

Znaczenie alergennych białek pyłku w biologii kwitnienia roślin

Significance of allergenic proteins of pollen grains in blooming biology

prof. dr hab. Elżbieta Weryszko-Chmielewska

Pracownia Aerobiologii, Katedra Botaniki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Streszczenie: Alergenne białka ziaren pyłku uczestniczą w kilku etapach interakcji pyłek–słupek, przede wszystkim w biochemicznej reakcji rozpoznawania. Białka płaszczki pyłkowej biorą udział w przyklejaniu się pyłku do komórek znamienia słupka. Białka intyny i cytoplazmy uwalniają się w czasie hydratacji pyłku i umożliwiają wzrost łagiewki pyłkowej.

Abstract: Allergenic proteins of the pollen grains participate in some stages of pollen–pistil interactions, above all in biochemical reaction of recognition. Proteins of the pollen coat take part in pollen adhesion to the sigma cells. Intine and cytoplasm proteins get out by the pollen hydration and make possible grow of the pollen tube.

Słowa kluczowe: alergeny pyłkowe, zapylenie, interakcja pyłek–słupek

Key words: pollen allergens, pollination, pollen–pistil interaction

Lokalizacja alergenów w ziarnach pyłku

W ziarnach pyłku występuje wiele różnych rodzajów białek. Tylko niektóre z nich zalicza się do alergenów. Alergeny pyłkowe są rozpuszczalnymi w wodzie proteinami o masie cząsteczkowej zawartej w przedziale 5000–70 000 daltonów [9].

Alergeny mogą być zlokalizowane w różnych częściach ziarna pyłku:

- na powierzchni zewnętrznej warstwy ściany, egzyny, lub w komorach między kolumnkami tej warstwy,
- w obrębie intyny (wewnętrznej warstwy ściany ziarna pyłku), gdzie występują najliczniej w pobliżu porów,
- w cytoplazmie, gdzie wykryto je w cytosolu, na ziarnach skrobi, mitochondriach, cysternach ER i ciałkach Golgiego [7, 8].

Białka alergenne mogą również występować w pylnikach, na wewnętrznej powierzchni komór pył-

kowych, w tzw. orbikulach. W czasie pęknięcia pylników znacznie mniejsze od ziaren pyłku orbikule uwalniają się niezależnie od ziaren, przenosząc alergeny do powietrza atmosferycznego, gdzie mogą być wykrywane przed sezonem pyłkowym lub po nim [7].

Alergenne proteiny zawarte w egzynie i intynie są łatwo wyługowywane z ziaren pyłku po kontakcie z wodą. Zwykle odbywa się to w ciągu kilku sekund. Od wielu lat istniały przypuszczenia, że biologiczną funkcją tych protein było uczestniczenie w interakcji pyłek–słupek, zachodzącej po zapyleniu kwiatu, polegającej na rozpoznawaniu pyłku i znamienia słupka właściwego gatunku [9].

Kit pyłkowy i białka alergizujące

Egzyna ziaren pyłku niektórych gatunków roślin, np. z rodziny *Chenopodiaceae*, jest pokryta pokaźną warstwą kitu pyłkowego, który zawiera także alergenne proteiny [6]. Szczególnie grubą warstwę

kitu pyłkowego obserwowaliśmy na powierzchni ziaren pyłku szpinaku (ryc. 1A, B), które wykazują właściwości alergogenne. Na niektórych ziarnach widoczna była jednolita warstwa kitu, maskująca liczne pory tych ziaren. Na innych ziarnach ta nadęczynowa substancja lokalizowała się głównie przy porach (ryc. 1A).

Kit pyłkowy, zwany też płaszczem pyłkowym (*pollenkitt, tryphine*), jest mieszaniną różnych substancji organicznych występujących na powierzchni ziaren pyłku zarówno roślin owadopylnych, jak też wiatropylnych [4, 13]. W kicie pyłkowym zawarte są: lipidy, białka, barwniki oraz substancje zapachowe, które mają duże znaczenie dla owadów [3, 10].

U roślin owadopylnych kit pyłkowy okrywa powierzchnię ziaren pyłku, jako nadęczynowa warstwa o dużej elektronowej gęstości, tworząca często krople (ryc. 1C), oraz występuje w zagłębieniach egzyny. Ma znaczenie adaptacyjne przy łączeniu ziaren w czasie

pylenia, zwiększa ich przyczepność do ciała owada oraz do znamienia słupka. Przypuszcza się, że rolę kitu pyłkowego jest także zabezpieczenie ziaren przed nadmierną utratą wody oraz przed promieniowaniem UV [5].

U roślin wiatropylnych kit pyłkowy jest elektronowo transparentny, może pokrywać powierzchnię ziaren w postaci cienkiej warstwy, jednak najczęściej wypełnia komory egzyny [4, 13].

W ziarnach pyłku traw występuje cienka warstwa kitu pyłkowego na powierzchni i w zagłębieniach egzyny (ryc. 1D).

Rodzaje alergenów pyłkowych

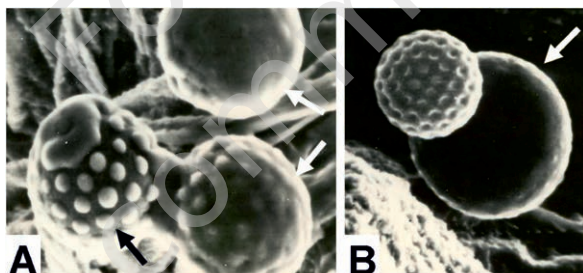
Alergeny ziaren pyłku traw i innych roślin podzielono na grupy w oparciu o cechy fizykochemiczne i immunochemiczne [14]. Wśród alergenów ziaren pyłku traw wyróżniono 12 grup, różniących się funkcją. Należą do nich między innymi: ekspansyny i ekstensyny, rybonukleazy, białka typu inhibitora proteaz, białka wiążące wapń i profiliny. Głównymi alergenami pyłku roślin zielnych z rodziny astrowatych są między innymi liazy pektynowe, metyloesteraza pektynowa, poligalakturonaza oraz liazy pektatowe. Ziarna pyłku drzew okrytozalążkowych zawierają głównie rybonukleazy, natomiast w pyłku drzew nagozalążkowych do najsilniejszych alergenów należą enzymy uczestniczące w degradacji pektyn [14].

Rola alergennych białek w interakcji pyłek-słupek

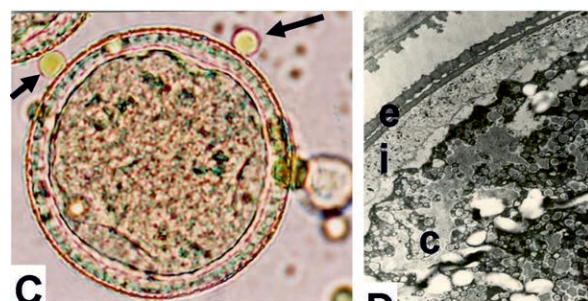
W dojrzałym ziarnie pyłku, które zaczyna funkcjonować jako samodzielny organizm, przed opuszczeniem pylnika następuje dehydratacja cytoplazmy, co prowadzi do stłumienia jego metabolizmu i braku aktywności. Kolejny etap życia ziarna pyłku rozpoczyna się po przeniesieniu na właściwe (zgodne) znamię słupka, do którego przylepia się dzięki obecności kitu pyłkowego lub substancji występującej na znamieniu, tworząc tzw. stopę. Wtedy ulega uwodnieniu, aktywizuje się i kiełkuje w łagiewkę, która kieruje się przez szyjkę słupka do zalążka. Tam odbywa się podwójne zapłodnienie i powstaje organ przetrwalnikowy rośliny – nasienie [2, 11].

Komórki pyłku mogą wyrastać w łagiewkę, która jest większa setki razy od ziarna pyłku oryginalnej wielkości dzięki zewnętrznym źródłom energii, jakim są wydzieliny znamienia i szyjki słupka (cukry, aminokwasy) [5]. Pyłek i słupek komunikują się za pomocą chemicznych i fizycznych sygnałów odbieranych przez receptory. W biochemicznym systemie rozpoznawania pyłek-znamię uczestniczą białka występujące w kicie pyłkowym [3, 9].

Rycina 1. Ziarna pyłku różnych gatunków roślin (A, B, C) oraz fragment przekroju ziarna pyłku trawy (D) z przedstawieniem lokalizacji alergenów.
(fot. Elżbieta Weryszko-Chmielewska)



A, B – Wieloporowe ziarna pyłku szpinaku (*Chenopodiaceae*) wewnątrz pękniętego pylnika, otoczone warstwą kitu pyłkowego (strzałki) maskującego liczne pory i bez kitu na powierzchni (B). Kit pyłkowy zawiera białka alergizujące.



C – Ziarno pyłku krokusa wiosennego z kroplami kitu pyłkowego na powierzchni egzyny (strzałki).

D – Fragment przekroju ziarna pyłku owsa (*Poaceae*) z uwidocznieniem stref, w których lokalizują się alergeny pyłkowe: e – egzyna, i – intyna, c – cytoplazma.

Tabela 1. Białka pyłku i znamienia oraz inne związki uczestniczące w interakcji pyłek–słupek w kolejnych stadiach po zapyleniu.

Lp.	Stadium interakcji	Czynniki regulujące interakcję pochodzące z:	
		ziarna pyłku	komórek znamienia
1	zatrzymanie pyłku na znamieniu	egzyna	-
2	przyklepnięcie się zgodnego pyłku do komórek znamienia i wytworzenie tzw. stopy	powierzchniowe lipidy i proteiny	wydzielane lipidy i proteiny oraz glikoproteiny ściany komórkowej
3	hydratacja pyłku	lipidy kitu pyłkowego, białka wiążące lipidy, enzymy modyfikujące lipidy	Ca ²⁺
4	wzrost łagiewki pyłkowej	enzymy pyłku i słupka modyfikujące kutykulę i ścianę komórek znamienia (np. liazy pektynowe)	

Odpowiednie sygnały funkcjonujące w tym mechanizmie mogą indukować kiełkowanie łagiewki pyłkowej lub reakcję niezgodności prowadzącą do blokowania lub degeneracji ziarna pyłku. Regulowana na poziomie molekularnym samoniezgodność pyłku i znamienia u *Arabidopsis thaliana* warunkowana jest przez specyficzny białkowy receptor znamienia (*S-receptor kinase*) i białko pyłku obfitujące w cysteinę (*SCR*) [12].

W systemie niezgodności *Brassica oleracea* zidentyfikowano dwa współdziałające białka o masie cząsteczkowej 7,5–10 kDa, występujące w ziarnie pyłku oraz w kicie pyłkowym na jego powierzchni [1].

Znamiona słupka mogą być suche lub mokre. Ziarno pyłku osiadające na suchym znamieniu jest zatrzymywane przez niewielką ilość wydzieliny oraz przez powierzchniowe siły elektrostatyczne. Wydzielina znamienia zawiera: lipidy, białka, polifenole, węglowodany i terpeny. Przy genetycznej zgodności ziarna pyłku i znamienia płaszcz pyłkowy (tryfina) ulega fuzji z wydzieliną znamienia i powstaje tzw. stopa, która mocno przytwierdza ziarno do komórek znamienia [2, 11]. Następnie ziarno ulega hydratacji i wyraźnie pęcznieje, np. pyłek żyta w ciągu 10 minut powiększa się prawie dwukrotnie [11]. Z napęczniałego ziarna pyłku uwypukla się łagiewka i wydostają się liczne cząsteczki białek. Część z nich pochodzi z zagłębień i kanalików egzyny (płaszcz pyłkowy). Inne, przechodzące z cytoplazmy i intyny, dyfundują przez aperturę ziarna. Są wśród nich także białka enzymatyczne, m.in. kutykazy i hydrolazy. Wśród białek aktywnie uczestniczących w interakcji pyłek–słupek znajdują się również białka alergenne pyłku.

Piśmiennictwo:

1. Boyes D.C., Nasrallah J.B.: *An anther-specific gene encoded by an S locus haplotype of Brassica produces comple-*

mentary and differentially regulated transcripts. Plant. Cell. 1995, 7: 1283-1294.

2. Chapman L.A., Goring D.R.: *Pollen-pistil interactions regulating successful fertilization in the Brassicaceae. J. Exper. Bot. 2010, 2: 1-13.*
3. Heslop-Harrison Y., Shivanna K.R.: *The receptive surface of the angiosperm stigma. Ann. Bot. 1977, 41: 1233-1258.*
4. Hesse M.: *Pollenkitt in Relation to Pollination Ecology. Calicut Univ. Res. Journ. 1980, 1: 29-33.*
5. Iwanami Y., Sasakuma T., Yamada Y.: *Pollen: Illustrations and scanning electron-micrographs. Kodansha, Tokyo; Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1988.*
6. Knox R.B., Heslop-Harrison J.: *Pollen-wall proteins: electron-microscopic localization of acid phosphatase in the intine of C. vernus. J. Cell Sci. 1971, 8: 727-733.*
7. Knox R.B., Suphioglu C.: *Environmental and molecular biology of pollen allergens. Trends Plant. Sci. 1996, 1(5): 156-164.*
8. Marquez J., Seoane-Camba J.A., Suarez-Cervera M.: *Allergenic and antigenic proteins released in the apertural sporoderm during the activation process in grass pollen allergens. Sex. Plant. Reprod. 1997, 10: 269-278.*
9. Matthiesen F., Ipsen H., Löwenstein H.: *Pollen allergens. W: Allergenic pollen and pollinosis in Europe. D'Amato G., Spiekma F.Th.M., Bonini S. (red.). Blackwell Sci. Publ., London 1991.*
10. Murphy D.J.: *The extracellular pollen coat in members of the Brassicaceae: composition, biosynthesis, and functions in pollination. Protoplasma 2006, 228: 31-39.*
11. Rodkiewicz B., Śnieżko R., Fyk B., Niewęgłowska B., Tchórzewska D.: *Embriologia Angiospermae, rozwojowa i eksperymentalna. Wyd. UMCS, Lublin 1996.*
12. Tedder A., Ansell S.W., Lao X., Vogel J.C., Mable B.K.: *Sporophytic self-incompatibility genes and mating system variation in Arabidopsis thaliana. Ann. Bot. 2011, 108: 699-713.*
13. Thanikaimoni G.: *Pollen apertures: form and function, pollen and spores: form and function. The Linnean Society of London, 1986: 119-136.*

14. Thompson P.J., Stewart G.A., Samety J.M.: *Alergeny i zanieczyszczenia. W: Alergia. Holgate S.T., Church M.K., Lichtenstein L.M. Wyd. Czelej, Lublin 2003.*

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Elżbieta Weryszko-Chmielewska
Katedra Botaniki
Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie
20-950 Lublin, ul. Akademicka 15
e-mail: elzbieta.weryszko@up.lublin.pl

AEROBIOLOGIA I ALERGOLOGIA

5th European Symposium on Aerobiology

3–7 września 2012, Kraków
www.5esa.cm-uj.krakow.pl

ALERGOLOGIA

8. Akademia Dermatologii i Alergologii

10–12 lutego 2012 r., Ustka
www.ekonferencje.pl/8ADA

III Kliniczne Forum Ekspertów Astma bez granic

18–21 kwietnia 2012, Wiśła
www.szkoleniapta.pl

OTORYNOLARYNGOLOGIA

II Ogólnopolska Szkoła Otolaryngologii

23–24 marca 2012 r., Ciechocinek
www.agora-konferencje.pl

XLV Zjazd Polskiego Towarzystwa Otolaryngologów Chirurgów Głowy i Szyi

5–8 września 2012 r., Gdańsk
www.orlgdansk2012.pl