



01.10.2019

## **Efektywność nawożenia fosforem**

**Nieregularne nawożenie fosforem przyspiesza procesy jego uwsteczniania w glebie, czyli pogarsza jego przyswajalność i ogranicza możliwości efektywnego uzupełniania niedoborów. W warunkach bardzo niskiego nawożenia fosforem najodpowiedniejszymi do stosowania z punktu widzenia efektywności nawożenia są starannie granulowane nawozy w formie łatwo rozpuszczalnego i przyswajalnego w 100% – fosforanu amonu.**

Nawozami zawierającymi fosfor w postaci fosforanu amonu są: Polidap® (fosforan amonu), Polifoski® i Polimag®. Uzyskuje się wówczas co najmniej o 10% wyższą efektywność w porównaniu z tradycyjnymi superfosfatami. Tradycyjnych nawozów na bazie superfosfatów jest zresztą coraz mniej, bo fosfor jest nadal najdroższym składnikiem nawozowym.

**Rozporządzenie WE 2003/2003 dopuszcza do stosowania nawozy fosforowe na bazie częściowo rozłożonych fosforytów. Zgodnie z tymi przepisami takie nawozy winny być bardzo drobno zmielone (zgodnie z przepisami co najmniej 90% masy nawozu można przesiać przez sito o wymiarze oczek 0,160 mm), bo jest to podstawowy warunek uwalniania się, czyli rozpuszczania się fosforu. Wówczas, a więc w formie pylistej co najmniej 40% fosforu powinno być przyswajalne dla roślin. Niestety oferowane są one w formie granulatów, co powoduje, że działanie fosforu z takich nawozów jest znacznie słabsze.**

Nieprzetworzoną formę fosforu mogą pobrać rośliny na glebach bardzo kwaśnych lub rośliny o bardzo silnym systemie korzeniowym (rośliny motylkowe, użytki zielone), bardzo słabo zaś pobierają ją na przykład zboża, okopowe, rzepak, rośliny pastewne i warzywa. **Nawozy z Polic zawierają zawsze 100% przyswajalnego dla roślin fosforu.** Tak więc podejmując decyzję o zakupie nawozu, należy zwrócić uwagę jak opisana jest na worku rozpuszczalność fosforu w nawozie, bo z fosforu rozpuszczalnego w obojętnym cytrynianie amonu i wodzie skorzystają rośliny. Zawartość tej frakcji fosforu powinna być brana pod uwagę przy ustalaniu dawki oraz obliczaniu ceny czystego składnika. Przy wyborze nawozu wieloskładnikowego ważne jest także zwrócenie uwagi na inne, ważne parametry. Otóż nawozy kompleksowe mogą zawierać w swoim składzie pożądaną jesienią azot amonowy, a są takie które zawierają także azot saletrany (typu Nitrofos). Nawozów typu Nitrofos nie wolno stosować jesienią pod oziminy, bo powodują ich rozhartowanie, czyli przyczynią się do słabego przezimowania roślin. Zalecane są do przedsięwzięcia nawożenia roślin jarych, a gdy stosowane są wiosną pogłównie na oziminy ich działanie jest słabe i bardzo uzależnione od optymalnego, długotrwałego uwilgotnienia gleby. Zawarty w nawozach Nitrofos najdroższy składnik pokarmowy – fosfor jest gorzej rozpuszczalny i przyswajany jak z nawozów typu Amofos.

Podział nawozów wieloskładnikowych w zależności od technologii produkcji i w konsekwencji formy występowania azotu i fosforu:– Grupa AMOFOS ( $\text{NH}_4 - \text{NP}$ ) AMOFOSKI ( $\text{NH}_4 - \text{NPK} \dots$ )

- Azot występuje w formie amonowej ( $\text{NH}_4$ )
- Fosfor w formie fosforanu amonu [ $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  i  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ]

– Grupa NITROFOS ( $\text{NO}_3 - \text{NP}$ ) NITROFOSKI ( $\text{NO}_3 - \text{NPK} \dots$ )

- Azot występuje w formie saletrzanej i amonowej ( $\text{NO}_3$  i  $\text{NH}_4$ )
- Fosfor występuje w formie fosforanu wapnia ( $\text{CaHPO}_4$ ) i fosforanu amonu [ $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  i  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ]

## Co wpływa na dostępność fosforu w glebie?

Ilość fosforu bezpośrednio dostępnego dla roślin, czyli znajdującego się w roztworze glebowym jest bardzo mała, szczególnie w okresach jesiennego (rośliny ozime) i wiosennego rozwoju roślin. Fosfor w roztworze glebowym jest stale uzupełniany z puli fosforu przyswajalnego, ale w różnym tempie, zależącym od temperatury, wilgotności oraz odczynu gleby i te czynniki najbardziej ograniczają pobieranie fosforu przez rośliny. Trudności w pobieraniu przejawiają się charakterystycznym czerwonym przebarwieniem roślin. Bardzo ważne są również mikroorganizmy glebowe, w tym grzyby, a więc aktywność biologiczna gleby. Lepsze wykorzystanie trudno rozpuszczalnych form fosforu (na przykład z nawozów zawierających częściowo rozłożone fosforyty) dotyczy roślin motylkowych wieloletnich i użytków zielonych, gdzie ważne znaczenie ma najprawdopodobniej głównie mikoryza z grzybami mikoryzowymi. Jest to ważna informacja, by w powszechnej uprawie roślin jednorocznych nie „liczyć” na efekt mikoryzy, a stosować nawozy zawierające bardzo dobrze przyswajalne formy fosforu, głównie rozpuszczalne w wodzie.

Stężenie fosforu w roztworze glebowym, nawet w glebach zasobnych jest niskie i jego bierny przepływ nie pokrywa wymagań pokarmowych roślin. Fosfor bardzo słabo przemieszcza się w glebie (do 0,4 mm dziennie), dlatego praktycznie nie podlega wymywaniu w głębsze jej warstwy. Im większe stężenie w roztworze glebowym, tym tempo przemieszczania się fosforu w kierunku korzeni jest większe. Bardzo słabe przemieszczanie się jonów fosforu, w praktyce przekłada się na potrzebę utrzymywania co najmniej średniej zasobności gleb i konieczność dokładnego mieszania nawozu z glebą, czyli stosowania pod orkę.

## Najlepiej fosfor stosować „pod pług”

Ważne jest umieszczenie fosforu na właściwej głębokości gleby. Wyniki badań wskazują, że w zależności od szybkości rozwoju i budowy korzeni roślin, fosfor najlepiej pobierany jest z warstwy 10-40 cm. Tak więc udowodniono konieczność stosowania fosforu na odpowiednią głębokość, pod pług. Szczególnie ważne jest głębokie wymieszanie z glebą nawozów zawierających słabo rozpuszczalne związki fosforu, czyli nawozy na bazie częściowo rozłożonych fosforytów. Lepiej działają gdy stosowane są jesienią, podczas gdy nawozy zawierające rozpuszczalne w obojętnym cytrynianie amonu i wodzie związki fosforu wykazują podobne działanie przy stosowaniu w dowolnej porze roku, oczywiście umiejscowione na prawidłową głębokość. Tylko rośliny wieloletnie zaleca się nawozić pogłównie, wczesną wiosną, przed ruszeniem vegetacji, najlepiej tak by podczas uprawek pielęgnacyjnych wymieszać nawóz z wierzchnią warstwą gleby.

Należy zadać więc pytanie retoryczne: jak może zadziałać nawóz fosforowy zastosowany na przykład wiosną, pogłównie na oziminy, bez możliwości wymieszania, kiedy nastąpi przesuszenie górnej warstwy gleby? Jeżeli w warunkach dobrej wilgotności, wczesną wiosną rośliny skierują korzenie blisko powierzchni gleby (chemotropizm) po tak płytko zastosowane składniki pokarmowe, to i tak każde przesuszenie gleby spowoduje zanik ich funkcji, bo przecież korzenie, a głównie włośniki bez wody bardzo szybko obumierają. Nakłady energii na wytworzenie tych dodatkowych korzeni zostały poniesione, a jak długo z tego źródła składników pokarmowych oraz wody skorzysta roślina?

Pobieranie fosforu przez rośliny zależy od szybkości metabolizmu rośliny. Im roślina ma więcej światła (bardzo ważny obok temperatury czynnik właśnie dla fosforu), ciepła, wody i wszystkich niezbędnych składników pokarmowych tym pobieranie jest większe. Tak więc optymalna gęstość siewu, brak chwastów na plantacji oraz stosowanie uprawek ograniczających straty wody z gleby bardzo mocno wspierają prawidłowe pobieranie fosforu.

## Uregulować odczyn

Odczyn gleby wpływa na przyswajalność fosforu, szczególnie gdy jest nieodpowiedni dla danej kategorii gleby. W glebach bardzo kwaśnych, przy pH (w 1M KCl) poniżej 4,5-5,0 zmniejsza się przyswajalność fosforu, a fosfor przechodzi w praktycznie nierozpuszczalne związki z toksycznym dla roślin glinem. Wtedy fosfor nie wykazuje działania następczego. W glebie o pH 5,0-6,8 (w 1M KCl) znajduje się najwięcej jednowartościowych jonów  $H_2PO_4^-$ , najszybciej pobieranych przez korzenie roślin. W glebach obojętnych lub zasadowych, albo przewapnowanych, przy pH powyżej 6,8, występuje znacznie słabiej (około 10 razy) pobierany dwuwartościowy jon  $HPO_4^{2-}$ , i choć wzrasta stężenie tych jonów – przyswajalność fosforu nie zwiększa się.

Dobra zasobność gleby w magnez i potas oraz obecność jonu amonowego (kationów) sprzyja lepszemu pobieraniu i działaniu plonotwórczemu stosowanego fosforu. Dlatego tak efektywne jest działanie nawozów kompleksowych na bazie fosforanu amonu z dodatkiem potasu i magnezu. Jon saletrzany ( $NO_3^-$ ), powszechnie stosowany w azotowych nawozach saletrzanych może ograniczać pobieranie fosforu przez rośliny.

Na stabilizację fosforu w glebie korzystnie wpływa **optymalna zawartość glebowej materii organicznej**. Niska zawartość przyspiesza mineralizację fosforu, czyli jego uwalnianie, a wówczas jest on podatny na uwstecznianie chemiczne. Wyższa natomiast zawartość materii organicznej w glebie przyspiesza wiązanie (immobilizację) fosforu, co nie oznacza, że staje się on niedostępny dla roślin. W formie prostych związków organicznych jest mniej podatny na uwstecznianie, co kiedyś określano „efektem próchniczno-fosforowym”. Nawożenie zlokalizowane

Szczególnie dobre efekty na glebach o niskiej zasobności w fosfor oraz pod rośliny słabo go pobierające w początkowych fazach rozwoju wykazuje nawożenie zlokalizowane, nazywane też współrzędnym. Zwiększa ono stężenie fosforu w mniejszej objętości gleby i lokalnie polepsza jego przechodzenie do roztworu glebowego. Nawóz musi być umiejscowiony pod nasionami uprawianej rośliny, na głębokości gwarantującej dobre uwilgotnienie. Zaleca się umieszczać nawóz około 5 cm obok i 5 cm poniżej nasion. Umiejscowione nawożenie dotyczy słabo przemieszczających się w glebie składników pokarmowych, a więc głównie fosforu i azotu w formie amonowej. Klasycznym przykładem bardzo dobrej reakcji na zlokalizowane nawożenie fosforem jest kukurydza, która wymaga stosowanie 100-150 kg/ha fosforanu amonu (Polidap®).

Zalecenia dotyczące stosowania współrzędnie nawozów wieloskładnikowych, najczęściej nie kompleksowych, o niskiej koncentracji składników pokarmowych, w tym zawierających ruchliwy w glebie potas, magnez i/lub azot saletrzany są ryzykowne. Nawozy takie w dawkach powyżej 200 kg/ha są poważnym źródłem lokalnego zasolenia gleby i mogą wywoływać lokalną suszę fizjologiczną.

Chociaż fosfor ulega uwstecznieniu, to dobrze jest gromadzony w glebie i wykazuje długotrwałe działanie następcze (poza glebami bardzo kwaśnymi). Działanie to widoczne jest bardziej w warunkach niesprzyjających jego pobieraniu oraz gdy nie stosuje się systematycznie „świeżego” nawożenia. Francuzi zjawisko to nazywają „efektem starego smarowania”. Im mniej stosujemy fosforu, tym bardziej roślina jest zmuszona do pobierania trudniej dostępnego fosforu, co znaczy że odżywna jest wówczas nieprawidłowo i reaguje spadkiem plonu. Dlatego nawet **na glebach o wysokiej zasobności powinno się stosować chociaż symboliczne nawożenie fosforem**.

Uwzględniając aspekt ekonomiczny i ekologiczny zaleca się utrzymywanie zasobności gleb na poziomie około 15 mg  $P_2O_5$ /100 g gleby, by ograniczyć niedobory fosforu w roztworze glebowym, nawet krótkookresowe, wywołane niskimi temperaturami lub przesuszeniem gleby. Przy takiej zasobności dawki fosforu powinny być stosowane regularnie w ilościach pokrywających wymagania pokarmowe uprawianej rośliny z około 10% nadwyżką, ponieważ część fosforu ulega uwstecznieniu. Mając do dyspozycji w gospodarstwie obornik lub gnojowicę, bogate w dobrze przyswajalny fosfor, można zbilansować nawożenie znacznie obniżając nawożenie tym

składnikiem.

**Optymalna zawartość fosforu w glebie wpływa na wzrost aktywności mikroorganizmów glebowych, a w konsekwencji na przemiany i dostępność wszystkich składników pokarmowych. O żyzności gleby decydują nie tylko jej odczyn i zawartość materii organicznej, o czym powszechnie się mówi, ale także dobra zasobność w fosfor, ponieważ współdziałanie tych czynników wpływa w największym stopniu na aktywność biologiczną gleby.**

## **Fosfor a roślina**

Z praktycznego, rolniczego punktu widzenia prawidłowe nawożenie oraz dobre odżywienie roślin fosforem od początku jej wegetacji, zgodnie z ich wymaganiami pokarmowymi wpływa na:

- lepszą aktywność biologiczną gleby, powodując lepsze wykorzystanie innych składników pokarmowych;
- prawidłowe ukorzenie i krzewienie roślin, a więc rośliny lepiej sobie radzą z pobieraniem wody i składników pokarmowych, co przekłada się na równomierniejsze, „wierniejsze” plony niezależnie od zmiennych warunków pogodowych;
- większą odporność roślin na choroby, głównie grzybowe i wyleganie na przykład zbóż;
- większą odporność roślin na przymrozki i mrozy oraz ogranicza ujemne reakcje na niskie temperatury;
- wzrost zawartości białka, cukrów, skrobi, tłuszczu, witamin z grupy B, C i karotenu w roślinach;
- ograniczone akumulowanie szkodliwych form azotu, na przykład azotanów w roślinach i zapobiega ujemnym skutkom wysokich dawek azotu, zwiększa efektywność jego działania;
- prawidłowy i równomierny rozwój i dojrzewanie roślin;
- lepsze wypełnienie i zdolność do kiełkowania nasion; decyduje o dobrej sile i energii kiełkowania;
- poprawę wartości biologicznej, technologicznej i przechowalniczej plonów.

**Niedobór fosforu** powoduje bardzo słaby rozwój systemu korzeniowego, a więc roślina nie może normalnie pobierać wody i innych składników pokarmowych. W konsekwencji następuje zahamowanie wzrostu łodyg i liści oraz karłowacenie roślin. Rośliny stają się drobne, strzeliste, o cienkich łodygach i bardzo słabym systemie korzeniowym. Zwalnia się proces ukorzenia i krzewienia rośliny. Ograniczone jest kwitnienie, tworzy się mniej nasion i owoców o gorszej jakości, a przy głębokim niedoborze fosforu roślina nie wytwarza nasion i owoców. Roślina przybiera matowe, ciemnozielone zabarwienie, przechodzące w fioletowe lub czerwone. Zmiany te dotyczą liści starych, dolnych, które następnie brunatnieją i zasychają.

Najważniejsze jest **dobre zaopatrzenie roślin we wczesnych fazach rozwojowych**, gdy ich rozwój jest najbardziej dynamiczny. Już od fazy kiełkowania nasion fosfor pełni bardzo ważne funkcje, dlatego akumulowany jest on w dużych ilościach właśnie w nasionach. Do 80% pobieranego przez zboża fosforu gromadzone jest w ziarnie. Po skiełkowaniu nasion i wykorzystaniu zawartych tam bogatych zapasów, młoda roślina intensywnie pobiera fosfor, szybciej niż przyrasta biomasa. W tych początkowych fazach pobranie utrudnia słabo jeszcze rozwinięty system korzeniowy i niskie temperatury gleby. W początkowych fazach rozwoju rośliny fosfor musi występować w dużych koncentracjach w korzeniach, bo decyduje on o aktywnym, związanym z nakładem energii pobieraniu wielu składników pokarmowych. Główna ilość pobieranego przez rośliny fosforu przypada na okres przed kwitnieniem, czyli u zbóż do fazy kłoszenia, u kukurydzy do fazy 11 liści, u okopowych w 2.-3. miesiącu

wegetacji. Okres krytyczny, w którym niedobór fosforu może najbardziej obniżyć plon, występuje w pierwszych tygodniach wzrostu rośliny, bo decyduje o prawidłowym wzroście i rozbudowie systemu korzeniowego. Późniejsze dokarmienie nie likwiduje ujemnych skutków głodu, a może je tylko złagodzić, pomimo że roślina może pobrać odpowiednią ilość fosforu.

Zboża w fazie końca krzewienia, kiedy zawierają największą koncentrację fosforu, powinny zawierać 0,7 do 1,4%  $P_2O_5$ . W miarę wzrostu rośliny fosfor pobierany jest równomiernie, ale jego koncentracja zmniejsza się, bo szybciej niż jego pobranie zwiększa się masa rośliny. Od fazy kwitnienia i w fazie formowania się nasion (ziarna) mocno maleje tempo pobierania fosforu i innych składników przez rośliny. Przed tymi fazami rozwojowymi składnik ten powinien być zakumulowany w roślinach, by w okresie wykształcania i wypełniania się organów generatywnych mógł przemieścić się z organów wegetatywnych. Tak więc fosfor wcześniej zakumulowany przemieszcza się bardzo szybko z ulegającego redukcji systemu korzeniowego oraz z liści i łodyg do kłosa. W słomie dojrzałego zboża znajduje się już tylko 0,25%  $P_2O_5$ , to jest około 3,5 razy mniej jak w ziarnie.

Pamiętajmy, że bez dobrego odżywienia fosforem we wcześniejszych fazach rozwojowych roślin nie można uzyskać dobrego plonu nasion (ziarna). Warunkiem efektywnego nawożenia fosforem jest więc zasada, że roślina powinna być dobrze zaopatrzona w fosfor od początku swej wegetacji, dlatego **fosfor należy stosować przedsięwzięcie**.

W praktyce nie obserwuje się skutków przenawożenia fosforem, ponieważ rośliny nie wykazują skłonności do pobierania nadmiernych ilości fosforu, tak jak to czynią w przypadku azotu i potasu.