

Strategia nauczania przedmiotów przyrodniczych oparta o dociekanie naukowe

dr Robert Czuchnowski

Artykuł stanowi wprowadzenie do metodologii nauczania przedmiotów przyrodniczych opartego o dociekanie (odkrywanie) naukowe. Omówiono szczegółowo najbardziej efektywny w tej strategii 5-etapowy cykl nauczania i uczenia się oraz rozwijane umiejętności uczniów. Przedstawiono także podstawowe typy zajęć kształtujące różne poziomy samodzielności badawczej uczniów.

Panuje dość powszechne społeczne przekonanie, że nauczanie sprowadza się tak naprawdę do przekazywania szeroko rozumianej wiedzy, która ma pozwolić uczniom na osiągnięcie wysokich wyników na egzaminach. Jest to bardzo zachowawcze podejście, które już od blisko pół wieku przestało przystawać do rzeczywistości. Obserwujemy bowiem wyraźne przesunięcie punktu ciężkości z treści kształcenia na jego efekty, co zostało wymuszone przez konieczność sprostania wymogom kolejnych etapów edukacji, ale także przez zmieniający się rynek pracy.

Nowoczesne, innowacyjne nauczanie powinno przygotować ucznia do samodzielnego kierowania swoim rozwojem poprzez kształtowanie krytycznego i twórczego myślenia, rozwijanie umiejętności identyfikowania problemów i poszukiwania najlepszych rozwiązań. Zmianie ulega także rola samego nauczyciela. Z prostej funkcji przekazującego wiedzę staje się on raczej przewodnikiem swoich uczniów w ich procesie uczenia się. Obecnie istnieje stosunkowo łatwy dostęp do informacji, znacznie gorzej jest jednak z oceną ich wiarygodności bądź wykorzystaniem tych wiadomości dla wyjaśniania zjawisk otaczającego świata.

Chociaż wykonywanie doświadczeń i eksperymentów kojarzy się w powszechnej opinii z nauczaniem przedmiotów przyrodniczych (głównie w zakresie chemii czy fizyki, rza-

dziej biologii, a prawie w ogóle geografii) to w praktyce szkolnej staje się zazwyczaj tylko ilustracją dla przedstawianych treści. Przeważnie ogranicza się do pokazu nauczyciela, a rola uczniów jest sprowadzona jedynie do potwierdzenia zgodności wyników z wcześniej podanymi przez nauczyciela wiadomościami. Biorąc pod uwagę, że duża część doświadczeń w warunkach szkolnych „nie wychodzi”, to nawet ta funkcja wydaje się wątpliwa.

Alternatywą dla tak rozumianej roli doświadczeń i eksperymentów w dydaktyce przedmiotów przyrodniczych jest strategia nauczania oparta o dociekanie naukowe, gdzie aktywność jest głównie po stronie uczniów. W wielu krajach świata strategia IBSE (*Inquiry Based Science Education*), jako kształcenie promujące badawczą aktywność uczniów, to już standard dydaktyczny, ujęty w podstawach programowych (Maciejowska i Odrowąż, 2013).

Nie jest to podejście całkowicie nowe także w Polsce. Znajdziemy je już w klasycznym podręczniku dydaktyki ogólnej Okonia (2003), który w grupie metod poszukujących jako sposób uczenia się ucznia podaje odkrywanie, a jako odpowiadającą mu postawę ucznia wymienia postawę badawczą. Tak rozumiane odkrywanie (dociekanie naukowe) to „celowy proces diagnozowania problemów, krytycznej analizy eksperymentów oraz dostrzegania alternatyw, planowania badań, sprawdzania przypuszczeń,

szukania informacji, konstruowania modeli, dyskusowania z rówieśnikami i formułowania spójnych argumentów” (Linn i in., 2004). Jest ono oparte wprost o konstruktywistyczny model dociekania naukowego (Llewellyn, 2002).

Obecnie w zapisach nowych podstaw programowych dla przedmiotów przyrodniczych, zarówno w szkołach podstawowych jak i ponadpodstawowych, znalazło się wiele sformułowań zalecających szerokie wprowadzenie metody badawczej do programów nauczania, a jest ona właśnie podstawowym elementem strategii nauczania przez odkrywanie (Czuchnowski i Paul, 2019).

5-etapowy cykl nauczania i uczenia się

W strategii IBSE najbardziej efektywnym modelem nauczania i uczenia się jest 5-etapowy cykl nazywany 5E (Llewellyn, 2002; Maciejowska i Odrowąż, 2013) od angielskich nazw etapów zaczynających się od litery e.



Rys. 1. 5-etapowy cykl nauczania-uczenia się w strategii IBSE

1. Zaangażowanie (Engage) – ten etap stanowiący część wprowadzającą lekcji uaktywnia proces uczenia się uczniów. Daje nauczycielowi możliwość pokazania szerszego kontekstu oraz wzbudzenia zainteresowania i zaciekawienia tematem. Jednocześnie uczniowie mogą dokonać oceny już posiadanej na dany temat wiedzy, dzielą się także swoimi wcześniejszymi doświadczeniami.
2. Badanie (Explore) – stanowi pierwszy element właściwej lekcji, podczas którego uczniowie samodzielnie lub w grupach formułują pytania badawcze, stawiają hipotezy i zajmują się zbieraniem danych (eksperymentalnych lub literaturowych). Jest to również etap wymiany obserwacji, uczniowie mogą przedyskutować pomiędzy sobą, co udało się zbadać, odkryć oraz czego się dowiedzieli w trakcie eksperymentów. W tej fazie lekcji nauczyciel obserwuje, ewentualnie motywuje ich do pracy.
3. Wyjaśnianie (Explain) – kolejny etap właściwej lekcji, gdy zdobyte na podstawie wykonanego badania informacje zostają przedyskutowane z nauczycielem. Dopiero teraz nauczyciel wyjaśnia podstawy naukowe i wprowadza pojęcia kluczowe dla pełnego zrozumienia zjawiska. Wyposaża jednocześnie uczniów w poprawną terminologię.
4. Rozwinięcie (Extend) – ostatni etap właściwej lekcji, podczas którego nauczyciel pomaga uczniom dokonać pełnego zintegrowania nowo zdobytej wiedzy dotyczącej badanego zjawiska. Pozwala to na rozszerzenie jej zastosowania na nowe sytuacje, odniesienie do ogólnych praw i zależności. Znacznie ułatwia to uczniom tworzenie uogólnień oraz weryfikację ich dotychczasowego rozumienia badanego zjawiska.
5. Ocenianie (Evaluate) – to etap podsumowania i rekapitulacji lekcji, który daje szansę na stawianie przez nauczyciela bardziej złożonych i otwartych pytań: „Dlaczego uważasz, że..? Jakiego masz na to dowody?”. Pomagają one uczniom dokonywać analizy i oceny własnej pracy oraz ocenić rozumienie przez

uczniów pojęć i zdobyte przez nich umiejętności.

Umiejętności rozwijane podczas dociekania naukowego

Wykorzystując strategię nauczania przedmiotów przyrodniczych opartą o dociekanie naukowe, stwarzamy uczniom możliwość rozwijania różnorodnych umiejętności i postaw. Dotyczy to nie tylko tych czysto badawczych, które znalazły odniesienie w aktualnych podstawach programowych dla wszystkich poziomów kształcenia, ale także szeregu kompetencji kluczowych, w tym także tych o charakterze miękkim, jak umiejętność zarządzania swoją pracą, zdolność motywowania i inspirowania siebie i innych, komunikacji i współpracy w grupie. Szczegółowe umiejętności badawcze rozwijane podczas dociekania naukowego umieszczono w tabeli 1, s. 26.

Typy zajęć opartych na dociekanu naukowym

W strategii nauczania opartego o dociekanie naukowe wyróżniono 5 podstawowych typów zajęć (Rys. 2). Uszerzegowane według wzrastającej samodzielności badawczej uczniów i jednocześnie malejącej roli nauczyciela są to: pokaz interaktywny, odkrywanie z instrukcją, ukierunkowane dociekanie naukowe, ograniczone dociekanie naukowe, swobodne dociekanie naukowe (Bernard i in., 2012; Ellermeijer i in., 2013).

Pokaz interaktywny – to najczęściej stosowany typ zajęć z omawianej grupy, który polega na przeprowadzeniu pokazu eksperymentu przez nauczyciela lub wyznaczonego ucznia. Podczas pokazu nauczyciel powinien zadawać uczniom pytania odnośnie ich przewidywań – np. „Co się stanie?”, a także proponowanych wyjaśnień – np. „W jaki sposób to się stało?”. Pomaga im także, nie wyręczając ich, wyciągnąć wnioski w sposób poprawny naukowo.

Odkrywanie z instrukcją – to tradycyjna metoda pracy doświadczalnej w warunkach szkolnych, w której

uczniowie przeprowadzają eksperyment zaproponowany i opisany przez nauczyciela, postępując ściśle według instrukcji. Dużą rolę odgrywa tutaj wspólne omówienie wyników, w tym wskazanie przez uczniów przyczyn różnic w wynikach czy ewentualnych niepowodzeń.

Ukierunkowane dociekanie naukowe – to rzadziej stosowany typ zajęć, kiedy uczniowie wykonują w grupach swoje własne eksperymenty. Nauczyciel jedynie wskazuje problem i podaje cel eksperymentu, np. „Znajdźcie...”, „Ustalcie...”, a także proponuje standardową metodykę. Jednak sam eksperyment nie ma zadanego z góry wyniku, a wnioski oparte są wyłącznie na rezultatach pracy uczniów.

Ograniczone dociekanie naukowe – w tym typie zajęć rola nauczyciela ogranicza się do podania problemu badawczego, np. „Jak zasolenie gleby wpływa na kiełkowanie nasion”. Natomiast do uczniów należy samodzielne zaplanowanie i przeprowadzenie eksperymentu. Powinni także opracować jego wyniki i przygotować ich prezentację.

Swobodne dociekanie naukowe – ten typ zajęć wymagający największego nakładu pracy uczniów może być stosowany jako standard w pracach kół naukowych lub podczas realizacji projektów na konkursy przedmiotowe czy olimpiady. Stawia się tutaj na całkowitą samodzielność uczniów, tak w zakresie formułowania problemu badawczego, jak i stawiania hipotez, ustalenia procedury badawczej przeprowadzenia eksperymentu, opracowania wyników i ich prezentacji.



Rys. 2. Typy zajęć opartych na dociekanu naukowym

Zagadnienia oświatowo-educacyjne

Tabela. 1. Umiejętności badawcze uczniów rozwijane podczas dociekania naukowego (według Broś i in., 2013)

1.	Formułowanie pytań badawczych	<ul style="list-style-type: none"> • Identyfikacja pytań, które nadają się do badania naukowego. • Formułowanie hipotez.
2.	Planowanie badania naukowego w celu weryfikacji hipotezy	<ul style="list-style-type: none"> • Ustalenie zmiennych niezależnych, zależnych oraz kontrolowanych. • Znalezienie ewentualnych błędów w planie badań, wyznaczenie procedur bezpieczeństwa.
3.	Stosowanie odpowiednich narzędzi i technik w celu zebrania danych	<ul style="list-style-type: none"> • Wybór właściwej metodyki i standaryzacja pomiarów. • Porządkowanie obiektów, faktów ze względu na ich właściwości i stosowanie systemów klasyfikacji. • Konsekwencja i precyzja w zbieraniu danych.
4.	Analiza i opis danych	<ul style="list-style-type: none"> • Odróżnianie wyjaśnienia od opisu. • Wykorzystanie umiejętności matematycznych w analizie i interpretacji danych. • Identyfikacja związków i zależności pomiędzy zmiennymi. • Stosowanie odpowiednio dobranych form graficznej prezentacji danych.
5.	Wyjaśnianie wyników i wyciągnięcie wniosków	<ul style="list-style-type: none"> • Odróżnianie obserwacji od wnioskowania. • Proponowanie wyjaśnień opartych na obserwacji. • Stosowanie dowodów w celu wyciągnięcia wniosków i przewidywania trendów. • Formułowanie logicznych wyjaśnień na temat związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy danymi.
6.	Akceptacja alternatywnych wyjaśnień lub hipotez	<ul style="list-style-type: none"> • Rozważanie alternatywnych objaśnień. • Rozpoznawanie błędnego rozumowania, nieopartego danymi.
7.	Prezentowanie procedur i wyjaśnień naukowych	<ul style="list-style-type: none"> • Prezentowanie procedur i metod badań. • Prezentowanie wiedzy uzyskanej z badań w formie ustnej oraz w formie pisemnych raportów poprawnie zilustrowanych wykresami.

Słowa kluczowe: strategia nauczania przedmiotów przyrodniczych, dociekanie naukowe.

Bibliografia:

- Bernard P., Białas A., Broś P., Ellermeijer T., Kędzierska E., Krzeczowska M., Maciejowska I., Odrowąż E. Szostak E.: *Podstawy metodologii IBSE*. [w:] *Nauczanie przedmiotów przyrodniczych kształtujące postawy i umiejętności badawcze uczniów*. Kraków: Uniwersytet Jagielloński, 2012.
- Broś P., Ellermeijer T., Kędzierska E., Krzeczowska M.: *Konsorcjum ESTABLISH: Umiejętności ucznia rozwijane podczas nauczania przez dociekanie/odkrywanie naukowe – podstawy teoretyczne*, [w:] Maciejowska I., Odrowąż E. (red.) *Nauczanie przedmiotów przyrodniczych kształtujące postawy i umiejętności badawcze uczniów*, cz. 2. Kraków: Uniwersytet Jagielloński, 2013.
- Czuchnowski R., Paul L.: *Nauczanie przez dociekanie naukowe w zapisach nowej podstawy programowej biologii dla liceum i technikum*. „Hejnał Oświatowy” nr 8–9/185/2019.
- Ellermeijer T., Kędzierska E., Maciejowska I., Odrowąż E.: *Konsorcjum ESTABLISH: Iwona Maciejowska I., Odrowąż E. (red.) Rola nauczyciela w XXI wieku*. [w:] Maciejowska I. i Odrowąż E. (red.), *Nauczanie przedmiotów przyrodniczych kształtujące postawy i umiejętności badawcze uczniów* cz. 2. Kraków: Uniwersytet Jagielloński, 2013.
- Linn, M. C., Davis, E. A., Bell, P. (Eds.): *Internet environments for science education*. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2004.
- Llewellyn D.: *Inquire within: implementing inquiry-based science standards*. California: Corwin Press, 2002.
- Maciejowska I., Odrowąż E. (red.): *Nauczanie przedmiotów przyrodniczych kształtujące postawy i umiejętności badawcze uczniów*, cz. 2. Kraków: Uniwersytet Jagielloński, 2013.
- Okoń W.: *Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej*. Warszawa: Wydawnictwo Akademickie ŻAK, 2003.



Dr Robert Czuchnowski – wykładowca w Wydziałowym Centrum Dydaktyki, Wydział Biologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Autor ponad 40 prac oryginalnych, przeglądowych i opracowań zbiorowych. Kierownik i współwykonawca kilku grantów krajowych i międzynarodowych, w tym projektu SAILS – Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Sciences. Koordynator obszaru biologii w projekcie „Małopolska Chmura Edukacyjna – nowy model nauczania”.

Przykład realizacji dwóch prostych doświadczeń wg strategii IBSE

Osmoza

Proces osmozy i jego mechanizm jest oczywiście wszystkim dobrze znany, ale jak można zbadać eksperymentalnie intensywność osmozy?



1

Od czego może zależeć intensywność osmozy?

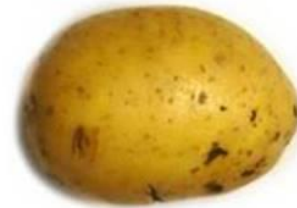
2

- np. od:
- stężenia roztworu
 - temperatury

3

Zaplanuj doświadczenie, które pozwoli zmierzyć intensywność osmozy w zależności od stężenia roztworu:

- Sformułuj problem badawczy i hipotezę
- Zaproponuj procedurę badawczą
- Przeprowadź doświadczenie
- Przedstaw wyniki
- Zinterpretuj wyniki i sformułuj wnioski
- Zaproponuj uzupełnienie procedury badawczej



4

Zaplanuj doświadczenie, które pozwoli zmierzyć intensywność osmozy w zależności od stężenia roztworu:

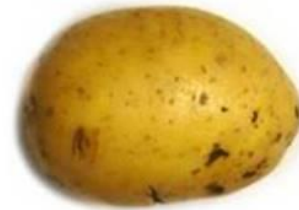
- Sformułuj problem badawczy i hipotezę
- Zaproponuj procedurę badawczą
- Przeprowadź doświadczenie
- Przedstaw wyniki
- Zinterpretuj wyniki i sformułuj wnioski
- Zaproponuj uzupełnienie procedury badawczej



5

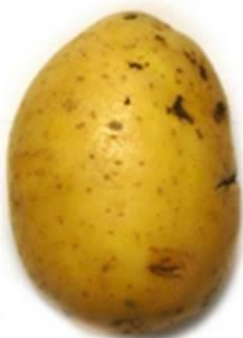
Zaplanuj doświadczenie, które pozwoli zmierzyć intensywność osmozy w zależności od stężenia roztworu:

- Sformułuj problem badawczy i hipotezę
- **Zaproponuj procedurę badawczą**
- Przeprowadź doświadczenie
- Przedstaw wyniki
- Zinterpretuj wyniki i sformułuj wnioski
- Zaproponuj uzupełnienie procedury badawczej



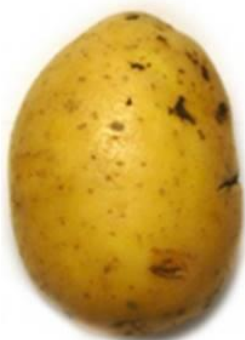
6

W naszym eksperymencie użyjemy ziemniaka. Czego jeszcze będziemy potrzebować?



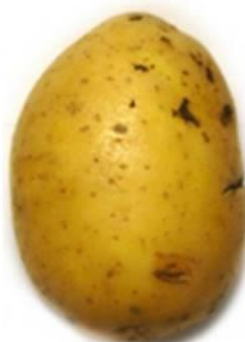
7

W naszym eksperymencie użyjemy ziemniaka. Czego jeszcze będziemy potrzebować?



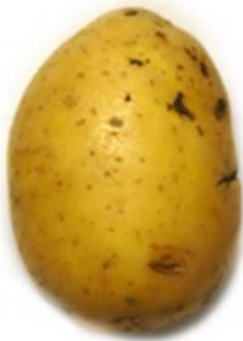
8

W naszym eksperymencie użyjemy ziemniaka. Czego jeszcze będziemy potrzebować?



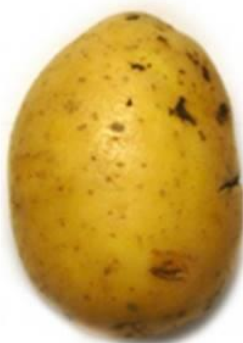
9

A co będzie naszym przyrządem pomiarowym do mierzenia intensywności osmozy?



10

A co będzie naszym przyrządem pomiarowym do mierzenia intensywności osmozy?



11

Jaki kształt próbki ziemniaka
będzie najlepszy?

12

Jaki kształt próbki ziemniaka
będzie najlepszy?

„plasterek” czy „frytka” ?

13

Jaki kształt próbki ziemniaka
będzie najlepszy?

„plasterek” czy „frytka”?

14

Jakich stężeń roztworu użyjemy?

15

Jakich stężeń roztworu użyjemy?

- w postępie geometrycznym
(np. 3, 6, 12 kostek cukru)?
- czy arytmetycznym
(np. 3, 6, 9 kostek cukru)?

16

Jakich stężeń roztworu użyjemy?

- w postępie geometrycznym
(np. 3, 6, 12 kostek cukru)?
- czy arytmetycznym
(np. 3, 6, 9 kostek cukru)?

17

A co będzie naszą próbą kontrolną?

18

A co będzie naszą próbą kontrolną?

Dlaczego czysta woda nie jest próbą kontrolną w tym doświadczeniu?

19

A co będzie naszą próbą kontrolną?

Dlaczego czysta woda nie jest próbą kontrolną w tym doświadczeniu?

Czysta woda nie jest roztworem izotonicznym?

20

A co będzie naszą próbą kontrolną?

Pomiar długości „frytki” przed doświadczeniem będzie próbą kontrolną negatywną?

21

Wskaż w doświadczeniu zmienne:

- niezależną
- zależną
- kontrolowaną

22

Wskaż w doświadczeniu zmienne:

- niezależną - **stężenie roztworu**
- zależną - **długość „frytki”**
- kontrolowaną - **temperatura**

23

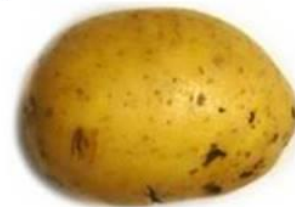
Nasza procedura badawcza

- Przygotujemy 3 roztwory cukru (w postępie geometrycznym) i czystą wodę - podpisujemy je.
- Przygotujemy 4 próbki ziemniaka o identycznych rozmiarach (długie i cienkie frytki).
- Mierzmy długość „frytek” przed eksperymentem – próba kontrolna.
- Umieścimy próbki w roztworach.
- Po upływie ok. godziny dokonamy pomiarów długości i wyniki zapiszemy w tabeli.

24

Zaplanuj doświadczenie, które pozwoli zmierzyć intensywność osmozy w zależności od stężenia roztworu:

- Sformułuj problem badawczy i hipotezę
- Zaproponuj procedurę badawczą
- Przeprowadź doświadczenie
- Przedstaw wyniki
- Zinterpretuj wyniki i sformułuj wnioski
- Zaproponuj uzupełnienie procedury badawczej



25

Teraz odstawiamy nasze zestawy doświadczalne na ok. godzinę, a w tym czasie wykonamy kolejne doświadczenie.

26

Wpływ temperatury na aktywność drożdży



27

Procedura badawcza

1. Na każdej butelce należy zaznaczyć poziom 7 cm od dna.
2. Do każdej butelki należy dodać pokruszoną kostkę drożdży oraz 3 łyżeczki (lub duże kostki) cukru.
3. Należy przygotować 4 miski z wodą o temperaturze odpowiednio 20°C, 40°C, 60°C, 70°C.
4. Każdą butelkę dopełniamy do poziomu 7 cm wodą o odpowiedniej temperaturze, oznaczamy temperaturą i wstrząsamy butelki przez 10 sekund.
5. Na każdą butelkę zakładamy po jednym balonie i umieszczamy w misce o odpowiadającej im temperaturze. Utrzymujemy stałą temperaturę w misce dolewając ciepłą wodę w razie potrzeby.
6. Co minutę należy kilkakrotnie potrząsać butelką uważając, aby woda nie dostała się do balonów.
7. Za pomocą nitki i linijki mierzymy co 5 minut średnicę balonu, a wyniki zapisujemy w tabeli. Wykonujemy 4 pomiary.

28

Wykonajcie doświadczenie zgodnie z procedurą, zinterpretujcie wyniki i sformułujcie wnioski

29

Instrukcje do przykładowych eksperymentów używane w projekcie „Małopolska Chmura Edukacyjna – nowy model nauczania” dostosowane do podstawy programowej dla szkół ponadpodstawowych, jednak z łatwością można je uprościć dostosowując do możliwości uczniów szkół podstawowych. Np. zamiast badać zależność aktywności enzymów od temperatury badać jedynie ich działanie. Można je wykorzystać np. w pracy kół naukowych.

Instrukcja

Badanie wpływu temperatury na aktywność amylazy ślinowej

1. Przygotowanie roztworu śliny: wlej 100 ml czystej wody do plastikowego kubka jednorazowego; nabierz połowę wody do ust, przepłucz usta dokładnie i wypłuj do drugiego kubka; powtórz tę czynność z drugą porcją wody.
2. Wykrywanie amylazy
 - nalej 1 ml roztworu śliny do probówki;
 - dodaj 2 ml 0,1% roztworu skrobi;
 - zanurz dolną część probówki do łaźni wodnej o temp. 37 °C;
 - pobieraj po kropli co 5 minut i umieszczaj je kolejno na białej płytce, mieszając je następnie z kroplą płynu Lugola;
 - powtarzaj tę czynność aż do zaobserwowania zmiany w zabarwieniu próbki.Doświadczenie to wykonaj równoległe używając czystej wody zamiast roztworu śliny (próba kontrolna).
3. Równoległe przeprowadź eksperyment w dwóch innych temperaturach, tj. używając w łaźni wodnej wody z lodem oraz wrzącej wody.

Wyniki zanotuj w tabeli.

Zmiany w czasie	roztwór skrobi + czysta woda temp. 37 °C	roztwór skrobi + ślina temp. 37 °C	roztwór skrobi + ślina woda z lodem	roztwór skrobi + ślina wrząca woda
5 min.				
10 min.				
15 min.				
20 min.				
25 min.				
... itd.				

Instrukcja

Badanie wpływu temperatury na aktywność katalazy w ziemniaku

1. Obrać i umyć jeden mały ziemniak i zetrzeć na tarce.
2. Do wszystkich probówek dodajemy łyżką taką samą ilość przetartego ziemniaka i wody destylowanej. Probówki numerujemy niezmywalnym markerem.
3. Do pierwszej probówki, która pozostaje w temperaturze pokojowej, dodajemy 10 ml wody utlenionej. Zaznaczamy markerem na probówce maksymalny poziom pęcherzyków powietrza, które pojawiły się w probówce.
4. Drugą probówkę umieszczamy w naczyniu z lodem i mierzymy temperaturę w probówce, a gdy temperatura próbki spadnie do około 5–10°C dodajemy wodę utlenioną (10 ml) i zaznaczamy na probówce maksymalny poziom pęcherzyków.
5. Kolejnych pięć probówek z identycznie przygotowanymi próbkami (przetarty ziemniak + woda) umieszczamy kolejno w łaźni wodnej (misce z gorącą wodą o temp. ok 70 stopni Celsjusza). Dolewamy do kolejnych probówek po 10 ml wody utlenionej, gdy temperatura w nich osiągnie kolejno: 30, 40, 50, 60 stopni Celsjusza. Gdy próba osiągnie żadaną temperaturę, szybko wyjmujemy ją z wody, dolewamy wodę utlenioną i zaznaczamy poziom pojawiających się bąbelków.
6. Mierzmy linijką zaznaczone na probówkach poziomy „bąbelków” i zapisujemy wyniki w tabeli, a następnie sporządzamy prosty wykres zależności aktywności katalazy od temperatury.

Propozycja modyfikacji eksperymentu:

Aktywność katalazy możemy badać również dla różnych próbek biologicznych, na przykład: ziemniaka, banana i jabłka. Wtedy jednakowej wielkości kawałki roślin należy rozetrzeć w wodzie destylowanej. Następnie taką samą ilość roztworu nalewamy do trzech probówek. Dodajemy po kilka kropli wody utlenionej. Następnie obserwujemy pojawienie się pęcherzyków w każdej probówce. Możemy zmierzyć linijką poziom pojawiających się pęcherzyków i w ten sposób porównać aktywność katalazy w wybranych roślinach.

Instrukcja

Badanie wpływu dwutlenku węgla na tempo fotosyntezy moczarki

1. Zagotowujemy 250 ml wody (najlepiej destylowanej) aby usunąć z niej rozpuszczone gazy, w tym dwutlenek węgla.
2. Do dwóch z przygotowanych próbek wlewamy jeszcze gorącą wodę napełniając je w $\frac{3}{4}$ wysokości, zatykamy szybko korkiem i chłodzimy do temperatury otoczenia. Oznaczamy (opisujemy) próbki.
3. Pozostała część wody przelewamy do czystej zlewki lub słoiczka, a następnie chłodzimy ją do temperatury otoczenia i nasycamy dwutlenkiem węgla przez wdmuchiwanie przez słomkę wydychanego powietrza (zazwyczaj wystarczy ok. 20-30 wdmuchnięć). Podczas wdmuchiwania koniec słomki powinien dotykać dna co ułatwi rozpuszczenie się wydychanego CO_2 w wodzie).
4. Tę wodę wlewamy do 2 pozostałych próbek napełniając je także w $\frac{3}{4}$ wysokości i zatykamy szybko korkiem. Oznaczamy (opisujemy) próbki.
5. Do tak przygotowanych próbek z wodą wkładamy po jednym świeżo obciętym pędzie moczarki. Świeże cięcia powinny być zlokalizowane u góry, co najmniej 2 cm poniżej poziomu wody. Probki zatykamy ponownie korkiem i ustawiamy na stojaku w świetle słonecznym lub oświetlamy mocną lampką.
6. Za pomocą stopera lub zegarka z sekundnikiem, obserwujemy jak dużo pęcherzyków gazowych pojawia się na moczarce w każdej z próbek podczas 1 minuty. Wyniki zapisujemy w tabeli. Pomiary powtarzamy kilkakrotnie i obliczamy średnią, której użyjemy do porównania wyników i wyciągnięcia wniosków.

Propozycja modyfikacji eksperymentu:

Można także badać zależność tempa fotosyntezy od dostępu światła, na przykład jedną z próbek umieszczając w miejscu dobrze oświetlonym, a drugą w zacieniu.

Instrukcja do doświadczenia

Wpływ etylenu na dojrzewanie owoców

1. Przygotowujemy dwa jednakowe pojemniki na żywność o odpowiedniej wielkości.
2. Do pierwszego wkładamy 4 dojrzałe jabłka i dwa niedojrzałe banany, a do drugiego tylko dwa niedojrzałe banany.
3. Zamykamy pojemniki i ustawiamy je w identycznych warunkach oświetlenia i temperatury.
4. Obserwujemy jak zmienia się stopień dojrzałości bananów. Już po krótkim czasie powinny być widoczne różnice między próbami.

Wpływ etylenu na kiełkowanie roślin

Możemy wybrać czy użyjemy do eksperymentu kiełkujących nasion grochu czy nasion rzeżuchy. Zazwyczaj efekty są lepiej widoczne dla grochu, ale czasami zdarzają się kłopoty z jego kiełkowaniem, co zależy od samych nasion. Można też zduplikować eksperyment i zastosować obydwie typy nasion.

1. W zależności od wybranego wariantu przygotowujemy dwa szczelne pojemniki z glebą ogrodniczą (lub wilgotną ligniną albo watą).
2. W napełnionych glebą pojemnikach sadzimy po 10 kiełkujących nasion grochu (nasiona trzeba wcześniej dobrze namoczyć przez 1 dzień). Jeśli zdecydujemy się na rzeżuchę to wysiewamy na wilgotną ligninę lub watę taką samą porcję nasion do każdego pojemnika. Następnie podlewamy nasiona jednakowo w obu pojemnikach.
3. Do jednego pojemnika wkładamy na tacce 4 dojrzałe jabłka jako źródło etylenu.
4. Pojemniki zamykamy lub przykrywamy folią i ustawiamy je w identycznych warunkach oświetlenia i temperatury. Już po krótkim czasie powinny być widoczne różnice między próbami.

Wpływ SO_2 na rośliny

Jeśli używamy słoików typu weck ze szklaną pokrywką to na roboczym stole kładziemy słoje oraz pokrywkę słoja odwrócone dnem do góry. Jeśli używamy zwykłych słoików zakręcanych metalową zakrętką to stawiamy je dnem do dołu. Jeśli to możliwe eksperyment wykonujemy pod dygestorium lub przynajmniej w bardzo dobrze wentylowanym pomieszczeniu.

PRÓBA BADAWCZA

1. Niebieski kwiat i listek fiołka afrykańskiego (lub innego kolorowego kwiatu) oraz wilgotny papierek lakmusowy umieszczamy na szklanej pokrywce słoja (słoików typu weck) lub układamy na dnie zwykłego słoika
2. Z płytki siarki odcinamy pasek o szerokości 1 cm, ewentualnie zeskrobujemy siarkę z kilkunastu zapalek i umieszczamy np. w szklanym kieliszku lub np. metalowej zakrętce od butelki.
3. Zapalamy trzymany pęsetą pasek siarki przy pomocy zapalniczki lub palnika gazowego i szybko umieszczamy na dnie pokrywki obok kwiatów i liści, ale tak aby się nie dotykały. W przypadku zwykłego słoja ostrożnie wkładamy na dno słoja.
4. Całość szybko nakrywamy słojem i krawędź styku słoja z przykrywką uszczelniamy dokładnie samoprzylepną taśmą izolacyjną. W przypadku zwykłego słoja zakręcamy zakrętkę i także uszczelniamy krawędź samoprzylepną taśmą izolacyjną.
5. Po około 20/30 minutach sprawdzamy barwę papierka lakmusowego, porównujemy ze skalą pH oraz obserwujemy zmiany w wyglądzie kwiatu i liścia.

PRÓBA KONTROLNA

Jednocześnie z próbą badawczą wykonujemy próbę kontrolną. Pozwoli ona na ustalenie, czy ewentualne zmiany na organach roślin nie są efektem samego spalania czy konkretnie spalania siarki (czyli powstającego w tym przypadku SO_2). Jeżeli jako źródło siarki w eksperymencie użyto zapalek, to drewnianka, z których zeskrobano siarkę można spalić w drugim słoju w takich samych warunkach, czyli w obecności kwiatu i liści. Po spaleniu należy zaobserwować, czy pojawią się na roślinach takie same zmiany, jak w próbie badawczej.

Uczniowie zapisują wyniki eksperymentu.

Propozycja modyfikacji eksperymentu:

1. Można badać także czy stężenie SO_2 ma wpływ na stopień uszkodzenia roślin.
Używamy wtedy w dodatkowej próbie badawczej odpowiednio dwóch pasek siarki lub dwukrotnie więcej siarki z zapalek.
2. Można także zbadać, czy różne gatunki roślin są tak samo podatne na uszkodzenia pod wpływem związków siarki. Można do tego eksperymentu wybrać dodatkowo rośliny o delikatniejszych liściach lub szpilki sosny.

Uwaga: należy szczególnie zadbać o bezpieczeństwo podczas wykonywania doświadczeń z otwartym ogniem!

Instrukcja do doświadczenia

Wyparowywanie wody przez rośliny

1. Ustawiamy probówki tej samej wielkości na stojaku (statywie), numerujemy je markerem i napełniamy je taką samą ilością wody (przy użyciu cylindra miarowego), tak aby zwierciadło znajdowało się 1,5 cm poniżej otworu. Aby wyeliminować bezpośrednie parowanie wody pokrywamy jej powierzchnię 0,5 cm warstwą oleju jadalnego w każdej próbówce.
2. Ucinamy 4 możliwie jednakowej wielkości liście (koniecznie wraz z ogonkami) z jednej rośliny np. pelargonii. Odrysowujemy liście na papierze milimetrowym (później możemy ustalić na tej podstawie powierzchnię każdego z nich w cm^2 z dokładnością do 1 mm^2).
3. Do pierwszej probówki wstawiamy jeden liść (oczywiście zanurzając tylko ogonek w wodzie, a nie cały liść!), do drugiej 3 liście, a trzecią zostawiamy bez liści jako próbę kontrolną.
4. W kolejnych probówkach możemy umieścić liście innych gatunków roślin po ich uprzednim odrysowaniu na papierze milimetrowym.
5. Wszystkie informacje o numerze probówki, gatunku i powierzchni liści umieszczonych w danej próbówce zapisujemy w notatniku.
6. Probówki umieszczamy w jednakowych warunkach, w miejscu dobrze oświetlonym i ciepłym.
7. Po 3 dniach porównujemy poziom wody w probówkach (możemy zmierzyć cylindrem miarowym ilość pozostałej w probówkach wody) i zapisujemy wyniki.
8. Przeliczamy ilość wyparowanej wody na powierzchnię liści ustalając tempo transpiracji na jednostkę powierzchni.

Propozycja modyfikacji eksperymentu:

1. Można badać np. wpływ wilgotności powietrza (odwrotnie proporcjonalna) na tempo transpiracji. Wtedy umieszczamy probówki z liśćmi (oczywiście tego samego gatunku i możliwie takimi samymi pod względem powierzchni) pod przykryciem (kloszem) razem np. z tacką wypełnioną wodą oraz bez tacki z wodą (próbę kontrolną).
2. Można badać także np. wpływ temperatury (wprost proporcjonalna) na tempo transpiracji. Wtedy jedną próbę umieszczamy w miejscu chłodnym a druga np. w okolicy kaloryfera. Pamiętajmy żeby oświetlenie było porównywalne dla obu prób (zmienna kontrolowana).

Instrukcja do doświadczenia

Geotropizm korzenia

1. Do małych foliowych torebek strunowych wkładamy zwilżone wodą prostokątne kawałki ligniny albo gazy i w każdym umieszczamy po jednym kiełkującym ziarnie fasoli (wcześniej dobrze jest namoczyć nasiona w wodzie przez jeden dzień). Przygotowujemy tak co najmniej kilkanaście torebek dla pewności.
2. Zamykamy torebki struną i przypinamy je w odpowiednim położeniu np. na kawałku kartonu lub tablicy korkowej. Stawiamy je w oświetlonym miejscu. Codziennie podlewamy ziarna małą ilością wody.
3. Po pojawieniu się korzeni dzielimy torebki na 3 grupy.
4. Pierwszą grupę pozostawiamy bez zmian w tej samej pozycji jak poprzednio, jako próbę kontrolną.
5. W drugiej grupie, jeśli się uda, usuwamy delikatnie czapeczkę ze stożka wzrostu korzeni, np. przez pocieranie zakończenia korzenia o szorstką powierzchnię lub przy pomocy pęsety albo skalpela. Pamiętajmy, że to warstwa o wysokości zaledwie kilkunastu komórek! Nie jest to łatwe dlatego trzeba mieć nadmiar próbek. Wtedy jest szansa, że uda nam się choć w jednej próbie. Czapeczka to część korzenia odpowiedzialna za percepcję bodźca grawitacyjnego. Usunięcie czapeczki nie powoduje zahamowania wzrostu korzenia (o ile nie uszkodzimy samego stożka wzrostu), jednak staje się on niezdolny do reakcji na bodziec grawitacyjny.
6. W trzeciej grupie pozostawiamy czapeczki na korzeniach.
7. Przez kolejne dni obracamy torebki z grupy drugiej i trzeciej w jedną stronę (np. zgodnie z ruchem wskazówek zegara) obserwując jak reagują na ten ruch korzenie.
8. Każdorazowo zapisujemy wyniki obserwacji.

Instrukcja do doświadczenia

Parcie korzeniowe

1. Dobrze rozwiniętej sadzonki rośliny w doniczce (np. geranium, fuksja, begonia, słonecznik, dalia, pokrzywa itp.) ostrym nożem odcinamy łodygę na wysokości około 5-10 cm nad powierzchnią ziemi.
2. Na pozostałą w ziemi część pędu naciągamy krótki odcinek elastycznego węża gumowego o długości 4-5 centymetrów. Ważne aby szczelnie przylegał do łodygi, a jednocześnie nie ścisnął jej zbyt mocno bo to utrudni przepływ wody w naczyniach. Należy uszczelnić dodatkowo połączenie np. wazeliną.
3. W tak nasadzony wąż wciskamy cienką szklaną rurkę (może to być także np. odwrócona pipeta).
4. Obok rośliny wbijamy palik drewniany lub plastikowy i mocujemy do niego szklaną rurkę drucikiem lub taśmą przylepną.
5. Do rurki wlewamy około 5 cm wody i dodajemy na wierzch jedną kroplę oliwy lub oleju jadalnego aby zapobiec parowaniu wody.
6. Początkowy poziom wody zaznaczamy na rurce trwałym pisakiem (do folii, szkła).
7. Roślinę ustawiamy w ciepłym miejscu i regularnie podlewamy obficie letnią wodą przez cały czas trwania doświadczenia.
8. Doświadczenie trwa kilka dni. Wysokość poziomu cieczy w rurce odnotowujemy regularnie (codziennie) podczas doświadczenia.

