

Jan Krupa

WYBRANE ĆWICZENIA Z FIZJOLOGII ROŚLIN

Uwagi wstępne

Szybki rozwój fizjologii roślin, znaczenie teoretyczne i praktyczne wielu odkryć w tej dziedzinie zmusza nauczyciela do zapoznania uczniów nie tylko teoretycznie, ale i praktycznie z niektórymi zagadnieniami tej dyscypliny wiedzy.

Każdą grupę doświadczeń, dotyczących pewnego zagadnienia, poprzedzono krótkim wprowadzeniem teoretycznym w celu łatwiejszego zrozumienia istoty ćwiczenia.

Przed każdym doświadczeniem podano spis materiałów i sprzętu niezbędnego do przeprowadzenia doświadczenia. Szerze rozpracowanie przytoczonych poniżej tematów, jak też wielu innych tu opuszczonych, znaleźć można w cytowanej li-

teraturze. Do omówienia wybrano tylko takie, które są możliwe do wykonania w każdej średnio wyposażonej pracowni biologicznej. Pewną część prostej aparatury nauczyciel może wykonać sam przy współudziale uczniów.

Część z podanych poniżej doświadczeń nadaje się do zastosowania na terenie szkoły średniej, lub w kole biologicznym, część oznaczona gwiazdkami - raczej na ćwiczenia w Studium Nauczycielskim.

I. Zjawisko osmozy

Mechanizm pobierania wody przez roślinę, tzw. osmozę możemy zilustrować prostymi doświadczeniami. Osmoza zachodzi wówczas, gdy dwa roztwory o różnym stężeniu przedzielimy błoną o charakterystycznych właściwościach przepuszczalności. Wyróżniamy błony przepuszczalne i półprzepuszczalne. Przykładem błony przepuszczalnej może być pergamin, celulozowa błona komórkowa i in. Błoną półprzepuszczalną jest np. błona utworzona z żelazocyjanku miedzi lub warstwa protoplazmy, przylegająca do błony komórkowej w komórce roślinnej.

Doświadczenie 1

Potrzebny sprzęt i materiały:

urka szklana długości 40-60 cm, średnicy 3-6 mm, korek gumowy z otworem, pęcherz zwierzęcy, szara nić, cukier (sacharoza), linijka z podziałką, menzurka, waga techniczna, zlewka, statyw.

Do przeprowadzenia zjawiska osmozy używa się pęcherza spreparowanego według GEMBORKA E. (1933). W pół litrze wody rozpuszcza się około 4 łyżeczki sodы oczyszczonej (NaHCO_3) i wkłada do niej na 24 godziny odpowiedniej wielkości pocięte

części pęcherza dla zmiękczenia i odtłuszczenia. Po upływie tego czasu opłukuje się je w czystej wodzie i pincetą zdejmuje delikatnie warstwę mięśni pokrywających ich błoniastą ścianę. Otrzymana w ten sposób błonka nadaje się lepiej do przeprowadzenia osmozy niż pęcherz nie spreparowany. Do osmozy można użyć cylindra szklanego, np. o wymiarach 6 x 2,5 cm i o wywiniętych brzegach. Jeden koniec cylindra obwiązujemy spreparowanym pęcherzem, który przymocowujemy szarą nicią, namoczoną uprzednio w wodzie. Nici winna tworzyć wokoło cylindra około 10 skrętów przylegających do siebie. Po napełnieniu 10-20% roztworem sacharozy drugi koniec cylindra zamykamy korkiem gumowym z rurką szklaną. Należy dbać, aby: 1. błona osmometru była napięta, 2. rurka szklana miała długość 40-60 cm, a światło 3-6 mm, 3. aby w rurce i pod korkiem w cylindrze nie było powietrza, 4. dolny jej koniec nie wystawał z korka. Tak przygotowany osmometr mocujemy w statywie, a jego dolny koniec zanurzamy w wodzie znajdującej się w zlewce podstawionej pod niego (rys.2). Wynik widoczny jest już po kilku minutach. Wysokość, na jaką przesunie się słup cieczy od poziomu zaznaczonego na początku doświadczenia, możemy zmierzyć. Przesuwanie się słupa roztworu w górę będzie trwało do chwili zrównoważenia sił wciągających wodę (siła ssąca roztworu) z ciśnieniem hydrostatycznym.

Doświadczenie 2

Potrzebny sprzęt i materiały:

żelazocyjanek potasu $K_4Fe(CN)_6$, siarczan miedzi ($CuSO_4$), jedna probówka, waga, menzurka.

Przygotowujemy 4% roztwór siarczanu miedzi i napełniamy nim probówkę do $3/4$ wysokości. Po sprawdzeniu przez uczniów,

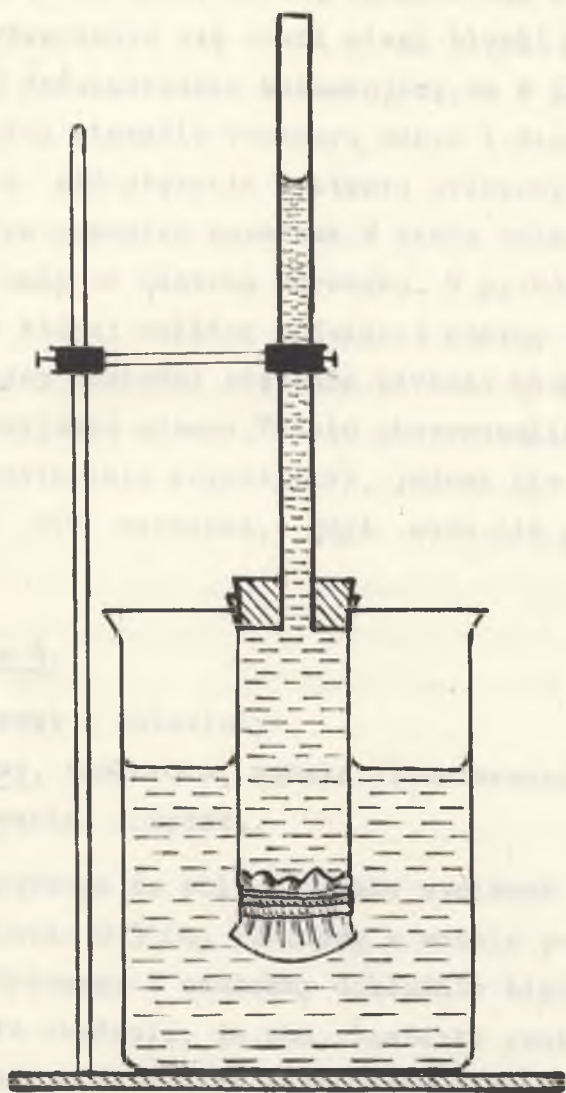
że kryształek żelazocyjanku potasu posiada zabarwienie żółte, wrzucamy go do probówki napełnionej roztworem CuSO_4 . W wyniku reakcji tych dwóch związków tworzy się naokoło kryształka brązowa błonka, która jest zbudowana z żelazocyjanku miedzi. Błonka ta jest przepuszczalna tylko dla wody. Poprzez nią przenika woda do wnętrza woreczka, jaki tworzy się wokół kryształka; przenika, ponieważ stężenie roztworu żelazocyjanku potasu jest silniejsze od stężenia roztworu otaczającego, to jest od roztworu siarczanu miedzi. Następuje powiększenie się woreczka. Po pewnym czasie na skutek wzrastającego wewnątrz ciśnienia, woreczek pęka. Ponowne bezpośrednie zetknięcie żelazocyjanku potasu z siarczanem miedzi powoduje wytworzenie się nowej błonki i całe zjawisko powtarza się. Powtarza się wielokrotnie. W rezultacie otrzymujemy "rosnący" twór maczugowaty, przypominający kształtem niektóre glony (Caulerpa). Zbudowany jest on z bardzo delikatnych błonek. Nazywany jest często drzewkiem osmotycznym.

Doświadczenie 3

Potrzebny sprzęt i materiały:

3 probówki, sacharoza, żelazocyjanek potasu, siarczan miedzi.

Na dno każdej z trzech probówek wsypujemy różne ilości cukru. Do pierwszej probówki wsypujemy bardzo małą ilość, do drugiej nieco więcej, a do trzeciej około 1 łyżeczki. Zalewany do wysokości $\frac{3}{4}$ probówki 4% roztworem siarczanu miedzi i wytrząsany do całkowitego rozpuszczenia się cukru. Z kolei do każdej probówki wrzucamy kryształek żelazocyjanku potasu. Po upływie 5-10 minut obserwujemy wynik doświadczenia. W probówce, gdzie daliśmy mało cukru, zjawisko powstawania i pęknięcia błony przebiega podobnie jak w doświadczeniu 2. W dru-



Rys. 2

Osmometr szkolny

giej probówce szybkość "wzrostu" drzewka osmotycznego jest zwolniona, a w trzeciej nie obserwujemy powiększania wymiarów "drzewka", lecz tylko zmianę zabarwienia kryształka, co świadczy o wytworzeniu się wokół niego błonki z żelazocyjanku miedzi. Z doświadczenia wnioskujemy, że w probówce pierwszej i drugiej stężenie roztworu cukru i siarczanu miedzi jest mniejsze niż stężenie roztworu żelazocyjanku potasu, czyli roztworu wewnątrz woreczka. W takim układzie następuje przenikanie wody do wnętrza woreczka. W probówce trzeciej, czyli tej, do której daliśmy najwięcej cukru, powstały roztwór zewnętrzny posiadał stężenie większe od nasyconego roztworu żelazocyjanku potasu. Przeto obserwowaliśmy powstanie błonki (zbrunatnienia kryształka), jednak nie zauważyliśmy powiększania się woreczka, gdyż woda nie przenikała do wnętrza.

Doświadczenie 4.

Potrzebny sprzęt i materiały:

burak ćwikłowy, sacharoza, mączka ziemniaczana, nóż, bibuła do filtrowania, nożyczki.

Z przekrojonego na połowę buraka wycinamy dwa plasterki grubości około 0,5 cm. Płuczemy w wodzie w celu usunięcia soku komórkowego i osuszamy dokładnie bibułą lub czystą szmatką. Po zbadaniu, że oba plasterki posiadają jednakową jędrność, jeden z nich posypujemy cukrem, a drugi mączką ziemniaczaną. W celu przeprowadzenia kontroli i porównania możemy porcję cukru, jak i mączki nasypać prócz tego na kawałki papieru.

Po pewnym czasie cukier na plasterku buraka zaczyna się rozprowadzać. Mączka ziemniaczana na drugim plasterku

pozostaje sucha. Bierzymy na biały skrawek papieru trochę cukru i mączki z plasterków. Stwierdzamy, że ich barwa nie uległa zmianie. Oba plasterki pozostawiamy do całkowitego rozpuszczenia się cukru na jednym z nich. Wtedy badamy i porównujemy jędrność obu plasterków. Plasterek posypany cukrem kładziemy na okres kilku minut do wody i ponownie badamy jędrność.

Cukier, który dobrze rozpuszcza się w wodzie, tworzy na powierzchni plasterka buraka silnie stężony roztwór (powierzchnia plasterka była wilgotna). Roztwór ten powoduje wyciąganie wody z komórek buraka, efektem czego jest rozpuszczanie się cukru oraz zmiana turgoru tkanki, dająca w ostatecznym rezultacie objawy więdnienia. Natomiast mączka ziemniaczana, nie rozpuszczająca się w zimnej wodzie i nie tworząca roztworu, pozostaje sucha. Żywe cytoplazmatyczne błony są błonami półprzepuszczalnymi, przeto następuje tu tylko przenikanie wody, a barwnik antocjanowy, nadający zabarwienie burakowi, pozostaje we wnętrzu komórki, stąd też brak zabarwienia cukru.

Doświadczenie 5

Potrzebne materiały i sprzęt:

3 próbówki, burak ćwikłowy, alkohol, łapy do probówek, palnik spirytusowy, nóż.

Z buraka wycinamy trzy prostopadłościanny o wymiarach 1x1x5 cm. Obmywamy je zimną wodą i wkładamy po jednym do probówek. Pierwszą probówkę zalewamy wodą, drugą po zalaniu wodą zagotowujemy, a do trzeciej nalewamy alkoholu etylowego lub innego środka zabijającego plazmę. W probówce pierwszej woda nie zmieniła zabarwienia, gdy w drugiej

i trzeciej następuje zmiana zabarwienia na kolor buraczkowy, bo barwnik wydostaje się z komórek, których błony cytoplazmatyczne utraciły własności półprzepuszczalne.

Doświadczenie 6

Potrzebny sprzęt i materiały:

sacharozą, igła preparacyjna, szkiełko podstawowe, szkiełko nakrywkowe, naczynie miarowe, mikroskop, waga, owoce ligustru.

Kroplę roztworu cukru (około 35 g na 100 ml) dajemy na szkiełko podstawowe i umieszczamy w niej trochę miąższu owocu ligustru. Po przykryciu szkiełkiem nakrywkowym preparat oglądamy przez mikroskop. Po pewnym czasie obserwujemy odrywanie się błony plazmatycznej od celulozowej błony komórkowej. Zjawisko to, nazwane plazmolizą, wywołane jest przenikaniem wody z komórki na zewnątrz, co powoduje zmniejszenie się objętości wakuoli.

Za pomocą tej metody można obliczyć stężenie soku komórkowego w ten sposób, że dobiera się na drodze szeregu prób takie stężenie roztworu zewnętrznego, aby równało się stężeniu soku komórkowego. Ponieważ stężenie roztworu zewnętrznego jest znane, przeto wiemy, jakie jest stężenie soku komórkowego. Jest to tak zwana metoda plazmolizy granicznej.

II. Parowanie i przewodzenie wody

Pobieranie wody przez rośliny ma duże znaczenie fizjologiczne. Głównym mechanizmem umożliwiającym pobieranie wody jest siła ssąca liści. Szybkość parowania zależy głów-

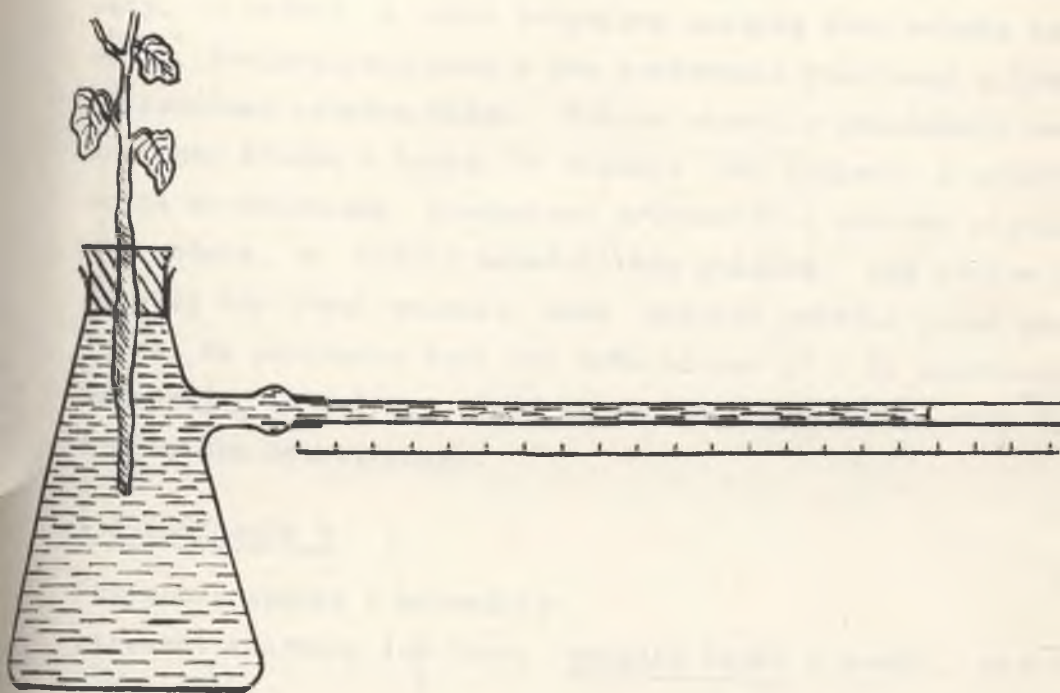
nie od warunków zewnętrznych. Powstały przy parowaniu deficyt wodny w komórkach liścia powoduje podciąganie wody z niższych części rośliny. Przewodzenie wody u roślin wyższych odbywa się przez naczynia lub cewki.

Doświadczenie 7

Potrzebny sprzęt i materiały:

kolba 250 - 1000 ml z bocznym tubusem, kawałek węża gumowego, rurka szklana o długości 30 - 50 cm średnicy otworu 2 - 3 mm, korek z otworem, parafina, gałązka bzu lilaka lub lipki (Sparmannia africana), zlewka.

Kurkę szklaną łączymy za pomocą węża gumowego z bocznym tubusem kolbki. Cały zestaw napełniamy wodą tak, aby usunąć z niej całkowicie powietrze. W przymocowanej rurce szklanej nie powinny się znajdować bańki powietrza. Następnie świeżą gałązkę bzu lub lipki ucinamy pod wodą w celu uniemożliwienia dostania się powietrza do naczyń przewodzących i tym samym przerwania słupa wody. Uciętą gałązkę wkładamy w dopasowany otwór korka i zamykamy szczelnie kolbę. W celu dokładniejszego uszczelnienia możemy oblać korek parafiną (rys.3). Gdy cały układ jest szczelny i właściwie wykonany, obserwujemy przesuwanie się menisku w rurce, które po upływie 15 min. może wynosić już kilka centymetrów. Przesuwanie się menisku w rurce wywołane jest ubytkiem wody w kolbce. Woda ta zostaje pobrana przez gałązkę. Ilość wody pobranej możemy łatwo obliczyć, znając średnicę rurki i długość odcinka przesunięcia się menisku.



Rys. 3

Potetometr

Doświadczenie 8

Potrzebny sprzęt i materiały:

dwie probówki, gałązka bzu lilaka lub innej rośliny, oliwa, menzurka, tusz czarny, nóż.

Do dwu przygotowanych probówek wlewamy równe ilości wody. Do jednej z nich wstawiamy gałązkę bzu, uciętą pod wodą. Powierzchnie wody w obu probówkach pokrywamy kilkumilimetrową warstwą oliwy. Poziom cieczy w probówkach zaznaczamy kreską z tuszu. Tu dopiero po upływie 2 godzin można zaobserwować nieznaczne przesunięcie poziomu cieczy w probówce, w której umieściliśmy gałązkę, gdy poziom w drugiej nie uległ zmianie. Woda została pobrana przez gałązkę. Na podstawie tych dwu doświadczeń (7 i 8) uczniowie wnioskują, że roślina żywa ma zdolność pobierania wody ze środowiska zewnętrznego.

Doświadczenie 9

Potrzebny sprzęt i materiały:

atrament czerwony lub tusz, gałązka lipki i sosny, ostry nóż, zlewka.

Do kilkudziesięciu cm^3 wody w zlewce dajemy kilka kropeł czerwonego atramentu. Gałązkę lipki i sosny, o długości około 50 cm, ucinamy pod wodą. Wstawiamy je do zlewki z intensywnie zabarwioną cieczą. Po upływie jednej godziny opłukujemy gałązki w wodzie i ostrym nożem przecinamy ich łodygi wzdłuż. Nacinanie rozpoczynamy od górnej części gałązki, posuwając się ku dołowi, aby na nożu nie przenosić barwnika. Obserwujemy, że barwnik czerwony został wciągnięty do gałązki na pewną wysokość. Odcinek ten możemy zmie-

rzyć i obliczyć szybkość przepływu wody. Na podstawie poczynionych obserwacji uczniowie stwierdzają, że woda transportowana jest drewnem, gdyż tylko ono zabarwia się na kolor czerwony.

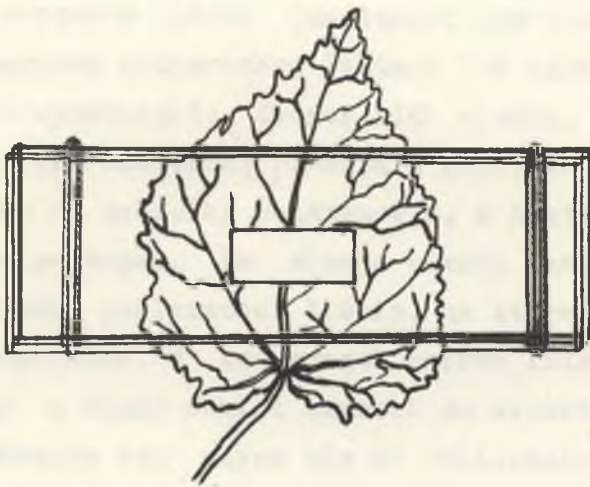
Doświadczenie 10

Potrzebny sprzęt i materiały:

5% roztwór chlorku kobaltu (CoCl_2), bibuła filtracyjna, 2 szkiełka podstawowe, sznurek, pinceta, nożyczki, palnik spirytusowy.

Z bibuły wycinamy 2 prostokąty o wymiarach 1 x 2 cm, które zanurzamy w 5% roztworze chlorku kobaltu. Prostokąty te przybierają zabarwienie chlorku kobaltu i stają się różowe. Chwytny je pincetą i suszymy nad płomieniem palnika. Gdy już są zupełnie suche, przyjmują zabarwienie niebieskie. Możemy teraz kilka razy na nie chuchnąć (para wodna w powietrzu wydychanym), wtedy przyjmą z powrotem zabarwienie różowe. Ta demonstracja jest konieczna do zrozumienia wyniku doświadczenia.

Suche kawałki bibuły, wysyczone uprzednio chlorkiem kobaltu, umieszczamy po obu stronach liścia, np. bzu, przyciskamy szkiełkami podstawowymi i na końcach związujemy sznurkiem (rys.4). Po upływie około 5 minut obserwujemy zmianę barwy zupełnie podobnie, jak przy chuchaniu. Ze zmiany barwy bibuły wnioskujemy, że liść wydzielił wodę w postaci pary. W wypadku różnic w ilości szparek między obu stronami liścia, czas potrzebny na zmianę barwy obu papierków będzie różny.



Rys. 4

Liść nakryty obustronnie papierkiem
kobaltowym i umieszczony między dwo-
ma szkiełkami podstawowymi

Doświadczenie 11

Potrzebny sprzęt i materiały:

mikroskop, liść bez włosków, np. bzu, bezbarwny lakier do paznokci lub krystalcement, ewentualnie żelatyna lub kolodjum, pinceta, szkiełko podstawowe.

Powierzchnie liścia (najlepiej bez włosków) smarujemy cienką warstwą bezbarwnego lakieru lub wyżej podanym związkiem. Po wyschnięciu tworzy się cienka, przezroczysta błonka, którą zdzieramy pincetą z powierzchni liścia i umieszczamy na szkiełku podstawowym, a następnie obserwujemy pod mikroskopem. Ta cienka błonka zawiera relief (odcisk) rzeźby powierzchni liścia, na której obserwujemy aparaty szparkowe. W ten sposób bardzo łatwo można stwierdzić, czy w danej chwili szparki są otwarte, czy też zamknięte. Metody tej używa się do obliczania ilości i wielkości szparek.

III. Gleba i jej właściwości

Gleba stanowi mieszaninę różnych substancji organicznego i nieorganicznego pochodzenia. Wiele właściwości gleb zależy od jej składu, który nie pozostaje też bez wpływu na strukturę gleby. Przestwory między cząstkami gleby wypełnione są wodą i powietrzem. Gleba jest podłożem rozwoju wielu organizmów roślinnych.

Doświadczenie 12

Potrzebny sprzęt i materiały:

3 rurki szklane długości 30-40 cm i średnicy 1-1,5 cm, gazą lub płótno, sznurek, piasek, gleba próchnicza, glina, 3 statywy, linijka z podziałką, 3 naczynia.

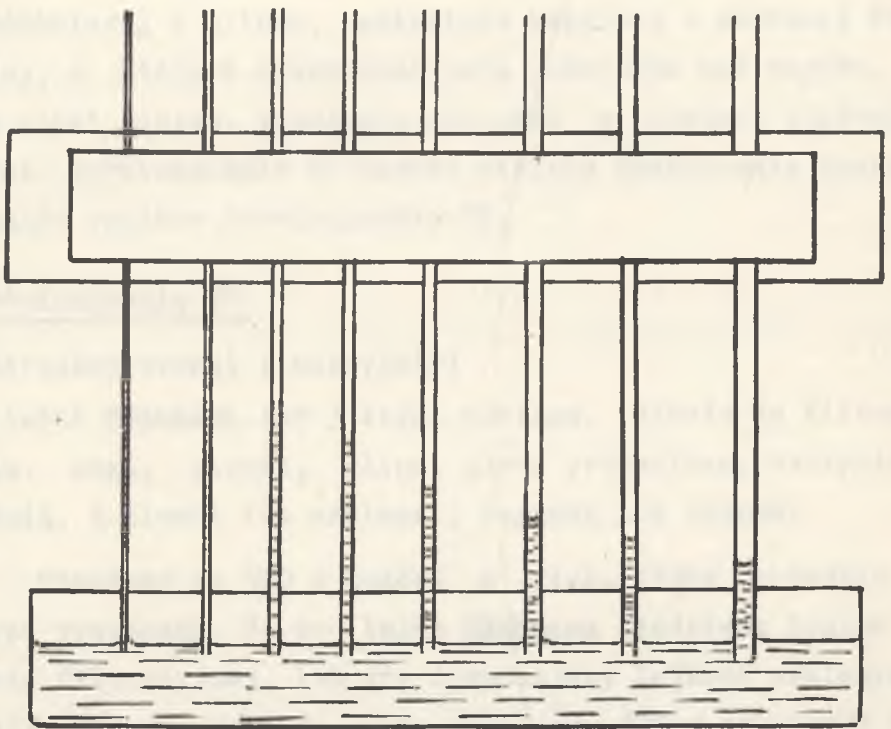
Rurkę szklaną zawiązujemy na jednym końcu gazą lub płótnem w celu uniemożliwienia wysypania się gleby. Do każdej rurki nasypujemy wysuszonej i rozdrobnionej gleby, równomiernie ubijając przez lekkie uderzanie rurką o stół. Napełnione rurki mocujemy w statywie. Pod każdą rurką umieszczamy napełnione wodą naczynie. Teraz wszystkie rurki równocześnie zanurzamy w wodzie na głębokość 0,5 cm. Zauważamy podnoszenie poziomu wody, wsiąkającej do gleby z różną prędkością. Prędkość tę możemy zmierzyć i otrzymujemy szybkość podsiąkania. Wielkość ta jest różna dla różnych gleb. Jeżeli doświadczenie to będziemy prowadzić dalej, to stwierdzimy, na jakiej wysokości ustali się poziom wody w rurkach, i w ten sposób otrzymamy tzw. wysokość podsiąkania różną dla różnych gleb.

Doświadczenie 13

Potrzebny sprzęt i materiały:

kapilary i rurki szklane różnej średnicy, listewka tekturowa, leukoplast, szalka Petriego, atrament.

Kapilary i rurki szklane od średnicy około 0,5 mm do 0,5 cm przyklejamy leukoplastem do listewki tekturowej w ten sposób, aby ich dolne końce były na jednym poziomie (rys.5). Do szalki nalewamy wodę zabarwioną atramentem i równomiernie zanurzamy w niej końce kapilar i rurek. Obser-



Rys. 5

Zestaw kapilar szklanych o różnej średnicy

wujemy różnice w szybkości i wysokości podnoszenia się słupa cieczy. Doświadczenie to pozwala zrozumieć różnice, jakie zachodzą w podnoszeniu się wody w różnych glebach. Kapilary o małej średnicy, w których woda podnosi się powoli, ale na dość dużą wysokość, obrazują nam stosunki przestrzenne, jakie istnieją między cząstkami w glebie próchniczej i glinie, natomiast kapilary o większej średnicy, w których zabarwiona woda podniosła się szybko, ale na niski poziom, ilustrują stosunki w glebach piaszczystych. Doświadczenie to bardzo ułatwia zrozumienie przez uczniów wyników doświadczenia 12.

Doświadczenie 14

Potrzebny sprzęt i materiały:

3 lejki Büchnera lub 3 lejki szklane, bibuła do filtrowania, waga, piasek, glina, gleba próchnicza, naczynie ze skalą, 3 zlewki lub szklanki, zegarek lub stoper.

Odwajamy po 100 g każdej z gleb, które uprzednio dobrze wysuszamy. Na dno lejka Büchnera kładziemy krążek bibuły filtracyjnej, lub gdy dysponujemy lejkami szklanymi - mały tamponik waty. Do lejka wsypujemy 100 g odważonej gleby. Pod ujście lejka wstawiamy zlewkę. Odmierzamy 100 ml wody i wlewamy do lejka z glebą. Od tego momentu do ukazania się pierwszej kropli na ujściu lejka mierzymy dokładnie czas. Otrzymany czas będzie czasem przesiąkania. Jest to wielkość charakterystyczna dla różnych rodzajów gleb. Doświadczenie prowadzimy dalej, aż do chwili, kiedy woda przestanie cieknąć z lejka. Zebraną wodę mierzymy i odejmujemy od 100 ml. W ten sposób obliczamy ilość wody zatrzymaną przez glebę. Jest to pojemność wodna gleby, war-

tość charakterystyczna i różna dla poszczególnych rodzajów gleb.

Doświadczenie 15

Potrzebny sprzęt i materiały:

3 próbówki, atrament, gleba próchnicza, piasek, glina.

Jeden centymetr sześcienny gleby wsypujemy do próbówki i zalewamy 6 cm^3 słabego roztworu atramentu. Całość silnie wstrząsamy i pozostawiamy do odstania. Po opadnięciu większych cząstek gleby stwierdzamy całkowite odbarwienie wody w próbówkach, gdzie była gleba próchnicza i glina, nieco słabsze zaś odbarwienie w próbówce z piaskiem. Największe zdolności absorpcyjne posiada gleba próchnicza i glina, a najmniejsze piasek. Znaczenie tej zdolności objawia się między innymi przy zatrzymywaniu soli mineralnych przez glebę.

IV. Zapotrzebowanie na sole mineralne

Oprócz wody, którą roślina czerpie z środowiska zewnętrznego, pobiera ona zazwyczaj rozpuszczone w niej sole mineralne. Roślina może je wykorzystać jako materiał budulcowy lub jako katalizatory procesów życiowych. Składniki nieorganiczne stanowią około 10% suchej masy roślinnej. Spośród pierwiastków niezbędnych dla rozwoju rośliny wyróżniamy takie, które konieczne są w większych ilościach (makroelementy), i takie, których zapotrzebowanie jest pod względem ilościowym minimalne (mikroelementy). Makroelementami są np.: fosfor, potas, siarka, wapń, magnez, żelazo, Do mikroelementów zaliczamy: bor, mangan, miedź, cynk,

molibden i inne. Najłatwiej przekonać się o niezbędności danego pierwiastka, obserwując rozwój rośliny pozbawionej danego elementu. W tym celu sporządzamy odpowiednie pożywki płynne lub stałe. Znaną metodą jest metoda kultur wodnych, polegająca na tym, że do naczynia szklanego wlewamy roztwór soli mineralnych, w którym zanurzone są korzenie rośliny. Metoda kultur wodnych wymaga odpowiedniego przewietrzania itp., a wyniki uzyskuje się po względnie długim czasie. Z tych i innych względów dobrze jest zamiast roślin wyższych przeprowadzać na lekcjach dla ilustracji tego zagadnienia hodowle grzybów. Doświadczenia takie nie wymagają kłopotliwych zabiegów, a wyniki otrzymuje się po 5-6 dniach. Ze względów higienicznych zalecana jest ostrożność.

Doświadczenie 16

Potrzebny sprzęt i materiały:

kolbka 100 ml lub mała butelka, menzurka, waga, wata, eza, szczepy pleśni (np. kropidlaka) oraz związki wymienione w składach pożywek.

Około 25 ml pożywki wlewamy do kolbki i po zatankaniu korkiem z waty zagotowujemy i gotujemy przez 2-4 min. na siatce azbestowej. Po wystudzeniu do temperatury pokojowej zakażamy zarodnikami kropidlaka. Zakażenia dokonujemy w ten sposób, że ezę (cienki drucik zagięty na końcu w małe uszko) sterylizujemy w płomieniu lampki spirytusowej, a po jej wystygnięciu dotykamy końcem hodowli kropidlaka i zanurzamy w pożywce nalanej do kolbki. Kolbkę tak przygotowaną ustawiamy w dość ciepłym miejscu. Kropidlak rozwija się i rośnie tak, że po upływie 3-4 dni możemy obserwować białą grzybnię, która zaczyna wytwarzać zarodniki.

Skład pożywki płynnej pełnej:

sacharoza (cukier)		5 g (źródło węgla)
kwaśny fosforan potasu KH_2PO_4	1%	5 ml
azotan amonu NH_4NO_3	2%	5 ml
siarczan magnezu MgSO_4	1%	5 ml
siarczan cynku ZnSO_4	1%	2 krople
siarczan żelaza FeSO_4	1%	2 krople

Dopełnić do 100 ml wodą destylowaną.

Doświadczenie 17

Potrzebny sprzęt i materiały:

3 kolbki 50 ml, wata, waga, menzurka, eza, palnik spirytusowy, siatka azbestowa, szczepy kropidlaka lub tego samego grzyba, którego użyliśmy w poprzednim doświadczeniu, oraz wymienione poniżej związki w składach pożywek.

W celu przygotowania pożywek bez azotu, potasu i fosforu sporządzamy je według następujących składów:

Skład pożywek bez:

<u>azotu</u>			<u>fosforu</u>		
sacharoza		5 g	sacharoza		5 g
KH_2PO_4	1%	5 ml	NH_4NO_3	2%	5 ml
MgSO_4	1%	5 ml	K_2SO_4	1%	5 ml
ZnSO_4	1%	2 krople	MgSO_4	1%	5 ml
FeSO_4	1%	2 krople	ZnSO_4	1%	2 krople
			FeSO_4	1%	2 krople

potasu

sacharoza		5 g
NH_4NO_3	2%	5 ml
Na_2HPO_4	1%	5 ml
MgSO_4	1%	5 ml
ZnSO_4	1%	2 krople
FeSO_4	1%	2 krople

W dalszym ciągu doświadczenia postępujemy identycznie, jak w doświadczeniu 16. Wyniki obserwujemy po upływie 6 dni. W porównaniu z kulturą na pożywce pełnej rozwój grzybni jest wyraźnie słabszy, a zarodnikowanie w wielu wypadkach nie występuje lub jest bardzo słabe.

Recepty niektórych pożywek mineralnych dla roślin zielonych na 1 litr wody destylowanej.

Pożywka Knopa

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	0,8 g
KNO_3	0,2 g
KH_2PO_4	0,2 g
MgSO_4	0,2 g
FePO_4	ślad

Pożywka Sachsa

KNO_3	1 g
NaCl	0,5 g
K_2HPO_4	0,5 g
CaSO_4	0,5 g
FeCl_3	kilka kropeł

Pożywka Knudsona

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	1 g
KH_2PO_4	0,25 g
MgSO_4	0,25 g
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,50 g
FePO_4	0,05 g

Pożywka Hoaglanda

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,18 g
KNO_3	0,51 g
MgSO_4	0,49 g
KH_2PO_4	0,14 g
winian żelazowy	0,005 g

Mikroelementy są zawarte w formie zanieczyszczeń soli, z których sporządzono pożywki.

* Zapas niektórych odczynników w pracowni:

sacharoza	200 g	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	200 g
KH_2PO_4	150 g	KNO_3	50 g
NH_4NO_3	100 g	FePO_4	50 g
MgSO_4	100 g	NaCl	100 g
ZnSO_4	50 g	CaSO_4	50 g
FeSO_4	50 g	winian żelazowy	10 g

V. Barwniki fotosyntetyczne

Zjawisko fotosyntezy może zachodzić między innymi dzięki obecności barwników. Podstawowym barwnikiem jest chlorofil, który u roślin wyższych występuje w dwóch postaciach a i b. Cząsteczka chlorofilu zawiera magnez. W chlorofilu oprócz barwników zielonych, zlokalizowanych w plastydach, występują barwniki karotenoidowe, spełniające pewną rolę w procesie fotosyntezy. Do jego ekstrakcji używa się często alkoholu. W celu rozdzielenia barwników wykorzystano różne ich właściwości, jak np.: różną przepuszczalność, różne zdolności adsorpcyjne ciał w stosunku do poszczególnych barwników zawartych w chloroplastach. Roztwór chlorofilu, oświetlony silnym światłem, wysyła promienie czerwone. Zjawisko emitowania przez substancję promieni o innej długości fali niż światło podające nazywamy zjawiskiem fluorescencji.

Doświadczenie 18

Potrzebny sprzęt i materiały:

liście pelargonii lub innej rośliny, zlewka, nożyczki, palnik spirytusowy.

Liść pelargonii tniemy na drobne kawałki, wrzucamy do zlewki i zalewamy wodą. Po zagotowaniu odlewamy wodę do innego szklanego naczynia. Stwierdzamy, że chlorofil nie jest ekstrahowany przez wodę. Słabo zielone zabarwienie pochodzi od chlorofilu, który wyostał się z uszkodzonych komórek przy cięciu liścia.

Doświadczenie 19

Potrzebny sprzęt i materiały:

pokrojone liście z ubiegłego doświadczenia, zlewka, alkohol, palnik spirytusowy.

Zagotowane liście z doświadczenia 18 zalewamy alkoholem i wstawiamy do drugiej, większej zlewki z wodą. Następnie ostrożnie podgrzewamy i gotujemy 5 minut. Po zlaniu alkoholu stwierdzamy, że przyjął on intensywnie zielone zabarwienie. Uzyskany w ten sposób alkoholowy ekstrakt chlorofilowy wykorzystujemy do dalszych doświadczeń.

Doświadczenie 20

Potrzebny sprzęt i materiały:

ekstrakt chlorofilu, benzyna, probówka.

Do probówki nalewamy 3-5 ml ekstraktu chlorofilu i dajemy 2-3 ml benzyny. Ekstrakt z benzyną dobrze mieszamy i po odstawieniu obserwujemy rozdzielenie się barwników.

Barwniki zielone a i b znajdują się w górnej warstwie ben-
zynowej, a barwniki żółte ksantofil i karotyna w dolnej
warstwie alkoholowej.

Doświadczenie 21

Potrzebny sprzęt i materiały:

kreda, bibuła filtracyjna, ekstrakt chlorofilowy, szalka
Petriego.

Do szalki Petriego nalewamy ekstraktu chlorofilowego i
wstawiamy kawałek kredy oraz zanurzamy biały, czysty pasek
bibuły filtracyjnej o szerokości 1-2 cm, długości 20 cm
tak umocowany w pozycji pionowej, aby nie dotykał ścian
szalki. Po około 45 min. następuje wyraźne rozdzielanie
barwników. Obserwując od góry będziemy mieli tak w kredzie,
jak i na bibule jeden lub dwa paski żółte, a pod nim dwa
paski zielone pochodzące od barwników chlorofilowych.

* Doświadczenie 22

Potrzebny sprzęt i materiały:

probówka, alkoholowy ekstrakt chlorofilowy, kwas solny
rozcieńczony.

Do probówki nalewamy 4-6 ml alkoholowego ekstraktu
chlorofilu i dajemy kilka kropel rozcieńczonego kwasu sol-
nego. Ekstrakt przyjmuje zabarwienie brunatnozielone.
Zmiana barwy spowodowana jest zastąpieniem magnezu **przez**
wodór w cząsteczce chlorofilu.

Doświadczenie 23

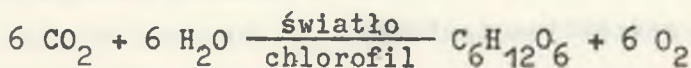
Potrzebny sprzęt i materiały:
probówka, ekstrakt chlorofilu.

Kilka mililitrów alkoholowego wyciągu chlorofilu obserwujemy w świetle przechodzącym i odbitym. Zauważamy, że w świetle odbitym wyciąg przyjmuje zabarwienie krwistoczerwone wywołane zjawiskiem fluorescencji, a w świetle przechodzącym jest zielony.

Uwaga: jako źródła światła dobrze jest użyć lampy elektrycznej.

VI. Asymilacja dwutlenku węgla

Dwutlenek węgla, którego w powietrzu znajduje się około 0,03% jest przyswajany przez rośliny zielone. Ponieważ niezbędnym warunkiem przyswajania dwutlenku węgla i przebiegu innych procesów, prowadzących do wytworzenia węglowodanów, jest światło, przeto proces ten nazywany jest także fotosyntezą (fos w języku greckim znaczy światło). Energia świetlna, pochłaniana przez ciała zieleni, wykorzystywana jest między innymi do rozbicia wody na tlen i wodór. Roślina zielona tlen wydala, a wodoru używa do redukcji dwutlenku węgla. Proces fotosyntezy przedstawiamy następującym równaniem:



Jak wynika z równania, produktem końcowym fotosyntezy jest cukier i tlen. Z cukru prostego u większości roślin powsta-

je skrobia. Intensywność procesu fotosyntezy warunkowana jest szeregiem czynników, jak np.: natężenie światła, temperatura, stężenie dwutlenku węgla, barwa światła itd.

Doświadczenie 24

Potrzebny sprzęt i materiały:

pelargonia, czarny papier, spinacze biurowe, 2 zlewki, alkohol, nożyczki, palnik spirytusowy, siatka azbestowa, płyn LUGOLA.

Roślinę doniczkową, tworzącą skrobię, jak np. pelargonię, wstawiamy na okres co najmniej 24 godzin do ciemnego i ciepłego pomieszczenia. Po tym czasie na kilka liści zakładamy maski wykonane z czarnego papieru z wyciętym otworem. Tak przygotowaną roślinę wystawiamy na działanie dość silnego światła słonecznego lub elektrycznego przez 5 - 12 godzin. Z kolei zdejmujemy z liści maski, odcinamy je i wkładamy do gorącej wody. Po 1 - 2 min. przenosimy je do zlewki z alkoholem. Zlewkę tę wstawiamy do zlewki z wodą ustawionej w statywie na siatce azbestowej i ostrożnie podgrzewamy. Gdy nastąpi całkowite odbarwienie liści przenosimy je do wody, opłukujemy i zanurzamy w rozcieńczonym płynie LUGOLA. Z lokalnego zabarwienia liścia stwierdzamy, że skrobia wytworzyła się tylko w miejscu oświetlonym.

Doświadczenie 25

Potrzebny sprzęt i materiały:

próbówka, nożyczki, lampa biurowa, linijka, statyw.

Gałązkę moczarki lub innej rośliny wodnej wkładamy końcem uciętym podwodą do góry w próbkę napełnioną świe-

zą wodą i oświetlamy stojącą lampą elektryczną z różnej odległości. Uzyskujemy przez to różne natężenie światła. Zwracamy przy tym uwagę, aby pokój, w którym przeprowadza się doświadczenie, nie był oświetlony zbyt mocno światłem słonecznym. Z obciętego końca gałązki zaczynają unosić się banieczki gazu. Oświetlanie rozpoczynamy z odległości 10cm. Po upływie 2-5 min. rozpoczynamy liczyć ilość wydzielonych baniek w ciągu 1 minuty. Następnie źródło światła przesuwamy kolejno na odległość 20, 30, 40 cm od próbówki, oczekując 2-5 min. po zmianie odległości, aby intensywność fotosyntezy odpowiadała nowym warunkom świetlnym, po czym przeprowadzamy pomiar ilości baniek. W każdej odległości liczymy ilość wydzielonych baniek w ciągu 1 minuty. Stwierdzamy, że w miarę zmniejszania się intensywności światła ilość wydzielonych baniek będzie malała, co wskazuje na zależność fotosyntezy od natężenia światła.

Doświadczenie 26

Potrzebny sprzęt i materiały:

woda destylowana, moczarka lub inna roślina wodna, kwaśny węgiel potasu lub woda sodowa, 3 próbówki, lampa biurowa.

Do pierwszej próbówki nalewamy zwykłej wody z kranu, do drugiej wody przegotowanej lub destylowanej, zaś trzecią napełniamy wodą z dodatkiem wody sodowej lub szczypty kwaśnego węgla potasu. W każdej próbówce umieszczamy po jednej gałązce moczarki i wystawiamy na światło. Po kilku minutach zauważamy różnice w ilości wydzielanych baniek przez poszczególne gałązki. Ilość ich liczymy w ciągu 1 minuty. Stwierdzamy, że intensywność wydzielanych baniek, a zatem intensywność fotosyntezy, zależna jest od ilości

dwutlenku węgla w środowisku, a w wypadku braku CO_2 następuje całkowite zahamowanie tego procesu (próbówka druga z wodą przegrodzoną).

Doświadczenie 27

Potrzebny sprzęt i materiały:

2 jednakowe szklane klosze, wazelina, 2 płytki szklane, zlewka, wodorotlenek potasu, płyn LUGOLA, alkohol, palnik spirytusowy, 2 doniczkowe rośliny wytwarzające skrobię.

Dwie rośliny doniczkowe, wytwarzające skrobię, wstawiamy na okres 2-3 dni do ciemnego pomieszczenia. Przygotowujemy 2 jednakowe klosze szklane. Po 2-3 dniach "głodzenia" jedną roślinę nakrywamy kloszem i pozostawiamy jako kontrolę. W celu zwiększenia ilości CO_2 w atmosferze wstawiamy pod kloszem obok rośliny zlewkę z kredą zwilżoną kwasem solnym. Drugą roślinę wstawiamy na płytce szklanej i przykrywamy kloszem szklanym, którego brzegi posmarowaliśmy wazeliną. Aby zmniejszyć ilość CO_2 pod kloszem, wstawiamy zlewkę z wodorotlenkiem potasu. Obie rośliny wystawiamy na światło i trzymamy w tych warunkach przez 20-48 godzin. Po tym okresie czasu wykrywamy skrobię w liściach, postępując identycznie, jak w doświadczeniu 24. Zauważamy, że liść rośliny będącej pod kloszem, gdzie wstawiony był pochłaniacz CO_2 , a więc w środowisku pozbawionym tego gazu, nie wytworzył skrobi. Stwierdzamy, że do wytworzenia produktu asymilacji, jakim jest skrobia, konieczna jest obecność dwutlenku węgla w atmosferze.

Uwaga: Zamiast całej rośliny, możemy używać do doświadczenia same jej liście. Wtedy liście umieszczamy w naczyniu z wodą silnie namoczoną wodą.

VII. Produkty asymilacji i ich wykrywanie

Pierwszym łatwo wykrywalnym produktem asymilacji są cukry proste. Cukry proste zaliczamy do grupy związków organicznych, tzw. węglowodanów. Węglowodany dzielimy na: cukry proste, dwucukry, wielocukry. Cukrem prostym jest np. glukoza czy fruktoza. Monosacharydy, czyli cukry proste, wykazują właściwości redukcyjne, tzn. utleniają się kosztem innych związków. Na przykład redukują wodorotlenek miedziowy do tlenku miedziawego, a same ulegają utlenianiu. Własność powyższa wykorzystana została do ich wykrywania. Dwucukry, jak już sama nazwa sugeruje, są związkami składającymi się z dwóch drobin monosacharydów. Z dwucukrów stosunkowo łatwo możemy uzyskać produkty, z których powstały, a mianowicie przez hydrolizę polegającą na rozkładzie dwucukru przez przyłączenie wody, która została utracona w czasie ich syntezy. Do dwucukrów zaliczamy np. sacharozę i maltozę. Skrobia - najbardziej znany produkt asymilacyjny należy do wielocukrów, czyli polisacharydów. Ogólny wzór polisacharydów $(C_6H_{10}O_5)_n$ świadczy, że powstały z cukrów prostych, tracąc $n-1$ cząsteczek wody. Oprócz skrobi do wielocukrów zaliczamy między innymi celulozę i inulinę. Przeprowadzając hydrolizę polisacharydów, otrzymamy jako ostateczny produkt cukry proste.

Doświadczenie 28

Potrzebny sprzęt i materiały:

glukoza, woda destylowana, palnik spirytusowy, probówka, odczynnik FEHLINGA I i FEHLINGA II,

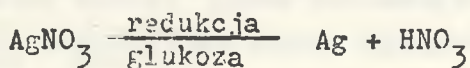
Szczyptę glukozy wsypujemy do probówki i zalewamy około 3 ml wody destylowanej. Po rozpuszczeniu glukozy zadajemy odczynnikami FEHLINGA I i II. Zmieszanie tych dwóch odczynników powoduje powstanie wodorotlenku miedziowego, który po lekkim podgrzaniu zostaje zredukowany przez cukier do tlenku miedziawego, i wtedy zawartość probówki przyjmuje zabarwienie ceglasczerwone. Odczynnik FEHLINGA możemy zastąpić odczynnikiem HEINESA^x.

* Doświadczenie 29

Potrzebny sprzęt i materiały:

probówka, azotan srebra, glukoza, palnik spirytusowy, woda destylowana.

Do czystej probówki nalewamy 5 ml wody destylowanej, w której rozpuszczamy szczyptę glukozy i zadajemy kilkoma kroplami roztworu azotanu srebra. Podczas ogrzewania nad palnikiem zaczyna się wytrącać srebro, które początkowo powoduje szernienie zawartości probówki, a następnie, osadzając się na ścianach probówki, tworzy lustro.



* Doświadczenie 30

Potrzebny sprzęt i materiały:

probówka, glukoza, błękit metylenowy, palnik spirytusowy.

Do 4 ml roztworu glukozy w probówce dodajemy kilka kropeł rozcieńczonego roztworu błękitu metylenowego i zago-

^x Przepis podaje Z. CIESIELSKA.

towujemy, Następuje całkowite odbarwienie, gdyż zredukowane błękit traci barwę.

Doświadczenie 31

Potrzebny sprzęt i materiały:

sacharoza, odczynnik FEHLINGA I i II, palnik spirytusowy.

Około 2 ml roztworu sacharozy zadajemy odczynnikami FEHLINGA I i II. Po zagotowaniu nie stwierdzamy zmiany barwy. Sacharoza, nie posiadając właściwości redukcyjnych, nie powoduje redukcji wodorotlenku miedziowego do tlenku miedziawego.

* Doświadczenie 32

Potrzebny sprzęt i materiały:

sacharoza, kwas solny, odczynnik FEHLINGA I i II, probówka, palnik spirytusowy.

Do kilku mililitrów roztworu sacharozy dodajemy 2 - 3 kropel kwasu solnego i ostrożnie zagotowujemy. Następnie zubożymy przez dodanie zasady i traktujemy odczynnikami FEHLINGA I i II, i zagotowujemy ponownie. Stwierdzamy wytrącanie się tlenku miedziawego, co świadczy o tym, że w czasie hydrolizy powstały cukry proste.

Doświadczenie 33

Potrzebny sprzęt i materiały:

cebula, probówka, żyletka, palnik spirytusowy, odczynnik FEHLINGA

Za pomocą żyletki zeskrobujemy trochę miąższu cebuli do probówki i zalewamy około 3 ml wody. Po zalaniu odczyn-

nikiem FEHLINGA i podgrzaniu zawartość próbówki przyjmuje zabarwienie ceglasczerwone. Stwierdzamy w ten sposób obecność w miąższu cebuli cukrów prostych.

Doświadczenie 34

Potrzebny sprzęt i materiały:

mączka ziemniaczana, próbówka.

Szczyptę skrobi ziemniaczanej wytrząsamy z wodą w próbówce. Po pewnym czasie obserwujemy, że skrobia nie rozpuszcza się w wodzie i opada na dno próbówki. Jeżeli próbówkę podgrzejemy i zagotujemy, wówczas otrzymamy tzw. kleik skrobiowy, który jest roztworem koloidalnym.

Doświadczenie 35

Potrzebny sprzęt i materiały:

kleik skrobiowy, płyn LUGOLA, próbówka, palnik spirytusowy.

Około 1 ml kleiku skrobiowego zadajemy kroplą silnie rozcieńczonego płynu LUGOLA. Skrobia zabarwi się na kolor niebieskofioletowy, który po podgrzaniu znika. Natomiast jeżeli oziębimy zawartość próbówki, to zabarwienie niebieskofioletowe wraca.

Doświadczenie 36

Potrzebny sprzęt i materiały:

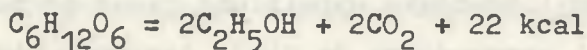
kleik skrobiowy, odczynnik FEHLINGA, próbówka, palnik spirytusowy, kwas solny.

Do 3 ml kleiku skrobiowego dodajemy odczynnik FEHLINGA i podgrzewamy. Wynik doświadczenia jest negatywny, bo

skrobia nie posiada własności redukcyjnych, Jeżeli jednak przeprowadzimy hydrolizę kleiku, jak w doświadczeniu 32, wówczas wytrąci się tlenek miedziawy. Stwierdzamy, że w wyniku hydrolizy skrobi powstają cukry proste. Zauważamy również, że po dodaniu kwasu solnego i zagotowaniu znikają właściwości koloidalne roztworu skrobi.

VIII. Fermentacja alkoholowa

Zjawisko fermentacji znane jest od dawna. W zależności od końcowych produktów tego procesu nazwano różne rodzaje fermentacji. I tak np. w fermentacji alkoholowej końcowym jej produktem jest alkohol. Fermentację alkoholową wywołują pewne gatunki grzybów, tzw. drożdże. Przez fermentację zdobywają one energię, którą wykorzystują w swym życiu. Fermentacja ze względu na te i na inne cechy wykazuje dużo podobieństwa do oddychania roślin wyższych. Reakcję fermentacji alkoholowej wywołuje zespół enzymów występujących w komórce drożdży, które nazywamy zymazą. Termin ten jest terminem starym i określa zespół enzymów. Ogólny wzór fermentacji alkoholowej jest następujący:



Jak wynika z równania, oprócz alkoholu produktem końcowym jest dwutlenek węgla. Proces ten zachodzi bez udziału tlenu i dlatego ilość otrzymanych kalorii jest tu znacznie mniejsza niż w procesie oddychania.

* Doświadczenie 37

Potrzebny sprzęt i materiały:

cukier (sacharoza), drożdże, 3 probówki, 3 małe zlewki, zlewka 250 ml, wygięta pipeta, wodorotlenek potasu, termometr.

W 200 ml wody rozpuszczamy około 50 g cukru. Następnie do roztworu cukru dodajemy 15 g drożdży piekarniczych i po dość dokładnym wyklóceniu rozlewamy do 3 probówek. Resztę zawiesiny drożdżowej rozlewamy do 3 zlewek. Wylot probówki napełnionej po brzegi, zatykamy palcem, i odwróciwszy do góry dnem wstawiamy do jednej z trzech zlewek. To samo wykonujemy z dwoma pozostałymi probówkami.

W celu przebadania wpływu temperatury na tempo fermentacji jedną zlewkę z probówką umieszczamy za oknem (jeżeli temperatura jest niższa niż w pokoju), drugą pozostawiamy w temperaturze pokojowej, a trzecią w ciepłym miejscu (np. koło pieca lub w ciepłej wodzie).

Po pewnym czasie, gdy probówka umieszczona w ciepłym miejscu cała wypełni się gazem, porównujemy wyniki doświadczenia. Stwierdzamy, że temperatura ma wyraźny wpływ na tempo fermentacji. Probówkę wypełnioną gazem po zatknięciu palcem odwracamy i wprowadzamy do niej żarzące się drewno. Drewno przygasa lub gaśnie całkowicie.

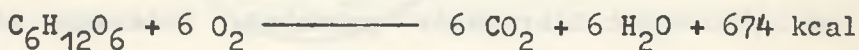
Podobną próbę przeprowadzamy z czwartą, kontrolną probówką wypełnioną powietrzem atmosferycznym. Wnioskujemy, że probówka trzecia wypełniona jest dwutlenkiem węgla, który nie podtrzymuje palenia.

Do drugiej probówki, która w międzyczasie wypełniła się gazem, wprowadzamy za pomocą zgiętej pipety wodorotle-

nek potasu w postaci wodnego roztworu. Następuje wypełnienie probówki mieszaniną drożdżową, gdyż dwutlenek węgla został pochłonięty przez wodorotlenek potasu. Powyższe doświadczenie można przeprowadzić, stosując zamiast probówki rurkę U z zatopionym jednym końcem (rys.6). Wtedy całą rurkę wypełniamy zawiesiną drożdżową i postępujemy, jak wyżej podano. Gaz będzie się zbierał w zatopionym ramieniu rurki i wypierał zawiesinę. Gdy nabiera się w dostatecznej ilości, wówczas nalewamy zasady.

IX. Oddychanie u roślin

Oddychanie towarzyszy zawsze organizmom żywym. Jest to proces fizjologiczny i jednocześnie najważniejszy sposób zdobywania energii. Polega na uwalnianiu energii z związków energetycznych. Związkiem tym u większości roślin jest cukier. Zatem proces ten jest odwrotnością procesu fotosyntezy. Oddychaniu towarzyszy pobieranie tlenu i wydzielanie dwutlenku węgla zgodnie z ogólnym równaniem.



Proces oddechowy jest o wiele wydajniejszy energetycznie od fermentacji.

Doświadczenie 38

Potrzebny sprzęt i materiały:

nasiona fasoli, gaza, korek, kolbki 2 szt., wodorotlenek baru.

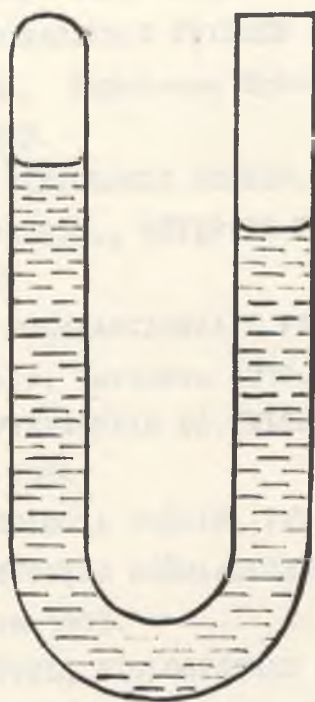
Na 3—4 dni przed doświadczeniem poddajemy kiełkowaniu 30 g nasion fasoli. Około 10 g nasion podkiełkowanych umieszczamy w woreczku z gazy i za pomocą pineski przymocowujemy do korka. Do kolbki nalewamy 25 ml przeźroczystego roztworu wodorotlenku baru i zatykamy korkiem z przypiętym woreczkiem. Drugą kolbkę z 25 ml wodorotlenku baru zatykamy korkiem i pozostawiamy jako kontrolę. Wydzielany dwutlenek węgla podczas oddychania łączy się z wodorotlenkiem baru, który mętnieje na skutek wytrącania się węglanu baru. Zatem w czasie oddychania rośliny wydzielają dwutlenek węgla.

Doświadczenie 39

Potrzebny sprzęt i materiały:

podkiełkowane ziarniaki pszenicy, 2 termosy, 2 termometry, wata.

Podkiełkowane ziarniaki pszenicy wsypujemy do jednego termosu, a po wstawieniu termometru zatykamy go watą. Do drugiego termosu wsypujemy taką samą ilość suchych i nie podkiełkowanych ziarniaków pszenicy. Wstawiamy termometr i zatykamy watą. Po 5 minutach odczytujemy temperaturę, a następnie czynność tę powtarzamy co 15 minut. Stwierdzamy, że w termosie, gdzie są kiełkujące nasiona, temperatura wzrasta, gdy natomiast w drugim wzrost ten jest minimalny. Podczas kiełkowania oddychanie intensywnie wzrasta i towarzyszy mu wydzielanie energii cieplnej.



Rys. 6

Rurka "U" napełniona zawiesiną
drożdżową



Fig. 6 -

Рис. 6 -
Схема манометра с жидкостью.

Literatura

- BETKOWSKI W., ĆWICZENIA BOTANICZNE W SZKOLE OGÓLNOKSZTAŁCACEJ, PZWS Warszawa, 1953.
- GEMBOREK E., O PROWADZENIU ĆWICZEŃ PRZYRODNICZYCH W PRACOWNI SZKOLNEJ, Państwowe Wydawnictwo Książek Szkolnych, Lwów 1933.
- GÓRSKI F., ZARYS FIZJOLOGII ROŚLIN, PWN, Kraków 1959.
- CURTIS P.F., CLARK D.G., WSTĘP DO FIZJOLOGII ROŚLIN, PWRiL, Warszawa 1958.
- CZARTKOWSKI A., DOŚWIADCZENIA Z FIZJOLOGII ROŚLIN, Wydawnictwo M. Arcta, Warszawa 1910.
- KORCZEWSKI M., PRZEWODNIK DO ĆWICZEŃ Z FIZJOLOGII ROŚLIN, PWN, Warszawa 1954.
- MAKSIMOW M., FIZJOLOGIA ROŚLIN, PWRiL, Warszawa 1950.
- TIETIURIIEW W., METODYKA DOŚWIADCZEŃ Z FIZJOLOGII ROŚLIN, PZWS, Warszawa 1953.
- SCHAFFER-EDDELBUTTEL, BIOLOGISCHES ARBEITSBUCH, B.G. Teubner, Leipzig 1933.
- STRASSBURGER E., BOTANIKA, PWRiL, Warszawa 1960.