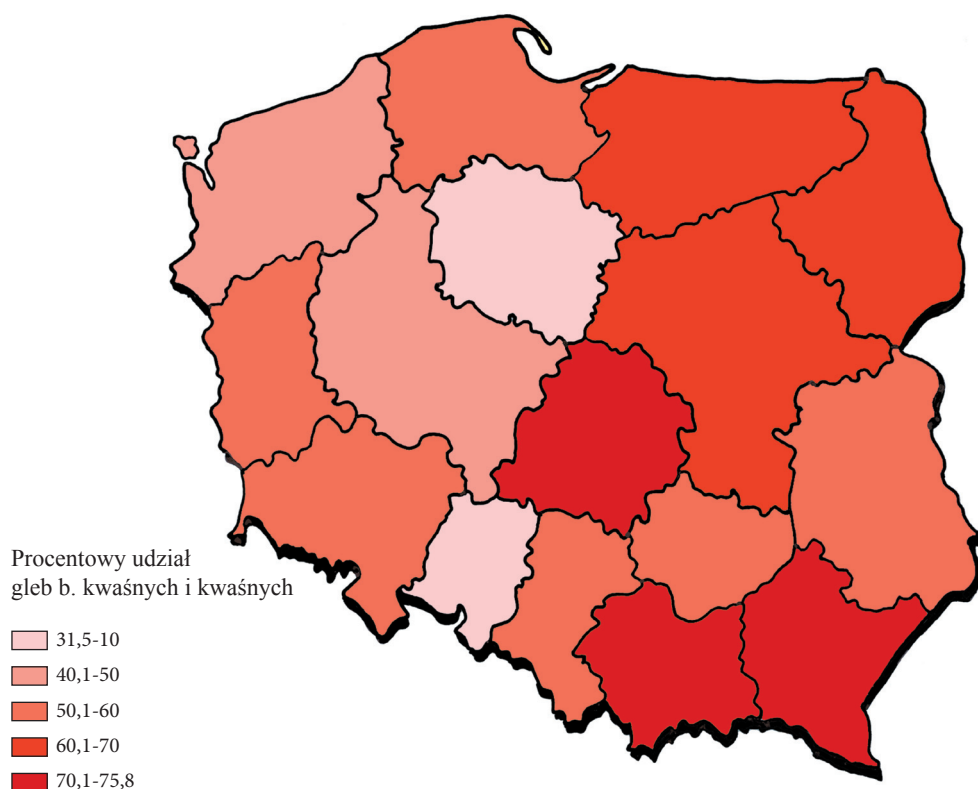
Do zakwaszenia gleb prowadzi również utlenianie przez mikroorganizmy azotu amonowego uwolnionego z substancji organicznej lub wniesionego z nawozami zawierającymi kation amonowy. Na zwiększenie stężenia jonów H^+ w glebie wpływa także utlenianie siarki (emitowanej przez przemysł i środki komunikacji, opady atmosferyczne). Za proces ten odpowiedzialne są bakterie beztlenowe *Thiobacillus thiooxidans* rozwijające się w zakresie pH 2-5.

Wiele reakcji chemicznych zachodzących w środowisku kwaśnym, związanych z przemianami glinu, manganu i żelaza prowadzi do zwiększenia stężenia H^+ w glebie. Takim przykładem jest hydroliza soli glebowych powstających w wyniku wietrzenia chemicznego minerałów krzemianowych i glinokrzemianowych lub nawożenia mineralnego solami chlorkowymi czy siarczanowymi. W glebach kwaśnych o pH poniżej 4,2 dominującą formą glinu jest $Al(H_2O)_6^{3+}$ czyli Al^{3+} , który w wyższych stężeniach może być źródłem H^+ i działać toksycznie na żywe organizmy.

Przyrodnicze przyczyny zakwaszenia gleb są procesem stałym, ale zagrożenie dla agroekosystemów stanowią, gdy zostaną wsparte czynnikami antropogenicznymi. Zakwaszenie gleb powoduje szereg ujemnych skutków polegających przede wszystkim na zmniejszeniu produktywności i żyzności, a także ograniczeniu dostępności mineralnych składników pokarmowych dla roślin oraz obniżeniu zdolności buforowych i odporności gleby na procesy prowadzące do ich degradacji.

STAN ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE

Od wielu lat udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych w Polsce przekracza średnio 40% powierzchni użytków rolnych. Istnieją jednak i takie obszary, gdzie gleby najsilniej zakwaszone stanowią ponad 60% powierzchni. W tych rejonach częstotliwość narażenia na większe ilości aktywnych form metali jest większa niż na glebach o odczynie optymalnym.



Rys. 1. Przestrzenne zróżnicowanie próbek gleb w klasach odczynu bardzo kwaśnego i kwaśnego

Źródło: Smreczak i Łysiak [2017] w Ochal [2017]

Za krytyczną, z uwagi na procesy wzrostu roślin, można przyjąć pH na poziomie 5,5, przy którym w glebie zaczynają pojawiać się toksyczne formy glinu. Skutki ich obecności potęgują się, jeżeli odczyn gleby spadnie poniżej pH 4,5. Z rysunku 1 wynika, że udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych jest znaczny, gdyż w najlepszym pod tym względem regionie, czyli woj. opolskim i kujawsko-pomorskim sięga odpowied-

nio 34,5 i 36,1%. Znaczny problem pojawia się wówczas, gdy udział tej kategorii gleb zbliża się do 50%, tak jak w województwach: wielkopolskim (44,1%) i zachodnio-pomorskim (47,9%). Duży natomiast pojawia się w województwach, gdzie występuje 50-60% gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych: świętokrzyskim (51%), śląskim (52,1%), dolnośląskim (52,5%), pomorskim (56,9%), lubelskim (57,7%), lubuskim (59,1%) i warmińsko-mazurskim (60,1%). Bardzo zła sytuacja występuje w województwach: podlaskim (64,7%), mazowieckim (65,6%), łódzkim (72,9%), małopolskim (74,2%) i podkarpackim (75,8%), co oznacza, że jedynie od 40-24% gleb jest średnich lub dobrych pod tym względem.

Duży odsetek gleb bardzo kwaśnych jest jednoznacznym wskaźnikiem degradacji zarówno funkcji produkcyjnych, jak i ogólnośrodowiskowych, a tym samym gospodarczych. Produkcja rolna na tych glebach zostaje w sposób naturalny ograniczona tylko do roślin bardzo tolerancyjnych, lecz jednocześnie bardzo nisko plonujących, tj.: żyto, ziemniak czy łubiny. Podstawową przyczyną niskich plonów jest drastyczna redukcja wielkości systemu korzeniowego. Zjawisko to prowadzi do nieefektywnego pobierania składników pokarmowych, w tym azotu, który z powodu spłyceń pionowego zasięgu systemu korzeniowego jest narażony na zamieranie. Tym samym gleby takie stanowią olbrzymie zagrożenie dla ekosystemów naturalnych, a także atmosfery. Dlatego wapnowanie jest niezwykle ważnym zabiegiem działającym na jakość i funkcje gleb oraz środowisko przyrodnicze. W warunkach naszego kraju, w świetle przedstawionych informacji, włączenie tego zabiegu do podstawowej praktyki rolniczej jest konieczne, ponieważ oszacowane sumaryczne zapotrzebowanie krajowego rolnictwa na wapno wynosi około 31 mln ton CaO na rok, tj. około 62 mln ton w masie nawozów. Optymizmem napawa fakt, że na lata 2019-2023 został ustanowiony program rekompensujący zakup wapna do poprawy jakości gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych.

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, magnez;
- 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 wolno żyjące w glebie (*Azotobacter*), jak też współżyjące z większością roślin bobowatych (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.**

KWASOWOŚĆ CZYNNA

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

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 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 ZOBOJĘTNIE NIE Kwasowości GLEBY?

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 wymienną;**
- **kwasowość hydrolityczną.**

KWASOWOŚĆ WYMIENNA

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 wymienna jest dla roślin szczególnie 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.

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.

KWASOWOŚĆ HYDROLITYCZNA

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. 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 wapnowa-

nie. 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 ich stosowanie ma na celu:

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



Pole zachwaszone szczawiem polnym występującym w dużym nasileniu na glebach kwaśnych
(fot. pixabay darmowe)

POTRZEBY WAPNOWANIA GLEB W POLSCE

W tabeli 1 przedstawiono potrzeby wapnowania gleb w Polsce według danych IUNG-PIB.

Tabela 1

Procentowy udział próbek w poszczególnych klasach potrzeb wapnowania

Województwo	Liczba próbek	Potrzeby wapnowania % próbek w zbiorze danych				
		konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
Dolnośląskie	3539	38,9	16,8	15,1	14,4	14,8
Kujawsko-pomorskie	3497	13,4	13,1	12,6	14,2	46,7
Lubelskie	4385	36,5	16,0	12,7	11,5	23,2
Lubuskie	1826	26,8	20,6	14,6	13,4	24,6
Łódzkie	3539	36,7	23,0	16,0	10,7	13,6
Małopolskie	2879	69,0	8,5	6,6	5,1	10,8
Mazowieckie	6669	33,4	20,8	13,0	11,0	21,8
Opolskie	1607	20,0	14,7	22,7	19,4	23,1
Podkarpackie	3222	59,0	14,4	8,4	5,9	12,2
Podlaskie	3195	30,5	22,3	12,6	9,3	25,3
Pomorskie	2928	24,8	22,1	15,5	13,5	24,1
Śląskie	2300	37,3	16,1	13,7	13,0	20,0
Świętokrzyskie	2307	28,7	14,1	12,1	10,4	34,9
Warmińsko-mazurskie	3820	31,3	19,6	14,6	11,8	22,8
Wielkopolskie	5676	18,2	13,9	13,5	14,8	39,6
Zachodniopomorskie	3267	20,4	15,7	14,4	15,5	34,0
Polska	54656	32,5	17,2	13,4	12,0	25,0

Źródło: Smreczak i Łysiak [2017] w Ochal [2017]

Przebadano 54656 próbek gleby we wszystkich województwach z czego około 32,5% wykazywały potrzeby wapnowania określone jako konieczne, 17,2% – potrzebne, 13,4% – wskazane, 12% – ograniczone, a 25% – zbędne. Największe potrzeby wapnowania określone jako konieczne i potrzebne występowały w województwach: małopolskim (77,5%), podkarpackim (73,4%), łódzkim (59,7%), dolnośląskim (55,7%), mazowieckim (54,2%), śląskim (53,4%), podlaskim (52,8%), lubelskim (52,5%), war-

mińsko-mazurskim (50,9%). Najmniejsze potrzeby wapnowania występowały w województwach: kujawsko-pomorskim (26,5%) i opolskim (34,7). Z badań IUNG-PIB wynika, że w Polsce około 49,7% próbek gleb wymaga wapnowania koniecznego i potrzebnego. W porównaniu z wynikami badań z lat 2012-2015 opracowanymi przez KSChR aktualne potrzeby są wyższe o 15,7%.

ZUŻYCIE NAWOZÓW WAPNIOWYCH

Zużycie nawozów wapniowych w Polsce według GUS było zróżnicowane regionalnie, co wiązało się przede wszystkim z intensywnością produkcji rolniczej. Stosowane dawki wapna na użytkach rolnych w 2019 r. wynosiły średnio niecałe 60 kg CaO na ha na rok i dalece odbiegały od faktycznych potrzeb. W wielu przypadkach nie pokrywały nawet naturalnego wymycia wapnia z gleby, nie mówiąc już o poprawie ogólnego stanu odczynu.

Tabela 2

Zużycie nawozów w przeliczeniu na czysty składnik w kg na ha użytków rolnych w 2019 r.

Województwo	Nawozy wapniowe	Nawozy azotowe
Dolnośląskie	78,4	67,7
Kujawsko – pomorskie	49,7	83,3
Lubelskie	72,4	92,6
Lubuskie	24,7	69,8
Łódzkie	50,6	55,4
Małopolskie	26,9	66,7
Mazowieckie	118,7	40,9
Opolskie	124,9	56,8
Podkarpacki	15,1	102,1
Podlaskie	10,4	37,4
Pomorskie	31,9	53,1
Śląskie	38,1	86,8
Świętokrzyskie	15,0	65,1
Warmińko – mazurskie	50,5	47,7
Wielkopolskie	35,5	57,3
Zachodniopomorskie	58,5	76,2
Polska	56,4	74,5

Źródło: GUS [2020]

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.

Największe zużycie wapna było w województwach [w kg CaO na ha]: opolskim (124,9), mazowieckim (118,7), dolnośląskim (78,4), lubelskim (72,4), a mniejsze (10,4) w województwie podlaskim, świętokrzyskim (15,0), podkarpackim (15,1), gdzie 52,8% gleb wymaga wapnowania pilnego oraz najmniejsze w lubuskim (24,7). Przy tak drastycznie niskim poziomie zużycia nawozów wapniowych możliwe jest, że w przyszłości udział gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych będzie się systematycznie zwiększał. Nie pozostanie to z pewnością bez wpływu na ilość i jakość produkowanej żywności i pasz. Utrzymująca się tendencja spadkowa w zużyciu nawozów wapniowych może doprowadzić do dalszej degradacji gleb pod względem odczynu.

Z uzyskanych danych z GUS w 2019 r. wynika, że zużycie nawozów wapniowych w porównaniu z 2010 r. wzrosło ponad dwukrotnie i wyniosło 1 mln 340 tys. ton (591 tys. ton w 2010 r.). Przyczyny tego stanu należy upatrywać we wprowadzonym w 2019 r. programie wapnowania gleb i związanym z nim dofinansowaniem w ramach pomocy *de minimis*. Jednak, biorąc pod uwagę wysoki stan zakwaszenia gleb w Polsce, powstały wzrost stosowania nawozów wapniowych jest ciągle niewystarczający.

Porównując zużycie nawozów mineralnych i wapniowych podanych przez GUS okazuje się, że poziom krajowego nawożenia mineralnego przewyższał poziom zużycia nawozów wapniowych ponad 1,3-krotnie. Jednak w niektórych województwach był kilkakrotnie wyższy. Najgorzej sytuacja ta przedstawiała się w województwach podkarpackim (6,8), świętokrzyskim (4,3), tylko nieco lepiej w lubuskim (2,8), małopolskim (2,5) oraz podlaskim i śląskim (po 2,3). Biorąc pod uwagę stan zakwaszenia gleb w tych województwach, wysoki poziom nawożenia NPK dodatkowo wpływał na zakwaszenie tych gleb. Bardzo niskie zużycie nawozów wapniowych niekorzystnie wpływa na strukturę gleb, powodując ich zakwaszenie.

ZAPOTRZEBOWANIE NA WAPNO NAWOZOWE W KRAJU

Na podstawie danych GUS określono zapotrzebowanie na nawozy wapniowe na grunty orne, których powierzchnia wynosiła w 2017 r. 14,5 mln ha. Z tej powierzchni, na podstawie bazy danych odczynu gleb i procentowego udziału kategorii agrotechnicznych w poszczególnych województwach wydzielono powierzchnie gruntów ornych wymagających wapnowania (tab. 3) i ilość nawozów wapniowych, jaką należy zastosować, aby uregulować odczyn gleb w kraju (tab. 4). Oszacowane wartości w 2017 r. w ostatnich latach nie uległy istotnym zmianom, dlatego mogą nadal stanowić podstawę do określenia zapotrzebowania na nawozy wapniowe.

Tabela 3

Powierzchnia gleb gruntów ornych wymagająca wapnowania [w tys. ha]

Kategoria gleby	Odczyn pH_{KCl}					Razem
	<4,5	4,5-5,1	5,2- 5,6	5,7-6,1	6,2-6,6	
B. lekkie	932,3	329,0	-	-	-	1261,3
Lekkie	2019,3	1292,2	874,4	-	-	4185,9
Średnie	873,1	727,9	580,7	597,8	-	2779,5
Ciężkie	285,8	242,9	210,4	212,2	216,3	1167,6
Razem	4110,5	2592,0	1665,5	810,0	216,3	9394,3

Źródło: Ochal [2017]

Jak wynika z tabeli 3 aż 5447,3 tys. ha gleb bardzo lekkich i lekkich, 2779,5 tys. średnich i 1167,6 tys. wymaga wapnowania. Łącznie 9394, 0 tys. ha gleb potrzebuje wapnowania.

Tabela 4

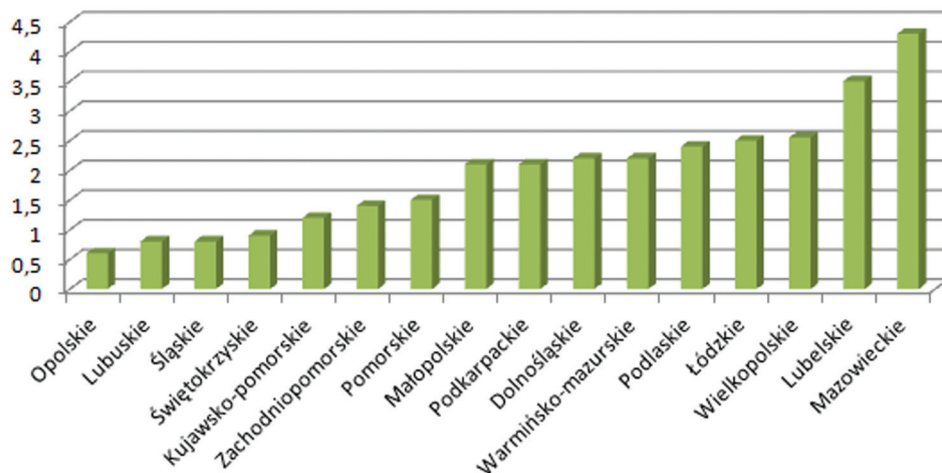
Zapotrzebowanie na wapno nawozowe w tonach dla gleb gruntów ornych w zależności od odczynu i kategorii agronomicznej gleby [tys. t]

Kategoria gleby	Odczyn pH_{KCl}					Razem
	<4,5	4,5-5,1	5,2- 5,6	5,7-6,1	6,2-6,6	
B. lekkie	1864,6	246,7	-	-	-	2111,3
Lekkie	10096,6	4109,4	787,0	-	-	14993,0
Średnie	5238,7	3348,3	1393,7	478,2	-	10458,9
Ciężkie	1715,1	1287,1	378,7	29,7	21,6	3432,2
Razem	18915,0	8991,5	2559,4	507,9	21,6	30995,4

Źródło: Ochal [2017]

Jak wynika z tabeli 4, oszacowane zapotrzebowanie na nawozy wapniowe wynosiło ok. 30,9 mln ton w skali kraju. Zapotrzebowanie to było jednak zróżnicowane w zależności od województwa i wahało się w granicach od 0,6 mln ton w województwie opolskim do 4,3 mln ton w województwie mazowieckim przy założeniu, że gleby należy doprowadzić do optymalnej wartości pH_{KCl} dla danej kategorii agronomicznej gleby (rys 3).

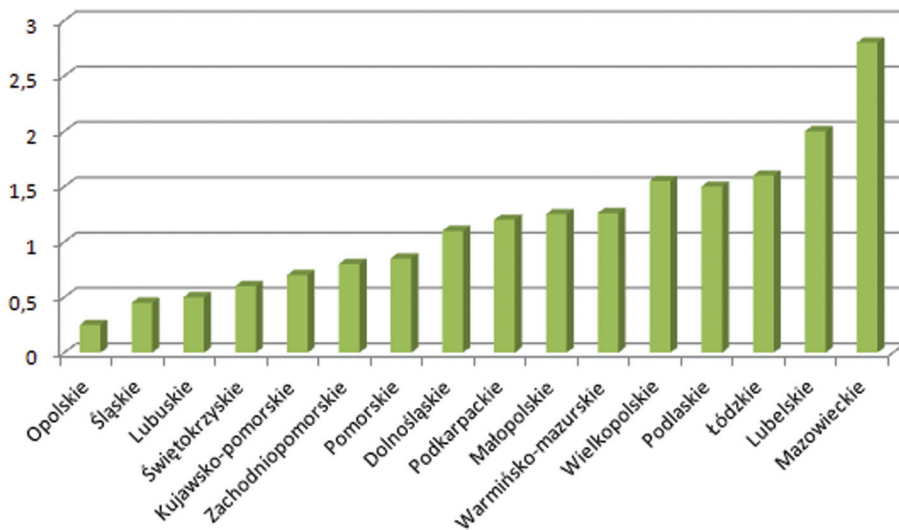
mln t CaO



Rys. 2. Zapotrzebowanie na wapno w województwach (mln ton) (wariant optymalny)

Źródło: Ochal [2017]

mln t CaO



Rys. 3. Zapotrzebowanie na wapno nawozowe w województwach w mln ton (wariant minimalny)

Źródło: Ochal [2017]

Za bezpieczną wartość, która ogranicza nadmierne rozpuszczanie się soli metali ciężkich w glebie, uznaje się wartość pH_{KCl} 5,1. Dlatego oszacowano zapotrzebowanie

na wapno w skali kraju i województw przy założeniu, że gleby należy zwapnować do bezpiecznej granicy pH 5,1. W związku z tym kryterium trzeba zastosować ponad 18,5 mln ton CaO dla kraju (tab. 5). Natomiast dla województw zapotrzebowanie na CaO waha się w granicach od 0,3 w województwie opolskim do 2,8 mln ton w mazowieckim (rys. 2).

Tabela 5

Zapotrzebowanie na wapno w celu regulacji odczynu gleb do pH 5,1 [w tys. t]

Kategoria gleby	Odczyn pH _{KCl}					Razem
	< 4,5	4,5-5,1	5,2- 5,6	5,7-6,1	6,2-6,6	
B. lekkie	1864,6	246,7	-	-	-	2111,3
Lekkie	8077,2	2054,7	-	-	-	10131,9
Średnie	2619,3	1674,1	-	-	-	4293,4
Ciężkie	1286,3	643,6	--	-	-	1929,9
Razem	13847,4	4619,1	-	-	-	18466,5

Źródło: Ochal [2017]

Zakwaszenie gleb powoduje szereg ujemnych skutków dla środowiska. Na glebach kwaśnych spada efektywność wykorzystania azotu i fosforu, zwiększają się natomiast gazowe straty azotu, mobilność glinu i innych metali w glebie. Wskutek ograniczonego wykorzystania przez rośliny makroelementów i przemieszczania metali ciężkich następuje pogorszenie jakości wód powierzchniowych.



Zbiornik wodny zanieczyszczony fosforanami z pól uprawnych (fot. pixabay darmowe)

WPLYW WAPNOWANIA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE

WPLYW 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 zabiegu. Natomiast dawki małe, do 0,5 t CaCO_3 na 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 obejmuje także głębsze warstwy profilu.

Szybkość reakcji pomiędzy glebą a nawozami wapniowymi zależy od:

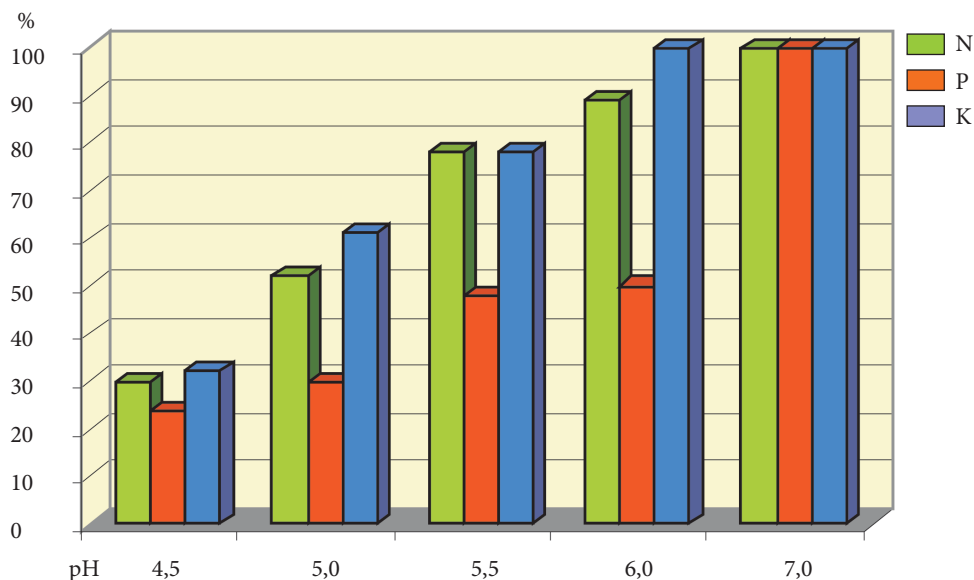
- stopnia wymieszania nawozu z glebą;
- wilgotności gleby (w wilgotnej glebie szybkość reakcji jest większa);
- rodzaju nawozów wapniowych;
- stopnia rozdrobnienia nawozów.

WPLYW WAPNOWANIA NA PRZYSWAJALNOŚĆ SKŁADNIKÓW

Dla rozwoju roślin niezbędne są takie makroelementy jak: azot, fosfor, potas, wapń, magnez, siarka, żelazo i mikroelementy: 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.

W glebach kwaśnych następuje obniżenie wartości pH roztworu glebowego i właściwości sorpcyjnych gleb. Dochodzi do zwiększenia wymywania składników pokarmowych dla roślin oraz mikroorganizmów, głównie wapnia, magnezu i potasu, co prowadzi do niedoborów. W glebach kwaśnych zmniejsza się przyswajalność fosforu, molibdenu i boru, a zwiększa dostępność glinu i manganu. Postępujący proces zakwaszania się gleb może prowadzić do utraty różnorodności biologicznej m.in. ze względu na zmianę sposobu użytkowania gruntów. Utrzymywanie się w glebach bardzo kwaśnego odczynu prowadzi do coraz szybszego pogłębiania degradacji gleb, minimalizacji produkcji rolniczej oraz niekorzystnego oddziaływania na środowisko. Należy pamiętać, że odczyn gleby jest jednym z podstawowych wskaźników pozwalających ocenić jakość gleby. Odczyn gleby, zmniejszając się poniżej wartości opty-

malnej dla danego pierwiastka, prowadzi do szybkiego spadku jego efektywności plonotwórczej. Z trzech podstawowych składników mineralnych (N, P, K), najsilniej na zakwaszenie gleby reaguje fosfor (rys. 5). Dlatego pośrednim celem regulacji odczynu gleby jest sterowanie procesami geochemicznymi i mikrobiologicznymi w taki sposób, aby zwiększyć rozpuszczalność, a tym samym przyswajalność i dostępność składników mineralnych.



Rys 4. Względna efektywność plonotwórcza NPK w zależności od odczynu gleby

Źródło: Grzebisz i in. [2013]

WPLYW WAPNOWANIA NA POBIERANIE AZOTU

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 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.

Azot podlega w glebie naturalnym przemianom, które mogą być znacząco modyfikowane przez odczyn gleby. W procesie przemiany azotu jako związki przejściowe powstają gazowe formy azotu NO, N₂O, które prowadzą do strat składnika z pól uprawnych. W procesie nityfikacji uwalniany jest głównie N₂O, zaś w wieloetapowym procesie denityfikacji, czyli redukcji azotanów do azotu cząsteczkowego N₂

(denitryfikacja całkowita) uwalniane są duże ilości N_2O oraz NO . W naturalnych warunkach gleby kwaśne zawierają na ogół małe ilości azotu azotanowego stanowiącego substrat denitryfikacji. Jeśli gleby uprawiane rolniczo są kwaśne, a mimo wszystko stosuje się na nich nawożenie azotem, to w procesie denitryfikacji do atmosfery są emitowane tlenki azotu. W glebach kwaśnych o pH poniżej 5,8-6,0 przeważa emisja N_2O nad emisją N_2 . Podtlenek azotu jest jednym z głównych gazów cieplarnianych. Zarówno NO , jak i N_2O działają niekorzystnie na środowisko, przyczyniając się do niszczenia warstwy ozonowej atmosfery. Ponadto, przedostawanie się do atmosfery NO z nawożonych pól prowadzi do powstawania kwaśnych deszczy. Pośrednio przyczyniają się one do eutrofizacji wód, gdyż wraz z ich opadem wody powierzchniowe zostają dodatkowo wzbogacone w azot.

Rolnictwo w Polsce jest głównym źródłem emisji amoniaku do atmosfery. Emisja tego gazu w 2015 r. wyniosła ogółem ponad 265 tys. ton na rok. Udział rolnictwa stanowił aż 98%, z czego 31% związane było ze stosowaniem mineralnych nawozów azotowych. Dlatego wprowadzona dyrektywa 2016/2284 w zakresie kontroli emisji amoniaku nakłada na rolnictwo obowiązek ograniczenia emisji związanej ze stosowaniem nawozów mineralnych.

Tabela 5

Współczynnik emisji amoniaku (EF) z mineralnych nawozów azotowych zalecany do stosowania w inwentaryzacjach emisji

Nawozy	EF (% zużytego nawozu)	
	pH gleby <7	pH gleby >7
Saletra amonowa	1,6	3,3
Fosforan amonu	5,2	9,4
Siarczan amonu	9,2	17,0
Saletra wapniową	0,8	1,7
RSM	10,0	9,7
Mocznik	15,9	16,8
Nawozy wieloskładnikowe (NPK)	6,7	9,4

Źródło: EMEP/EEA [2016]

W konsekwencji wielorakiego oddziaływania wapnowania na właściwości gleby zwiększa się zarówno jej potencjał produkcyjny, a jednocześnie zmniejsza się ujemne oddziaływanie na środowisko. Wzrost odczynu gleby do wartości optymalnych dla gleb użytkowanych rolniczo, a więc o pH od 5,6 do 7,2 spowoduje zwiększenie sekwestracji CO_2 oraz zmniejszenie strat azotu do ekosystemów przyległych do pól (woda, powietrze).

WPLYW WAPNOWANIA NA POBIERANIE FOSFORU

Fosfor w glebie występuje głównie w postaci fosforanów żelaza, glinu, wapnia magnezu oraz częściowo w związkach organicznych. Fosforan żelaza i glinu w odczynie kwaśnym są prawie nierozpuszczalne. Zakres najsłabszej ich rozpuszczalności jest w granicach pH 3-4. Podwyższenie pH powoduje stopniowe uruchomienie przyswajalnego fosforu, a tym samym zwiększenie jego wykorzystania z nawozów i 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%.

Przeprowadzone w IUNG-PIB badania wykazały zależność między odczynem gleby, a zawartością w niej przyswajalnych form fosforu. Gleby bardzo kwaśne (ponad 50% próbek), a gleby kwaśne (ponad 40%) wykazały bardzo niską i niską zawartość przyswajalnego fosforu. W glebach o odczynie obojętnym i zasadowym udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości fosforu nie przekraczał 13%. Próbkę gleb o uregulowanym odczynie w ponad 50% przypadków cechowały się bardzo wysoką zawartością fosforu. Na glebach kwaśnych o pH poniżej 5,5 fosfor łączył się z żelazem, glinem i manganem, tworząc związki nierozpuszczalne w wodzie i stawał się nieprzyswajalny dla roślin. Zwiększenie odczynu gleby ułatwia pobieranie fosforu przez rośliny i dzięki temu ogranicza jego przenikanie do innych ekosystemów, a zwłaszcza do środowiska wodnego, wrażliwego na eutrofizację.

Tabela 6

Stan zasobności w fosfor gleb zaliczanych do różnych przedziałów odczynu [%]

Odczyn	Udział próbek gleby zaliczonych do klas zawartości fosforu					Ogółem
	b. niska	niska	średnia	wysoka	b. wysoka	
B. kwaśny	17,8	34,7	27,2	12,8	7,5	20,2
Kwaśny	11,7	31,3	29,8	15,7	11,5	29,4
L. kwaśny	4,6	19,2	27,0	21,2	28,0	28,0
Obojętny	2,3	10,1	19,0	19,9	48,6	14,7
Zasadowy	3,5	9,1	17,2	19,2	50,9	7,7
Ogółem	8,9	23,8	25,9	17,6	23,8	100,0

Źródło: Ochal [2011]

WPLYW 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 zapo-

trzebowania roślin na potas powoduje znaczący wzrost pobierania tego składnika. Nadmiar potasu jest szczególnie niekorzystny w odniesieniu do roślin pastewnych, a zwłaszcza 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

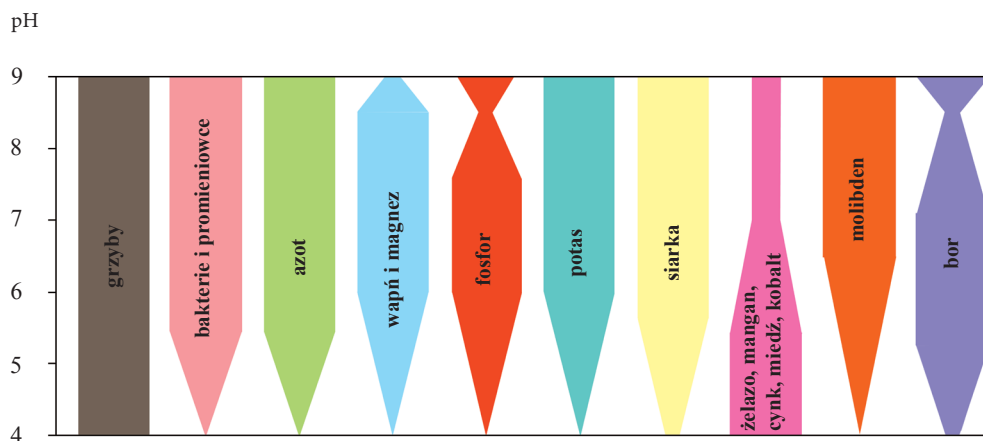
Na glebach kwaśnych magnez najczęściej występuje w formie niedostępnej dla roślin. Na ogół, dzięki racjonalnemu stosowaniu nawozów wapniowych zawierających magnez polepsza się jego pobieranie przez rośliny.

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 wapnia powodują niekorzystne poszerzenie tego stosunku i dlatego powinny być stosowane w postaci wapna magnezowego.

WPŁYW WAPNOWANIA NA POBIERANIE MIKROELEMENTÓW

Molibden spełnia bardzo ważne funkcje fizjologiczne w roślinach, a szczególnie w bobowatych. 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 do gleby. Można je jednak usunąć poprzez zastosowanie tych mikroelementów w stosunkowo małych dawkach.



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

Źródło: Buckman i Bradi [1971]

WPŁYW WAPNOWANIA NA TOKSYCZNOŚĆ METALI CIĘŻKICH

Zakwaszenie gleb wpływa na zwiększenie aktywności metali ciężkich w glebie, dlatego mogą być łatwiej pobierane przez rośliny uprawne. Znaczne nagromadzenie metali ciężkich może działać toksycznie na rośliny, a nawet powodować obniżenie jakości plonów. Najczęściej objawy toksyczności powoduje glin. Najwcześniej na toksyczność glinu reagują korzenie, co prowadzi do zahamowania wzrostu roślin. Glin wpływa na zastąpienie w korzeniach roślin kationów zasadowych, głównie wapnia (Ca^{2+}) przez kationy glinu (Al^{3+}). Zaburzenie wzrostu systemu korzeniowego w głąb profilu glebowego ogranicza możliwość pobierania przez roślinę wody i zawartych w niej ruchliwych składników mineralnych tj. azotanów, redukuje pobieranie składników mało ruchliwych z gleby tj. fosforu i potasu, które wpływają na wykorzystanie przez roślinę pobranego azotu.

Konsekwencją niskiego odczynu gleb zanieczyszczonych metalami jest przedstawianie się zanieczyszczeń do wód gruntowych, nadmierne pobieranie przez rośliny czy ograniczenie aktywności mikrobiologicznej gleb wskutek toksycznego działania tych metali.

Uruchamianie jonów metali ciężkich dla roślin w glebach zależy od odczynu. Odczyn silnie kwaśny uruchamia jony m.in. glinu i manganu, a ich wysokie stężenie wpływa niekorzystnie na system korzeniowy roślin, powodując m.in. zamieranie włóśników. Ponadto metale ciężkie, oprócz toksycznych skutków dla roślin i drobnoustrojów glebowych są akumulowane w roślinach i pogarszają ich jakość. Na obszarach rolniczych szczególne znaczenie ma kadm, który jest wprowadzany do gleb razem z nawozami fosforowymi, np. superfosfatem.

Nadmierna koncentracja metali w produktach roślinnych zwiększa ryzyko zatrucia u ludzi i zwierząt. Kwaśny odczyn gleb sprzyja również przedostawaniu się metali ciężkich do wód gruntowych. Problem silnego zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi występuje głównie na obszarach przemysłowych.

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. 7).

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 bobowatych).

Tabela 7

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: na podstawie Kołzan B. [2005]

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

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

WPLYW WAPNOWANIA NA FIZYCZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY

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.

WPLYW WAPNOWANIA NA CHEMICZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY

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.

Do usunięcia glinu wystarczają niewielkie dawki wapnia (1,2-2,5 t CaO na 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.

WPLYW NAWOZÓW MINERALNYCH NA ZAKWASZENIE GLEBY

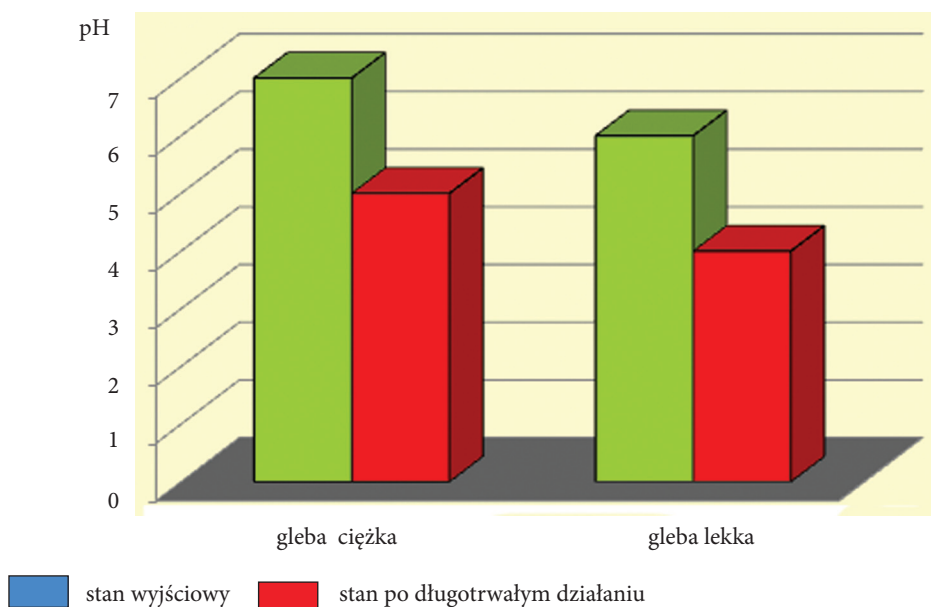
Zmiany odczynu gleby uwarunkowane są fizjologicznymi właściwościami nawozów. Następują one na skutek wybiórczego pobierania przez rośliny jonów podlegających hydrolizie lub dysocjacji nawozów.

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 zubożyć poprzez równoczesne zastosowanie węgla 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.

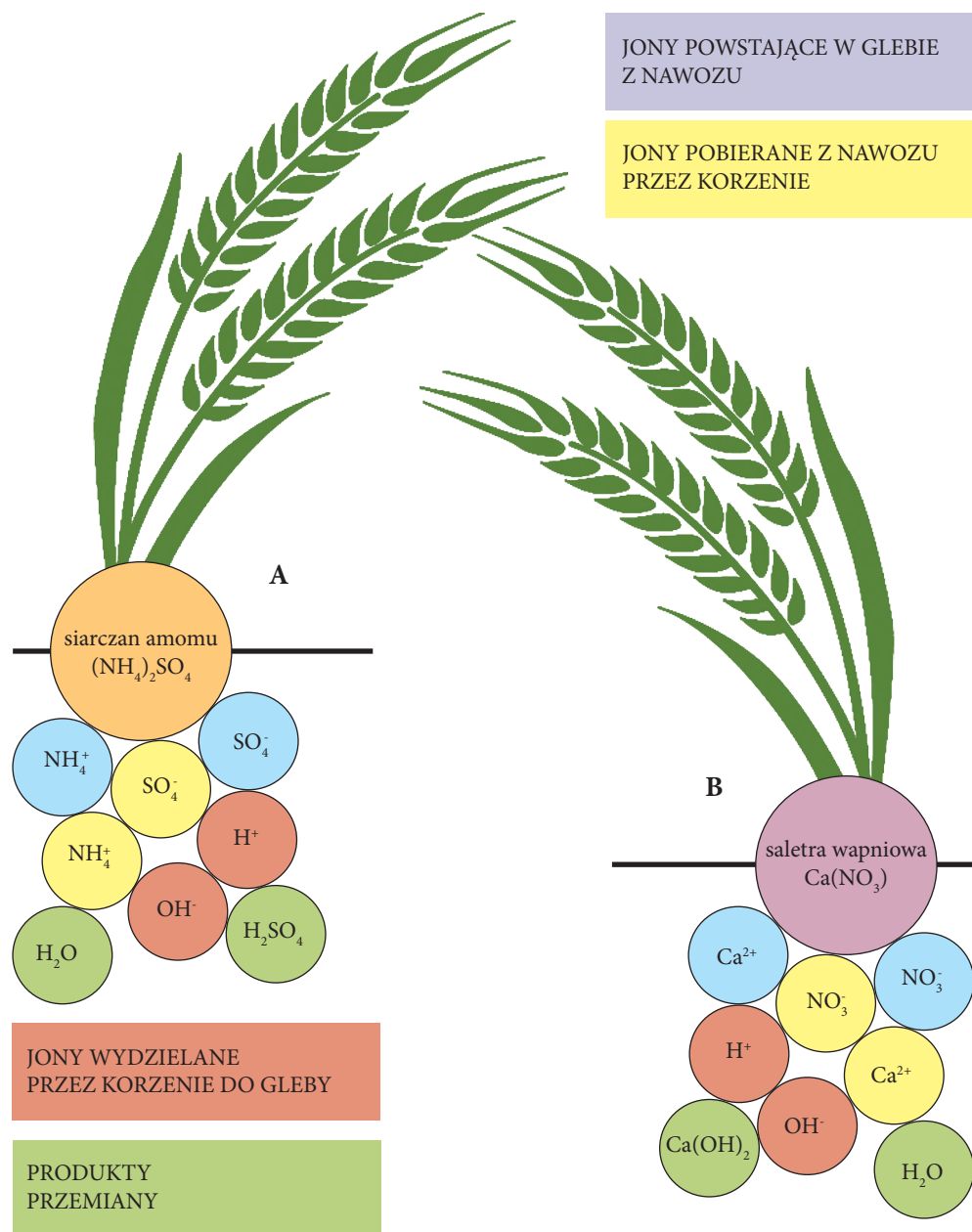
Niektóre nawozy mineralne mogą nie tylko zakwaszać glebę poprzez wprowadzenie do roztworu glebowego dodatkowej ilości jonów wodoru, ale także przez szybsze wypłukiwanie wapnia z warstwy ornej (rys. 7A).



Rys. 6. Wpływ długotrwałego stosowania siarczanu amonu na obniżenie pH gleby

Źródło: Grzebisz W. [2013]

Nawozy zasadowe także wpływają w pewnym stopniu na odczyn gleby. Nadają się one szczególnie do stosowania na glebach kwaśnych. Jednak nawozy te nie są w stanie istotnie zmienić odczynu gleby (rys. 7B).



Rys. 7. Działanie nawozu fizjologicznie kwaśnego (A) i zasadowego (B)

Wśród nawozów naturalnych największe znaczenie ma obornik. W wyniku stałego stosowania tego nawozu, potrzeby wapnowania oraz dawki wapna 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 nawozy te są rozkładane na prostsze, bardziej przyswajalne związki dla roślin.

WPLYW WAPNOWANIA NA DOSTĘPNOŚĆ SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH

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 zapotrzebowania na nawozy. Jednak trzeba na to spojrzeć z innej strony, gdyż jednocześnie ze wzrostem plonów następuje wyczerpywanie fosforu z gleby i jeśli nie zostanie to zrekomensowane 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.

EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA

Rośliny uprawiane na glebach kwaśnych nie tylko dają niższe plony, ale są również gorszej jakości. Ziemniaki 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.

Tabela 8

Reakcja roślin na zakwaszenie gleby

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

Źródło: Szczepaniak W. [2017]

Pod względem reakcji na wapnowanie rośliny uprawne można uszeregować następująco (tab. 8):

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


 kierunek spadku reakcji na wapnowanie

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:

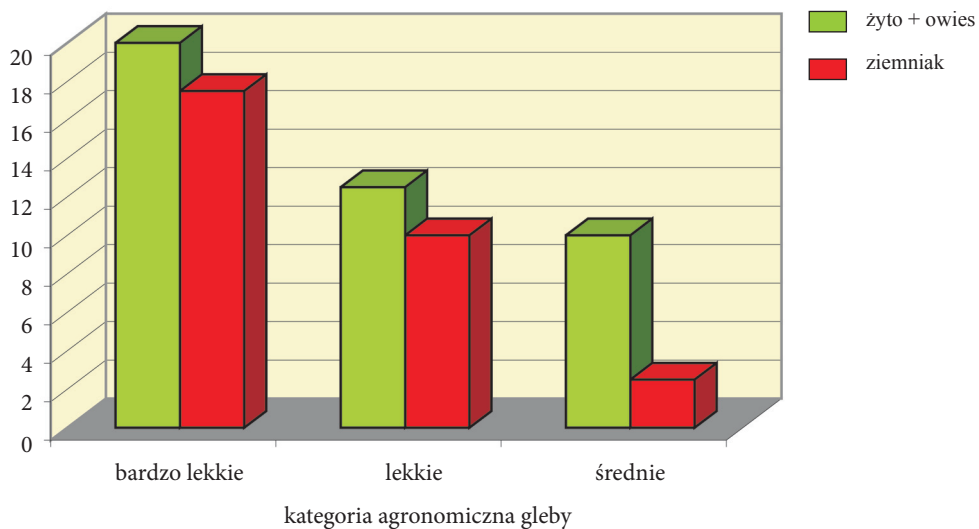
Bardzo silnie reagujące: (25% zwyżka plonu pod wpływem wapnowania)		
burak kukurydza	groch siewny	lucerna koniczyna
Silnie reagujące: (15% zwyżka plonu pod wpływem wapnowania)		
pszenica jęczmień	rzepak bobik	łubin biały łubin wąskolistny
Średnio reagujące: (7% zwyżka plonu pod wpływem wapnowania)		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

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań IUNG-PIB

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. 8-11).

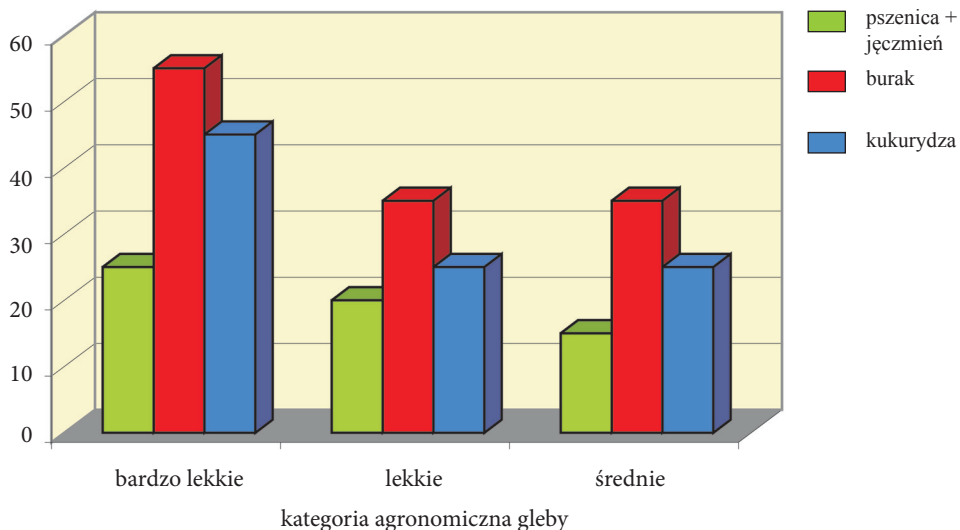
A: Rośliny mało wrażliwe na kwaśny odczyn gleby

Zwyżka plonu [%]



B: Rośliny wrażliwe na kwaśny odczyn gleby

Zwyżka plonu [%]

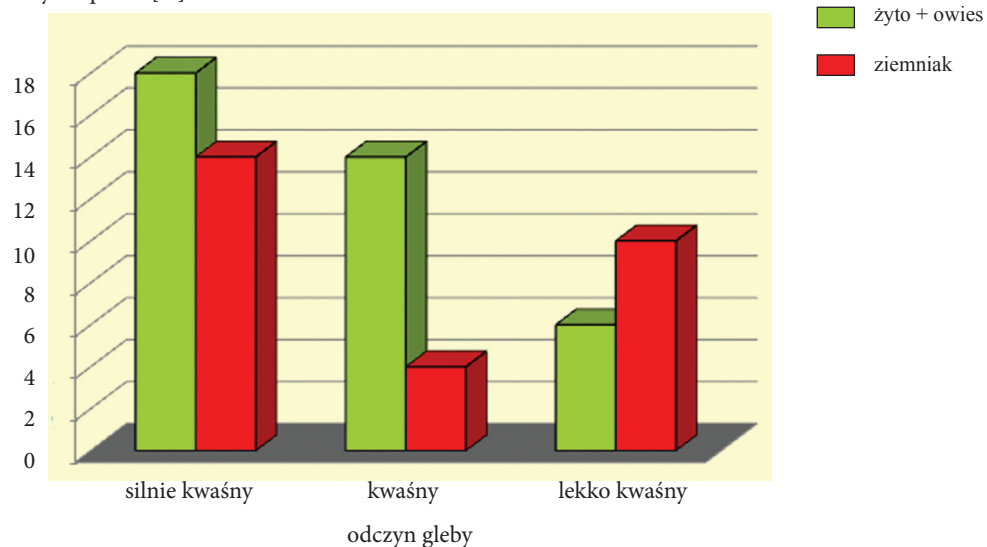


Rys. 8 Efektywność podstawowego zabiegu wapnowania w zależności od kategorii agronomicznej gleby

Źródło: Grzebisz W. [2013]

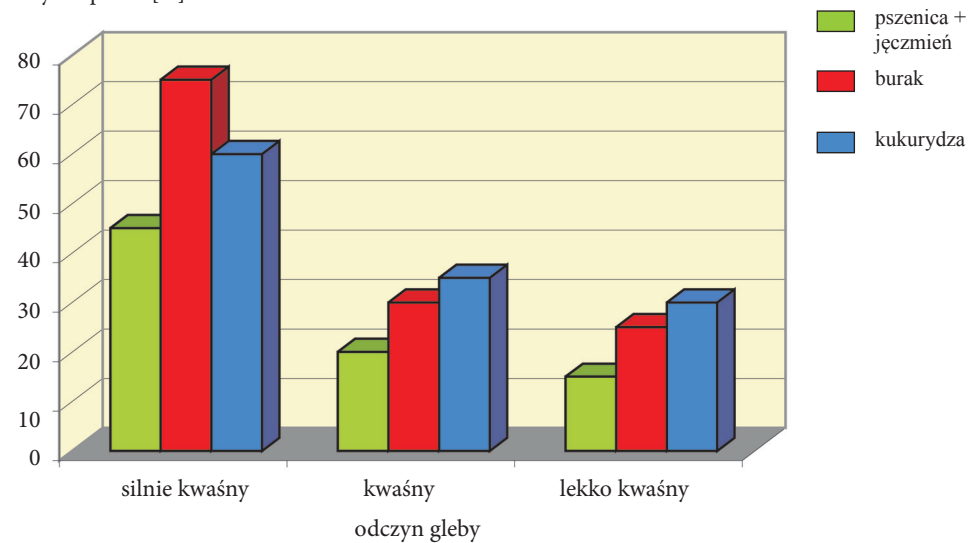
A: Rośliny mało wrażliwe na kwaśny odczyn gleby

Zwyżka plonu [%]



B: Rośliny wrażliwe na kwaśny odczyn gleby

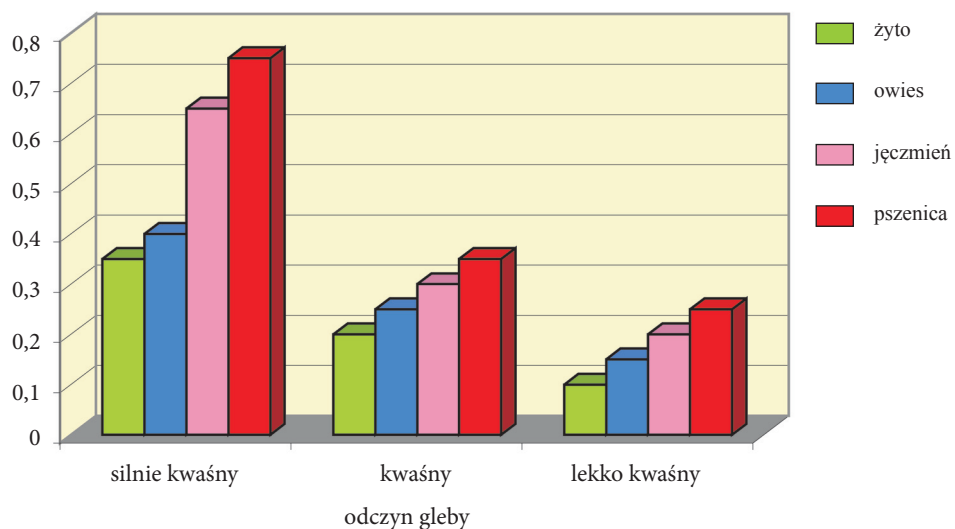
Zwyżka plonu [%]



Rys. 9. Efektywność podstawowego zabiegu wapnowania w zależności od odczynu gleby

Źródło: Grzebiś W. [2013]

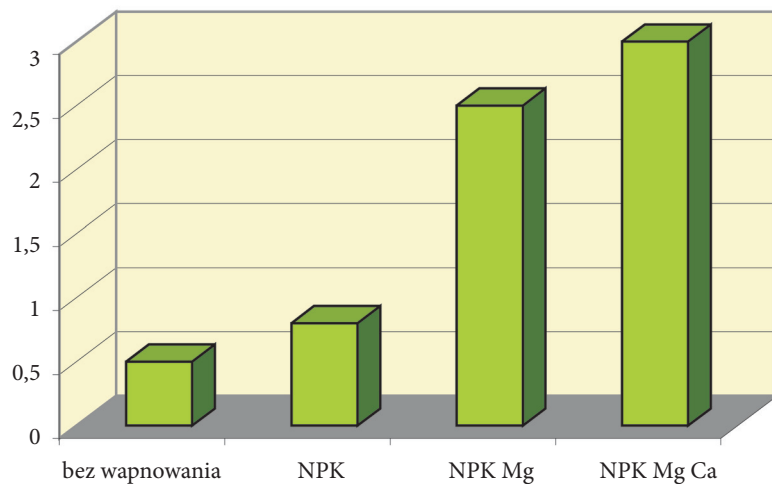
Zwyżka plonu [%]



Rys. 10. Zwyżka plonów zbóż pod wpływem wapnowania na glebach o różnym odczynie

Źródło: Grzebisz W. [2013]

plon [t/ha]



Rys. 11. Wpływ wapnowania i nawożenia magnezem na plonowanie żyta

Źródło: Grzebisz W. [2013]

SYMPTOMY WSKAZUJĄCE NA ZAKWASZENIE GLEB

Wapnować należy przede wszystkim gleby bardzo kwaśne i kwaśne, a zwłaszcza gleby lekkie. Podstawowym wskaźnikiem określającym potrzeby wapnowania jest odczyn gleby (w roztworze soli obojętnej – pH_{KCl}). Na tej podstawie można sądzić o kwasowości wymiennej oraz o zawartości glinu ruchomego i manganu. Celem wapnowania jest bowiem unieruchomienie tych składników. O potrzebach wapnowania może informować szereg oznak świadczących 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, czerwiec roczny, sporek polny, rzodkiew świrzepa, fiołek polny, szczaw polny) lub o charakterze zasadowym (lucerna nerkowata, miłek letni, ostróżeczka polna, podbiał pospolity, powój polny, maruna nadmorska bezwonna).



Chaber bławatek jako roślina wskaźnikowa gleb ubogich w wapń (fot. G. Hołubowicz-Kliza)

że rośliny te zasiedlają środowiska, w których do tej pory nigdy nie występowały, zatem nie mogą być miarodajnym wskaźnikiem do określania stanu kwasowości gleby. Nie mniej jednak rośliny te preferują bardziej kwaśny bądź zasadowy odczyn gleby.

STAN ROŚLIN UPRAWNYCH JAKO WSKAŹNIK KWASOWOŚCI

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.

INNE CZYNNIKI ŚWIADCZĄCE O 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 wzgórzu gleba jest kwaśniejsza. 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.



Położenie pola w terenie pagórkowatym (fot. G. Hołubowicz-Kliza)

WAPNOWANIE GLEB GRUNTÓW ORNYCH

W tym rozdziale zaprezentujemy nowe podejście do zasad wapnowania gleb w Polsce, opracowane na podstawie rozeznania właściwości gleby na podstawie przeprowadzonej analizy reprezentatywnej próbki. W celu określenia zaleceń w tym zakresie wymagane są następujące parametry: kategoria agronomiczna gleby oraz jej odczyn określony w 1 N KCl zgodnie z normą PN-ISO 10390:1997P „Jakość gleby. Oznaczanie pH”.

Wyróżniamy 4 kategorie agronomiczne gleby w zależności od zawartości tzw. części spławialnych, tj. cząstek o średnicy poniżej 0,02 mm. Pojęcie kategorii agronomicznej obejmuje różne grupy granulometryczne gleb (tab. 9). Skład granulometryczny w OSChR określany jest wg metody Prószyńskiego lub za pomocą miernika laserowego.

Tabela 9

Kategorie agronomiczne gleb

Kategoria gleb	Grupa granulometryczna	% frakcji < 0,02 mm
Bardzo lekkie	piasek luźny	0-10
	piasek luźny pylasty – plp	
	piasek słabo gliniasty – ps	
	piasek słabo gliniasty pylasty – psp	
Lekkie	piasek gliniasty lekki – pgl	11-20
	piasek gliniasty lekki pylasty – pglp	
	piasek gliniasty mocny – pgm	
	piasek gliniasty mocny pylasty – pgmp	
	pył piaszczysty – plp	
	pył zwykły – plz	
Średnie	glina lekka – gl	21 - 35
	glina lekka pylasta – glp	
	pył gliniasty – plg	
Ciężkie	glina średnia – gs	powyżej 35
	glina średnia pylasta – gsp	
	glina ciężka – gc	
	glina ciężka pylasta – gsp	
	pył ilasty – pli	
	ił – i	
	ił pylast – ip	

Źródło: Łabętowicz P. [2002]

Tabela 10

Ocena potrzeb wapnowania gleb mineralnych [gruntów ornych]

Klasa potrzeb wapnowania	Kategoria agronomiczna gleby (pH w 1 N KCl)			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
Konieczne	do 4,0	do 4,5	do 5,0	do 5,5
Potrzebne	4,1 – 4,5	4,6 – 5,0	5,1 – 5,5	5,6 – 6,0
Wskazane	4,6 – 5,0	5,1 – 5,5	5,6 – 6,0	6,1 – 6,5
Ograniczone	5,1 – 5,5	5,6 – 6,0	6,1 – 6,5	6,6 – 7,0
Zbędne	od 5,6	od 6,1	od 6,6	od 7,1

Źródło: Grzebisz W. [2008]

Tabela 11

Ocena potrzeb wapnowania gleb mineralnych [użytków zielonych]

Odczyn pH w 1 N KCl	Klasa potrzeb wapnowania			
	konieczne	potrzebne	wskazane	zbędne
	do 5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	od 6,1

Źródło Jadczyszyn T. [2021]

Tabela 12

Ocena potrzeb wapnowania gleb organicznych

Odczyn pH w 1 N KCl	Klasa potrzeb wapnowania			
	konieczne	potrzebne	wskazane	zbędne
	do 4,0	4,1-4,5	4,6-5,0	od 5,1

Źródło: Jadczyszyn T. [2021]

Dla gruntów ornych wyodrębniono 5 klas potrzeb wapnowania gleb gruntów ornych. Wartości graniczne dla poszczególnych klas zostały ustalone na podstawie wyników badań, uwzględniając przyrost plonu roślin uprawnych pod wpływem optymalnej dawki wapna. Zakresy pH, przy których uzyskiwano największe przyrosty plonów przyjęto jako potrzeby wapnowania konieczne, a wartości odczynu, przy których przyrosty plonów były najmniejsze – określono jako ograniczone potrzeby wapnowania. Wartość pH, przy której zastosowanie wapna nie powodowało wzrostu plonu przyjęto jako wartość krytyczną, czyli taką, gdzie wapnowanie określono jako zbędne.

Jeśli rolnik zna potrzebę wapnowania gleby na danym polu może określić zalecaną dawkę wapna nawozowego na podstawie tabeli 13.

Tabela 13

Zalecane dawki nawozów wapniowych na grunty orne

Kategoria agronomiczna gleby	Klasa potrzeb wapnowania (Dawki CaO w t na ha)				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
Bardzo lekka	3,0	2,0	1,0	-	-
Lekka	3,5	2,5	1,5	-	-
Średnia	4,5	3,0	1,7	1,0	-
Ciężka	6,0	3,0	2,0	1,0	-

Źródło: Grzebisz W. [2008]

W stosowanym do chwili obecnej systemie zaleceń różnica pomiędzy wielkością dawki wapna dla sąsiadujących klas potrzeb wapnowania była bardzo duża. W przypadku gruntów ornych na glebach bardzo lekkich i lekkich wynosiła 1,0 t CaO na ha pomiędzy wapnowaniem „koniecznym” a „potrzebnym”. Natomiast zalecana dawka dla wapnowania koniecznego i potrzebnego na glebach ciężkich różniła się aż o 3,0 t CaO na ha. Dlatego dla gleby ciężkiej o pH 5,5 zalecana dawka wapna wynosiła 6 t CaO na ha, a dla takiej samej gleby o pH równym 5,6 tylko 3 t CaO na ha. Zmiana odczynu o 0,1 jednostki pH powodowała zwiększenie lub zmniejszenie zalecanej dawki wapna, aż o 3,0 t na ha. Jednocześnie dla gleb należących do tej samej klasy potrzeb wapnowania, pomimo różnicy w wartości pH, nawet o 0,5 jednostki, zalecana była taka sama dawka wapna. Rolnicy i doradcy mieli w związku z tym trudności w stosowaniu tego systemu zaleceń. Uważano je za „dyskryminujące” w sytuacji, gdy na ich podstawie naliczana była dotacja do wapnowania wprowadzona na lata 2019-2023. Zgodnie z warunkami przyjętego programu dofinansowania udziela się na wapnowanie gleb o odczynie mniejszym lub równym pH 5,5 w gospodarstwach o powierzchni nieprzekraczającej 75 ha, co wynosi:

- do 300 zł na 1 t CaO lub CaO+MgO dla gospodarstw o powierzchni nieprzekraczającej 25 ha użytków rolnych;
- do 200 zł na 1 t CaO lub CaO+MgO dla gospodarstw o powierzchni powyżej 25 ha do 50 ha użytków rolnych;
- 100 zł na 1 t CaO lub CaO+MgO dla gospodarstw o powierzchni powyżej 50 ha do 75 ha użytków rolnych.

Rolnik może otrzymać dofinansowanie do zakupu takiej ilości wapna nawozowego, jaka wynika z zaleceń opracowanych przez OSChR na podstawie oznaczonej w próbkę gleby wartości pH. Zalecana dawka wapna nawozowego określana jest następująco:

Zgodnie z warunkami określonymi w „Ogólnopolskim programie regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie” gospodarstwo posiadające 25 ha gleb ciężkich o odczynie pH 5,5 lub niższym mogło otrzymać dotację w wysokości 45 tys. zł, gdyż wapnowanie takich gleb jest konieczne, a zalecana (w stare zalecenia) dawka wapna wynosi 6 t CaO na 1 ha, czyli: 6 t CaO na ha x 25 ha x 300 zł za tonę.

Jeżeli natomiast wartość pH gleby wynosiła 5,6 wówczas gospodarstwo nie otrzymywało dotacji.

Natomiast nowe zalecenia w zakresie wapnowania nie mają wpływu na realizację „Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie”, którego zasady zostały określone przed kilku laty.

Stały się one elementem internetowego systemu doradztwa nawozowego InterNaw, który zarówno dla rolników, jak i doradców będzie dostępny już w 2022 r.

Jeśli program refundacji wapnowania byłby kontynuowany w kolejnych latach będzie uwzględniał nowe zasady określania dawek wapna.

Obecnie stosowany system zaleceń nie rekomendował stosowania dawek wapna na tyle dużych, by zapewniały uzyskanie optymalnego odczynu gleby, a to z obawy przed tzw. „przewapnowaniem” polegającym na zaburzeniu stosunku jonów wapnia i magnezu w glebie, jej przesuszeniu itp. W systemie tym zalecano ponowne badanie odczynu gleby po upływie 4 lat od zastosowania wapna oraz ocenę potrzeb wapnowania.

W związku z powyższym w IUNG-PIB przygotowano nowe zalecenia w zakresie wapnowania gleb. W tym systemie wyeliminowano etap wyceny potrzeb wapnowania gleby, ponieważ klasy potrzeb wapnowania ustalono z uwzględnieniem gatunków roślin uprawianych na glebach określonej kategorii agronomicznej. Udział określonych gatunków roślin w zmianowaniu, w zależności od warunków glebowych, był i nadal pozostaje przyrodniczo uzasadniony. Jednak we współczesnym rolnictwie o doborze roślin w zmianowaniu decyduje popyt na rynku, a nie warunki przyrodnicze. Dlatego obliczanie dawek wapna w nowym systemie wapnowania opiera się wyłącznie na odczynie i kategorii agronomicznej gleby. Do określenia dawki wapna na gruntach ornych według nowego systemu zaleceń nowych posłużyły przeprowadzone w IUNG-PIB doświadczenia założone na glebach bardzo lekkich, lekkich, średnich i ciężkich, o zróżnicowanym odczynie.

W celu precyzyjnego doradztwa w zakresie wapnowania obliczono dawki wapna na gleby poszczególnych kategorii agronomicznych, różnicując początkową wartość odczynu (pH_w) z krokiem 0,1, i zakładając uzyskanie optymalnego dla danej kategorii poziomu pH_k. Jako optymalną wartość pH przyjęto górną granicę ograniczonych potrzeb wapnowania dla danej kategorii agronomicznej.

DAWKI WAPNA NA GRUNTY ORNE WEDŁUG NOWEGO SYSTEMU ZALECEŃ

W poniższych tabelach podano zalecane dawki wapna na grunty orne w zależności od wyjściowego pH gleby.

Na glebach bardzo lekkich (tab. 14) maksymalna dawka wapna wynosi 3,4 t CaO na ha i jest o 0,4 t na ha większa od zalecanej dotychczas w warunkach „koniecznych” potrzeb wapnowania.

Tabela 14

Zalecane dawki wapna nawozowego na glebach bardzo lekkich

pH _w gleby	Zalecana dawka CaO [t na ha]	dawka I	dawka II
5	0,2	0,2	-
4,9	0,5	0,5	-
4,8	0,8	0,8	-
4,7	1,0	1,0	-
4,6	1,3	1,3	-
4,5	1,6	1,6	-
4,4	1,8	1,8	-
4,3	2,0	2,0	-
4,2	2,2	2,2	-
4,1	2,4	2,4	-
4	2,8	2,8	-
3,9	3,1	3,1	-
3,8	3,4	3,4	-

Źródło Jadczyszyn T. [2021]

Na glebach lekkich (tab. 15) dawka wapna niezbędna do osiągnięcia optymalnego pH gleby może dochodzić do 6,5 t CaO na ha i jest o 3 t większa od maksymalnej dotychczas zalecanej, dlatego proponuje się podział dawek większych niż 3,5 t CaO na ha na dwie dawki: podstawową (I) i uzupełniającą (II).

Zalecana dawka wapna na gleby średnie (tab. 16) to 7,8 t CaO na ha przy skrajnie niskim pH wyjściowym (3,9). Zaleca się, aby dawka zastosowana jednorazowo nie przekraczała 5 t CaO na ha. Pozostałą ilość należy zastosować w drugiej dawce.

Na glebach ciężkich (tab. 17) do zoptymalizowania pH może być potrzebne wysianie nawet 10,8 t CaO na ha (przy pH wyjściowym 3,9). W tym przypadku należy zastosować do 6 t CaO na ha w dawce podstawowej, a resztę w drugiej dawce uzupełniającej. Dawka ta powinna być zastosowana w odstępie 2-4 lata po pierwszej.

Należy zauważyć, że zalecenia te uświadamiają rolnikom, że jednorazowy zabieg wapnowania nie rozwiązuje całkowicie problemu zakwaszenia gleby. Zastosowanie uzupełniającego wapnowania nie musi być poprzedzone analizą gleby.

Ten system pozwala rolnikowi na bardziej precyzyjne wapnowanie gleb niż w dotychczasowym systemie. Jeśli według obecnego systemu na glebie bardzo lekkiej, gdzie wapnowanie określono jako wskazane (pH od 4,6 do 5,0) zalecana dawka CaO wynosiła 1 t na ha. Tak obliczoną dawkę zalecano do zastosowania zarówno na glebach o pH 4,6, jak i o pH 5,0. W nowo opracowanym systemie w pierwszym przypadku dawka wapna wynosi 1,3 t CaO na ha, a w drugim 0,2 t CaO na ha. Dlatego nowy system naliczania dawek nawozów wapniowych pozwala na lepsze ich dostosowanie do rzeczywistych potrzeb danego pola.

Pozostałe zalecenia dotyczące terminów stosowania, jak i formy wapna nawozowego, pozostają niezmiennie.

Tabela 15

Zalecane dawki wapna nawozowego na glebach lekkich

pH _w gleby	Zalecana dawka CaO t ha ⁻¹	Podział dawki	
		dawka I	dawka II
5,5	0,2	0,2	-
5,4	0,5	0,5	-
5,3	0,9	0,9	-
5,2	1,2	1,2	-
5,1	1,5	1,5	-
5	1,8	1,8	-
4,9	2,1	2,1	-
4,8	2,3	2,3	-
4,7	2,6	2,6	-
4,6	2,9	2,9	-
4,5	3,1	3,1	-
4,4	3,4	3,4	-
4,3	4,5	3,5	1,0
4,2	4,7	3,5	1,2
4,1	5,5	3,5	2,0
4,0	5,9	3,5	2,4
3,9	6,3	3,5	2,8
3,8	6,5	3,5	3,0

Źródło Jadczyszyn T. [2021]

Tabela 16

Zalecane dawki wapna nawozowego na glebach średnich

pH _w gleby	Zalecana dawka CaO [t na ha]	Podział dawki	
		dawka I	dawka II
6,0	0,4	0,4	-
5,9	0,8	0,8	-
5,8	1,2	1,2	-
5,7	1,6	1,6	-
5,6	2,0	2,0	-
5,5	2,4	2,4	-
5,4	2,8	2,8	-
5,3	3,2	3,2	-
5,2	3,6	3,6	-
5,1	3,9	3,9	-
5,0	4,2	4,2	-
4,9	4,4	4,4	-
4,8	4,8	4,8	-
4,7	5,0	5,0	-
4,6	5,4	5,0	0,4
4,5	5,8	5,0	0,8
4,4	6,2	5,0	1,2
4,3	6,4	5,0	1,4
4,2	6,6	5,0	1,6
4,1	7,0	5,0	2,0
4,0	7,4	5,0	2,4
3,9	7,8	5,0	2,8

Źródło Jadczyszyn T. [2021]

Tabela 17

Zalecane dawki wapna nawozowego na glebach ciężkich

pH _w gleby	Zalecana dawka CaO t ha ⁻¹	Podział dawki	
		dawka I	dawka II
6,3	0,2	0,2	-
6,2	0,2	0,2	-
6,1	0,5	0,5	-
6,0	0,8	0,8	-
5,9	1,0	1,0	-
5,8	1,5	1,5	-
5,7	2,0	2,0	-
5,6	2,5	2,5	-
5,5	3,0	3,0	-
5,4	3,5	3,5	-
5,3	3,8	3,8	-
5,2	4,1	4,1	-
5,1	4,5	4,5	-
5,0	4,8	4,8	-
4,9	5,1	5,1	-
4,8	5,4	5,4	-
4,7	5,7	5,7	-
4,6	5,8	5,8	-
4,5	6,0	6,0	-
4,4	7,0	6,0	-
4,3	7,5	6,0	1,5
4,2	8,0	6,0	2,0
4,1	9,0	6,0	3,0
4,0	9,8	6,0	3,8
3,9	10,8	6,0	4,8

Źródło Jadczyszyn T. [2021]

AGROTECHNIKA WAPNOWANIA

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 ogniwa 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. **Pierwszy zabieg wapnowania gleb kwaśnych, 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. W kolejnym zabiegu wapnowania zaleca się mniejsze dawki wapna, z uwagi na wyższe wyjściowe pH gleby. Takie wapnowanie będziemy nazywali zachowawczym, gdyż ma ono na celu niedopuszczenie do ponownego obniżenia pH. W celu ustalenia poziomu i terminu wapnowania należy śledzić zmiany odczynu gleby poprzez wykonywanie oznaczeń w terenie.**

STOSOWANIE NAWOZÓW WAPNIOWYCH

Wszystkie nawozy wapniowe mogą wykazywać wysoką efektywność przy zobojetnieniu nadmiernej kwasowości gleby, ale pod warunkiem racjonalnie dokonanego wyboru gatunku wapna oraz umiejętnego zastosowania go.

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. 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. Na glebach lekkich, piaszczystych z powodzeniem może być stosowany margiel, gdyż dodatkowo wnosi się wraz z nim glinę, co przyczynia się do poprawy struktury gleb. Jednak polecany jest on do stosowania lokalnego, tam gdzie nie zachodzi konieczność transportowania go z dużych odległości.

**Wapno tlenkowe nie powinno być stosowane równocześnie
z nawozami zawierającymi azot w formie amonowej.**

Wapno tlenkowe powinno być stosowane 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 orną. 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 wysiewać 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 zbioru roślin do wykonania orki zimowej. Wapno rozsiane po ściernisku w czasie podorywki dostaje się do środka warstwy ornej, a zabiegi uprawowe związane z walką z chwastami, przyczyniają się w dość krótkim czasie do starannego wymieszania go z glebą. Po zbiorze roślin okopowych można również rozrzuć 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 w drugim roku.

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.

Gleby lekkie mają małą zdolność buforową, ponieważ są mało zasobne w drobne cząstki spławialne. Stosowanie więc większych dawek wapna, zmieniających bardzo wydatnie w kierunku zasadowym odczyn gleby, może wpływać ujemnie na rozwój 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 przy użyciu wapna węglanowego.

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 gruzelkowej przez większe nagromadzenie humianów wapnia jako lepszczą od-

pornego na rozmywające działanie wody. Przy planowaniu wapnowania w płodozmianie należy wziąć pod uwagę wymagania roślin w stosunku do odczynu gleby i czas przyorwania.

W płodozmianie szczególną uwagę należy zwrócić na wapnowanie wieloletnich roślin bobowatych (lucerny i koniczyny), uprawa których 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 zwykłego ziemniaka, 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 0,5 do 0,75 t CaO na 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 bobowate, 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 bobowatych, wymagania których 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.

MIEJSCE WAPNOWANIA W ZMIANOWANIU

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 dobo-rem 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 pola, przeznaczonego od pod uprawę roślin wymagających głębokiej orki, 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 głębokiej. 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 czy chłorozę 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.

W zmianowaniu norfolkskim:

okopowe – zboża jare – pastewne – zboża ozime

Z podwójnymi członami zmianowania:

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.

MIEJSCE WAPNOWANIA W SYSTEMIE ZABIEGÓW AGROTECHNICZNYCH

Wapnowanie najlepiej wykonać w systemie zabiegów późniejszych. 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. 18)

Miejsce wapnowania w systemie zabiegów agrotechnicznych

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

Źródło: Boguszewski W. [1980]

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 charakteryzują się zróżnicowaną wilgotnością (od 0% wody 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 wody, 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 (wapien i dolomit, pyły dymnicowe);
- nawozy o średnim uwilgotnieniu o zawartości wody w przedziale 2-10%, do których należą nawozy węglanowe produkowane na bazie przedkredowych naturalnych wapieni i dolomitów;
- nawozy o dużym uwilgotnieniu o zawartości wody 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 pylistych (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 uwilgotnieniu zawierają znacznie mniej części pylistych, a nawet jeśli zawartość jest duża to ich wilgotność skutecznie hamuje pylenie, natomiast nawozy te wykazują znaczną tendencję do zbrylania się, tym wyraźniejszą im wzrasta ich wilgotność;
- nawozy o dużym uwilgotnieniu – 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, np. Unia Helix, na rynku funkcjonują modele producentów UE (Bredal, Amazone, Fortchritt).

Rozsiewacze ślimakowe typu BREDAL przeznaczone są do rozsiewania nawozów pylistych jak i innych nawozów niezbrzylających 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 uwilgotnieniu (2-10% wody) 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 m³ w modelu K40 do 14,3 m³ w modelu K125, a dzięki możliwości regulacji prędkości obrotowej talerzy rozrzutowych szerokość rozrzutu może wynosić nawet do 36 m. 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 rozrzuutniki do obornika z pionowymi bębniami rozrzucającymi np. typu FORTSCHRITT.

KOSZT WAPNOWANIA

Na koszty wapnowania składają się nakłady poniesione na zakupu wapna, transport, pracę i ewentualne usługi. W celu oszacowania kosztów zabiegu wapnowania przyjęto założenia:

dawki wapna (CaO):

- wapno węglanowe (50% CaO) – 2,0 t CaO na ha;
- wapno tlenkowe (60% CaO) – 3,0 t CaO na ha;
- odległość nawożonego pola od gospodarstwa – do 1 km;
- załadunek wapna mechaniczny (ładowacz przyczepiany lub czołowy, współpracujący z ciągnikiem);
- przykładowy typ ciągnika – Ursus C-912 o mocy 55,2 kW.

Pracochłonność wykonania zabiegu rozsiewu wapna w zróżnicowanych dawkach na powierzchni 1 ha, z wykorzystaniem zestawu maszyn złożonych z przyczepianego rozsiewacza nawozów i wapna typu N-011 (o ładowności 2,5 t) i ciągnika Ursus C-912 oraz ładowacza, przyjęto na podstawie danych normatywnych.

W obliczeniach kosztu rozsiewu wapna przyjęto uproszczenie, polegające na uwzględnieniu jedynie kosztów zużytego paliwa i smarów, bez uwzględniania całkowitych kosztów jednostkowych eksploatacji agregatu maszynowego (ciągnika plus rozsiewacza nawozów). W obliczeniach nie uwzględniono również kosztów transportu wapna, gdyż koszty te zostały zawarte w cenach zakupionego wapna do wysiewu, a także kosztów pracy, przyjmując że rolnik wykonuje zabieg wapnowania samodzielnie i nie korzysta z usług zewnętrznych.

Dla wyżej wspomnianego ciągnika Ursus C-912 o mocy 55,2 kW zużycie paliwa na 1 godzinę pracy podczas rozsiewu wapna wyniesie 5,6 l na cnh (zużycie w lżejszych pracach polowych – dla warunków transportu polowego). Uwzględniając wyżej wymienione dane, normatywne zużycie paliwa (oleju napędowego) dla wariantu rozsiewu wapna tlenkowego w ilości 2,5 t na ha i węglanowego w ilości wyniesie:

$$0,6 \text{ cnh} \times 5,6 \text{ l na cnh} = 3,4 \text{ l dla wapna tlenkowego,}$$

$$0,5 \text{ cnh} \times 5,6 \text{ l na ha} = 2,8 \text{ l dla wapna węglanowego.}$$

Przyjmując cenę 1 l oleju napędowego w wysokości 5,80 zł/l oraz koszt olejów, których wartość wyniesie 4% wartości zużytego paliwa, wartość zużytego oleju napędowego dla zabiegu wysiewu wapna wyniesie:

$$3,4 \text{ l} \times 5,80 \text{ zł na l} \times 1,04 = 20,50 \text{ zł dla wapna tlenkowego,}$$

$$2,8 \text{ l} \times 5,80 \text{ zł na l} \times 1,04 = 16,90 \text{ zł dla wapna węglanowego.}$$

Przeciętna cena wapna tlenkowego o zawartości około 60% CaO wynosi ok. 220 zł za t i wapna węglanowego o zawartości 50% CaO wynosiła 210 zł za t (według danych w 2021 r. – Rynek Rolny). Natomiast wartość nawozu dla dawki w czystym składniku wynoszącej 1,5 t na ha przyjmie wartość:

2,5 t na ha x 220,00 zł za t = 550,00 zł na ha dla wapna tlenkowego,
 2,0 t na ha x 210,00 zł za t = 420,00 zł na ha dla wapna węglanowego.

Z kolei łączna wartość kosztów zabiegu rozsiewu wapna (kosztów zużycia paliwa i olejów) wraz z wartością zastosowanej dawki wapna w ilości 1,5 t/ha CaO wyniesie:

20,50 zł na ha + 550,00 zł na ha = 570,50 zł na ha dla wapna tlenkowego,
 16,90 zł na ha + 420,00 zł = 436,90 dla wapna węglanowego.

Posługując się analogicznymi obliczeniami, w tabeli poniżej przedstawiono wartość zużytego wapna oraz koszty jego aplikacji, jak również łączne koszty poniesione przez rolnika na zabieg wapnowania w przypadku pozostałych wariantów (tab. 19).

Tabela 19

Koszt aplikacji wapna w zależności od dawki i rodzaju nawozu wapniowego

Rodzaj nawozu wapniowego	Dawka CaO [t]	Dawka nawozu [t]	Nakłady pracy* [cnh]	Wartość nawozu [zł/ha]	Wartość zabiegu [zł/ha]	Wartość łączna [zł/ha]
Wapno węglanowe (50% CaO)	1,0	2,0	0,5	420,0	16,90	436,9
	2,0	4,0	1,0	1680,0	33,80	873,8
Wapno tlenkowe (60% CaO)	1,5	2,5	0,6	550,0	20,50	570,5
	3,0	5,0	1,2	1100,0	41,00	1141,0

* dla rozsiewacza wapna N-011 o ładowności 2,5 t i wydajności W07 = 1,0-1,7 ha na h z załadunkiem mechanicznym z wykorzystaniem ciągnika Ursus C-360, C-912 i rozsiewu w warunkach gleb średnich na polu o powierzchni 1 ha
 Źródło: Ochal P. [2017]

Z uwagi na fakt, że zabieg wapnowania nie jest wykonywany corocznie, a zgodnie z zaleceniami powinien być wykonywany co 4-6 lat, to wartość nakładów poniesionych na wapnowanie w ujęciu rocznym obciążających uprawę danej rośliny zestawiono w tabeli 20.

Tabela 20

Koszt wapnowania w ujęciu rocznym

Rodzaj nawozu wapniowego	Dawka CaO [t]	Wartość łączna [zł/ha]	Wartość łączna na rok* [zł/ha]
Wapno węglanowe (50% CaO)	1,0	436,9	109,2
	2,0	873,8	218,5
Wapno tlenkowe (60% CaO)	1,5	570,5	142,6
	3,0	1141,0	285,2

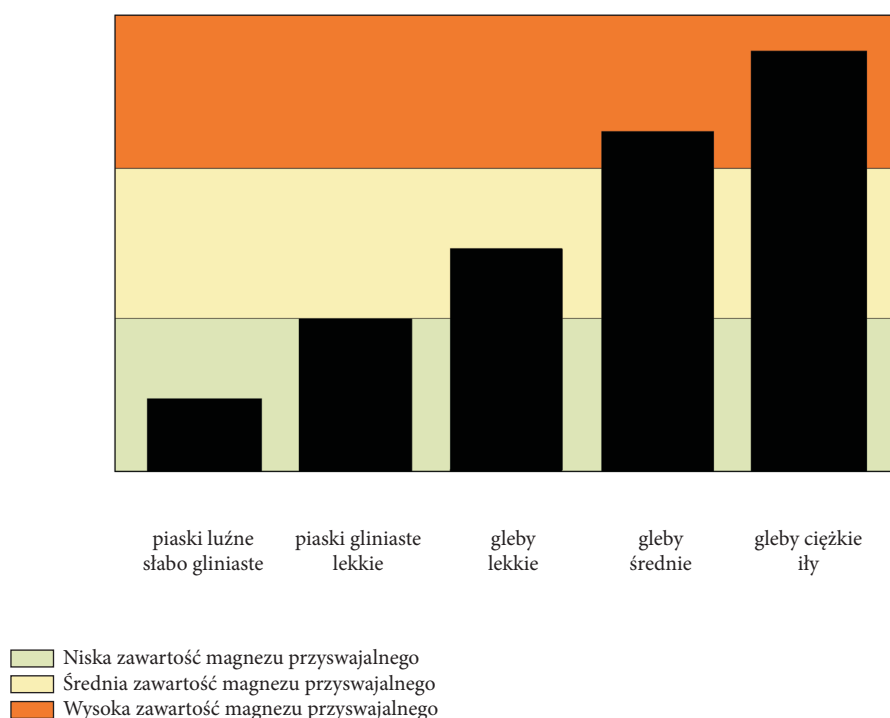
* koszt wapnowania rozliczono na okres 4-letni
 Źródło: Ochal P. [2017]

WAPNOWANIE GLEBY A POTRZEBA NAWOŻENIA MAGNEZEM

ZAWARTOŚĆ MAGNEZU W GLEBIE

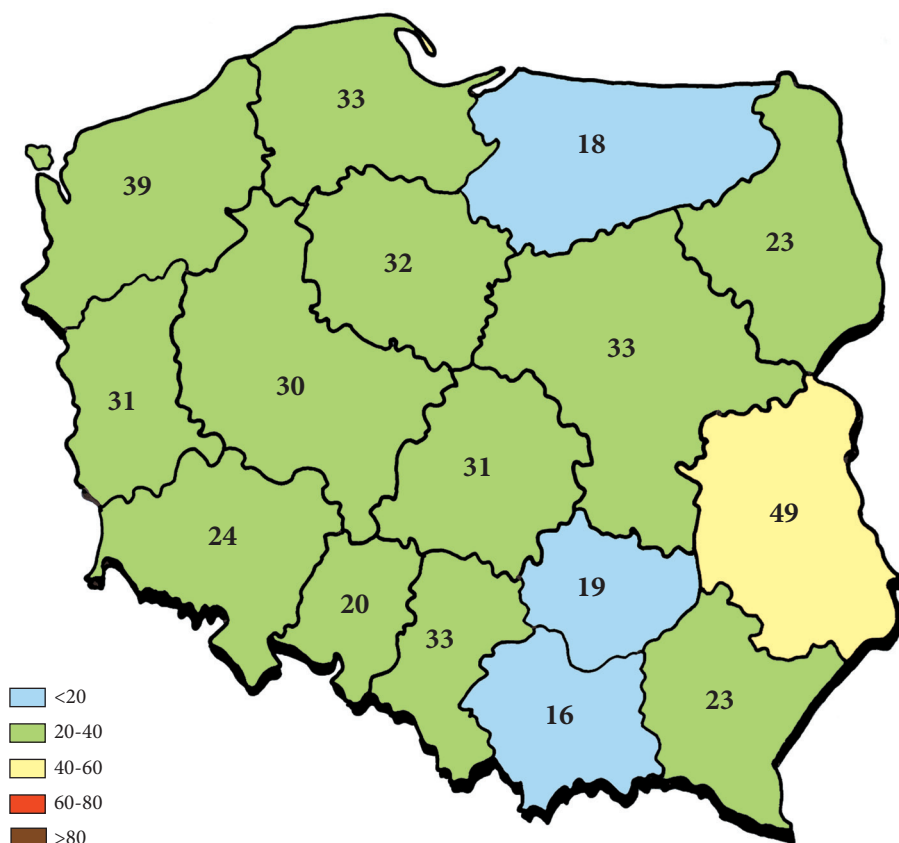
Zawartość przyswajalnego magnezu w glebie oznacza się laboratoryjnie. Potrzeby nawożenia magnezem zależą od trzech zasadniczych wskaźników:

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



Rys. 12. Zawartość przyswajalnego magnezu w różnych glebach

Źródło: Grzebisz W. [2008]



gleby o bardzo niskiej i niskiej zawartości magnezu (%)

Rys. 13. Udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zasobności w magnez przyswajalny (2010-2013)

Źródło: GUS [2015]

Tabela 21

Wycena zawartości magnezu w glebie

Kategoria agronomiczna gleby	Klasa zawartości magnezu (w mg Mg na 100 g gleby)				
	b. niska	niska	średnia	wysoka	b. wysoka
Bardzo lekkie	do 1,0	1,1-2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	od 6,1
Lekkie	do 2,0	2,1-3,0	3,1-5,0	5,1-7,0	od 7,1
Średnie	do 3,0	3,1-5,0	5,1-7,0	7,1-9,0	od 9,1
Ciężkie	do 4,0	4,1-6,0	6,1-10,0	10,1-14,0	od 14,1

Źródło: Fotyma M. [1988]

Tabela 22

Ocena punktowa niedoboru magnezu na roślinach

Liczba w skali 9° 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

Źródło: Grzebisz W. [2008]

Przedziały potrzeb nawożenia magnezem określa się na podstawie:

- odczyn gleby;
- zawartości przyswajalnego magnezu w glebie;
- kategorii agronomicznej gleby;
- lub na podstawie objawów niedoboru magnezu na roślinach.

Tabela 23

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

Źródło: Grzebisz W. [2008]

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. 24).

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. 24). 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 na ha, na glebach cięższych 80-120 kg MgO na ha.

Tabela 24

Optymalne dawki nawozów wapniowo-magnezowych w t/ha CaO + MgO^{1/}

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

^{1/} o stosunku Ca:Mg jak 3-2:1

Źródło: Grzebisz W. [2008]

TYPY WAPNA NAWOZOWEGO

Typy wapna nawozowego niezawierającego magnezu

Typ	Odmiana	Składniki podstawowe i sposób otrzymywania	Minimalna zawartość 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	
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 ¹⁾
	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 ²⁾ lub 3 ³⁾ ; zawartość siarczków, %, najwyżej 1,5 ⁴⁾
	08	Węglan wapnia. Wapno defekacyjne, wapno posodowe odsączone, wapno pocelulozowe wilgotne, wapno poneutralizacyjne	25	Zawartość wody, %, najwyżej 40; zawartość chlorków, %, najwyżej 3 ³⁾ lub 3,5 ²⁾
	09	Węglan wapnia. Wapno defekacyjne mokre, wapno posodowe mokre	20	Zawartość wody, %, najwyżej 50

Źródło: dane Ministra Gospodarki i Pracy, 2004

Typy wapna nawozowego niezawierającego magnezu

Typ	Odmiana	Składniki podstawowe i sposób otrzymywania	Minimalna zawartość CaO %	Inne wymagania
Pochodzenia naturalnego kopalina	06a	Węglan wapnia, wapno kredowe suche	35	Zawartość wody, %, najwyżej 10
	07a	Węglan wapnia, wapno kredowe podsuszane	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

Objaśnienia do tabeli:

^{1/} tylko dla wapna posodowego suchego.

^{2/} tylko dla wapna pocelulozowego.

^{3/} tylko dla wapna posodowego podsuszonego, wapna posodowego odsączonego i wapna posodowego mokrego.

^{4/} tylko dla wapna pocelulozowego i posiarkowego.

Źródło: dane Ministra Gospodarki i Pracy, 2004



Wysiew nawozu wapniowego (fot. pixabay darmowe)

Typy wapna nawozowego zawierającego magnez

Typ	Odmiana	Składniki podstawowe i sposób otrzymywania	Minimalna zawartość składników nawozowych		Inne wymagania
			CaO + MgO [%]	w tym MgO [%]	
Tlenkowe	01	Tlenek wapnia i tlenek magnezu oraz węglan wapnia i węglan magnezu. Prażenie, mielenie, odsiewanie skał wapniowo-magnezowych	75	25	Odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych: 2 mm, %, najwyżej 25
	02	Tlenek wapnia i tlenek magnezu oraz węglan wapnia i węglan magnezu. Prażenie, mielenie, odsiewanie skał wapniowo-magnezowych	60	20	Odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych: 2 mm, %, najwyżej 25
Węglanowe	03	Węglan wapnia i węglan magnezu lub węglan wapnia, węglan magnezu, tlenek wapnia i tlenek magnezu. Mielenie, odsiewanie skał wapniowo-magnezowych lub mieszanie skał wapniowo-magnezowych z prażonymi skałami wapniowo-magnezowymi	50	15	Zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej 50
	04	Węglan wapnia i węglan magnezu lub węglan wapnia, węglan magnezu i tlenek wapnia. Mielenie, odsiewanie, mieszanie skał wapniowo-magnezowych ze skałami wapniowymi lub tlenkiem wapnia	50	8	Zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej 50
	05	Węglan wapnia i węglan magnezu. Mielenie, odsiewanie skał wapniowo-magnezowych	45	15	Zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej 50

Źródło: dane Ministra Gospodarki i Pracy, 2004

Typy wapna nawozowego zawierającego magnez

Typ	Odmiana	Składniki podstawowe i sposób otrzymywania	Minimalna zawartość składników nawozowych		Inne wymagania
			CaO + MgO [%]	w tym MgO [%]	
Węglanowe	06	Węglan wapnia i węglan magnezu lub węglan wapnia, węglan magnezu i tlenek wapnia. Mielenie, odsiewanie, mieszanie skał wapniowo-magnezowych ze skałami wapniowymi lub tlenkiem wapnia	45	8	Zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej 50
	07	Węglan wapnia i węglan magnezu lub węglan wapnia, węglan magnezu i tlenek wapnia. Mielenie, odsiewanie, mieszanie skał wapniowo-magnezowych ze skałami wapniowymi lub tlenkiem wapnia	40	8	Zawartość wody, %, najwyżej 10; odsiew na sicie o wymiarze boku oczek kwadratowych 2 mm, %, najwyżej 10; przesiew przez sito o wymiarze boku oczek kwadratowych 0,5 mm, %, co najmniej

Źródło: dane Ministra Gospodarki i Pracy, 2004

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].

LITERATURA

5. Bednarek W., Lipiński W.: Kationy wymienne w glebie poddanej oddziaływaniu zróżnicowanego nawożenia mineralnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1998, 456: 147-151.
6. Boguszewski W.: Wapnowanie gleb. PWRiL, Warszawa 1980. ss. 176.
7. Chmurzyńska K.: Efekty WPR w odniesieniu do obszarów wiejskich, [w:] Wigier M. (red.) Analiza efektów realizacji polityki rolnej wobec rolnictwa i obszarów wiejskich. IERiGŻ-PIB (PW 2011-2014), Warszawa. 2011, 26: 37-55.
8. Buckman H.C., Brady N.C. 1971. Gleba i jej właściwości. PWRiL, Warszawa.
9. Dechnik I.: Wpływ nawożenia na właściwości gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1987, 324: 81-106.
10. Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG).
11. Filipek T., Fotyma M., Lipiński W.: Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb ornych w Polsce. Nawozy i Nawożenie - Fertilizers and Fertilization. 2006 27: 7-38.
12. Filipek T., Skowrońska M.: Aktualnie dominujące przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb użytkowanych rolniczo w Polsce. Acta Agrophysica, 2013, 20(2): 283-294.
13. Filipek T.: Dynamika antropogenicznych przyczyn zakwaszenia gleb w Polsce w ostatnich latach. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization. 2005, 23: 67-83.
14. Filipek T.: Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb. Nawozy i Nawożenie - Fertilizers and Fertilization, 2001, 8: 5-26.
15. Fotyma M., Igras J., Kopiński J., Podyma W.: Ocena zagrożeń nadmiarem azotu pochodzenia rolniczego w Polsce na tle innych krajów europejskich. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2010, 20: 53-75.
16. Fotyma M., Pietruch C.: Aktualny stan zakwaszenia gleb i zapotrzebowanie na nawozy wapniowe w Polsce. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization. 2005, 3(8).
17. Fotyma M., Zięba S.: Przyrodnicze i gospodarcze podstawy wapnowania gleb. PWRiL. Warszawa, 1988.
18. Fotyma M., Zięba S.: Przyrodnicze i gospodarcze podstawy wapnowania gleb. Wyd. PWRiL, Warszawa, 1988, ss. 250. ISBN 83-09-01397-3.
19. Grzebisz W., Diatta J.B., Szczepaniak W.: Produkcyjne i ekologiczne uwarunkowania wapnowania gleb gruntów ornych. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization. 2006 27: 69-85.
20. Grzebisz W., Szczepaniak W., Diatta J.B.: ABC wapnowania gleb uprawnych. Pro-druk Poznań, 2008, ss. 49.

21. Grzebisz W., Szczepaniak W., Diatta J. B.: Środowiskowe skutki zakwaszenia gleb uprawnych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2013, 34(8):19-26.
22. Grzebisz W. (red.): *Potas w produkcji roślinnej*. AR w Poznań, IPI, 2004.
23. GUS. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2015.
24. GUS. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2020.
25. Harasim A.: Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie. *IUNG-PIB Puławy*, 2006, ss. 171. ISSN 83-89576-36-8.
26. Igras J., Kopiński J., Matyka M., Ochal P.: Zużycie nawozów mineralnych w Polsce w układzie regionalnym. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2010, 25: 9-19.
27. Jadczyzyn J., Jończyk K., Filipiak K., Siebielec G., Stuczyński T., Koza P.: *Zasady racjonalnego użytkowania i kształtowania obszarów problemowych rolnictwa. Instrukcja upowszechnieniowa 178*. Wydawnictwo IUNG-PIB, Puławy 2010, str. 27-54.
28. Jadczyzyn T., Maćkowiak Cz., Kopiński J.: Model SFOM narzędziem symulowania ilości i jakości nawozów organicznych. *Pam. Puł.*, 2000, 120/I: 169-177.
29. Jadczyzyn T.: Ocena zrównoważenia gospodarki nawozowej w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2012, 29:135-142.
30. Jadczyzyn T., Ochal P. Zakwaszenie gleb i potrzeby wapnowania. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2013, 34(8):9-18.
31. Jadczyzyn T. Nowe zalecenia w zakresie wapnowania gleb. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2021, 65(19): 99-109.
32. *Katalog norm i normatywów*. SGGW Warszawa, 1991 s. 276.
33. Klepacki B.: *Wybrane pojęcia z zakresu organizacji gospodarstw, produkcji i pracy w rolnictwie*. SGGW, Warszawa, 1997, ss. 148. ISBN 83-00-03060-3.
34. KOBIZE (Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami): *Krajowy Bilans Emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2014-2015 w układzie klasyfikacji SNAP*. Raport syntetyczny, 2017.
35. Kopiński J., Nieróbca A. Ochal P.: Ocen wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie produktywności roślinnej. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. 2013, t. 13, z. 2(42): 53-63.
36. Kopiński J.: Bilans azotu brutto -agrośrodowiskowy wskaźnik zmian oddziaływania produkcji rolniczej na środowisko. *Metodologia, wyniki bilansu na poziomie NUTS-0, (Polska) NUTS-2 (województwa)*. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2017, 55, ss. 111.
37. Kopiński J.: Ocena zmian efektywności wykorzystania azotu w produkcji rolniczej Polski. *Rocz. Nauk. SERiA*, 2017b, 19(1): 88-94. ISSN 1508-3535.
38. Kopiński J.: Stopień polaryzacji intensywności i efektywności produkcji rolniczej w Polsce w ostatnich 10 latach. *Rocz. Nauk. SERiA*. 2013, 15(1): 97-103. ISSN 1508-3535.

39. Kopiński J.: Tendencje zmian intensywności produkcji rolniczej w Polsce w aspekcie oddziaływań środowiskowych. Zesz. Nauk. SGGW, ser. Probl. Rol. Świat, Warszawa, 2011, 11(4): 95-104.
40. Kozłowski S., Goliński P.: Nawożenie użytków zielonych. W: Łąkarstwo. Podręcznik akademicki (red. M. Rogalski). Wydawnictwo Kurpisz S.A. Poznań 2004, 161-190.
41. Lipiński W.: Odczyn gleb Polski. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2005, 2(23): 33-40.
42. Lipiński W.: Odczyn gleb Polski. Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization, 2005, 23: 33-40.
43. Lipiński W.: Odczyn i zasobność gleb w świetle badań stacji chemiczno-rolniczych. Nawozy i Nawożenie, 2000, 3: 89-105.
44. Materiały konferencyjne.: Wapnowanie gleb – wyzwanie dla Polskiej gospodarki. Puławy, 26 września 2012.
45. Mazur T., Mineev M.V., Debreczeni B.: Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Podręcznik akademicki. Wyd. ART. Olsztyn 1993.
46. Ochal P.: Aktualny stan i zmiany żyzności gleb w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2015, 45(19): 9-26.
47. Ochal P.: Innowacje na rynku nawozów wapniowych w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2016 48(2): 35-48.
48. Ochal P.: Wapnowanie podstawowym elementem dobrych praktyk rolniczych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2014, 37(11), s. 9-18.
49. Ochal P.: Regeneracyjne wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnienia nr 198. IUNG-PIB, Puławy, 2012.
50. Ochal P.: Wykorzystanie syntetycznego wskaźnika do oceny stanu agrochemicznego gleb w Polsce. Praca doktorska (maszynopis) IUNG-PIB, Puławy, 2011.
51. Ochal P., Jadczyzyn T., Jurga B., Kopiński J., Matyka M., Madej A., Rutkowska A., Smreczak B., Łysiak M. Środowiskowe aspekty zakwaszenia gleb w Polsce. Opracowanie IUNG-PIB dla Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Puławy 2017.
52. Okruszko H.: Zasady nawożenia gleb torfowych. [W]: Gospodarowanie na glebach torfowych w świetle 40-letniej działalności Zakładu Doświadczalnego Biebrza. Bibl. Wiad. IMUZ 77. Wyd. IMUZ Falenty, 1991, 87-104.
53. PN-ISO 10390: 1997: Jakość gleby – oznaczanie pH.
54. Sapek B.: Wpływ wapnowania na zawartość i pobranie kadmu i ołowiu przez roślinność łąki trwałej. Roczn. Gleboz. 1991, 42: 223-228.
55. Szczepaniak W.: Produkcyjne i środowiskowe skutki zakwaszenia gleb. Farmer (elektronicznie), Poznań 2017.
56. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Puławy 1990, seria P(44).
57. Zalecenia nawozowe. Cz. II. Optymalne dawki nawozów na gruntach ornych. Puławy, seria P(32).



INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8,

tel.: (81) 4786700, 4786800, fax: (81) 4786900

e-mail: iung@iung.pulawy.pl; www.iung.pulawy.pl

ISBN 987-83-7562-378-9