



Obieg fosforu w przyrodzie

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Obieg fosforu w przyrodzie

Thomas Somerscales, *Walka okrętów pod Inquique*, 1879. Tonie chilijska korweta Esmeralda w jednej z bitew podczas „wojny o guano”.

Źródło: Thomas Somerscales, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Guano, czyli... odchody ptaków to znakomity fosforanowy nawóz dla roślin. Za jego sprawą fosfor, który ptaki pobrały poprzez łańcuch pokarmowy, wraca do gleby i wody. Nawóz ten doceniali już Inkowie w Ameryce Południowej, karząc śmiercią tych, którzy niszczyli ptasie gniazda. A pod koniec XIX w., czyli 350 lat po konkwiście, w efekcie sporów o zyski rozgorzała „wojna o guano” – konflikt pomiędzy Chile a Boliwią i Peru. Został on zakończony dopiero w 2014 r. (po ponad 100 latach!) przez Trybunał Sprawiedliwości w Hadze.

Twoje cele

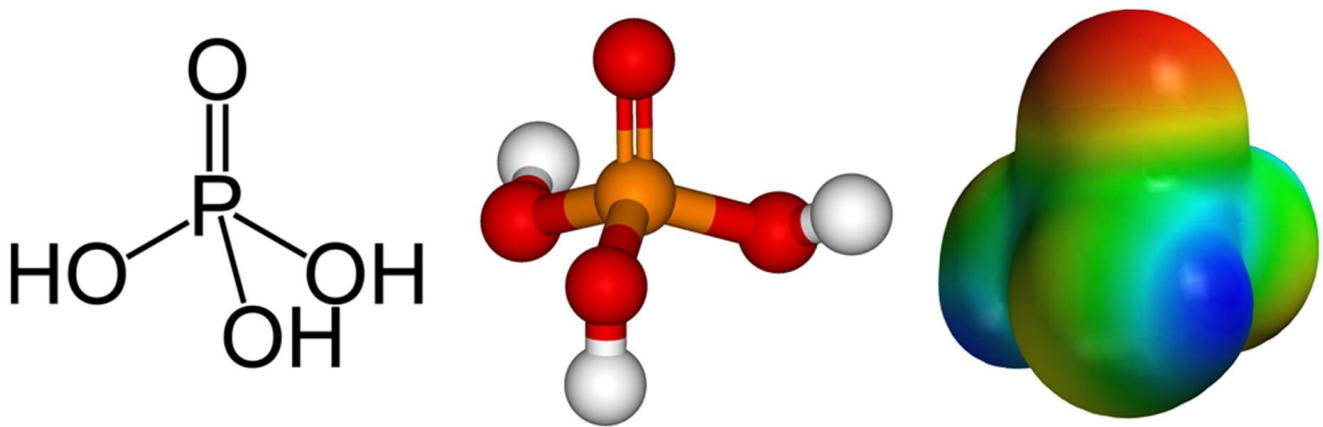
- Wymienisz formy występowania fosforu w przyrodzie.
- Ustalisz zależności pomiędzy kolejnymi etapami cyklu obiegu fosforu w przyrodzie.
- Określisz rolę człowieka w obiegu fosforu.

Przeczytaj

Znaczenie fosforu w przyrodzie

Fosfor to jeden z pierwiastków biogennych. Jest potrzebny do budowy kwasów nukleinowych RNA i DNA, ATP (uniwersalnego nośnika energii użytecznej biologicznie), NADP⁺ (elektronów i protonów), tworzących błony biologiczne fosfolipidów, a także kości i zębów. Fosfor uczestniczy w reakcjach biochemicznych katalizowanych przez enzymy. Reakcja, w której dochodzi do przyłączenia reszty fosforanowej do związku chemicznego, nazywana jest fosforylacją, a uczestniczące w niej enzymy określane są jako kinazy. Przeciwnieństwem fosforylacji jest defosforylacja, która polega na odłączaniu grupy fosforanowej. Reakcja ta katalizowana jest przez enzymy zwane fosfatazami.

Jednocześnie obieg fosforu w przyrodzie różni się od cykli pozostałych pierwiastków: cykl naturalny jest bardzo powolny, nie obejmuje fazy gazowej w atmosferze, a tylko obieg w skałach, wodzie, glebie i organizmach. Cała ilość dostępnego dla roślin fosforu ogranicza produkcję biomasy zgodnie z [prawem minimum Liebiga](#). W środowisku pierwiastek ten występuje najczęściej w postaci jonów kwasu ortofosforowego H₃PO₄, rozpuszczalnych w wodzie.



Ilustracja przedstawia wzór strukturalny oraz modele kwasu fosforowego, który łatwo tworzy sole i estry, zwane ogólnie fosforanami. Ich rozpuszczalność w wodzie spada wraz ze wzrostem liczby atomów metalu lub reszt organicznych podstawionych zamiast atomów wodoru. Najważniejszą biologicznie nieorganiczną formą kwasu fosforowego jest jon fosforanowy PO_4^{3-} , wchłaniany przez rośliny i wykorzystywany do syntezy związków organicznych.

Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.



Wysepka skalna pokryta naturalnym nawozem fosforowym – guano, czyli odchodami tysięcy ptaków.

Źródło: Lasertrimman, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Fosfor znajduje się w skałach, wyniesionych przez procesy geologiczne na powierzchnię ziemi. Są to najczęściej skały osadowe – fosforyty. Kiedyś stanowiły morskie dno, na które opadały szczątki roślin i zwierząt. Upływ czasu i ciśnienie spowodowały zgniatanie i zestalanie osadów zawierających nierozpuszczalne związki fosforu. Później procesy górotwórcze wyniosły skały osadowe z głębi Ziemi na powierzchnię. Skały ulegają erozji, kruszą się i przemieszczają pod wpływem czynników środowiskowych. Opady wypłukują związki fosforu do ścieków i gleby, a w nich w wyniku procesów

życiowych bakterii i glonów powstają jony fosforanowe, które są następnie pobierane przez rośliny. Złoża fosforanów powstają też z ptasich odchodów nazywanych guanem.

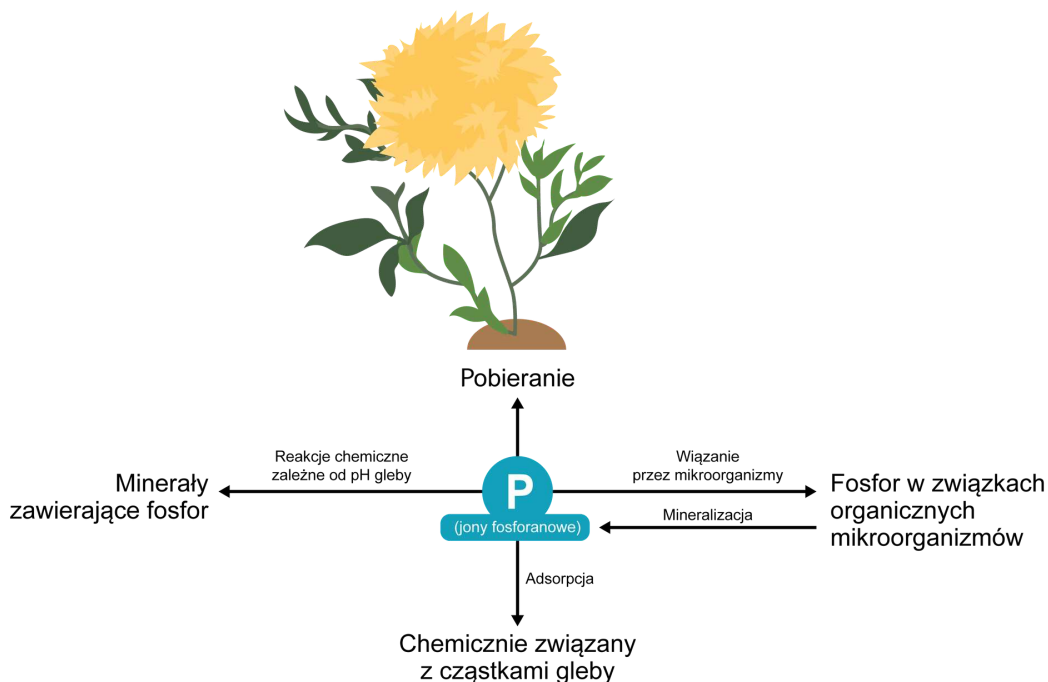
Pobrane przez rośliny nieorganiczne jony fosforanowe służą im do budowy związków organicznych, które następnie trafiają do roślinożerców i kolejnych ogniw łańcucha pokarmowego. Rozpoczyna się wędrówka fosforu przez łańcuchy pokarmowe – trochę inna na lądzie i w wodzie. Ilość fosforu dostępnego dla roślin jest niewielka, gdyż jego wymywanie i wietrzenie skał to procesy bardzo powolne, a pobieranie tego pierwiastka przez rośliny zachodzi szybko. Dlatego wiosną, gdy rusza wegetacja, cały dostępny fosfor zostaje związany w ciałach producentów i konsumentów. W ten sposób ilość dostępnego fosforu staje się czynnikiem ograniczającym – biomasa roślin przyrasta tylko na tyle, na ile pozwala zasób tego pierwiastka. Jest to znakomita ilustracja [prawa Liebiga](#).

Wiązanie fosforu przez rośliny zachodzi powoli do czasu, aż reducenty rozłożą szczątki organizmów i ich odchody i w ten sposób uwolnią przyswajalne dla roślin fosforany. Rośliny pobierają z gleby aniony fosforanowe znajdujące się bardzo blisko włóśników korzenia – w odległości do 1 mm. Bakterie glebowe także pobierają fosforany i wbudowują je w związki organiczne, z których rośliny już nie mogą korzystać. Ograniczają w ten sposób dostępność fosforu dla roślin. Inne bakterie mogą na powrót uwolnić część tego pierwiastka w procesie mineralizacji. Pewna ilość związków fosforu jest ponadto chemicznie wiązana przez cząsteczki gleby na drodze adsorpcji. Pobieranie nieorganicznych fosforanów przez rośliny odbywa się po ich rozpuszczeniu w wodzie, a to zależy od kwasowości (pH) gleby. Zbyt wysoka i zbyt niska kwasowość przyczyniają się do wiązania fosforu w formie fosforanów wapnia, fluoru czy manganu, co uniemożliwia ich wykorzystanie przez rośliny.

Ważne!

Krążenie fosforu pomiędzy atmosferą, biosferą a oceanami nazywamy szybkim cyklem. W wolnym cyklu fosfor przemieszcza się pomiędzy atmosferą, biosferą, oceanami a glebami i skałami oraz osadami dennymi oceanów.

Możliwe drogi przemian związków fosforu w glebie



Procesy chemiczne, fizyczne i biologiczne zachodzące w glebie regulują dostępność fosforu dla roślin na lądzie.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

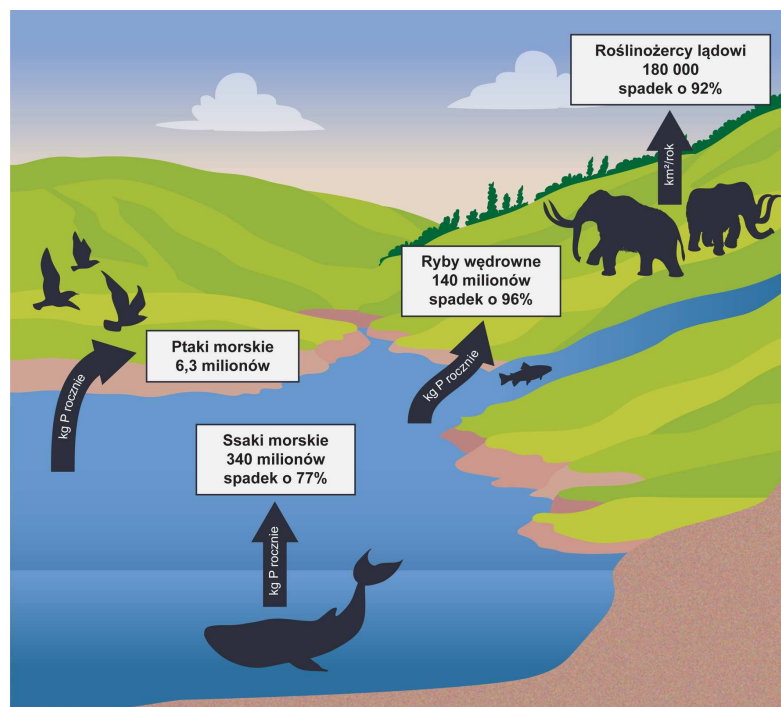
W morzach fosfor jest wycofywany z obiegu w wyniku sedymencji, czyli osiadania na dnie szczątków roślin i zwierząt razem z drobinami skalnymi (mułem, piaskiem). W tej postaci fosfor jest niedostępny dla roślin i kolejnych ogniw łańcuchów pokarmowych. Duże morskie ssaki, na przykład wieloryby, żywią się w głębinach, lecz odchody pozostawiają w płytszych wodach mórz i oceanów. Zapobiega to wycofywaniu fosforu z obiegu i dzięki temu jest on dostępny dla roślin przybrzeżnych.

Fosfor jest też usuwany ze środowiska wodnego poprzez wędrówki ryb (np. łososi) w górę rzek oraz wylławianie ryb przez ptaki morskie. Łososie płyną na tarło w górę strumieni, po czym umierają, a ich rozkładające się szczątki mogą zasilić ekosystemy lądowe. Podczas wędrówki łososie są wylławiane m.in. przez niedźwiedzie, które pozostawiają niestrawione resztki bogate w fosforany w lasach i w górach wzdłuż rzek. W ten sposób te ekosystemy są nawożone, z czego korzystają rośliny i roślinożercy. Ich odchody także zasilają glebę w związki fosforu, utrzymując jego obieg.

Żywiące się rybami morskie ptaki wracają do stałych miejsc gniazdowania na lądzie, a ich odchody zbierają się w złoża – guano. Związki fosforu są z nich wypłukiwane do

wody i na ląd, stanowiąc naturalny nawóz dla roślin. Niestety, działania człowieka znacznie ograniczyły ten naturalny transport fosforu.

Przenoszenie fosforu przez ptaki, ssaki i ryby morskie oraz roślinożerców lądowych



Wskutek działań człowieka, np. polowania na wieloryby, transport fosforu z głębin zmniejszył się o ponad $\frac{3}{4}$. Wyginięcie wielkich ssaków lądowych (szare sylwetki, np. mamuta, mastodonta) spowodowało spadek naturalnego nawożenia ekosystemów do 8% historycznego poziomu. Przenoszenie fosforu przez ryby i morskie ptaki zmniejszyło się o 96% w wyniku drastycznego spadku ich liczebności (przełowienie, zanieczyszczenie środowiska).

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Człowiek nie tylko zmniejszył liczebność populacji zwierząt stanowiących istotne ogniwo w łańcuchu transportu fosforu. Ponieważ ten pierwiastek jest niezbędny do prawidłowego wzrostu roślin, eksploatowano skały fosforanowe (osadowe i guano), aby nawozić uprawy. W ten sposób przyspieszono „szybki obieg” fosforu (z udziałem producentów, konsumentów i reducentów) i zwiększyła się ilość tego pierwiastka dostępnego dla roślin. Przyniosło to niekorzystne skutki. Po pierwsze, fosforany z pól są wymywane przez opady i trafiają do cieków i zbiorników wodnych. Tam korzystają

z nich glony i sinice, nadmiernie się rozwijając ([eutrofizacja](#)). To z kolei skutkuje powstawaniem martwych stref w jeziorach i u ujścia rzek do morza.

Ciekawostka

U ujścia Missisipi znajduje się największa martwa strefa, zasilana przez nawozy spływające z upraw w dorzeczu tej rzeki. Jej powierzchnia wynosi prawie 10 000 km².

Drugim niekorzystnym skutkiem jest wzrost efektywności upraw. Nawożenie fosforanami powoduje duży przyrost roślin (wysokie plony), ale biomasa jest zabierana z pól razem z fosforem w niej zawartym. Brakuje więc materii organicznej, która mogłaby być rozłożona przez reducentów, aby przywrócić fosforany do obiegu. Ponadto związki fosforu są powszechnie stosowane w przemyśle spożywczym (np. kwas fosforowy w coli czy w zagęstnikach) oraz do produkcji detergentów (np. fosforan sodu w proszkach do prania). Ze ściekami z naszych domów związki te trafiają do środowiska, gdyż nie wszystkie ścieki są oczyszczane, i w ten sposób przyczyniamy się do eutrofizacji wód.

Słownik

adsorpcja glebowa

zjawisko zatrzymywania jonów, cząstek stałych i gazów przez fazę stałą gleby; w adsorpcji glebowej główną rolę odgrywa kompleks sorpcyjny, tj. najdrobniejsza frakcja gleby, na którą składają się koloidy glebowe (minerały ilaste, próchnica, krzemionka koloidalna, wodorotlenki i tlenki żelaza i glinu); adsorpcja glebowa utrudnia wypłukiwanie, w tym w głąb gleby, mineralnych składników pokarmowych roślin (takich jak potas, fosfor, wapń i sód), dostarczanych np. w nawozach

apatyty

szeroko rozpowszechnione minerały z grupy fosforanów; tworzą kryształy, wykorzystywane w jubilerstwie; główny składnik zębów i kości

eutrofizacja

przenawożenie zbiornika wodnego; nadmierny rozwój glonów i sinic powoduje nasilenie procesów gnilnych ich szczątków, do czego zużywany jest tlen z wody, co powoduje wymieranie zwierząt

fosforyty

skały osadowe, zbudowane głównie z fosforanów; tworzą się przez wytrącanie fosforanu wapnia z wody morskiej

populacja

grupa osobników danego gatunku, występująca na określonym terenie

prawo minimum Liebiga

prawo oparte na wyczerpywaniu zasobów środowiska; głosi, że te substancje, które w środowisku znajdują się w ilościach najbliższych punktom krytycznym (a są wykorzystywane przez organizmy), stanowią czynnik ograniczający występowanie tych organizmów

sedymencja

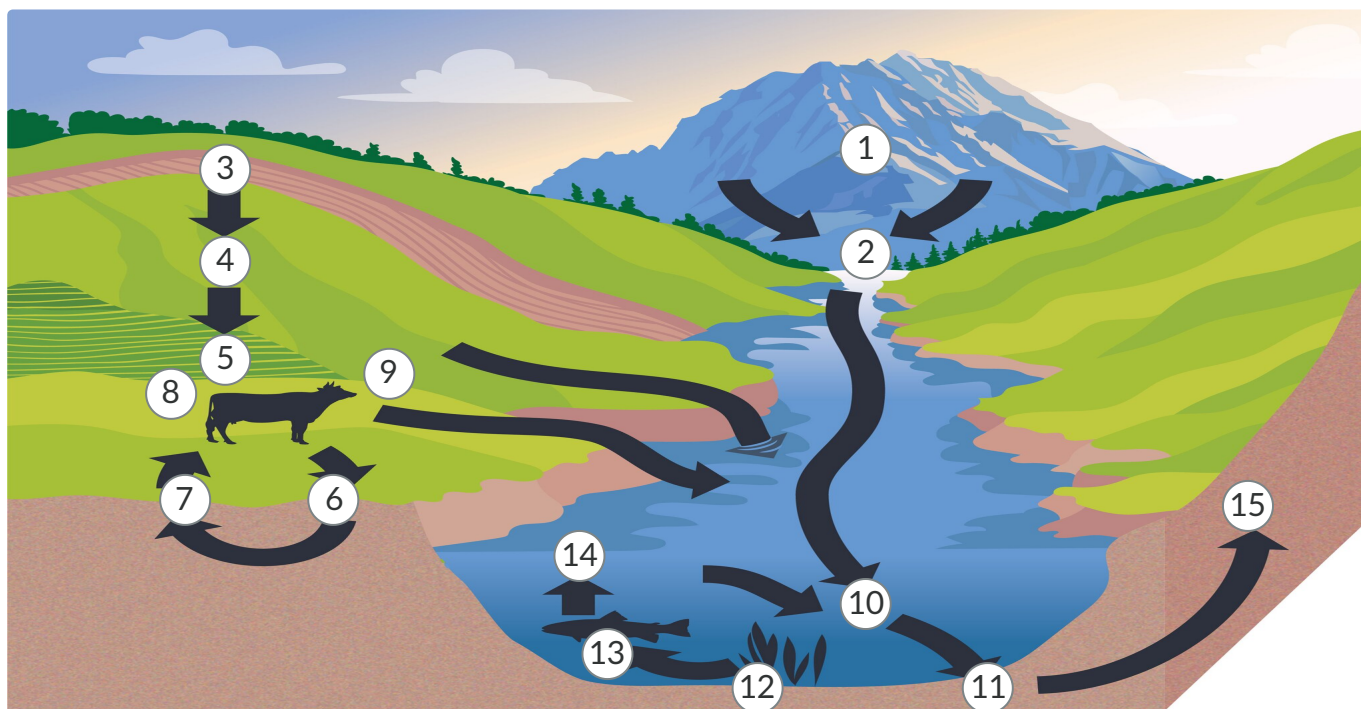
osiadanie na dnie szczątków roślin i zwierząt razem z drobinami skalnymi (mułem, piaskiem); zachodzi pod wpływem siły ciężkości

zagęstniki

substancje dodawane do żywności w celu jej zagęszczenia i zapewnienia odpowiedniej konsystencji, np. fosforany, pektyny, skrobia, żelatyna

Grafika interaktywna

Obieg fosforu w przyrodzie



1

Skały osadowe

2

Wietrzenie skał (erozja)

Działanie wody, temperatury i procesów chemicznych prowadzi do erozji. Wiatr roznosi powstały pył z fosforanami. Związki fosforu powoli trafiają do gleby i wody.

3

Wydobywanie źródeł fosforanów lub ptasiego guano

Wydobywanie źródeł fosforanów ze skał osadowych pochodzenia morskiego (lub eksploatacja ptasiego guano) do przeróbki przemysłowej.

4

Nawozy fosforowe

Fosfor nie tylko zwiększa plony, ale też poprawia ich jakość, zapewniając lepsze przyswajanie innych pierwiastków, np. azotu.

5

Plony

Żywność to jedyna droga, którą fosfor trafia do naszych organizmów. Jednocześnie zbiór plonów zmniejsza ilość fosforu w ekosystemie.

6

Fosforany w glebie

Fosforany w glebie mają różną rozpuszczalność, a więc różną dostępność dla roślin.

7

Rośliny

Rośliny asymilują związki fosforu i wykorzystują ten pierwiastek do budowy i funkcjonowania swoich komórek.

8

Zwierzęta

Zwierzęta roślinożerne i mięsożerne wykorzystują związki fosforu pochodzące z roślin.

9

Destruenci (bakterie, grzyby)

Szczątki roślin i odchody zwierząt są rozkładane przez destruentów (bakterie, grzyby), co w procesie mineralizacji przywraca rozpuszczalne fosforany do gleby.

10

Rozpuszczone jony fosforanowe

Rozpuszczone jony fosforanowe z wody są wykorzystywane głównie przez glony i rośliny wodne, a następnie zwierzęta.

11

Osady na dnie morza

Część rozpuszczalnych w wodzie związków fosforu (fosforany) w wyniku przemian chemicznych ulega mineralizacji. Na skutek tego procesu związki fosforu ulegają wytrącaniu i akumulacji w postaci osadów dennych.

12

Protisty roślinne i rośliny wodne

Część rozpuszczalnych w wodzie związków fosforu (fosforany) jest przyswajana przez rośliny wodne i protisty roślinopodobne.

13

Zwierzęta

Kolejnym ogniwem obiegu fosforu w przyrodzie są konsumenci, którzy spożywają rośliny i protisty roślinopodobne wraz z zawartym w nich fosforem.

14

Wydalanie i rozkład szczątków

Wydalanie i usuwanie odchodów oraz rozkład szczątków zwierząt przez reducentów przywracają związki fosforu do obiegu.

15

Skały osadowe

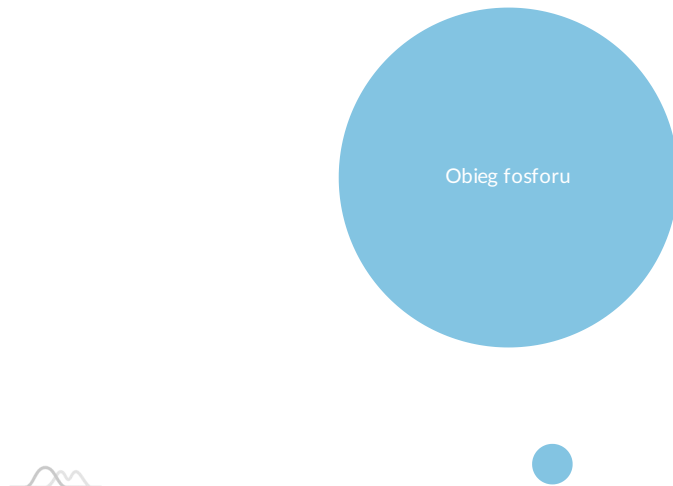
W wyniku akumulacji osadów dennych zawierających fosforany fosfor staje się z czasem składnikiem skał osadowych.

Skały osadowe, bogate w związki fosforu. Wyniesione na powierzchnię dzięki geologicznym procesom górotwórczym są źródłem fosforu, którego obieg przedstawia grafika interaktywna.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Po analizie schematu wykonaj mapę pojęć związanych z obiegiem fosforu.



Polecenie 2

Określ różnicę pomiędzy krążeniem fosforu w wodzie i na lądzie.

Polecenie 3

Scharakteryzuj możliwe drogi, jakimi fosfor może trafić do producentów.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Spośród podanych wybierz dwie cechy charakteryzujące obieg fosforu w przyrodzie:

- ☐ Jest to obieg bez udziału reducentów.
- ☐ Jest to obieg pomiędzy skałami i wodą.
- ☐ Jest to obieg bez udziału gazów.
- ☐ Jest to obieg zależny od nawozów fosforowych.
- ☐ Jest to obieg powolny lub szybki.

Ćwiczenie 2

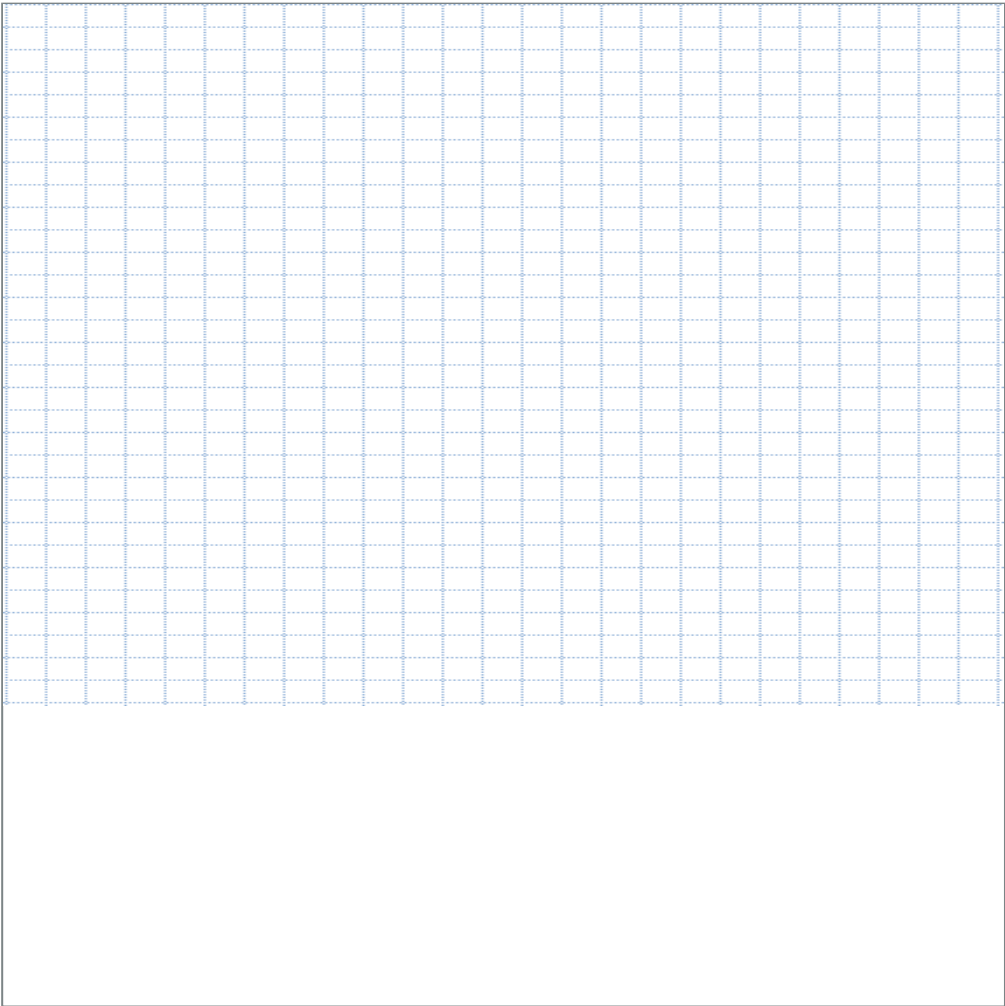


Na podstawie danych z tabeli wykonaj wykres obrazujący wykorzystanie nawozów fosforowych w Polsce (w tys. ton w przeliczeniu na czysty składnik P_2O_5).

Lata gospodarcze	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11
Wartość	442	412	462	375	353	408

Na podstawie: dane Głównego Urzędu Statystycznego.

Wykonaj wykres na podstawie danych z tabeli.



Ćwiczenie 3



Wskaż właściwą odpowiedź.

Wykres sporządzony na podstawie danych GUS zamieszczonych w ćwiczeniu 3 obrazuje trend stosowania nawozów fosforowych, który można określić mianem:

☐ tendencji stałej

☐ tendencji wzrostowej

☐ tendencji dynamicznej

☐ tendencji spadkowej

Ćwiczenie 4



Zaznacz w tekście wybrane sformułowania tak, aby zdania były prawdziwe.

Ze względu na powszechność występowania fosforu w żywności ☐ obserwuje się ☐ nie obserwuje ☐ się na ogół jego niedoborów. Jeżeli w diecie fosforu jest za dużo, to pierwiastek po dostaniu się z jelit do krwiobiegu pobudzi tarczycę i ☐ zwiększy ☐ zmniejszy ☐ wydzielanie hormonu kalcytoniny. Kalcytonina pobudzi ☐ wchłanianie ☐ usuwanie ☐ wapnia z kości, czym spowoduje ich ☐ osłabienie ☐ wzmocnienie ☐.

Ćwiczenie 5



Fosfor jest jednym ze składników kości i zębów. W kościach występuje w połączeniu z wapniem jako hydroksyapatyt. Do jego wchłaniania konieczne są witaminy A i D.

Spośród pokarmów bogatych w fosfor wybierz grupę, która pozwoli na dobre zaopatrzenie organizmu w ten pierwiastek:

☐ nabiał odtłuszczony

☐ pestki i orzechy

☐ chude mięso

☐ kasze, płatki

Fosfor w nadmiarze jest szkodliwy. Wskaż chorobę, która rozwija się w wyniku spożywania wysoko przetworzonych pokarmów i napojów zawierających związki fosforu:

☐ próchnica

☐ otyłość

☐ nadciśnienie

☐ krzywica

Ćwiczenie 6



W przyrodzie mamy do czynienia z „wolnym” i „szybkim” obiegiem fosforu. Wolny obieg to krążenie tego pierwiastka pomiędzy skałami, glebą i wodą. Szybki obieg dotyczy ekosystemów.

Uzupełnij pierwszą część zdania i uzasadnij jego słuszność, wybierając właściwe wyrażenia.

Rozkład martwej materii organicznej przez bakterie , ponieważ .

wycofuje fosfor z obiegu

umożliwia „szybki obieg” fosforu

biomasa roślin jest sprzątana z pól uprawnych

fosfor pobrany przez rośliny może trafić do konsumentów

nie ma wpływu na obieg fosforu

rośliny pobierają z gleby tylko rozpuszczalne jony organiczne

Ćwiczenie 7



Zaplanuj doświadczenie, w którym wykażesz wpływ związków fosforu na wzrost rzeżuchy. Pamiętaj o próbie kontrolnej.

Problem badawczy:

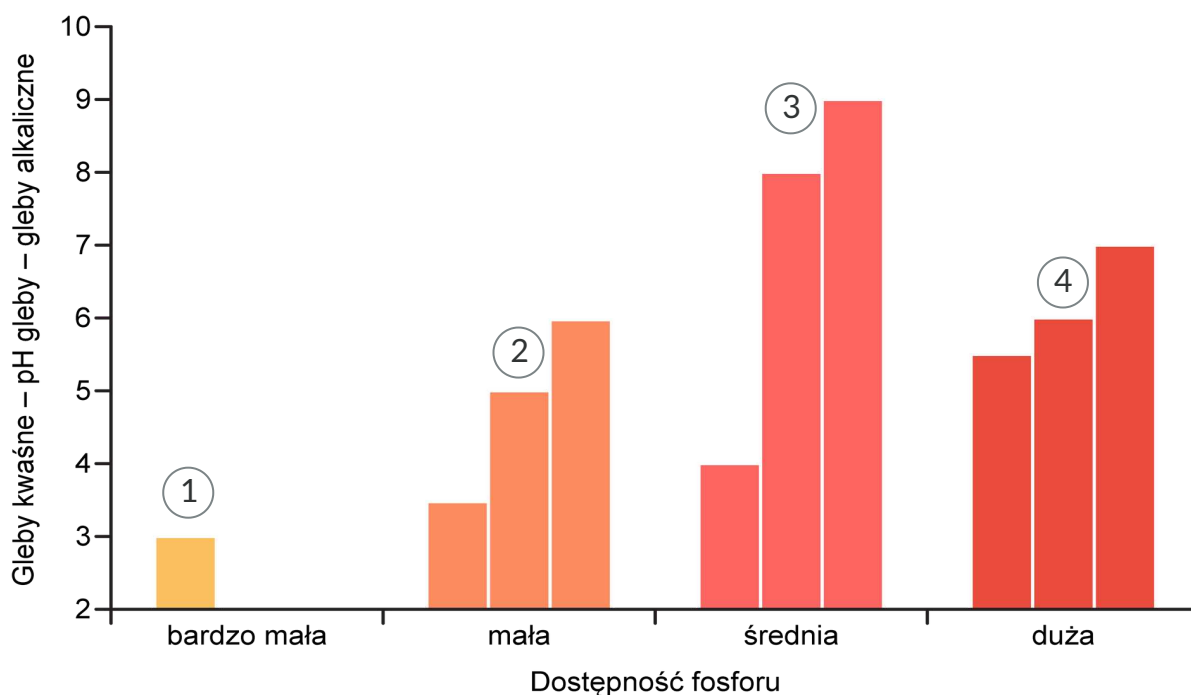
Hipoteza:

Wykonanie:

Ćwiczenie 8



Fosfor może łączyć się z innymi pierwiastkami, tworząc kompleksy niedostępne dla roślin.



1

A

zakres pH, w którym dominuje wiązanie fosforu przez żelazo

2

B

zakres pH, w którym dominuje wiązanie fosforu przez glin

3

C

zakres pH, w którym dominuje wiązanie fosforu przez wapń

4

D

zakres pH, w którym dostępność fosforu jest największa

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Źródło: Barbara Sapek, *Nagromadzenie i uwalnianie fosforu w glebach – źródła, procesy, przyczyny*, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Ochrony Jakości Wody.

Wiedząc, że ponad 50% gleb w Polsce ma odczyn kwaśny i bardzo kwaśny, oceń prawdziwość stwierdzenia: „Wapnowanie gleb przyczynia się do zwiększenia wykorzystania fosforu z gleby przez rośliny”. Odpowiedź uzasadnij.

Dla nauczyciela

Autor: Jolanta Loritz-Dobrowolska

Przedmiot: biologia

Temat: Obieg fosforu w przyrodzie

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Cele kształcenia – wymagania ogólne

IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych.

Uczeń:

2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe;

V. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Uczeń:

1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski;

Zakres rozszerzony

Cele kształcenia – wymagania ogólne

III. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych. Uczeń:

2) odczytuje, analizuje, interpretuje i przetwarza informacje tekstowe, graficzne, liczbowe;

IV. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów biologicznych. Uczeń:

1) interpretuje informacje i wyjaśnia związki przyczynowo-skutkowe między procesami i zjawiskami, formułuje wnioski;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- wymienia formy występowania fosforu w przyrodzie;
- ustala zależności pomiędzy kolejnymi etapami cyklu obiegu fosforu w przyrodzie;
- opisuje przemiany, którym podlega fosfor podczas obiegu w przyrodzie;
- podaje przykłady praktycznego wykorzystania obiegu fosforu w przyrodzie;
- określa rolę człowieka w obiegu fosforu.

Strategie nauczania:

- problemowa;
- operacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- analiza materiału źródłowego;
- mapa pojęć.

Formy pracy:

- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu, słuchawki;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel przypomina model obiegu azotu i węgla w przyrodzie i wykorzystując ilustrację okładową nawiązuje do obiegu fosforu w przyrodzie oraz prawa minimum Liebiga.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel prosi uczniów o wymienienie etapów obiegu fosforu na podstawie analizy grafiki interaktywnej i wskazanie różnic między obiegiem tego pierwiastka a obiegiem azotu i węgla. Następnie wysłuchuje odpowiedzi uczniów i uzupełnia je w razie konieczności.
2. Nauczyciel dzieli klasę na grupy i prosi o opracowanie tematów: „droga fosforu od skały do skały przez wodę”; „droga fosforu od skały do skały przez glebę” „droga fosforu przez łańcuchy pokarmowe – ograniczenia”; „znaczenie guano dawniej i dziś” z wykorzystaniem tekstu i grafiki. Ustala formę prezentacji efektów pracy grupowej w postaci rysunków, schematów lub mapy myśli.

Uczniowie mogą np. narysować odpowiedni obieg fosforu lub opisać go w postaci schematu (załącznik).

3. Liderzy grup prezentują efekty pracy. W razie potrzeby wypowiedzi ich uzupełniają pozostali członkowie grup lub nauczyciel.

Faza podsumowująca:

W ramach podsumowania wiadomości dotyczących obiegu fosforu w przyrodzie uczniowie wykonują mapę myśli na tablicy szkolnej. Uwzględniają także wpływ człowieka na ten cykl. Cała klasa angażuje się w wykonanie zadania, kolejni uczniowie rozbudowują powstającą mapę. Nauczyciel weryfikuje poprawność informacji.

Praca domowa:

Uczniowie sprawdzą na etykietach środków czystości (proszki do prania, płyny do mycia naczyń, płyny do kąpieli) zawartość fosforanów i wykonają notatkę. Polecenie: „Czy środki chemiczne wykorzystywane w twoim gospodarstwie domowym zawierają fosforany? Dokonaj analizy informacji umieszczonych na etykietach środków czystości. Uzyskane informacje przedstaw w postaci zestawienia tabelarycznego”.

Materiały pomocnicze:

1. Bezak-Mazur E., Stoińska R., *Rola fosforu w środowisku – praca przeglądowa*, Archives of Waste Management and Environmental Protection, vol. 15 issue 3 (2013).
2. Załącznik 1 [ilustracja].

Załącznik 1.

Plik o rozmiarze 27.33 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:

Najlepiej wykorzystać grafikę interaktywną do pracy grup. Można ją też wykorzystać jako podsumowanie (jeśli brak czasu na wykonanie mapy myśli) lub zadać analizę

grafiki jako pracę domową.