

Jerzy WOŁEK<sup>1</sup>  
Dorota MYSZKOWSKA<sup>2</sup>

## Strategia badań aerobiologicznych

<sup>1</sup>Institut Biologii  
Akademii Pedagogicznej im. KEN  
w Krakowie

<sup>2</sup>Zakład Alergologii Klinicznej  
i Środowiskowej Collegium Medium  
Uniwersytetu Jagiellońskiego

### Słowa kluczowe:

- cele aerobiologii
- prawidłowość statystyczna
- statystyka danych  
aerobiologicznych
- chaos i prognozowanie

### Key words:

- aims of the aerobiology
- statistical regularity
- statistics of aerobiological data
- chaos and forecasting

Badania aerobiologiczne, przede wszystkim dotyczą wykrywania: (1) zależności między charakterystykami sezonu pyłkowego lub zarodnikowego a zmiennymi pogodowymi; (2) prawidłowości związanych z przebiegiem dobowej, sezonowej i wieloletniej dynamiki koncentracji cząstek biologicznych oraz (3) progowych koncentracji pyłku i zarodników, których przekroczenie wywołuje odczyn alergiczny. W pracy poruszono różne aspekty analizy danych aerobiologicznych, które mogą mieć wpływ na wynik tych analiz. W szczególności, ważne jest by analizować duże zbiory obserwacji, w tym dane wieloletnie, a w analizie wykorzystywać metody statystycznego opisu i wnioskowania. W pracy pokazano, jak można wzbogacić tradycyjny sposób prezentacji danych aerobiologicznych o pewne elementy statystyki opisowej. Podkreślono też wagę podjęcia próby wykrycia chaotycznej dynamiki w aerobiologicznych szeregach czasowych, ponieważ jej obecność ma niekorzystny wpływ na prognozy dotyczące dobowej, sezonowej i wieloletniej dynamiki koncentracji cząstek biologicznych.

### Strategy of aerobiological studies

The aerobiologists are mainly interested in: (1) the relations between parameters of the pollen/spores season and the weather conditions; (2) rules of daily, season and multi-year concentration dynamics of biological particles; (3) threshold values for pollen or fungal spore concentrations causing allergic reactions. This paper concerns different aspects of statistical analysis of aerobiological data which can influence results of the analysis. It is important particularly to investigate the large data collections of observations, as well as multi-year data and to use the method of statistical description and inference. It was shown in the paper it is showed how to enrich traditional ways of the aerobiological data presentation by some elements of descriptive statistics. The attempts for detection of chaotical dynamics in aerobiological time series is underlined because in the presence of deterministic chaos daily, season and the multi-years pollen and fungal spore concentrations cannot reasonably be predicted.

### Cele aerobiologii

Aerobiolodzy realizują dwa zasadnicze cele badawcze: cel poznawczy i cel ukierunkowany na profilaktykę chorób alergicznych. W pierwszym przypadku, aerobiolog skupia się głównie na poszukiwaniu zależności między charakterystykami sezonu pyłkowego lub zarodnikowego a zmiennymi pogodowymi. W tego typu badaniach, praktycznie wcale nie są brane pod uwagę właściwości biologiczne i fizjologiczne rozważanego taksonu i jego ekologia. Naszym zdaniem może to mieć istotne znaczenie przy ustalaniu niektórych charakterystyk sezonu pyłkowego czy zarodnikowego. Dobrym przykładem mogą być, cytowane przez Czarnowskiego [1], niepublikowane badania A. Wernikowskiej-Ukleji nad zakwitaniem leszczyny, *Corylus avellana*. Zakwitanie tego krzewu uważane jest za zjawisko kapryśne, niezależne od temperatury. Leszczyna zaliczana jest do roślin krioofilnych, które wymagają przejścia przez niskie temperatury w okresie zimy, aby mogły zakwitnąć. A. Wernikowska-Ukleja zdołała określić próg termiczny i ustaliła, że u roślin drzewiastych zjawisko zakwitania

i rozpoczęcia pędzenia na wiosnę można opisać za pomocą odpowiedniego równania [1: 68]. Okazało się przy tym, że dla pobudzenia na wiosnę krioofilnych roślin drzewiastych znacznie ważniejszy jest czas trwania temperatur podprogowych i nadprogowych, niż wysokość temperatury podprogowej i nadprogowej.

W niektórych przypadkach należałoby też uwzględnić działalność człowieka. Może on mieć – na przykład – istotny wpływ na „wysoki” koncentracji zarodników *Alternaria*. Jak wiadomo, grzyb ten występuje na zbożach a wyjątkowo duże dzienne stężenia zarodników obserwuje się w lipcu i sierpniu kiedy jest mało opadów i słoneczna pogoda. Jest bardzo prawdopodobne, że bezpośrednio przyczyną tego zjawiska może być nasilenie prac żniwnych w tym okresie.

Wówczas, gdy badania ukierunkowane są na profilaktykę chorób alergicznych, poszukiwanie statystycznego związku między dynamiką koncentracji cząstek biologicznych i czynnikami klimatycznymi ma, w zasadzie, drugorzędne znaczenie. W tym wypadku, uwagę skupia się, przede wszystkim, na (i) wykrywaniu „mocnych” prawidłowości związanych z przebiegiem dobowej, sezonowej i wieloletniej dynamiki koncentracji cząstek biologicznych oraz (ii) na ustalaniu progowych koncentracji tych cząstek w powietrzu atmosferycznym, po przekroczeniu których obserwuje się zmiany alergiczne u osób uczulonych na pyłek drzew, krzewów i roślin zielnych oraz na zarodniki grzybów. Dla lekarza praktyka nie jest ważne, od których czynników zależy koncentracja pyłku lub zarodników. Lekarz powinien przede wszystkim wie-

Adres do korespondencji:

Prof. dr hab. Jerzy Wolek

Institut Biologii Akademii Pedagogicznej im. KEN w Krakowie  
ul. Podbrzezie 3, 31-054 Kraków

Tel: (+12) 662 67 08

e-mail: jerzy.wolek0@neostrada.pl

Tabela I

Charakterystyki sezonów pyłkowych Fraxinus dla Sosnowca w latach 2001-2005 wg [22]. Objaśnienia: (d-m) - dzień-miesiąc; [p/m<sup>3</sup>] - liczba ziarn pyłku w m<sup>3</sup> powietrza atmosferycznego.

Characteristics of Fraxinus pollen seasons calculated for Sosnowiec for years 2001-2005 acc. [22]. Explanations: (d-m) - day - month; [p/m<sup>3</sup>] - grains per cubic metre.

Rok	Sezon pyłkowy			Maksymalne stężenie ziarn pyłku [p/m <sup>3</sup> ]	Wystąpienie maksymalnego stężenia ziarn pyłku (d-m)	Suma roczna
	Początek sezonu (d-m)	Koniec sezonu (d-m)	Długość sezonu (liczba dni)			
2001	3-04	9-05	36	92	29-04	750
2002	9-03	7-05	59	73	18-04	916
2003	1-04	8-05	37	169	26-04	1400
2004	20-03	6-05	47	159	19-04	990
2005	4-04	3-05	39	186	17-04	692

Tabela II

Charakterystyki sezonów pyłkowych Fraxinus dla Sosnowca w latach 2001-2005, wyliczone dla danych z tabeli I. UWAGA: dni liczone są od początku roku. Objaśnienia: [p/m<sup>3</sup>] - liczba ziarn pyłku w m<sup>3</sup> powietrza atmosferycznego; min - wartość minimalna; max - wartość maksymalna;  $\bar{x}$  - średnia arytmetyczna; s - odchylenie standardowe; V% - współczynnik zmienności wyrażony w %; [-95%; +95%] - przedział ufności; V (  $\bar{x}$  ) % - względny błąd estymacji przedziałowej wyrażony w %; me - wartość medialna; Q<sub>1</sub> - kwartył dolny; Q<sub>3</sub> - kwartył górny, Q<sub>R</sub> - rozstęp (Q<sub>3</sub>-Q<sub>1</sub>); Q - odchylenie ćwiartkowe, Q<sub>R</sub>/2; V<sub>Q</sub>% - pozycyjny współczynnik zmienności, Characteristics of Fraxinus pollen seasons calculated for Sosnowiec for years 2001-2005 on the basis of data taken from table I. NOTE: days are counted from the beginning of a given year. Explanations: [p/m<sup>3</sup>] - grains per cubic metre; min - minimal value; max - maximal value;  $\bar{x}$  - arithmetic mean; s - standard deviation; V% - variation coefficient in %; [-95%; +95%] - confidence interval; V (  $\bar{x}$  ) % - error of interval estimation; me - median; Q<sub>1</sub> - first quartile; Q<sub>3</sub> - third quartile; Q<sub>R</sub> - interquartile range (Q<sub>3</sub>-Q<sub>1</sub>); Q - quartile deviation, Q<sub>R</sub>/2; V<sub>Q</sub>% - variation coefficient calculated with quartiles; (d-m) - day-month.

Rok	Sezon pyłkowy			Maksymalne stężenie ziarn pyłku [p/m <sup>3</sup> ]	Wystąpienie maksymalnego stężenia ziarn pyłku (dzień roku)	Suma roczna
	Początek sezonu (dzień roku)	Koniec sezonu (dzień roku)	Długość sezonu (liczba dni)			
2001	93	129	36	92	119	750
2002	68	127	59	73	108	916
2003	91	128	37	169	116	1400
2004	80	127	47	159	110	990
2005	94	123	39	186	107	692
Razem	426	634	218	679	560	4748
min	68	123	36	73	107	692
max	94	129	59	186	119	1400
Klasyczne miary statystyczne						
$\bar{x}$	85,2	126,8	43,6	135,8	112,0	949,6
s	11,12	2,28	9,63	50,06	5,24	279,20
V %	13,1	1,8	22,1	36,9	4,7	29,4
[-95%; +95%]	71,4; 99,0	124,0; 129,6	31,6; 55,6	73,6; 197,9	105,5; 118,5	602,9; 1296,3
V ( $\bar{x}$ ) %	16,2	2,2	27,5	45,8	5,8	36,5
Pozycyjne miary statystyczne						
me	91	127	39	159	110	916
Q <sub>1</sub>	80	127	37	92	108	750
Q <sub>3</sub>	93	128	47	169	116	990
Q <sub>R</sub>	13	1	10	77	8	240
	6,5	0,5	5	38,5	4	120
V <sub>Q</sub> %	7,1	0,4	12,8	24,2	3,6	13,1

dzień, kiedy należy się spodziewać takich stężeń alergenów, których chory powinien za wszelką cenę unikać. Powinien też wiedzieć, jakie jest prawdopodobieństwo wystąpienia takich stężeń w kolejnych okresach sezonu pyłkowego/zarodnikowego.

Byłoby dobrze, gdyby w jednej pracy nie próbowano realizować równocześnie różnych celów, ponieważ to odbija się niekorzystnie na samej pracy: obserwuje się, że takie prace wykazują wiele merytorycznych i formalnych niedociągnięć.

#### Wykrywanie prawidłowości statystycznych

Zarówno wtedy, gdy skupiamy się na celu poznawczym, jak i wówczas, gdy praca nasza ma przede wszystkim znaczenie me-

dyczne, powinniśmy dążyć do wykrywania prawidłowości statystycznych a to oznacza, że powinniśmy analizować dane wieloletnie i w analizie tej wykorzystywać dostępne metody statystyki opisowej i wnioskowania statystycznego. Aby odkryć prawidłowość statystyczną, trzeba dysponować dużym zbiorem obserwacji (danych). Prawidłowości statystycznej nie odkryje ten, kto skupia uwagę na pojedynczych zdarzeniach, kto wybiera te zdarzenia z całego zbioru danych i próbuje dopasować do nich pewne czynniki z pominięciem tych o których sądzi, że są one bez znaczenia. Takie nieprawidłowe podejście obserwuje się, niestety, bardzo często i to nawet u tych osób, które w pracy stosują analizę statystyczną.

Badacz nie musi sam wykonywać analizy statystycznej, ale musi umieć wyjaśnić statystykowi, o co mu chodzi. Przede wszystkim musi mu dostarczyć wielu szczegółów ważnych ze względu na planowaną analizę a na koniec musi mu powiedzieć, jakie hipotezy zamierza zweryfikować lub – mówiąc inaczej – musi mu przekazać listę pytań, na które chciałby uzyskać odpowiedź.

### Statystyczna analiza danych aerobiologicznych

Pierwszy z autorów opublikował dwa artykuły na temat metod statystycznych stosowanych w badaniach aerobiologicznych [2, 3]. W pierwszym artykule przedstawiono najważniejsze zasady statystyczne oraz omówiono metody statystycznego wnioskowania najczęściej stosowane przez aerobiologów. W drugim artykule przedstawiono przykłady liczbowe z zastosowaniem tych metod. Publikacje te mogą być pomocne w wyborze i stosowaniu omawianych tam metod ale należy pamiętać, że statystyka oferuje wielkie bogactwo metod statystycznego opisu i wnioskowania. Aby nabyć odpowiedniej biegłości w ich stosowaniu i rozpoznać się w ich bogactwie nie można poprzestać na jednej tylko publikacji – artykuły czy podręczniki, trzeba też ustawicznie szkolić się w tej dziedzinie.

Często aerobiolog nie stosuje metod wnioskowania statystycznego tylko ogranicza się do prostego opisu zgromadzonych obserwacji. Tu pokażemy, w jaki sposób może on wzbogacić tradycyjny sposób przedstawiania danych aerobiologicznych o pewne elementy statystyki opisowej tak, by na ich podstawie możliwe było wnioskowanie statystyczne. Jest to, oczywiście, jedna z wielu możliwych propozycji.

W tabeli I pokazano przykładowe dane dla sezonów pyłkowych *Fraxinus*, uzyskane w kolejnych monitorowanych latach. Na podstawie danych przedstawionych w tradycyjny sposób (tabela I) możemy wiele powiedzieć na temat tego, jak przebiegał sezon pyłkowy w danym roku, ale nie można przewidzieć, jak kształtować się będą charakterystyki sezonu pyłkowego *Fraxinus* w nadchodzących latach. Nie można tego zrobić z tego względu, że dane te nic nam nie mówią, jakie prawidłowości statystyczne charakterystyczne są dla tych charakterystyk. Oznacza to, że nie wiemy, jakie są wartości średnie tych charakterystyk i jaka jest ich zmienność. Są to podstawowe statystyki opisowe, które właściwie zastosowane są podstawą statystycznego wnioskowania.

W tabeli II przedstawiono te same dane z tym, że daty dniene zastąpiono liczbą dni która upłynęła od początku danego roku. W ten sposób, poszczególne zmienne można łatwo scharakteryzować za pomocą podstawowych miar statystyki opisowej i wykorzystać proste metody wnioskowania statystycznego. Z przedstawionych w tabeli II danych wynika, że cechą najmniej zmienną jest cecha „Koniec sezonu” (współczynnik zmienności wynosi 1,8%), „Dzień roku, w którym wystąpiło maksymalne stężenie” (4,7%) i „Początek sezonu” (13,1%). Bardzo zmienne są „Długość trwania sezonu”, „Suma roczna” a zwłaszcza „Maksymalne stężenie ziarn pyłku” ( 37%).

Cechy, które wykazują dużą zmienność są słabą podstawą prognozowania, gdyż błąd prognozy jest bardzo duży. Wyjątkową stałością odznacza się cecha „Koniec sezonu”. Wyliczony przedział ufności wskazuje, że końca sezonu pyłkowego należy się spodziewać w 127 dniu (licząc od początku roku)  $\pm 3$  dni (tabela II). Przyjmuje się, że jeżeli względny błąd estymacji przedziałowej, nie przekracza 7,5%, to precyzja estymacji jest bardzo dobra a gdy mieści się przedziale [7,5%, 15%], to jest wystarczająca [4: 301]. W rozważanym przypadku względny błąd szacunku wynosi 2,2% (tabela II) a więc precyzja estymacji jest bardzo dobra – na takiej prognozie można polegać.

Godne uwagi jest również to, że w badanych latach maksymalna koncentracja pyłku obserwowana była prawie w tym samym terminie, tj. w 112 dniu roku  $\pm 6,5$  dnia. Także w tym przypadku precyzja estymacji jest bardzo dobra (względny błąd szacunku wynosi 5,8%) (tabela II). W przypadku pozostałych cech, względny błąd estymacji przedziałowej na ogół znacznie przekracza wartość 15% (tabela II), więc zmienne te nie powinny być wykorzystywane dla celów prognostycznych.

W dolnej części tabeli II podano pozycyjne miary położenia i rozproszenia (zmienności): mediana, kwartale, pozycyjny współczynnik zmienności. Te statystyki powinny być liczone wówczas, gdy rozkłady badanych cech nie są symetryczne (w tym względzie patrz [5: 237, przypis 1]). Przede wszystkim dotyczy to tych

danych aerobiologicznych, które zawierają dużo wartości zerowych (koncentracja ziarn pyłku i zarodników, opady). Gdy rozkład cechy jest normalny lub do niego zbliżony, pozycyjne miary położenia (wartość modalna, wartość medialna) i średnia arytmetyczna mają taką samą wartość. Z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku cechy „Koniec sezonu”: wartość medialna wynosi 127, średnia arytmetyczna 126,8.

### Chaos i przewidywanie

Z analizą danych aerobiologicznych wiąże się pewna trudność. Otóż, poszukując związku między dobowymi koncentracjami cząstek biologicznych z czynnikami meteorologicznymi zapominamy o tym, że pogoda jest układem chaotycznym nie statystycznym, w związku z czym bardzo trudno jest znaleźć „mocne” prawidłowości i na tej podstawie dokonywać wiarygodnych prognoz pogody. Nie tylko pogoda (i klimat) charakteryzuje się chaotyczną dynamiką. Od czasu odkrycia w roku 1961 chaosu przez *Edwarda Lorenza* [6] zbadano wiele układów fizycznych, chemicznych, biologicznych, ekologicznych, itd. i okazało się, że w pewnych warunkach wiele z nich wykazuje dynamikę chaotyczną [7-15].

Układ chaotyczny jest wrażliwy na warunki początkowe, dlatego nie można przewidywać stanów przyszłych tego układu z taką dokładnością, jak w przypadku układu deterministycznego lub statystycznego. Wrażliwość na stany początkowe oznacza, że – w przybliżeniu – podobne wartości badanych czynników nie wywołują podobnych skutków. Na przykład, bardzo podobne warunki atmosferyczne nie gwarantują, że – za każdym razem – pogoda będzie się kształtowała w podobny sposób. Z tego powodu, sprawdzają się tylko krótkoterminowe prognozy przyszłych stanów układu chaotycznego, w przypadku prognoz atmosferycznych – kilkunastodniowe. Czasami, za *Lorenzem* [6], ta wrażliwość układu chaotycznego określana bywa jako „efekt motyla”, a używając jej chce dać do zrozumienia, że nawet delikatny ruch powietrza, wywołany skrzydłem motyla na jednej półkuli, może, po pewnym czasie, wywołać burzę na drugiej półkuli.

W odróżnieniu od układu chaotycznego, układ deterministyczny podlega zasadzie przyczynowości co umożliwia ścisłe przewidywanie stanów przyszłych takiego układu. Za pomocą modelu statystycznego – wykorzystując rachunek prawdopodobieństwa – można oszacować prawdopodobieństwo wystąpienia danego zdarzenia.

Przewidywanie pogody (i klimatu) jest wciąż otwartym i nie do końca jasnym problemem. Proponuje się różne modele, których zastosowanie umożliwiłoby zmniejszenie błędu prognozy pogody dla okresu dłuższego niż 10 dni [17, 18]. Podejmowane są również próby wykrycia chaotycznej dynamiki w aerobiologicznych szeregach czasowych i wykorzystanie tego faktu w prognozowaniu dobowych koncentracji cząstek biologicznych [19-21]. Zgodnie z naszą dotychczasową wiedzą, tego typu badania nie są podejmowane przez polskich aerobiologów, chociaż powinny: dobowe, sezonowe i wieloletnia dynamika koncentracji ziarn pyłku i zarodników może, m.in., zależeć od tego, czy atmosfera ma chaotyczną dynamikę, czy też nie.

### Konkluzja

Reasumując powyższe rozważania należy silnie podkreślić, że znaczący postęp w badaniach aerobiologicznych może być osiągnięty jedynie wtedy, gdy postawione cele realizowane będą z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi analizy danych. Zważanie też analizy do prostego opisu danych, zwłaszcza z minimalnym i niewłaściwym wykorzystaniem statystyki opisowej, nie może doprowadzić do wykrycia istotnych prawidłowości w dobowej, sezonowej i wieloletniej dynamice koncentracji cząstek biologicznych, a tym samym stawia pod znakiem zapytania wartość aerobiologicznych prognoz. Aby zmienić tę sytuację na lepsze, należałoby odejść od – rozpowszechnionej wśród aerobiologów – tendencji do intuicyjnej interpretacji danych aerobiologicznych i przejść na myślenie w kategoriach statystycznych.

### Piśmiennictwo

1. Czarnowski MS Zarys ekologii roślin łądowych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1978.

2. Wolek J. Metody statystyczne w analizie danych aerobiologicznych, ss. 143-154. [W:] E. Weryszko-Chmielowska (red.), Pyłek roślin w aeroplanktonie różnych regionów Polski. Wyd. Katedra i Zakład Farmakognozji z Pracownią Roślin Leczn-

czych, Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej im. Prof. F. Skubiszewskiego w Lublinie, Lublin, 2006.

**3. Wołek J, Stępalska D.** Metody statystyczne w analizie danych aerobiologicznych: przykłady liczbowe, ss. 155-170. [W:] E. Weryszko-Chmielowska (red.), Pylek roślin w aeroplanktonie różnych regionów Polski. Wyd. Katedra i Zakład Farmakognozji z Pracownią Roślin Leczniczych, Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej im. Prof. F. Skubiszewskiego w Lublinie, Lublin, 2006.

**4. Wołek J.** Wprowadzenie do statystyki dla biologów. Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, Kraków, 2006.

**5. Daubenmire RF.** Rośliny i środowisko. Podręcznik autekologii roślin. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1973.

**6. Lorenz EN.** Deterministic non-periodic flow. *J. Atmos. Sci.* 1963; 20: 130-141.

**7. Nicolis C, Nicolis G.** Is there a climatic attractor? *Nature* 1984; 311: 529-532.

**8. Tsonis A, Elsner JB.** The wether attractor over very short time scales. 1988; 333: 545-547.

**9. Green DM.** Chaos, fractals and nonlinear dynamics in evolution and phylogeny. *TREE* 1991; 6: 333-337.

**10. Uchmański J.** Klasyczna ekologia matematyczna. Wydawnictwo Naukowe PAN, Warszawa, 1992.

**11. Hauge A.** Chaos and fractals: are these concepts of interest to medical science? *Tiddsskr. Nor. Laegeforen* 1993; 113: 3678-3686.

**12. Tziperman E, Stone L, Cane M.** El-Nino chaos. *Science* 1994; 264: 72-74.

**13. Orlik M.** Reakcje oscylacyjne. Porządek i chaos. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1996.

**14. Gleick J.** Chaos. Narodziny nowej nauki. Zysk i S-ka, Poznań, 1996.

**15. Anand M.** The fundamental nature of vegetation dynamics - a chaotic synthesis. *Coenoses* 1997, 12: 55-62.

**16. Lorenz EN.** Predictability: does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas? Annual meeting of the AAAS, Washington D.C., 1979.

**17. Quan XW, Webster AM, Moore AM, Chang HR.** Seasonality in SST-forced atmospheric short-term climate predictability. *J. Climate* 2004; 17: 3090-3108.

**18. Bloh W, von, Romano MC, Thiel M.** Long-term predictability of mean daily temperature data. *Nonlinear Processes in Geophysics* 2005; 12: 471-479.

**19. Bianchi MM., Arizmendi CM, Sanchez JR.** Detection of chaos: new approach to atmospheric pollen time-series analysis. *International Journal of Biometeorology* 1992; 36: 172-175.

**20. Degaudenzi ME, Arizmendi CM.** Wavelet-based fractal analysis of airborne pollen. *Phys Rev E* 1999; 59: 6569-6573.

**21. Delaunay JJ, Konishi R, Seymour C.** Analysis of cedar pollen time series: no evidence of low-dimensional chaotic behavior. *Intern J Biometeorology* 2006; 50: 154-158.

**22. Chłopek K, Dąbrowska K.** Pylek wybranych taksonów roślin w powietrzu Sosnowca, 2001-2005, ss. 59-69. [W:] E. Weryszko-Chmielowska (red.), Pylek roślin w aeroplanktonie różnych regionów Polski. Wyd. Katedra i Zakład Farmakognozji z Pracownią Roślin Leczniczych, Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej im. Prof. F. Skubiszewskiego w Lublinie, Lublin, 2006.