

Elżbieta MAŁKOWSKA¹, Bernard PALOWSKI¹, Łukasz MAŁKOWSKI²
Wojciech BIERZA¹ i Karolina SZEWCZYKOWSKA¹

PRZYDATNOŚĆ WYBRANYCH ORGANÓW *Robinia pseudoacacia* DO CELÓW BIOINDYKACYJNYCH

SUITABILITY OF SELECTED *Robinia pseudoacacia* ORGANS FOR BIOINDICATION PURPOSES

Abstrakt: Celem pracy było określenie przydatności wybranych organów *Robinia pseudoacacia* do bioindykacji. Oznaczono zawartości wybranych pierwiastków w liściach, pędach, nasionach i łupinach nasiennych *R. pseudoacacia* z terenów trzech miast województwa śląskiego: Katowic, Chorzowa i Siemianowic Śląskich. W każdym z miast wytypowano po pięć stanowisk pobrania próbek. Stanowiska podzielono na 3 grupy w zależności od ich otoczenia: różniły się one pod względem poziomu zanieczyszczenia (ruch uliczny, zakłady przemysłowe). Stwierdzono statystycznie istotne różnice w poziomie zanieczyszczeń pomiędzy wyróżnionymi grupami stanowisk. Na podstawie analizy skupień oraz PCA dla poszczególnych organów wyróżniono grupy stanowisk ze względu na koncentrację badanych pierwiastków w tkankach *R. pseudoacacia*. Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że najlepiej nadającym się do celów bioindykacyjnych organem *R. pseudoacacia* są liście.

Słowa kluczowe: *Robinia pseudoacacia*, bioindykacja, metale ciężkie

Wprowadzenie

Zanieczyszczenia metalami ciężkimi w środowisku antropogennym mogą powodować duże zagrożenie dla życia i zdrowia człowieka oraz innych organizmów. Dlatego tak ważny jest skuteczny sposób monitorowania zmian zawartości tych pierwiastków w środowisku. Jedną z metod długotrwałej oceny stanu środowiska jest bioindykacja. Jest to jedna z częściej wykorzystywanych metod w monitoringu zanieczyszczenia [1]. Do oceny oddziaływania określonego czynnika używa się organizmów żywych, zwanych bioindykatorami, które wykazują zdolność do akumulowania składników toksycznych, takich jak np. metale ciężkie [1, 2].

Najbardziej znanymi bioindykatorami są *Lichenes* (porosty) [3, 4] i *Bryophytina* [3, 4]. Jednak coraz częściej używa się do celów biomonitoringu roślin naczyniowych, takich jak *Dactylis glomerata*, *Quercus ilex* i *Robinia pseudoacacia*, głównie ze względu na ich długoletnie wystawienie na zanieczyszczenia [5-7].

Celem przeprowadzonych analiz było określenie przydatności wybranych organów *Robinia pseudoacacia* i wybranie spośród nich najlepiej nadającego się do celów bioindykacyjnych.

Metodyka i materiały

Badania prowadzono w trzech miastach na terenie GOP-u: Katowicach, Chorzowie i Siemianowicach Śląskich. W każdym z miast zostało wytypowanych pięć stanowisk

¹ Katedra Ekologii, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Bankowa 9, 40-007 Katowice, tel. 32 255 58 73, email: elzbieta.malkowski@gmail.com

² Zakład Botaniki Systematycznej, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Jagiellońska 28, 40-007 Katowice

pobierania materiału, różniących się pod względem poziomu zanieczyszczeń (ruch uliczny, zakłady przemysłowe). Tabela 1 prezentuje podział stanowisk na trzy kategorie: w pobliżu emitorów, takich jak huty lub duże zakłady przemysłowe (kategoria I), w bezpośrednim sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych (kategoria II) oraz na terenach miejskich o mniejszym wpływie zanieczyszczeń (kategoria III).

Tabela 1

Lokalizacja i oznaczenia stanowisk poboru prób w poszczególnych miastach

Table 1

Localization and designation of sampling sites in each city

Miasto	Symbol stanowiska	Symbol kategorii	Lokalizacja stanowiska
Katowice	K 1	II	Dąbrówka Mała, ul. Strzelców Bytomskich
	K 2	I	Wełnowiec, ul. Konduktorska
	K 3	II	Teren KWK Kleofas
	K 4	II	Ochojec, ul. Kolejowa
	K 5	I	Wilhelmina, ul. Krakowska
Chorzów	C 1	III	Maciejkowice, ul. Michałowska
	C 2	III	WPKiW al. Planetarium
	C 3	III	Osiedle Pod Arkadami, ul. Niedurnego
	C 4	I	Zakłady Azotowe, ul. Legnicka
	C 5	II	WPKiW, Pola Marsowe
Siemianowice Śląskie	S 1	III	Przełajka, ul. Zapłocie
	S 2	III	Park Pszczelnik
	S 3	II	Michałkowice, ul. Michałkowskiej
	S 4	II	Bańgów, ul. Zwycięstwa
	S 5	II	Centrum miasta, ul. S. Staszica

Jako stanowisko była traktowana kępa co najmniej 5 owocujących drzew. Z każdego ze stanowisk pobrano materiał w postaci liści, młodych pędów, kory i strąków wraz z nasionami *Robinia pseudoacacia*. Pobrany materiał, oprócz kory, którą oczyszczono szczotką przed pobraniem, został umyty kilkakrotnie w wodzie destylowanej i osuszony. Po homogenizacji materiał mineralizowano na sucho w piecu muflowym w temperaturze 460°C przez 24 godz. do uzyskania białego proszku, który następnie rozpuszczano w 10% HNO₃ i sączono. W tak otrzymanych roztworach oznaczono zawartość metali ciężkich (cynk, kadm, miedź, ołów i żelazo) metodą konwencjonalnej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS).

Wszystkie przedstawione wyniki są średnimi z co najmniej 3 powtórzeń \pm błąd standardowy (BS). W celu określenia istotnych statystycznie różnic między średnimi stosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) oraz test „najmniejszej istotnej różnicy” (NIR). Przeprowadzono również analizę skupień oraz PCA, analizy statystyczne wykonano, wykorzystując program STATISTICA 9.0.

Wyniki i ich omówienie

Miasta położone na terenie GOP przez wiele lat były narażone na negatywny wpływ zanieczyszczeń przemysłowych, w tym pyłów zawierających liczne metale ciężkie. Obecnie w miastach, takich jak Katowice czy Chorzów, ograniczono działalność

przemysłową, jednak istniejące na tych terenach niegdyś duże zakłady przerobu rud metali stanowią ciągle zagrożenie. Są to takie obiekty, jak huta Chorzów Batory czy nieistniejące huta Silesia w katowickiej dzielnicy Wełnowiec, sąsiadującej z Siemianowicami Śląskimi oraz huta metali nieżelaznych Szopienice w dzielnicy Wilhelmina/Szopienice. Kolejnym zagrożeniem jest emisja z domków jednorodzinnych i transportu drogowego. W związku z tymi zagrożeniami na terenach miejski konieczne jest opracowanie metod łatwego monitorowania tego typu zanieczyszczeń.

Wybrane przez autorów stanowiska podzielono na trzy klasy, przynależność do danej klasy zależała od usytuowania danego stanowiska i określana była w trakcie zbioru materiału do badań.

Tabela 2

Średnie zawartości pierwiastków [mg/kg] w badanych organach *Robinia pseudoacacia* w trzech kategoriach stanowisk. Średnie w poszczególnych wierszach, przy których znajdują się inne litery, różnią się istotnie statystycznie sposob (ANOVA i test NIR)

Table 2

Mean element content [mg/kg] in the examined organs of *Robinia pseudoacacia* in three categories of sampling sites. Means in each row, at which there are different letters are statistically significant (ANOVA and LSD test)

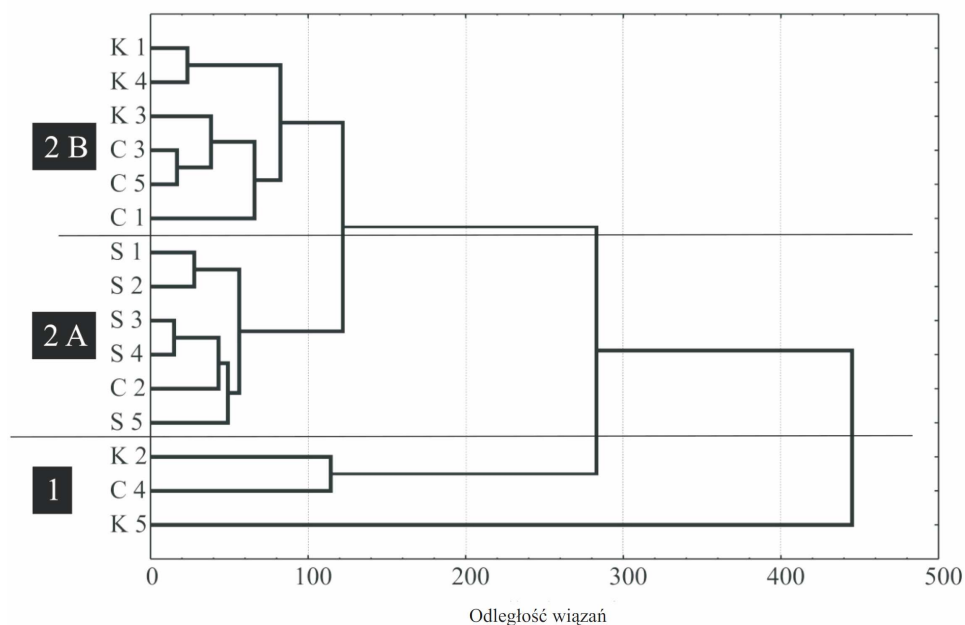
Pierwiastek	Organ	Kategorie		
		I	II	III
Cd	Kora	2,88 ± 0,65 a	1,26 ± 0,12 b	2,21 ± 0,33 a
	Liście	1,23 ± 0,19 a	0,70 ± 0,15 b	0,73 ± 0,13 ab
	Pędy	0,52 ± 0,09 a	0,66 ± 0,16 a	0,54 ± 0,07 a
	Łupiny nasienne	1,13 ± 0,29 a	0,43 ± 0,09 b	0,54 ± 0,14 b
	Nasiona	0,66 ± 0,19 a	0,52 ± 0,06 ab	0,33 ± 0,03 b
Fe	Kora	488,64 ± 57,76 b	467,88 ± 115,00 b	1232,16 ± 150,72 a
	Liście	86,86 ± 16,32 a	63,33 ± 8,80 a	56,79 ± 10,26 a
	Pędy	98,68 ± 15,83 a	108,91 ± 19,81 a	132,56 ± 31,81 a
	Łupiny nasienne	41,18 ± 13,68 a	43,08 ± 10,08 a	111,55 ± 53,99 a
	Nasiona	86,92 ± 4,53 a	76,37 ± 8,02 a	65,91 ± 7,92 a
Pb	Kora	79,79 ± 12,35 a	41,62 ± 8,09 b	240,44 ± 59,00 a
	Liście	18,88 ± 10,52 a	9,37 ± 5,37 a	13,63 ± 4,31 a
	Pędy	5,63 ± 2,39 a	10,76 ± 3,69 a	7,01 ± 2,64 a
	Łupiny nasienne	3,69 ± 1,76 a	5,06 ± 3,02 a	2,94 ± 0,73 a
	Nasiona	0,44 ± 0,44	1,31 ± 0,22	pId
Cu	Kora	26,32 ± 17,74 a	9,62 ± 0,86 a	9,21 ± 0,76 a
	Liście	5,73 ± 1,09 a	6,76 ± 1,05 a	6,96 ± 0,76 a
	Pędy	6,14 ± 1,23 a	7,17 ± 0,67 a	6,75 ± 0,42 a
	Łupiny nasienne	5,74 ± 1,09 a	7,99 ± 1,26 a	7,36 ± 0,32 a
	Nasiona	11,08 ± 0,71 a	12,30 ± 0,64 a	10,86 ± 0,49 a
Zn	Kora	321,23 ± 174,12 a	66,60 ± 17,15 b	183,39 ± 47,50 ab
	Liście	226,50 ± 71 a	31,62 ± 5,08 b	51,07 ± 5,20 b
	Pędy	100,51 ± 54,38 a	34,64 ± 4,55 b	43,13 ± 6,95 ab
	Łupiny nasienne	21,49 ± 0,51 a	19,07 ± 4,22 a	29,04 ± 6,66 a
	Nasiona	155,65 ± 38,55 a	80,64 ± 15,31 b	95,63 ± 12,52 ab

Wartości są średnimi z n = 3-7 ± SD, pId - poniżej limitu detekcji aparatury
Values are averages of n = 3-7 ± SD, pId - below detection limit

W pierwszej klasie znalazły się stanowiska zlokalizowane w sąsiedztwie istniejących lub nieczynnych zakładów przemysłowych. Odnotowane tam stężenia badanych

pierwiastków w poszczególnych organach są często najwyższe ze wszystkich trzech kategorii i w większości przypadków różnią się w istotny statystycznie sposób od przynajmniej jednej z pozostałych kategorii (tab. 2). Do kategorii drugiej zaliczono stanowiska usytuowane przy drogach o średnim i dużym natężeniu ruchu i tak zawartość miedzi w 3 z badanych organów jest najwyższa z odnotowanych, a w pozostałych wysoka. Źródłem jej podwyższonych zawartości może być ruch samochodowy [8], potwierdzają to również trzy najwyższe spośród badanych organów stężenia ołowiu, którego źródłem jest również ruch samochodowy, spalanie paliw kopalnych i zużywanie się opon.

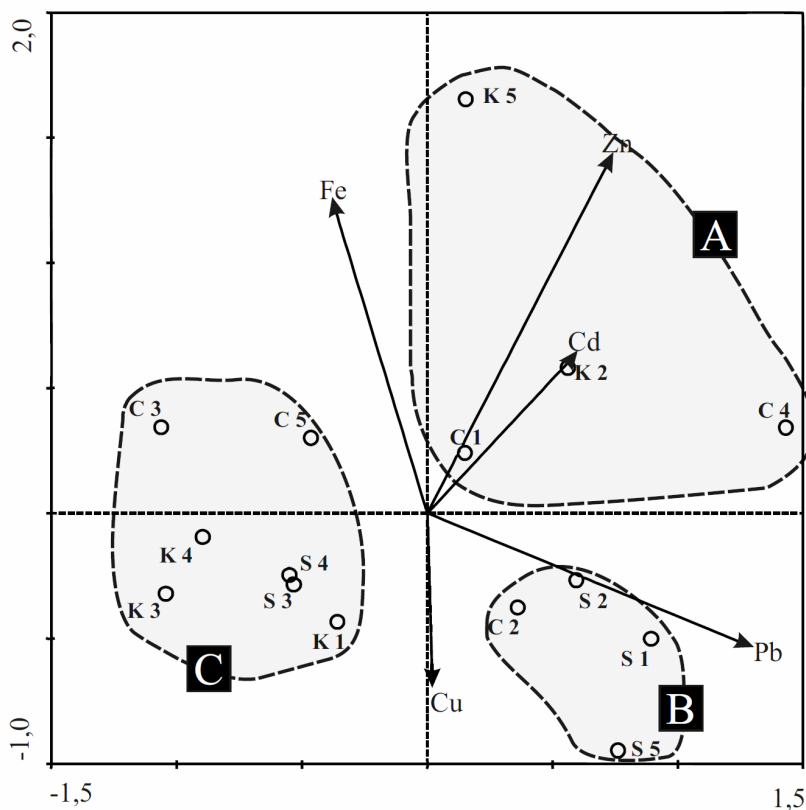
Dendrogram (rys. 1) przedstawia wyniki grupowania stanowisk pod względem zawartości badanych pierwiastków w liściach. Dendrogram wyróżnia 3 ugrupowania, pierwsze pokrywa się ze stanowiskami z kategorii I znajdującymi się w pobliżu hut metali nieżelaznych. W pozostałych dwóch grupach, między którymi jest mniejsza odległość, znalazły się stanowiska zaklasyfikowane do pozostałych dwóch grup. Przeprowadzono również analizę skupień dla wszystkich stanowisk pod względem zawartości badanych pierwiastków w poszczególnych organach. Wyróżnionym klasom stanowisk najbardziej odpowiadał dendrogram uzyskany dla liści. Może to sugerować, że liście są organem najlepiej nadającym się do bioindykacji [5, 6, 9-11].



Rys. 1. Dendrogram analizy skupień zawartości badanych pierwiastków w liściach na poszczególnych stanowiskach

Fig. 1. Cluster analysis dendrogram based on the content of elements in the leaves at different sampling sites

Wyniki ordynacji PCA (rys. 2) przeprowadzono dla koncentracji badanych pierwiastków w liściach na wszystkich badanych stanowiskach. Podobnie jak w przypadku analizy skupień, dla tego organu wyróżniono 3 grupy stanowisk (1, 2 A i B). Wykonana analiza pozwoliła dodatkowo wskazać pierwiastek, który decyduje o przynależności danego stanowiska do poszczególnych grup. Zawartości Zn i Cd wyróżniła 3 stanowiska zlokalizowane w pobliżu hut, a po przeciwnej stronie diagramu w 3 ćwiartce znalazły się stanowiska najmniej zanieczyszczone zaliczone do kategorii III.



Rys. 2. Diagram ordynacji PCA zawartości badanych pierwiastków (oznaczone wektorami) w liściach na poszczególnych stanowiskach (oznaczone punktami)

Fig. 2. PCA ordination diagram based on the contents of analyzed elements (marked by vectors) in leaves at different positions (marked by points)

Wnioski

1. *Robinia pseudoacacia* jest dobrym gatunkiem do bioindykacji, a organem najlepiej nadającym się do tego celu są liście, gdyż pozwalają monitorować zarówno zanieczyszczenie powietrza w danym sezonie wegetacyjnym, jak i zanieczyszczenie gleby.

2. Do celów bioindykacyjnych nie nadają się:
 - pędy, ponieważ trudno jest określić ich wiek, co więcej mało jest danych literaturowych dotyczących tego organu;
 - kora, jako organ wieloletni przez długi czas jest ekspozowana na różne zanieczyszczenia w tym metale ciężkie;
 - nasiona i strąki, ponieważ są one problematyczne w pozyskiwaniu, ponieważ nie wszystkie osobniki owocują, a dodatkowo nasiona są szczególnie chronione ze względu na ich funkcje.

Literatura

- [1] Świercz A. Rola biowskaźników w monitoringu zanieczyszczeń środowiska i rekultywacji terenów przemysłowych. P. A. E. K. 2004;235-241.
- [2] Grodziński W, Yorks TP. Species and ecosystem level bioindicators of airborne pollution: an analysis of two major studies. Water Air Soil Pollut. 1981;16:33-53.
- [3] Bermudez GMA, Rodriguez JH, Pignata ML. Environmental research comparison of the air pollution biomonitoring ability of three Tillandsia species and the lichen Ramalina celastri in Argentina. Environ Res. 2009;109:6-14. DOI: 10.1016/j.envres.2008.08.014.
- [4] Piervittori R. Biomonitoring with Lichenes in the lower susa valley, Piedmont (N. Italy). Act Horticulturae. 1998;457:319-328.
- [5] Akson A, Sahün U, Duman F. Robinia pseudo-acacia L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri. Turk J Bot. 2000;24:279-284.
- [6] Moreno E, Sagnotti L, Dinarč-Turell J, Winkler A, Cascella A. Biomonitoring of traffic air pollution in Rome using magnetic properties of tree leaves. Atmos Environ. 2003;37:2967-2977. DOI: 10.1016/S1352-2310(03)00244-9.
- [7] Pacheco AMG, Freitas MC, Barros LIC, Figueira R. Investigating tree bark as an air-pollution biomonitor by means of neutron activation analysis. J Radioanal Nucl Chem. 2001;249(2):327-331.
- [8] Kabata-Pendias A, Pendias M. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 1999.
- [9] Çelik A, Kartal AA, Akdoğan A, Kaska Y. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinia pseudo-acacia L. Environ Int. 2005;31:105-112. DOI: 10.1016/j.envint.2004.07.004.
- [10] Gülriz B, Tolunay D, Özden H, Günebakan S. Ecophysiological and seasonal variation in Cd, Pb, Zn and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. Environ Pollut. 2006;143:545-554. DOI: 10.1016/j.envpol.2005.10.050.
- [11] Samecka-Cymerman A, Stankiewicz A, Kolon K, Kempers AJ. Self-organizing feature map (neural networks) as a tool to select the best indicator of road traffic pollution (soil, leaves or bark of Robinia pseudoacacia L.). Environ Pollut. 2009;157(7):2061-2065. DOI: 10.1016/j.envpol.2009.02.021.

SUITABILITY OF SELECTED *Robinia pseudoacacia* ORGANS FOR BIOINDICATION PURPOSES

Department of Ecology, University of Silesia in Katowice

Abstract: The aim of this study was to determine the suitability of chosen organs of *Robinia pseudoacacia* as bioindicators. Content of selected elements in leaves, shoots, seeds, pods and bark of *R. pseudoacacia* from the area of three cities of Silesia province: Katowice, Chorzow and Siemianowice Śląskie was estimated. In each of the cities five sampling points were selected. Localizations were grouped in three categories differing in terms of the level of pollution (traffic, industrial plants). Statistically significant differences between pollution level of segregated groups in investigated localizations were found. On the basis of PCA and cluster analysis for individual organs sampling points were divided into groups depending on concentration of investigated elements in tissues of *R. pseudoacacia*. Conducted studies suggest that the organ best suitable for bioindication are leaves of *R. pseudoacacia*.

Keywords: *Robinia pseudoacacia*, bioindication, heavy metals