

Dlaczego ziarna pyłku tak długo utrzymują się w powietrzu?

Why does the plant pollen hover in the air so long?

dr hab. n. biol. Małgorzata Puc

Pracownia Aeropalinologii, Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Szczeciński

Streszczenie: Przenoszenie pyłku roślin w naszej strefie klimatycznej (klimat umiarkowany) jest uzależnione w dużej mierze od wiatru. W Polsce aż 22% roślin kwiatowych to gatunki wiatropyłne. Przy silnych wiatrach i braku owadów na danym terenie wzrasta liczba roślin zapylnych przez wiatr. Zjawisko takie obserwowano m.in. na wyspach Halligen na Morzu Północnym, gdzie udział roślin wiatropylnych w miejscowej florze wynosił aż 47%. Elementy pogody, tj. prędkość i kierunek wiatru, temperatura, nasłonecznienie, opady i wilgotność powietrza, wywierają ogromny wpływ na koncentrację i rozprzestrzenianie się pyłku roślin w powietrzu. Rozwój pylników większości drzew naszej strefy klimatycznej rozpoczyna się późnym latem lub jesienią w roku poprzedzającym kwitnienie, czyli o potencjalnej liczbie ziaren pyłku w danym sezonie decydują również warunki meteorologiczne w roku poprzednim. Ponadto przy dużej różnorodności roślin w danym zbiorowisku kwitnienie i pylenie zachodzi w różnych miesiącach roku i o różnych porach dnia. Na występowanie obu tych zjawisk oddziałują takie czynniki, jak: nasłonecznienie, prądy konwekcyjne, wiatr i turbulencja. Dlatego też sezony pyłkowe cechują się tak dużą zmiennością.

Abstract: Transporting of plant pollen in our climatic zone (temperate climate) depends mostly on wind. In Poland up to 22% of flowering plants are wind-pollinated. Strong winds and lack of insects in a particular location cause an increase in the number of plants pollinated by wind. This phenomenon was observed i.a. on Halligen islands at the North Sea where wind-pollinated plants comprised as much as 47% of the local flora. Weather conditions, i.e. wind direction and velocity, temperature, insolation, rainfall and air humidity affect greatly the concentration and spreading of plant pollen in the air. The development of anthers in the majority of trees of our climatic zone begins in late summer or autumn a year before flourishing, which means the potential number of pollen grains in a given season is also influenced by meteorological conditions from the previous year. Moreover, if a high variety of plants in a given community is present, flourishing and pollination occur in varying months and varying times of the day. The time of occurrence of both the phenomenons is affected by factors such as: insolation, convection currents, wind and turbulence. Therefore pollen seasons are characterised by such a great variability.

Słowa kluczowe: pyłek roślin, usłonecznienie, prądy konwekcyjne, wiatr, temperatura powietrza, palinologia sądowa

Key words: plant pollen, insolation, convection currents, wind, air temperature, forensic palynology

Rozprzestrzenianie się pyłku w atmosferze

Pyłek roślin wiatropylnych po wydostaniu się z pylników ma zdolność utrzymywania się w powietrzu. Do wędrówki ziaren pyłku z pręcika na znamiona słupka innych kwiatów dochodzi dzięki pośrednictwu zwierząt (głównie owadów), wiatru i wody. Kwiaty roślin wiatropylnych mają uproszczoną budowę, nie wytwarzają nektaru ani zapachu. Pylniki zwisają często na długich nitkach i są łatwo dostępne dla prądów po-

wietrza. Liczba ziaren pyłku wytwarzana przez rośliny wiatropyłne jest ogromna, a same ziarna są niewielkie i lekkie. Ich powierzchnia jest sucha i gładka bez kitu pyłkowego, dzięki czemu rozprzestrzeniają się one pojedynczo [12, 17, 18].

Wraz ze wzrostem zachorowań na alergię pyłkowe, szczególnie na terenach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, odnotowuje się rosnące zainteresowanie lokalnym monitoringiem pyłkowym. Badania

dotyczące występowania pyłku roślin w powietrzu nad danym obszarem umożliwiając określenie zmian intensywności i terminów pylenia wynikających np. z wpływu zmian klimatycznych na rośliny [10].

Prędkość i kierunek wiatru

Odległość, na jaką przenoszone są ziarna pyłku, zależy głównie od kierunku i siły wiatru. Wiele badań wykazuje, podobnie jak w Szczecinie, że stężenie pyłku w powietrzu u większości taksonów jest dodatkowo, istotnie statystycznie związane z maksymalną prędkością wiatru [14, 15]. Im mniejsza jest prędkość opadania pyłku w powietrzu nieruchomym, tym dłuższa będzie prawdopodobnie droga, jaką pokona pyłek unoszony przez wiatr. Większość pyłku wzniesionego w powietrze w ciągu dnia opada w nocy. W rezultacie czas przebywania pyłku w powietrzu jest nie dłuższy niż jeden dzień. Związki pomiędzy odległością, prędkością opadu ziaren pyłku oraz ich wielkością i kształtem przedstawia tabela 1 [5].

Większość ziaren pyłku opada na powierzchnię ziemi w niewielkiej odległości od roślin macierzystych. Dystans ten jest dużo większy w przypad-

ku drzew niż roślin zielnych. Badania prowadzone przez Bricchi i wsp. [2] wykazały, że $\frac{1}{4}$ pyłku platana opada na powierzchnię gruntu w odległości do 400 m od źródła pylenia, a w odległości większej niż 800 m zawartość tego pyłku w powietrzu jest już bardzo niska.

Za naturalną granicę rozprzestrzeniania się pyłku przyjmuje się odległość 50–100 km, jednak większość ziaren opada jeszcze przed osiągnięciem tej granicy. Według Bertscha [1] wyróżnia się:

- opad lokalny, gdy do punktu pomiarowego dociera pyłek wyprodukowany przez rośliny rosnące w odległości do 0,5 km
- transport bliski z odległości 0,5–1 km
- transport dalszy z odległości 1–10 km
- transport daleki z odległości większej niż 10 km.

Transport daleki związany jest z ruchami wielkich mas powietrza, wraz z nimi ziarna pyłku roślinnego mogą być przenoszone na bardzo duże odległości. Zjawisko to obserwowano wielokrotnie, m.in. w Sztokholmie, gdzie pyłek brzozy występował w powietrzu już 10 dni przed rozpoczęciem kwitnienia [11]. Pyłek ambrozji notowano w Kanadzie w odległości 600 km

Tabela 1. Prędkość opadania pyłku w powietrzu nieruchomym i zasięg jego rozprzestrzeniania wg Dyakowskiej [5].

Takson	Wielkość ziarna pyłku (μm)	Średnia prędkość opadania* (cm/s)	Średnia granica rozprzestrzeniania wg Schmidta [16] (km)
Jodła pospolita	143,1	38,71	0,7
Świerk pospolity	102,8	6,84	21,6
Grab pospolity	35,4	6,79	22,1
Buk zwyczajny	38,4	6,03	27,7
Jesion wyniosły	38,0	5,21	37,5
Sosna limba	76,2	4,46	51,2
Dąb szypułkowy	22,7	3,96	64,9
Sosna pospolita	59,9	3,69	74,7
Topola biała	25,4	3,39	88,6
Wiąz górski	26,9	3,24	97,1
Lipa drobnolistna	31,25	3,24	97,1
Sosna górska	66,6	3,21	98,8
Brzoza brodawkowata	24,5	2,94	117,7
Leszczyna zwyczajna	24,2	2,90	121,0
Olsza czarna	24,6	2,77	132,3
Cis pospolity	25,2	2,30	181,2
Wierzba iwa	17,2	2,16	281,1

* Taksony uszeregowane wg malejącej prędkości opadania pyłku.

od najbliższych stanowisk tej rośliny, a pyłek dębu pokonywał odległości nawet do 1700 km [5]. Mimo że sporomorfy mogą przebywać olbrzymie odległości dochodzące do setek kilometrów, tak daleki transport występuje rzadko. Jest on ograniczany przez warunki pogodowe, np. długotrwałe deszcze czy zmiany kierunku wiatru.

Na wybrzeżach morskich występują wiatry (bryza morska i lądowa) zmieniające kierunek dwukrotnie w ciągu doby. Badania prowadzone w Argentynie wykazały, że bryza lądowa wiejąca w nocy z lądu w kierunku morza powoduje wzrost stężenia pyłku traw i pojawienie się dodatkowego szczytu pylenia pomiędzy godziną 20.00 a 2.00 [9].

Temperatura i promieniowanie słoneczne

Na wędrowkę pyłku w atmosferze mają wpływ wstępujące i zstępujące prądy powietrza, będące efektem nierównomiernego nagrzewania się gruntu. Powietrze ogrzane, jako lżejsze, wznosi się (zjawisko konwekcji), a jego miejsce zajmuje powietrze chłodniejsze. Ruch ten przekształca się w prąd wstępujący, jeśli sprzyja temu rozkład temperatur w atmosferze. Jeżeli gradient temperatur w atmosferze jest taki, że obniżają się one o więcej niż 1° na każde 100 m, to wznoszące się powietrze jest stale cieplejsze od otaczających je mas nieruchomych i prąd wstępujący trwa, a nawet przybiera na prędkości. Towarzyszą mu oczywiście odpowiednie prądy zstępujące, jednak są one znacznie wolniejsze. Niejednolite nagrzewanie się powierzchni ziemi zależy od pokrywającej ją roślinności, rzeźby terenu, a także od zmian temperatury w ciągu dnia. Interesujące jest, że aż do wysokości 2000 m we wznoszącej się wraz z prądem wstępującym chmurze pyłku nie obserwuje się selekcji ziaren pod względem ich wielkości, czyli mniejsze, a zatem lżejsze, ziarna wcale nie unoszą się wyżej niż większe i cięższe. Natomiast w nocy, zwłaszcza pogodnej, większe ziarna pyłku opadają wcześniej niż małe [5].

Najważniejszym czynnikiem pogodowym wpływającym na rozpoczęcie sezonu pyłkowego jest temperatura powietrza rejestrowana pod koniec zimy i wiosną. Zwiększona koncentracja pyłku w powietrzu występuje zwykle po ciepłym i słonecznym okresie. Ujemne temperatury w czasie przedwiośnia znacznie hamują procesy życiowe drzew, jednak nawet krótkotrwała poprawa pogody powoduje dojrzewanie i otwieranie pylników, co oznacza początek pylenia (pylniki otwierają się po zaabsorbowaniu określonej dawki energii termicznej, różnej dla poszczególnych roślin) [6, 7].

Opady i wilgotność powietrza

Opady deszczu powodują obniżenie koncentracji pyłku, a przy dużej wilgotności powietrza pylniki z reguły pozostają zamknięte. Rzadko deszcz całkowicie oczyszcza powietrze z pyłku. Na początku intensywnych opadów zawartość pyłku w powietrzu może nawet wzrastać z powodu towarzyszących im silnych wiatrów. Przykładowo, istotny statystycznie spadek stężenia pyłku po opadach deszczu notowano głównie w przypadku traw [3], często obserwuje się natomiast wzrost stężenia pyłku zarówno roślin zielnych, jak i drzew oraz krzewów wraz ze spadkiem wilgotności względnej powietrza [4, 8, 14, 15].

W czasie niewielkich opadów zawieszono w powietrzu drobiny wody powodują pęcznienie i często pęknięcie ziaren pyłku. Ułatwia to wydostawanie się masy cytoplazmatycznej, a wraz z nią alergenów białek poza ziarno. Te małe cząstki alergenów, wielokrotnie mniejsze od ziaren pyłku, z łatwością przedostają się przez błony śluzowe, wywołując lub nasilając objawy uczulenia. Opady atmosferyczne mogą również wpływać na przyspieszanie lub opóźnianie kwitnienia roślin, np. z rodziny traw czy cyprysowatych [3, 8].

Występowanie pyłku w powietrzu a palinologia sądowa

Konsekwencją występowania ziaren pyłku w powietrzu jest ich opadanie i osadzanie się, czyli tzw. deszcz pyłkowy. Znajomość budowy ziaren pyłku (ich wielkości, kształtu, wyglądu i struktury ściany komórkowej) pozwala na ich identyfikację, czyli przyporządkowanie do właściwej rośliny macierzystej. Unikatowość budowy pyłku coraz częściej wykorzystywana jest w innych dyscyplinach naukowych, m.in. palinologii sądowej [5]. Jako dziedzina kryminalistyki palinologia zajmuje się zasadami ujawniania, zabezpieczania oraz wykorzystywania dla celów dowodowych ziaren pyłku obecnych na miejscu zdarzenia, zwłokach albo dowodzie rzeczowym.

Badania palinologiczne są pomocne przy powiązaniu podejrzanego z miejscem zdarzenia, a także powiązaniu dowodu rzeczowego zabezpieczonego na miejscu zdarzenia z podejrzanym. Dzięki tej metodzie można również potwierdzić lub obalić alibi podejrzanego bądź zawęzić grupę podejrzanych. W przypadkach ujawniania zwłok możliwe jest ustalenie zarówno miejsca, jak i czasu zgonu, jeśli znamy terminy pylenia poszczególnych gatunków. Zabezpieczony materiał w postaci m.in. ziaren pyłku na odzieży czy samych zwłokach pozwala niekiedy ustalić charakter miejsca

zabójstwa czy pobytu ofiary przed śmiercią. Obecność pyłku wykorzystuje się również w sprawach kryminalnych i cywilnych dotyczących napaści, włamań, fałszerstw, porwań (miejsce przetrzymywania ofiary), gwałtów, przemytnictwa, handlu narkotykami i terroryzmu [13].

Piśmiennictwo:

1. Bertsch F.: *Das Pfrunger Ried und seine Bedeutung für die Florengeschichte Südwestdeutschlands*. Beith. Bot. Cbl. Bd. 1935; 54: Abt. B, H.
2. Bricchi E., Frenguelli G., Mincigrucci G.: *Experimental results about Platanus pollen deposition*. *Aerobiologia* 2000; 16: 347-352.
3. Emberlin J.C., Jones S., Bailey J. et al.: *Variation in the start of the grass pollen seasons at selected sites in the United Kingdom 1987–1992*. *Grana* 1994; 33: 94-99.
4. Emberlin J., Mullins J., Corden J. et al.: *The trend to earlier Birch pollen seasons in the U.K.: A biotic response to changes in weather conditions?* *Grana* 1997; 36: 29-33.
5. Dyakowska J.: *Podręcznik palinologii. Metody i problemy*. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1959.
6. Dybowa-Jachowicz S., Sadowiska A. (red.): *Palinologia*. Kraków 2003.
7. Frenguelli G., Bricchi E., Romano B. et al.: *The role of air temperature in determining dormancy release and flowering of Corylus avellana L.* *Aerobiologia* 1992; 8: 415-418.
8. Galan C., Fuillerat M.J., Comtois P. et al.: *A predictive study of Cupressaceae pollen season onset, severity, maximum value and maximum value date*. *Aerobiologia* 1998; 14: 195-199.
9. Gassmann M.I., Pérez C.F., Gardiol J.M.: *Sea-land breeze in a coastal city and its effect on pollen transport*. *Int. J. Biometeorol.* 2002; 46: 118-125.
10. Gniazdowski R., Klimas F.: *Wykorzystanie obserwacji palinologicznych i fenologicznych w ustalaniu szczegółowej etiologii pyłkowicy*. *Otolaryngol. Pol.* 1976; 30: 21-27.
11. Hjelmroos M.: *Long-distance transport of Betula pollen grains and allergic symptoms*. *Aerobiologia* 1999; 8: 231-236.
12. Kugler H.: *Blüehökologie*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1970.
13. Mildenhall D.: *Hypericum pollen determines the presence of burglars at the scene of a crime: An example of forensic palynology*. *Forensic Science International* 2006; 163(3): 231-235.
14. Puc M., Kasprzyk I.: *The patterns of Corylus and Alnus pollen seasons and pollination periods in two Polish cities located in different climatic regions*. *Aerobiologia* 2013; 29: 495-511.
15. Puc M., Wolski T.: *Betula and Populus pollen counts and meteorological conditions in Szczecin, Poland*. *Ann. Agric. Environ Med.* 2002; 9: 65-69.
16. Schmidt W.: *Die Verbreitung von Samen und Blütenstaub durch die Luftbewegung*. *Oesterreichische Botanische Zeitschrift* 1918; 67: 313-328.
17. Szafer W., Wojtusikowa H.: *Kwiaty i zwierzęta. Zarys ekologii kwiatów*. PWN, Warszawa 1969.
18. Weryszko-Chmielewska E. (red.): *Pylek roślin w aeroplanktonie różnych regionów Polski*. Wyd. Katedry i Zakładu Farmakognozji Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej im. prof. F. Skubiszewskiego, Lublin 2006.

Adres do korespondencji:

dr hab. n. biol. Małgorzata Puc
Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody
Uniwersytet Szczeciński
71-412 Szczecin, ul. Z. Felczaka 3c
e-mail: mapuc@univ.szczecin.pl

Konflikt interesów/Conflict of interests:

Nie występuje.

Finansowanie/Financial support:

Nie występuje.

Etyka/Ethics:

Treści przedstawione w artykule są zgodne z zasadami Deklaracji Helsińskiej, dyrektywami EU oraz ujednoliconymi wymaganiami dla czasopism biomedycznych.