

KRZYSZTOF FRĄCZEK, JACEK GRZYB

Katedra Mikrobiologii
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie

BADANIA NAD ROZPRZESTRZENIANIEM SIĘ AEROZOLU GRZYBOWEGO NA TERENIE KRAKOWA*

Streszczenie. Celem pracy było określenie charakterystyki ilościowej aerozolu grzybowego występującego w powietrzu atmosferycznym na obszarze Krakowa. Próbki powietrza pobierano 6-stopniowym impaktorem Andersena. Stwierdzono, że stężenie aerozolu grzybowego w badanym powietrzu zawierało się w zakresie od 35 do 8254 jtk/m³. Na podstawie uzyskanych wyników widoczne jest znacząco większe stężenie grzybów w powietrzu atmosferycznym na Rynku Głównym oraz w pobliżu Szkoły Mistrzostwa Sportowego niż w innych rejonach. Przeprowadzona analiza wskazuje też na fakt, że aerozol grzybowy na większości badanych stanowisk pomiarowych wykazywał wyraźny wzrost koncentracji w okresie zimowym.

Słowa kluczowe: aerozol grzybowy, powietrze atmosferyczne, aglomeracja miejska

Wstęp

Składnikiem środowiska przyrodniczego zaliczanym do grupy o podstawowym znaczeniu dla ludzi (zwłaszcza o osłabionej odporności), zwierząt i roślin jest powietrze atmosferyczne. Jest ono swoistym zasobem środowiska naturalnego, ponieważ ze względu na właściwości fizyczne nie można go ani zmagazynować, ani oczyścić (BARBASZ i IN. 2001, MARCINOWSKA i IN. 2004, FRĄCZEK i IN. 2008).

Wszegobecnymi zanieczyszczeniami powietrza są bioaerozole. Stanowią one różnorodny kompleks cząstek składających się m.in. z materiałów biologicznych takich jak wirusy, pierwotniaki, komórki bakteryjne, fragmenty komórkowe, fragmenty grzybni i zarodniki grzybów. Ogólnie można stwierdzić, że najmniejsza koncentracja mikroorganizmów w powietrzu występuje nad otwartym morzem, natomiast zdecydowanie więcej drobnoustrojów znajduje się na terenach miejskich i rolniczych (DI GIORGIO i IN. 1996,

*Projekt finansowany ze środków na naukę na lata 2009-2011 jako projekt badawczy nr N N304 1529 37.

KOCK i IN. 1998, PASTUSZKA i IN. 2000, AN i IN. 2004). Efekt chorobowy spowodowany wdychaniem różnego rodzaju cząstek zawartych w powietrzu zależy w głównej mierze od ich wielkości, składu chemicznego i właściwości mikrobiologicznych oraz miejsca ich depozycji w układzie oddechowym (PASTUSZKA i IN. 2000). Szczególne zagrożenie dla zdrowia może stanowić występowanie w powietrzu atmosferycznym silnych stężeń aerozoli grzybowych. Są one znacznie bardziej niż aerozole bakteryjne odporne na stres środowiskowy, a nawet mechaniczny (NEVALAINEN i IN. 1993, PASTUSZKA 2001).

Celem pracy było określenie charakterystyki ilościowej aerozolu grzybowego występującego w powietrzu atmosferycznym na obszarze Krakowa.

Material i metody

Badania dotyczące występowania różnych cząstek aerozolu grzybowego na terenie Krakowa przeprowadzono w okresie kalendarzowej zimy i wiosny 2010 roku. Punkty pomiarowe zostały wybrane na podstawie odchylenia temperatur od średniej temperatury panującej w Krakowie, na podstawie zdjęć satelitarnych, wykonanych przez satelity LANDSAT-7 ETM oraz TERRA-ASTER, przedstawiających rozkład temperatur na badanym obszarze (tab. 1).

Tabela 1. Lokalizacja punktów pomiarowych
Table 1. Location of the measurement points

Punkty badawcze charakteryzujące się temperaturami niższymi od średniej	
1	Kopiec Kościuszki – na szczycie Kopca
2	Kopiec Krakusa – na szczycie Kopca
3	Nowohuckie Centrum Kultury
4	Błonia – na środku Błoni
5	Bulwar Czerwieński nad Wisłą – obok Smoka Wawelskiego
6	Zalew w Nowej Hucie – ul. Bulwarowa
7	Ogród Botaniczny – ul. Kopernika
Punkty badawcze charakteryzujące się temperaturami wyższymi od średniej	
8	Politechnika Krakowska na ul. Jana Pawła II – przy nowym gmachu
9	Ul. Cystersów – w pobliżu skrzyżowania z ul. Fabryczną
10	Os. Teatralne w Nowej Hucie – za budynkiem Teatru Ludowego przy ul. Obrońców Krzyża
11	Rynek Główny – na płycie Rynku w pobliżu Wieży Ratuszowej
12	Al. Mickiewicza – pomiędzy Uniwersytetem Rolniczym a Akademią Górniczo-Hutniczą
13	Kombinat ArcelorMittal Poland – ul. Ujastek, przed budynkiem administracji
14	Kombinat ArcelorMittal Poland – ul. Igołomska, przy skrzyżowaniu z ul. Dymarek
Punkt badawczy, w którym temperatura jest równa średniej	
15	ul. Grochowska – teren Szkoły Mistrzostwa Sportowego
Punkt kontrolny (poza Krakowem)	
16	Libertów (w odległości 400 m od Zakopianki)

Próbki powietrza pobierano za pomocą 6-stopniowego impaktora Andersena (model 10-710, Graseby-Andersen, Inc., Atlanta, GA, USA). W trakcie badań impaktor był ustawiany na wysokości 1,0-1,5 m nad podłożem w celu pobrania bioaerozolu ze strefy oddechowej człowieka. W badaniach aerozolu grzybowego zastosowano 5-minutowy czas poboru. Objętość pobranej przez impaktor próbki powietrza wynosiła każdorazowo 0,1415 m³. Podłożem mikrobiologicznym, na które pobierano mikroorganizmy, był agar słodowy (Malt Extract Agar, MEA, Oxoid, Basingstoke, Wielka Brytania). Warunki inkubacji mikrobiologicznych próbek powietrza przedstawiały się następująco: 4 dni w 30°C, następnie 4 dni w 22°C. Stężenie badanego bioaerozolu było wyrażone liczbą jednostek tworzących kolonie na podłożu mikrobiologicznym obecnych w 1 m³ pobranego powietrza (jtk/m³). Podczas sesji pomiarowych prowadzono równolegle pomiary temperatury i wilgotności względnej powietrza z wykorzystaniem anemometru Kestrel 4000.

Wyniki i dyskusja

Według wielu badaczy przyczyną złego samopoczucia i problemów zdrowotnych człowieka są najczęściej czynniki obecne w jego bezpośrednim otoczeniu. Jakość powietrza atmosferycznego jest więc w tym względzie istotnym parametrem. Jak wynika z danych przedstawionych w tabelach 2 i 3, zakres stężenia aerozolu grzybowego w powietrzu atmosferycznym na terenie Krakowa wynosił od 35 jtk/m³ w punkcie położonym w pobliżu al. Mickiewicza w okolicy budynków AGH do 8254 jtk/m³ na ul. Grochowskiej w pobliżu Szkoły Mistrzostwa Sportowego, w którym to miejscu temperatura równa jest średniej występującej w Krakowie. Powszechnie uważa się, że temperatura i wilgotność względna powietrza są ważnymi czynnikami zmienności sezonowej stężeń mikroorganizmów, zarówno w środowisku wewnętrznym, jak i zewnętrznym. Sezon występowania grzybów w powietrzu atmosferycznym nie jest ściśle określony, chociaż wiadomo, że szczytowe stężenie osiągają one późnym latem i wczesną jesienią, natomiast ich liczba znacznie się zmniejsza zimą (DI GIORGIO i IN. 1996, REN i IN. 2001, MĘDRELA-KUDER 2004).

Dane dotyczące średniego stężenia aerozolu grzybowego zostały przedstawione na rysunku 1. Wynika z nich, że średni poziom koncentracji grzybów w powietrzu atmosferycznym na terenie Krakowa jest zróżnicowany i wynosi od 102 jtk/m³ w punkcie pomiarowym umiejscowionym na os. Teatralnym w Nowej Hucie do 5206 jtk/m³ na płycie Rynku Głównego w pobliżu Wieży Ratuszowej. Na podstawie analizy wyników wyraźnie widać, że w porównaniu z pozostałymi punktami pomiarowymi znacząco większe stężenie grzybów występowało w powietrzu atmosferycznym na Rynku Głównym oraz w pobliżu Szkoły Mistrzostwa Sportowego. Stwierdzono również, że średnie stężenie aerozolu grzybowego na terenie Krakowa było w większości punktów pomiarowych mniejsze niż w punkcie kontrolnym położonym w Libertowie. Należy zauważyć, że odbywający się w pobliżu ruch uliczny mógł być powodem zwiększonej ilości pyłu, a tym samym koncentracji grzybów. Jest to zjawisko naturalne, gdyż mikroorganizmy, a także inne cząsteczki wyniesione z prądami powietrza do górnych warstw atmosfery, po przebyciu pewnej odległości zaczynają opadać (DI GIORGIO i IN. 1996, FRĄCZEK i IN. 2004).

Tabela 2. Stężenie aerozolu grzybowego w powietrzu atmosferycznym na terenie Krakowa
 Table 2. Fungal aerosol concentration in the atmospheric air in Cracow

Punkt pomiarowy	Całkowita liczba grzybów		Liczba grzybów frakcji respirabilnej (grzyby o średnicy aerodynamicznej < 5 µm)		Udział frakcji respirabilnej w całkowitym stężeniu (%)	
	zima 2010	wiosna 2010	zima 2010	wiosna 2010	zima 2010	wiosna 2010
1	494	253	424	225	85,8	88,9
2	508	211	304	120	59,8	56,8
3	381	593	346	523	90,8	98,1
4	226	206	170	185	75,2	89,8
5	1 095	84	742	70	67,7	83,3
6	352	502	310	453	98,0	90,2
7	1 122	968	727	841	64,7	86,8
8	968	579	749	530	77,3	91,5
9	324	197	268	183	82,7	92,8
10	99	105	92	77	92,9	73,3
11	5 696	4 715	4 608	3 655	90,8	77,5
12	346	35	226	28	65,3	80
13	176	891	155	777	88,0	87,2
14	494	804	431	727	87,2	90,4
15	8 254	664	6 791	508	82,2	76,5
16	1 479	474	913	347	61,7	73,2

Wyniki badań wskazują też, że aerozol grzybowy na większości badanych stanowisk pomiarowych wykazywał wyraźny wzrost stężenia w okresie zimy (tab. 2). LIN i LI (2000), badając zależność stężenia zarodników grzybów od warunków meteorologicznych w centrum miasta i na przedmieściach wykazali, że taka zależność istnieje. Stężenie grzybów malało ze wzrostem temperatury latem, lecz rosło ze wzrostem temperatury zimą.

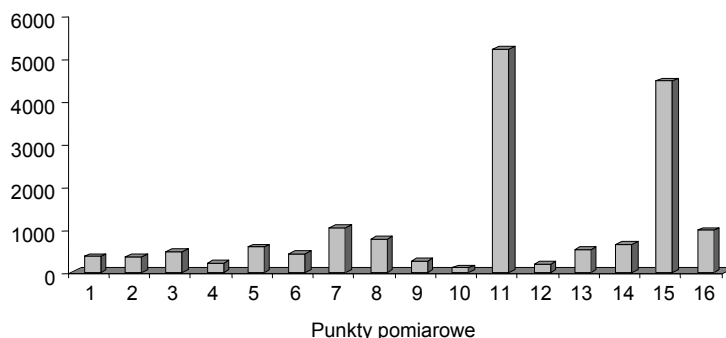
Zastosowanie w badaniach bioaerozolu 6-stopniowego impaktora Andersena pozwoliło na uzyskanie danych o rozkładzie wielkości cząstek grzybowych występujących w powietrzu na terenie Krakowa. Uzyskanie informacji o stężeniu i rozkładzie wielkości cząstek mikroflory w powietrzu na wyznaczonych stanowiskach pomiarowych pozwala określić ich możliwości biologicznego oddziaływania na organizm ludzki (PASTUSZKA 2001). Wyniki badań przedstawiono w tabeli 3. Z analizy rozkładu wynika, że zimą i wiosną w badanym powietrzu dominowały pojedyncze spory lub drobne agregaty grzybowe albo grzybowo-pyłowe (1,1-2,1 oraz 3,3-2,1 µm), zwłaszcza *Aspergillus* i *Cladosporium*. Stężenie tych frakcji osiągało wartości od 0 do 2594 jtk/m³. Pod względem udziału frakcji respirabilnej (cząstki o średnicy aerodynamicznej poniżej 5 µm)

Tabela 3. Rozkład ziarnowy aerozolu grzybowego w powietrzu atmosferycznym na terenie Krakowa (zima-wiosna 2010) (jtk/m³)Table 3. Particle size distribution of fungal aerosol in the atmospheric air in Cracow (winter-spring 2010) (cfu/m³)

Punkt pomiarowy	Fracje											
	≥ 7 μm		< 7,0-4,7 μm		< 4,7-3,3 μm		< 3,3-2,1 μm		< 2,1-1,1 μm		< 1,1-0,65 μm	
	zima	wiosna	zima	wiosna	zima	wiosna	zima	wiosna	zima	wiosna	zima	wiosna
1	42	14	28	14	42	21	113	148	269	49	0	7
2	148	42	56	49	106	7	85	106	106	0	7	7
3	28	49	7	21	64	113	113	198	148	191	21	21
4	28	14	28	7	28	57	57	57	85	71	0	0
5	120	7	233	7	226	14	233	49	212	0	71	7
6	28	14	14	35	49	64	49	177	177	212	35	0
7	197	85	198	42	261	134	233	304	205	396	28	7
8	85	14	134	35	219	99	240	163	290	240	0	28
9	21	14	35	0	21	28	113	49	134	42	0	64
10	0	21	7	7	28	7	7	14	57	35	0	21
11	558	410	530	650	742	397	1 237	813	2 594	2 417	35	28
12	49	7	71	0	35	0	57	0	134	0	0	28
13	7	57	14	57	21	134	28	269	106	339	0	35
14	28	28	35	49	85	120	184	212	148	346	14	49
15	650	92	813	64	3 625	120	2 417	226	353	155	396	7
16	297	85	269	42	397	64	410	163	85	99	21	21

w całkowitym stężeniu aerozolu grzybowego wykazano, że najczęściej, bo 98,1%, występowało jej wiosną w powietrzu atmosferycznym w punkcie pomiarowym położonym w pobliżu Nowohuckiego Centrum Kultury oraz zimą – 98,0% – w pobliżu zalewu w Nowej Hucie. W pozostałych punktach badawczych stężenie frakcji respirabilnej zawierało się w przedziale od 61,7 do 92,8% (tab. 2). Na podstawie danych literaturowych można stwierdzić, że cząstki o średnicy aerodynamicznej poniżej 5 μm mogą dotrzeć w układzie oddechowym człowieka do rejonu jamy nosowej i ustnej oraz tchawicy i oskrzeli pierwszorzędowych (LIS i IN. 1997, PASTUSZKA i IN. 2000).

Oceny badanego powietrza atmosferycznego dokonano także w odniesieniu do polskiej normy dotyczącej stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego grzybami (PN-89/Z-04111/03). Zestawienie zmierzonych wartości stężeń aerozolu grzybowego z wartościami tej normy pozwala stwierdzić, że średni poziom koncentracji grzybów występujących na terenie Krakowa w okresie badawczym nie przekracza wartości proponowanych dla powietrza atmosferycznego przeciętnie czystego, z wyjątkiem punktu położonego na płycie Rynku Głównego, w którym zanieczyszczenie może negatywnie oddziaływać na środowisko naturalne człowieka.



Rys. 1. Średnie stężenie aerozolu grzybowego w powietrzu atmosferycznym na terenie Krakowa (jtk/m³)

Fig. 1. Average fungal aerosol concentration in the atmospheric air in Cracow (cfu/m³)

Wnioski

1. Przeprowadzone pomiary wykazały, że stężenie całkowite aerozolu grzybowego na terenie Krakowa jest zróżnicowane i zależy od lokalizacji punktu pomiarowego oraz zabudowy, nasilenia ruchu czy obecności zieleni.

2. Stwierdzono, że najbardziej zanieczyszczone grzybami powietrze atmosferyczne występowało na Rynku Głównym oraz w pobliżu Szkoły Mistrzostwa Sportowego.

3. Najliczniejszą frakcją aerozolu grzybowego w powietrzu atmosferycznym na terenie Krakowa stanowiły cząstki o średnicy aerodynamicznej 1,1-2,1 μm.

4. Stwierdzono również, że stężenie grzybów w powietrzu atmosferycznym na terenie Krakowa nie przekraczało wartości normy określającej zanieczyszczenie jako zagrożące środowisku naturalnemu człowieka.

Literatura

- AN H.A., MAINELIS G., YAO M., 2004. Evaluation of a high-volume portable bioaerosol sampler in laboratory and field environments. *Indoor Air* 14: 385-393.
- BARABASZ W., GRZYB J., FRĄCZEK K., ALBIŃSKA D., KULTYS T., KRÓL H., FLAK K., KORNAŚ G., BARABASZ J., PAWLAK K., SICIĄK K., 2001. Pięcioletni monitoring powietrza atmosferycznego na składowisku odpadów komunalnych Barycz w Krakowie. W: VII Konferencja Naukowo-Techniczna, Koszalin-Kołobrzeg. Wyd. Ucz. PK, Koszalin: 157-178.
- DI GIORGIO C., KREMPFF A., GUIRAUD H., BINDER P., TIRETF C., DUMENIL G., 1996. Atmospheric pollution by airborne microorganisms in the city of Marseilles. *Atmos. Environ.* 30: 155-160.
- FRĄCZEK K., GRZYB J., GÓRNY R.L., WLAZŁO A., 2008. Badania aerozolu biologicznego w pomieszczeniach sanatorium naziemnego w Szczawnicy. *Ekol. Tech.* 16, 4: 150-154.
- FRĄCZEK K., MARCINOWSKA K., BARABASZ W., GRZYB J., CHMIEL M.J., 2004. Występowanie bakterii w powietrzu atmosferycznym w strefie oddziaływania składowisk odpadów komunalnych w Ujkowie Starym, Krakowie i Tarnowie. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.* 42: 115-126.
- KOCK M., SCHLACHER R., PICHLER-SEMMELOCK F.P., REINTHALER F.F., EIBEL U., MARTH E., FRIEDL H., 1998. Airborne microorganisms in the metropolitan area of Graz, Austria. *Cent. Eur. J. Public Health* 6, 1: 25-28.

Frączek K., Grzyb J., 2010. Badania nad rozprzestrzenianiem się aerozolu grzybowego na terenie Krakowa. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #75.

- LIN W.H., LI C.S., 2000. Associations of fungal aerosols, air pollutants and meteorological factors. *Aerosol Sci. Technol.* 32: 359-368.
- LIS D., PASTUSZKA J.S., GÓRNY R., 1997. Występowanie aerozolu bakteryjnego i grzybowego w mieszkaniach, biurach i środowisku zewnętrznym Górnego Śląska. Wyniki wstępne. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 48: 59-68.
- MARCINOWSKA K., FRĄCZEK K., BARABASZ W., GRZYB J., 2004. Wpływ składowiska odpadów komunalnych w Ujkwie Starym – gmina Bolesław na jakość mikrobiologiczną powietrza. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.* 42: 289-295.
- MĘDRELA-KUDER E., 2004. Charakterystyka aerozolu grzybowego w okresie, gdy prędkość wiatru $V < 1$. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.* 42: 311-316.
- NEVALAINEN A., WILLEKE K., LIEBHABER F., PASTUSZKA J., BURGE H., HENNINGSON E., 1993. Bioaerosol sampling. W: *Aerosol measurement: principles, techniques and applications*. Red. K. Willeke, P.A. Baron. Van Nostrand Reinhold, New York: 471-492.
- PASTUSZKA J.S., 2001. Narażenie na aerozole ziarniste, włókniste i biologiczne (bakterie i grzyby mikroskopijne) populacji generalnej Górnos Śląskiego Okręgu Przemysłowego. *Pr. Nauk. Inst. Inż. Ochr. Środ. P. Wroc.* 73, Ser. Monogr. 40.
- PASTUSZKA J.S., KYAW THA PAW U., LIS D., WLAZŁO A., ULFIG K., 2000. Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmos. Environ.* 34: 3833-3842.
- PN-89/Z-04111/03. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną. 1989. PKNMiJ, Warszawa.
- REN P., JANKUN T.M., BELANGER K., BRACKEN M.B., LEADERER B.P., 2001. The relation between fungal propagules in indoor air and home characteristics. *Allergy (Copenh.)* 56: 419-424.

RESEARCH ON FUNGAL AEROSOL SPREADING IN CRACOW

Summary. The objective of the study was to define the quantitative characteristics of fungal aerosol in the air of Cracow. The air was sampled with 6-stage Andersen impactor. It was found that the fungal aerosol concentration ranged from 35 to 8254 cfu/m³. The obtained results showed that fungi concentration in the Main Market and nearby the School of Sports Championship was significantly higher than in other places. The carried out research also indicates the fact that the fungal aerosol in most tested points presented clear increase in concentration in winter season.

Key words: fungal aerosol, atmospheric air, urban agglomeration

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Krzysztof Frączek, Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, Poland, e-mail: rfracze@cyf-kr.edu.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

18.10.2010

Do cytowania – For citation:

*Frączek K., Grzyb J., 2010. Badania nad rozprzestrzenianiem się aerozolu grzybowego na terenie Krakowa. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #75.*