

ASPECTS REGARDING THE CHARACTERISTICS OF URBAN TREES AS PASSIVE BIOINDICATORS

Cătălina-Adelina MARINESCU*

West University of Timisoara, Faculty of Chemistry, Biology, Geography, Department of Biology, Environmental Biology and Biomonitoring Research Center

*Corresponding author e-mail: catalinamarinescu002@gmail.com

Received 1 July 2025; accepted 28 December 2025

ABSTRACT

Urban air pollution is a major environmental problem intensified by traffic, industrial activities, and rapid urbanization. Conventional monitoring methods are often costly and provide limited information on biological impacts. Biomonitoring using urban trees offers a sustainable and effective alternative, as trees reflect environmental stress through physiological and biochemical responses. This study focuses on leaf pigments, chlorophyll and anthocyanins, as non-invasive indicators of air quality. Decreased chlorophyll content signals impaired photosynthetic activity, while increased anthocyanins indicate antioxidant defense under stress. Their combined assessment provides an integrated measure of pollution impact on vegetation. The results support the use of urban trees not only for aesthetic purposes but also as functional tools in air quality monitoring and sustainable urban management.

KEYWORDS: *chlorophyll, anthocyanins, urban environment, bioindicator trees, non-invasive methods*

1. **Biomonitorizarea arborilor din zona urbană**
2. **Exemple de pigmenți folosiți în biomonitorizare**

Condițiile urbane, rezultate din interferența umană semnificativă asupra peisajului, duc la formarea de soluri antropice, ale căror proprietăți împiedică creșterea și dezvoltarea corespunzătoare a vegetației. Mai mult, factori precum acoperirea cu coroane de copaci, starea plantelor și rugozitatea terenului vor influența semnificativ nivelul de reducere a poluării urbane - fie pozitiv, fie negativ, în funcție de factor. Acumularea de contaminanți de către plante este documentată pe scară largă. Spațiile verzi urbane sunt vitale pentru protejarea biodiversității și îmbunătățirea calității vieții urbane (Langemeyer & Gómez-Baggethun, 2018; Kais și colab., 2025; Alexan și colab., 2025).

Directiva Consiliului European 85/337/CEE, 2014/52/UE și Directiva Europeană 2001/42/CE au introdus Evaluarea Strategică de Mediu (SEA) și Evaluarea Impactului asupra Mediului (EIA) pentru evaluarea impactului potențial asupra mediului al proiectelor, planurilor și programelor (Parlamentul European, Consiliul Uniunii Europene, 2001) asupra sănătății umane. Un

aspect important introdus de directivele europene este monitorizarea calității mediului și a peisajului și a efectelor sau impacturilor potențiale ale strategiilor și acțiunilor umane asupra bunăstării umane, ex-ante și ex-post realizării proiectelor, planurilor, programelor (Semeraro și colab., 2020).

Grădinile, parcurile și pădurile urbane sunt cele mai importante ecosisteme urbane și reprezintă soluții bazate pe natură la provocările urbane, de la adaptarea la schimbările climatice globale, până la învățarea despre mediu în contextul deconectării crescute de la natură și promovarea incluziunii sociale în orașe. Înțelegerea rolului ecosistemelor urbane și a biodiversității și a serviciilor pe care le oferă este, de asemenea, crucială pentru crearea unor rețele mai ample de infrastructură verde dincolo de limitele orașelor și pentru protejarea biodiversității la nivel mondial (Langemeyer & Gómez-Baggethun, 2018).

1. Biomonitorizarea arborilor din zona urbană

În contextul urbanizării accelerate și al intensificării activităților antropice, monitorizarea calității mediului este indispensabilă. Biomonitorizarea, bazată pe utilizarea organismelor vii, reprezintă o metodă eficientă și economică pentru evaluarea poluării atmosferice, iar arborii urbani sunt considerați bioindicators de mare valoare datorită longevității, disponibilității și capacității de acumulare a poluanților (Ianovici și colab., 2020; Narayanti și colab., 2024; Ciobanu, și colab., 2024).

Creșterea traficului, a activităților industriale și a sistemelor de încălzire determină deteriorarea calității aerului, cu efecte directe asupra sănătății umane și a ecosistemelor. Arborii reacționează la aceste presiuni prin modificări morfologice, fiziologice și biochimice, funcționând ca receptori ecologici sensibili la variațiile concentrațiilor de poluanți (Ianovici și colab., 2009; Ianovici & Catrina, 2023; Narayanti și colab., 2024).

Eficiența arborilor ca bioindicators este strâns legată de caracteristicile frunzelor. Trăsături precum dimensiunea redusă, forma complexă, densitatea stomatală, cuticula cerată sau suprafața pubescentă favorizează retenția particulelor în suspensie (PM1, PM2.5, PM10), considerate cele mai periculoase pentru sănătatea umană (Ianovici și colab., 2012; Alexan & Ianovici, 2024; Rodríguez-Santamaría și colab., 2022). Capacitatea de captare este influențată și de factori meteorologici, precum umiditatea, vântul și temperatura, iar speciile cu frunze persistente sunt avantajoase pentru monitorizarea continuă (Rodríguez-Santamaría și colab., 2022).

Pe lângă aspectele morfologice, nivelul de stres ecologic este reflectat prin indicatori biochimici, cum ar fi conținutul de clorofilă, prolină, acid ascorbic și activitatea enzimelor antioxidante. Creșterea prolinei și a acidului ascorbic

indică mecanisme de apărare, în timp ce scăderea clorofilei semnaleză inhibarea fotosintezei (Dadkhah-Aghdash și colab., 2022). Acești parametri sunt integrați în indicele APTI (Air Pollution Tolerance Index), utilizat pentru evaluarea toleranței sau sensibilității speciilor la poluare (Dadkhah-Aghdash și colab., 2022).

Biomonitorizarea se realizează prin metode invazive și neinvazive. Metodele invazive presupun recoltarea de material vegetal și permit analize precise ale conținutului de poluanți și ale parametrilor biochimici, dar implică costuri ridicate și pot afecta integritatea arborilor (Ianovici, 2015; Dadkhah-Aghdash și colab., 2022; Rai & Panda, 2014; Alexan & Ianovici, 2024;). Metodele neinvazive, precum imagistica multispectrală, spectroscopia reflectanței și scanarea laser terestră, permit monitorizarea repetată, rapidă și fără impact asupra stării fiziologice a arborilor, fiind adecvate pentru evaluări pe scară largă (Rodríguez-Santamaría și colab., 2022).

Selecția speciilor pentru biomonitorizare trebuie să se bazeze pe criterii funcționale, nu doar estetice. Sunt recomandate speciile cu frunze mici, dense, cerate sau pubescente, cu valori ridicate ale indicelui APTI și cu toleranță bună la stres abiotic, precum seceta sau temperaturile extreme (Rodríguez-Santamaría și colab., 2022; Dadkhah-Aghdash și colab., 2022).

Integrarea arborilor cu rol bioindicativ în strategiile de dezvoltare urbană durabilă contribuie la monitorizarea continuă a calității aerului, la reducerea poluării și la protejarea sănătății populației. Astfel, arborii urbani nu sunt doar elemente decorative, ci veritabili senzori biologici, esențiali pentru managementul ecologic al orașelor (Sfrangeu și colab., 2021; Rodríguez-Santamaría și colab., 2022; Alexan & Ianovici, 2024; Narayanti și colab., 2024).

În contextul urbanizării accelerate și al creșterii emisiilor de poluanți atmosferici, biomonitorizarea reprezintă o metodă ecologică, eficientă și sustenabilă pentru evaluarea calității mediului. Aceasta utilizează plantele ca indicatori biologici, prin analiza răspunsurilor lor morfologice, fiziologice și biochimice la factorii de stres. Datorită disponibilității, sensibilității la poluare și capacității de integrare a semnalelor de mediu în timp, arborii urbani sunt considerați bioindicatori ideali ai calității aerului, solului și apei (Barakat, 2019).

Comparativ cu sistemele convenționale de monitorizare, costisitoare și dependente de infrastructură tehnică, biomonitorizarea vegetală oferă informații integrate asupra poluării de fond și a episoadelor de poluare. Arborii, prin longevitate și expunere continuă, acumulează poluanți și manifestă stres ecologic prin modificări de pigmentație, acumularea metalelor grele și afectarea proceselor fiziologice precum fotosinteza și respirația (Rapisarda și colab., 2012; Simon și colab., 2021).

2. Exemple de pigmenți folosiți în biomonitorizare

În monitorizarea calității aerului urban, metodele neinvazive, fiabile și sustenabile devin tot mai importante. Pigmenții vegetali, în special clorofila și antocianinele, reprezintă indicatori eficienți ai răspunsului fiziologic al plantelor la stresul indus de poluanții atmosferici. Prin rolul lor fotosintetic și antioxidant, acești pigmenți reflectă starea de sănătate a plantelor și, indirect, nivelul de contaminare al mediului (Ianovici și colab., 2015; Boboescu & Ianovici, 2018; Giordano și colab., 2021).

Variațiile concentrațiilor de clorofilă și antocianine din frunze sunt corelate cu intensitatea poluării și pot fi determinate prin tehnici neinvazive, precum spectroscopia sau imagistica multispectrală. Analiza simultană a celor doi pigmenți oferă o evaluare integrată a stresului, iar raportul antocianine/clorofilă poate fi utilizat ca indicator sintetic al impactului poluanților atmosferici asupra vegetației urbane (Giordano și colab., 2021).

2.1.1. Clorofila

Clorofila este principalul pigment fotosintetic implicat în captarea energiei solare și în funcționarea fotosistemelor, clorofila a și b fiind dominante la plantele superioare (Ghosh & Chatterjee, 2023).

În mediul urban, poluanți precum SO₂, NO₂, O₃ și metalele grele afectează biosinteza clorofilei și integritatea cloroplastelor, determinând scăderea concentrației totale a acestui pigment (Mate & Deshmukh, 2016). Reducerea clorofilei este asociată cu diminuarea fotosintezei, apariția clorozei și scăderea vigoriei plantelor, fiind un indicator direct al stresului.

Valorile scăzute ale clorofilei reflectă expunerea cronică la poluare, iar variațiile sezoniere ale acestui pigment pot evidenția fluctuațiile periodice ale nivelului de contaminare atmosferică (Giordano și colab., 2021; Ristorini și colab., 2020). Astfel, clorofila funcționează atât ca marker al sănătății vegetale, cât și ca indicator ecologic dinamic al calității aerului.

2.2. Antocianinele

Antocianinele sunt pigmenți fenolici din clasa flavonoidelor, responsabili de colorația roșu-violet-albastră și caracterizați printr-o puternică activitate antioxidantă (Ghosh & Chatterjee, 2023).

În condiții normale, concentrațiile lor în frunze sunt reduse, însă în prezența stresului indus de poluare, sinteza antocianinelor crește semnificativ. Ele contribuie la neutralizarea speciilor reactive de oxigen și la protejarea membranelor celulare împotriva degradării (Alexan & Ianovici, 2018; Scognamiglio și colab., 2020).

În mediul urban, frunzele arborilor expuși la trafic intens și activități industriale prezintă niveluri ridicate de antocianine, indicând activarea

mecanismelor de apărare biochimică. Spre deosebire de clorofilă, care scade sub acțiunea poluanților, antocianinele cresc, ceea ce face ca analiza combinată a celor doi pigmenți să ofere o imagine clară și complementară a stării de stres a plantelor (Ghosh & Chatterjee, 2023).

Prin urmare, integrarea analizei clorofilei și antocianinelor în biomonitorizarea urbană este avantajoasă deoarece metoda este nedistructivă, rapidă și cost-eficientă. Aceasta permite obținerea de date în timp real și poate fi aplicată la scară largă, inclusiv prin utilizarea senzorilor optici portabili sau a dronelor. Prin rolurile lor complementare, cei doi pigmenți sunt instrumente valoroase pentru evaluarea impactului poluării atmosferice asupra vegetației urbane (Ghosh & Chatterjee, 2023; Giordano și colab., 2021).

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Alexan D.I., Ianovici N. 2018. Defensive mechanisms of plants based on secondary metabolites. *BIOSTUDENT*, 1 (2): 51-58
- Alexan DI, Ianovici N, Datcu AD. 2025. Monitoring urban habitat quality by determining chlorophyll and anthocyanin concentrations in *Prunus cerasifera* var. *pissardii* and *Catalpa bignonioides*, in urban and urban green areas of Timisoara. *Research Journal of Agricultural Science*, 57 (2). <http://doi.org/10.59463/RJAS.2025.2.01>
- Alexan DI, Ianovici N. 2024. Parameters resulting from non-invasive and invasive biomonitoring research on plants. *Research Journal of Agricultural Science*, 56 (2), 2024; 3-12
- Barakat M. 2019. Comparative analysis of tree species used for heavy metal biomonitoring in urban areas. *Environmental Monitoring and Assessment*. 191(5): 302.
- Boboescu NT, Ianovici N. 2018. Several aspects regarding plant senescence. *BIOSTUDENT*, 1 (2):107-113
- Ciobanu D-G, Pîrvulescu A-M, Ianovici N. 2024. Aspects regarding the importance of heavy metals biomonitoring, *BIOSTUDENT*, 7 (1): 13- 24
- Dadkhah-Aghdash H., Rasouli M., Rasouli K., Salimi A. 2022. Detection of urban trees sensitivity to air pollution using physiological and biochemical leaf traits in Tehran, Iran. *Scientific Reports*. 12: 15398.
- Ghosh S., Chatterjee S. 2023. Role of plant pigments on human health and environment, pp. 113–123. In: *Research Trends in Multidisciplinary Research*. Rai M.K., Deshmukh S.K. (eds.), Springer, Jodhpur, India.
- Giordano S., Spagnuolo V., Capozzi F. 2021. Biomonitoring of air pollution. *Atmosphere*. 12(4): 433.
- Ianovici N, Batalu A., Hriscu D., Datcu AD. 2020. Phytomonitoring study on intra urban variations of leaves of some evergreen and deciduous trees. *Ecological Indicators*. DOI:10.1016/j.ecolind.2020.106313
- Ianovici N, Vereș M., Catrina R.G., Pîrvulescu A.M., Tănase R.M., Datcu D.A 2015. Methods of biomonitoring in urban environment: leaf area and fractal dimension. *Annals of West University of Timișoara, ser. Biology*, 18 (2):169-178
- Ianovici N. 2015. Introducere în biomonitorizare. *Caiet pentru practica de teren*. Ed. Mirton, Timisoara, 93 p
- Ianovici N., Catrina R.C. 2023. Contributions to biomonitoring through plants, *BIOSTUDENT*, 2023, 6 (1), pp. 5- 30
- Ianovici N., Ciocan G.V., Matica A., Scurtu M., Șesan T.E. 2012. Study on the infestation by *Cameraria ohridella* on *Aesculus hippocastanum* foliage from Timișoara, Romania, *Annals of West University of Timișoara, ser. Biology*, XV (1): 67-80

MARINESCU: Aspects regarding the characteristics of urban trees as passive bioindicators

- Ianovici N., Novac I.D., Vlădoiu D., Bijan A., Ionașcu A., Sălășan B., Rămuș I. 2009. Biomonitoring of urban habitat quality by anatomical leaf parameters in Timișoara, *Annals of West University of Timișoara*, ser. Biology, 12:73-86
- Kais, K., Suchocka, M., Balcerzak, O., & Przybysz, A. 2025. Street Trees as Sustainable Urban Air Purifiers: A Methodological Approach to Assessing Particulate Matter Phytofiltration. *Sustainability*, 17(16), 7451. <https://doi.org/10.3390/su17167451>
- Langemeyer J., Gómez-Baggethun E. 2018. Urban biodiversity and ecosystem services. In Ossola, A. & Niemelä, J. (ed.) *Urban Biodiversity - From Research to Practice*. Routledge, Oxon and New York, pp 36-53
- Mate S.A., Deshmukh A.P. 2016. Analysis of effects of air pollution on chlorophyll, water, carotenoid and anthocyanin content of tree leaves using spectral indices. *International Journal of Advanced Research in Science and Engineering*. 5(1): 219–224.
- Narayanti P.S., Astija, Kundera I.N. 2024. Bioindicatori de plante în evaluarea calității aerului: A short review. *International Journal of Environment and Pollution Research*. 12(2): 1–11.
- Palowski B., Walczak A., Kozanecka T. 2016. Bioaccumulation of heavy metals in selected organs of black locust (*Robinia pseudoacacia*) and their potential use as air contamination bioindicators. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(10): 9769–9780.
- Rai A., Panda L.S. 2014. Air pollution tolerance index of selected plants. *Asian Journal of Environmental Science*.
- Rapisarda F., Arena E., Restuccia A. 2012. Pollen viability of selected Fabaceae species as bioindicators of air pollution. *Aerobiologia*. 28(2): 187–194.
- Ristorini A., și colab. 2020. Biomonitoring using *Arundo donax*: photosynthetic pigment variations under heavy metal stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 188: 109880.
- Rodríguez-Santamaría K., Zafra-Mejía C.A., Rondón-Quintana H.A. 2022. Macro-morphological traits of leaves for urban tree selection for air pollution biomonitoring: A review. *Biosensors*. 12: 812.
- Samecka-Cymerman A., Kolon K., Kempers A.J. 2009. Self-organizing feature map (SOFM) for the selection of tree bark or leaves as bioindicators of traffic pollution. *Environmental Science and Pollution Research*. 16(1): 48–56.
- Scognamiglio M., și colab. 2020. Role of anthocyanins in environmental stress tolerance. *Environmental and Experimental Botany*. 175: 104063.
- Semeraro T, Luvisi A, De Bellis L, Aretano R, Sacchelli S, Chirici G, Marchetti M, Coccozza C. 2020. Dendrochemistry: Ecosystem Services Perspectives for Urban Biomonitoring. *Front. Environ. Sci.* 8:558893. doi: 10.3389/fenvs.2020.558893
- Sfrangeu D-F, Pujicic A., Ianovici N. 2021. Implications of phytochrome and phytohormones in plants growth and development. *BIOSTUDENT*, 4 (1), pp. 65-90
- Simon E, Molnár VÉ, Lajtos D, Bibi D, Tóthmérész B, Szabó S. 2021. Usefulness of Tree Species as Urban Health Indicators. *Plants (Basel)*. 10(12):2797. doi: 10.3390/plants10122797.
- Tzvetkova N., Petkova S. 2015. Bioaccumulation of heavy metals by the leaves of *Robinia pseudoacacia* as a bioindicator tree in industrial zones. *Fresenius Environmental Bulletin*. 24(11): 3703–3708.
- Yaşar U., Başar H., Dönmez İ.E. 2010. Judas tree (*Cercis siliquastrum* L.) as a possible biomonitor for Cr, Fe and Ni in Istanbul. *Environmental Monitoring and Assessment*. 165(1–4): 587–595.