

Fragm. Flor. Geobot. Polonica 16(2): 405–414, 2009

Charakterystyka dobowego rozkładu stężenia pyłku traw w sezonie pyłkowym

DOROTA MYSZKOWSKA i BARTOSZ JENNER

MYSZKOWSKA, D. AND JENNER, B. 2009. The characteristics of the grass pollen diurnal periodicity in the pollen season. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 16(2): 405–414. Kraków. PL ISSN 1640-629X.

ABSTRACT: The paper refers to the aeropalinological monitoring performed in Kraków, in 1991–2007. The aim of the study was to determine whether the diurnal periodicity of grass pollen concentrations is similar in different phases of the pollen season. For this study the volumetric method has been employed using the Lanzoni VPPS 2000 sampler with a flow rate of 10 L min⁻¹. The data in 2001 were selected for diurnal periodicity analyses in three phases of the pollen season (the daily concentrations <100 pollen grains per m⁻³air, the daily concentrations >300 pollen grains per m⁻³air, the daily concentrations <50 pollen grains per m⁻³air). The Poisson regression analysis and additive models (GAM) were used for modeling the pollen grain concentrations. In the first and third phases of pollen season the similar diurnal pollen dynamics was observed. The maximum values of pollen concentrations were noted between 9 a.m. and 3 p.m. In the second phase of the season the curve of the diurnal periodicity was smooth and the difference between maximum and minimum pollen concentrations was slighter. On the basis of the pollen concentration data in 2001 the investigations showed that the diurnal periodicity of pollen counts varied in different phases of the pollen season.

KEY WORDS: pollen grains, grasses, pollen seasons, diurnal periodicity

D. Myszkowska, Zakład Alergologii Klinicznej i Środowiskowej, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, ul. Śniadeckich 10, PL-31-531 Kraków, Polska; e-mail: dmyszkow@cm-uj.krakow.pl

B. Jenner, Zakład Toksykologii Analitycznej i Terapii Monitorowanej, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, ul. Złotej Jesieni 1, PL-31-826 Kraków, Polska; e-mail: jennerb@poczta.fm

WSTĘP

Pomiary stężenia pyłku roślin w powietrzu są przedmiotem badań aeropalinologii. Jest to nauka będąca działem aerobiologii, czyli dziedziny zajmującej się badaniem biernego transportu organizmów i cząstek pochodzenia organicznego w powietrzu, w tym ich uwalnianiem do atmosfery, rozprzestrzenianiem, depozycją oraz wpływem na inne organizmy żywe (WERYSZKO-CHMIELEWSKA 2007).

Badania aeropalinologiczne zapoczątkowano po wprowadzeniu i zastosowaniu analizy pyłkowej do odtwarzania historii roślinności i klimatu, a także do datowania osadów, zwłaszcza w holocenie i plejstocenie (SZCZEPANEK 2006a). Monitoring współczesnego

stężenia pyłku roślin (i zarodników grzybów) w powietrzu należy do badań interdyscyplinarnych, o praktycznym zastosowaniu m.in. w medycynie (alergologia, medycyna sądowa), rolnictwie (prognozowanie upraw), pszczelarstwie (oznaczenie pyłku roślin w miodach, prognozowanie zbiorów), meteorologii (ocena zmian klimatu), ochronie zabytków (pomiar stężenia zarodników grzybów w obiektach muzealnych) (WERYSZKO-CHMIELEWSKA 2007).

Zastosowanie wyników monitoringu pyłkowego w alergologii opiera się na poznaniu etiologii alergii pyłkowej, czyli zespołu objawów wywoływanych u osób wrażliwych (alergicznego nieżytu nosa, zapalenie spojówek, zespół alergii jamy ustnej, astma pyłkowa). Już w roku 1873 C. H. Blackley i W. Wilson wykazali zależność pomiędzy nasileniem się objawów choroby, a liczbą ziaren pyłku roślin znajdujących się w powietrzu i uwalnianych alergenów. Intensywny wzrost, od lat 30. XX w. zachorowalności na alergię pyłkową, określaną jako „global problem” (BOUSQUET i in. 2008) wiąże się ze wzrostem zainteresowania badaniami nad współczesnym opadem pyłku roślin. Wyniki tych badań są ważne dla diagnostyki alergii pyłkowej, monitorowania i oceny skuteczności leczenia objawowego i immunoterapii swoistej, a przede wszystkim profilaktyki chorób alergicznych (OBTUŁOWICZ i in. 2000; FRENZ 2001; RAPIEJKO 2003; MYSZKOWSKA 2007).

W Europie Zachodniej i Środkowej główną przyczyną alergii pyłkowej są alergeny pyłku traw (D'AMATO i in. 1998). Dotyczy to ponad 90% osób uczulonych na alergeny roślinne, co potwierdzają badania kliniczne, także w Polsce (OBTUŁOWICZ i in. 1990; MAŁOLEPSZY i in. 2000; MYSZKOWSKA i in. 2002).

Badania diagnostyczne alergii pyłkowej są prowadzone przy użyciu standardowych wyciągów alergenowych zawierających alergeny izolowane z konkretnych gatunków traw. Należą tu głównie alergeny takich roślin, jak: *Dactylis glomerata* L., *Holcus lanatus* L., *Lolium perenne* L., *Phleum pratense* L., *Poa pratensis* L., *Festuca pratensis* Huds., *Alopecurus pratensis* L., *Bromus inermis* Leyss., *Phalaris arundinacea* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C. Presl, *Agrostis stolonifera* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Elymus repens* (L.) Gould i *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (RAPIEJKO & WERYSZKO-

Tabela 1. Terminy kwitnienia i godziny uwalniania pyłku z pylników wybranych gatunków traw (według SZAFER i in.1988; MAŚLANKIEWICZ 1957)

Table 1. Time of flowering and time of pollen grains release of selected grass species (according SZAFER *et al.*1988; MAŚLANKIEWICZ 1957)

Gatunek Species	Termin kwitnienia Time of flowering	Otwieranie pylników (godziny) Anthers opening (hours)
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	IV-VI	7.00–8.00
<i>Poa pratensis</i>	V-VIII	4.00–5.00, 21.00–5.00
<i>Lolium perenne</i>	V-IX	8.00–16.00
<i>Dactylis glomerata</i>	V-VIII	6.00–7.00, 1.00–10.30
<i>Holcus lanatus</i>	VI-VIII	6.00–7.00, 19.00–20.00
<i>Festuca elatior</i>	VI-VIII	6.00–7.00
<i>Phleum pratense</i>	VI, VII	7.00–8.00
<i>Agrostis vulgaris</i>	VII-VII	11.00–12.00
<i>Molinia caerulea</i>	VII-X	12.00–13.00
<i>Elymus repens</i>	VI-VII	16.00–17.00

CHMIELEWSKA 1998; ANDERSSON & LIDHOLM 2003). W związku z tym, że w Polsce rośnie ponad 300 gatunków traw (FREY 2007), a rutynowa ocena mikroskopowa ziaren pyłku poszczególnych gatunków jest bardzo trudna, pozycję taksonomiczną dla celów aerobiologicznych stanowi rodzina *Poaceae*, z wyróżnieniem zbóż.

Sezon pyłkowy traw jest stosunkowo długi ze względu na liczbę kwitnących gatunków oraz różny czas pylenia. Dla poszczególnych gatunków traw terminy kwitnienia wahają się od kwietnia do września, także godziny otwierania pylników są zróżnicowane (np. SZAFER i in. 1988; MAŚLANKIEWICZ 1957) (Tab. 1).

Celem pracy było sprawdzenie, czy w różnych etapach sezonu pyłkowego traw dobową dynamikę stężenia ich pyłku jest taka sama.

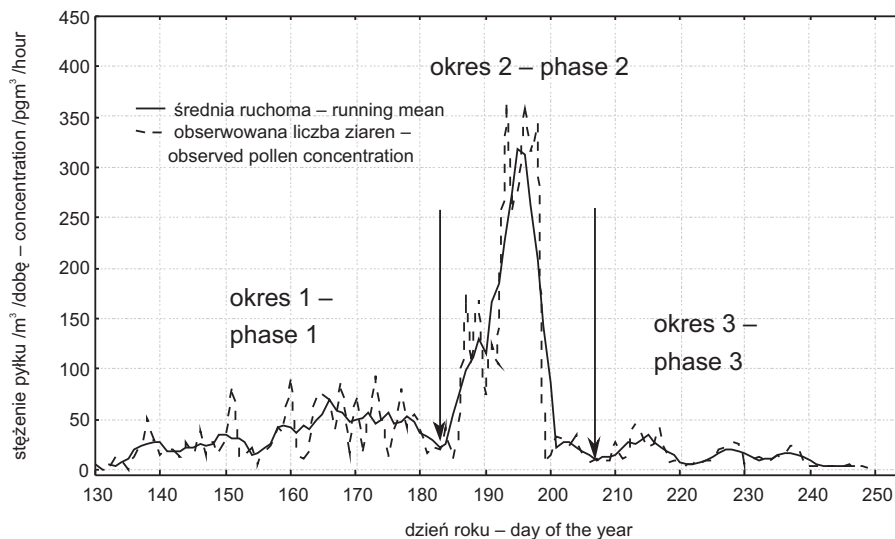
METODYKA

Stężenie pyłku traw w powietrzu oznaczano w Krakowie (220 m n.p.m., 50°03'N, 19°57'E) metodą wolumetryczną przy użyciu aparatu VPPS 2000 firmy Lanzoni (Ryc. 1). Aparat był umieszczony na standardowej wysokości 20 m n.p.g., zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Organizacji Aerobiologii (GALAN 1998), w centrum miasta. Aparat wolumetryczny pracuje w sposób ciągły przez cały rok pobierając powietrze wraz z materiałem pyłkowym osadzającym się na taśmie (*Melinex tape*) umieszczonej na obrotowym walcu. Działanie aparatu symuluje proces oddychania, powietrze jest zasysane ze stałą prędkością 10 l/minutę.



Ryc. 1. Stacjonarny aparat VPPS 2000 do analiz wolumetrycznych (Lanzoni s.r.l., Bologna, Włochy)

Fig. 1. Stationary volumetric sampler VPPS 2000 (Lanzoni s.r.l. Bologna, Italy)



Ryc. 2. Krzywa pyłkowa dynamiki stężenia pyłku traw w Krakowie w roku 2001

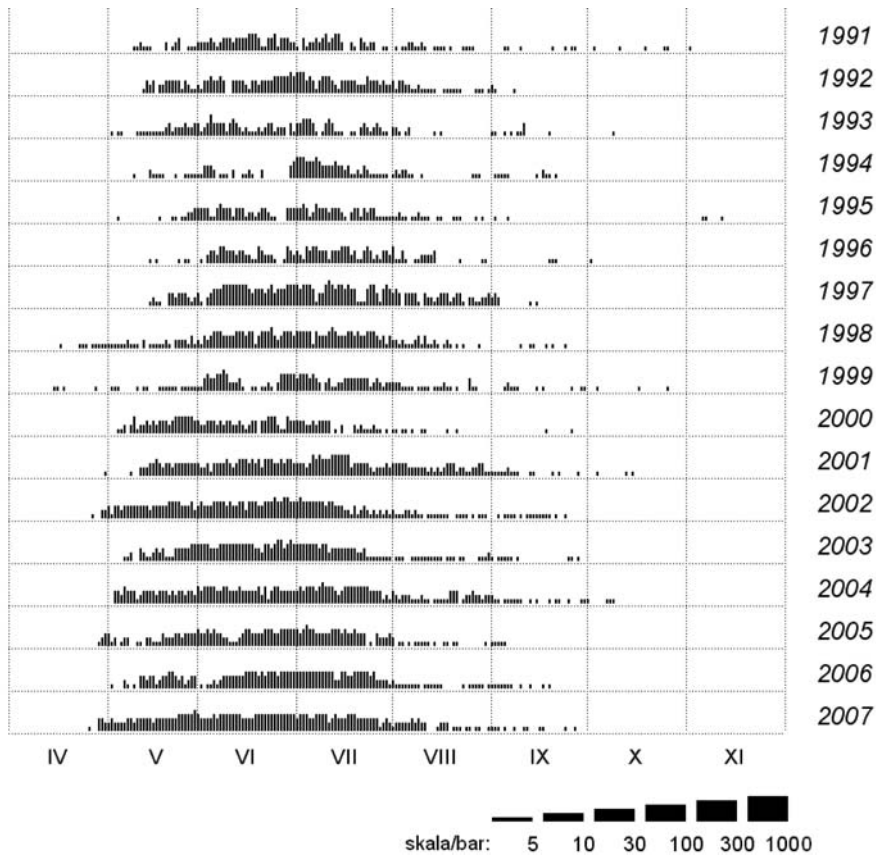
Fig. 2. Pollen curve of grass pollen season dynamics in Krakow, in 2001

Z tygodniowego odcinka taśmy wraz z materiałem badawczym wykonywane były preparaty mikroskopowe, każdy z nich zawierał dobowy odcinek taśmy. Ziarna pyłku traw liczone w preparacie mikroskopowym metodą 4 pasów horyzontalnych. Podczas identyfikacji ziaren używane są materiały referencyjne (np. MOORE i in. 1991). Stężenie dobowe ziaren pyłku podano jako liczbę ziaren w 1 m³ powietrza/24 godziny. W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki analiz aeropalinologicznych, w oparciu o dobowe koncentracje ziaren pyłku traw w Krakowie w latach 1991–2007 w formie kalendarza pyłkowego wykonanego w programie POLPAL-Aero 2006 (WALANUS & NALEPKA 2006). Zastosowano metodę 90% sumy rocznej do wyznaczenia początku i końca sezonu pyłkowego. Według tej metody za początek sezonu przyjmuje się dzień, w którym została osiągnięta i/lub przekroczona wartość 5% sumy rocznej pyłku, za koniec sezonu dzień, w którym została osiągnięta i/lub przekroczona wartość 95% sumy rocznej (STACH & KASPRZYK 2005).

Analizie poddano dobowe stężenia pyłku z roku 2001, jako najbardziej reprezentatywnego oraz dane godzinowe. Sezon pyłkowy podzielono na 3 okresy. W pierwszym okresie stężenia dobowe nie przekraczały 100 ziaren/m³, w okresie drugim stężenia dobowe przekraczały wartość 300 ziaren/m³, w okresie trzecim stężenia nie przekraczały wartości 50 ziaren/m³ (Ryc. 2). Dla każdego okresu osobno oceniano dobową dynamikę stężenia pyłku. Liczbę ziaren pyłku modelowano za pomocą regresji Poissona oraz Uogólnionego Modelu Addytywnego (GAM) (HASTIE i in. 2001).

WYNIKI

Analiza dobowych stężeń ziaren pyłku traw w powietrzu zebranych w latach 1991–2007 w formie kalendarza pyłkowego (Ryc. 3) wykazała, że istnieją różnice w przebiegu sezonów w poszczególnych latach. Pierwsze ziarna pyłku mogą się pojawiać w powietrzu od połowy kwietnia (1998, 1999) lub od połowy maja (1996, 1997). Pyłek traw występuje w powietrzu przez ponad pięć miesięcy, przy czym najwyższe stężenia obserwuje się od połowy maja prawie do połowy lipca. Charakterystyczną cechą krzywej pyłkowej dla traw jest



Ryc. 3. Sezony pyłkowe traw w Krakowie w latach 1991–2007. Kalendarz pyłkowy

Fig. 3. Grass pollen seasons in Krakow, in 1991–2007. Pollen calendar

asymetria prawoskośna. Niskie stężenia i pojedyncze ziarna pyłku utrzymują się w powietrzu do listopada.

Wyznaczenie parametrów sezonów pyłkowych traw w latach 1991–2007 wskazuje, że średnio sezon pyłkowy rozpoczynał się 20 maja, ale np. w roku 1999 za datę początku sezonu przyjęto 10 maja, natomiast w roku 1996 – 3 czerwca (Tab. 2). Różnica pomiędzy najwcześniejszym i najpóźniejszym początkiem sezonu wynosi około jednego miesiąca. Wydłużenie fazy końcowej sezonu powoduje większe różnice w długości sezonu, średnio około 43 dni. Parametrem o dużej zmienności jest roczna suma ziaren pyłku, wartość tego parametru może się różnić nawet 9-krotnie. Maksymalne stężenia pyłku zostały osiągnięte w godzinach 10–16.

W okresach pierwszym i trzecim sezonu pyłkowego w roku 2001 zaobserwowano podobny kształt dobowej dynamiki stężeń pyłku. Maksymalne wartości stężeń pyłku występowały w godzinach 9–15. W okresie drugim, przebieg dobowych stężeń był bardziej wyrównany; stwierdzono mniejsze różnice między maksymalnym i minimalnym stężeniem pyłku (p interakcji okresu i godziny pylenia wg modelu GAM <0.0001) (Ryc. 4).

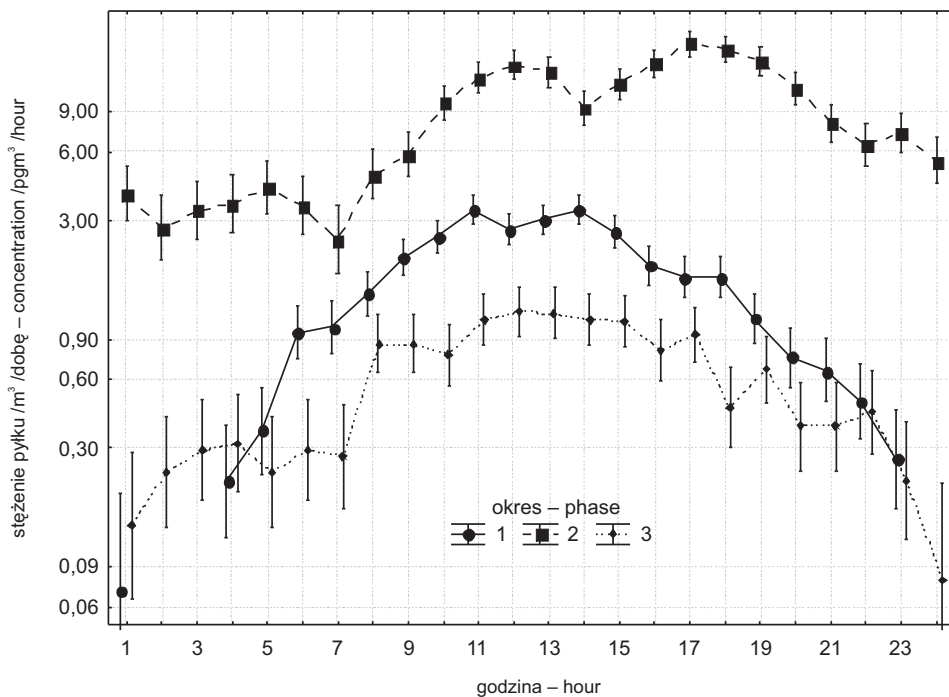
Tabela 2. Parametry sezonów pyłkowych traw obliczone na podstawie danych dobowych stężeń z lat 1991–2007 w Krakowie

Table 2. Grass pollen season parameters calculated on the basis of daily pollen concentrations in Krakow in 1991–2007

Wartość parametru Parameter value	Roczna suma ziarn – Annual pollen sum	Stężenie maksymalne dobowe – Maximum daily concentration			Początek sezonu* – Season start		Koniec sezonu* – Season end		Długość sezonu (liczba dni) – Season duration (number of days)
		Stężenia pyłku** – Pollen concentration	Dzień roku – Day of the year	Data – Date	Dzień roku – Day of the year	Data – date	Dzień roku – Day of the year	Data – Date	
Średnia	2125	118	177	26.06	141	20.05	206	24.07	65
Minimalna	640	37	131	11.05	122	10.05	191	09.07	50
Maksymalna	5938	231	196	15.07	155	03.06	226	13.08	93

* początek i koniec sezonu liczone stosując metodę 90% sumy rocznej (the 90% method was used to calculate the start and the end of pollen season)

** stężenie podano jako liczba ziaren pyłku w 1 m³ powietrza na 24 godziny (the concentration was calculated as a number of pollen grains in 1 m³ of the air per 24 hours)



Ryc. 4. Rozkład stężeń pyłku traw w ciągu doby w roku 2001 w Krakowie w trzech etapach sezonu pyłkowego

Fig. 4. The grass pollen diurnal periodicity in Krakow, in 2001, in three phases of pollen season

DYSKUSJA

Rodzina *Poaceae* to jednostka taksonomiczna o szczególnym znaczeniu dla badań aeropalinologicznych i ich wykorzystania w alergologii. Na podstawie kalendarza pyłkowego przedstawionego w niniejszym opracowaniu oraz poprzednich publikacji stwierdza się, że sezon pyłkowy traw w Krakowie trwa średnio od trzeciej dekady maja do trzeciej dekady lipca, a wyliczona długość sezonu może wynosić ponad 3 miesiące (MYSZKOWSKA i in. 2002; MYSZKOWSKA 2006). SZCZEPANEK (1994, 2006b) analizując dane grawimetryczne z Krakowa, pochodzące z opadu ziaren pyłku na powierzchnię lepną pod wpływem siły grawitacji, podaje, że długość sezonu pyłkowego traw może wynosić od 90 do 110 dni, sezon jest określany jako długi, o zwartym charakterze, a ziarna pyłku traw mogą się pojawiać w powietrzu nawet przez cały rok w wyniku zjawiska redepozycji. Czas trwania sezonu pyłkowego traw jest porównywalny do wyników uzyskanych w innych miastach w Polsce, pomimo pewnego zróżnicowania gatunkowego występujących traw (STACH 2000; PIOTROWSKA 2006).

Dynamika dobowego rozkładu stężenia pyłku odzwierciedla zjawisko rozprzestrzeniania się pyłku w powietrzu. Kwiaty traw należą do typu Longistamineae – kwiatów długo-pręcikowych osadzonych sztywno na łodydze z długimi nitkami pręcikowymi wynoszącymi duże pylniki poza obręb innych elementów kwiatu. Wiatr poruszając nimi wytrząsa pyłek, który porusza się biernie unoszony przez prądy powietrzne poziome (wiatr) i pionowe (turbulencja termiczna, konwekcja) (SZCZEPANEK 2003). Odległość jaką przebywa pyłek od źródła do punktu depozycji zależy od kierunku i siły prądu powietrza oraz od prędkości opadania w powietrzu nieruchomym. Pyłek wysypuje się z pylników po ich dość gwałtownym otwarciu, zazwyczaj poprzedzonym kilkugodzinnym nasłonecznieniem (DYAKOWSKA 1959).

W analizowanej próbie zawarte są ziarna pyłku, które zostały uwolnione w okresie kilku godzin poprzedzających pomiar oraz te, które uległy redepozycji. KASPRZYK i in. (2001) badając dobowy rozkład stężenia pyłku traw w 5 miastach Polski w latach 1995–1996 potwierdzają zróżnicowanie dynamiki dobowej. Wysokie stężenia pyłku rejestrowano w godzinach 8–16, w dwóch punktach (Ostrowiec Świętokrzyski, Kraków) odnotowano drugi, ranny szczyt pylenia w godzinach 4–6. Trawy zaliczane są do taksonów o nieregularnym rozkładzie stężenia w ciągu doby, istnienie dwóch maksimum stężeń notowano także w Londynie (NORRIS-HILL & EMBERLIN 1991).

Autorzy niniejszej pracy analizując dodatkowo stężenia dobowe w różnych okresach sezonu pyłkowego stwierdzili, że dynamika rozkładu dobowego różni się, zwłaszcza w odniesieniu do najwyższych stężeń. W tym czasie utrzymuje się prawie porównywalne stężenie pyłku w ciągu całej doby. Zanotowano jedynie niewielki spadek stężenia w godzinach nocnych. Przepuszczalnie jest to związane z faktem, że termin kwitnienia największej liczby gatunków traw w Polsce przypada właśnie w lipcu (Tab. 1). Taksony uwalniające pyłek rano oraz w godzinach wieczornych i nocnych powodują wzrost stężenia pyłku i wyrównanie krzywej dynamiki dobowej (np. *Poa pratensis*, *Holcus lanatus*, *Dactylis glomerata*).

Przedstawione wyniki badań należy traktować jako wstępne, wymagające weryfikacji na materiale z innych sezonów pyłkowych oraz prezentacji wyników na tle faz fenologicznych i danych meteorologicznych.

Jednak zawarte tu spostrzeżenia weryfikują informacje podawane w komunikatach pyłkowych, w których zaleca się, aby w głównym sezonie pyłkowym (czerwiec-lipiec) wietrzyć mieszkania w godzinach rannych. Informacja opiera się na analizie rozkładu stężenia pyłku traw w ciągu doby w całym sezonie pyłkowym. Wydaje się, że informacja ta jest słuszna tylko dla okresów niższych stężeń, czyli przed i po głównym sezonie pyłkowym, w którym pyłek traw jest obecny w powietrzu w wysokich stężeniach w godzinach południowych.

LITERATURA

- ANDERSSON K. & LIDHOLM J. 2003. Characteristics and immunology of grass pollen allergens. – *Int. Arch. Allergy Immunol.* **130**: 87–107.
- BOUSQUET J., KHALTAEV N., CRUZ A. A. *et al.* 2008. Allergic Rhinitis and Its Impact on Asthma (ARIA 2008). – *Allergy, Suppl* **86**: 8–160.
- D'AMATO G., SPIEKSMAN F. TH. M., LICCARDI G., JÄGER S., RUSSO S., KONTOU-FILI K., NIKKELS H., WÜTHRICH B. & BONINI S. 1998. Pollen-related allergy in Europe. – *Allergy* **53**: 567–578.
- DYAKOWSKA J. 1959. Podręcznik palynologii. s. 44–68. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- FRENZ D. A. 2001. Interpreting atmospheric pollen counts for use in clinical allergy: allergic symptomology. – *Ann. Allergy Asthma Immunol.* **86**: 150–158.
- FREY L. 2007. Taksonomia traw. – W: L. FREY (red.), *Księga polskich traw*, s. 39–76. Instytut Botaniki im. W. SZAFERA, Polska Akademia Nauk, Kraków.
- GALÁN SOLDEVILLA C. 1998. Sampling instruments. – W: P. MANDRIOLI (red.), *Methods in aerobiology*, s. 55–59. Bologna.
- HASTIE T., TIBSHIRANI R. & FRIEDMAN J. 2001. The elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction. s. 230–250. Springer-Verlag, Canada.
- KASPRZYK I., HARMATA K., MYSZKOWSKA D., STACH A. & STEPALSKA D. 2001. Diurnal variation of chosen airborne pollen at five sites in Poland. – *Aerobiologia* **17**: 327–345.
- MAŁOLEPSZY J., LIEBHART J., WOJTYNIAK B., PYSIEWICZ K. & PŁUSKA T. 2000. Występowanie chorób alergicznych w Polsce. – *Alergia Astma Immunologia* **5** supl. 2: 163–169.
- MAŚLANKIEWICZ K. 1957. *Mała encyklopedia przyrodnicza*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MOORE P. D., WEBB J. A. & COLLINSON M. E. 1991. *Pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- MYSZKOWSKA D. 2006. Pyłek wybranych taksonów roślin w powietrzu Krakowa, 2001–2005. – W: E. WERYSZKO-CHMIELEWSKA (red.), *Pyłek roślin w aeroplanktonie różnych regionów Polski*, s. 21–30. Katedra i Zakład Farmakognozji z Pracownią Roślin Leczniczych Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej w Lublinie, Lublin.
- MYSZKOWSKA D. 2007. Zastosowanie badań aerobiologicznych medycynie. – W: E. WERYSZKO-CHMIELEWSKA (red.), *Aerobiologia*, s. 85–94. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, Lublin.
- MYSZKOWSKA D., STEPALSKA D., OBTUŁOWICZ K. & POREBSKI G. 2002. The relationship between airborne pollen and fungal spore concentration and seasonal pollen allergy symptoms in Cracow in 1997–1999. – *Aerobiologia* **18**: 153–161.
- NORRIS-HILL J. & EMBERLIN J. 1991. Diurnal variation of pollen concentration in the air of north-central London. – *Grana* **30**: 229–234.

- OBTUŁOWICZ K., SZCZEPANEK K. & SZCZEKLIK A. 1990. The value of pollen count for diagnosis and therapy of pollen allergy in Poland. – *Grana* **29**: 318–320.
- OBTUŁOWICZ K., MYSZKOWSKA D. & STEPALSKA D. 2000. The efficacy of symptomatic treatment of pollen allergy with regard to pollen concentration – introduction of a new coefficient. – *Allergy Clin. Immunol.* **12/3**: 105–109.
- PIOTROWSKA K. 2006. The effect of meteorological factors on the start of the grass pollen season in Lublin in the years 2001–2004. – *Acta Agrobotanica* **59**(1): 365–372
- RAPIEJKO P. 2003. Medycyna a palinologia. – W: S. DYBOVA-JACHOWICZ & A. SADOWSKA (red.), *Palinologia*, s. 63–68. Instytut Botaniki im. W. Szafera, Polska Akademia Nauk, Kraków.
- RAPIEJKO P. & WERYSZKO-CHMIELEWSKA E. 1998. Pyłek traw. – *Alergia Astma Immunologia* **3**(4): 187–192.
- STACH A. 2000. Variation in pollen concentration of the most allergenic taxa in Poznan (Poland), 1995–1996. – *Aerobiologia* **16**: 63–68.
- STACH A. & KASPRZYK I. 2005. Metodyka badań zawartości pyłku roślin i zarodników grzybów w powietrzu z zastosowaniem aparatu Hirsta. s. 13–15. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- SZAFER W., KULCZYŃSKI S. & PAWŁOWSKI B. 1988. *Rośliny polskie*. Wyd. VI. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- SZCZEPANEK K. 1994. Pollen calendar for Cracow (southern Poland), 1982–1991. – *Aerobiologia* **10**(1): 65–70.
- SZCZEPANEK K. 2003. Wytwarzanie i rozprzestrzenianie spor i ziarn pyłku. – W: S. DYBOVA-JACHOWICZ & A. SADOWSKA (red.), *Palinologia*, s. 16–28. Instytut Botaniki im. W. Szafera, Polska Akademia Nauk, Kraków.
- SZCZEPANEK K. 2006a. Historia badań występowania i koncentracji pyłku roślin i zarodników grzybów w powietrzu w Polsce. – W: E. WERYSZKO-CHMIELEWSKA (red.), *Pyłek roślin w aeroplanktonie różnych regionów Polski*, s. 7–12. Katedra i Zakład Farmakognozji z pracownią Roślin Leczniczych Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej w Lublinie, Lublin.
- SZCZEPANEK K. 2006b. Pyłek wybranych taksonów roślin w powietrzu Krakowa, 1993–1997 (metoda grawimetryczna). – W: E. WERYSZKO-CHMIELEWSKA (red.), *Pyłek roślin w aeroplanktonie różnych regionów Polski*, s. 13–20. Katedra i Zakład Farmakognozji z pracownią Roślin Leczniczych Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej w Lublinie, Lublin.
- WALANUS A. & NALEPKA D. 2006. *POLPAL-Aero 2006*. Program do rysowania diagramów współczesnego opadu pyłku. Instrukcja użytkownika. Kraków.
- WERYSZKO-CHMIELEWSKA E. 2007. Zakres badań i znaczenie aerobiologii. – W: E. WERYSZKO-CHMIELEWSKA (red.), *Aerobiologia*, s. 6–10. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, Lublin.

SUMMARY

The results of the aeropalynological monitoring performed in Kraków, in 1991–2007 showed that grass pollen seasons fluctuated from year to year. The first pollen grains were noted in the air from the middle of April to the middle of May. The pollen seasons lasted about three months, although the single pollen grains were found in the air even in November.

On the basis of the daily grass pollen concentration data in 2001, the diurnal periodicity was calculated. In the first and third phases of the pollen season (the daily concentrations < 100 pollen grains per m⁻³air and the daily concentrations < 50 pollen grains per m⁻³air, respectively) the similar diurnal dynamics of pollen concentration was observed. The maximum values of pollen concentrations were noted between 9 a.m. and 3 p.m. In the second phase of the season (the daily concentrations > 300 pollen grains per m⁻³air) the curve

of the diurnal periodicity was smooth and the difference between maximum and minimum pollen concentrations was slighter. On the basis of the pollen concentration data in 2001 the investigations showed that the diurnal periodicity of pollen counts varied in different phases of the pollen season. Considering the fact that the species of the *Poaceae* family flower in different time of the pollen season and the pollen grains are released from the anthers also in different time, the authors accept the idea that the diurnal periodicity of grass pollen concentration could vary in different grass species.

Przyjęto do druku: 29.06.2009 r.