

ZANIECZYSZCZENIA MYKOLOGICZNE POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO ALPINARIUM I LEŚNEJ CZĘŚCI ARBORETUM SGGW W ROGOWIE

MYCOLOGICAL AIR POLLUTION IN THE ROCKERY
AND FOREST PART OF THE ROGÓW ARBORETUM
OF THE WARSAW UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES

Joanna Kwiatkowska

Instytut Ogrodnictwa

ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

e-mail: joanna.kwiatkowska@inhort.pl

Abstract

The aim of this study was to compare the quantitative and qualitative Micromycetes pollution of the air in the rockery and the forest part of the Rogów Arboretum of the Warsaw University of Life Sciences. The filamentous fungal species from the air were isolated from 2 habitats located close to each other, but with a different microclimates. In the atmospheric air of the forest area there were about 23% more mycological pollutants than in the rockery bioaerosol. From the bioaerosol of the atmospheric air the 31 species of fungi were isolated. Among these species the dominants were: *Alternaria alternata*, *Epicoccum nigrum*, *Botrytis cinerea*, *Khuskia oryzae*, *Trichoderma aureoviride* and *T. harzianum*. The presence of fungi of the genera *Alternaria* and *Epicoccum* in the atmospheric air of the Rogów Arboretum was demonstrated at each terms of the study, regardless of the locations studied.

Key words: Arboretum, rockery, forest, fungi, Micromycetes, air contamination

WSTĘP

Jednym z podstawowych mierników oceny zanieczyszczenia środowiska jest czystość powietrza atmosferycznego. Badania aeromykologiczne prowadzone są w różnych warunkach geograficznych, klimatycznych i siedliskowych (Mikaliūnaitė i in. 2009; Maya-Manzano i in. 2012; Aira i in. 2013), na obszarach aglomeracji i terenów wiejskich (Kasprzyk i Worek 2006; Oliveira i in. 2009), terenów górzystych (Ogórek 2012) oraz w jaskiniach (Wang i in. 2010).

Zanieczyszczenia biologiczne powietrza, w tym jednostki koloniotwórcze grzybów, rozprzestrzeniają się z pyłem zawieszonym PM₁₀, który stanowi złożoną mieszaninę o heterogenicznych właściwościach chemicznych, fizycznych i termodynamicznych (Ejdys 2009; Pastuszka i in. 2010; Frąk i in. 2014). W środowiskach naturalnych lub w niewielkim stopniu zdegradowa-

nych pyły zawieszane zawierają substancje sprzyjające rozwojowi mikroorganizmów, a zatem zwiększają ich stężenie w bioaerozolu. Obecność w powietrzu atmosferycznym grzybów mikroskopowych (Micromycetes) jest istotnym problemem dla zdrowia ludzi, gdyż grzyby te są trzecim pod względem częstotliwości alergenem (Gutarowska 2010). Ich obecność może zaostrzać alergie dróg oddechowych, astmę i reakcje toksyczne (Bogacka 2008), a także stymulować powstawanie chorób nowotworowych (Bush i Portnoy 2001). Ponadto, Micromycetes osiadając na roślinach mogą je infekować, co powoduje choroby, obniża plony i walory dekoracyjne, a nawet prowadzi do zamierania roślin (Horoszkiewicz-Janka i in. 2008; Werner i Karolewski 2010; Bonio i Drzewiecka 2016).

Arboretum w Rogowie położone jest w dawnym siedlisku leśnym i pełni m.in. funkcję naukowo-badawczą, wypoczynkową i rekreacyjną. Na jego obszarze znajdują się kolekcje drzew i krzewów Europy Środkowo-Wschodniej oraz leśne powierzchnie doświadczalne z obcymi gatunkami drzew leśnych i Alpinarium. Celem niniejszej pracy było porównanie obfitości i bogactwa gatunkowego Micromycetes w powietrzu atmosferycznym między Alpinarium a leśnymi stanowiskami Arboretum w Rogowie, charakteryzującymi się odmiennymi warunkami mikroklimatycznymi.

MATERIAŁ I METODY

Monitoring aerobiologiczny w Arboretum SGGW w Rogowie w roku 2012 przeprowadzono w następujących terminach: 25 maja, 25 lipca i 25 września. Arboretum położone jest na terenie województwa łódzkiego, w powiecie brzezińskim, w gminie Rogów. Obszar o współrzędnych 51°49' N i 19°53' E, wynosi 54 ha, z czego zagospodarowana powierzchnia zajmuje 41 ha, a pozostałe 13 ha stanowią drzewostany. Badane stanowiska reprezentujące część leśną Arboretum zlokalizowano na terenie leśnych powierzchni doświadczalnych, które porastają wysokie drzewostany, m.in. kilkudziesięcioletnie daglezie zielone (*Pseudotsuga menziesii*), żywotniki olbrzymie (*Thuja plicata*) oraz różne gatunki jodeł (*Abies* sp.), świerków (*Picea* sp.) i modrzewi (*Larix* sp.). Dla porównania zmienności Micromycetes w bioaerozolu Arboretum kolejne stanowiska badawcze rozstawiono na terenie Alpinarium, gdzie oprócz 15-arowej części skalnej i wyniesionych na 2 m ponad poziom gruntu skalniaków znajduje się ciąg strumyków, kilka oczek wodnych oraz 5-arowy staw z wyspą.

Do badań nad występowaniem aerozolu grzybowego wykorzystano metodę sedymentacyjną opisaną w Polskiej Normie PN-Z-04111-03:1989. Metoda ta wykorzystuje zjawisko swobodnego opadania drobnoustrojów na płytkę Petriego z zestaloną pożywką glukozowo-ziemniaczaną (PDA). W Alpinarium oraz w leśnej części Arboretum stworzono po 3 stanowiska badaw-

cze, w których na wysokości 1 m umieszczono płytkę Petriego. Czas ekspozycji płytek wynosił 10 minut. Następnie płytki zabezpieczano przed zewnętrznymi zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi i pozostawiano w laboratorium (w temperaturze pokojowej) do wyrośnięcia kolonii grzybów. Po upływie 7 dni kolonie grzybów odszczepiano na skosy z zestaloną pożywką PDA. Porównywano makro- i mikroskopowe kolonie grzybów oraz dokonywano identyfikacji taksonomicznej mykobiota używając kluczy mykologicznych. Powyższe prace były wykonane w Katedrze Ochrony Roślin, Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa, Uniwersytetu Rolniczego im H. Kołłątaja w Krakowie.

Stężenie zanieczyszczeń mykologicznych w powietrzu atmosferycznym obliczono według poniższego wzoru, a wyniki wyrażono w jednostkach tworzących kolonię (JTK) na m³ (Kaiser i Wolski 2007):

$$K_R = \frac{n}{p} \left(\frac{5}{t_s} \right),$$

gdzie:

K_R – stężenie zanieczyszczeń mykologicznych w powietrzu atmosferycznym,
 n – liczba kolonii grzybów wyrosłych na płytce Petriego,
 p – powierzchnia płytki Petriego (m²),
 t_s – czas otwarcia płytki Petriego (sedymentacji; min).

WYNIKI

Z powietrza atmosferycznego Alpinarium oraz z terenu leśnego Arboretum uzyskano w sumie 480 kolonii Micromycetes, należących do 31 gatunków w obrębie 22 rodzajów (tab. 1). Dominującym gatunkiem, stanowiącym w sumie ponad 33% całego zbiorowiska Micromycetes, był *Alternaria alternata*. Pomiary aerobiologiczne wykazały, że wysoką koncentrację w powietrzu osiągnęły propagule: *Epicoccum nigrum*, *Botrytis cinerea*, *Khuskia oryzae* oraz *Trichoderma aureoviride* i *T. harzianum*. Uzyskane z nich kolonie stanowiły 32,3% wszystkich izolatów.

Wykazano, że w powietrzu atmosferycznym Alpinarium unosiło się 210 jednostek koloniotwórczych, należących do 20 gatunków w obrębie 15 rodzajów. Największy odsetek kolonii grzybów stanowił *A. alternata* (29,0%). Wysoki udział dotyczył także: *Trichoderma harzianum* (10,5%), *Epicoccum nigrum* (9%), *T. viride* (8,6%) oraz *Cladosporium cladosporioides* (5,2%). Mniejsze ilości zanotowano dla gatunków: *Chaetomium globosum*, *Fusarium culmorum*, *Humicola fuscoatra*, *H. grisea*, *Mortierella horticola*, *Penicillium citrinum*, *P. expansum*, *Pestalotiopsis sydowiana*, *Phoma medicaginis* i *Sordaria fimicola*, których udział wahał się od 1,4 do 4,8%. Najmniej liczebne (poniżej 1%) były kolonie gatunków: *Aspergillus rugulosus*, *Gibberella pulicaris*, *Phoma destructiva*, *Ph. leveillei* i *Talaromyces wortmanii*.

Tabela 1. Liczba Micromycetes (jednostki tworzące kolonie – JTK) wyizolowanych z powietrza atmosferycznego Alpinarium i części leśnej Arboretum SGGW w Rogowie w 2012 roku oraz udział procentowy zidentyfikowanych gatunków grzybów

Table 1. Number of Micromycetes (a colony-forming units – CFU) isolated from the air in the rockery and the forest part of the Rogów Arboretum of the Warsaw University of Life Sciences in 2012 and percentage of identified fungi species

| Grzyb Fungus | JTK·m ⁻³ ; CFU·m ⁻³ | | | | | | Ogółem Total | Udział Contribution (%) |
|--|---|-----|----|---------------|-----|----|-----------------|-------------------------------|
| | Alpinarium Rockery | | | Las Forest | | | | |
| | miesiąc; month | | | | | | | |
| | V | VII | IX | V | VII | IX | | |
| <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. | 11 | 18 | 32 | 8 | 36 | 54 | 159 | 33,13 |
| <i>Aspergillus neoniveus</i> Samson, S.W. Peterson, Frisvad & Varga | - | - | - | 6 | - | - | 6 | 1,25 |
| <i>Aspergillus rugulosus</i> Thom & Raper | 1 | - | - | - | - | - | 1 | 0,21 |
| <i>Boeremia exigua</i> (Desm.) Aveskamp, Gruyter & Verkley | - | - | - | - | - | 9 | 9 | 1,88 |
| <i>Botrytis cinerea</i> Pers. | - | - | - | 30 | - | - | 30 | 6,25 |
| <i>Chaetomium globosum</i> Kunze | - | - | 3 | - | - | - | 3 | 0,63 |
| <i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries | - | - | 11 | - | - | - | 11 | 2,29 |
| <i>Davidiella macrocarpa</i> Crous, K. Schub. & U. Braun | - | - | - | - | - | 9 | 9 | 1,88 |
| <i>Epicoccum nigrum</i> Link | 1 | 8 | 10 | 13 | 13 | 6 | 51 | 10,63 |
| <i>Fusarium culmorum</i> (Wm.G. Sm.) Sacc. | - | - | 6 | - | - | - | 6 | 1,25 |
| <i>Fusarium poae</i> (Peck) Wollenw. | - | - | - | 16 | 2 | - | 18 | 3,75 |
| <i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb. | - | - | - | 7 | - | - | 7 | 1,46 |
| <i>Gibberella pulicaris</i> (Kunze) Sacc. | - | - | 2 | - | - | - | 2 | 0,42 |
| <i>Humicola fuscoatra</i> Traaen | - | 3 | - | - | - | - | 3 | 0,63 |
| <i>Humicola grisea</i> Traaen | 6 | - | - | - | - | - | 6 | 1,25 |
| <i>Khuskia oryzae</i> H.J. Huds. | - | - | - | 30 | - | - | 30 | 6,25 |
| <i>Mortierella horticola</i> Linnem. | 6 | - | - | - | - | - | 6 | 1,25 |
| <i>Mucor circinelloides</i> Tiegh. | - | - | - | - | - | 2 | 2 | 0,42 |
| <i>Penicillium citrinum</i> Thom | - | - | 9 | - | - | - | 9 | 1,88 |
| <i>Penicillium expansum</i> Link | 8 | - | 2 | - | - | - | 10 | 2,08 |
| <i>Pestalotiopsis sydowiana</i> (Bres.) B.Sutton | - | - | 9 | - | - | - | 9 | 1,88 |
| <i>Phialophora cyclaminis</i> J.F.H. Beyma | - | - | - | - | - | 2 | 2 | 0,42 |
| <i>Phoma destructiva</i> Plowr. | - | - | 2 | - | - | - | 2 | 0,42 |
| <i>Phoma leveillei</i> Boerema & G.J. Bollen | - | - | 1 | - | - | - | 1 | 0,21 |
| <i>Phoma medicaginis</i> Malbr. & Roum. | 6 | 4 | - | - | - | - | 10 | 2,08 |
| <i>Pleurostomophora richardsiae</i> (Nannf.) L. Mostert, W. Gams & Crous | - | - | - | - | 2 | 3 | 5 | 1,04 |
| <i>Sordaria fimicola</i> (Roberge ex Desm.) Ces. & De Not. | - | 10 | - | - | - | - | 10 | 2,08 |
| <i>Talaromyces wortmanii</i> C.R. Benj. | 1 | - | - | - | - | - | 1 | 0,21 |
| <i>Trichoderma aureoviride</i> Rifai | - | - | - | - | 22 | - | 22 | 4,58 |
| <i>Trichoderma harzianum</i> Rifai | 4 | 18 | - | - | - | - | 22 | 4,58 |
| <i>Trichoderma viride</i> Pers. | - | 18 | - | - | - | - | 18 | 3,75 |
| Ogółem; Total | 44 | 79 | 87 | 110 | 75 | 85 | 480 | 100,00 |

W powietrzu atmosferycznym terenu leśnego znajdowało się o około 23% więcej zanieczyszczeń mykologicznych niż w bioaerozolu Alpinarium. Spośród 13 wyodrębnionych gatunków największy udział miał *A. alternata*, stanowiący 36,3% wszystkich izolatów. W analizowanym okresie stwierdzono wysoką frekwencję grzybów: *E. nigrum*, *B. cinerea*, *Kh. oryzae* oraz *T. aureo-viride* i *F. poae*, stanowiących prawie 49% wszystkich wyodrębnionych kolonii Micromycetes. W mniejszym stopniu występowały gatunki rodzajów: *Davidiella*, *Boeremia*, *Emericella*, *Phialophora*, *Pleurostomophora* i *Mucor*.

W zależności od terminu badań stężenie zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym Alpinarium oraz leśnej części Arboretum wahało się od 38,6 do 96,5 JTK·m⁻³. Najwięcej kolonii grzybów strzępkowych w powietrzu w części leśnej stwierdzono w terminie majowym (96,5 JTK·m⁻³). Mniejsze ilości zanotowano w Alpinarium oraz części leśnej w terminie lipcowym (odpowiednio 69,3 i 65,8 JTK·m⁻³) i wrześniowym (odpowiednio 76,3 i 74,6 JTK·m⁻³). Najmniejsze stężenie Micromycetes było w bioaerozolu Alpinarium w terminie majowym (38,6 JTK·m⁻³).

DYSKUSJA

Drobnoustroje będące częścią bioaerozolu mają istotny wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt, a także na zdrowotność roślin (Ogórek i in. 2011; Duda-Franiak i Kowalik 2015). Helbling i Reimers (2003) oraz Grinn-Gofroń i in. (2011) wykazali, że na życie i rozwój mikroorganizmów oraz stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego znaczny wpływ mają czynniki meteorologiczne, takie jak: temperatura, wilgotność i prędkość wiatru. Wyniki prezentowanych badań wskazują, że w bioaerozolu Alpinarium, mimo mniejszej liczebności Micromycetes niż w części leśnej Arboretum, zbiorowiska grzybów były bardziej zróżnicowane gatunkowo. Większa ilość propagul mogła mieć związek z prędkością wiatru, determinującą stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego oraz przyczyniającą się do większego rozproszenia spor w powietrzu atmosferycznym (Żukiewicz-Sobczak i in. 2012). Wydaje się to prawdopodobne, gdyż Alpinarium znajduje się na podwyższonej i otwartej przestrzeni, co ułatwia nawiewanie Micromycetes z sąsiadujących z nim części Arboretum lub z pobliskich gospodarstw rolnych. W części leśnej z racji występowania wysokich i gęstych drzewostanów brak jest kanałów przewietrzania, są gorsze warunki wentylacji pionowej i poziomej, co skutkuje gromadzeniem się mikroorganizmów.

Niezależnie od szerokości geograficznej i wysokości nad poziomem morza w powietrzu atmosferycznym występują często grzyby z rodzaju *Alternaria* i *Cladosporium*, a ich maksymalna koncentracja ma miejsce pod koniec lata i jesienią (Sabariego i in. 2012; Skjoth i in. 2012; Jędrzycka 2014). Uzyskane wyniki badań wskazują, że największe stężenia zarodników w bioaerozolu związane były z sezonowym rozkładem materiału roślinnego.

Wysokie stężenie propagul *Epicoccum nigrum* w powietrzu stwierdzono zarówno w Alpinarium, jak i w części leśnej. Częste występowanie *E. nigrum* w powietrzu zaobserwowano w badaniach prowadzonych na obszarach miejskich (Kasprzyk i Konopińska 2006; Jędrzycka 2014), wiejskich (Kasprzyk i Worek 2006; Pusz i in. 2015), a także górzystych (Ogórek i in. 2012).

W niniejszych badaniach wykazano, że w powietrzu części leśnej Arboretum występował patogen *Botrytis cinerea*, który Kasprzyk (2006) pozyskiwała z powietrza atmosferycznego na obszarze miejskim (Rzeszów) i wiejskim (Krasne).

Wysokie stężenie spor w powietrzu atmosferycznym (szczególnie w Alpinarium) dotyczyło grzybów z rodzaju *Trichoderma*, w tym *T. aureoviride*, *T. harzianum* i *T. viride*. Zanieczyszczenie powietrza zarodnikami powyższych grzybów zanotowała także Bonio i Duda (2014) na terenie Ogrodu Botanicznego w Krakowie. Autorzy ci podają, że w bioaerozolu, szczególnie w miesiącach letnich, występują propagule rodzaju *Fusarium*, natomiast późnym latem oraz w miesiącach jesiennych i zimowych największe stężenia osiągają spory rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*.

W prezentowanych badaniach wykazano także występowanie w niewielkiej ilości w powietrzu grzybów z rodzaju *Mucor* – gatunku *M. circinelloides*, którego udział w bioaerozolu oraz niekorzystny wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt opisali Miklaszewska i Grajewski (2005) oraz Żukiewicz-Sobczak i in. (2012).

Wyniki zanieczyszczeń mykologicznych powietrza atmosferycznego Arboretum wykazały, że znaczną część bioaerozolu stanowią grzyby należące do rodzajów: *Boeremia*, *Chaetomium*, *Gibberella*, *Humicola*, *Mortierella*, *Phialophora* i *Phoma*. Wyniki te potwierdzają badania uzyskane na obszarach miejskich (Lublin, Rzeszów, Szczecin, Kraków) przez Kasprzyk i Konopińską (2006), Grinn-Gofroń (2008), Bonio i Dudę (2014), Jędrzyckę (2014) oraz Grinn-Gofroń i Bosiacką (2015).

WNIOSKI

1. W powietrzu atmosferycznym terenu leśnego Arboretum znajdowało się o około 23% więcej propagul Micromycetes niż w bioaerozolu Alpinarium.
2. W powietrzu atmosferycznym Arboretum dominowały gatunki: *Alternaria alternata*, *Epicoccum nigrum*, *Botrytis cinerea*, *Khuskia oryzae*, *Trichoderma aureoviride* i *T. harzianum*.
3. W bioaerozolu terenu leśnego Arboretum i Alpinarium w każdym terminie badań wykazano obecność grzybów z rodzajów *Alternaria* i *Epicoccum*.

Literatura

- Aira M.J., Rodríguez-Rajo F.J., Fernández-González M., Seijo C., Elvira-Rendueles B., Abreu I. i in. 2013. Spatial and temporal distribution of *Alternaria* spores in the Iberian Peninsula atmosphere, and meteorological relationships: 1993–2009. *International Journal of Biometeorology* 57: 265–274. DOI: 10.1007/s00484-012-0550-x.
- Bogacka E. 2008. Alergia na grzyby pleśniowe: diagnostyka i leczenie. *Polski Merkurusz Lekarski* 24 (Suplement 1): 11–14.
- Bonio J., Drzewiecka L. 2016. Grzyby na liściach różanecznika Smirnowa *Rhododendron smirnowii* Grant. Materiały V Konferencji Naukowej „Nowe Patogeny i Choroby Roślin”, Skierniewice, s. 11.
- Bonio J., Duda K. 2014. Zanieczyszczenia mykologiczne powietrza w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i Arboretum Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Rogowie. *Episteme* 22(3): 17–24.
- Bush R.K., Portnoy J. 2001. The role and abatement of fungal allergens in allergic diseases. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 107: 430–440. DOI: 10.1067/mai.2001.113669.
- Duda-Franiak K., Kowalik M. 2015. Grzyby w powietrzu atmosferycznym. W: Kuczera M., Piech K. (red.), *Zagadnienia aktualne poruszane przez młodych naukowców 1*. Creativetime, Kraków, s. 320–322.
- Ejdys E. 2009. Wpływ powietrza atmosferycznego na jakość bioaerozolu pomieszczeń szkolnych w okresie wiosennym i jesiennym – ocena mikologiczna. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 41: 142–150.
- Frańk M., Majewski G., Zawistowska K. 2014. Analiza liczebności drobnoustrojów zaadsorbowanych na pyłe zawieszonym PM₁₀. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 64: 140–149.
- Grinn-Gofroń A. 2008. The variation in spore concentrations of selected fungal taxa associated with weather conditions in Szczecin, Poland 2004–2006. *Grana* 47: 139–146. DOI: 10.1080/00173130802091385.
- Grinn-Gofroń A., Bosiacka B. 2015. Effects of meteorological factors on the composition of selected fungal spores in the air. *Aerobiologia* 31: 63–72. DOI: 10.1007/s10453-014-9347-1.
- Grinn-Gofroń A., Strzelczak A., Wolski T. 2011. The relationships between air pollutants, meteorological parameters and concentration of airborne fungal spores. *Environmental Pollution* 159: 602–608. DOI: 10.1016/j.envpol.2010.10.002.
- Gutarowska B. 2010. Grzyby strzępkowe zasiedlające materiały budowlane. Wzrost oraz produkcja mikotoksyn i alergenów. *Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej* 1074, 163 s.
- Helbling A., Reimers A. 2003. Immunotherapy in fungal allergy. *Current Allergy and Asthma Reports* 3: 447–453. DOI: 10.1007/s11882-003-0082-x.
- Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Korbas M. 2008. Wpływ grzybów toksynotwórczych na wybrane cechy jakościowe plonu zbóż i rzepaku. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 48(3): 1039–1047.

- Jędrzycka M. 2014. Aeromycology: studies of fungi in aeroplankton. *Folia Biologica et Oecologica* 10: 18–26. DOI: 10.2478/fobio-2014-0013.
- Kaiser K., Wolski A. 2007. Kontrola czystości mikrobiologicznej powietrza. *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna* 4: 158–162.
- Kasprzyk I. 2006. Dobowe wahania koncentracji zarodników grzybów w powietrzu miasta i wsi. *Acta Agrobotanica* 59: 395–404. DOI: 10.5586/aa.2006.041.
- Kasprzyk I., Konopińska A. 2006. Comparative analysis of the concentration of fungal spores in the air of Lublin and Rzeszów (Eastern Poland). *Acta Agrobotanica* 59: 143–150. DOI: 10.5586/aa.2006.069.
- Kasprzyk I., Worek M. 2006. Airborne fungal spores in urban and rural environments in Poland. *Aerobiologia* 22: 169–176. DOI: 10.1007/s10453-006-9029-8.
- Maya-Manzano J.M., Fernández-Rodríguez S., Hernández-Trejo F., Díaz-Pérez G., Gonzalo-Garijo Á., Silva-Palacios I. i in. 2012. Seasonal Mediterranean pattern for airborne spores of *Alternaria*. *Aerobiologia* 28: 515–525. DOI: 10.1007/s10453-012-9253-3.
- Mikaliūnaitė R., Kazlauskas M., Veriankaitė L. 2009. Prevalence peculiarities of airborne *Alternaria* genus spores in different areas of Lithuania. *Scientific Works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture* 28: 135–143.
- Miklaszewska B., Grajewski J. 2005. Patogenne i alergogenne grzyby pleśniowe w otoczeniu człowieka. *Alergia* 2(24): 45–50.
- Ogórek R. 2012. Fungi in the air at the mountain trails of the Czarna Góra Massif. Preliminary study. *Mikologia Lekarska* 19(4): 147–153.
- Ogórek R., Lejman A., Płaskowska E., Bartnicki M. 2012. Fungi in the mountain trails of the Śnieżnik Massif. *Mikologia Lekarska* 19(2): 57–62.
- Ogórek R., Płaskowska E., Kalinowska K. 2011. Characteristics and taxonomy of *Alternaria* fungi. *Mikologia Lekarska* 18(3): 150–155.
- Oliveira M., Ribeiro H., Delgado J.L., Abreu I. 2009. Seasonal and intradiurnal variation of allergenic fungal spores in urban and rural areas of the North of Portugal. *Aerobiologia* 25: 85–98. DOI: 10.1007/s10453-009-9112-z.
- Pastuszka J.S., Rogula-Kozłowska W., Zajusz-Zubek E. 2010. Characterization of PM10 and PM2.5 and associated heavy metals at the crossroads and urban background site in Zabrze, Upper Silesia, Poland, during the smog episodes. *Environmental Monitoring and Assessment* 168(1–4): 613–627. DOI: 10.1007/s10661-009-1138-8.
- PN-Z-04111-03:1989. Ochrona czystości powietrza – Badania mikrobiologiczne – Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
- Pusz W., Płaskowska E., Weber R., Kita W. 2015. Assessing the abundance of airborne fungi in a dairy cattle barn. *Polish Journal of Environmental Studies* 24(1): 241–248. DOI: 10.15244/pjoes/29201.
- Sabarięgo S., Bouso V., Pérez-Badia R. 2012. Comparative study of airborne *Alternaria* conidia levels in two cities in Castilla-La Mancha (central Spain), and concentrations with weather-related variables. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 19: 227–232.

- Skjøth C.A., Sommer J., Frederiksen L., Gosewinkel Karlson U. 2012. Crop harvest in Denmark and Central Europe contributes to the local load of airborne *Alternaria* spore concentrations in Copenhagen. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12: 11107–11123. DOI: 10.5194/acp-12-11107-2012.
- Wang W., Ma X., Ma Y., Mao L., Wu F., Ma X., An L., Feng H. 2010. Seasonal dynamics of airborne fungi in different caves of the Mogao Grottoes, Dunhuang, China. *International Biodeterioration and Biodegradation* 64: 461–466. DOI: 10.1016/j.ibiod.2010.05.005.
- Werner M., Karolewski Z. 2010. The occurrence of powdery mildew on deciduous *Rhododendron* in Poland. *Phytopathologia* 57: 31–38.
- Żukiewicz-Sobczak W., Sobczak P., Imbor K., Krasowska E., Zwoliński J., Horoch A. i in. 2012. Zagrożenia grzybowe w budynkach i w mieszkaniach – wpływ na organizm człowieka. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu* 18(2): 141–146.

Prezentowane wyniki badań są częścią rozprawy doktorskiej wykonanej przez autora na Uniwersytecie Rolniczym im. H. Kołłątaja w Krakowie.