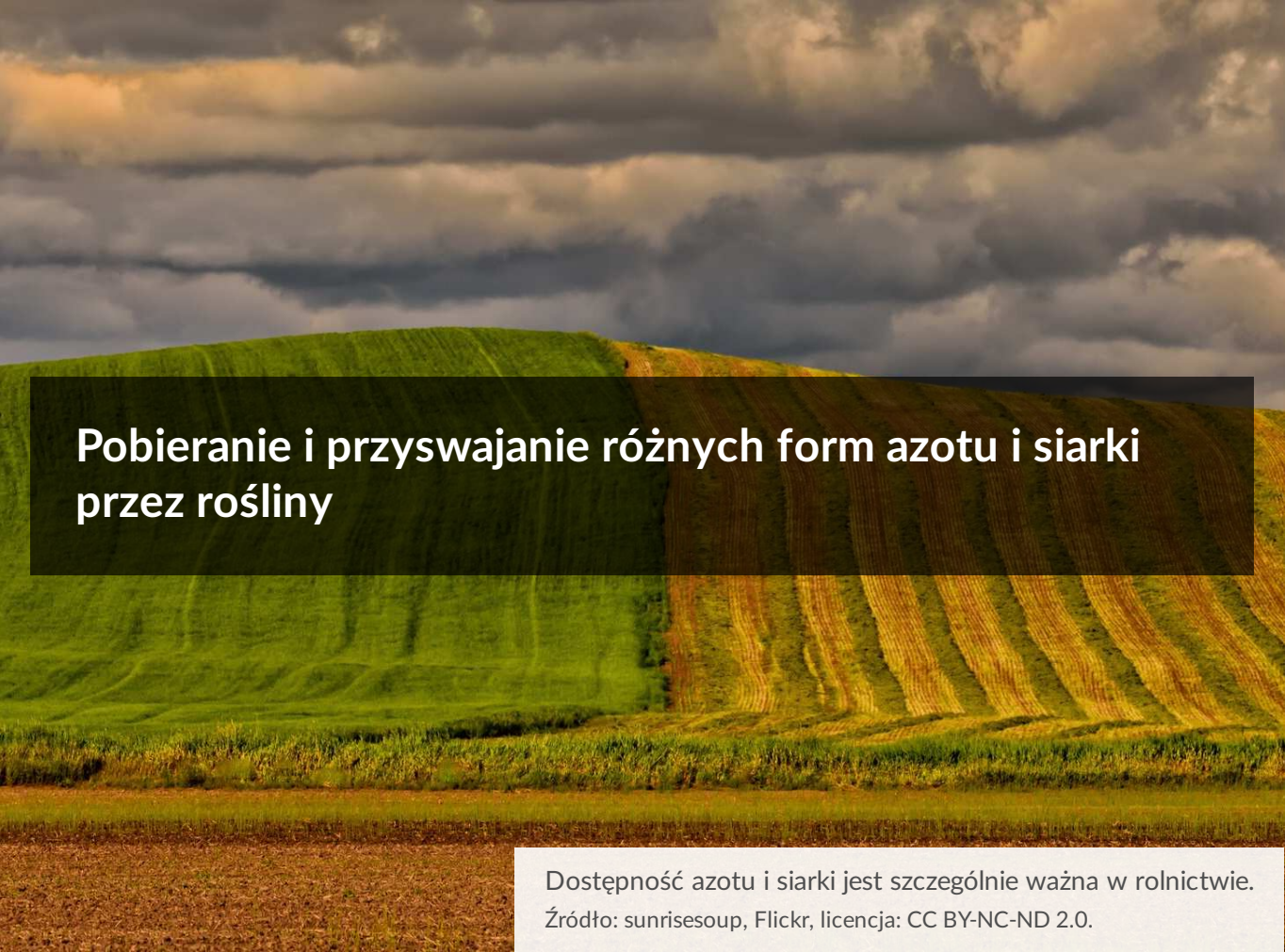




Pobieranie i przyswajanie różnych form azotu i siarki przez rośliny

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Pobieranie i przyswajanie różnych form azotu i siarki przez rośliny

Dostępność azotu i siarki jest szczególnie ważna w rolnictwie.

Źródło: sunrisesoup, Flickr, licencja: CC BY-NC-ND 2.0.

Niedobór przyswajalnego azotu w glebach uprawnych znacząco ogranicza rozwój i wzrost roślin – aby temu zapobiec, masowo stosuje się nawozy azotowe. Innym kluczowym dla rozwoju roślin pierwiastkiem jest siarka, która również znajduje się w nawozach. Całkowite zaprzestanie ich wykorzystywania w rolnictwie doprowadziłoby do braku możliwości wykarmienia niemal połowy populacji ludzkiej.

Twoje cele

- Omówisz rolę azotu i siarki jako makroelementów niezbędnych roślinom do życia.
- Porównasz mechanizmy poboru azotu i siarki przez organizmy roślinne.
- Wskażesz dostępne dla roślin formy azotu i siarki.

Przeczytaj

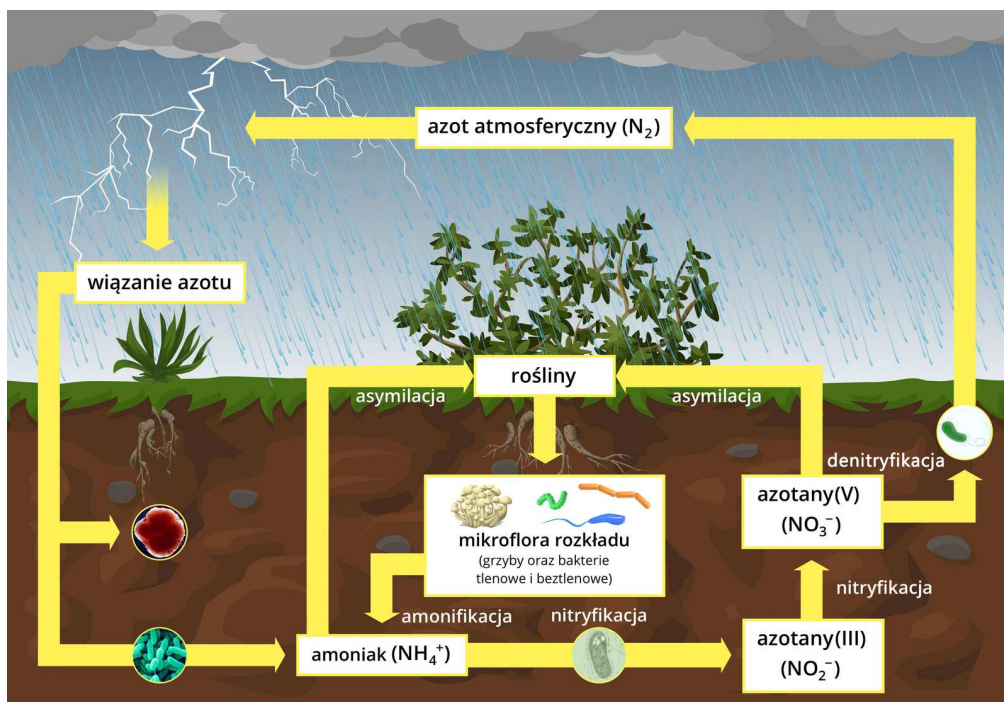
Jony azotanowe i siarczanowe są bardzo ważne w żywieniu dla roślin – zapotrzebowanie organizmów roślinnych na te pierwiastki jest ściśle powiązane.

Rośliny potrzebują dużych ilości azotu – ten makroelement jest niezbędny do syntezy m.in. [aminokwasów](#), białek, kwasów nukleinowych i chlorofilu – oraz siarki wchodzącej w skład aminokwasów takich jak [cysteina](#) i metionina. Oba pierwiastki muszą być asymilowane przez roślinę w odpowiednich ilościach. [Asymilacja azotu](#) i siarki związana jest procesami redukcji, a jako kosztowna energetycznie, potrzebuje energii w postaci ATP.

Azot

Pobieranie azotu

Rośliny [pobierają](#) azot w formie jonów amonowego (NH_4^+) i azotanowego (NO_3^-). Preferencyjne asymilowanie którejś z form azotu zależy od gatunkowych uwarunkowań i czynników środowiska. Obydwie formy pobierane są w obszarze włosników korzenia, a przez niektóre gatunki [mikoryzowe](#) w obszarze aktywności [symbionta](#).



Obieg azotu pomiędzy roślinami, a środowiskiem.

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

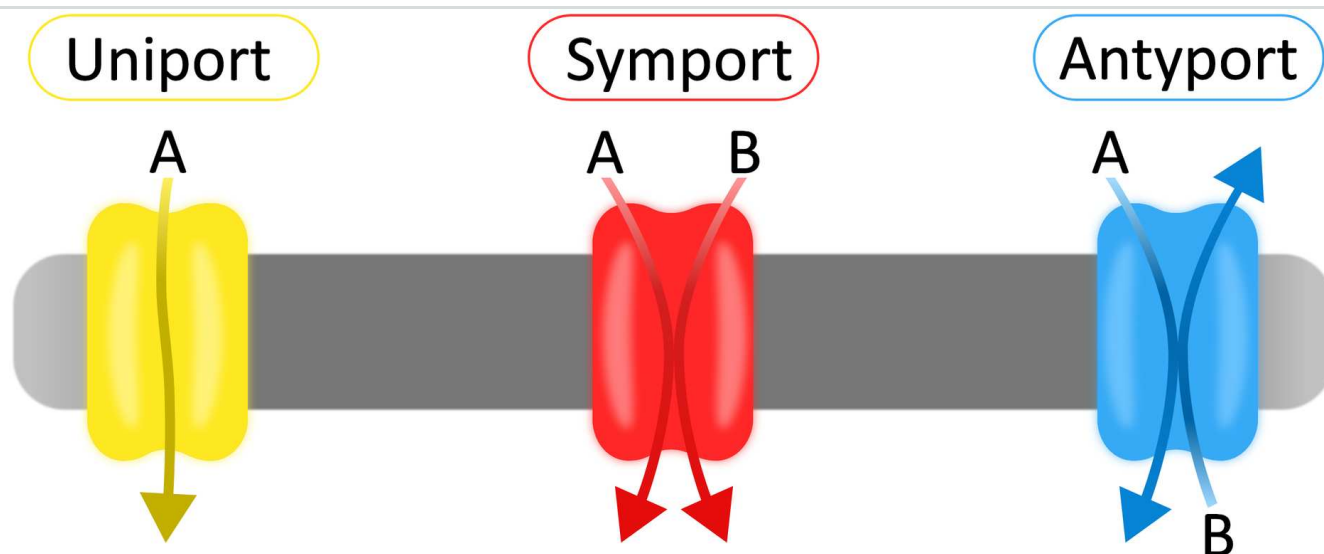
Istotnym czynnikiem ułatwiającym pobieranie jonu NO_3^- jest jego rozproszenie w roztworze glebowym, inaczej niż w przypadku formy amonowej, która zwykle ulega **sorpcji** przez **koloidy glebowe**. Jony amonowe pobierane są biernie oraz aktywnie.

Ważnym czynnikiem decydującym o dostępności dla roślin jonów azotanowych i amonowych jest pH. W warunkach niskiego pH łatwo pobierana jest forma azotanowa; pobieranie jonów amonowych (NH_4^+) zachodzi łatwiej w środowisku obojętnym i maleje wraz z obniżeniem pH.

Transport jonów azotanowych przez błony komórkowe

Azotany w formie jonu azotanowego (NO_3^-) transportowane są do komórki na zasadzie **symportu** z protonami (H^+) lub z innymi kationami. Jeśli zapotrzebowanie rośliny na jony azotu jest większe niż na kationy, symport ulega ograniczeniu. Azotany transportowane są do komórek liści głównie w formie niezmienionej, czyli NO_3^- , i magazynowane w wakuoli.

Transport jonów amonowych przez błony biologiczne



Rodzaje transportu cząsteczek (A i B) przez błony komórkowe.

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

Etapy asymilacji azotu

Pobieranie azotu w formie NO_3^- jest mniej korzystne dla rośliny – zawarty w niej azot musi ulec redukcji, co jest procesem wysoko endoergicznym i wymaga dostarczenia energii w postaci jednej cząsteczki ATP.

Redukcja jonów azotanowych do formy amonowej jest procesem kluczowym dla przyswajania azotu. Proces redukcji przebiega etapowo.

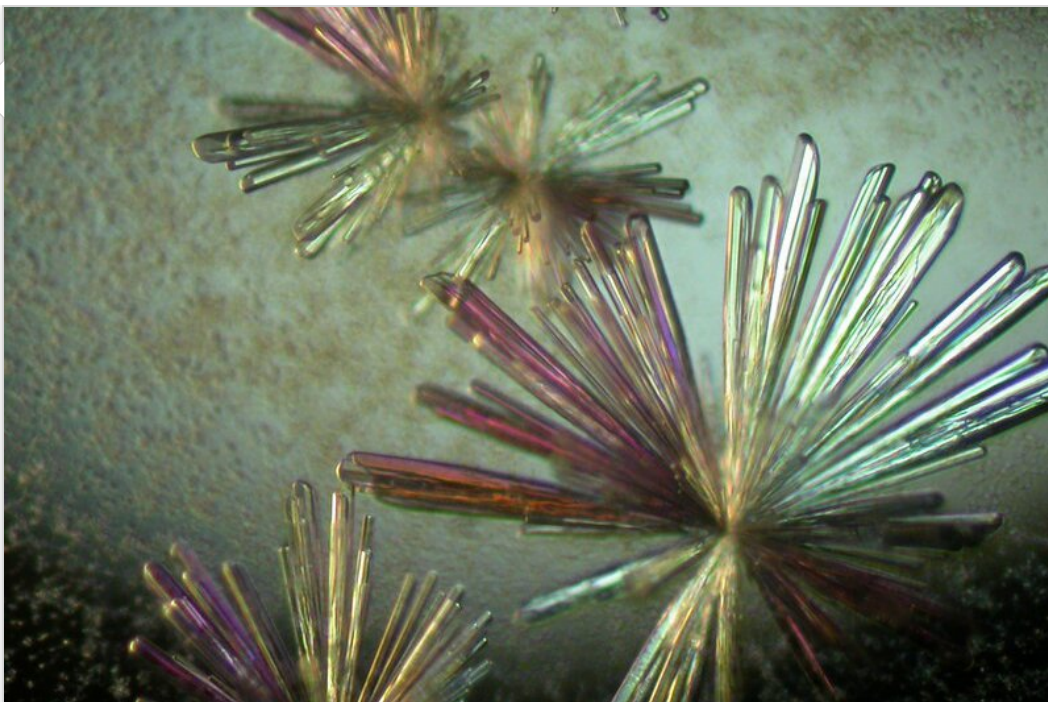


Liść oleandra (*Nerium oleander*), rośliny światłolubnej.

Źródło: Robert Couse-Baker, Flickr, licencja: CC BY 2.0.

Pierwszy etap – redukcję azotanów(V) NO_3^- do azotanów(III) NO_2^- – katalizuje reduktaza azotanowa. Jest ona obecna zarówno w nadziemnych, jak i podziemnych częściach roślin bądź wyłącznie w korzeniach lub pędach, co jest uwarunkowane genetycznie oraz jest związane z warunkami środowiska, szczególnie z nasłonecznieniem. Miejscem redukcji azotanów u roślin światłolubnych są zazwyczaj liście – rośliny ceniolubne mają tendencję do redukcji azotanów w korzeniach.

Azotany(V) po redukcji do azotanów(III) są transportowane do chloroplastów lub proplastydów.



Aminokwasy budują białka. Na ilustracji przedstawiono je w formie kryształów.

Źródło: orinoco14, Flickr, licencja: CC BY-NC 2.0.

Drugi etap redukcji asymilacyjnej azotu to przekształcenie azotanów(III) do amoniaku.

Jony azotanowe NO_3^- po pobraniu, w komórkach korzenia lub w tkankach fotosyntetyzujących ulegają redukcji do jonów amonowych NH_4^+ . Jony NH_4^+ bezpośrednio pobrane z gleby oraz te powstałe w wyniku redukcji jonów azotanowych NO_3^- są wbudowywane do aminokwasów.

Głównym mechanizmem asymilacji azotu w formie amonowej jest cykl syntetazy glutaminowej – syntazy glutaminianowej (GS-GOGAT). W cyklu tym wbudowanie jednej cząsteczki amoniaku do aminokwasu wiąże się z wykorzystaniem jednej cząsteczki ATP. Przynajmniej 90% jonów NH_4^+ jest przyswajane przez roślinę w cyklu GS-GOGAT – główny pobór azotu odbywa się zatem za jego pośrednictwem. Glutamina jest kluczowym metabolitem asymilacji azotu. Grupy aminowe wykorzystywane później do syntezy aminokwasów i innych związków azotowych są magazynowane właśnie w formie tego związku.

Siarka

Siarka jest jednym z ważniejszych pierwiastków w [żywieniu mineralnym roślin](#). Występuje w nich głównie w formie zredukowanej jako grupa -SH (sulfhydrylowa, tiolowa). Grupy -SH obecne są w aminokwasach (np. cysteinie): tworzą mostki S-S w białkach, co warunkuje ich strukturę III- i IV-rzędową.

Stosunek N : S w białkach jest względnie stały (10 : 1). Tylko u niektórych gatunków zapotrzebowanie na siarkę jest większe ze względu na metabolizm wtórny (wyspecjalizowany), czyli wytwarzanie wyspecjalizowanych związków, które nie biorą udziału w podstawowych procesach biologicznych, ale umożliwiają roślinie przetrwanie w określonym środowisku.



Jezioro Wai-O-Tapu w Nowej Zelandii swój kolor zawdzięcza wysokiej zawartości siarki.

Źródło: Jeno Ortiz, Flickr, licencja: CC BY-NC-ND 2.0.

Pobieranie siarki przez rośliny

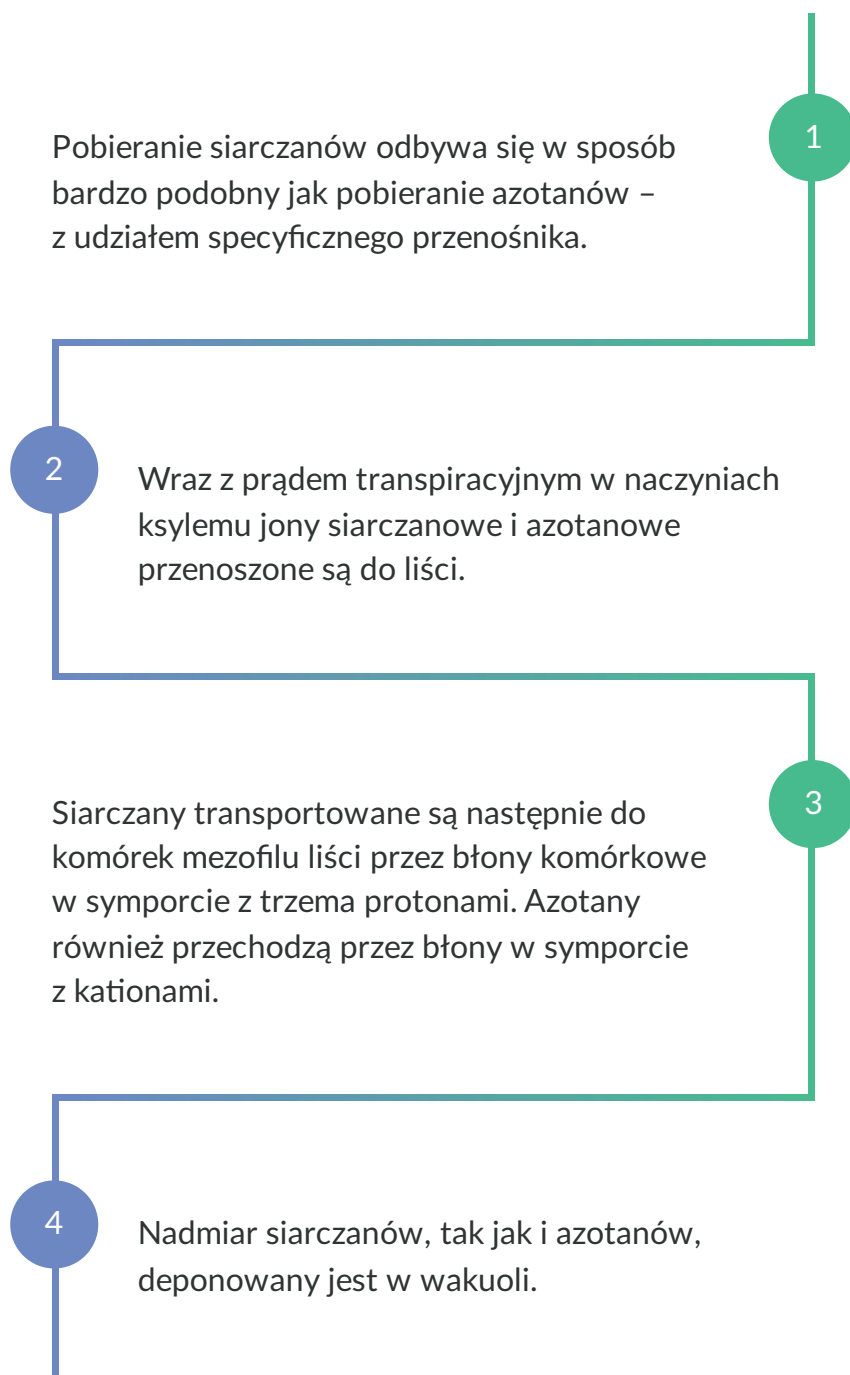
Siarka jest pobierana jako anion SO_4^{2-} w symporcie z kationami. Niewielkie ilości pobierane są w formie gazowej SO_2 przez części nadziemne.

Przyswajanie siarczanów

Redukcja siarczanów(VI) SO_4^{2-} do -SH zachodzi głównie w chloroplastach. Redukcja do -SH następuje etapowo, przez siarczany(IV). Proces ten przebiega intensywnie w młodych liściach i w miarę ich starzenia się stopniowo słabnie. Może też zachodzić w korzeniach. W ostatnim etapie asymilacji siarczanów grupa -SH jest przyłączana do związku pośredniego, w wyniku czego powstaje cysteina.

Porównanie asymilacji siarczanów z asymilacją azotanów

Asymilacja siarczanów wykazuje zarówno pewne podobieństwa, jak i różnice w porównaniu z asymilacją azotanów.



Asymilacja siarczanów przypomina asymilację azotanów (oba procesy są endoergiczne i oparte na redukcji), wymaga jednak znacznie większego nakładu energii.

Ciekawostka

Szybkość asymilacji siarczanów jest stosunkowo mała – wynosi ok. 5% szybkości asymilacji azotanów i zaledwie 0,1–0,2% tempa asymilacji CO₂.

Dlaczego asymilacja siarczanów wymaga tak dużego nakładu energii?

Redukcja jonów SO₄²⁻ do SO₃²⁻ wymaga całkowitego rozkładu trzech wysokoenergetycznych bezwodnikowych wiązań fosforanowych, a związanie siarki w cysteinie – rozkładu dwóch dodatkowych. Zużycie ATP w asymilacji siarczanów jest pięć razy większe niż w procesie asymilacji azotu.

Słownik

aminokwasy

związki organiczne powszechnie występujące w organizmach żywych, zawierające w cząsteczce co najmniej jedną grupę karboksylową (–COOH) i co najmniej jedną grupę aminową (–NH₂)

antyport

jeden z rodzajów transportu przez błonę, sprzężony z przemieszczeniem jonu, zazwyczaj Na⁺ lub H⁺; zachodzi wtedy, gdy substancja transportowana i jon są przemieszczane w przeciwnych kierunkach; białka biorące udział w tym procesie nazywane są przenośnikami antyportowymi – przykładem antyportu jest pompa sodowo-potasowa

asymilacja azotu

proces prowadzący do wytworzenia organicznych związków zawierających azot z nieorganicznych związków azotu obecnych w środowisku organizmów żywych, obejmujący pobieranie, redukcję i wbudowywanie azotu w grupy aminowe aminokwasów

cysteina

endogeny aminokwas zawierający grupę tiolową –SH; powszechny składnik białek

glutamina

aminokwas endogeny, wchodzi w dużych ilościach w skład białek roślinnych i zwierzęcych; wolna glutamina jest magazynem amoniaku powstającego w przemianach aminokwasów w różnych tkankach

koloidy glebowe

utworzona przez najdrobniejsze cząstki gleby (średnica 0,5–0,001 μm) część fazy stałej gleby, zawarta we frakcji koloidalnej

ksylem

inaczej drewno; niejednorodna tkanka przewodząca występująca wewnątrz organów roślinnych (niedochodząca do ich naturalnej powierzchni) u roślin naczyniowych, charakteryzująca się obecnością elementów trachealnych, rozprowadzająca wodę i sole mineralne

mikoryza

zjawisko symbiotycznego współżycia grzybów z korzeniami roślin wyższych; występuje powszechnie, obejmując ok. 85% gatunków roślin wyższych na całym świecie

pobieranie jonów u roślin

przemieszczanie związków mineralnych rozpuszczonych w wodzie ze środowiska zewnętrznego rośliny do jej środowiska wewnętrznego

sorpcja glebowa

zjawisko zatrzymywania jonów, cząstek stałych i gazów przez fazę stałą gleby

symbiotyczne wiązanie azotu

enzymatyczne wiązanie azotu atmosferycznego (N_2) do jonów amonowych (NH_4^+) przeprowadzane przez bakterie brodawkowe współżyjące z roślinami (m.in. z rodzaju *Rhizobium*)

symport

rodzaj transportu aktywnego, podczas którego transportowane np. cząsteczka i jon przemieszczają się przez błonę w tym samym kierunku; białko uczestniczące w tym procesie nazywane jest przenośnikiem symportowym, np. przenośnik Na^+ /glukoza

żywienie mineralne roślin

mineralna gospodarka roślin; całokształt zjawisk i procesów związanych z udziałem pierwiastków niewchodzących w skład wody i dwutlenku węgla w funkcjach życiowych rośliny

Film samouczek

Pobieranie i przyswajanie różnych form azotu i siarki przez rośliny

Pobieranie i przyswajanie różnych form azotu i siarki przez rośliny

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1VVEo7Ur0ilK>

Pobieranie i przyswajanie różnych form azotu i siarki przez rośliny.

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

Film nawiązujący do treści materiału pod tytułem "Pobieranie i przyswajanie różnych form azotu i siarki przez rośliny".

Polecenie 1

Obejrzyj film i wyjaśnij, w jaki sposób przebiega pobieranie i przyswajanie przez rośliny różnych form azotu.

Polecenie 2

Na podstawie filmu omów mechanizm pobierania i przyswajania siarki przez rośliny.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Przyporządkuj informacje dotyczące transportu związków azotowych u roślin do formy jonu, której dotyczą.

Jony amonowe

Do liści transportowane mogą być w postaci jonów lub już wbudowane do aminokwasów.

Jony azotanowe

Są magazynowane w wakuolach komórek liści.

Ich pobieranie przebiega jako antyport protonów.

Obie formy jonów

W korzeniu mogą ulec asymilacji do aminokwasów.

Transport do komórki odbywa się na zasadzie symportu z kationami.

Ćwiczenie 2



Ułóż w kolejności etapy asymilacji związków azotu w komórkach roślinnych.

Redukcja NO_2^- do jonów amonowych



Glutamina jako substrat do syntezy aminokwasów



Transport jonów NO_2^- do chloroplastów lub proplastydów



Przyłączenie jonów amonowych do glutaminianu



Redukcja jonów NO_3^- do NO_2^- w cytozolu



Powstanie glutaminy



Ćwiczenie 3



Zaznacz etapy asymilacji siarki, które występują również w przebiegu asymilacji azotu.

☐ Redukcja w cytozolu komórek

☐ Pobieranie z udziałem specyficznego przenośnika

☐ Wnikanie do chloroplastów z udziałem przenośnika fosforanowego

☐ Deponowanie nadmiaru w wakuoli

☐ Transport do liści

Ćwiczenie 4



Oceń i zaznacz, czy podane stwierdzenia są prawdziwe, czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Cysteina to aminokwas, który u roślin może być łatwo zastąpiony, ponieważ nie pełni istotnych funkcji – jest wykorzystywana jedynie do budowy barwników roślinnych.	☐	☐
Stosowanie nawozów azotowych na szeroką skalę jest niekorzystne dla roślin, ponieważ w glebach uprawnych azot występuje w nadmiarze.	☐	☐
Azot jako składnik mineralny jest roślinom niezbędny, gdyż wykorzystują go do syntezy aminokwasów, białek, kwasów nukleinowych oraz chlorofilu.	☐	☐

Ćwiczenie 5



Przyporządkuj pojęciom odpowiadające im opisy.

Cysteina	Aminokwas wytwarzany w komórkach roślinnych, zawierający grupę tiolową.
Symport	Rodzaj transportu, dzięki któremu azotany przenoszone są do komórki wspólnie z protonami.
Wakuola	Miejsce w komórce, w którym magazynowany jest nadmiar zarówno siarczanów, jak i azotanów.

Ćwiczenie 6



Uzupełnij tekst, zaznaczając prawidłowe sformułowania.

Siarka ☐ Azot ☐ jest pierwiastkiem niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania roślin. Występuje w aminokwasach, a mostki, które tworzy, warunkują powstanie struktury III- i IV-rzędowej w cukrach ☐ białkach ☐ tłuszczach ☐ . Przy zwiększonym zapotrzebowaniu na azot maleje ☐ wzrasta ☐ zapotrzebowanie na siarkę ☐ chrom ☐ krzem ☐ u roślin. U niektórych gatunków pobór tego pierwiastka jest większy ze względu na metabolizm pierwotny ☐ wtórny ☐ .

Ćwiczenie 7



„W uprawie roślin bobowatych na ogół nie stosuje się nawożenia azotowego. Odstąpienie od tego zabiegu jest możliwe dzięki bakteriom symbiotycznym, które zaopatrują rośliny w azot, będący jednym z najważniejszych pierwiastków plonotwórczych”.

Źródło: Katarzyna Szulc, *Dobroczynne bakterie brodawkowe* (rozmowa z prof. Stefanem Martyniukiem), „Farmer” 2016, nr 3.

Wyjaśnij, na czym polega symbioza bakterii brodawkowych z roślinami bobowatymi.

Ćwiczenie 8



Siarka pobierana jest przez rośliny z gleby w formie utlenionej jako jony SO_4^{2-} , ale może być też wchłaniana przez części naziemne roślin w niewielkiej ilości w formie gazowej SO_2 . Szybkość asymilacji siarczanów jest dużo mniejsza w porównaniu z szybkością asymilacji azotu czy dwutlenku węgla, jednak wymaga dużo większego nakładu energii.

Wyjaśnij, dlaczego asymilacja siarczanów wymaga dużego nakładu energii.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Pobieranie i przyswajanie różnych form azotu i siarki przez rośliny

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IX. Różnorodność roślin.

3. Gospodarka wodna i odżywianie mineralne roślin. Uczeń:

- 1) wyjaśnia mechanizmy pobierania oraz transportu wody i soli mineralnych;
- 6) podaje dostępne dla roślin formy wybranych makroelementów (N, S);

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Omówisz rolę azotu i siarki jako makroelementów niezbędnych roślinom do życia.
- Porównasz mechanizmy poboru azotu i siarki przez organizmy roślinne.
- Wskażesz dostępne dla roślin formy azotu i siarki.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- rozmowa kierowana;

- praca z filmem samouczkiem;
- mapa myśli.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

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

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Pobieranie i przyswajanie różnych form azotu i siarki przez rośliny”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj” i multimedium w sekcji „Film samouczek”, tak aby podczas lekcji mogli w niej aktywnie uczestniczyć i rozwiązywać zadania.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla i odczytuje temat lekcji oraz zawarte w sekcji „Wprowadzenie” cele zajęć. Prosi uczniów lub wybraną osobę o sformułowanie kryteriów sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Uczniowie formułują pytania dotyczące tematu zajęć, na które odpowiedzą w trakcie lekcji.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Film samouczek”).** Jeśli to konieczne, nauczyciel wyświetla ponownie multimedium (na tablicy interaktywnej lub za pomocą rzutnika), z którym uczniowie mieli się zapoznać w ramach przygotowania do zajęć. Następnie uczniowie opracowują w parach polecenia nr 1 i 2 (w których mają za zadanie scharakteryzować, w jaki sposób transportowane są różne formy azotu i siarki). Po wykonanej pracy dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy.
2. **Mapa myśli.** Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy i prosi ich, by na podstawie e-materiału opracowali mapę myśli dotyczącą przydzielonych zagadnień:
 - grupa I i II – pobieranie i przyswajanie różnych form azotu przez rośliny;

– grupa III i IV – pobieranie i przyswajanie różnych form siarki przez rośliny.

Grupy otrzymują po dwa arkusze papieru A2 i na jednym z nich sporządzają mapę myśli. Następnie wybierają po dwóch ekspertów, którzy najlepiej opanowali otrzymane zagadnienia. Eksperci zamieniają się grupami (I z III, II z IV) i przekazują zdobytą wiedzę. Uczniowie z drugiej grupy robią na drugim arkuszu notatki w formie mapy myśli, porządkując informacje przekazywane przez eksperta. Po upływie wyznaczonego czasu eksperci wracają do swoich grup. Grupy prezentują wyniki swojej pracy, nauczyciel uzupełnia brakujące informacje, koryguje ewentualne błędy.

3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, dlaczego asymilacja siarczanów wymaga dużego nakładu energii) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel prosi uczniów, aby w grupach skonstruowali tabelę porównującą mechanizmy poboru azotu i siarki w organizmach roślinnych. Grupy prezentują wykonane przez siebie tabele.
2. Uczniowie odpowiadają na pytania sformułowane we wstępnej fazie lekcji.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 7 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Multimedia zamieszczone w sekcji „Film samouczek” można wykorzystać w fazie wstępnej zajęć, w celu wzbudzenia zaciekawienia uczniów.