

Dynamika sezonów pyłkowych olszy i brzozy w Szczecinie i Warszawie (2008–2010)

Dynamics of alder and birch pollen seasons in Szczecin and Warsaw (2008–2010)

dr Małgorzata Puc¹, dr Mirosław I. Puc², dr n. med. Agnieszka Lipiec³, dr n. med. Piotr Rapiejko⁴

1. Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody Uniwersytetu Szczecińskiego

2. Instytut Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego

3. Zakład Profilaktyki Zagrożeń Środowiskowych Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

4. Klinika Otolaryngologii Wojskowego Instytutu Medycznego w Warszawie

Streszczenie: Celem pracy było porównanie dynamiki sezonów pyłkowych olszy i brzozy w Szczecinie i Warszawie w latach 2008–2010. Pomiary stężenia pyłku prowadzono metodą objętościową z zastosowaniem aparatów Burkard oraz Lanzoni. Sezon pyłkowy wyznaczono jako okres, w którym w powietrzu występuje 98% rocznej sumy ziaren pyłku. Indeks SPI obliczono jako sumę średnich dobowych stężeń pyłku w danym sezonie. Odnotowano znaczne różnice w czasie trwania sezonów. Sezon pyłkowy olszy rozpoczął się o kilka (od 2 do 8) dni wcześniej w Szczecinie niż w Warszawie; w przypadku sezonu pyłkowego brzozy różnice te są nieznaczne. W ciągu 3 lat badań zaobserwowano, że okresy pojawiania się w atmosferze pyłku olszy różnią się w danym mieście nawet o 7 tygodni, w przypadku brzozy różnica ta była nieznaczna i wynosiła 2–4 dni. Najwyższe, rekordowe wartości stężeń zaobserwowano w Warszawie, maksymalne stężenie pyłku olszy, wynoszące 1237 ziaren/m³, zarejestrowano 23 marca 2010 r., dla brzozy wartość 16 148 z/m³ odnotowano 19 kwietnia 2010 r. Stężenie pyłku *Alnus* w Szczecinie wykazuje istotną statystycznie korelację z wilgotnością względną powietrza oraz SO₂ i O₃; dla pyłku *Betula* występuje korelacja z temperaturą minimalną, wilgotnością i opadem atmosferycznym oraz O₃ i PM₁₀. Największe zagrożenie alergenami pyłku olszy i brzozy wystąpiło w Warszawie w 2008 r., okres z przekroczonym stężeniem progowym trwał dla *Alnus* 3 tygodnie, a dla *Betula* 4,5 tygodnia.

Abstract: The aim of the study was to compare the dynamics of pollen seasons of alder and birch in the cities of Szczecin and Warsaw in the years 2008–2010. Measurements were performed by the volumetric method (Burkard and Lanzoni pollen sampler). Pollen season was defined as the period in which 98% of the annual total catch occurred. Seasonal Pollen Index (SPI) was estimated as the annual sum of daily average pollen concentrations. The differences of pollen seasons duration were considerable. The pollen season of alder started several days (from 2 to 8) first in Szczecin than in Warsaw; these differences are inconsiderable for birch season. During the three years of study, the periods of occurrence of alder pollen in the air differs in 7 weeks of given city; in case of *Betula* there are only 2–4 days. In Warsaw, the highest, record airborne concentration of 1237 alder pollen grains/m³ was noted on the 23rd of March in 2010; for birch 16 148 pollen grains/m³ on the 19th of April in 2010. In Szczecin statistically significant correlation was found between the pollen count of *Alnus* versus the relative humidity, SO₂ and O₃; for *Betula* the correlation was found between pollen and minimum air temperature and relative humidity and also O₃ and PM₁₀. The highest threat of alder and birch allergens occurred in Warsaw in 2008 and the period with pollen count over an allergenic significantly value lasted respectively 3 (*Alnus*) and 4.5 (*Betula*) weeks.

Słowa kluczowe: alergeny, stężenie pyłku, dynamika sezonu pyłkowego, czynniki pogodowe, zanieczyszczenie powietrza, olsza – *Alnus*, brzoza – *Betula*, 2008–2010 r.

Key words: allergens, pollen count, dynamics of pollen season, meteorological conditions, air pollution, alder – *Alnus*, birch – *Betula*, 2008–2010.

Rodzaje *Alnus* i *Betula* należą do rodziny brzozowatych. Alergeny pyłku tych drzew są jednymi z głównych przyczyn pyłkowicy notowanej w północnej i centralnej Europie.

W Polsce występują następujące gatunki należące do rodzaju *Alnus*: olsza czarna (*A. glutinosa*), olsza szara (*A. incana*) i olsza zielona (*A. viridis*). Rodzaj *Alnus* wchodzi w skład lasów łągowych, zaliczanych do tzw. roślinności azonalnej, niezwiązanej z określoną strefą roślinną, lecz ze specyfiką siedliska, oraz bagiennych lasów olszowych, zwanych olsami. *A. glutinosa* występuje pospolicie w całym kraju wzdłuż cieków wodnych, jednak jest gatunkiem typowo nizinnym i zasiedla głównie obszary niżu północnej i środkowej części kraju. *A. incana* występuje w strefie borów iglastych i mieszanych na niżu południowej i środkowej części Polski oraz w górach, w strefie lasów liściastych do wysokości 1100 m n.p.m. [21].

Do rodzaju *Betula* należy około 120 gatunków, rosnących głównie w umiarkowanej i chłodnej strefie półkuli północnej. W Polsce, w stanie dzikim rośnie 7 gatunków. Dwa krzewiaste gatunki występują wyłącznie na torfowiskach i należą do relikwów glacialnych: brzoza karłowata (*B. nana*) i niska (*B. humilis*). Trzy kolejne spotykane są na południu kraju: brzoza ojcowska (*B. oycoviensis*), karpacka (*B. carpatica*) i czarna (*B. obscura*). Pospolita w całym kraju brzoza omszona (*B. pubescens*) rośnie na glebach umiarkowanie żyznych, nad brzegami wód, często z olszą. Gatunkiem występującym najczęściej jest brzoza brodawkowata (*B. pendula*) – drzewo o małych wymaganiach siedliskowych. Stanowi domieszkę borów sosnowych, mieszanych i dąbrów, rzadziej tworzy zwarte drzewostany zwane brzeźniakami. Jest to również podstawowe drzewo liściaste wykorzystywane w zadrzewieniach krajobrazowych, obsadzeniu dróg i w zieleni miejskiej [17].

Kwitnienie olszy czarnej rozpoczyna się przed rozwojem liści, w okresie przedwiośnia, zwykle w marcu i trwa do kwietnia. Olsza szara zakwita do dwóch tygodni wcześniej. Kwitnienie brzozy zachodzi jednocześnie z rozwojem liści i przypada na kwiecień i maj [17].

W zależności od warunków klimatycznych danego roku kalendarzowego okresy pojawiania się w atmosferze pyłku poszczególnych roślin mogą różnić się między sobą nawet o 5 tygodni [6]. Jest to związane z termicznym przedwiośniem występującym na obszarze Polski na przełomie zimy i wiosny. Przedwiośnie to okres, w którym średnia dobowa temperatura powietrza jest wyższa od 0°C, ale nie przekracza 5°C. Pojawia się

ono najwcześniej w południowo-zachodniej i zachodniej części kraju (Szczecin), a jego początek notowany jest przed 25 lutego. W Kotlinie Warszawskiej ta pora roku rozpoczyna się przed 7 marca [20].

Progowe stężenie pyłku, przy którym obserwujemy pierwsze objawy alergii, wynosi w Polsce: dla olszy – 45 ziaren/m³, dla brzozy – 20 ziaren/m³ [14]. Z powodu reakcji krzyżowych występujących między alergenami pyłku tych drzew objawy uczulenia notuje się również w okresie pylenia leszczyny, jesionu, a także po spożyciu m.in. jabłka lub selera.

Dodatkowym czynnikiem związanym z zagrożeniem alergenami pyłkowymi jest wpływ zanieczyszczeń powietrza na nasilenie reakcji alergicznych. Emisja zanieczyszczeń do środowiska naturalnego powoduje jego trwałe lub trudne do odwrócenia zmiany. Do szkodliwych substancji należą m.in.: pył zawieszony, ozon, tlenki siarki i węgla. Cząstki pyłu zawieszono o średnicy mniejszej niż 10 mikrometrów (PM₁₀) powstają przede wszystkim w procesach spalania. Cząsteczki te łatwo wnikają do płuc, powodują wzrost liczby infekcji dróg oddechowych i nasilenie objawów pyłkowicy. Ozon działa drażniaco na błonę śluzową dróg oddechowych i śluzówek. Powstaje w wyniku złożonych reakcji fotochemicznych między lotnymi substancjami organicznymi, tlenkami azotu i światłem słonecznym. Reakcje te przebiegają intensywnie latem, w dużych aglomeracjach miejskich, kilka godzin po szczycie natężenia ruchu samochodowego. Dwutlenek siarki powstaje w wyniku spalania zasiarzonego węgla kamiennego. Związki te uszkadzają śluzówkę dróg oddechowych, powodują wzrost lepkości śluzu, drażnią zakończenia włókien nerwowych w oskrzelach i powodują zapalenie [16].

Cel

Celem pracy było przedstawienie dynamiki sezonów pyłkowych olszy i brzozy w latach 2008–2010 w Szczecinie i Warszawie oraz określenie zależności między warunkami pogodowymi i zanieczyszczeniami powietrza a stężeniem pyłku tych drzew w Szczecinie.

Materiał i metody

Analizę koncentracji pyłku olszy i brzozy w powietrzu Szczecina i Warszawy przeprowadzono na podstawie danych z trzech lat (2008–2010). Pomiar stężenia pyłku prowadzono metodą objętościową z zastosowaniem aparatów Burkard oraz Lanzoni 2000 [11]. Czas sezonu pyłkowego wyznaczono metodą 98%. W celu porównania obfitości sezonów pyłkowych w obu miastach obliczono indeks SPI jako sumę śred-

nich dobowych stężeń pyłku w danym sezonie [2]. Do wyznaczenia początku sezonu pyłkowego, gdy u większości uczulonych osób występują pierwsze objawy pyłkowicy, zastosowano metodę skumulowanej SUMY 75 ziaren [3].

Do analizy statystycznej wykorzystano średnie wartości dobowe temperatury powietrza, wilgotności względnej, opadu atmosferycznego i prędkości wiatru w Szczecinie oraz wybrane parametry zanieczyszczenia powietrza, tj. dwutlenek siarki, ozon, pył zawieszony i tlenki azotu. Dane te pochodzą ze stacji meteorologicznej Vaisala (Helsinki), zamontowanej w punkcie monitoringu pyłkowego. Zależności między poszczególnymi parametrami a koncentracją pyłku zostały wyznaczone przy użyciu współczynnika korelacji rang Spearmana.

W celu opisanego głównych cech sezonu pyłkowego (dynamika) wyznaczono poszczególne fazy sezonu, dla których skumulowana suma pyłku osiąga wartości: 1–2,5%, 2,5–5%, 5–25%, 25–50%, 50%, 50–75%, 75–95%, 95–97,5% oraz 97,5–99% całkowitej sumy rocznej pyłku. Fazy te, oznaczone kolejno od 1 do 9, zostały przedstawione na rycinach 1 i 2. Dynamikę sezonów zaprezentowano na podstawie metody opisanej przez Latałową i wsp. [8].

Wyniki

Olsza

Kwitnienie i pylenie olszy zależy głównie od temperatur powietrza notowanych pod koniec zimy i w okresie przedwiośnia. W analizowanym trzyleciu najłagodniejsza zima wystąpiła w 2008 r., natomiast w latach 2009–2010 stwierdzano silne mrozy i zaleganie pokrywy śnieżnej prawie do końca marca. Sezon pyłkowy *Alnus* najwcześniej rozpoczął się w 2008 r.: w Szczecinie już 23 stycznia, w Warszawie 2 lutego. W 2010 r. początek sezonu zaobserwowano w obu miastach dopiero po połowie marca, czyli 7 tygodni później niż w 2008 r. (tab. 1, ryc. 1).

Najwyższe roczne sumy stężeń pyłku odnotowano w obu miastach w 2010 r. W Warszawie bardzo wysoki indeks SPI wystąpił również w 2008 r. W Szczecinie sezon pyłkowy był dłuższy niż w Warszawie, przeciętnie o 24 dni. Maksymalne stężenia dobowe pyłku olszy obserwuje się z reguły w drugiej połowie marca, jednakże w 2008 r., z powodu łagodnej zimy, maksima te stwierdzono już w lutym, natomiast rekordową wartość maksymalną (1227 z/m³) odnotowano w Warszawie, w 2010 r.

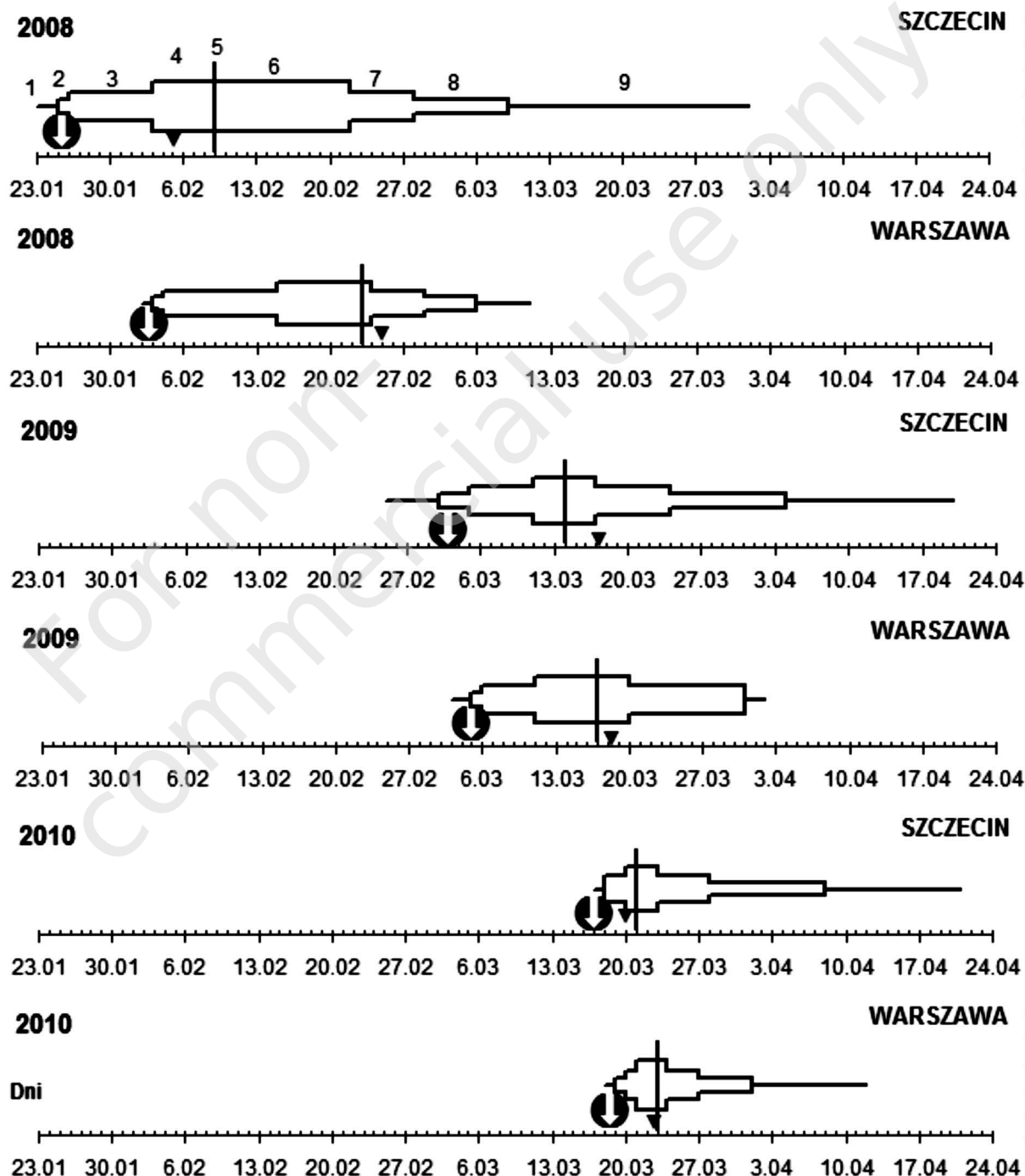
Analiza dynamiki sezonów pyłkowych wykazała wyraźne skrócenie faz początkowych (1–4) i wydłu-

Tabela 1. Charakterystyka sezonów pyłkowych olszy i brzozy (2008–2010) w Szczecinie i Warszawie.

Takson	Miasto	Szczecin			Warszawa		
	Rok	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Olsza	Czas sezonu pyłkowego wg metody 98% (liczba dni)	23 I–1 IV (69)	25 II–20 IV (60)	16 III–21 IV (35)	2 II–11 III (37)	3 III–2 IV (31)	18 III–12 IV (26)
	Początek sezonu wyznaczony metodą SUMY 75 ziaren	25 I	3 III	18 III	3 II	5 III	18 III
	Suma dobowych stężeń pyłku w sezonie (SPI, <i>Seasonal Pollen Index</i>)	2528	2838	4803	5017	2589	5452
	Stężenie maksymalne Ziarna/m ³ powietrza (data)	284 (5 II)	778 (17 III)	898 (20 III)	1059 (24 II)	369 (18 III)	1237 (23 III)
	Dni powyżej 45* ziaren [7]	19	13	10	23	18	10
Brzoza	Czas trwania sezonu pyłkowego wg metody 98% (liczba dni)	12 IV–22 V (40)	8–26 IV (20)	9 IV–6 V (28)	10 IV–12 V (33)	8 IV–4 V (27)	10 IV–1 V (22)
	Początek sezonu wyznaczony metodą SUMY 75 ziaren	13 IV	8 IV	9 IV	9 IV	8 IV	10 IV
	Suma dobowych stężeń pyłku w sezonie (SPI, <i>Seasonal Pollen Index</i>)	6601	6079	8615	15090	6404	16148
	Stężenie maksymalne Ziarna/m ³ powietrza (data)	1501 (25 IV)	1166 (15 IV)	1587 (19 IV)	1932 (14 IV)	896 (15 IV)	2890 (19 IV)
	Dni powyżej 20* ziaren [7]	25	23	25	34	27	22

* wartości progowe, przy których obserwuje się pierwsze objawy alergii

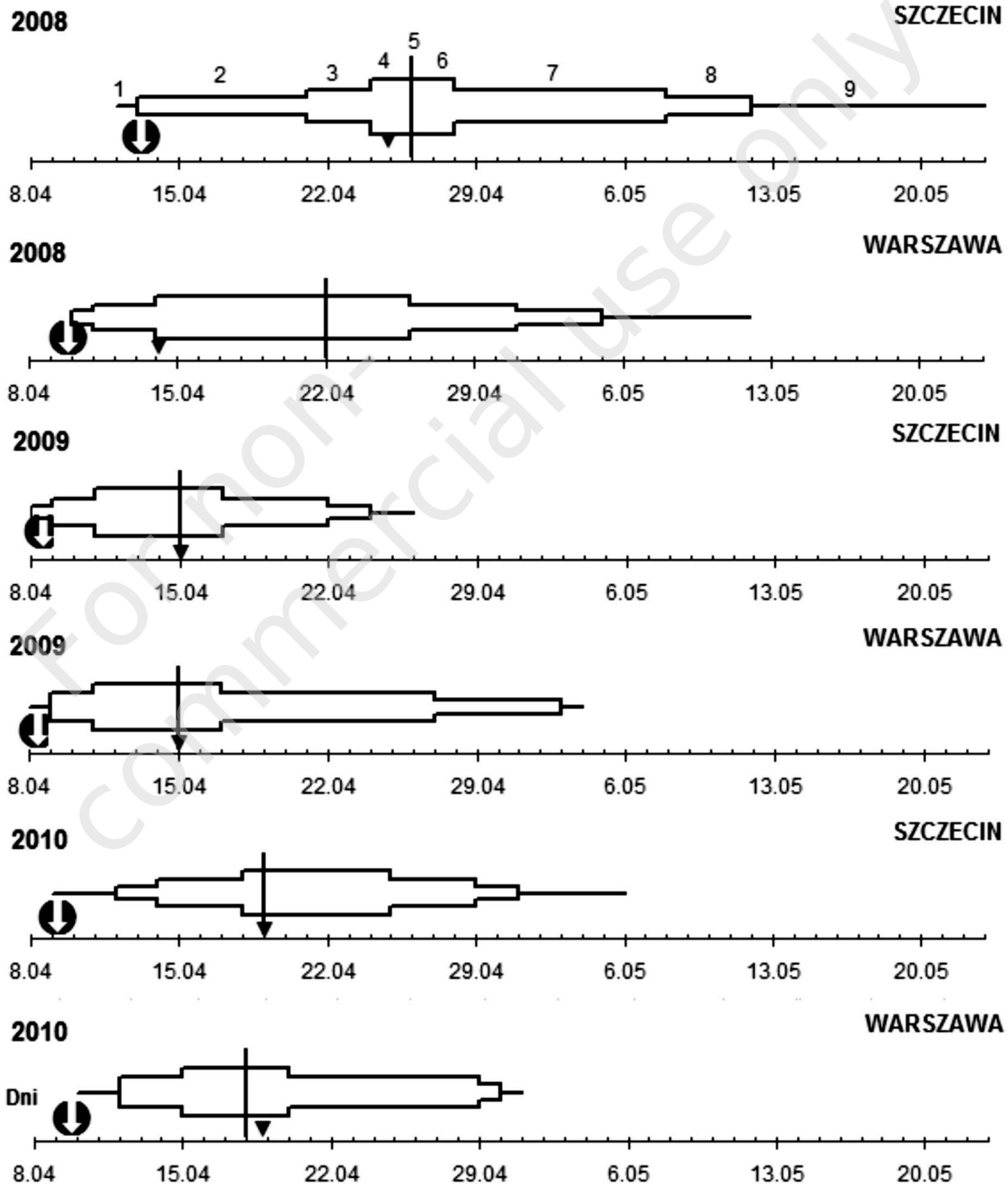
Rycina 1. Dynamika sezonów pyłkowych olszy w Szczecinie i Warszawie w latach 2008–2010; fazy sezonów: 1 – początek sezonu dla 1% sumy rocznej pyłku, 2 – 2,5–5%, 3 – 5–25%, 4 – 25–50%, 5 – 50% (linia pionowa), 6 – 50–75%, 7 – 75–95%, 8 – 95–97,5%, 9 – koniec sezonu dla 99% sumy rocznej pyłku. ▼ – data maksymalnego stężenia pyłku, ↓ – początek sezonu wyznaczony metodą SUMY 75 ziaren.



żenie faz końcowych (7–9); od tego schematu odbiega jedynie sezon z 2008 r. w Warszawie. Od rozpoczęcia sezonu do osiągnięcia wartości połowy rocznej sumy pyłku (50%) mijało od 5 do 17 dni. Po przekroczeniu tej fazy sezon trwał jeszcze od 15 do 50 dni. Oznacza to, że większość pyłku wprowadzana jest do atmosfery w ciągu pierwszych dwóch tygodni sezonu. Jego cał-

kowita długość waha się od 4 do 9 tygodni. Dodatkowo, stosując metodę skumulowanej SUMY 75 ziaren, stwierdzono, że w przypadku olszy pierwsze objawy pyłkowicy u chorych pojawiają się w ciągu 1–3 dni od daty startu sezonu pyłkowego (ryc. 1). Okres z koncentracją powyżej 45 z/m³, gdy u chorych utrzymują się objawy alergii, trwał w obu miastach od półtora do

Rycina 2. Dynamika sezonów pyłkowych brzozy w Szczecinie i Warszawie w latach 2008–2010; fazy sezonów: 1 – początek sezonu dla 1% sumy rocznej pyłku, 2 – 2,5–5%, 3 – 5–25%, 4 – 25–50%, 5 – 50% (linia pionowa), 6 – 50–75%, 7 – 75–95%, 8 – 95–97,5%, 9 – koniec sezonu dla 99% sumy rocznej pyłku. ▼ – data maksymalnego stężenia pyłku; ↓ – początek sezonu wyznaczony metodą SUMY 75 ziaren.



trzech tygodni; w latach 2008–2009 był dłuższy o 4–5 dni w Warszawie niż w Szczecinie.

Analiza statystyczna danych pogodowych i pyłkowych ze Szczecina wykazała istotny statystycznie spadek koncentracji pyłku olszy wraz ze wzrostem wilgotności względnej, kiedy to obserwuje się zamykanie pylników. Odnotowano również dodatni, istotny

statystycznie związek między zawartością pyłku a stężeniem SO_2 i ozonu w powietrzu. Jednoczesna, wysoka koncentracja alergenów pyłkowych i zanieczyszczeń gazowych wyjaśnia nadmiernie nasilone objawy pyłkowicy występujące u pacjentów w tym okresie (tab. 2).

Tabela 2. Zależności między czynnikami pogodowymi i zanieczyszczeniami powietrza a stężeniem pyłku olszy i brzozy w Szczecinie w latach 2008–2010 (korelacja rang Spearmana dla $p=0,05$).

Parametr Takson	Rok	Temp. min. (°C)	Wilg. wzgl. (%)	V_{max} wiatru (m/s)	Opad (mm)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)	CO (µg/m ³)
Olsza	2008	0,06127	0,07165	0,19271	-0,10659	0,33206*	0,51712*	0,19425	0,14382
	2009	-0,08010	0,16437	0,05937	0,14304	-0,11708	-0,00864	-0,15034	0,13072
	2010	0,16164	0,24921*	0,19217	-0,06163	-0,31777	-0,00498	0,16737	0,08845
Brzoza	2008	0,61383*	-0,56129	-0,11670	-0,52670*	0,25525	0,43161*	0,39492	-0,44089
	2009	0,33871*	-0,3286*	0,00953	-0,22304	0,17840	0,23316	0,03956	-0,35736*
	2010	0,45938*	-0,6056*	0,16503	-0,36185*	0,01576	0,62320*	0,29811*	0,07670

* korelacja istotna statystycznie

Brzoza

Rozpoczęcie sezonu pyłkowego brzozy wahało się w Szczecinie między 8 a 12 kwietnia, a w Warszawie między 8 a 10 kwietnia. Ekstremalne sezony odnotowano w Szczecinie, najdłuższy w 2008 r. (ok. 6 tygodni), najkrótszy (ok. 3 tygodni) – w 2009 r. Sezonowy indeks pyłkowy (SPI), stanowiący sumę ziaren pyłku brzozy w sezonie, osiągnął najwyższe wartości w obu miastach w 2010 r., rekordowe wartości SPI notowano również w Warszawie w 2008 r. Maksymalne stężenia dobowe pyłku brzozy obserwowano w obu miastach między 14 a 19 kwietnia, jedynie w 2008 r. w Szczecinie maksimum sezonowe odnotowano 25 kwietnia (tab. 1).

Diagramy obrazujące dynamikę sezonów pyłkowych są asymetryczne (ryc. 2), fazy początkowe (1–4) są skrócone i zwarte, a w dwóch przypadkach występuje brak pierwszego etapu (1). Fazy końcowe (7–9) są wydłużone. Od tego schematu odbiega, podobnie jak w przypadku olszy, sezon z 2008 r. w Warszawie. Wartość 50% rocznej sumy pyłku została osiągnięta między 6. a 10. dniem po rozpoczęciu sezonu, a 75% sumy rocznej notowano między 9. a 14. dniem od startu sezonu (średnio sezon pyłkowy brzozy trwał 3–4 tygodnie). Oznacza to, że od momentu rozpoczęcia sezonu stężenie pyłku brzozy wzrasta gwałtownie i w ciągu kilku dni osiąga bardzo wysokie wartości. Metoda skumulowanej SUMY 75 ziaren wykazała również, że objawy pyłkowicy u chorych występują równocześnie z początkiem sezonu pyłkowego brzozy (tab. 1, ryc. 2). Okres z koncentracją powyżej 20 z/m³, gdy u chorych utrzymują się objawy alergii, trwał w obu miastach z reguły przez cały sezon.

Analiza statystyczna parametrów pogodowych, zanieczyszczeń i koncentracji pyłku w Szczecinie wykazała istotny statystycznie wzrost stężenia pyłku brzozy wraz ze wzrostem temperatury minimalnej powietrza oraz spadek koncentracji przy opadach i dużej

wilgotności względnej powietrza. W odniesieniu do zanieczyszczeń powietrza odnotowano natomiast dodatnią, istotną statystycznie korelację między stężeniem pyłku a zawartością ozonu i pyłu zawieszonego w powietrzu oraz ujemną korelację – dla tlenku węgla (tab. 2). Podobnie jak w przypadku olszy, wysoka koncentracja alergenów pyłkowych i zanieczyszczeń gazowych prowadzi do wzrostu natężenia objawów alergii pyłkowej.

Omówienie wyników

W kalendarzach pyłkowych wielu miast Polski początek sezonu pyłkowego olszy notowany jest na przełomie stycznia i lutego, stężenia maksymalne notowane są natomiast w marcu, rzadziej w lutym [18]. W 2008 r. sezon pyłkowy olszy rozpoczął się w Szczecinie już pod koniec stycznia, w 2009 r. w Warszawie i Szczecinie – na przełomie lutego i marca, a w 2010 r., z powodu długiej i mroźnej zimy, dopiero w drugiej połowie marca. Porównanie sezonów pyłkowych olszy w latach 2007–2010 [1, 10, 13] wykazało, że wartości maksymalne pyłku rejestrowane są najczęściej w trzeciej dekadzie marca (wyjątkowo w 2008 r. – w lutym), natomiast największe zagrożenie alergenami pyłku olszy (ocenione na podstawie liczby dni z przekroczoną wartością progową) obserwowano w 2008 r.

Sezon pyłkowy brzozy w wielu miastach Polski rozpoczyna się najczęściej na początku kwietnia. Należy do sezonów zwartych, o dynamicznym przebiegu, z maksimum stężenia ziaren pyłku występującym zwykle w drugiej połowie kwietnia [18, 19]. W badanym okresie w Warszawie i Szczecinie początek sezonu notowano między 8 a 12 kwietnia, a wartości maksymalne, podobnie jak dla całej Polski – zarejestrowano w drugiej połowie kwietnia. W obu miastach stwierdzono występowanie dużej liczby dni ze stężeniem pyłku brzozy wyższym od wartości pro-

gowej. Dni te stanowiły znaczną część sezonu (62,5–100%).

Badanie zmienności występowania kolejnych etapów sezonów pyłkowych, a zwłaszcza ich początku, jest jednym z elementów koniecznych do ustalenia progów wrażliwości pacjentów na alergeny pyłkowe [5]. Sezony pyłkowe roślin są uważane za wskaźniki zmienności fenologii, ekologii roślin oraz zmian klimatu [4]. Wielu autorów wskazuje, że istotny wpływ na początek sezonu pyłkowego olszy i brzozy wywiera temperatura w okresie poprzedzającym pylenie [4, 15]. W Polsce daty termicznego przedwiośnia przesuwają się z zachodu na wschód [9]. Z tego względu analiza dynamiki kolejnych faz sezonów pozwala ocenić zagrożenie alergenami w trakcie sezonów oraz powtarzalny w kolejnych latach schemat opóźnienia początku sezonu, przebiegający z zachodu na wschód, zgodnie z gradientem temperatur powietrza na przełomie zimy i wiosny.

Czynniki pogodowe należą do najważniejszych elementów określających występowanie pyłku w powietrzu. Stężenie pyłku olszy w powietrzu Szczecina było ujemnie skorelowane z wilgotnością względną. W przypadku brzozy odnotowano dodatnią korelację z temperaturą powietrza, a ujemną – z opadem i wilgotnością względną. Podobne zależności obserwowaly m.in. Kasprzyk i wsp. [7], Weryszko-Chmielewska i wsp. [18] oraz Latałowa i wsp. [8]. Badania prowadzone przez Parrado i wsp. [12] oraz Rodriguez-Rajo i wsp. [15] wykazały, że na pojawianie się i obecność pyłku olszy i brzozy w powietrzu największy wpływ wywiera temperatura powietrza, natomiast opady i wilgotność obniżają stężenie w mniejszym stopniu. Odnotowano również dodatni, istotny statystycznie związek między koncentracją pyłku a stężeniem CO₂, ozonu i pyłem zawieszonym w powietrzu. Związek ten jest wynikiem zależności między parametrami pogodowymi a zanieczyszczeniami gazowymi i stężeniem pyłku roślinnego. Zanieczyszczenia powietrza mogą dodatkowo modyfikować strukturę alergenów pyłkowych i powodować nasiloną odpowiedź immunologiczną organizmu [16].

Wnioski

Opóźnienie startu sezonu pyłkowego w Warszawie, w porównaniu ze Szczecinem, wynosi od 2 do 8 dni; w przypadku sezonu pyłkowego brzozy różnice te są nieznaczne.

Okresy pojawiania się pyłku olszy w powietrzu różnią się w wieloletniu, w tym samym punkcie pomiarowym nawet o 7 tygodni, w przypadku brzozy różnica ta wynosi 2–4 dni.

Największe zagrożenie alergenami pyłku olszy i brzozy wystąpiło w Warszawie w 2008 r., a okres z przekroczonym stężeniem progowym trwał odpowiednio 3 i 4,5 tygodnia.

Stężenie pyłku obu analizowanych taksonów było istotnie statystycznie skorelowane z wilgotnością względną, a w przypadku brzozy również z temperaturą minimalną i opadami atmosferycznymi.

Istotna statystycznie korelacja między stężeniem pyłku a zawartością ozonu jest efektem oddziaływania podwyższonej temperatury powietrza i nasłonecznienia, szczególnie na obszarach zurbanizowanych.

Piśmiennictwo:

1. Chłopek K., Puc M., Malkiewicz M., Świebocka E., Modrzyński M., Rapiejko P., Piotrowska K., Weryszko-Chmielewska E., Myszkowska D., Dąbrowska-Zapart K.: Analiza stężenia pyłku olszy w wybranych miastach Polski w 2007 roku. *Alergoprofil* 2008, 4(2): 37-41.
2. Comtois P.: *Statistical analysis of aerobiological data. W: Methods in Aerobiology. Mandrioli P., Comtois P., Levizzani V. (red.). Pitagora Editrice Bologna, Bologna 1998: 217-259.*
3. Driessen M.N.B.M., van Herpen R.M.A., Smithuis L.O.M.J.: *Prediction of the start of the grass pollen season of the southern part of the Netherlands. Grana* 1990, 29: 79-86.
4. Emberlin J., Smith M., Close R., Adams-Groom B.: *Changes in the seasons of the early flowering trees *Alnus* spp. and *Corylus* spp. in Worcester, United Kingdom, 1996-2005. Int. J. Biometeorol.* 2007, 51: 181-191.
5. Frenz D.A.: *Interpreting atmospheric pollen count for use in clinical allergy: spatial variability. Ann. Allergy, Asthma, Immunol.* 2000, 84: 481-491.
6. Gniazdowski R., Klimas F.: *Wykorzystanie obserwacji paleontologicznych i fenologicznych w ustalaniu szczegółowej etologii pyłkowicy. Otolaryngologia Polska* 1976, 30: 21-27.
7. Kasprzyk I.: *Regional differentiation in the dynamics of the pollen season of *Alnus*, *Corylus*, and *Fraxinus* in Poland (preliminary results). Aerobiologia* 2004, 20: 141-151.
8. Latałowa M., Miętus, M., Urska A.: *Seasonal variations in the atmospheric *Betula* pollen count in Gdansk (Southern Baltic coast) in relation to meteorological parameters. Aerobiologia* 2002, 18: 33-43.
9. Lorenc L.: *Atlas klimatu Polski. IMGW, Warszawa 2005.*
10. Malkiewicz M., Chłopek K., Myszkowska M., Weryszko-Chmielewska E., Piotrowska K., Rapiejko A., Lipiec A., Puc M.: *Analiza stężenia pyłku olszy w wybranych miastach Polski w 2007 r. Alergoprofil* 2007, 3(2): 35-40.
11. Mandrioli P., Comtois P., Dominguez E., Galan C., Isard S., Syzdek L.: *Sampling: Principles and Techniques. W: Methods*

- in *Aerobiology*. Mandrioli P., Comtois P., Levizzani V. (red.). Pitagora Editrice Bologna, Bologna 1998: 47-112.
12. Parrado A.G., Barrera R.M.V., Rodriguez C.R.F., Maray A.M.V., Romero R.P., Fraile R., Gonzales D.F.: *Alternative statistical methods for interpreting airborne Alder [Alnus glutinosa (L.) Gaertner] pollen concentrations*. *Int. J. Biometeorol.* 2009, 53: 1-9.
 13. Puc M., Myszkowska D., Lipiec A., Rapiejko P., Weryszko-Chmielewska E., Piotrowska K., Malkiewicz M., Puc M.I., Zielnik-Jurkiewicz B., Myśliwy M., Grinn-Gofroń A., Wolski T., Winnicka I., Jurkiewicz D.: *Pylek olszy w powietrzu wybranych miast Polski w roku 2009 r. Alergoprofil 2009*, 5(1): 49-53.
 14. Rapiejko P., Lipiec A., Wojdas A., Jurkiewicz D.: *Threshold pollen concentration necessary to evoke allergic symptoms*. *Int. Rev. Allergol. Clin.* 2004, 10(3): 91-93.
 15. Rodriguez-Rajo J., Gonzalez M.D., Maray A.V., Suarez F.J., Barrera R.M., Jato V.: *Biometeorological characterization of the winter in the north-west Spain based on Alnus pollen flowering*. *Grana* 2006, 45: 288-296.
 16. Rogerieux F., Godfrin D., Sènèchal H., Motta A.C., Marlière M., Peltre G. et al.: *Modifications of Phleum pratense Grass Pollen Allergens following Artificial Exposure to Gaseous Air Pollutants (O₃, NO₂, SO₂)*. *Allergy and Immunology* 2007, 143: 127-134.
 17. Seneta W.: *Drzewa i krzewy liściaste. Tom I A-B*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1991: 331.
 18. Weryszko-Chmielewska E. (red.): *Pylek roślin w aeroplanktonie różnych regionów Polski*. Wyd. Katedry i Zakładu Farmakognozji Wydz. Farmaceutycznego Akad. Medycznej im. Prof. F. Skubiszewskiego. Lublin, 2006.
 19. Weryszko-Chmielewska E., Piotrowska K., Myszkowska D., Puc M., Rapiejko P., Malkiewicz M., Chłopek K., Zielnik-Jurkiewicz B., Winnicka I., Lipiec A.: *Analiza stężenia pyłku brzozy w wybranych miastach Polski w 2009 r. Alergoprofil 2009*, 5(2): 50-54.
 20. Woś A.: *Klimat Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999: 302.
 21. Ziółkowska M.: *Gawędy o drzewach*. Wyd. Arkona, Warszawa 1993.

Adres do korespondencji:

dr Małgorzata Puc

Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody Uniwersytetu
Szczecińskiego

71-412 Szczecin, ul. Z. Felczaka 3c

e-mail: mapuc@univ.szczecin.pl