

Maria Marko-Worłowska^{1*} i Ryszard Kozik¹

¹Institut Biologii
Uniwersytet Pedagogiczny
ul. Podbrzezie 3, 31-054 Kraków
*email: mmw241@gmail.com

PROPOZYCJE ĆWICZEŃ STUDENCKICH NA TEMAT METOD POMIARU IMISJI ZWIĄZKÓW ZAKWASZAJĄCYCH ORAZ ICH WPŁYWU NA STAN ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

SUGGESTIONS OF STUDENT EXERCISES ON METHODS OF MEASURING IMMISSION
OF ACIDIFYING COMPOUNDS AND THEIR EFFECTS ON THE NATURAL ENVIRONMENT

Abstrakt: Celem opracowanych ćwiczeń jest zapoznanie studentów z metodami stosowanymi w monitoringu środowiska przyrodniczego z wykorzystaniem wskaźników biologicznych. Łączą one wiadomości na temat emisji i imisji związków zakwaszających, ich szkodliwości oraz prostych metod ilościowego i jakościowego ich wyznaczenia. Zaproponowano również porównanie wyników dotyczących wartości liczbowych badanych związków uzyskanych w miejscach o silnej antropopresji z miejscami o zdecydowanie mniejszym wpływie człowieka.

Słowa kluczowe: ćwiczenia studenckie, edukacja prośrodowiskowa, biomonitoring, kora drzew, zewnętrzna warstwa gleby, wyznaczanie odczynu (pH)

Abstract: The purpose of exercises is designed to acquaint students with the methods used in environmental monitoring using biological indicators. The exercises combine information about the emission and immission of acidifying compounds, their harmfulness and simple qualitative and quantitative methods for their determination. It was also suggested to compare the results of the numerical values of tested compounds obtained in areas with strong anthropopressure and the sites with much less human impact.

Keywords: student exercises, environmental education, biomonitoring, tree bark, topsoil, determination of pH reaction

Mając na uwadze fakt, że badania eksperymentalne samodzielnie wykonywane przez studentów zaangażowanych emocjonalnie w swoją pracę są najskuteczniejszym sposobem przyswajania wiedzy, opracowano ćwiczenia studenckie łączące w sobie wiadomości na temat szkodliwości zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego związkami zakwaszającymi oraz proste metody ilościowego i jakościowego ich wyznaczenia.

Zanieczyszczenie atmosfery, a także pozostałych geosfer można oceniać na podstawie zarówno bezpośrednich pomiarów stężeń gazów, pyłów i cieczy, jak również pośrednio, wykorzystując wskaźniki biologiczne.

Ćwiczenie nr 1, 2, 3. Temat: Metody oceny zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego gazami zakwaszającymi.

Uwagi wstępne

Dobroczynny wpływ drzew na klimat i jakość powietrza atmosferycznego jest ogromny i dlatego ważne są badania

dotyczące emisji i imisji zwłaszcza tych zanieczyszczeń, które przyczyniają się do ograniczenia bytowania roślin zielnych i drzew na określonych obszarach aglomeracji miejskich i pozamiejskich. Należą do nich przede wszystkim pyły i związki zakwaszające, które są jednymi z głównych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego [1]. Do metod oceny poziomu imisji tych polutantów w wybranym środowisku przyrodniczym, które nie wymagają skomplikowanej aparatury pomiarowej i mogą być przeprowadzone przez studentów, proponujemy użycie jako indykatorów kory sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) oraz gleby, na której rosną badane sosny.

Kora drzew, ze względu m.in. na jej czułość i występowanie w stałym, niezmiennym miejscu, narażonym na ustawiczne oddziaływanie otoczenia przez wiele lat, jest często używana jako bioindykator tych zanieczyszczeń. W jej właściwościach fizykochemicznych zachodzą wyraźne zmiany pod wpływem skażonego powietrza. Metoda wodnych wyciągów z kory drzew jest metodą dobrą, prostą, tanią i często stosowaną w ocenie

zanieczyszczenia powietrza [2, 3]. Dzięki niej można wyznaczyć odczyn kory, który jest miarą zakwaszenia środowiska przyrodniczego i obniża się pod wpływem występujących w powietrzu tlenków siarki i tlenków azotu, a także przewodnictwo jonowe (elektrolityczne), stężenie siarczanów w ekstrakcie kory oraz zdolność absorbowania pewnych pierwiastków chemicznych - np. metali ciężkich [3-5]. Odczyn kory jest również zależny od gatunku, wieku i zdrowotności drzew, a także gleby, na której rosną, czasu składowania próbek, techniki, terminu zbioru oraz stopnia porowatości kory. Do badań tego typu najczęściej wykorzystuje się wodne wyciągi z kory takich drzew, jak: *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill., *Alnus incana* L., a wśród drzew iglastych - *Pinus sylvestris* L. Kora drzew liściastych jest z natury mniej zakwaszona niż kora drzew szpilkowych. Do tego typu ćwiczeń ze studentami proponujemy przede wszystkim sosnę zwyczajną jako najbardziej rozpowszechnione drzewo w Polsce (około 70% powierzchni drzewostanów w Polsce), z którego łatwo pozyskuje się korę [6]. Dla porównania można również przeprowadzić badania odczynu (pH) porostów, np. *Hypogymnia physodes* L. [7], jeśli w badanym siedlisku występują na korze.

Również gleba, na której rosną drzewa, ma duży wpływ na ich bytowanie w środowisku. Ma ona też dużą wartość wskaźnikową w ocenie zarówno skażenia, jak i sprawności geosystemu, a przez posiadanie cech, które oddają ilościowe i jakościowe zmiany zachodzące w poszczególnych podsystemach środowiska, jest jednym z najbardziej dynamicznych komponentów środowiska geograficznego. Dlatego gleboznawcy określają ją jako „zwierciadło” stanu środowiska [8]. Procesy zachodzące w glebie mają podstawowe znaczenie dla zachowania trwałości i produktywności ekosystemów lądowych, w tym również ekosystemów leśnych, ponieważ ściółka leśna pokrywająca glebę jest źródłem większości składników pokarmowych pobieranych corocznie przez rośliny. W badaniach często bierze się pod uwagę odczyn gleb (wartość pH), dlatego że mała wartość pH jest jednym z głównych determinantów przebiegu wielu procesów glebowych [9, 10]. Odczyn gleby bezpośrednio wpływa na warunki życiowe organizmów glebowych, dostępność makro- i mikroelementów (tempo rozkładu martwej materii organicznej) potrzebnych do rozwoju roślin oraz na procesy mineralizacji związków organicznych ze szczególnym podkreśleniem procesów nityfikacyjnych i występowanie toksycznie działających metali ciężkich, w tym Pb, Cd, Zn i Cu [6]. W przypadku lasów kumulacja zanieczyszczeń gazowych i pyłowych ma miejsce głównie na ich obrzeżach, czyli w strefie ekotonowej [11].

Opracowane ćwiczenia składają się z kilku części:

- badania literaturowe (literatura podana przez prowadzącego) prowadzone przez studentów na temat przyczyn emisji związków zakwaszających, ich toksyczności oraz możliwości ograniczania emisji,
- pobranie próbek kory martwicowej, a następnie ocena odczynu gleby w terenie przez oznaczenie pH,

- przygotowanie próbek kory martwicowej do oceny jej zakwaszenia lub alkalizacji (wysuszenie próbek, następnie ich zmielenie, wypełnienie probówek wodą destylowaną, dodanie do nich zmielonej kory),
- wykonanie pomiarów,
- analiza wyników, którą można wzbogacić o analizę wariancji i testy istotności w odniesieniu do wyników z różnych stron świata, a także przy porównaniu odczynu kory martwicowej i gleby, na której rosną badane drzewa.
Ćwiczenie może być zrealizowane w formie trzech dwugodzinnych zajęć.

Niezbędna dla wykonania ćwiczeń aparatura, szkło i odczynniki laboratoryjne

Pehametr do pomiaru odczynu gleby (np. WTW-330), termostat lub suszarka elektryczna, woda destylowana, młynek elektryczny, probówki o pojemności 10 cm³ lub większe, najlepiej z podziałką (lub bez podziałki i wówczas niezbędna jest miarowa pipeta), kilka ostrych noży lub skalpeli czy scyzoryków, waga analityczna, duża suwmiarka - średnicomierz (klupa) lub centymetr krawiecki czy taśma miernicza, lupy ręczne.

Przykłady terenu badań

1. Drzewa i gleba spod drzew rosnących wzdłuż ciągów komunikacyjnych i dla porównania w terenach zieleni miejskiej.
2. Drzewa i gleba spod drzew rosnących w pobliżu budynku uczelni i dla porównania w terenach zieleni miejskiej lub lasu.
3. Drzewa i gleba spod drzew rosnących w lesie - w strefie ekotonowej i dla porównania wewnątrz lasu itp.

Oznaczanie parametrów podstawowych świadczących o zakwaszeniu lub alkalizacji gleby i kory - część eksperymentalna

Jako materiał do badań należy w wybranym terenie pobrać glebę i korę martwicową sosny w kilku wyznaczonych wcześniej miejscach (np. obrzeże lasu lub parku i wnętrze lasu lub parku itp.).

Wybiera się po trzy mniej więcej jednowiekowe sosny w każdym z badanych stanowisk (metoda określania wieku drzew przedstawiona w tabeli 1) i po wyznaczeniu kompasem stron świata należy pobrać z każdego drzewa po 3 próbki ze strony nawietrznej i zawietrznej (w Polsce najczęściej wieją wiatry zachodnie i południowo-zachodnie). Razem pobiera się 18 próbek kory na jednym stanowisku. Ewentualnie (w przypadku gdy jesteśmy w terenie z większą niż jedna liczbą grup studenckich) można pobrać próbki zgodnie z różą wiatrów, czyli z czterech stron świata - wówczas uzyskamy 36 próbek.

Wiek drzew określa się metodą szacunkową zgodnie z dendrochronologiczną tabelą wiekową drzew opracowaną przez prof. dra Longina Majdeckiego (1980-1986).

Wykonanie

Pierśnica drzewa to jego średnica na wysokości piersi, to jest na wysokości 1,3 m od ziemi.

Średnicomierz przykładamy prostopadle do osi podłużnej drzewa na ww. wysokości. Pomiar przeprowadza się z dwóch stron, prostopadle na krzyż, a ostateczny wynik stanowi średnia arytmetyczna obu pomiarów.

Można też zmierzyć obwód drzewa taśmą mierniczą i obliczyć jego średnicę, korzystając ze wzoru na obwód koła:

$$O = 2\pi r, \text{ to } 2r = O/\pi$$

$$\text{Średnica drzewa} = \text{obwód drzewa} / 3,1416$$

Można także określić wiek sosny metodą okółkową - określanie wieku sosny na podstawie liczenia okółków.

Niektóre gatunki drzew (np. sosna) po zakończeniu w danym roku wzrostu na wysokość wytwarzają pączek wierzchołkowy otoczony u nasady przez okółek pączków bocznych.

W następnym roku, pączek wierzchołkowy, rosnąc, przedłuża pęd główny, a pączki boczne tworzą gałęzie boczne ułożone w okółek.

Korzystając z powyższych metod, uzyskuje się jedynie wartość przybliżoną.

Tabela. 1. Tabela wiekowa drzew. Opracowana przez prof. dra Longina Majdeckiego

Table 1. Table of the trees age.

Gatunek		Średnica drzewa [cm]				
		20	40	70	100	120
		Wiek drzewa [lata]				
Topola biała	<i>Populus alba</i>	35	70	100	125	145
Topola czarna	<i>Populus nigra</i>					
Lipa drobnolistna	<i>Tilia cordata</i>	17	35	57	78	92
Lipa szerokolistna	<i>Tilia platyphyllos</i>					
Grab zwyczajny	<i>Carpinus betulus</i>	7	15	35	50	60
Głóg	<i>Crataegus</i>					
Buk zwyczajny	<i>Fagus sylvatica</i>					
Robinia akacja	<i>Robinia pseudoacacia</i>	13	26	45	62	75
Sosna zwyczajna	<i>Pinus sylvestris</i>	12	25	50	68	80
Klon zwyczajny	<i>Acer platanoides</i>	12	25	40	55	67
Klon jawor	<i>Acer pseudoplatanus</i>					
Platan klonolistny	<i>Platanus acerifolia</i>					
Jesion wyniosły	<i>Fraxinus excelsior</i>	12	26	45	60	72
Kasztanowiec zwyczajny	<i>Aesculus hippocastanum</i>	20	38	65	87	105
Dąb szypułkowy	<i>Quercus robur</i>	9	18	35	47	55
Dąb bezszypułkowy	<i>Quercus petraea</i>					
Świerk pospolity	<i>Picea abies</i>	12	25	50	70	82
Świerk klujący	<i>Picea pungens</i>					
Modrzew europejski	<i>Larix decidua</i>	17	35	52	67	79
Klon polny	<i>Acer campestre</i>	27	54	85	-	-
Wierzba biała	<i>Salix alba</i>					
Brzoza brodawkowata	<i>Betula verrucosa</i>	22	34	57	79	-
Brzoza omszona	<i>Betula pubescens</i>					
Wiąz szypułkowy	<i>Ulmus laevis</i>	15	30	51	73	90
Tuja - żywotnik	<i>Thuja occidentalis</i>	5	10	20	35	-
Olsza czarna	<i>Alnus glutinosa</i>	17	30	50	70	-
Czeremcha zwyczajna	<i>Prunus padus</i>					

Sposób pobierania próbek

Każdorazowo pobiera się za pomocą ostrego noża lub skalpela (rys. 1) po trzy próbki kory martwicowej z dwóch

stron pnia - wschodniej i zachodniej na wysokości 1,3 m od gruntu.

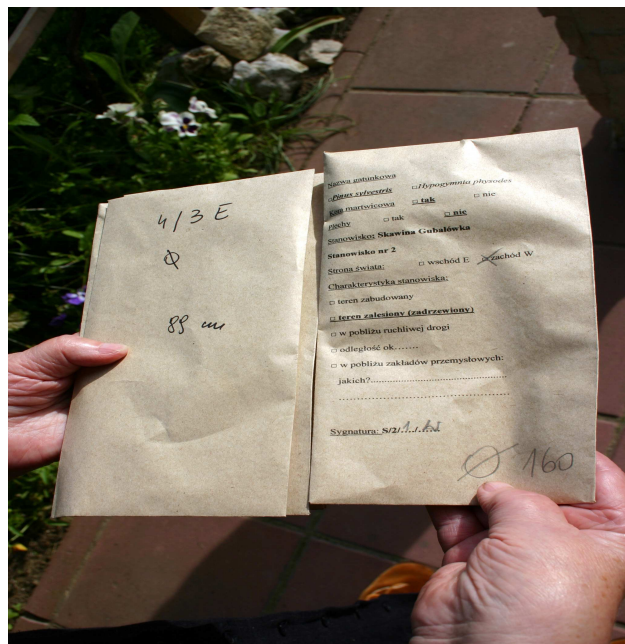
Grubość kory martwicowej nie powinna być większa niż ok. 3 mm, a każda próbka powinna zawierać mniej więcej tyle kory, ile mieści się w dłoni. Unikać należy powierzchni pokrytych porostami i żywicą. Pobiera się je do wcześniej przygotowanych i opisanych 18 lub 36 kopert (rys. 2).

Następnie pod drzewami, z których pozyskiwano korę, wykonuje się bezpośredni pomiar pH gleby za pomocą pehametru, np. WTW-330 (rys. 3). IUPAC (Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej) wprowadziła następującą definicję pH obecnie obowiązującą: „pH roztworu to odczyt ze skali pehametru, którego elektrody zanurzone są w badanym roztworze”.



Rys. 1. Sposób pobierania kory martwicowej sosny (*Pinus sylvestris*), fot. R. Kozik

Fig. 1. Method of collection of necrotic pine bark (*Pinus sylvestris*)



Rys. 2. Opisane koperty z pobraną korą martwicową wewnątrz, fot. R. Kozik

Fig. 2. The envelopes with necrotic pine bark



Rys. 3. Pomiar pH gleby (pH-metr WTW-330), fot. R. Kozik

Fig. 3. pH measurement of the soil

Należy wykonać po trzy pomiary pH gleby od strony wschodniej i po trzy od zachodniej (ilość niezbędna do obliczeń statystycznych) lub, tak jak w przypadku kory i większej ilości grup, z każdej strony świata i pod każdym drzewem. Można także pobrać za pomocą pobieraka glebowego, wbijając go do głębokości około 5 cm, po trzy próbki powierzchniowej warstwy gleby, każdą ważącą około 1 dag, w celu wyznaczenia pH gleby w czasie ćwiczeń laboratoryjnych.

Pomiary w laboratorium: przygotowanie i wykonanie

Analizy chemiczne dotyczące określenia wartości pH przeprowadza się, susząc próbki kory w kopertach w temperaturze 65°C w ciągu 3 godzin, po czym rozdrabnia się je i mieli na pylisty proszek w młynku elektrycznym np. do kawy. Przed rozdrabnianiem pojemnik młynka myje się wodą destylowaną, a następnie suszy. Z każdej próbki odważa się po 1 g sproszkowanej kory, którą wsypuje się do probówek napełnionych 5 cm³ wody destylowanej (dla łatwiejszego uzyskania roztworu próbki najpierw wypełnia się wodą). Zamyka się je korkiem i przez kilka minut ręcznie wytrząsa. Można zastosować większe rozcieńczenia, np.: 1 g i 15 cm³ wody destylowanej, ponieważ parametr pH charakteryzuje się tym, że jego wartość zmienia się nieznacznie nawet przy dużych zmianach stężenia. Podczas dziesięciokrotnej zmiany stężenia wartość pH zmienia się tylko o jednostkę. Można wówczas mierzyć odczyn kory bez jej mielenia, lecz takie próby należy wytrząsać przez 24 godziny. Jeśli pobrano

próbki gleby, można dla porównania z wynikami uzyskanymi bezpośrednio w terenie wykonać pomiary pH roztworu gleby, postępując w sposób podobny jak z korą.

Po wyznaczeniu pH kory i gleby:

- uśrednia się wyniki,
- porównuje średni odczyn z poszczególnych stron świata na jednym stanowisku osobno odczyn kory i gleby, a następnie
- na drugim z porównywanych stanowisk osobno odczyn kory i gleby,
- powinno też porównać się odczyn kory i przyległej do drzew gleby z różnych badanych stron świata,
- przeprowadza się też analizę statystyczną uzyskanych danych pomiarowych.

Następnie dokonuje się całościowej analizy uzyskanych danych pomiarowych oraz zależności między nimi i zapisuje się wnioski z niej wynikające.

Literatura

- [1] Dobrzańska B., Dobrzański G. i Kielczewski D.: Ochrona środowiska przyrodniczego. WN PWN, Warszawa 2009.
- [2] Szczepanowicz B. i Gawroński S.: *Wodne wyciągi kory sosny jako wskaźnik zanieczyszczenia atmosfery*. Sylwan, 2000, **144**(2), 107-118.
- [3] Szczepanowicz B. i Gawroński S.: *Wyciągi z kory sosny jako wskaźnik zanieczyszczenia atmosfery*. Aura, 1999, **1**, 27-28.
- [4] Medwecka-Kornaś A., Kozłowska H., Gawroński S. i Matysiak E.: *Właściwości wyciągów z kory sosny (Pinus sylvestris L.) jako wskaźnik zanieczyszczeń w Ojcowskim Parku Narodowym*. Fragm. Florist. Bot., 1998, **34**, 425-444.
- [5] Grodzińska K.: *Mchy i kora drzew jako czułe wskaźniki skażeń środowiska gazami i pyłami przemysłowymi*, [w:] Bioindykacja skażeń przemysłowych i rolniczych, J. Fabiszewski (red.). PAN, Wrocław 1983, 67-86.
- [6] Marko-Worłowska M., Chrzan A. i Łaciak T.: *Wpływ zanieczyszczeń komunikacyjnych na odczyn i zawartość metali ciężkich w glebie i korze sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.)*, [w:] Zagrożenia biotopów przekształconych przez człowieka. Biotop 2009, 193-200.
- [7] Kłos A., Rajfur M., Waclawek M. i Waclawek W.: *Biomonitoring Borów Stobrawskich*. Chem. Dydak. Ekol. Metrol., 2008, **13**(1-2), 95-99.
- [8] Degórski M.: *Gleba jako indyktor zmian w środowisku przyrodniczym*. Przegl. Geograf., 2005, **77**(1), 37-55.
- [9] Dziadek K. i Waclawek W.: *Metale w środowisku. Cz. I. Metale ciężkie (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) w środowisku glebowym*. Chem. Dydak. Ekol. Metrol., 2005, **10**(1-2), 33-44.
- [10] Kowalkowski A.: *Wskaźniki ekochemicznego stanu gleb zagrożonych przez zakwaszenie*. Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 2002, **3**, 31-43.
- [11] Sporek K. i Sporek M.: *Bioakumulacja siarki i wapnia w korze sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) w Załęczańskim Parku Krajobrazowym*. Proc. ECOpole, 2007, **1**(1-2), 245-248.