

VADEMECUM WAPNOWANIA



Nordkalk



WAPNO ELEMENTARNYM
SKŁADNIKIEM SUKCESU

WSTĘP

Nordkalk, wiodący producent wyrobów na bazie wapieni w Europie Północnej, prowadzi działalność w Polsce już od ponad 20 lat.

Asortyment produktów wytwarzanych i sprzedawanych na polskim rynku obejmuje szeroką gamę nawozów wapniowych z gwarancją najwyższej jakości. Rolnictwo jest najważniejszym sektorem, któremu oferujemy nasze produkty.

Długoletnie doświadczenie w zakresie produkcji wapna nawozowego, rozległa wiedza asortymentowa, a także znajomość nowoczesnych technologii uprawy roli gwarantują naszym klientom najwyższą jakość oferowanych towarów i usług.

Dzięki szerokim kompetencjom oraz doświadczeniu, jakie udało nam się zdobyć, proponujemy Państwu najbardziej profesjonalne rozwiązania produktowe, pozwalające osiągać wysoką skuteczność utrzymywania optymalnego odczynu gleby. Efektem jest dostarczenie na rynek rolniczy szerokiej gamy wysokojakościowych produktów, tj. Standard Cal, Fast Cal, Magnesium oraz nowość wśród nawozów granulowanych AtriGran, AtriGran Mg, AtriGran Humic.

Zespół Nordkalk Rolnictwo

Nordkalk



NAUKOWCY

(...) „Zakwaszenie gleby jest to zjawisko nadmiernej akumulacji jonów wodoru (H^+) w glebie. Prowadzi ono do degradacji jakości gleby w wyniku uruchomienia szeregu niekorzystnych dla produkcji roślinnej procesów, włącznie z uaktywnieniem się toksycznych jonów glinu (Al^{3+}). Źródłem jonów H^+ w glebie są minerały, związki organiczne, atmosfera, nawozy oraz rośliny.” (...)*

Dr hab. Przemysław Barłóg
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

(...) „Wapnowanie jest jednym z najważniejszych zabiegów agrotechnicznych, dlatego do jego wykonania należy stosować środki wapnujące najwyższej jakości i odpowiednio dobrane pod względem celu ich stosowania. Przy wyborze środka wapnującego powinniśmy więc wziąć pod uwagę następujące jego parametry:

- zawartość składników użytecznych, czyli % węglanu bądź tlenku wapnia (magnezu),
- formę (węglanowe czy też tlenkowe),
- reaktywność (nazywana czasami aktywnością chemiczną).”(...)

(...) „Dzięki korzystnemu wpływowi wapnowania na wodoodporność agregatów pośrednio możemy korzystnie oddziaływać na wielkość retencji wody dostępnej dla roślin i na przepuszczalność powietrzną gleby. Wapnowanie może również pozytywnie oddziaływać na samo tworzenie się struktury agregatowej, gdyż jony wapnia i magnezu pełnią w tym procesie funkcję łącznika między frakcją ilastą a glebową substancją organiczną w pierwszej fazie ich tworzenia.”(...)*

Prof. dr hab. inż. Jacek Długosz
Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, UTP Bydgoszcz

(...) „Utrzymanie produktywności gleb uprawnych w Polsce, wytworzonych głównie z utworów piaszczystych o małej naturalnej żyzności, wymaga właściwej kontroli odczynu. Utrzymanie pH powyżej 5,5 jest warunkiem koniecznym skutecznej kontroli procesu degradacji gleb uprawnych.”(...)

(...) „W hierarchii czynników warunkujących wykorzystanie wody i azotu kluczowe są odczyn gleby i jej zasobność w składniki mineralne. Woda w glebie jest efektywnie wykorzystywana przez roślinę, pod warunkiem że wytworzy ona duży, a do tego głęboki, system korzeniowy.”(...)*

Prof. dr hab. Witold Grzebisz
UP w Poznaniu

(...) „Nadmierna emisja związków azotu i fosforu do wód śródlądowych, a następnie wód morskich, skutkuje eutrofizacją zarówno w śródlądowych, jak i morskich zbiornikach wodnych, a także powoduje wzrost stężenia

azotanów w wodach pitnych do poziomu zagrażającego zdrowiu. Wapnowanie ogranicza w dużym stopniu proces wymywania składników pokarmowych z gleb do wód wglębnych i powierzchniowych, przez co wpływa na zmniejszenie procesu eutrofizacji”(…)*

Prof. dr hab. inż. Janusz Igras
Instytut Nawozów Sztucznych Instytut Nowych Syntez Chemicznych w Puławach

(…), „Regularne przyorywanie słomy zapewnia utrzymanie żyzności gleby dzięki przyrostowi próchnicy, co oznacza poprawę właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych gleby.”(…)

(…), „Masa słomy, która może ulec biotransformacji w glebowe związki próchniczne, wynosi, w zależności od sposobu zagospodarowania, od 30% - w przypadku nawożenia azotem, do 60% - w przypadku wapnowania. Należy podkreślić, że wzrost zawartości próchnicy o 1% zwiększa retencję wodną gleb o 30%.”(…)*

Prof. dr hab. inż. Andrzej Kotecki,
Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Prof. dr hab. inż. Stanisław Jerzy Pietr
Katedra Ochrony Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

(…), „Na glebach kwaśnych, bardzo ubogich w Ca, np. rzepak czy generalnie rośliny kapuśne są częściej atakowane przez kiłę kapuśnych (*Plasmodiophora brassicae*), buraki przez zgorzel korzeniową, jęczmień przez pałecznicę zbóż i traw. Grzyby powodujące zgorzele siewek i zgorzel podstawy źdźbła silniej infekują zboża także na glebach o odczynie kwaśnym. W wypadkach, kiedy choroby roślin uprawnych powodowane są przez takie rodzaje grzybów, których rozwój uzależniony jest między innymi od stopnia zakwaszenia gleby, racjonalne wapnowanie, wpływając na zmianę odczynu gleby, może pośrednio oddziaływać dodatnio na stan zdrowotny tych roślin.”(…)*

Dr Zuzanna Sawińska
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

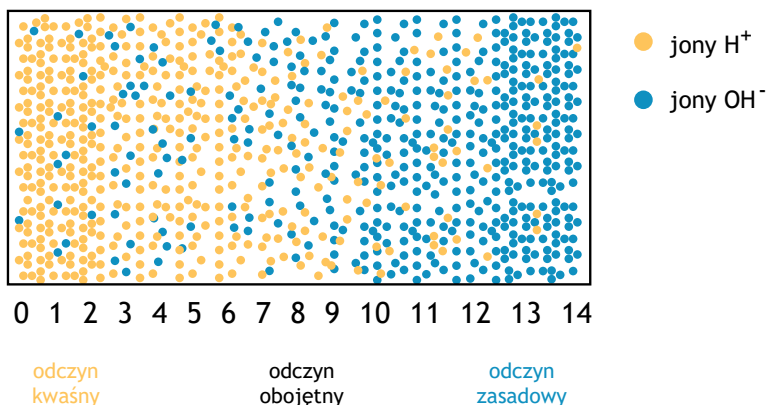
(…), „Określenie stopnia zakwaszenia gleby należy do rutynowych czynności, jest badaniem łatwym, tanim i powszechnie dostępnym. Okręgowe Stacje Chemiczno-Rolnicze mają swoje siedziby we wszystkich miastach wojewódzkich, natomiast wszelkie niezbędne dane dotyczące kontaktu ze specjalistami terenowymi czy laboratoriami zamieszczone są na stronie internetowej www.schr.gov.pl. Na tej stronie dostępny jest także bezpłatny program do zaleceń nawozowych dla wszystkich, którzy są zainteresowani korzystaniem z ustalania zarówno dawek wapna, jak też i innych składników nawozowych.”(…)*

Dr hab. Wojciech Lipiński
Dyrektor Krajowej Stacji Chemiczno - Rolniczej w Warszawie

KWASOWOŚĆ GLEBY

Kwasowość jest jednym z najistotniejszych parametrów charakteryzujących gleby. Od tego czynnika w dużym stopniu zależą ich zdolności produkcyjne. Poznanie definicji kwasowości gleby i jej wpływu na wysokość i jakość plonów powinno być dla każdego rolnika priorytetem.

Kwasowość jest ściśle powiązana z pojęciem odczynu gleby. Odczyn to miernik względnej kwasowości lub alkaliczności gleby określany jako proporcja ilości jonów wodorowych (H^+) do jonów wodorotlenowych (OH^-). Ponieważ w praktyce posługiwanie się różnicami stężeń było trudne, została opracowana specjalna skala (pH) oparta na logarytmie stężeń. Mechanizm funkcjonowania skali pH przedstawia rys. 1.



Skala kwasowo-zasadowa (pH) obejmuje wartości od 0 do 14: 7,0 oznacza glebę obojętną, wartość poniżej 7,0 wskazuje, że gleba jest kwaśna (przewaga jonów H^+), a wartość powyżej 7,0 to odczyn alkaliczny (przewaga jonów OH^-). Ponieważ skala opiera się na logarytmie (rys. 1), oznacza to, że liczba jonów H^+ przy pH równym 4,0 jest 10 razy większa niż dla pH na poziomie 5,0 i 100 razy większa niż dla pH równego 6,0. Dlatego należy być ostrożnym w porównywaniu spadków lub wzrostów odczynu, jeśli chodzi o ilość dodawanych czynników zakwaszających lub alkalizujących. Dodatkowo obraz zniekształca bufor glebowy, który jest uzależniony od klasy agronomicznej i zawartości próchnicy w glebie. Aby więc zmienić pH gleby o jedną jednostkę na glebie cięższej, bogatszej w próchnicę, o niższym pH wyjściowym trzeba dostarczyć większy ładunek aktywnego Ca^{2+} niż na glebę lżejszą, o niższej zawartości próchnicy i wyższym odczynie wyjściowym.

RYŚ. 1. Skala pH - zasada funkcjonowania skali.

Należy jeszcze pamiętać, że odczyn to kwasowość czynna. Poza nią wyróżniamy kwasowość ukrytą, kwasowość wymienną oraz kwasowość hydrolityczną. W praktyce diagnostycznej pomiar pH dokonuje się w obecności roztworu soli potasowej. Metoda ta pozwala częściowo uwzględnić w pomiarach również kationy wymienne. Z tego powodu odczyn mierzony w KCl jest zwykle niższy niż odczyn mierzony w wodzie (tab. 1), a poziom różnicy zależy od właściwości gleby.

W zależności od odczynu, glebę przyporządkowuje się do jednej z grup - od bardzo kwaśnej do zasadowej.

Ładunek CaO, jaki należy dostarczyć w celu likwidacji zakwaszenia, zależy od składu gleby - ilości próchnicy i cząstek koloidalnych, oraz od odczynu wyjściowego. Wydaje się, że dobrym rozwiązaniem byłaby znajomość pełnej kwasowości hydrolitycznej, jednak doświadczenie pokazuje, że zastosowanie dawki zgodnie z kwasowością hydrolityczną nie powoduje pełnej neutralizacji gleby. Sytuacja komplikuje się bowiem w wyniku funkcjonowania systemu buforowego gleby, który ujawnia kolejne pokłady

zakwaszenia. Bufor gleby jest mechanizmem, który pozwala na przyjmowanie jonów kwasowych lub zasadowych bez nagłej zmiany odczynu. Jest to swojego rodzaju amortyzator, którego siła zależy od ilości i jakości układu koloidalnego. Gleby lekkie, o niskiej zawartości próchnicy, są bardziej podatne na zmiany niż ciężkie, o dużej zawartości próchnicy. Dlatego konieczne

jest oparcie dawek na pewnych założeniach doświadczalnych oraz ocenie efektów wapnowania w kolejnych badaniach gleby.

Znajomość roli buforu glebowego pokazuje, jak ważne jest systematyczne wapnowanie, skoro zakwaszenie gleby postępuje systematycznie, powoli i nie zawsze ujawnia się w prostych badaniach pH w KCl.

Odczyn	pH w H ₂ O	pH w KCl
bardzo kwaśny	< 5,0	<4,5
kwaśny	5,1 - 6,0	4,6 - 5,5
lekko kwaśny	6,1 - 6,7	5,6 - 6,5
obojętny	6,8 - 7,4	6,6 - 7,2
zasadowy	> 7,4	> 7,2

Tab. 1. Odczyn gleby.



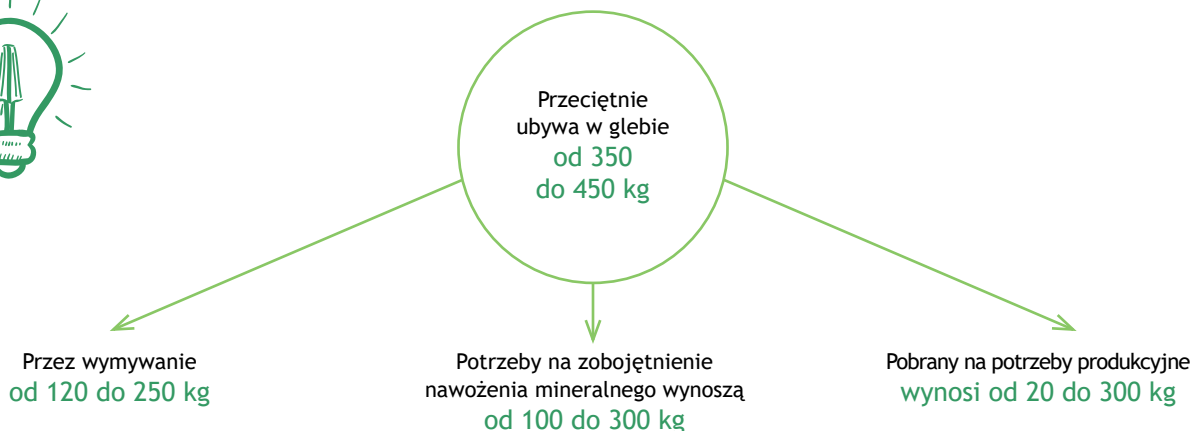
PRZYCZYNY ZAKWASZENIA GLEB

Odczyn gleby to parametr, który - obok zasobności gleby, klimatu, poziomu nawożenia i kultury rolnej - istotnie decyduje o sukcesie w uprawie roślin.

W Polsce zakwaszenie gleb jest jednym z głównych czynników ograniczających produkcję roślinną. Przyczyną takiego stanu są zarówno warunki glebowo-klimatyczne, jak i działalność człowieka. Ponad 90% gruntów w kraju powstało na kwaśnych, polodowcowych skałach osadowych. W takich glebach, zwłaszcza w regionach o wyższym poziomie opadów (powyżej

600 mm), łatwo dochodzi do wymywania zasadowych kationów. Szczególnie zjawisko to nasila się w okresie jesienno-zimowym, gdy gleba nie jest zamarznięta, a woda z opadów wnika w profil glebowy głębiej niż latem. Na wypłukiwanie kationów zasadowych w dużym stopniu wpływa także życie biologiczne gleby, rozkład resztek poźniwnych (słoma, systemy korzeniowe)

i przemiany materii organicznej w glebie. Do obniżenia pH gleby dochodzi również w sposób naturalny - na skutek wietrzenia minerałów krzemianowych i glinokrzemianowych. Wartość zakwaszenia spowodowanego czynnikami naturalnymi wyraża się za pomocą specjalnego równoważnika wapniowego. Jest to ilość kilogramów CaO, jaką trzeba zastosować dla zrównoważenia określonego czynnika zakwaszającego. W warunkach polskich, ze względu na czynniki klimatyczno - glebowe, ilość ta wynosi od 120 kg do 250 kg CaO (rys. 2).



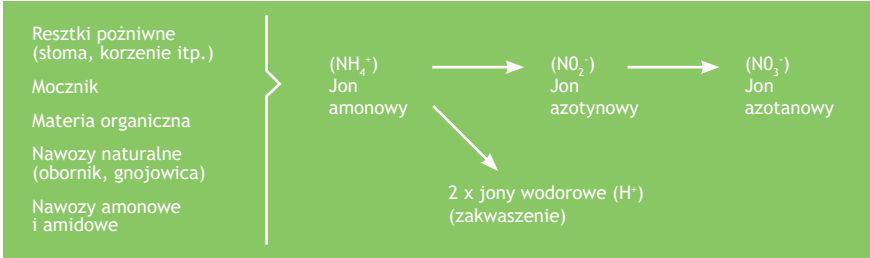
Rys. 2. Roczne zapotrzebowanie na CaO bilansujące czynniki zakwaszające

Naturalne procesy nie stanowią jednak zagrożenia dla gleby. Problemy z dużym zakwaszeniem pojawiają się przede wszystkim na skutek działalności człowieka. Zanieczyszczenia gazowe, kwaśne deszcze, a także intensyfikacja rolnictwa to główne czynniki powodujące zakwaszenie gleby. Na obniżenie pH w dużym stopniu wpływa także wyniesienie Ca, Mg, K, Na z plonem (od 50 do nawet 300 kg CaO) oraz nawożenie nawozami mineralnymi, głównie azotowymi (100-300 kg CaO). Gleba ulega zakwaszeniu również po nawożeniu obornikiem i gnojowicą, w wyniku zachodzącego, podobnie jak po zastosowaniu nawozów mineralnych azotowych, procesu nityfikacji azotu amonowego z masy organicznej tych nawozów (rys. 3).

W tab. 2 przedstawiono wpływ nawozów mineralnych i naturalnych na pH gleby. Analiza powyższej tabeli potwierdza wcześniej wspomniany silny wpływ związków amonowych na kwasowość gleby. Kalkulując siłę zakwaszania i zestawiając z równoważnikiem wapniowym (CaO), przyjmuje się, że w celu zrównoważenia jednego kilograma azotu potrzeba:

- 1,5-2,0 kg CaO dla saletry amonowej, mocznika, wody amoniakalnej, RSM;

- 2,7 kg CaO dla fosforanu amonu dwu-amonowego;
- 3,5 kg CaO dla siarczanu amonu, fosforanu amonu jedno-amonowego.



Nawóz	Wpływ na zmianę pH
Siarczan amonu	silnie zakwaszający
Siarczan glinu	silnie zakwaszający
Saletra amonowa (azotan amonu)	zakwaszający
Saletrzaki - saletra amonowa z domieszką wapieni	zakwaszający
Mocznik	zakwaszający
RSM (roztwór saletrzano-mocznikowy)	zakwaszający
Fosforan amonu pojedynczy	zakwaszający
Fosforan amonu podwójny	zakwaszający
Superfosfat potrójny	zakwaszający
Superfosfat pojedynczy	zakwaszający
Siarka	zakwaszający
Gnojowica	zakwaszający
Obornik	lekko zakwaszający
Sól potasowa (chlorek potasu)	neutralny
Siarczan potasu	neutralny
Gips (siarczan wapnia)	neutralny
Siarczan magnezu	neutralny
Fosforan amonowo-magnezowy	neutralny
Saletra sodowa (azotan sodu)	alkalizujący
Saletra potasowa (azotan potasu)	alkalizujący
Wapno węglanowe wapniowe	alkalizujący
Wapno węglanowe wapniowo-magnezowe (dolomit)	alkalizujący
Wapno tlenkowe	alkalizujący

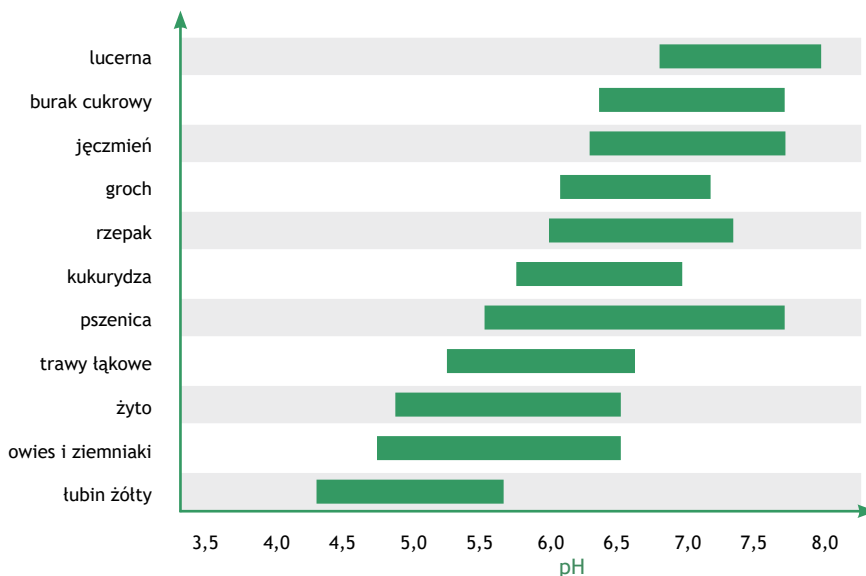
Tab. 2. Wpływ nawozów na zmiany odczynu gleby.

ROLA ODCZYNU GLEBY W WIELKOŚCI I EFEKTYWNOŚCI PRODUKCJI ROLNEJ

Ponieważ odczyn gleby decyduje o wielkości i jakości plonów uzyskiwanych w gospodarstwie, wiedza rolnika dotycząca roli odczynu oraz wymagań roślin uprawnych związanych z pH jest niezwykle istotna dla dobrego i efektywnego zarządzania produkcją roślinną.

Znajomość wymagań oraz tolerancji odczynu gleby dla różnych gatunków roślin uprawnych (rys. 4) pozwala na ułożenie właściwego płodozmianu, zgodnego z aktualnym stanem gleby, oraz zaplanowanie programu zabiegów poprawiających jej pH.

Warto pamiętać, że odczyn gleby wpływa głównie na stan i funkcjonowanie środowiska glebowego. Decyduje o właściwościach chemicznych, biologicznych i fizycznych gleby, co w rezultacie przekłada się na wielkość produkcji roślinnej.



Rys. 4. Optymalne pH dla roślin uprawnych.

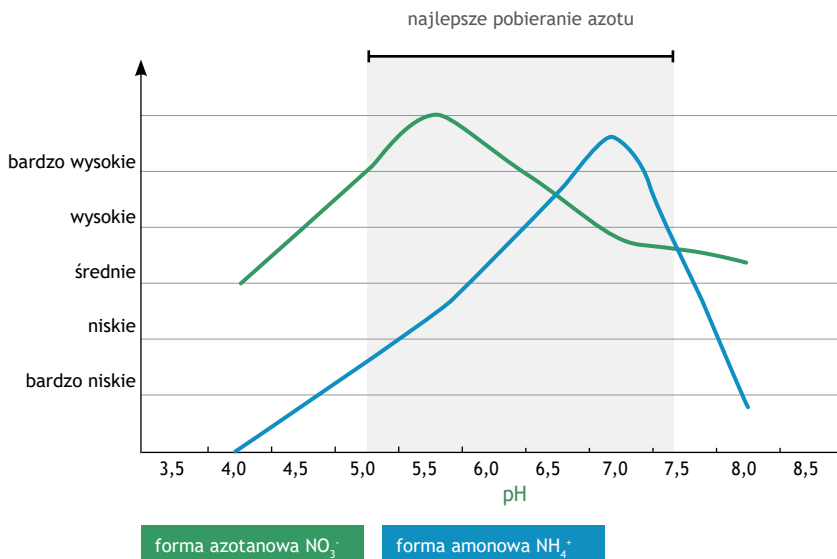


WPŁYW ZAKWASZENIA NA CHEMIĘ GLEBY

Wzrost, odporność na czynniki stresowe i ostatecznie plonowanie roślin zależą w głównej mierze od żyzności gleby. Decyduje o niej poziom zasobności w przyswajalne formy składników pokarmowych.

Odczyn gleby w dużym stopniu wpływa na gospodarkę i dostępność makroelementów (N, P, K, S, Ca, Mg), mikroelementów (Mn, Mo, B, Fe, Zn, Cu), jak i metali ciężkich (rys. 8).

Makroelementy - pożądany odczyn dla tej grupy składników pokarmowych waha się w przedziale 5,6 - 7,2.



Rys. 5. Symulacja szybkości pobierania form azotu (N) w zależności od pH.

Azot (N)

Występuje w glebie w formach organicznie związanych (do 99%, w próchnicy, organizmach glebowych i nierozłożonej materii organicznej) oraz w formach mineralnych. Azot mineralny spotykany jest głównie w formie amonowej, rzadziej w azotanowej, w śladowych ilościach - w azotynowej. Formy organicznie związane są bardzo trwałe i z tego względu niedostępne bezpośrednio dla roślin. Formy amonowa i azotanowa stanowią główne źródło pobieranego azotu, jednak forma azotanowa jest najchętniej pobierana przez rośliny. Wpływ pH na przemiany, pobieranie i straty azotu jest znaczący. Przy niższym odczynie gleby (rys. 5) rośliny łatwiej pobierają formy saletrzane, przy wyższym - amonowe. Niski odczyn gleby oraz warunki beztlenowe blokują proces nitryfikacji, powodują straty gazowe oraz wpływają na nietrwałość azotanów i azotynów, które ostatecznie są wypłukiwane lub ulegają przemianom do azotu cząsteczkowego. Jest to najważniejsza przyczyna strat azotu w glebie.

Fosfor (P)

W glebie występuje zarówno w związkach mineralnych, jak również w organicznych. Proporcja między pierwszą postacią a drugą waha się od 1:1 dla gleb mineralnych, do 1:3 dla gleb organicznych. Aby fosfor organicznie związany mógł być wykorzystany przez rośliny, konieczna jest jego mineralizacja. Fosfor mineralny występuje natomiast w różnych formach, co wpływa na jego pobieranie. Do ważnych czynników wpływających

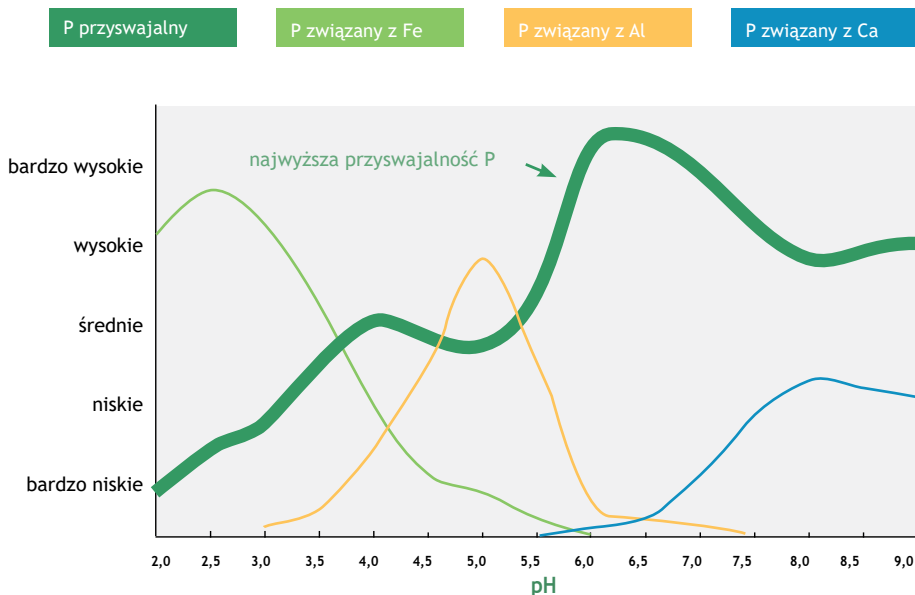
na ilość przyswajalnego fosforu, obok zawartości substancji organicznej, należy odczyn gleby (rys. 6). Najlepszego efektu wykorzystania potencjału glebowego i nawożenia należy oczekiwać w granicach pH 6,0-7,0 na glebach mineralnych i 5,5-6,5 na glebach próchniczno-piaszczystych. W zbyt niskim pH fosfor wiąże się trwale z żelazem (Fe) i glinem (Al), natomiast w zasadowym - z wapniem (Ca).

Potas (K)

Jego źródłem w glebie jest skała macierzysta. Gleby wytworzone z utworów gliniastych są zasobniejsze w potas niż organiczne czy lekkie, piaszczyste. Odczyn nie ma wpływu na dostępność K dla roślin, wpływa natomiast na stopień absorbowania przez kompleks glebowy. Niski odczyn sprzyja wymywaniu jonów potasowych z gleby. Na glebach lekkich i silnie zakwaszonych straty potasu mogą być bardzo duże. Wysoki poziom wypłukania wpływa na obniżenie ilości dostępnego potasu i obniża procent wykorzystania nawożenia.

Siarka (S)

W glebie występuje zwykle w formie organicznej (do 90%); w nieorganicznej - jako siarka tzw. dostępna (jony siarczanowe). Najtrudniej dostępna jest w postaci siarczków żelaza oraz siarczanów wapnia. Siarka organiczna staje się dostępna po mineralizacji. Rośliny pobierają ją głównie poprzez jony siarczanowe z roztworu glebowego i w formie dwutlenku siarki z powietrza. Największe stężenie jonów siarczanowych w roztworze glebowym występuje przy pH 4,0-7,0. Jest to najbardziej optymalny przedział kwasowości dla tego pierwiastka.



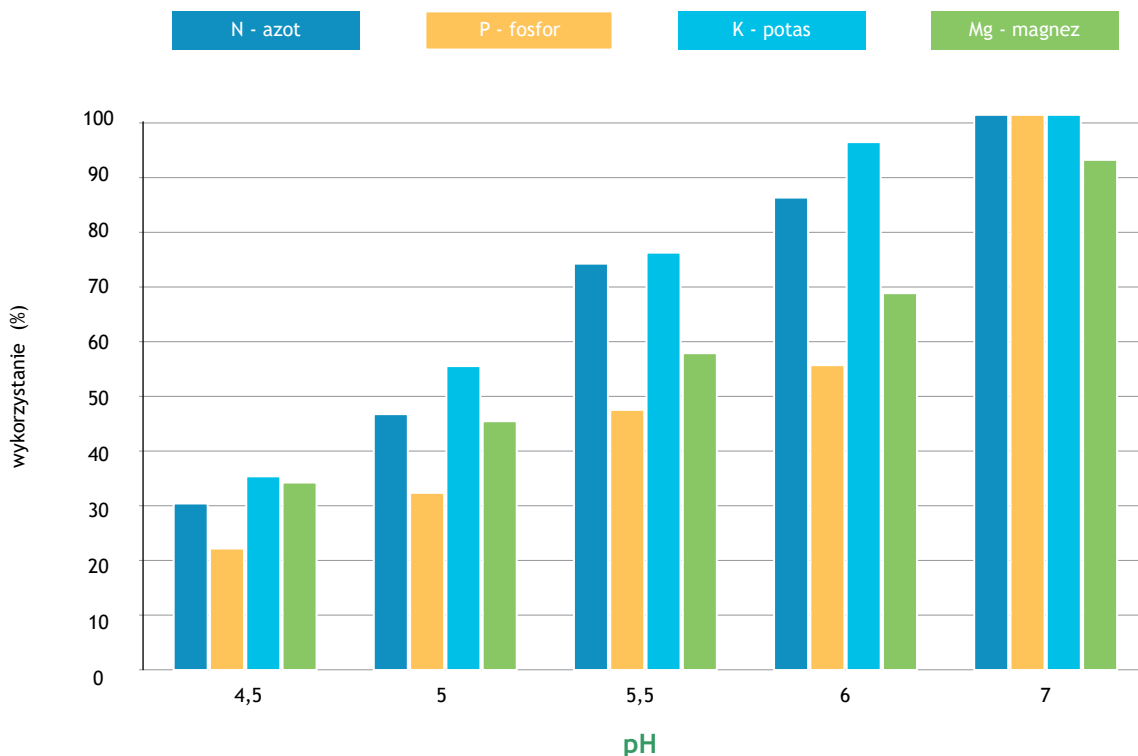
Rys. 6. Ilość fosforu przyswajalnego oraz występowanie form związanych

Wapń i Magnez (Ca, Mg)

Należą do grupy pierwiastków alkalicznych, dlatego też mają znaczenie nie tylko jako składniki pokarmowe, ale również jako regulatory odczynu gleby. Występują w glebie przede wszystkim w formie mineralnej, a tylko w niewielkiej ilości w formie organicznej. Wapń

jest głównym pierwiastkiem w kompleksie sorpcyjnym, natomiast poziom magnezu jest tam zdecydowanie niższy. Najbardziej pożądanym stosunkiem Ca do Mg jest 6-8 : 1. Większa zawartość jonów magnezowych w stosunku do wapniowych działa na rośliny toksycznie. Ze względów żywieniowych niedobory wapnia występują

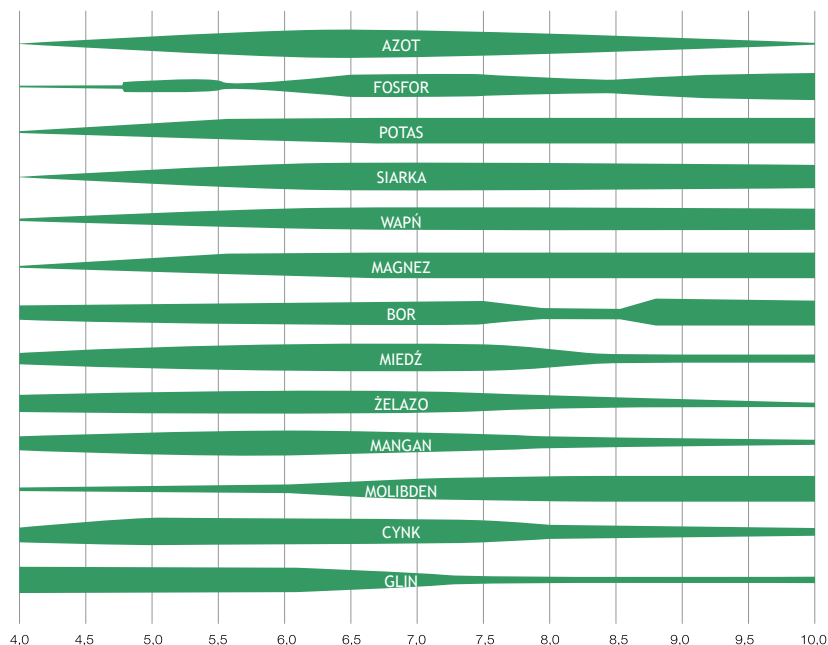
niezwykle rzadko. Niedobory magnezu są częstsze i mają miejsce na glebach o niskim pH. Jednak najważniejszą rolą obu pierwiastków, a zwłaszcza wapnia, jest regulacja odczynu, mająca wpływ na wiele cech gleby, między innymi na wykorzystanie składników pokarmowych (rys. 7).



Rys. 7. Stopień wykorzystania potencjału nawozowego głównych makroelementów.

Mikroelementy

Pożądana dla nich kwasowość to 5,0-6,5. Większość ma najlepszą przyswajalność w odczynie lekko kwaśnym i kwaśnym (rys. 8). Tylko molibden wymaga odczynu obojętnego. Dlatego na glebach zasadowych ważne jest dokarmianie roślin mikroelementami. Regulacja odczynu na glebach lekkich, ubogich w mikroelementy powinna odbywać się maksymalnie do pH 6,0. W glebie występuje jeszcze wiele innych pierwiastków wpływających na kondycję roślin. Spośród nich najistotniejszą grupę stanowią metale ciężkie, np. kadm, chrom, rtęć i ołów. Ich przyswajalność zależy także od pH; w kwaśnej glebie - rośnie, a przy odczynie obojętnym i zasadowym maleje. Prowadzi to do sytuacji występowania w środowisku kwaśnym dużej ilości metali ciężkich, co wpływa na obniżenie plonowania oraz jakość plonu. W środowisku kwaśnym niektóre pożądane mikroelementy mogą występować w zbyt dużych toksycznych stężeniach (np. mangan). W środowisku zasadowym, zwłaszcza na glebach lekkich i ubogich w mikroelementy, może wystąpić zjawisko niedoboru niektórych pierwiastków. Stąd najbardziej pożądany jest lekko kwaśny, zbliżony do obojętnego, odczyn gleby. W takim pH metale ciężkie są zablokowane, makroelementy i niektóre mikroelementy (molibden) łatwo dostępne, a pozostałe mikroelementy



Rys. 8. Przyswajalność mikro- i makroelementów

dostępne na poziomie optymalnym. W zależności od pH kształtuje się dostępność glinu (rys. 8). W sytuacji wysokiego zakwaszenia gleby następuje wzrost stężenia jonów potencjalnie toksycznych dla korzeni roślin (Al^{3+} , Mn^{2+}) oraz wzrost intensywności procesów rozkładu stałej fazy gleby, co zapoczątkowuje proces jej degradacji. Sytuacja staje się zdecydowanie niebezpieczna przy pH poniżej 5,0. Dochodzi wtedy do zakłócenia prawidłowego rozwoju i funkcjonowania systemu korzeniowego roślin. Należy również podkreślić, że objawy zatrucia pojawiają się zbyt późno i często mylone są z objawami niedoboru składników pokarmowych lub chorobami roślin.



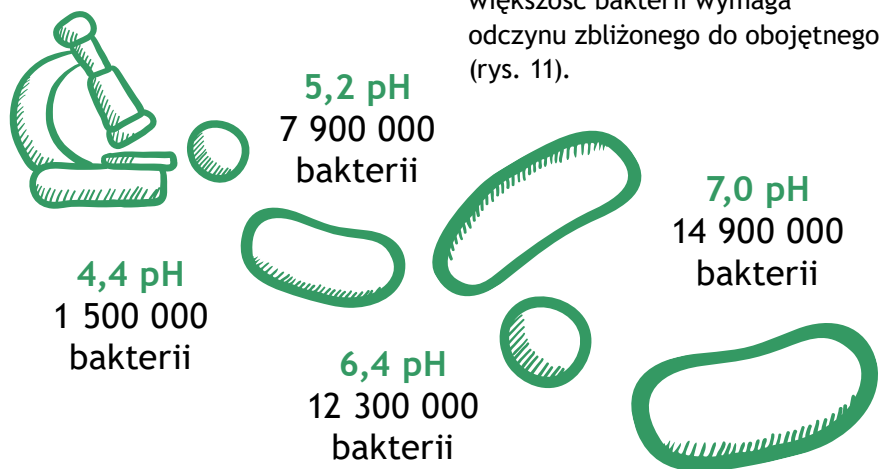
Rys. 9. Plantacja pszenicy z objawami zatrucia glinem w miejscach wypadnięcia roślin pH poniżej 4,0.



WPLYW PH NA ŻYCIE BIOLOGICZNE GLEBY

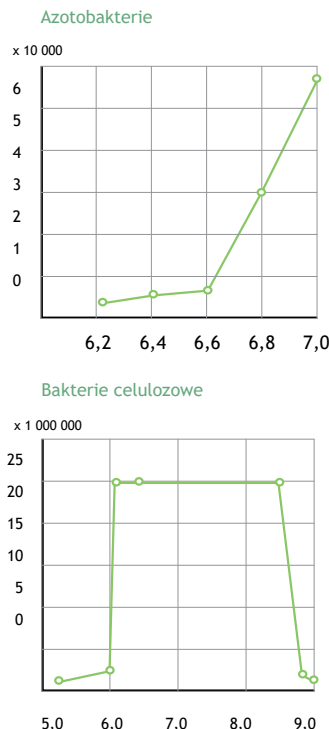
Żyzna, biologicznie żywa gleba jest doskonałym środowiskiem dla wzrostu i rozwoju roślin. W procesie tym główną rolę odgrywają organizmy glebowe, takie jak: bakterie, grzyby, glony, promieniowce, a spośród organizmów wyższego rzędu-dżdżownice.

Liczba i masa poszczególnych mikroorganizmów zależy przede wszystkim od odczynu gleby. Liczba np. bakterii w odczynie bardzo kwaśnym może być nawet dziesięciokrotnie niższa niż w obojętnym (rys. 10).



Rys. 10. Wpływ odczynu gleby na liczbę bakterii glebowych.
jednostka szt./1g gleby

Należy zauważyć, że chociaż niektóre z bakterii mogą funkcjonować w odczynie kwaśnym - na przykład bakterie kwasu mlekowego - hamujące rozwój grzybów, głównie z rodzaju *Fusarium*, to jednak większość bakterii wymaga odczynu zbliżonego do obojętnego (rys. 11).



Rys. 11. Zmiana liczebności niektórych z bakterii w zależności od odczynu gleby.

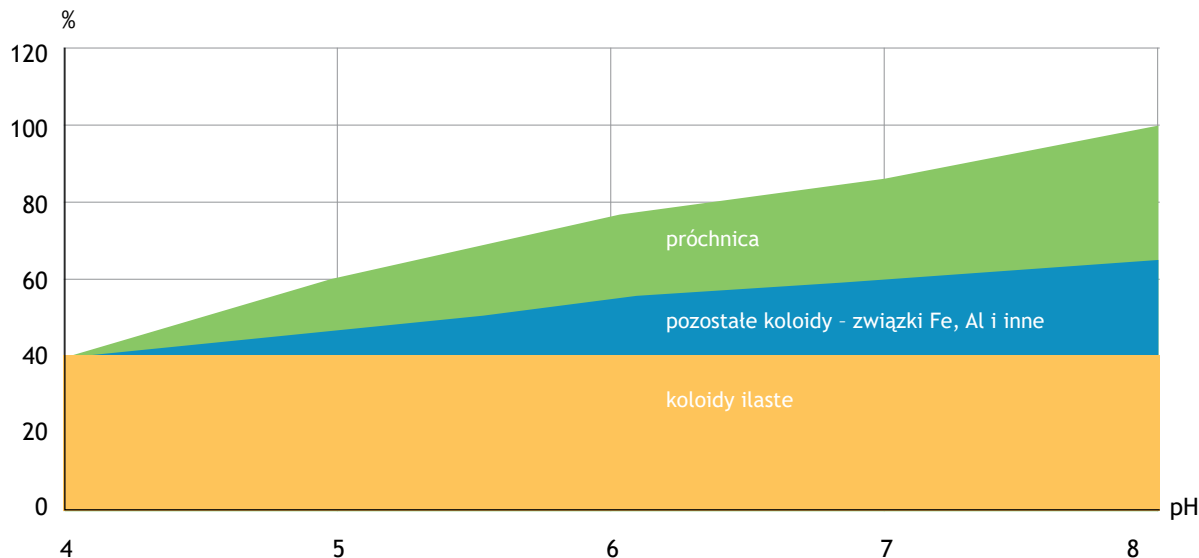
Spośród mikroorganizmów (ok. 18 t/ ha) najważniejszą rolę w życiu biologicznym gleby odgrywają bakterie (8 t/ha) odpowiedzialne za przemiany azotu i węgla. Pozostałe: grzyby (7 t/ha) oraz promieniowce (1,5 t/ha) mają mniejsze znaczenie.

WPŁYW ZAKWASZENIA NA KOMPLEKS SORPCYJNY

Sorpcja glebowa ma ogromne znaczenie dla gospodarki składnikami pokarmowymi, odpowiada za ich magazynowanie, zapobiega wymywaniu, reguluje i kieruje odżywianiem roślin. Za intensywność zjawiska sorpcji odpowiada kompleks sorpcyjny gleby, nazywamy układem koloidalnym gleby. Układ koloidalny to zestaw bardzo

mocno rozdrobnionych elementów cząstek stałych pochodzenia mineralnego, organicznego i mineralno-organicznego. Dzięki silnemu rozdrobnieniu cząsteczki te mają ogromną powierzchnię czynną w stosunku do masy, co w dużym stopniu wpływa na znaczną pojemność sorpcyjną tego układu. Ze względu na swoją budowę układ koloidalny stanowi

magazyn głównie dla kationów, w mniejszym stopniu dla anionów. Odczyn gleby ma duży wpływ na funkcjonowanie kompleksu sorpcyjnego opartego na cząstkach pochodzenia organicznego (próchnica) oraz organiczno-mineralnego - związki organiczne z żelazem (Fe), glinem (Al), wapniem (Ca) oraz magnezem (Mg). W układach koloidalnych w środowisku kwaśnym wodor jest trwale związany z tymi grupami i trudno wymienia się z innymi kationami. Wraz ze wzrostem odczynu, zwiększa się pojemność sorpcyjna gleby (rys. 12).



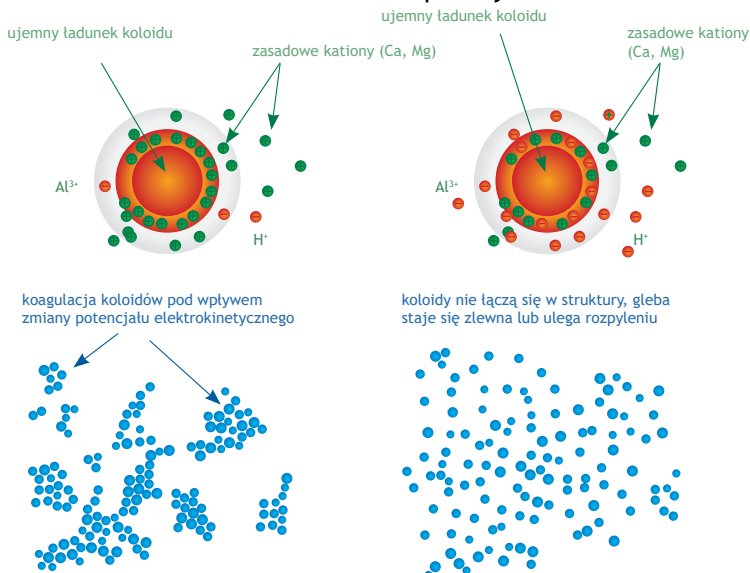
Rys. 12. Zmiany pojemności kompleksu sorpcyjnego w zależności od pH.

WPŁYW ODCZYNU NA KONDYCJĘ I STRUKTURĘ GLEBY

Struktura gleby zależy od wielu czynników - rodzaju gleby, ilości substancji organicznej, aktywności biologicznej, odczynu gleby, rodzaju uprawy, obciążeń w uprawie, a także od gospodarki wodnej. Struktura gleby, która określa ilość i kształt porów, to przestrzenne rozmieszczenie statycznych składników glebowych. Najbardziej pożądanym rodzajem struktury jest struktura

agregatowa (gruzelkowata i ziarnista), zapewniająca odpowiednią ilość porów, które są zmiennie wypełniane powietrzem i wodą. Takie warunki stwarzają odpowiednie dla rozwoju roślin stosunki powietrzno-wodne w glebie.

Pojedyncze cząsteczki koloidów mogą się łączyć w większe skupienia i tworzyć grudki zwane agregatami. Proces ten przebiega na dwa sposoby:



Rys. 13. Zjawisko koagulacji koloidów wynikające z dobrego wysycenia koloidów kationami zasadowymi (CaO, MgO)

1. Poprzez warstewki hydratacyjne - proces ten nazywamy flokulacją. Zachodzi on pod wpływem tzw. flokulatorów, takich jak: substancje organiczne, nagłe zmiany wilgotności, temperatury (zamarzanie i odmarzanie gleby).

2. Poprzez łączenie się koloidów na skutek obniżenia potencjału elektrokinetycznego powierzchniowych warstw koloidów. Proces ten nazywamy koagulacją (rys. 13). Zachodzi on w wyniku nagromadzenia dużej ilości kationów zasadowych w koloidach glebowych. Dlatego duże wysycenie kompleksu jonami wapnia i magnezu wpływa korzystnie na tworzenie się optymalnej struktury gleby dla roślin. Wobec czego wapnowanie należy traktować nie tylko jako zabieg zmieniający odczyn, ale również prowadzący do wzrostu wypełnienia kompleksu glebowego wapniem i magnezem. W rezultacie prowadzi to do poprawy funkcjonowania układu koloidalnego i wpływa na dostępność składników pokarmowych dla roślin.

NISKIE PH PRZYCZYNĄ NIŻSZEJ ŻYZNOŚCI I WYŻSZYCH KOSZTÓW NAWOŻENIA

Gleba, ulegając powolnemu zakwaszeniu, staje się mniej żyzna i mniej produktywna zarówno w uprawach na gruntach ornych, jak i na użytkach zielonych. Pogarsza się także jej życie biologiczne, co wpływa na gospodarkę azotem i zły bilans pozostałych substancji odżywczych. Odczyn staje się niebezpiecznie niski dla plonów, kiedy pH spada poniżej 5,5 dla gruntów ornych i poniżej 5,0 dla łąk i pastwisk. Analizując wpływ odczynu gleby na tak wiele procesów, możemy stwierdzić, że pH w znacznym stopniu decyduje o żyzności gleby. Potwierdza to analiza czynników wpływających na żyzność gleby (ŻG) ujętych we wzór:

$$\text{ŻG} = \Sigma (\text{fZAS}, \text{fBGL}, \text{fKLI}, \text{fFIZ}, \text{fCHE}, \text{fBIO})$$

Σ - suma

f - funkcja (zmiennosc czynnika)

ZAS - zasobność gleby

BGL - budowa profilu glebowego

KLI - klimat

FIZ - właściwości fizyczne gleby

CHE - właściwości chemiczne gleby

BIO - właściwości biologiczne gleby

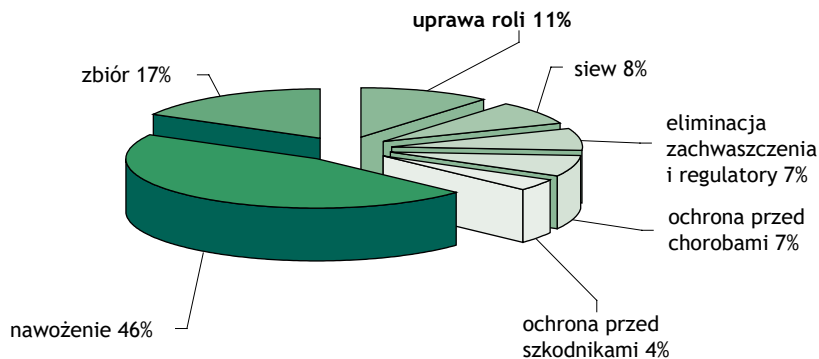
We wzorze ujęto sześć najważniejszych czynników decydujących o żyzności gleby; odczyn gleby decyduje aż o trzech. Wiąże się to z wieloma bezpośrednimi i pośrednimi kosztami (tab. 3).

Element kosztów	Przyczyny
Produktywność poniżej potencjału, niższe plony i brak zysku lub niski zysk	- Wskaźnik spadku plonu w stosunku do potencjału: <u>rośliny uprawne</u>: zboża 40%, oleiste 65%, strączkowe 50%, uprawy paszowe 30%; <u>rośliny rolnicze</u>: warzywa 45%, drzewa owocowe 25%. - Wielkość straty plonu zmienia się w zależności od wrażliwości gatunku na kwaśne środowisko glebowe.
Wzrost nakładów na produkcję	- Nakład pracy jest znacznie wyższy na glebach o pogorszonej strukturze. - W celu zrównoważenia pogorszonego bilansu nawozowego obniżonym odczynem gleby, wymagany jest wyższy poziom nawożenia mineralnego.
Mniejsza ilość roślin w płodozmianie	Zakwaszona gleba wyraźnie ogranicza możliwość doboru roślin do płodozmianu. Niemożliwa jest uprawa lucerny, rzepaku, jęczmienia i roślin strączkowych, bardzo wrażliwych na zakwaszenie gleby.
Trwała degradacja gleby	W silnie zakwaszonej glebie (pH < 4,5), kompleks glebowo-mineralny ulega erozji, a wiele substancji odżywczych podanych zostaje przemianom chemicznym prowadzącym do zablokowania dostępności, co w rezultacie ogranicza możliwości żywieniowe gleby. Pogarszają się struktura glebowa oraz stosunki powietrzno-wodne. Zmniejsza się pojemność wodna.
Niższa jakość plonu	Ze względu na zakwaszenie od 15% do 20% spada jakość przewidywanych plonów.
Straty dla środowiska rolniczego	Regionalna i lokalna gospodarka rolna i rolno-spożywcza funkcjonuje gorzej, jeśli w regionie obniża się średnia produktywność. Niższe dochody gospodarstw pociągają za sobą niższe dochody dla firm związanych z rolnictwem, a tym samym pogarszają kondycję całej gospodarki.



POBIERANIE PRÓB I ANALIZY GLEBY JAKO WAŻNE ŹRÓDŁO WIEDZY

Badanie gleby to najlepszy sposób wyboru właściwych zabiegów regulacji odczynu, doboru nawozów i planowania wielkości dawek. Zasada ta dotyczy w równym stopniu wapnowania i nawożenia makroskładnikami. Jest to bardzo ważne, zwłaszcza jeżeli przeanalizujemy wielkość kosztów ponoszonych na nawożenie w uprawie (rys. 14). Regulacja odczynu oraz odpowiednio zbilansowane nawożenie daje możliwość zmniejszenia kosztów i pozwala na właściwe prowadzenie upraw w każdym gospodarstwie rolnym. Można powiedzieć, że plan nawozowy jest tak dobry jak przeprowadzone analizy glebowe.



Rys. 14. Analiza kosztów bezpośrednich wg zabiegów agrotechnicznych.

Dobry plan badań glebowych można podzielić na cztery etapy:

1. Pobieranie próbek glebowych.
2. Analiza próbek.
3. Analiza wyników.
4. Zalecenia nawozowe.

Przy planowaniu poboru próbek glebowych należy pamiętać o możliwości skorzystania z pomocy

doradców wojewódzkich stacji chemicznych lub z usług firm zajmujących się pobieraniem i analizą próbek. Z racji często popełnianych błędów, warto poznać podstawowe zasady poboru próbek, gdyż element ten decyduje o miarodajności informacji uzyskanych z laboratorium. Właściwie pobrane próbki możemy przekazać przedstawicielowi

stacji chemicznej lub innemu autoryzowanemu laboratorium.

Po analizie próbek w laboratorium otrzymamy zwykle wyniki z badań oraz zalecenia nawozowe, które pozwolą właściwie dobrać nawozy oraz odpowiednio je dawkować.

Obecnie metody analiz glebowych określają pewną część substancji odżywczych z całkowitej ich zawartości. Podczas testu ta część jest usuwana przez ekstrakcję rozpuszczalnikami próby glebowej w określonym czasie. Roztwór zawierający wydobyte makro i mikroelementy odsącza się od gleby poprzez filtrację. Otrzymany przesącz jest następnie analizowany.

Niski poziom poszczególnych składników uzyskany w teście glebowym informuje nas o ubogiej zasobności w składniki pokarmowe, które powinny zostać uzupełnione poprzez zastosowanie nawozów mineralnych. Ilość składnika, jaka powinna zostać wprowadzona do gleby, jest wyznaczana na podstawie analizy glebowej i znajomości korelacji pomiędzy brakami a ilością potrzebną do wniesienia w określonych nawozach.

Wybór terminu pobierania próbek

Ponieważ zawartość składników glebowych zmienia się w trakcie sezonu wegetacyjnego, próby należy pobrać możliwie najbliżej siewu lub zastosowania nawozów. Idealny termin to 2 do 4 tygodni przed terminem siewu lub wysiewu nawozów. Warto pamiętać, że pobieranie prób z gleby bardzo wilgotnej, wysuszonej czy zamarzniętej nie wpływa na wynik analiz, ale może być w tych warunkach fizycznie trudne. Nie należy natomiast pobierać prób z gleby pokrytej śniegiem. Na pobranie próby, dostarczenie jej do laboratorium i otrzymanie wyników trzeba przeznaczyć od 1 do 3 tygodni.

Częstotliwość pobierania próbek

Optymalnym rozwiązaniem jest coroczny pobór prób przed planowanym nawożeniem; częstotliwość taka nie jest jednak konieczna, chyba że wprowadzamy do płodozmianu nowe rośliny i nawożenie naturalne lub rezygnujemy z nawożenia naturalnego. Standardowo próby glebowe należy pobierać przynajmniej raz podczas jednego cyklu płodozmianu (co 3-4 lata). Otrzymane wyniki należy

zachować, pozwala to ocenić zmiany w plonowaniu, efekty nawożenia itp.

Procedura poboru próbek glebowych

Jednym z najważniejszych elementów przy poborze próbki glebowej jest jej reprezentatywność. Musi być pobrana z obszaru o zbliżonych wymaganiach nawozowych. Jeżeli próbka nie jest reprezentatywna, otrzymane wyniki i zalecenia mogą wprowadzić nas w błąd.

Właściwą kolejność czynności przy pobieraniu prób ilustruje rys. 15.

Kilka zasad, których należy przestrzegać podczas pobierania prób, zasługuje na szczególną uwagę. Po pierwsze, musimy mieć pewność, że narzędzia wykorzystywane do poboru próbki nie są zanieczyszczone, zwłaszcza nawozem. Nawet odrobina nawozu w postaci pyłu może poważnie wpłynąć na wyniki analiz. Nie należy używać naczyń galwanizowanych, zwłaszcza jeśli badamy glebę na zawartość cynku (Zn). Jeżeli pobieramy próby do analizy na zawartość żelaza (Fe) lub manganu (Mn), nie możemy dopuścić do wysuszenia próby przed dostarczeniem jej do laboratorium.



Rys. 15. Kroki do sporządzenia próbki glebowej.

Jeśli pole, z którego ma być pobrana próba, cechuje zmienność topograficzna, należy podzielić je na obszary ze stosunkowo jednolitą glebą (rys. 16), nie na równe kwadraty. Jeżeli dzieląc pole przed pobraniem próby, uzyskamy obszary, których z racji niewielkiej powierzchni nie będziemy mogli uwzględnić przy nawożeniu jako oddzielne arealty, wtedy je pominiemy.



Rys. 16. Pole podzielone na obszary zidentyfikowane do pobierania prób zbiorczych.

- A1 - płaski teren
- A2 - płaski teren
- A3 - organiczne wilgotne zagłębienie
- A4 - lekkie zbocze
- A5 - strome zbocze
- A6 - bardzo strome zbocze erozyjne
- A7 - płaski teren
- A8 - szczyt góry

Miejsca, które pomijamy przy pobieraniu prób:
 E - miejsca o małym obszarze zmienione erozyjnie
 O - obrzeże pola (szer. 5 m)

W celu sporządzenia jednej zbiorczej próby należy pobrać próbki gleby z kilku różnych miejsc. Liczba pobranych próbek zależy od jednolitości i wielkości badanego obszaru (tab. 4). Absolutnie konieczne jest wykonanie minimum 10 pobrań na jedną próbę do analizy. Jednak im większa jest ich liczba, tym próba zbiorcza jest bardziej miarodajna i lepiej reprezentuje badany obszar.

Powierzchnia	Liczba próbek
Poniżej 2 ha	15
2-4 ha	18
4-10 ha	20

Tab. 4. Liczba próbek cząstkowych zalecanych do sporządzenia reprezentatywnej próby glebowej w zależności od wielkości pola.

Pobranie próbek cząstkowych należy wykonać w sposób dowolny i przypadkowy, poruszając się po polu zygzakiem lub spiralnie, co gwarantuje dużą reprezentatywność próby zbiorczej. Jeżeli całkowita ilość gleby, którą uzyskamy przy poborze, jest za duża, należy daną próbę bardzo dobrze wymieszać i z niej pobrać mniejszą próbkę, o objętości co najmniej pół litra i masie przynajmniej pół kilograma.

Głębokość pobierania próbek

Niezwykle istotnym elementem procesu pobierania prób jest głębokość poboru, która może w zdecydowany sposób wpłynąć na wynik analiz. Głębokość pobieranych próbek zależy od grubości warstwy uprawnej, kultury gleby i głębokości uprawy.

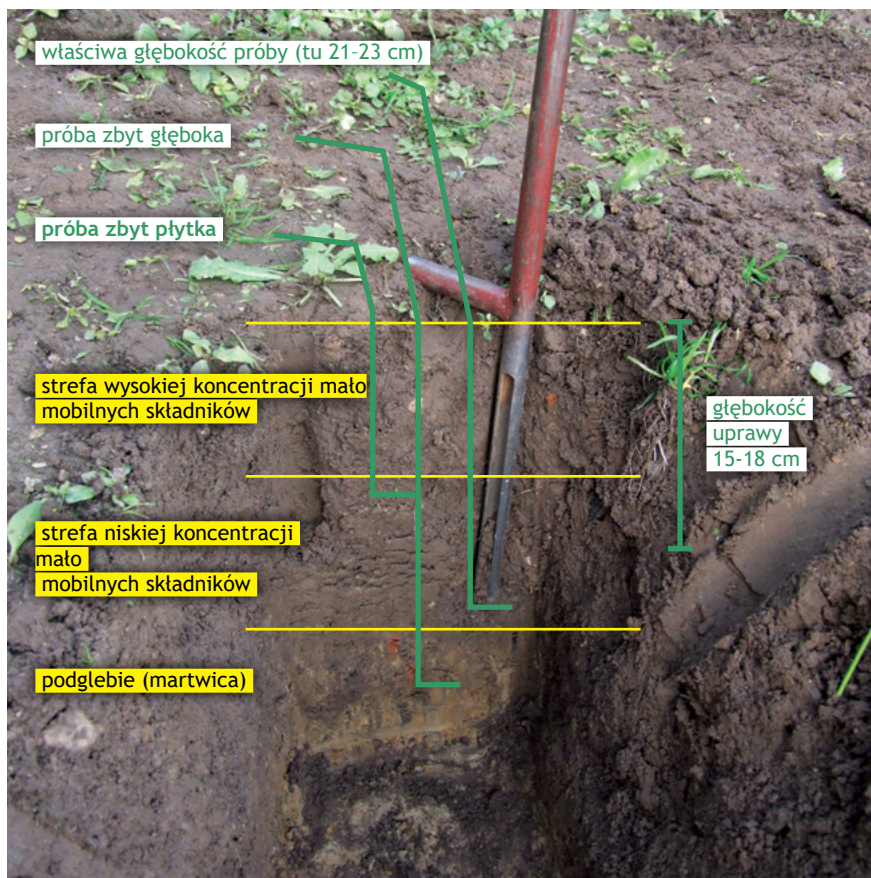
Ze względu na największą objętość systemu korzeniowego, dużą biologiczną aktywność i najwyższą koncentrację składników pokarmowych w powierzchniowej warstwie, analizie poddaje się glebę do 20-30 cm głębokości, w Polsce średnio 20 cm. Głębokość pobierania próbek jest szczególnie ważna dla substancji

niemobilnych oraz odczynu gleby. Powierzchniowa strefa 10-15 cm zwykle jest bogatsza w składniki pokarmowe oraz ma wyższe pH. Pod tą strefą stężenie jest zwykle znacznie niższe. Dlatego tak ważna jest odpowiednia głębokość pobrania prób (rys. 17).

Postępowanie z próbkami

Pobrane próbki glebowe wymagają odpowiednich warunków, zapewniających możliwie najmniejsze zmiany substancji pokarmowych, wynikające z przemian biologicznych. Wilgotne próbki należy przechowywać - od momentu pobrania do chwili dostarczenia do laboratorium - w niskiej temperaturze. Można je zamrozić lub schłodzić w celu spowolnienia zachodzących procesów. Jeśli nie jest to możliwe, należy pozostawić je w suchym miejscu, w temperaturze pokojowej, i możliwie najszybciej dostarczyć do laboratorium.

Uwaga: Próbek bezwzględnie nie można suszyć gorącym powietrzem, spalinami, substancjami chemicznymi itp.

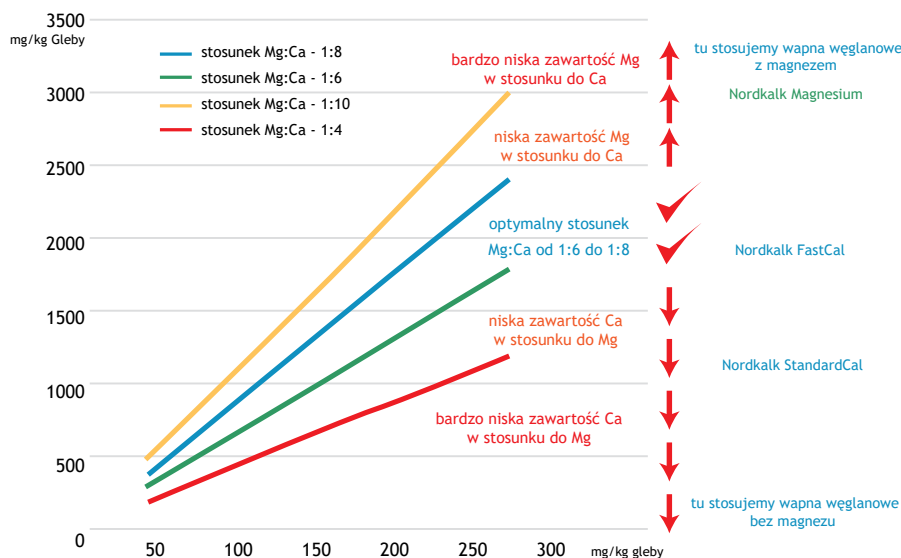


Rys. 17. Wpływ zbyt głębokiego lub płytkiego pobierania próbek na wyniki analizy pierwiastków mało mobilnych.

WYBÓR WAPNA

Wraz z wynikami badań próbek otrzymujemy zalecenia nawozowe, a z nimi zwykle sugerowany rodzaj wapna i jego dawkę. Jednak wytyczne te są zwykle dość ogólne i często określają tylko wielkość dawki alkaliczującej, podaną w ilości CaO na 1 ha.

Jeżeli posiadamy reprezentatywne wyniki analiz, dobry program wapnujący możemy opracować samodzielnie. Pierwsza zasada dotyczy wyboru typu wapna. Na tym etapie szukamy pomiędzy produktami



Rys. 18. Wybór właściwego typu wapna ze względu na zasobność w magnez i wapń.

zawierającymi wyłącznie wapń oraz produktami wapniowo-magnezowymi, o większej lub mniejszej zawartości magnezu. Kryterium wyboru wapna nawozowego stanowi znajomość kategorii agronomicznej gleby, jej odczynu oraz zasobności w magnez. Na glebach bardzo lekkich i lekkich zachodzi równoległy proces zakwaszania i wymywania magnezu, co wymusza konieczność poprawy odczynu i regulacji zasobności w magnez. W takiej sytuacji co drugi zabieg wapnujący należy wykonać wapnem magnezowym. Przy podejmowaniu decyzji pomocne będą wyniki analiz glebowych z informacjami na temat zasobności w magnez oraz poziomu pH. We właściwym wyborze typu wapna może pomóc poniższy wykres (rys. 18). Jako istotne należy wskazać tu proporcje pomiędzy zasadowymi jonami wapnia i magnezu, gdzie ilość magnezu powinna być 6-8-krotnie niższa.

TLENEK CZY WĘGLAN - DYLEMAT WIELU ROLNIKÓW

Wapno palone działa tylko teoretycznie szybciej. Z matematycznego punktu widzenia siła odkwaszania jest jednakowa. Mechanizm działania nawozów wapniowych przedstawiono poniżej:

Wapno tlenkowe w glebie:
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$

Wapno węglanowe w glebie:
 $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \Rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{CO}_2$

Teoria szybszego działania wapna palonego wynika z tego, że forma tlenkowa wchodzi gwałtownie w reakcję z wodą, zmieniając odczyn miejscowo nawet do pH 12. Następnie odczyn ulega obniżeniu i po pewnym czasie trudno zauważyć różnice w stosunku do zastosowania wapna węglanowego (tab. 5). Gwałtowna zmiana odczynu nie jest pożądana, stąd wapna tlenkowe powinniśmy stosować tylko na gleby ciężkie, o dużym buforze.

Rodzaj gleby	pH wyjściowe	Forma zastosowanego wapna	Dawka CaO dt/ha	zmiana pH w 4 roku po wapnowaniu	zmiana pH w 6 roku po wapnowaniu
Gleba bardzo lekka	4,5	tlenek (1)	30	0,8	-
		węglan (2)	30	0,9	-
Gleba lekka	4,4	tlenek (1)	70	1,0	0,8
		węglan (2)	70	1,3	1,0
Gleba średnia	4,3	tlenek (1)	70	1,6	1,3
		węglan (2)	70	1,8	1,2
Gleba ciężka	4,5	tlenek (1)	100	1,8	1,4
		węglan (2)	100	2,1	1,7
Gleba bardzo ciężka	4,7	tlenek (1)	70	1,4	1,2
		węglan (2)	70	1,3	1,2

Tab. 5. Porównanie skutków neutralizacji wapna tlenkowego (palonego) i wapnieni węglanowych.

WYZNACZAMY Dawkę czystego składnika

Zalecenia dotyczące nawożenia wapnem stacje chemiczno-rolnicze sporządzają na podstawie tabeli opracowanej przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach (tab. 6).

Korzystając z tej tabeli, w prosty sposób możemy samodzielnie wyznaczyć dawkę wapna. Zalecenia wapnowania w Polsce podaje się w równoważniku tlenku wapnia (CaO).

W przypadku zastosowania wapna zawierającego magnez należy pamiętać, że siła alkalizująca magnezu jest wyższa od siły wapnia.

1 kg MgO równoważy
1,4 kg CaO

Zależność ta wynika z różnicy masy cząsteczkowej i pozwala na zastosowanie 71,5 kg MgO zamiast 100 kg CaO.

Kategoria agronomiczna gleb	Potrzeby wapnowania i odpowiadające im wartości pH									
	konieczne		potrzebne		wskazane		ograniczone		zbędne	
	pH	ton CaO/ ha	pH	ton CaO/ ha	pH	ton CaO/ ha	pH	ton CaO/ ha	pH	ton CaO/ ha
bardzo lekkie	<4,0	3,0	4,1-4,5	2,0	4,6-5,0	1	5,1-5,5	0,0	(>5,6)	0,0
lekkie	<4,5	3,5	4,6-5,0	2,5	5,1-5,5	1,5	5,6-6,0	0,0	(>6,1)	0,0
średnie	<5,0	4,5	5,1-5,5	3,0	5,6-6,0	1,7	6,1-6,5	1,0	(>6,6)	0,0
ciężkie	<5,5	6,0	5,6-6,0	3,0	6,1-6,5	2	6,6-7,0	2,0	-7	0,0

Zalecane dawki wapna nawozowego (t. CaO / ha) w zależności od pH gleby w KCl, dla poszczególnych kategorii gleby w celu doprowadzenia odczynu do optymalnego

OBLICZAMY DAWKĘ WAPNA

Znając zalecaną dawkę CaO i skład procentowy wapna, możemy wyznaczyć dawkę nawozu. Sytuacja nie komplikuje się, gdy sprawność nawozu wapniowego jest pełna (reaktywność zbliżona do 100%). Jednak w planowaniu wapnowania należy uwzględnić fakt, że nie wszystkie wapna mają tak wysoką jakość.

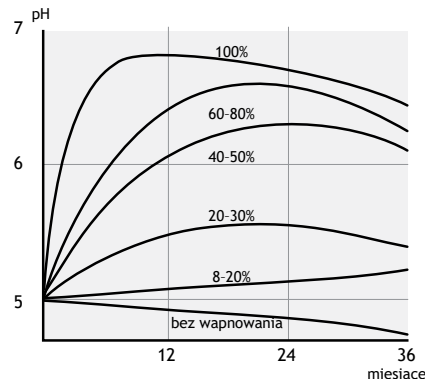
W każdym zilustrowanym powyżej (rys. 19) przypadku zastosowano dawkę wapna, która miała zneutralizować kwasowość gleby i podnieść jej pH do poziomu 7,0. Niestety, tylko produkt o 100% reaktywności był bliski celu.

W większości krajów zalecenia wapnowania wyliczono dla średniej reaktywności wynoszącej 70%. Biorąc ten fakt pod uwagę, powinniśmy skorygować dawkę wapna wyrażoną w ekwiwalencie (równoważniku) CaO w następujący sposób:

$$\text{Dawka skorygowana jakościowo CaO} = \frac{\text{zalecana dawka CaO} \times 70\%}{\% \text{ reaktywności}}$$

Wapno o reaktywności znacznie niższej zwiększy dawkę. Przy reaktywności zbliżonej do 100% dawka będzie nieco niższa. Według powyższego wzoru możemy bezpośrednio korygować dawkę konkretnego produktu.

W przypadku zastosowania wapna o wilgotności 10% i większej w korekcie dawki wapna należy uwzględnić również wilgotność materiału. Przy wilgotności wapna poniżej 10% parametr ten można pominąć.



Rys. 19. Zmiana odczynu gleby w wyniku zastosowania wapna o różnej reaktywności.

Można też posłużyć się następującymi wskazówkami:

Głębokość uprawy płużnej	Dostosowanie wymagań do wapnowania
Poniżej 17 cm	Podstawowe zalecenia x 0,8
18-23 cm	Bez korekty
23-29 cm	Podstawowe zalecenia x 1,5
Głębiej niż 30 cm	Podstawowe zalecenia x 1,8

Kolejnym czynnikiem, który należy uwzględnić przy wyliczaniu dawki wapna, są warunki glebowe uprawy. Jak już wspomniano, próbę glebową powinno pobierać się z głębokości 20 cm. Jednak jeśli ze względu na budowę profilu glebowego próbkę pobrano z innej głębokości, fakt ten należy uwzględnić, korygując dawkę według poniższego wzoru:

$$\text{Dawka skorygowana CaO} = \frac{\text{zalecana dawka CaO} \times \text{aktualna głębokość upraw}}{20}$$

Wyliczenie precyzyjnej dawki z uwzględnieniem wszystkich czynników może być dość żmudne, dlatego na stronie www.nordkalk.pl/produkty/wapno-nawozowe/ w dziale (rolnictwo / wapno) znajdują Państwo między innymi kalkulator obejmujący wszystkie omówione w tym miejscu szczegóły. Jak ważne są to szczegóły, pokazuje poniższy przykład:

Areal przewidziany do wapnowania - 20 ha. Gleba średnio ciężka, mineralna o pH 5,4, z zawartością magnezu na bardzo niskim poziomie. Ze względu na wyraźny niedobór magnezu rolnik podejmuje słuszną decyzję o wyborze wapna z magnezem (dolomitowego). Otrzymuje propozycję zakupu dwóch bardzo podobnych produktów:

Wapno nr 1

17% MgO + 30% CaO; minimum 45% CaO + MgO,
siła (liczba) zobojętniania 50, reaktywność 60%, wilgotność 5-6%; cena 100 zł /t

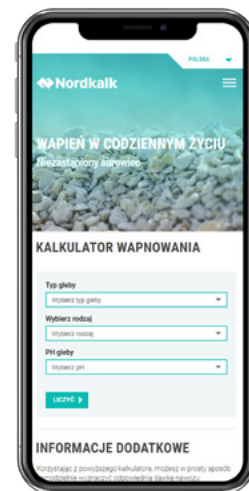
Wapno nr 2

15% MgO + 32% CaO; minimum 45% CaO + MgO,
siła (liczba) zobojętniania 50, reaktywność 35%, wilgotność 5-6%; cena 80 zł /t

Następnie wyliczamy dawki wapna:

$$\text{Wapno nr 1} \quad \frac{3 \text{ tony CaO} \times 100\%}{53,8\%} = 5,6 \text{ tony wapna}$$

$$\text{Wapno nr 2} \quad \frac{3 \text{ tony CaO} \times 100\%}{51\%} = 5,9 \text{ tony wapna}$$



Ponieważ wapna składem chemicznym są bardzo zbliżone, stąd dawki niewiele się różnią. Następnie korygujemy dawkę ze względu na jakość. Wilgotność ze względu na niski poziom możemy pominąć, natomiast korygujemy dawkę ze względu na reaktywność.

$$\text{Wapno nr 1} \quad \frac{5,6 \text{ t wapna} \times 70\%}{60\%} = 6,5 \text{ t wapna}$$

$$\text{Wapno nr 2} \quad \frac{5,9 \text{ t wapna} \times 70\%}{35\%} = 11,8 \text{ t wapna}$$

Obliczenie zalecanych dawek wapna wyraźnie różnicuje poszczególne produkty. Biorąc pod uwagę koszty zakupu wapna i koszty związane z logistyką, otrzymujemy następujące wyniki:

Wapno nr 1 - $6,5 \text{ t/ha} \times 100 \text{ zł} = 650 \text{ zł/ha}$
 $650 \text{ zł/ha} \times 20 \text{ ha} = 13\,000 \text{ zł}$
 $6,5 \text{ t/ha} \times 20 \text{ ha} = 130 \text{ t}$

Wapno nr 2 - $11,8 \text{ t/ha} \times 80 \text{ zł} = 944 \text{ zł/ha}$
 $944 \text{ zł/ha} \times 20 = 18\,880 \text{ zł}$
 $11,8 \text{ t/ha} \times 20 \text{ ha} = 236 \text{ t}$

Wnioski z powyższej analizy są jednoznaczne. Produkt nr 1 jest znacznie lepszym rozwiązaniem. Jego wybór pozwala zaoszczędzić 5 tys. zł oraz około 50% nakładu pracy - w przypadku wapna nr 1 wysiewamy dwukrotnie mniejszą ilość.



KIEDY WAPNOWAĆ?

Wapnować można w ciągu całego roku. Powszechnie zabieg ten wykonywany jest późnym latem i jesienią. Wapno wysiewamy równomiernie w dokładnie ustalonej dawce i dobrze mieszamy z warstwą orną gleby - najlepiej powierzchniowo, na głębokość 5-10 cm. Często stosowane jest też w ramach uprawek przedsiewnych. Wapnowanie wiosenne może być wykonane w ramach uprawek pod rośliny jare. Na terenach płaskich możliwe jest w okresie zimowym oraz pogłównie zarówno jesienne, jak i wiosenne.

Na podstawie przygotowanych zaleceń nawozowych skorygowanych ze względu na jakość i głębokość uprawy (warstwy 20-30 cm na gruntach ornych i 10-15 cm na użytkach zielonych) wyznaczamy ilości wapna do zastosowania w jednorazowej dawce. W celu zmniejszenia ryzyka zbyt silnego i szybkiego wzrostu pH, który uwstecznia mikroelementy i przyspiesza mineralizację substancji organicznej, należy stosować duże ilości tak, aby nie przekroczyć dawki 30 CaO/ha na glebach lekkich, 60 dt CaO/ha na średnich i 90 dt CaO/ha na glebach ciężkich. Warto wiedzieć, że przy uwzględnieniu aspektu ekonomicznego jednorazowa dawka nie powinna przekraczać 20 dt CaO na glebach lekkich i 40 dt CaO na glebach ciężkich.





Typ: węglanowy Źródło: Polska	
Parametry chemiczne*	
CaCO ₃ (węglan wapnia)	90-93%
CaO (tlenek wapnia)	>50%
MgCO ₃ (węglan magnezu)	ok. 1,5%
MgO (tlenek magnezu)	< 0,7%
Parametry fizyczne: przesiew	
< 2 mm	> 90%
< 0,5 mm	> 50%
Wilgotność	6-10%
*dotyczy suchej masy	

Wapno węglanowe Nordkalk Standard Cal

o bardzo wysokiej reaktywności chemicznej i dużej koncentracji węglanu wapnia (93-95%) powstaje w wyniku przerobu miękkich skał kamienia jurajskiego. Jest ono korzystnym ekonomicznie sposobem odkwaszania gleby, całkowicie bezpiecznym dla roślin uprawnych. Dzięki nieskrystalizowanej formie utrzymuje wilgoć w glebie, szybko (ale nie gwałtownie) podnosi odczyn pH gleby, uaktywnia składniki pokarmowe znajdujące się w glebie, reguluje stosunki wodno-powietrzne, korzystnie wpływa na tworzenie się struktury gruzelkowej. Sprzyja także rozwojowi pożytecznych mikroorganizmów (bakterii) i ogranicza ilość grzybów. Wapno Nordkalk Standard Cal przeznaczone jest do stosowania na wszystkich rodzajach gleb i we wszystkich okresach agrotechnicznych.



Typ: węglanowy Źródło: Polska	
Parametry chemiczne*	
CaCO ₃ (węglan wapnia)	90-93%
CaO (tlenek wapnia)	>50%
MgCO ₃ (węglan magnezu)	ok. 2%
MgO (tlenek magnezu)	ok. 1%
Parametry fizyczne: przesiew	
<0,125 mm	98%
< 2 mm	100%
< 0,5 mm	100%
Wilgotność	0,2%
*dotyczy suchej masy	

Wapno węglanowe Nordkalk Fast Cal

jest produktem o bardzo wysokiej reaktywności chemicznej (99%) i dużej koncentracji węglanu wapnia (93-95%), jego stosowanie jest relatywnie korzystnym ekonomicznie sposobem odkwaszania gleby, całkowicie bezpiecznym dla rośliny uprawnej. Dzięki optymalnemu rozdrobnieniu, 98% poniżej 0,125 mm, bardzo dobrze wchodzi w reakcję, szybko (ale nie gwałtownie) podnosi odczyn pH gleby, uaktywnia składniki pokarmowe znajdujące się w glebie, reguluje stosunki wodno-powietrzne, korzystnie wpływa na tworzenie się struktury gruzłkowej, sprzyja rozwojowi pożytecznych mikroorganizmów (bakterii), a ogranicza ilość grzybów. Już niewielka dawka Fast Cal (300-400 kg) zastosowana pogłównie na glebach o niskim odczynie pH wyraźnie poprawia kondycję roślin. Wapno Nordkalk Fast Cal przeznaczone jest do stosowania na wszystkich rodzajach gleb i we wszystkich okresach agrotechnicznych. Ze względu na bardzo małą wilgotność (0,2%) szczególnie polecane jest do stosowania w okresie zimy na zamrożoną glebę.



Magnesium

wapno

Typ: węglanowy Źródło: Estonia	
Parametry chemiczne*	
CaCO ₃ (węglan wapnia)	50%
CaO (tlenek wapnia)	28%
MgCO ₃ (węglan magnezu)	40%
MgO (tlenek magnezu)	19%
Parametry fizyczne: przesiew	
< 2 mm	> 96%
< 0,5 mm	> 50%
Wilgotność	6-10%
*dotyczy suchej masy	

Wapno węglanowe zawierające magnez

Nordkalk Magnesium

o dużej zawartości MgCO₃ (40%) jest cennym źródłem bardzo dobrej jakości magnezu, niezbędnym do prawidłowego rozwoju roślin, pozwalającym na uzyskanie wysokich plonów. Wapno Nordkalk Magnesium zwiększa odczyn pH gleby, uaktywnia składniki pokarmowe znajdujące się w glebie, reguluje stosunki wodno-powietrzne, wpływając na tworzenie się struktury gruzełkowej. Sprzyja także rozwojowi pożytecznych mikroorganizmów (bakterii) i ogranicza ilość grzybów (zwłaszcza powodujących kiłę kapustnych). Wapno Nordkalk Magnesium przeznaczone jest do stosowania na wszystkich rodzajach gleb oraz we wszystkich okresach agrotechnicznych. Ze względu na bardzo wysoką zawartość magnezu szczególnie polecane jest na glebach o niskiej jego zawartości i w gospodarstwach uprawiających rośliny wrażliwe na niedobory tego pierwiastka, np. buraki.





Nordkalk AtriGran

to idealnie skomponowany granulowany nawóz wapienny, udoskonalony o pierwiastek organiczny poprawiający skuteczność działania wapnia. Pozwala to na jego inteligentne, kompleksowe działanie. W rezultacie rolnicy otrzymują wyjątkowo wydajny produkt granulowany o regularnym kształcie i wysokiej skuteczności, spełniający wszelkie wymagania. Wapno Nordkalk AtriGran to naturalny wysokoreaktywny produkt węglanowy. Przeznaczony do poprawy odczynu gleby w krótkim czasie po zastosowaniu. Powinien być stosowany jako zaplanowany element agrotechniki, jak również interwencyjnie.

Nadaje się na wszystkie rodzaje gleb w rolnictwie, ogrodnictwie i sadownictwie.

Granulat jest stabilny i trwały, wygodny w transporcie i magazynowaniu. Nordkalk AtriGran to produkt całkowicie bezpieczny. Dzięki wykorzystaniu naturalnych składników, przyczynia się do poprawy jakości środowiska naturalnego i zdrowia ludzi.

Wapno Nordkalk AtriGran najlepiej stosować w uprawie roślin jednorocznych przedsięwzię, poza okresem wegetacji, od późnego lata do wczesnej wiosny. Wapno powinno być równomiernie rozsiane po polu i dokładnie wymieszane z glebą. Możliwe i bezpieczne jest również zastosowanie interwencyjne - pogłównie, we wczesnych fazach wegetacji. W uprawach wieloletnich i na użytkach zielonych stosujemy pogłównie, najlepiej późną jesienią.

Dostępne granulacje 1-4 mm i 4-8 mm.



Przeznaczenie

AtriGran jest szczególnie wskazany do regulacji pH gleby i uzupełnia zasobność w wapń.

Właściwości fizyko-chemiczne

Wapno węglanowe granulowane
NAWÓZ WE ŚRODEK WAPNUJĄCY
 Typ G1 Wapień naturalny / 1b Wapień - rozdrobniony

DEKLAROWANE WARTOŚCI:	
Całkowity tlenek wapnia (CaO)	50%
Liczba zubożenia	51%
Reaktywność (EN 13971)	min. 99%

Dawkowanie

Dawki nawozu zależne są od pH gleby, rodzaju gleby i wymagań uprawy.

Dawkowanie w tabeli poniżej:

GLEBA / ODCZYN	pH < 5,0	pH 5,1-6,0
bardzo lekka	800	200
lekka	1000	300
średnia	1200	500
ciężka	1500	700
uprawy wieloletnie	800	200

Dostępne frakcje 1-4 mm i 4-8 mm.

AtriGran jest granulowany z surowca, w którym ponad 90% cząsteczek jest mniejszych niż 0,1 mm.

Korzyści z dogłębowego stosowania wapnia

- ✓ wzrost pH gleb uprawnych
- ✓ tworzenie struktury gruzelkowatej
- ✓ stymulacja rozwoju systemu korzeniowego
- ✓ prawidłowy przebieg mineralizacji materii organicznej
- ✓ wzmocnienie ścian komórkowych (ograniczenie chorób, przeciwdziałanie wyleganiu)
- ✓ poprawa życia mikrobiologicznego
- ✓ lepsza dostępność składników pokarmowych z gleby

Certyfikaty

- ✓ Świadectwo kwalifikacji produktu do stosowania w rolnictwie ekologicznym - opinia IUNG-PIB Puławy
- ✓ NAWÓZ WE ŚRODEK WAPNUJĄCY Typ G1. Wapień naturalny/1b Wapień - rozdrobniony - opinia IUNG-PIB Puławy





Właściwości fizyko-chemiczne

Wapno węglanowe granulowane
NAWÓZ WE ŚRODEK WAPNUJĄCY
Typ G1 Wapień naturalny / 1b Wapień -
rozdrobniony

DEKLAROWANE WARTOŚCI:	
Całkowity tlenek wapnia (CaO)	50%
Liczba zobjętnienia	50%
Reaktywność (EN 13971)	min. 99%

Dostępne frakcje 1-4 mm i 4-8 mm.

AtriGran Humic jest granulowany z surowca, w którym ponad 90% cząsteczek jest mniejszych niż 0,1 mm.

Korzyści z dogłębowego stosowania wapnia

- ✓ dostarczenie naturalnego węgla stymulującego aktywność mikroorganizmów
- ✓ zwiększenie pojemności sorpcyjnej
- ✓ skuteczne akumulowanie składników odżywczych
- ✓ równomierne uwalnianie jonów Ca, Mg, K i innych kationów
- ✓ zwiększenie wchłaniania składników pokarmowych przez rośliny
- ✓ polepszenie stosunków powietrzno-wodnych gleby
- ✓ wysokoefektywne stymulowanie aktywności mikroorganizmów
- ✓ ograniczenie negatywnego działania metali ciężkich oraz pozostałości pestycydów
- ✓ poprawianie jakości przechowywania warzyw i owoców

Certyfikaty

- ✓ NAWÓZ WE ŚRODEK WAPNUJĄCY Typ G1. Wapień naturalny/1b Wapień - rozdrobniony - opinia IUNG-PIB Puławy

Przeznaczenie

AtriGran Humic wskazany jest do regulacji pH gleby, uzupełnienia zasobności w wapń oraz zwiększenia zawartości kwasów humusowych w warstwie ornej.

Dawkowanie

Dawki nawozu zależne są od pH gleby, rodzaju gleby i wymagań uprawy.

Dawkowanie w tabeli poniżej:

GLEBA / ODCZYN	pH < 5,0	pH 5,1-6,0
bardzo lekka	800	200
lekka	1000	300
średnia	1200	500
ciężka	1500	700
uprawy wieloletnie	800	200





Właściwości fizyko-chemiczne

Wapno węglanowe magnezowe granulowane
NAWÓZ WE ŚRODEK WAPNUJĄCY
Typ G1 Wapień naturalny / 3b Wapień
dolomitowy - rozdrobniony

DEKLAROWANE WARTOŚCI:	
Całkowity tlenek wapnia (CaO)	30%
Liczba zobojętnienia	54%
Całkowity tlenek magnezu (MgO)	17%

Dostępne frakcje 1-4 mm i 4-8 mm.

AtriGran Mg jest granulowany z surowca, w którym ponad 90% cząsteczek jest mniejszych niż 0,1 mm.

Korzyści z dogłębowego stosowania wapnia

- ✓ wprowadzenie składnika odkwaszającego o wysokiej sile zobojętniania kwasów glebowych
- ✓ zwiększenie aktywności fotosyntetycznej roślin uprawnych
- ✓ ułatwienie transportu węglowodanów jako produktów fotosyntezy z liści do miejsc ich magazynowania (ziaren, nasion, korzeni, bulw)
- ✓ wzrost trwałości ścian komórkowych
- ✓ polepszenie gospodarki wodnej i skuteczności enzymów
- ✓ ograniczenie wpływu stresu cieplnego
- ✓ najtańsze źródło magnezu

Certyfikaty

- ✓ Świadectwo kwalifikacji produktu do stosowania w rolnictwie ekologicznym - opinia IUNG-PIB Puławy
- ✓ NAWÓZ WE ŚRODEK WAPNUJĄCY Typ G1. Wapień naturalny / 3b Wapień dolomitowy - rozdrobniony - opinia IUNG-PIB Puławy

Przeznaczenie

AtriGran Mg wskazany jest do regulacji pH gleby i uzupełnia zasobność w wapń i magnez. Szczególnie przeznaczony jest dla gleb o niskiej zasobności w magnez lub gdy stosunek MgO/CaO jest szerszy niż 1:8 (wapnia powinno być 8 razy więcej niż magnezu).

Dawkowanie

Dawki nawozu zależne są od pH gleby, rodzaju gleby i wymagań uprawy.

Dawkowanie w tabeli poniżej:

GLEBA / ODCZYN	pH < 5,0	pH 5,1-6,0
bardzo lekka	400	200
lekka	600	300
średnia	900	500
ciężka	1300	700
uprawy wieloletnie	500	200



Dwadzieścia trzy lata temu przejąłem od rodziców 20-hektarowe gospodarstwo, które sukcesywnie powiększałem, kupując grunty od AWRSP i od sąsiadów. Obecnie uprawiam 227 ha. Wszystkie grunty, które nabywałem, były bardzo zakwaszone. Musiałem wyregulować odczyn gleby, przekonałem się, że umiejętne wapnowanie gleby obniża koszty nawożenia. Stosowałem wapna wielu producentów. Często efekt wapnowania był bardzo słaby, gdyż nie sprawdzałem reaktywności danego rodzaju wapna.

Od kilku lat w swoim gospodarstwie stosuję wapno Standard Cal firmy Nordkalk, które kupuję za rozsądną cenę. Cechuje się ono dużą reaktywnością chemiczną. Efekt wapnowania jest widoczny bardzo szybko, można je też łatwo i równomiernie wysiać na polu.

Dlatego też polecam produkty firmy Nordkalk innym rolnikom.

Gospodarstwo rolne
Andrzej Kramarz



Żaden rolnik nie wyobraża sobie plonów bez nawożenia pola azotem. Ale gdyby zapytać o wapnowanie, niemal każdy odpowie: „nie mam pieniędzy”, „urośnie i bez tego”, „nigdy nie dawałem” albo „wierzę tylko w obornik”. Z każdym rokiem rolnicy coraz więcej wydają na nawozy i środki chemiczne, żeby zwiększyć plon. Postanowiłem sprawdzić na swojej ziemi, która miała pH 4 i od 30 lat nie była wapnowana ani nawożona fosforem, potasem czy obornikiem. Od 8 lat przedplonem na tej ziemi były zboża, a w roku poprzednim pszenica z licznymi brakami. Teoretycznie nie powinno tu urosnąć żadne zboże. Opóźniona wiosna 2013 r. pozwoliła mi wjechać w pole dopiero po 25 kwietnia. Zaryzykowałem i zasiałem jęczmień jary i to na areale 48 ha. Zastosowałem 2,5 tony wapna Nordkalk Standard Cal na hektar. Rozsiałem zamknięte wapno 3 tonowym piastem na orkę, kłopot z tym był ogromny. Zaobserwowałem, że zrobiłem pasy - za siewnikiem było więcej wapna. Jęczmień siałem w pierwszych dniach maja, po przekątnej do kierunku rozsiewania wapna. Mimo że przez cały czerwiec nie spadła kropla deszczu i przez 10 lat nie zastosowałem nawozów z fosforem i potasem ani obornika, a jedynie rozsiałem 140 kg N/ha w dwóch dawkach, uzyskałem plon 4,5 tony jęczmienia z ha. Biorąc pod uwagę koszt, jaki poniosłem, to pełny sukces. Zdaję sobie sprawę, że ten plon zawdzięczam wapnowaniu, ponieważ w pasach, na których spadło więcej wapna, powstały dwumetrowej szerokości zagony, w których jęczmień był zdumiewająco gęstszy, wyższy, o 3 tygodnie dłużej dojrzewał i tam właśnie sypał. Teraz wiem, że jeśli na kwaśnej ziemi wysieję jednorazowo 6 ton tego produktu, to mogę z powodzeniem oczekiwać zadowalających plonów. Sam do tego doszedłem i to mnie cieszy. Kolejna miła niespodzianka, będąca następstwem wapnowania, czekała mnie podczas orki tego pola. Orano się tę ziemię niewspółmiernie lekko, nie była ona zbita i oporna jak na polach niewapnowanych. Przekonałem się, że zarówno czas orki, jak i zużycie paliwa były mniejsze o ponad 20% w stosunku do pól niewapnowanych. Zebrane ziarno osiągnęło lepsze parametry technologiczne, co zaprocentowało wyższą ceną sprzedaży. Krótko mówiąc, wapnowanie przyniosło mi same korzyści.

Gospodarstwo rolne

Tomasz Świłski



Używam wapna Standard Cal firmy Nordkalk, ponieważ cechuje się ono dużą zawartością wapnia i wysoką reaktywnością, co pozwala bardzo skutecznie wyregulować odczyn gruntu. Po trzech latach nawożenia ciężkiej gleby na moim polu jej pH wzrosło z 3,7 do 6,4. Wapno Nordkalk stosuję na ścierni, dzięki czemu uzyskuję bardzo dobry efekt rozkładu resztek poźniwnych poprzez stworzenie dobrych warunków dla mikroorganizmów. Podsumowując - rezultatem działania tego wapna jest poprawa struktury gleby i lepsze wykorzystanie składników pokarmowych przez rośliny.

Gospodarstwo rolne
Piotr Samołyk



Wapno Nordkalk stosuję z powodzeniem od dłuższego czasu. Dawniej korzystałem również z wyrobów innych producentów, ale nie cechowały się one zadowalającą jakością. Kilka lat temu kupiłem bardzo zaniedbane pole, na którym nie udawała się nawet uprawa żyta. Postawiłem na wapno FastCal, zastosowałem je w zalecanej (niematej) ilości i... wygrałem - już po dwóch latach na polu rósł piękny rzepak, który rolnikowi wybaczy wiele, ale nie niskie pH. Po tym doświadczeniu używam już tylko wapna Nordkalk.

Gospodarstwo rolne
Tadeusz Stolarski





Polska ptn.-zach. **Piotr Makiej** tel.: 695 605 505, e-mail: piotr.makiej@nordkalk.com

Polska pld.-zach. **Piotr Podolak** tel.: 607 278 879, e-mail: piotr.podolak@nordkalk.com

Polska ptn.-wsch. **Roman Rutkowski** tel.: 609 444 807, e-mail: roman.rutkowski@nordkalk.com

Polska pld.-wsch. **Mateusz Pirogowicz** tel.: 695 320 270, e-mail: mateusz.pirogowicz@nordkalk.com

Dyrektor Sprzedaży Segmentu Rolnego:

Michał Wojciak tel.: 693 338 022, e-mail: michal.wojciak@nordkalk.com

NORDKALK SP. Z O.O. – SIEDZIBA SPÓŁKI pl. Na Groblach 21, 31-101 Kraków

ZAKŁAD SŁAWNO Owadów-Brzezinki, 26-332 Sławno

ZAKŁAD SZCZECIN ul. Gdańska 20N, 70-661 Szczecin

ZAKŁAD WOLICA ul. Kolejowa 1, 26-060 Chęciny

Nordkalk

www.nordkalk.pl

Znajdź nas na
facebook.com/nordkalkrolnictwo/

