

# Zanieczyszczenia biologiczne i pyłowe w powietrzu atmosferycznym zagrażające zdrowiu człowieka

## Biological and particulate pollutants threatening human health in the atmospheric air

prof. dr hab. Elżbieta Weryszko-Chmielewska<sup>1</sup>, dr hab. Krystyna Piotrowska-Weryszko<sup>2</sup>, dr Aneta Sulborska<sup>1</sup>,  
prof. dr hab. Maria Tietze<sup>3</sup>, dr n. med. Anna Matysik-Woźniak<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Pracownia Aerobiologii, Katedra Botaniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>2</sup> Zakład Ekologii Ogólnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>3</sup> Katedra Etologii i Podstaw Technologii Produkcji Zwierzęcej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>4</sup> Klinika Okulistyki Ogólnej Katedry Okulistyki, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

**Streszczenie:** W okresie od końca kwietnia do połowy lipca 2009 r. przeprowadzono badania bioaerozolu oraz pyłów zawieszonych w powietrzu atmosferycznym Lublina. Próby osadu elementów stałych zanieczyszczeń powietrza pobierano przy użyciu aparatów Durhama w 3 dzielnicach miasta. Analizy mikroskopowe przeprowadzono za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Z badań wynika, że we wszystkich 3 dzielnicach miasta największy udział w zanieczyszczeniach powietrza mają cząstki pyłu glebowego, które najczęściej występowały w formie zdyspergowanej, rzadziej tworzyły agregaty. Obserwowane ziarna pyłku były zniekształcone lub uszkodzone i zawierały na powierzchni zanieczyszczenia różnego typu. Zarodniki grzybów tworzyły agregaty z cząstkami zanieczyszczeń glebowych i przemysłowych. Rozważa się występowanie interakcji między cząstkami biologicznymi a glebowymi i przemysłowymi.

**Abstract:** The article presents results of examinations of bioaerosol and particulate matter in the atmospheric air in Lublin conducted between late April and mid-July 2009. Samples of solid elements of air pollution were collected with the Durham apparatus in 3 districts of the city. Microscopic analyses were performed using a scanning electron microscope (SEM). The results indicate that soil dust particles, which most frequently occurred in a dispersed form and less frequently formed aggregates, accounted for the greatest proportion of air pollution in all of the city districts analysed. The pollen grains observed were distorted or damaged and had various types of contaminants on their surface. Fungal spores formed aggregates with soil and industrial pollution particles. An interaction between biological, industrial, and soil particles is under consideration.

**Słowa kluczowe:** zanieczyszczenia powietrza, aeroalergeny, ziarna pyłku, zarodniki grzybów, SEM

**Key words:** air pollutants, aeroallergens, pollen grains, fungal spores, SEM

**W** ostatnich latach alergia stała się jednym z głównych problemów zdrowia publicznego [1]. Według Jägera i Bergera [2] w Wiedniu wzrasta liczba osób uczulonych na pyłek brzozy, mimo że występuje tam nieznaczny trend spadkowy w ilości pyłku notowanego w poszczególnych sezonach. Autorzy sugerują, że wzrost uczuleń na pyłek

brzozy może być rezultatem zwiększonej zdolności alergicznej pyłku lub zmian w reaktywności ludzi.

Większa liczba zachorowań na alergię pyłkową wynika także z wpływu różnych czynników środowiskowych, które uszkadzają lub podrażniają drogi oddechowe. Stwierdzono, że w ośrodkach wielkomiejskich i przemysłowych zachorowalność na alergię pyłkową

jest znacznie wyższa niż na wsi, mimo że zwykle ilość pyłku jest tam mniejsza [3, 4]. Udowodniono, iż zanieczyszczenia powietrza są przyczyną zmian w budowie ziaren pyłku.

Zanieczyszczenia powietrza to substancje stałe, płynne i gazowe występujące w dolnej części atmosfery, zagrażające zdrowiu człowieka, szkodliwe dla roślin, zwierząt oraz wpływające niekorzystnie na klimat, a także na możliwości wykorzystania określonych elementów środowiska [5].

Pyły zawieszone w powietrzu składają się z dyspersyjnych cząstek oraz kondensacyjnych agregatów o średnicy mniejszej niż 10  $\mu\text{m}$ , mających charakter aerozoli. Cząstki te mogą być zawieszone w powietrzu lub wypłukane przez deszcz [6]. Wśród cząstek aerozolu wyróżnia się pył eoliczny (mineralny) i przemysłowy, a także zanieczyszczenia biologiczne, do których należą m.in. ziarna pyłku i zarodniki grzybów.

Pyły mają duży udział w zanieczyszczeniu powietrza. Pochodzą one głównie z procesów produkcyjnych oraz spalania paliw [7]. Stopień szkodliwości pyłów zależy od ich składu chemicznego oraz rozmiaru. Największe niebezpieczeństwo dla zdrowia człowieka wykazują cząstki należące do najdrobniejszej frakcji. Ze względu na rozmiary cząstek stosuje się następujący podział:

- całkowity pył zawieszony (TSP, *total suspended particulates*) – całkowita zawartość pyłu w powietrzu
- pył drobny PM10 (*particulate matter*) – frakcja pyłu zawieszzonego zawierającego cząstki o średnicy < 10  $\mu\text{m}$
- pył bardzo drobny PM2,5 – frakcja pyłu zawieszzonego zawierającego cząstki o średnicy < 2,5  $\mu\text{m}$ .

Dynamika występujących w powietrzu atmosferycznym zanieczyszczeń biologicznych, gazowych i pyłowych warunkuje tworzący się tu ekologiczny mikrosystem [8]. Często do powierzchni egzyny ziaren pyłku przyklejają się cząstki mineralne zanieczyszczeń, co powoduje zwiększoną aktywność alergiczną pyłku [9, 10]. Na ziarnach pyłku roślin wiatropylnych wykrywa się dodatkowo florę bakteryjną, a także grzyby z rodzaju *Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Oidiodendron* i drożdżaki [11].

## Cel

Celem pracy było przedstawienie różnych typów zanieczyszczeń zawartych w pyłku zawieszonym w powietrzu atmosferycznym Lublina oraz wykaza-

nie ewentualnych możliwości tworzenia agregatów między cząstkami aerozolu biologicznego a cząstkami pyłu pochodzenia glebowego i antropogenicznego.

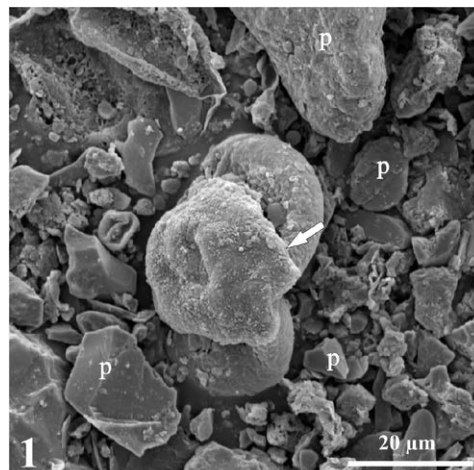
## Materiał i metoda

Badania przeprowadzono za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Cząstki pyłu zawieszonego w powietrzu kolekcjonowano przy użyciu aparatów Durhama w 3 dzielnicach Lublina (Śródmieście – na wys. 21 m, Kalinowszczyzna – na wys. 20 m i Ogród Botaniczny UMCS w Lublinie – na wys. 2 m). Opad aerobiologiczny oraz cząstki pyłów zbierano od 23 kwietnia do 16 lipca 2009 r. przy zastosowaniu taśmy dwustronnie klejącej. Preparaty utworzone z fragmentów taśmy z próbkami biologicznego aerozolu i pyłów napyłano złotem przy użyciu Sputter Coater i oglądano w skaningowym mikroskopie elektronowym typu TESCAN/VEGA LMU.

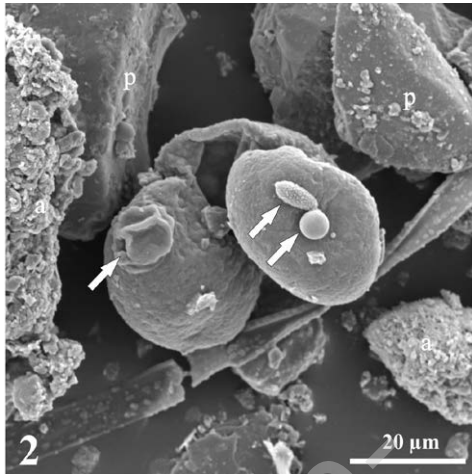
## Wyniki i ich omówienie

W preparatach pochodzących z różnych dzielnic Lublina, obok ziaren pyłku (ryc. 1–5) i zarodników grzybów (ryc. 6–8), zaobserwowano cząstki pyłów o zróżnicowanych kształtach i różnej wielkości. W uzyskanych obrazach największy udział miały cząstki pyłu glebowego występujące w formie zdyspergowanej. Odłamki mineralne miały najczęściej kształt bryłowy o zaokrąglonych lub ostrych konturach, a także płytkowaty (ryc. 1–3, 5, 9, 12). Niejednokrotnie tworzyły agregaty z cząstkami pochodzącymi z emisji przemysłowych (ryc. 4, 11).

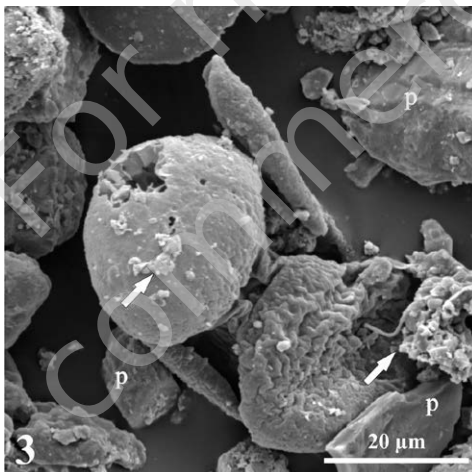
**Rycina 1.** Ziarno pyłku sosny pokryte zanieczyszczeniami tworzącymi nieregularną warstwę (strzałka), otoczone cząstkami pyłu glebowego (p) tworzącymi mozaikę form morfologicznych różnej wielkości.



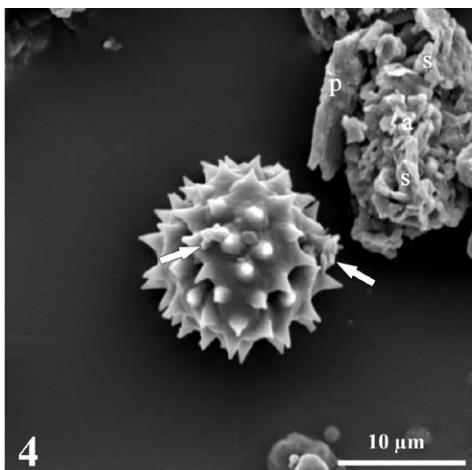
**Rycina 2.** Zdeformowane ziarno pyłku sosny z zarodnikami grzybów na powierzchni (strzałki), duże cząstki pyłu glebowego (p) oraz agregaty kondensacyjne aerozolu (a).



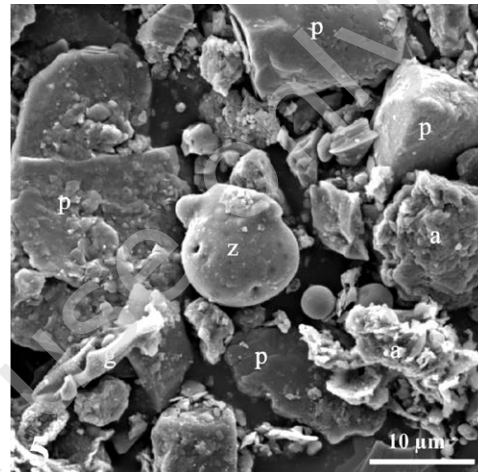
**Rycina 3.** Uszkodzone ziarno pyłku sosny z agregatami kondensacyjnymi aerozolu na powierzchni (strzałki). Widoczne są płytkowate cząstki pyłu glebowego o nieregularnych kształtach (p).



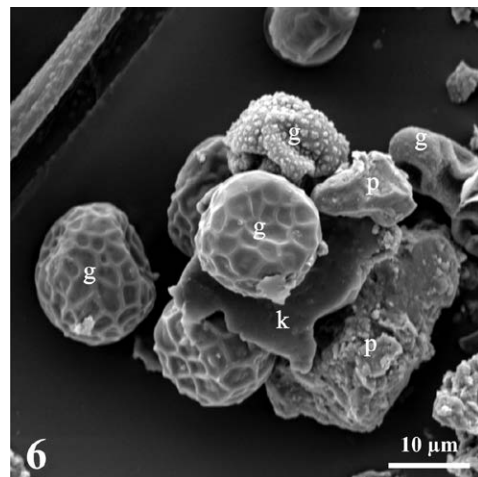
**Rycina 4.** Kolczaste ziarno pyłku rośliny z rodziny astrowatych z zanieczyszczeniami na powierzchni (strzałki) oraz agregat kondensacyjny aerozolu (a) utworzony z cząstek pochodzących z emisji przemysłowej (s) i cząstek glebowych (p).



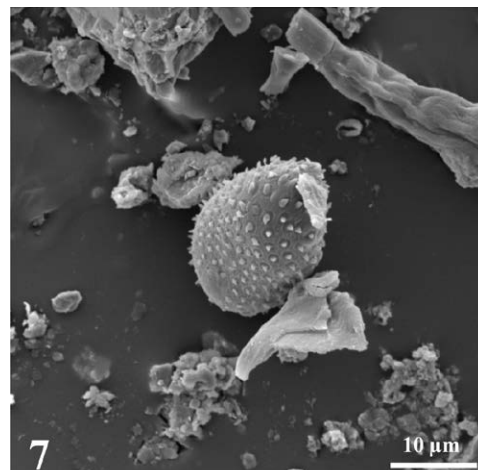
**Rycina 5.** Heterogeniczne składniki pyłu zawieszono w powietrzu: zarodniki grzybów (g), ziarno pyłku pokryte warstwą zanieczyszczeń (z), cząstki pyłu glebowego (p), agregaty kondensacyjne aerozolu pochodzenia antropogenicznego (a).



**Rycina 6.** Agregat aerozolu, w którym występują zarodniki grzybów (g), cząstki pyłu glebowego (p) i zanieczyszczenia kondensacyjne o gładkiej powierzchni (k).

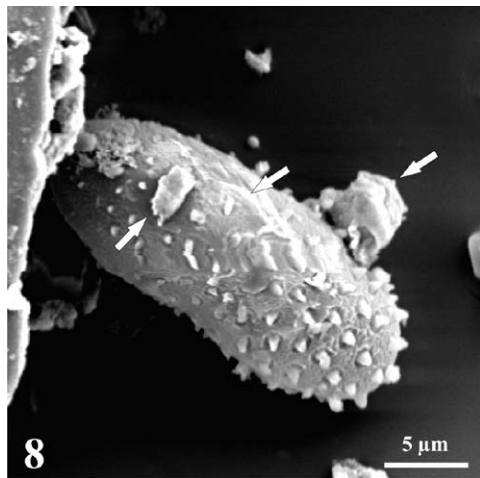


**Rycina 7.** Zarodnik grzyba z rodzaju Cladosporium połączony z innymi cząstkami aerozolu.

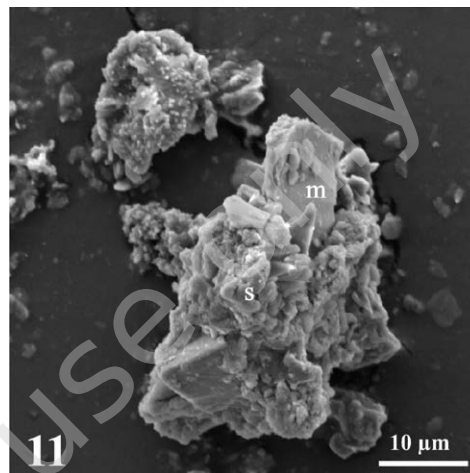




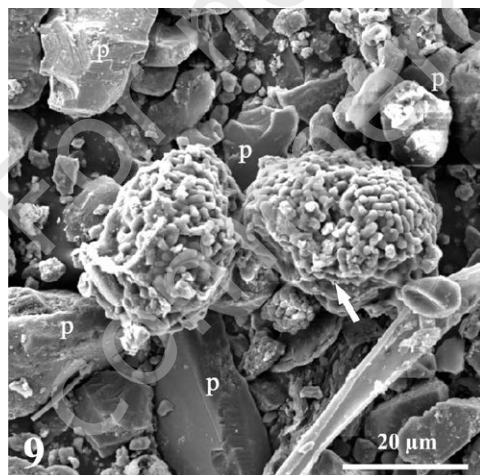
**Rycina 8.** Zarodnik *Cladosporium* z osadami zanieczyszczeń na powierzchni (strzałki).



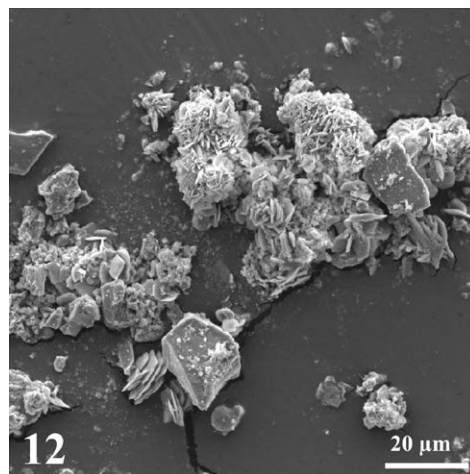
**Rycina 11.** Heterogeniczne agregaty pyłu zawieszonego, utworzone z cząstek mineralnych (m) oraz z substancji uwalnianych w czasie emisji przemysłowych (s).



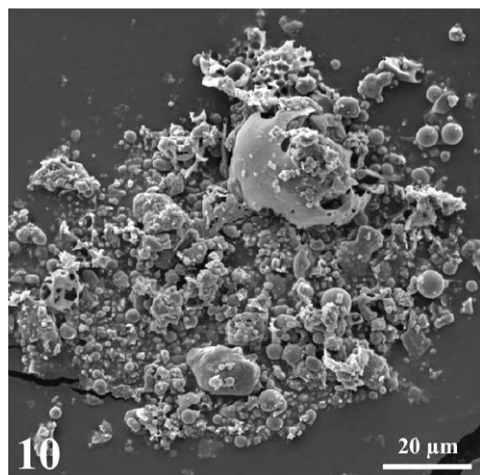
**Rycina 9.** Struktury przypominające skupiska bakterii na powierzchni organicznych elementów aerozolu (strzałka). Obok widoczne liczne cząstki mineralne pyłu glebowego (p) o różnych wielkościach i kształtach.



**Rycina 12.** Cząstki mineralne pyłu zawartego w powietrzu, wśród których widoczne są odłamki płytkowate, bryłowate oraz igielkowate.



**Rycina 10.** Osad cząstek pyłu zawieszonego, wśród których dominują sferoidalne ziarna różnej wielkości, stanowiące kondensaty substancji pochodzących z emisji przemysłowej.



Na powierzchni ziaren pyłku zaobserwowano osady zanieczyszczeń przemysłowych (ryc. 1, 3–5) oraz zarodniki grzybów (ryc. 2). Również na ścianie komórkowej zarodników grzybów były widoczne różne typy zanieczyszczeń (ryc. 7, 8). Zarodniki grzybów, zapewne ze względu na niewielkie rozmiary, tworzyły agregaty z cząstkami glebowymi i zanieczyszczeniami przemysłowymi (ryc. 6). Zaobserwowano także kolonie pałeczkowatych bakterii występujące prawdopodobnie na materii pochodzenia organicznego (ryc. 9). W wielu miejscach preparatów obecne były cząstki zanieczyszczeń przemysłowych, tworzące sferoidalne ziarna różnej wielkości łączące się w agregaty. Cząstki te stanowiły prawdopodobnie kondensaty substancji uwalnianych z emisji przemysłowych (ryc. 10). Cząstki mineralne pyłu glebowego miały różne postacie morfologiczne, co ilustruje rycina 12.

Śpośród różnych cząstek pyłu zawieszzonego w powietrzu aerozole biologiczne wywierają najsilniejszy wpływ na zdrowie człowieka, wywołują bowiem alergie, infekcje oraz efekty podrażnienia [8]. To niekorzystne działanie może być spotęgowane w interakcji z innymi zanieczyszczeniami. W różnych badaniach wykazano, że kontaminanty gazowe i pyłowe mogą uszkadzać składniki bioaerozolu [12, 13].

Z literatury wiadomo również, że zanieczyszczenia gazowe i cząstki pyłów zmieniają koncentrację, strukturę i właściwości ziaren pyłu oraz zarodników grzybów [14, 15]. Z naszych badań wynika, że zanieczyszczenia powietrza powodują deformacje i uszkodzenia ziaren pyłu oraz tworzą grube warstwy na powierzchni ścian tych ziaren i zarodników grzybów, co może zmieniać ich właściwości i utrudniać funkcjonowanie. Według wielu doniesień zanieczyszczenia gazowe i pyłowe powodują deformację ziaren pyłu i zmiany w budowie egzyny [9, 16].

Przypuszcza się, że mikroorganizmy mogą także zmieniać właściwości ziaren pyłu, zwiększając ich alergenicność. Drobnoustroje i ich toksyny mogą też wywoływać reakcje alergiczne niezależnie od ziaren pyłu, na których występują [11].

## Wnioski

1. Elementy aerozolu biologicznego (ziarna pyłu, zarodniki grzybów) tworzą agregaty z zanieczyszczeniami przemysłowymi i cząstkami gleby, co może prowadzić do interakcji powodujących zwiększenie ich właściwości alergicznych.
2. Unoszące się w powietrzu cząstki pyłów glebowych i przemysłowych mogą przyczynić się do deformacji i uszkodzeń ziaren pyłu oraz zarodników grzybów, co prawdopodobnie ułatwia uwalnianie alergenów.

## Piśmiennictwo:

1. Pawankar R., Canonica G.W., Holgate S.T., Lockey R.F. (red.): *WAO White Book on Allergy. World Allergy Organization, UK 2011: 41-64, 133-138.*
2. Jäger S., Berger U.: *Trends in Betula pollen counts versus RAST positivity in Viennese population 1984–1999. Second European Symposium on Aerobiology 2000, Vienna/Austria: 75.*
3. Bousquet J., Michel F.B.: *Alergie. Książnica, Katowice 1999.*
4. Samoliński B., Raciborski F., Tomaszewska A. et al.: *Częstość występowania alergii w Polsce – program ECAP. Alergoprofil 2007, 3(4): 26-28.*
5. Józwiak M., Wróblewski H.: *Dynamika pyłu zawieszzonego na podstawie wyników uzyskanych w Stacji Monitoringu*

- Akademii Świętokrzyskiej w latach 1994–2000. Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego 2008, 3: 87-93.*
6. Freedman B.: *Environmental ecology. The imports of pollution and other stresses on ecosystem structure and function. Academic Press Inc. San Diego, New York, Berkeley, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto 1989.*
  7. Juda-Rezler K.: *Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na środowisko. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.*
  8. Lebowitz M.D., O'Rurke M.K.: *The significance of air pollution in aerobiology. Grana 1991, 30: 31-43.*
  9. Cerceau-Larrival M.T., Nilsson S., Cauneau-Pigot A. et al.: *The influence of the environment (natural and experimental) on the composition of the exine of allergenic pollen with respect to the deposition of pollutant mineral particles. Grana 1991, 30: 532-546.*
  10. Nilsson S., Berggen B.: *Various methods to determine air pollutants on pollen grains. Grana 1991, 30: 553-556.*
  11. Śpiewak R., Prażmo Z., Krysińska-Traczyk E., Dutkiewicz J.: *Mikroflora pyłu roślin wiatropylnych. Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Biologia kwitnienia, nektarowania i zapylania roślin”, Lublin 1997, 248-253.*
  12. Ruffin J., Williams D., Banerjee U., Pinnix K.: *The effects of some environmental gaseous pollutants on pollen-wall proteins of certain airborne pollen grains. Grana 1983, 22: 171-175.*
  13. Majd A., Chehregani A., Moin M. et al.: *The effects of air pollution on structures, proteins and allergenicity of pollen grains. Aerobiologia 2004, 20: 111-118.*
  14. Leonard A., Lanier B.: *Urban eye allergy syndrome: a new clinical entity? Current Medical Research and Opinions 2008, 24(8): 2295-2302.*
  15. Sousa S.I.V., Martins F.G., Pereira M.C. et al.: *Influence of atmospheric ozone, PM<sub>10</sub> and meteorological factors on the concentration of airborne pollen and fungal spores. Atmospheric Environment 2008, 42: 7452-7464.*
  16. Chehregani A., Kouhkan F.: *Diesel exhaust particles and allergenicity of pollen grains of *Lilium martagon*. Ecotoxicology and Environmental Safety 2008, 69: 568-573.*

## Wkład autorów/Authors' contributions:

Weryszko-Chmielewska E.: 30%; Piotrowska-Weryszko K.: 20%; Sulborska A.: 20%; Tietze M.: 15%; Matysik-Woźniak A.: 15%.

## Konflikt interesów/Conflict of interests:

Nie występuje.

## Finansowanie/Financial support:

Nie występuje.

## Etyka/Ethics:

Treści przedstawione w artykule są zgodne z zasadami Deklaracji Helsińskiej, dyrektywami EU oraz ujednoliconymi wymaganiami dla czasopism biomedycznych.

## Adres do korespondencji:

**Prof. dr hab. Elżbieta Weryszko-Chmielewska**  
Katedra Botaniki, Uniwersytet Przyrodniczy  
20-950 Lublin, ul. Akademicka 15  
e-mail: elzbieta.weryszko@up.lublin.pl