

 SKIERNIEWICE	INSTYTUT OGRODNICTWA - PIB	Zakład Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
---	----------------------------------	--

Wapnowanie w uprawach sadowniczych

Autorzy:

Dr hab. Paweł Wójcik, prof. IO-PIB

Dr Jacek Filipczak

Opracowanie przygotowane w ramach zadania celowego 4.1:
„Nawożenie użytków rolnych”

Finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi



Skierniewice 2023

Kwasowość gleby jest jednym z ważniejszych wskaźników jej żyzności. Gleby silnie zakwaszone nie tworzą struktury gruzełkowej, mają małą aktywność mikrobiologiczną, są ubogie w kationy zasadowe (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) oraz odznaczają się zwiększoną dostępnością szkodliwych jonów dla roślin (metale ciężkie). Dodatkowo, na glebach kwaśnych przyswajalność dla roślin większości składników pokarmowych jest ograniczona. Dotyczy to szczególnie azotu (N), fosforu (P), magnezu (Mg), wapnia (Ca) i molibdenu (Mo). Prowadzi to w konsekwencji do obniżenia produktywności i jakości owoców oraz do degradacji chemicznej gleby.

Biorąc pod uwagę, że polityka UE ukierunkowana jest na ograniczenie stosowania nawozów mineralnych, a także na utrzymanie i polepszenie żyzności gleby, uzasadnione są działania zmierzające do lepszego wykorzystywania przez rośliny składników pokarmowych z gleby m.in. poprzez zapewnienie optymalnej kwasowości gleby.

Główne formy kwasowości gleby

Rozróżnia się dwa rodzaje kwasowości gleby: kwasowość czynną i potencjalną. Kwasowość czynna dotyczy ilości jonów H^+ występujących tylko w roztworze glebowym i wyraża się ją w jednostkach pH. Odczyn gleby można oznaczyć metodą kolorymetryczną, opartą na zmianie barwy indykatora pod wpływem obecności jonów H^+ . Każdej barwie indykatora przyporządkowane są odpowiednie zakresy pH. Inną metodą mierzenia pH gleby jest metoda potencjometryczna, w której używa się pehametru z elektrodą zespoloną (elektroda szklana i kalomelowa). Pehametr, działający na zasadzie potencjometrycznej, wyskalowany jest w jednostkach pH, a oznaczenia wykonuje się najczęściej w zawiesinie wodnej lub w 1 M roztworze chlorku potasu (KCl). Odczyty pomiaru pH w zawiesinie gleba/roztwór KCl są mniejsze w porównaniu do wartości uzyskanych w zawiesinie gleba/woda (tabela 1). Metoda potencjometryczna jest bardziej precyzyjna w określaniu stopnia zakwaszenia gleby niż metoda kolorymetryczna. W Polsce, gleby mineralne pod względem odczynu dzielone są na 5 grup (tabela 1).

Tabela 1. Podział gleb mineralnych na podstawie odczynu

Odczyn gleby	pH_{KCl}	$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$
Bardzo kwaśny	$\leq 4,5$	$\leq 5,0$
Kwaśny	4,6-5,5	5,1-6,0
Lekko kwaśny	5,6-6,5	6,1-6,7
Obojętny	6,6-7,2	6,8-7,4
Zasadowy	$> 7,2$	$> 7,4$

Kwasowość potencjalna gleby określa całkowitą ilość jonów H^+ i Al^{3+} , zarówno w roztworze glebowym, jak i w kompleksie sorpcyjnym. Ten rodzaj kwasowości precyzyjnie określa potrzebną ilość Ca i/lub Mg do zobojętnienia kwasowości gleby. Ze względu na pracochłonność procedury oznaczania kwasowości potencjalnej gleby, jest ona rzadko wykorzystywana w praktyce laboratoryjnej.

Stan zakwaszenia gleb w Polsce

Monitoring odczynu gleb w kraju prowadzony jest systematycznie przez Okręgowe Stacje Chemiczno-Rolnicze. Według danych podanych przez IUNG-PIB w Puławach (2021), udział gleb użytkowanych rolniczo o odczynie bardzo kwaśnych i kwaśnych ($pH_{(KCl)} < 5,5$) dla całego kraju wynosi około 40%. Najmniejszy udział gleb o odczynie bardzo kwaśnym i kwaśnym występuje w województwie kujawsko-pomorskim i opolskim (około 35% w każdym), podczas gdy największy odsetek ($> 60\%$) występuje w województwie: mazowieckim, podkarpackim, podlaskim, łódzkim i małopolskim. Stan zakwaszenia gleb związany jest w dużym stopniu z jej kategorią agronomiczną; gleby bardzo lekkie na ogół są silniej zakwaszone niż gleby średnie i ciężkie.

Wysoki odsetek gleb nadmiernie zakwaszonych wskazuje na ich degradację chemiczną, co skutecznie obniża ich funkcje produkcyjne i środowiskowe. Produkcja owoców na tych glebach ogranicza się praktycznie do upraw roślin wymagających gleb silnie zakwaszonych (np. borówka wysoka, żurawina) lub gatunków roślin tolerujących niski odczyn gleby (np. wiśnia, truskawka).

Według szacunków IUNG (2021), roczne zapotrzebowanie krajowego rolnictwa na wapno, celem zminimalizowania negatywnego wpływu zakwaszenia gleb, wynosi około 31 mln ton CaO . Dla porównania, w roku 2018/2019 zużycie wapna w Polsce wyniosło 1 mln 340 tys. ton CaO . Badania własne przeprowadzone na podstawie danych Laboratorium Analiz Chemicznych, Instytutu Ogrodnictwa – PIB w Skierniewicach, wskazują że około 55% gleb użytkowanych sadowniczo ma pH poniżej 4,5.

Przyczyny zakwaszania gleb

Zakwaszenie gleb powodowane są czynnikami przyrodniczymi, a także działalnością człowieka (czynnik antropogeniczny). Procesy przyrodnicze najczęściej nie prowadzą do degradacji chemicznej gleby. Nadmierne zakwaszenie gleby ($pH < 4,5$) stwierdza się najczęściej, gdy przyrodnicze procesy zakwaszające są silnie wspomagane przez czynniki antropogeniczne.

Czynniki przyrodnicze

W Polsce, ponad 90% gleb wytworzonych jest ze skał osadowych o charakterze kwaśnym, które były intensywnie przemywane wodą z topniejących lodowców ze Skandynawii. W wyniku tego procesu, następowało wymywanie kationów zasadowych z powierzchniowej warstwy gleby.

Największe znaczenie w procesie wymywania kationów zasadowych mają opady jesienno-zimowe, ponieważ w tym okresie ewapotranspiracja (parowanie gleby i transpiracja roślin) jest niewielka. Dodatkowo, w okresie jesienno-zimowym przy panujących niskich temperaturach, zwiększa się rozpuszczalność dwutlenku węgla (CO_2) w glebie, co powoduje „przejście” nierozpuszczalnego węglanu wapnia (CaCO_3) do rozpuszczalnego wodorowęglanu wapnia [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$], który następnie jest wymywany w głąb profilu gleby. Mimo, że w okresie wiosenno-letnim ilość wyprodukowanego CO_2 w glebie jest większa niż w okresie jesienno-zimowym, to jednak nie dochodzi do rozpuszczenia CaCO_3 , gdyż prawie cała ilość CO_2 przechodzi do atmosfery.

Zakwaszenie gleby wynika także z intensywnego pobierania kationów przez rośliny uprawne. Podczas tego procesu, korzenie wydzielają do gleby równoważne ilości jonów H^+ . Korzenie roślin wydzielają także organiczne kwasy, które zakwaszają środowisko glebowe bezpośrednio przylegające do korzeni.

Wysoka aktywność biologiczna gleby, zwłaszcza podczas procesu rozkładu materii organicznej oraz biologiczne utlenianie siarki (S) i formy amonowej (NH_4^+) także prowadzą do zakwaszenia gleby. Na glebach kwaśnych ($\text{pH} < 4,5$), następuje rozpad znacznej części glinokrzemianów, powodując tym samym dalsze zakwaszenie gleby.

Czynniki antropogeniczne

Powszechnym systemem pielęgnacji gleby w sadach/plantacjach jest utrzymywanie ugoru herbicydowego wzdłuż rzędów drzew/krzewów oraz koszonej murawy w międzyrzędziach. Przy takim systemie pielęgnacji gleby pod powierzchnią ugoru herbicydowego dochodzi do znacznego zakwaszenia gleby, co wynika, zarówno ze wzmożonego wymywania kationów zasadowych z powierzchni ugorowanej, jak i intensywnego pobierania kationów przez korzenie drzew/krzewów.

Ściółki organiczne z torfu wysokiego, trocin i kory z drzew iglastych wykładane wzdłuż rzędów drzew/krzewów przyczyniają się do zakwaszenia gleby. Z tego powodu, powyższe materiały do ściółkowania gleby polecane są tylko na plantacje borówek.

Stosowanie niektórych nawozów mineralnych skutecznie obniża odczyn gleby. Nawozy o odczynie silnie kwaśnym mają zazwyczaj niewielki wpływ na zakwaszenie gleby.

Przykładem może być superfosfat, który powoduje niewielkie zmiany w odczynie gleby mimo, że jego odczyn jest silnie kwaśny. Największy wpływ na zakwaszenie gleby mają nawozy fizjologicznie kwaśne. Należą do nich nawozy azotowe zawierające formę amonową lub amidową. Wpływ tych nawozów na obniżenie odczynu gleby zwiększa się wraz z udziałem powyższych form N w nawozie oraz wielkością użytej dawki. Spośród nawozów azotowych, najsilniejszy wpływ na zakwaszenie gleby ma siarczan amonu $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$. Do zobojętnienia zakwaszającego działania 1 kg N w formie $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ potrzeba około 5,2 kg CaCO_3 . Nieco mniejszy wpływ na zakwaszenie gleby ma mocznik $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ oraz saletra amonowa (NH_4NO_3) . Zakwaszające działanie wykazuje także saletrzak $(\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3)$ oraz Salmag $(\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3)$, mimo, że są one nawozami o zasadowym odczynie. Zawarty w nich CaCO_3 lub dolomit $(\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3)$ zobojętnia tylko część kwasowości powstałej w wyniku ich działania. Saletra wapniowa $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ nie powoduje zakwaszenia gleby. Użycie tego nawozu w odpowiednio wysokiej dawce może nawet podwyższać wartość odczynu gleby; zjawisko to najczęściej zachodzić na glebach bardzo lekkich i lekkich (mających < 20% frakcji o 0,02 mm).

Zakwaszenie gleby może być także determinowane poprzez użycie siarki elementarnej (koloidalnej lub w postaci granulowanej). Zabieg ten (siarkowanie) jest często praktykowany w uprawie borówki wysokiej i żurawiny.

Do zakwaszenia gleby może dojść także w wyniku znacznych ilości niektórych gazów w powietrzu, tj. dwutlenek siarki (SO_2) i tlenki azotu (NO_x). Pochodzą one głównie z przemysłu energetycznego wykorzystującego węgiel kamienny i brunatny. Duże ilości NO_x w atmosferze pochodzą również ze spalania benzyny i oleju napędowego przez pojazdy mechaniczne. Dwutlenek siarki i NO_x reagują w atmosferze z tlenem (O_2) i parą wodną, tworząc kwasy (kwas siarkowy – H_2SO_4 , i azotowy – HNO_3), które są źródłem jonów H^+ po ich opadzie na powierzchnię gleby.

Innym gazem, który pośrednio powoduje zakwaszenie gleby jest amoniak (NH_3). Gaz ten pochodzi głównie z produkcji zwierzęcej. Reaguje on w atmosferze z kwasami, tworząc aerozole $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ i NH_4NO_3 . Po opadzie na powierzchnię gleby i ich hydrolizie, jony NH_4^+ ulegają utlenieniu w procesie mikrobiologicznym, podczas którego wydzielane są jony H^+ .

Właściwości buforowe gleby

Buforowość gleby jest to zdolność do przeciwstawienia się zmianom odczynu gleby, mimo działania czynników zakwaszających lub alkalizujących. Buforowość jest cechą naturalną gleby, a jej charakter zależy głównie od obecności części ilastych, próchnicy oraz CaCO_3 .

Na glebach o naturalnie wysokim odczynie (rędziny), ważnym czynnikiem buforującym jest CaCO_3 . Nawet znaczne ilości jonów H^+ w tych glebach nie powodują trwałego obniżenia odczynu gleby.

W klimacie umiarkowanym, głównym czynnikiem decydującym o buforowości gleby jest kompleks sorpcyjny. Między kompleksem sorpcyjnym a roztworem glebowym ustala się pewna równowaga chemiczna. Zdolność buforowa gleby zwiększa się wraz z pojemnością kompleksu sorpcyjnego oraz stopniem wysycenia jonami Ca^{2+} i Mg^{2+} . Przy wzroście jonów H^+ w roztworze glebowym, przechodzą one do kompleksu sorpcyjnego na miejsce jonów Ca^{2+} i Mg^{2+} . W ten sposób, ilość jonów H^+ w roztworze glebowym nie ulega zmianie, aż do momentu wysycenia kompleksu sorpcyjnego tymi jonami. Z kolei zmiana odczynu gleby pod wpływem stosowania nawozów wapniowych lub wapniowo-magnezowych nie jest obserwowana, jeśli kompleks sorpcyjny nie jest nasycony jonami Ca^{2+} i Mg^{2+} . Dlatego, stosowanie wapna w zbyt małych dawkach nie zwiększa odczynu gleby.

Wymagania roślin w stosunku odczynu gleby

Wśród gatunków roślin sadowniczych uprawianych powszechnie w klimacie umiarkowanym występuje istotne zróżnicowanie pod względem optymalnego odczynu gleby. Brzoskwinia, morela, orzech włoski i leszczyna wymagają gleb o wysokim odczynie gleby (pH 6,5-7,2). Borówka wysoka oraz żurawina wymagają gleby silnie zakwaszonych (pH 3,8-4,5). Pozostałe gatunki roślin sadowniczych dobrze rosną i owocują na glebach o odczynie lekko kwaśnym. Wrażliwość roślin na kwaśny lub zasadowy odczyn gleby zależy od składu granulometrycznego, zasobności w przyswajalne składniki oraz zawartości materii organicznej. Przyjmuje się zasadę, że na glebach średnich i ciężkich wartość pH gleby powinna wahać się od 6,1 do 7,2, a na glebach lżejszych od 5,1 do 6,0. Zarówno niższe jak i wyższe wartości odczynu dla poszczególnych kategorii agronomicznej ujemnie wpływają na właściwości gleby, a w konsekwencji na produktywność roślin i/lub jakość plonu.

Nawozy do odkwaszania gleb

Nawozy wapniowe zawierające Ca i Mg służą do podwyższenia odczynu gleby. Zależnie od formy chemicznej Ca i Mg, nawozy dzieli się na węglanowe (CaCO_3 , MgCO_3), tlenkowe (CaO , MgO), wodorotlenkowe (Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2) oraz krzemianowe (CaSiO_3 , MgSiO_3). Skuteczność nawozów wapniowych i wapniowo-magnezowych w odkwaszaniu gleby zależy od ilości użytych składników odkwaszających, formy chemicznej związków Ca i Mg, postaci nawozu oraz technologii użycia wapna.

Potencjał odkwaszający wapna zwiększa się im większa jest zawartość Ca i Mg w nawozie. Nawozy zawierające Ca i Mg w formie tlenkowej (wapno palone) i wodorotlenkowej (wapno gaszone) działają szybko w glebie i dlatego powinny być stosowane na gleby ciężkie, na których ryzyko spowodowania nadmiernego wzrostu odczynu jest niewielkie. Nawozy typu węglanowego wykazują słabszą rozpuszczalność w wodzie niż wapno palone i gaszone i polecane są na gleby lekkie. Wapno węglanowe zawierające mniejsze frakcje ($< 0,5$ mm), znacznie szybkiej odkwasza glebę w porównaniu do wapna o frakcji dużej (> 2 mm). Celowe jest zatem aby w wapnie pochodzącym ze mielenia skał węglanowych dominowała frakcja cząstek $< 0,5$ mm. W celu przyspieszenia odkwaszenia gleby, użyte wapno węglanowe powinno być w formie pyłu i zostać wymieszane w glebę.

Typy nawozów wapniowych

Podstawowym surowcem do produkcji nawozów wapniowych są wapienie zawierające CaCO_3 jako główny składnik. Mogą one zawierać znaczne ilości ilu, piasku i innych domieszek mineralnych i organicznych (tzw. margle). W zależności od wieku, wapienie wykazują zróżnicowaną budowę i właściwości. Największe znaczenie w produkcji wapna mają wapienie o młodszym pochodzeniu, które nie mają budowy krystalicznej.

Wapienie mogą być rozdrabniane do formy pylistej lub też podlegać wyprażaniu w temperaturze 1000°C . Skuteczność działania nawozów wapniowych uzyskanych w wyniku rozdrobnienia wapieni zależy od wielkości ich cząstek. Przyjmuje się zasadę, że czym starsze złoża wapieni, tym bardziej rozdrobniony musi być materiał. Przy wyprażaniu wapieni powstaje tlenek wapnia. Proces ten nie powoduje jednak całkowitego „przejścia” CaCO_3 do CaO . Dlatego, wapno tlenkowe zawiera znaczne ilości CaCO_3 . Minimalna zawartość CaO w nawozach wytworzonych z wapieni wynosi 40%.

Nawozy wapniowe mogą być także pozyskiwane ze złóż powstałych jako pozostałości po dawnych jeziorach lub innych ciekach wodnych nisko położonych (złoża kredy). Złoża te zawierają głównie CaCO_3 . Materiał ten wymaga suszenia i rozdrobnienia. Minimalna zawartość CaO w nawozach pochodzących z kredy wynosi 20%. Mają one skłonność do przechodzenia w postać mazistą, co utrudnia ich transport i zastosowanie. Skuteczność tej odmiany wapna w odkwaszaniu gleby jest szybsza niż zmielonych wapieni.

Nawozy wapniowe mogą być także pozyskiwane z produktów ubocznych wielu gałęzi przemysłowych. Z ekonomicznego punktu widzenia, stosowanie tych odpadów w rolnictwie jest bardzo pożądane. Wapień zostaje bowiem użyty dwukrotnie, najpierw przez przemysł, a następnie w mniej lub bardziej zmienionej formie przez rolnictwo. Jednakże odpady stosowane do wapnowania gleb muszą spełniać pewne wymogi. Muszą one zawierać

odpowiednie ilości składników odkwaszających (Ca, Mg), nie mogą zawierać nadmiernych ilości składników szkodliwych dla ludzi, zwierząt i roślin (np. metali ciężkich) oraz muszą być w takiej postaci, aby umożliwić ich bezpieczne i skuteczne użycie. Według Polskiej normy, zawartość ołowiu (Pb) i kadmu (Cd) w nawozach wapniowych nie może przekraczać odpowiednio 200 mg Pb i 8 mg Cd/kg CaO, podczas gdy dla wapna wapniowo-magnezowego 600 mg Pb i 15 mg/kg CaO + MgO.

W przemyśle budowniczym dzięki wyprężaniu wapieni uzyskuje się wapno tlenkowe. Występuje ono w postaci drobnoziarnistego proszku i wykazuje silne właściwości pyłące i żrące. W produkcji acetyleny z karbidu, powstaje odpad zawierający Ca w formie wodorotlenkowej (wapno pokarbidowe). Węglan wapnia występuje m.in. w produkcji odpadowym przemyśle sodowego (wapno posodowe). Wapno to wykazuje szybkie działanie w glebie i zawiera znaczne ilości Na i Cl. Dlatego, wapno posodowe nie powinno być często stosowane na tym samym polu, gdyż pogarsza strukturę gleby. Do odkwaszania gleb wykorzystuje się także wapno pocelulozowe, zawierające CaCO_3 oraz znaczne domieszki S i Cl. Wapno w formie węglanowej pozyskuje się także z przemysłu cukrowniczego (wapno defekacyjne). Oprócz CaCO_3 , wapno to zawiera znaczne ilości N, P i K. Ze względu na wysoką zawartość wody w wapnie defekacyjnym, jest ono wykorzystywane jedynie lokalnie na obszarach znajdujących się w pobliżu cukrowni. Nawozy wapniowe typu węglanowego mogą być pozyskiwane także w procesie flotacji rud siarki (wapno poflotacyjne) oraz produkcji kwasu siarkowego (wapno pokekowe). Z przemysłu hutniczego przy wytopie rudy uzyskuje się wapno w formie krzemianowej. Zawiera ono duże ilości Mg. W wapnie tym, część Ca i Mg występuje w formie tlenkowej.

Wymagania jakościowe różnych typów wapna nawozowego, służących do odkwaszania gleb, przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Tabela 2. 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 podsuszane, wapno pogaszalnicze podsuszane	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; zawartość chlorków, %, najwyżej 33)
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

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.

Tabela 3. Typy wapna nawozowego zawierającego magnez

Typ	Odmiana	Składniki podstawowe i sposób otrzymywania	Minimalna zawartość		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 wapniowomagnezowych lub mieszanie skał wapniowomagnezowych z prażonymi skałami wapniowomagnezowymi	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 wapniowomagnezowych 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
	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 50

Wapnowanie przed założeniem sadu/plantacji

Właściwe przygotowanie gleby przed sadzeniem drzewek/krzewów gwarantuje ich silny wzrost. Jednym z podstawowych zabiegów decydujących o dobrym przygotowaniu gleby jest wapnowanie.

Potrzeby wapnowania zależą od „wyjściowego” odczynu gleby, jej kategorii agronomicznej (tabele 4-7) oraz wymagań roślin w stosunku do odczynu gleby.

Tabela 4. Zalecane dawki wapna nawozowego na glebach bardzo lekkich (< 10% frakcji 0,02 mm) w zależności od wyjściowego pH (IUNG, 2021).

pH	Całkowita dawka (CaO t/ha)	Dawka I (CaO t/ha)	Dawka II* (CaO t/ha)
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	-
4,0	2,8	2,8	-
3,9	3,1	3,1	-
3,8	3,4	3,4	-

*Dawka II powinna być zastosowana w odstępie 2-4 lata po dawce I.

Tabela 5. Zalecane dawki wapna nawozowego na glebach lekkich (11-20% frakcji 0,02 mm) w zależności od wyjściowego pH (IUNG, 2021).

pH	Całkowita dawka (CaO t/ha)	Dawka I (CaO t/ha)	Dawka II* (CaO t/ha)
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	-
5,0	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

*Dawka II powinna być zastosowana w odstępie 2-4 lata po dawce I.

Tabela 6. Zalecane dawki wapna nawozowego na glebach średnich (< 21-35% frakcji 0,02 mm) w zależności od wyjściowego pH (IUNG, 2021).

pH	Całkowita dawka (CaO t/ha)	Dawka I (CaO t/ha)	Dawka II* (CaO t/ha)
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

*Dawka II powinna być zastosowana w odstępie 2-4 lata po dawce I.

Tabela 7. Zalecane dawki wapna nawozowego na glebach ciężkich (> 35% frakcji 0,02 mm) w zależności od wyjściowego pH (IUNG, 2021).

pH	Całkowita dawka (CaO t/ha)	Dawka I (CaO t/ha)	Dawka II* (CaO t/ha)
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

*Dawka II powinna być zastosowana w odstępie 2-4 lata po dawce I.

Wapnowanie najlepiej wykonać rok przed sadzeniem roślin. W ten sposób, odczyn gleby w czasie sadzenia drzewek/krzewów będzie optymalny. Zbyt późne wykonanie tego zabiegu nie daje możliwości podwyższenia odczynu gleby do wymaganej wartości, co może spowodować osłabienie wzrostu roślin bezpośrednio po ich posadzeniu. Jeśli wapnowanie będzie wykonywane rok przed posadzeniem sadu/plantacji, to nawozy wapniowe stosuje się tylko w pierwszej dawce podanej w tabelach 4-7 dla poszczególnych kategorii agronomicznych gleb. Dawki te gwarantują wzrost pH gleby przynajmniej o jedną jednostkę.

Niezależnie od terminu wapnowania, nawozy wapniowe należy głęboko przyorać oraz dobrze wymieszać z glebą. W przypadku konieczności podwyższenia odczynu gleby oraz zwiększenia zawartości Mg, należy stosować nawozy wapniowo-magnezowe w dawkach wynikających z potrzeb wapnowania.

Nawozy wapniowe nie należy stosować łącznie z nawozami mineralnymi, a tym bardziej z nawozami naturalnymi, gdyż prowadzi to do gazowych strat azotu (w przypadku nawozów zawierających azot w formie amonowej a nawet amidowej), uwsteczniania się składników (np. fosforu) lub nierównomiernego rozsiania nawozów. Przyjmuje się zasadę, że dopiero po 4 tygodniach po wykonaniu wapnowania (z wymieszaniem wapna z glebą), można wysiać nawozy mineralne/organiczne.

Przy stosowaniu nawozów wapniowych należy przestrzegać określonych zasad bezpieczeństwa, szczególnie w przypadku użycia wapna palowego lub gaszonego. Podczas przygotowania wapna do rozsiewu, a także podczas wapnowania nie należy spożywać posiłków, a także należy unikać zanieczyszczenia skóry i oczu.

W gospodarstwach, wapno należy przechowywać na utwardzonym, nieprzepuszczalnym podłożu, w bezpiecznej odległości (co najmniej 20 m) od cieków wodnych i zabezpieczonym przed przemywaniem przez wody opadowe.

Wapnowanie w sadzie/plantacji

Jeśli odczyn gleby z czasie sadzenia drzewek/krzewów był odpowiedni dla danego gatunku rośliny, to wapnowanie należy wykonać po kolejnych 3-4 latach. Jedynie sady/plantacje założone na rędzinach nie wymagają wapnowania. Na glebach lekkich z małą buforowością w stosunku do odczynu, wapnowanie wykonuje się raz na 3 lata, podczas gdy na glebach zwięźlejszych raz na 4 lata.

W zależności od kategorii agronomicznej gleby oraz jej odczynu, dawki nawozów wapniowych w sadzie/plantacji wahają się od 5 kg do 30 kg CaO na 100 m⁻² (tabela 8).

Tabela 8. Jednorazowe dawki wapna stosowanego w uprawach sadowniczych w zależności od aktualnego odczynu gleby oraz jej kategorii agronomicznej.

Odczyn gleby*	Kategoria agronomiczna gleby		
	Lekka	Średnia	Ciężka
	Dawka (kg CaO 100 m ⁻²)		
<4,5	17	20	30
4,5-5,5	10	15	20
5,6-6,0	5	8	15
6,1-6,5	-	5	10
6,6-7,0	-	-	5

* Odczyn gleby w warstwie od 0 do 20-30 cm

Rekomendowane dawki wapna wyrażone są w formie tlenkowej (CaO) w przeliczeniu na 100 m², gdyż środki odkaszające powinny być stosowane tylko na powierzchnię pasów herbicydowych/mechanicznych wzdłuż rzędów drzew/krzewów. Wapnowanie wykonuje się gdy wartość pH jest : ≤ 6,0 na glebach lekkich, ≤ 6,5 na glebach średnich oraz ≤ 7,0 na glebach

ciężkich. Maksymalne, jednorazowe dawki wapna w sadach/plantacjach wynoszą: 17 kg CaO na 100 m² na glebie lekkiej, 20 kg CaO na 100 m² na glebie średniej oraz 30 kg CaO na 100 m² na glebie ciężkiej. Gdy wartość pH gleby jest < 4,0, to w danym roku, wczesną wiosną, należy zastosować maksymalną dawkę wapna dla danej kategorii agronomicznej gleby, a jesienią, rozsiać wapno w ilości 20%, 30% lub 40% maksymalnej dawki CaO przypisanej odpowiednio dla gleby lekkiej, średniej i ciężkiej. W podobny sposób postępuje się, gdy nadmierne zakwaszenie gleby występuje nie tylko w warstwie 0-30 cm, ale także w warstwie niżej położonej. Na glebach lekkich i średnich należy stosować wapno węglanowe, podczas gdy na glebach ciężkich użycia się wapna tlenkowego (wapna palonego) lub wodorotlenkowego (wapna gaszonego). Na glebach lekkich i średnich, mających pH < 5,0, należy preferować szybko działające wapna (o wysokiej reaktywności) w formie węglanowej (np. wapno kredowe).

Dawki wapna podane w tabeli 6 gwarantują doprowadzenie odczynu gleby do optymalnej wartości oraz zabezpieczają przed obniżeniem odczynu gleby w okresie 3-4 lat poniżej krytycznej wartości (< 5,5). Jednakże, przy takim sposobie wapnowania drzewa poddane są znacznym wahaniom odczynu gleby, co może wpływać ujemnie na ich wzrost i rozwój. Z tego powodu, lepiej jest utrzymywać odczyn gleby na optymalnym poziomie przez cały okres eksploatacji sadu/plantacji. W tym celu, po osiągnięciu optymalnego odczynu gleby, należy corocznie stosować 2-4 kg CaO na 100 m² ugoru herbicydowego/mechanicznego, tzn. tyle ile wynoszą straty Ca z powierzchniowej warstwy gleby, wynikające z jego wymywania oraz pobierania przez rośliny. Precyzyjne określenie strat Ca z powierzchniowej warstwy gleby nie jest łatwe, gdyż ich wielkość zależy od kategorii agronomicznej gleby, systemu pielęgnacji gleby, zawartości Ca w glebie, ukształtowania terenu oraz ilości i rozkładu opadów. W praktyce, w celu sprawdzenia czy coroczne dawki Ca są wystarczające do podtrzymania optymalnego odczynu gleby należy co jakiś czas (co 3-4 lata) oznaczać kwasowość gleby. Jeśli odczyn gleby jest niższy od optymalnego, to należy podwyższyć roczną dawkę Ca.

Niezależnie od tego czy nawozy wapniowe stosuje się cyklicznie czy corocznie, wapnowanie wykonuje się najczęściej wczesną wiosną lub późną jesienią. Przy wiosennym wapnowaniu, nawozy stosuje się gdy powierzchniowa warstwa gleby jest rozmarznięta, a drzewa/krzewy nie wytworzyły jeszcze liści. Na terenach pagórkowatych celowe jest zastosowanie nawozów wapniowych dopiero po spłynięciu nadmiaru wody z górnej jego części (po wiosennych roztopach). Jesienne wapnowanie wykonuje się po zbiorze owoców, lecz przed zamrożeniem powierzchniowej warstwy gleby. Najlepszym terminem jest okres od końca października do pierwszej połowy listopada. Termin ten gwarantuje częściowe rozpuszczenie

nawozów wapniowych oraz przemieszczenie się ich w głąb profilu gleby. W ten sposób działanie wapna jest przyspieszone, a straty Ca, wynikające z jego spływu do dolnych partii terenu, są ograniczone. W przypadku wapna w postaci granulowanej, istnieje możliwość rozsiania go w sezonie wegetacyjnym pod warunkiem, że (1) użyte wapno nie zawiera pylistych frakcji oraz (2) granule są na tyle trwałe, że podczas rozsiewu nie zostaną zniszczone przez działanie tarcz rozsiewających. Jeśli powyższe warunki nie są spełnione, to wapnowanie w sezonie wegetacyjnym może prowadzić do znacznych uszkodzeń liści.

Do pasowego stosowanie nawozów wapniowych wzdłuż rzędów drzew/krzewów można użyć wapna pylistego lub granulowanego, wykorzystując rozsiewacze z taśmowym aparatem dozującym i przystawką zamontowaną nad tarczą rozsiewającą. Używanie nawozów wapniowych lub wapniowo-magnezowych w postaci granulowanej do rozsiewania pasowego jest łatwiejsze w porównaniu do pylistej formy wapnia.